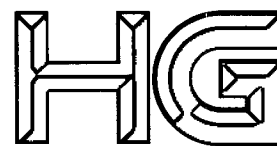


中华人民共和国化工行业标准



HG/T 20680—2011

代替 HG/T 20680—1990

锅炉房设计工艺计算规定

Code for process calculation of boiler plant design

2011-05-18 发布

2011-08-01 实施



中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国化工行业标准

锅炉房设计工艺计算规定

Code for process calculation of boiler plant design

HG/T 20680—2011

主编单位：中国石化集团宁波工程公司

批准部门：中华人民共和国工业和信息化部

实施日期：2 0 1 1 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2011 北 京

中华人民共和国化工行业标准
锅炉房设计工艺计算规定

HG/T 20680—2011

☆

中国石化集团宁波工程公司 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

880×1230 毫米 1/16 11.25 印张 288 千字

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

☆

统一书号:1580177·681

定价:138.00 元

中华人民共和国工业和信息化部

公 告

公告〔2011 年〕13 号

工业和信息化部批准《电除尘用高压整流变压器》等 625 项行业标准(标准编号、名称、主要内容及实施日期见附件 1)及 1 项纺织行业标准修改单(见附件 2)。其中:机械行业标准 285 项、汽车行业标准 22 项、制药装备行业标准 6 项、纺织行业标准 46 项、轻工行业标准 16 项、化工行业标准 19 项、冶金行业标准 2 项、石化行业标准 34 项、船舶行业标准 4 项、黄金行业标准 1 项、通信行业标准 190 项,现予以公告。

以上机械行业标准由机械工业出版社出版,汽车、制药装备及化工行业标准由中国计划出版社出版,纺织、黄金行业标准由中国标准出版社出版,轻工业行业标准由中国轻工业出版社出版,冶金行业标准由冶金工业出版社出版,石化行业标准由中国石化出版社出版,船舶行业标准由中国船舶工业综合技术经济研究院组织出版,通信行业标准由人民邮电出版社出版。

附件:19 项化工行业标准编号、名称及起始实施日期

中华人民共和国工业和信息化部

二〇一一年五月十八日

附件：

19 项化工行业标准编号、名称及起始实施日期

序号	标准编号	标 准 名 称	被代替标准	起始实施日期
376	HG/T 20272—2011	镁钢制品绝热工程施工技术规范		2011-08-01
377	HG/T 20273—2011	喷涂型聚脲防护材料涂装工程技术规范		2011-08-01
378	HG/T 20680—2011	锅炉房设计工艺计算规定	HG/T 20680—1990	2011-08-01
379	HG/T 21558—2011	橡胶工厂工艺设计技术规定	HG 21558—1994	2011-08-01
380	HG/T 21511—2011	橡胶工厂施工图设计文件内容和深度规定	HG 21511—1992	2011-08-01
381	HG/T 20653—2011	化工企业化学水处理设计技术规定	HG/T 20653—1998	2011-08-01
382	HG/T 20708—2011	化工建(构)筑物地基加筋垫层技术规程		2011-06-01
383	HG/T 20553—2011	化工配管用无缝及焊接钢管尺寸选用系列	HG 20553—1993	2011-06-01
384	HG/T 20580—2011	钢制化工容器设计基础规定	HG 20580—1998	2011-06-01
385	HG/T 20581—2011	钢制化工容器材料选用规定	HG 20581—1998	2011-06-01
386	HG/T 20582—2011	钢制化工容器强度计算规定	HG 20582—1998	2011-06-01
387	HG/T 20583—2011	钢制化工容器结构设计规定	HG 20583—1998	2011-06-01
388	HG/T 20584—2011	钢制化工容器制造技术要求	HG 20584—1998	2011-06-01
389	HG/T 20585—2011	钢制低温压力容器技术要求	HG 20585—1998	2011-06-01
390	HG/T 20589—2011	化学工业炉受压元件强度计算规定	HG/T 20589—1996	2011-06-01
391	HG/T 20642—2011	化学工业炉耐火陶瓷纤维炉衬设计技术规定	HG/T 20642—1998	2011-06-01
392	HG/T 20566—2011	化工回转窑设计规定	HG/T 20566—1994	2011-06-01
393	HG/T 20661—2011	硫酸沸腾炉砌筑技术条件	HG/T 20661—1999	2011-06-01
394	HG/T 21536—2011	化工工厂工业炉设计施工图内容深度统一规定	HG/T 21536—1992	2011-06-01

前 言

本规定根据国家发展和改革委员会(发改办工业[2007]1415号)和中国石油和化学工业协会(中石化协科发[2007]144号文)的要求,由中国石油和化工勘察设计协会组织中国石化集团宁波工程有限公司作为主编单位,会同中国石油和化工勘察设计协会热工设计专业委员会会员中的一部分设计院、工程公司、热能设备制造、安装等单位共同编制。

本规定自实施之日起代替《化工企业锅炉房设计计算规定》HG/T 20680—1990。

本规定是对《化工企业锅炉房设计计算规定》HG/T 20680—1990的修订。修订工作中,编制组调查和总结多年来在锅炉房设计、安装、运行中的经验,对原规定作了大量的修改和补充。

本规定与 HG/T 20680—1990 相比,主要变化如下:

- 适用范围扩大到单台锅炉额定蒸发量不设上限;
- 锅炉出口额定蒸汽压力扩大到不大于 9.81MPa,额定出口蒸汽温度扩大到不高于 540℃;
- 审查会意见将该规定更名为《锅炉房设计工艺计算规定》;
- 该规定主要新增计算内容包括:锅炉房炉型选择,风机类型选择,锅炉加药系统、制粉系统及设备选型,燃烧计算中新增燃油、燃气锅炉,以及燃油、燃气系统计算及除尘系统选型,设备选择等。
- 在规定的主要章节前言叙述中,增加了计算的基本规定,如计算项目、计算原则和要求、基本公式、公式中某些重要参数的取值、计算方法及依据等。

修订后的规定主要包括:总则;锅炉房热负荷及锅炉设备选择计算;燃料燃烧计算;热力系统及设备选择计算;烟、风系统及风机选择计算;制粉系统及设备选择计算;除尘及除灰渣系统计算;烟气污染物排放和烟囱工艺计算;燃油锅炉、燃油系统及设备选择计算;燃气锅炉、燃气系统及设备选择计算等 10 章,以及附录和条文说明。

本规定由中国石油和化学工业联合会提出并归口。

本规定的技术内容由中国石化集团宁波工程有限公司(地址:宁波市国家高新区院士路 660 号,邮编:315103)负责解释。

本规定主编单位、参编单位、参加单位、主要起草人和主要审查人:

主编单位:中国石化集团宁波工程公司

参编单位:全国化工热工设计技术中心站

中国寰球工程公司

东华工程科技股份有限公司

中国联合工程公司

中国石化集团南京工程有限公司

中国石化工程建设公司

武汉都市环保工程技术股份有限公司

中国华电工程(集团)有限公司
浙江省天正设计工程有限公司
赛鼎工程有限公司
山东齐鲁石化工程有限公司
中国中元国际工程公司
广西华昇节能工程设计有限公司
中国航空规划建设发展有限公司
中国天辰工程有限公司
大庆石化工程有限公司
长沙有色冶金设计研究院
吉林省电力勘测设计院
中国成达工程有限公司

参加单位:江苏太湖锅炉股份有限公司
青岛畅隆电力设备有限公司
福建省武夷九峰安装工程有限公司

主要起草人:杨银仁 夏敏文 亢万忠 牟显民 武洪生 刘燕儒 陈晓雄 於志平
俞向东 张兴春 李先旺 赵 云 陈金福 狄炳琪 赖育华 于益民
李春林 杨 杰 蔡国红 李朋全 常志勇 李永红 唐再生 姚 飞
彭京明

主要审查人:孙振安 徐建炎 许 颖 孟和维 程一步 张俊祥 唐会权 汪 红
刘 汇 阮建国 宋冬根 马依丹

目次

1	总 则	(1)
2	锅炉房热负荷及锅炉设备选择计算	(2)
2.1	锅炉房热负荷	(2)
2.2	锅炉设备选择计算	(5)
3	燃料燃烧计算	(7)
3.1	基本规定	(7)
3.2	计算条件的整理	(8)
3.3	燃料的校核计算	(10)
3.4	燃料燃烧所需空气量计算	(10)
3.5	燃料燃烧产生烟气量计算	(12)
3.6	燃料消耗量计算	(16)
3.7	循环流化床锅炉脱硫剂加入量的计算	(17)
3.8	烟气酸露点计算	(17)
4	热力系统及设备选择计算	(19)
4.1	汽水管道计算	(19)
4.2	除氧给水系统及设备选择计算	(21)
4.3	锅炉排污系统及设备选择计算	(24)
4.4	锅炉加药系统及设备选择计算	(27)
4.5	减温减压系统及设备选择计算	(30)
4.6	疏放水系统计算	(30)
4.7	工业水系统计算	(32)
4.8	变压式蒸汽蓄热器选择计算	(32)
4.9	蒸汽分汽缸选择计算	(34)
4.10	疏水扩容器容积计算	(34)
5	烟、风系统及风机选择计算	(35)
5.1	烟、风系统选择计算	(35)
5.2	风机选择计算	(37)
6	制粉系统及设备选择计算	(41)
6.1	基本规定	(41)
6.2	磨煤机选择计算	(41)
6.3	制粉系统热力计算	(47)
6.4	制粉系统空气动力计算	(55)
6.5	制粉系统附属设备选择计算	(64)
7	除尘及除灰渣系统计算	(69)
7.1	除尘器选择计算	(69)

7.2 除灰渣系统选择计算 (70)

8 烟气污染物排放和烟囱工艺计算 (82)

8.1 基本规定 (82)

8.2 烟囱污染物排放量的计算 (82)

8.3 烟囱高度的计算 (83)

8.4 烟囱出口内径的计算及校核 (84)

9 燃油锅炉、燃油系统及设备选择计算 (95)

9.1 燃油供应 (95)

9.2 燃油管道水力计算 (100)

9.3 中间油箱选择计算 (102)

9.4 污油处理池容积计算 (103)

9.5 燃油加热器选择计算 (104)

9.6 燃料油过滤器选择计算 (105)

9.7 输油泵、供油泵的选择计算 (106)

10 燃气锅炉、燃气系统及设备选择计算 (108)

10.1 一般规定 (108)

10.2 调压器选择计算 (108)

10.3 气液分离罐选择计算 (109)

10.4 燃气管道水力计算 (111)

附录 A 烟风煤粉管道局部阻力系数 (114)

附录 B 燃料煤的燃烧特性、爆炸性和挥发分的关系 (122)

附录 C 制粉系统选择和燃料着火温度的关系 (123)

附录 D 轮式磨煤机系列参数表 (124)

附录 E 碗式磨煤机系列参数表 (125)

附录 F 球环式磨煤机系列参数表 (126)

附录 G S型磨煤机系列参数表 (127)

附录 H S型风扇磨煤机碾磨出力修正系数图 (128)

附录 J 空气含湿量和露点关系表 (129)

附录 K 常用气体平均定压比热容选用表 (130)

附录 L 锥型筒负压/正压运行最高出口烟速、烟量 (131)

附录 M 直型筒负压运行最高出口烟速、烟量 (139)

附录 N 直型筒烟囱入口“零”压力时最高出口烟速、烟量 (142)

附录 P 烟囱及烟道结构型式与防腐措施 (145)

本规定用词说明 (147)

条文说明 (149)

Contents

1	General principles	(1)
2	Heat load in boiler plant and calculation of boiler equipment	(2)
2.1	Heat load in boiler plant	(2)
2.2	Boiler equipment	(5)
3	Calculation of fuel combustion	(7)
3.1	Basic requierment	(7)
3.2	Sorting out of calculation conditions	(8)
3.3	Checking calculation of fuel	(10)
3.4	Air consumption for fuel combustion	(10)
3.5	Gas out of fuel combustion	(12)
3.6	Fuel consumption	(16)
3.7	De-sulfur agent for CFB boiler	(17)
3.8	Acidic dew point in gas	(17)
4	Thermal system and calculation of equipment	(19)
4.1	Steam/water pipeline	(19)
4.2	Deaeration/boiler water supply system and equipment	(21)
4.3	Boiler blow-down system and equipment	(24)
4.4	Boiler dosing system and equipment	(27)
4.5	Desuperheating/decompression system and equipment	(30)
4.6	Steam trap/water discharge system	(30)
4.7	Industrial water system	(32)
4.8	Variable-pressure type steam accumulator	(32)
4.9	Steam sub-cylinder	(34)
4.10	Steam flasher volume	(34)
5	Calculation of gas, air system and fan	(35)
5.1	Gas and air system	(35)
5.2	Fan	(37)
6	Calculation of pulverized coal preparation system and equipment	(41)
6.1	Basic requirement	(41)
6.2	Coal mill	(41)
6.3	Heat calculation of pulverized coal preparation system	(47)
6.4	Aerodynamic calculation of pulverized coal preparation system	(55)
6.5	Auxiliary equipment of pulverized coal preparation system	(64)
7	Calculation of de-dust and ash/slag system	(69)
7.1	De-duster	(69)

7.2	De-ash/slag system	(70)
8	Calculation of emission of gas pollutant and chimney process	(82)
8.1	Basic requirement	(82)
8.2	Emission of chimney pollutant	(82)
8.3	Chimney height	(83)
8.4	Diameter of chimney exit	(84)
9	Calculation of fuel oil system and equipment for oil-fired boiler	(95)
9.1	Supply of fuel oil	(95)
9.2	Hydraulic calculation of fuel oil pipeline	(100)
9.3	Intermediate oil chamber	(102)
9.4	Volume of waste oil treatment pond	(103)
9.5	Fuel oil heater	(104)
9.6	Fuel oil filter	(105)
9.7	Oil feed pump and oil supply pump	(106)
10	Calculation of fuel gas system and equipment for gas-fired boiler	(108)
10.1	General requirement	(108)
10.2	Pressure-regulator	(108)
10.3	Fuel gas/liquid knock-out drum	(109)
10.4	Hydraulic calculation of fuel gas pipeline	(111)
Annex A	Local resistance coefficient of gas, air and pulverized coal pipelines	(114)
Annex B	Relationship of combustion features, explosiveness and volatiles of fuel coal	(122)
Annex C	Relationship of selection of pulverized coal preparation system and coal ignition temperature	(123)
Annex D	Table of parameters for wheel-type mill series	(124)
Annex E	Table of parameters for bowl-type mill series	(125)
Annex F	Table of parameters for ball-ring type mill series	(126)
Annex G	Table of parameters for S-type mill series	(127)
Annex H	Diagram of correction coefficient of milling output for S-type fan mill	(128)
Annex J	Relationship of air humidity and dew point	(129)
Annex K	Specific heat capacity of gases in average constant pressure	(130)
Annex L	Maximum gas speed and amount at exit of cone-shaped chimney under negative and positive pressure	(131)
Annex M	Maximum gas speed and amount at exit of columnar chimney under negative pressure	(139)
Annex N	Maximum gas speed and amount at exit of columnar chimney under zero pressure at inlet	(142)
Annex P	Structures of chimney and channel as well as anti-corrosion measures	(145)
	Explanation of wording in this code	(147)
	Addition; Explanation of provisions	(149)

1 总 则

1.0.1 为了统一工业锅炉房和中、小型电站锅炉的计算方法,使锅炉房设计全面贯彻国家的有关方针政策,本规定对锅炉房在工艺设计中一般涉及的项目、要求、基本公式、方法和应依据的资料作出了原则性的规定。

1.0.2 本规定适用于锅炉额定蒸汽压力不大于 9.81MPa、额定蒸汽温度不大于 540℃的以煤、油、天然气和煤气为燃料的工业、民用和企业自备锅炉房及中、小型电厂(站)中与锅炉相关的工艺设计计算。对于扩建、改建的锅炉房及中、小型电厂(站),可参照本规定执行。

1.0.3 本规定是按国家规范和标准,并结合工业锅炉和中小型电站锅炉情况进行编制的,在执行过程中如发现与上级强制标准不符或有新规定颁布时,应以上级标准和新颁布的标准为准。

2 锅炉房热负荷及锅炉设备选择计算

2.1 锅炉房热负荷

2.1.1 热负荷计算原则。

1 锅炉房的热负荷确定应根据锅炉房的规划容量和分期建设的规模,经调查落实近期和远期的热负荷后确定。

2 设计热负荷应根据供热范围内的热源概况、热源分布、供热量和供热参数等因素确定,并应符合下列要求:

1) 工业用汽热负荷:应调查和获取各热用户现状和规划的热负荷的性质、用汽参数、用汽方式、用热方式、回水情况及最近一年内逐月的平均用汽量和用汽小时数,按各热用户不同季节典型日的小时用汽量,确定冬季和夏季的最大、平均和最小的小时用汽量。对主要热用户尚应绘制出不同季节的典型日的热负荷曲线和年持续热负荷曲线。

2) 采暖热负荷:采暖热负荷是季节性热负荷,它的变化情况取决于室外计算温度的变化。需要获取供热范围内近期、远期采暖用户类型,分别计算采暖面积及综合采暖热指标。根据当地气象资料,计算从采暖起始温度到采暖室外计算温度的各室外计算温度相应的小时热负荷和采暖期的平均热负荷,绘出采暖期采暖热负荷曲线。

当采暖建筑物设有通风、空调热负荷时,应在计算的采暖热负荷中加上该建筑物通风、空调加热新风所需的热负荷。

采暖指标的选取应符合国家现行规范《城市热力网设计规范》的规定。

注:采暖起始温度,一般为室外日平均温度+5℃。

采暖室外计算温度,应采用历年平均不保证5天的日平均温度。

3) 生活热水的热负荷:热水负荷是全年性负荷,有季节变化特征。应获取住宅和公共建筑的面积、生活热水热指标等,并应计算生活热水的平均热负荷和最大热负荷。

4) 凝结水回收:工业企业中蒸汽用户很多,汽水损失较大,应尽可能回收凝结水,以减少制水费用。工业企业凝结水回收应通过技术经济比较后定。

5) 热负荷增长的预测:除获取和核实当前的热负荷资料外,还必须通过已批准建设项目的用热量和工业发展的自然增长速度来测算预计热负荷和远期规划热负荷,并以此来决定锅炉房分期建设的规模和最终规模。

3 确定热负荷时应注意的事项:

1) 应考虑锅炉房自用汽量、锅炉房内汽水损失及热力管道输送过程中的损失。

2) 不同的工业企业生产班次、工艺流程、操作顺序均有差别,最大用汽量不可能同时出现,因此在热负荷统计时,必须计入同时率。

- 3) 如主要热负荷波动较大,应采取各种措施使热负荷趋于平稳,如设置蓄热器等。
- 4) 要考虑企业供热系统各种运行工况和通过节能技术改造后热负荷的下降。
- 5) 冬季采暖热负荷,应根据规范所规定的采暖室外计算温度和当地建构筑物的类型等因素综合确定供热指标。

2.1.2 热负荷的计算。

1 对热用户在不同季节的最大、最小和平均热负荷及参数,应折算成锅炉房出口的供汽参数、供热蒸汽流量或供热量。采暖热负荷和生活热水热负荷,当按热指标统计时,应考虑热指标中已包括 5% 的管网热损失。

2 对热用户进行热负荷叠加时,同时率的取用应符合下列规定:

- 1) 对稳定生产热负荷的主要热用户,在取得其不同季节的典型日热负荷曲线的基础上,进行热负荷叠加时,不应计算同时率。
- 2) 生产热负荷量较小或无稳定生产热负荷的次要热用户,在进行最大热负荷叠加时,应乘以同时率。
- 3) 采暖热负荷及用于生活的空调制冷热负荷和生活热水热负荷进行叠加时,不应计算同时率。

2.1.3 热负荷的折算。一般说来,获取到的热负荷资料,随载热质的参数和数量不同差别较大,必须换算成锅炉房出口处的载热质参数和数量,才能进行综合整理,其换算公式如下:

$$D_{ck} = \frac{D_{yh} \times (i_{yh} - \Phi \times i_w^{yh})}{\eta_w \times (i_{ck} - \Phi \times i_w)} \quad (2.1.3-1)$$

式中: D_{ck} ——锅炉房(或热电站)出口蒸汽量(t/h);

D_{yh} ——用户需要的蒸汽量(t/h);

i_{ck} ——锅炉房(或热电站)出口蒸汽焓(kJ/kg);

i_{yh} ——户要求的蒸汽焓(kJ/kg);

i_w ——锅炉房(或热电站)回水焓(kJ/kg);

i_w^{yh} ——用户处的回水焓(kJ/kg);

Φ ——回水率;

η_w ——热网效率,一般取 0.96。

如果已知热用户的耗热量,则可按下式折算:

$$D_{ck} = \frac{Q_{yh}}{\eta_w \times (i_{ck} - \Phi \times i_w)} \quad (2.1.3-2)$$

式中: Q_{yh} ——热用户的耗热量(kJ/h);

其他符号意义同式(2.1.3-1)。

2.1.4 热负荷的汇总及整理。对建设单位或其他有关部门提供的热负荷资料应进行分析和核实。在核实和重点调查时应注意以下几点:

- 1) 有无不允许中断供汽的一级热负荷用户,此类用户的生产班次和同时率;
- 2) 对于供热连续性的要求,以及中断供汽后对生产的影响;
- 3) 热用户生产用原材料的来源是否落实,产品是否适销对路,有无转产、停产的可能,以及转

产、停产后的热负荷情况；

- 4) 对新增热用户的热负荷,应通过其初步设计以及主管领导机关批准的建设规模进行核实;
- 5) 对分散供热改为集中供热的用户,可通过验算进行核实。

1 生产热负荷资料的整理。

1) 典型日热负荷曲线的绘制:

生产热负荷资料的获取一般是以企业为基本单位进行的。首先对企业内各车间等用热单位进行分析,确定各季度(月份)“典型生产日”的小时负荷,经本规定式(2.1.3-1)或式(2.1.3-2)换算后,绘制出各车间的各季度(月份)日热负荷曲线,并将相同时间内各车间的负荷曲线叠加,即可绘制出该企业的各季度(月份)典型日生产热负荷曲线。

在绘制典型日生产热负荷曲线时应注意,当车间在某季度(月份)内有例行的检修或停产等,则应按正常生产、检修和停产等情况分别绘制负荷曲线。

2) 月热负荷曲线的绘制和月平均负荷的计算:

如果有每天的小时负荷,那么就可以用上述方法绘制出逐日的负荷曲线,再精确地绘制出月负荷曲线。当搜集各热用户的逐日小时负荷资料困难时,可以典型日的日平均负荷为代表来绘制月负荷曲线。

3) 年度生产热负荷曲线的绘制:

绘制月负荷曲线的目的是为了绘制年负荷曲线,因为绘制年负荷曲线时是以月平均负荷为基础的。由逐月平均负荷可以绘制出年生产热负荷曲线,该曲线能清楚地表明热用户全年热负荷的变化情况。

年度热负荷曲线图可清楚地表明锅炉房(或热电站)所带热负荷的全年变化情况。

根据年生产热负荷曲线可粗略计算出全年生产供热量。

2 采暖热负荷资料的整理。

采暖热负荷是季节性负荷,全年负荷变化比较大,而全日内的变化比较小。采暖热负荷与室外温度、风向、风速以及太阳辐射等气象条件关系十分密切,其中室外温度的影响最大。

采暖热负荷的获取,要根据该地区采暖期的划分、采暖期各月份的室外平均温度、室内采暖计算温度、当地采暖室外计算温度以及该地区各类建筑物的采暖热指标等,按建筑物的不同类型分别统计。

根据统计的采暖总热量、采暖期各月平均温度,按下式计算各月的采暖平均负荷:

$$Q = Q_{\max} \times \frac{t_n - t'_w}{t_n - t_w} \quad (2.1.4)$$

式中: Q ——室外温度为任意值 t'_w 时的热负荷(kJ/h);

Q_{\max} ——采暖最大热负荷(kJ/h);

t_n ——室内采暖计算温度($^{\circ}\text{C}$),可取 $t_n = 18^{\circ}\text{C}$;

t_w ——室外采暖计算温度($^{\circ}\text{C}$),即持续最冷 5 天(120h)的室外平均温度;

t'_w ——室外平均计算温度($^{\circ}\text{C}$)。

为了计算出全年采暖用热量,需用式(2.1.4)计算出各种室外温度下的采暖用热量,绘出小时热负荷曲线,并与当地的气候特性曲线合成,绘制成年度负荷曲线。

3 夏季空调热负荷资料的整理。

夏季空调热负荷属于季节性负荷。不同性质的建筑物的单位面积小时热负荷可按表 2.1.4 选取。

表 2.1.4 不同性质的建筑物的单位面积小时热负荷

序号	建筑物性质		制冷热负荷[kJ/(m ² ·h)]	备注
1	旅 馆		260	
2	办公楼		312	
3	图书馆		130	
4	商 店	营业厅	208	
		全 部	390	
5	体育馆	按比赛馆面积	780	
		按总建筑面积	390	
6	大会堂		520~650	
7	影剧院	电影厅	312	
		大剧院	390~416	
8	医 院		208~260	

4 热负荷增长的预测。

在进行锅炉房(或热电站)设计时,除应反复核实当前的热负荷资料外,还必须考虑已批准建设项目的用热量和工业发展的自然增长速度,测算预计热负荷和远期规划热负荷,并以此决定锅炉房分期建设的规模和最终规模。

2.2 锅炉设备选择计算

2.2.1 燃料的选用。

锅炉燃料有煤、油页岩、石油制品、天然气、煤气、可燃工业废气等。

锅炉房设计中应主要以煤为燃料,并应落实燃料煤的供应。如以重油、柴油或天然气、城市煤气为燃料时,应经有关主管部门批准。

在有条件地区,应尽量采用洁净燃料。

2.2.2 锅炉设备选择应遵循的一般原则。

对于小容量锅炉,考虑到操作管理方便、投资少、建设快等因素,锅炉一般选用自然循环锅炉。

当选定锅炉类型后,应根据热用户可靠的热负荷资料,确定锅炉设备的容量、参数和台数,并进行锅炉热平衡、热效率及燃料消耗量等有关计算。

1 锅炉炉型的选择应以工程投资情况、燃料特性、锅炉容量、灰渣利用情况及当地的环保要求等综合考虑。

2 锅炉容量和台数的选择,应对热用户的负荷变化适应性强,并保证锅炉经常处于经济负荷下运行;应有利于节省工程投资和运行管理费用,锅炉房的锅炉台数不宜少于 2 台,但当选用 1 台能满足热负荷和检修需要时,可设置 1 台。锅炉房的锅炉总台数,新建时不宜超过 5 台;扩建和改建时不宜超过 7 台。

3 锅炉房扩建的考虑:

- 1) 根据设计规划要求,如近期内(3 年内)明确锅炉房供汽量有较大增长时,则可考虑选择较大容量的锅炉或增加台数进行一次规划。并在工艺及土建设计中考虑扩建的灵活性和合理性。
- 2) 当需考虑远期(3 年以上)供汽量增加的可能性时,一般应在锅炉房总图布置中留有扩建位置。

4 锅炉容量和参数的选择宜选系列容量和参数。

2.2.3 炉型的选择。锅炉以煤作为燃料时,锅炉炉型的选择应符合下列要求:

1 容量为 35t/h 及以下的锅炉,宜选用链条炉(顺转炉排)、抛煤炉(倒转炉排)或循环流化床锅炉。

2 容量为 65t/h 及以上的锅炉,宜选用煤粉炉或循环流化床锅炉。也可根据煤质情况选用其他炉型。

3 容量相同的锅炉,宜选用同一制造厂的同型锅炉。

2.2.4 经济分析。工业企业锅炉房(或热电站)一般为所在企业的一个组成部分。因此,在进行锅炉房(或热电站)经济分析时,可按静态情况下的简化方法进行计算。计算内容包括:工程投资、生产成本、内部收益率、净现值、投资回收年限、贷款偿还期等。

3 燃料燃烧计算

3.1 基本规定

3.1.1 为了保证燃料变化时锅炉的燃烧效率,宜提供 2 种(或 2 种以上)燃料资料,一种作为设计燃料,另一种作为校核燃料。

3.1.2 燃料煤资料:

- 1 煤的产地、矿井名称;
- 2 煤的运输方式;
- 3 煤的工业分析:水分、灰分、挥发分、固定碳(%);
- 4 煤的元素分析(收到基): C_{ar} 、 H_{ar} 、 O_{ar} 、 N_{ar} 、 S_{ar} 、 A_{ar} 、 M_{ar} (%);
- 5 煤的收到基低位发热量: $Q_{ar,net,p}$;
- 6 煤的粘结性及结焦情况;
- 7 灰渣的变形温度、软化温度及流动温度(即 DT、ST、FT);
- 8 煤的可磨性系数(对于煤粉炉);
- 9 煤的磨损指数;
- 10 煤的堆积密度;
- 11 煤的颗粒度;
- 12 燃煤灰分中各碱性氧化物的含量(如 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O 等)。

3.1.3 对燃煤锅炉,经破碎后的原煤,进锅炉房时燃料煤粒度按炉型的不同应符合下列规定:

- 1 煤粉炉、抛煤炉不宜大于 30mm。
- 2 链条炉不宜大于 50mm,且小于 3mm 粒径的煤不得多于总煤量的 30%。
- 3 沸腾炉、循环流化床锅炉不宜大于 13mm,或根据锅炉厂的要求进行设计。

3.1.4 燃料油资料:

- 1 燃料油的产地、种类及牌号;
- 2 燃料油的运输方式;
- 3 燃料油的供应情况(可靠性,油品质量是否稳定等);
- 4 燃料油的元素分析(收到基): C_{ar} 、 H_{ar} 、 O_{ar} 、 N_{ar} 、 S_{ar} 、 A_{ar} 、 M_{ar} (%);
- 5 燃料油的性质指标:粘度、密度、比热、凝固点、闪点、热焓、导热系数、低位发热量、机械杂质等(粘度、密度、比热等指标最少应具有 2 种温度下的值);
- 6 燃料油的低位发热量 $Q_{ar,net,p}$ 。

3.1.5 燃料气资料:

- 1 燃料气的产地、种类及牌号;

- 2 燃料气的供应情况；
- 3 燃料气的低位发热量；
- 4 燃料气的组分；
- 5 燃料气的性质指标(粘度、平均密度、比热、爆炸极限、导热系数、温度、压力等)。

3.2 计算条件的整理

3.2.1 燃料条件。

1 燃料元素分析换算。当已知固体或液体燃料的某种基的元素分析时,可以按下式求得燃料的另一种基的元素分析成分：

$$\text{欲求基成分}=\text{已知基成分}\times\text{换算系数}$$

式中的换算系数可从表 3.2.1-1 中查得。

表 3.2.1-1 固体、液体燃料元素分析换算系数表

已知基	欲 求 基			
	收到基(ar)	空气干燥基(ad)	干燥基(d)	干燥无灰基(daf)
	换 算 系 数			
收到基(ar)	1	$\frac{100-M_{ad}}{100-M_{ar}}$	$\frac{100}{100-M_{ar}}$	$\frac{100}{100-A_{ar}-M_{ar}}$
空气干燥基(ad)	$\frac{100-M_{ar}}{100-M_{ad}}$	1	$\frac{100}{100-M_{ad}}$	$\frac{100}{100-A_{ad}-M_{ad}}$
干燥基(d)	$\frac{100-M_{ar}}{100}$	$\frac{100-M_{ad}}{100}$	1	$\frac{100}{100-A_d}$
干燥无灰基(daf)	$\frac{100-A_{ar}-M_{ar}}{100}$	$\frac{100-A_{ad}-M_{ad}}{100}$	$\frac{100-A_d}{100}$	1

表中： M_{ar} 、 M_{ad} 、 M_d ——燃料收到基、空气干燥基、干燥基水分(%)；

A_{ar} 、 A_{ad} 、 A_d ——燃料收到基、空气干燥基、干燥基灰份(%)。

2 发热量的换算。

1) 同基准下高、低位发热量之间的换算：

这种换算主要差别在于燃料中水分和燃烧时产生水的汽化潜热这部分的数值,其换算关系由表 3.2.1-2 中查得。

表 3.2.1-2 同基准下高、低位发热量之间的换算

燃料基准	换算关系式
干燥无灰基	$Q_{\text{net,daf}} = Q_{\text{gr,daf}} - aH_{\text{daf}}$
干燥基	$Q_{\text{net,d}} = Q_{\text{gr,d}} - aH_{\text{d}}$
空气干燥基	$Q_{\text{net,ad}} = Q_{\text{gr,ad}} - aH_{\text{ad}} - bM_{\text{ad}}$
收到基	$Q_{\text{net,ar}} = Q_{\text{gr,ar}} - aH_{\text{ar}} - bM_{\text{ar}}$

表中： $Q_{\text{net},x}$ ——不同基准下的低位发热量(MJ/kg 或 kJ/kg)；
 $Q_{\text{gr},x}$ ——不同基准下的高位发热量(MJ/kg 或 kJ/kg)；
 H_x ——燃料在需要换算发热量相应基准下氢含量(%)；
 M_x ——燃料在需要换算发热量相应基准下水分含量(%)；
 a ——系数,发热量以 MJ/kg 为单位时是 0.2261,以 kJ/kg 为单位时是 226.1；
 b ——系数,发热量以 MJ/kg 为单位时是 0.0251,以 kJ/kg 为单位时是 25.1。

2) 不同基准下低位发热量之间的换算：

不同基准下低位发热量之间的换算关系比较多,知道其中一种基准的换算关系,其他基准之间的换算可以推导得出,表 3.2.1-3 中是知道其他基准,换算到收到基的关系式。

表 3.2.1-3 将其他基准低位发热量换算为收到基低位发热量

已知燃料基准	换算到收到基的关系式
干燥无灰基	$Q_{\text{net,ar}} = Q_{\text{net,daf}} \times \frac{100 - A_{\text{ar}} - M_{\text{ar}}}{100} - b \times M_{\text{ar}}$
干燥基	$Q_{\text{net,ar}} = Q_{\text{net,d}} \times \frac{100 - M_{\text{ar}}}{100} - b \times M_{\text{ar}}$
空气干燥基	$Q_{\text{net,ar}} = (Q_{\text{net,ad}} + b \times M_{\text{ar}}) \times \frac{100 - M_{\text{ar}}}{100 - M_{\text{ad}}} - b \times M_{\text{ar}}$

表中符号意义同表 3.2.1-2。

3 燃料煤可磨系数换算。煤的可磨性应以 GB/T 2565 测得的可磨性指数 HGI 或 SD 328 测得的可磨性指数 K_{VTI} 为依据。指数 K_{VTI} 用于钢球磨煤机的设计计算,指数 HGI 用于除钢球磨煤机以外的其他所有磨煤机的设计计算。可磨性指数 HGI 和 K_{VTI} 可近似用式(3.2.1)进行换算：

$$K_{\text{VTI}} = 0.0149\text{HGI} + 0.32$$

(3.2.1)

但在进行磨煤机出力计算时,应以实测的可磨性数据为准。

3.2.2 所选锅炉设备的基本资料：

- 1 产品说明书；
- 2 热力计算书；
- 3 阻力计算书；
- 4 主要图纸。

3.2.3 其他资料:如当地气象条件等。

3.3 燃料的校核计算

3.3.1 按燃料分析成分进行校核。

1 对于固体和液体燃料。

$$\Sigma X = C_x + H_x + O_x + N_x + S_x + A_x + M_x \quad (3.3.1-1)$$

$$\delta = 100\% - \Sigma X \quad (3.3.1-2)$$

式中: $C_x, H_x, O_x, N_x, S_x, A_x, M_x$ ——分别表示燃料中的碳、氢、氧、氮、硫(可燃)、灰分和水分的元素分析;

ΣX ——燃料各不同基的元素分析之和;

δ ——分析误差, 允许 $|\delta| \leq 0.5\%$ 。

2 对于气体燃料。

$$\Sigma X = \Sigma C_m H_n + CO + H_2 + H_2O + \dots \quad (3.3.1-3)$$

$$\delta = 100\% - \Sigma X \quad (3.3.1-4)$$

式中: $H_2, CO, C_m H_n, H_2O, \dots$ ——分别表示燃料中 H_2, CO 、烃类、 H_2O, \dots 所占体积百分数;

ΣX ——燃料各种成分之和;

δ ——分析误差, 允许 $|\delta| \leq 0.5\%$ 。

3.3.2 按燃料发热量进行校核。

1 对于固体或液体燃料。

$$Q_{ar, net, p} = 339C_{ar} + 1030H_{ar} + 109(S_{ar} - O_{ar}) - 25M_{ar} \quad (3.3.2-1)$$

$$\delta = \frac{Q'_{ar, net, p} - Q_{ar, net, p}}{(Q'_{ar, net, p} - Q_{ar, net, p})/2} \quad (3.3.2-2)$$

式中: $Q_{ar, net, p}$ ——燃料计算收到基低位发热量(kJ/kg);

$Q'_{ar, net, p}$ ——燃料实测收到基低位发热量(kJ/kg);

δ ——分析相对误差, 允许 $|\delta| \leq 3\% \sim 4\%$ 。当 $A_d \leq 25\%$, 取下限; 当 $A_d > 25\%$, 取上限;

其余符号意义同本规定式(3.3.1-1)。

2 对于气体燃料。

$$Q = 0.01[H_2 \times Q_{H_2} + CO \times Q_{CO} + \Sigma(C_m H_n \times Q_{C_m H_n}) + H_2S \times Q_{H_2S}] \quad (3.3.2-3)$$

$$\delta = \frac{Q' - Q}{(Q' - Q)/2} \quad (3.3.2-4)$$

式中: Q ——燃料计算低位或高位发热量(kJ/Nm³);

Q' ——燃料给定低位或高位发热量(kJ/Nm³);

$Q_{H_2}, Q_{CO}, Q_{C_m H_n}, Q_{H_2S}$ —— $H_2, CO, C_m H_n, H_2S$ 可燃气体的高位或低位发热值;

δ ——分析误差, 允许 $|\delta| \leq 5\%$ 。

其余符号意义同本规定式(3.3.1-3)。

3.4 燃料燃烧所需空气量计算

3.4.1 以固体或液体为燃料锅炉所需空气量计算。

1 理论空气量(包括近似计算公式)。

1) 1kg 固体或液体燃料燃烧所需要的理论空气量:

当不采用炉内脱硫时,按式(3.4.1-1)或式(3.4.1-2)计算:

$$V^0 = 0.0889(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.265H_{ar} - 0.0333O_{ar} \quad (3.4.1-1)$$

$$L^0 = 0.115(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.342H_{ar} - 0.0431O_{ar} \quad (3.4.1-2)$$

对循环流化床锅炉,并且采用炉内脱硫时,按式(3.4.1-3)或(式 3.4.1-4)计算:

$$V^0 = 0.0889(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.265H_{ar} - 0.0333O_{ar} + 1.6670 \frac{\eta_1}{100} \times \frac{\eta_2}{100} \times \frac{S_{ar}}{100} \quad (3.4.1-3)$$

$$L^0 = 0.115(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.342H_{ar} - 0.0431O_{ar} + 2.1564 \frac{\eta_1}{100} \times \frac{\eta_2}{100} \times \frac{S_{ar}}{100} \quad (3.4.1-4)$$

式中: V_0 ——理论空气量(Nm^3/kg);

L_0 ——理论空气量(kg/kg);

C_{ar} 、 S_{ar} 、 H_{ar} 、 O_{ar} ——燃料中碳、硫、氢、氧的收到基成分(%);

η_1 ——燃料中的硫含量在炉内转变为二氧化硫的份额(%),根据炉型和燃煤特性取 80%~100%;

η_2 ——炉内脱硫率(%)。

2) 燃烧 1kg 燃料煤和与之匹配的脱硫剂(CaCO_3)需要的当量理论空气量计算:

$$V_D^0 = \frac{V_0}{1 + g_{\text{CaCO}_3}} \quad (3.4.1-5)$$

式中: V_D^0 ——当量理论空气量(Nm^3/kg);

g_{CaCO_3} ——单位当量燃料量,见本规定式(3.7.2-1)(kg/kg)。

3) 当燃料未进行元素分析时,理论空气量可按式(3.4.1-6)~式(3.4.1-10)进行估算:

采用清华大学简化公式:

对于 $V_{daf} > 15\%$ 的烟煤:

$$V^0 = \frac{0.251Q_{ar,net,p} + 278}{1000} \quad (3.4.1-6)$$

对于 $V_{daf} \leq 15\%$ 的贫煤及无烟煤:

$$V^0 = \frac{0.239Q_{ar,net,p} + 600}{990} \quad (3.4.1-7)$$

对于 $Q_{ar,net,p} < 12560 \text{kJ}/\text{kg}$ 的劣质煤:

$$V^0 = \frac{0.239Q_{ar,net,p} + 450}{990} \quad (3.4.1-8)$$

洛辛和弗林近似公式:

对于固体燃料:

$$V^0 = \frac{0.242Q_{ar,net,p} + 500}{1000} \quad (3.4.1-9)$$

对于燃油:

$$V^0 = \frac{0.203Q_{\text{ar,net,p}}}{1000} + 2.0 \quad (3.4.1-10)$$

式中: V_0 ——理论空气量(Nm^3/kg);

V_{daf} ——燃料干燥无灰基挥发份(%);

$Q_{\text{ar,net,p}}$ ——燃料收到基低位发热量(kJ/kg)。

2 实际空气量。

$$V_k = \alpha \times V^0 \quad (3.4.1-11)$$

式中: V_k ——实际空气量(Nm^3/kg);

α ——锅炉炉膛空气过剩系数。

3.4.2 燃气锅炉所需空气量计算。

1 理论空气量。

$$V^0 = \frac{1}{21} [0.5\text{H}_2 + 0.5\text{CO} + \Sigma(m + \frac{n}{4})\text{C}_m\text{H}_n + 1.5\text{H}_2\text{S} - \text{O}_2] \quad (3.4.2-1)$$

式中: V^0 ——理论空气需要量(Nm^3/Nm^3 , 干空气/干燃气);

H_2 、 CO 、 C_mH_n 、 H_2S 、 O_2 ——燃气中 H_2 、 CO 、烃类、 H_2S 、 O_2 等可燃干燃气组分的体积分数(%)。

当未得到燃气的组分分析时,对于煤气理论空气量可根据低位发热量按式(3.4.2-2)或式(3.4.2-3)进行估算。

当燃气 $Q_{\text{net,p}} \leq 10467 \text{kJ/Nm}^3$ 时:

$$V^0 = \frac{0.209}{1000} Q_{\text{net,p}} \quad (3.4.2-2)$$

当燃气 $Q_{\text{net,p}} \geq 10467 \text{kJ/Nm}^3$ 时:

$$V^0 = \frac{0.260Q_{\text{net,p}} - 250}{1000} \quad (3.4.2-3)$$

对于烷烃类燃气,按式(3.4.2-4)进行估算。

$$V^0 = \frac{0.268Q_{\text{net,p}}}{1000} \quad (3.4.2-4)$$

式中: $Q_{\text{net,p}}$ ——标态下燃气的低位发热量(kJ/Nm^3)。

2 实际空气量。

$$V_k = \alpha \times V^0 \quad (3.4.2-5)$$

式中: V_k ——实际空气量(Nm^3/Nm^3);

α ——锅炉炉膛空气过剩系数。

燃气装置的过剩空气系数 α 值的大小决定于燃气燃烧方法和燃烧设备的运行工况。 α 一般控制在 1.0~1.20。

3.5 燃料燃烧产生烟气量计算

3.5.1 以固体或液体为燃料的锅炉产生烟气量计算。

1 理论烟气量。

1) 1kg 燃料完全燃烧后的理论烟气体量:

当不采用炉内脱硫时:

$$V_Y^0 = V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + V_{RO_2}^0 \quad (3.5.1-1)$$

$$V_{N_2}^0 = 0.79V^0 + 0.008N_{ar} \quad (3.5.1-2)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0.111H_{ar} + 0.0124M_{ar} + 0.0161V^0 \quad (3.5.1-3)$$

$$V_{RO_2}^0 = 0.01866(C_{ar} + 0.375S_{ar}) \quad (3.5.1-4)$$

式中: V_Y^0 ——理论烟气体量(Nm^3/kg);

$V_{N_2}^0$ ——理论氮气容积(Nm^3/kg);

$V_{H_2O}^0$ ——理论水蒸气容积(Nm^3/kg);

V_{RO_2} ——三原子气体容积(Nm^3/kg);

V_0 ——理论空气量(Nm^3/kg);

C_{ar} 、 H_{ar} 、 N_{ar} 、 S_{ar} 、 M_{ar} ——分别为燃料中碳、氢、氮、硫、水的收到基元素分析(%)。

对循环流化床锅炉,并且采用炉内脱硫时:

$$V_Y^D = V_{DN_2}^D + V_{H_2O}^D + V_{RO_2}^D \quad (3.5.1-5)$$

$$V_{DN_2}^D = \frac{0.008N_{ar}}{1 + g_{CaCO_3}} + 0.79V^0 \quad (3.5.1-6)$$

$$V_{H_2O}^D = \frac{0.0124(M_{ar} + g_{CaCO_3}M_{CaCO_3}) + 0.111H_{ar}}{1 + g_{CaCO_3}} + 0.0161V_0^D \quad (3.5.1-7)$$

$$V_{RO_2}^D = \frac{0.01866(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.007S_{ar}(K_1 + \eta_{SO_2})}{1 + g_{CaCO_3}} \quad (3.5.1-8)$$

式中: V_Y^D ——当量理论烟气体量(Nm^3/kg);

$V_{DN_2}^D$ ——当量理论氮气容积(Nm^3/kg);

$V_{H_2O}^D$ ——当量理论水蒸气容积(Nm^3/kg);

$V_{RO_2}^D$ ——当量三原子气体容积(Nm^3/kg);

C_{ar} 、 H_{ar} 、 N_{ar} 、 S_{ar} 、 M_{ar} ——燃料中碳、氢、氮、硫、水的收到基元素分析(%)；

g_{CaCO_3} ——燃烧 1kg 燃料煤需要匹配的石灰石量(kg/kg)；

M_{CaCO_3} ——石灰石中的水分(%)；

K_1 ——Ca/S 摩尔比,与锅炉的结构、燃料中的含硫量、脱硫效率等因素有关,一般从锅炉厂提供的资料中查取,当没有资料时可取 2~2.5；

η_{SO_2} ——脱硫率(以小数表示)。

2) 当燃料未进行燃料分析时,理论烟气体量可按下列公式估算:

采用清华大学简化公式:

对于烟煤、无烟煤、贫煤:

$$V_Y^0 = \frac{0.248Q_{ar,net,p} + 770}{1000} \quad (3.5.1-9)$$

对于 $Q_{ar,net,p} < 12560 kJ/kg$ 的劣质煤:

$$V_Y^0 = \frac{0.248Q_{ar,net,p} + 540}{1000} \quad (3.5.1-10)$$

洛辛和弗林近似公式：

对于固体燃料：

$$V_Y^0 = \frac{0.214Q_{ar,net,p} + 1650}{1000} \quad (3.5.1-11)$$

对于燃油：

$$V_Y^0 = \frac{0.266Q_{ar,net,p}}{1000} \quad (3.5.1-12)$$

式中： V_Y^0 ——理论烟气量(Nm^3/kg)；

$Q_{ar,net,p}$ ——燃料收到基低位发热量(kJ/kg)。

2 实际烟气量。

1) 烟气的实际容积：

当不采用炉内脱硫时：

$$V_Y = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + 1.0161(\alpha - 1) \times V^0 \quad (3.5.1-13)$$

式中： V_Y ——烟气的实际容积(Nm^3/kg)；

V_{RO_2} ——三原子气体容积(Nm^3/kg)；

$V_{N_2}^0$ ——理论氮气容积(Nm^3/kg)；

$V_{H_2O}^0$ ——水蒸气的实际容积(Nm^3/kg)；

α ——锅炉排烟空气过剩系数，可采用锅炉“热力计算书”中的数据；

V^0 ——理论空气量(Nm^3/kg)；

$V_{H_2O}^0$ ——水蒸气的理论容积(Nm^3/kg)。

对循环流化床锅炉，并且采用炉内脱硫时：

$$V_Y^D = V_{RO_2}^D + V_{DN_2}^0 + V_{H_2O}^D + 1.0161(\alpha - 1) \times V^0 \quad (3.5.1-14)$$

式中： V_Y^D ——当量烟气的实际容积(Nm^3/kg)；

$V_{RO_2}^D$ ——当量三原子气体容积(Nm^3/kg)；

$V_{DN_2}^0$ ——当量理论氮气容积(Nm^3/kg)；

$V_{H_2O}^D$ ——当量水蒸气的实际容积(Nm^3/kg)；

α ——锅炉排烟空气过剩系数，可采用锅炉“热力计算书”中的数据；

V^0 ——理论空气量(Nm^3/kg)。

2) 烟气的实际重量，可按下列公式计算：

$$G_Y = 1 - \frac{A_{ar}}{100} + 1.306\alpha \times V^0 \quad (3.5.1-15)$$

式中： G_Y ——烟气实际重量(kg/kg)；

A_{ar} ——燃料分析中灰分的成分(%)。

3.5.2 以气体为燃料的锅炉产生烟气量计算。

1 理论烟气量。

$$V_Y^0 = V_{RO_2} + V_{H_2O}^0 + V_{N_2}^0 \quad (3.5.2-1)$$

$$V_{RO_2} = 0.01(CO_2 + CO + \sum mC_m H_n + H_2S) \quad (3.5.2-2)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0.01 \left(\text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + \sum \frac{n}{2} \text{C}_m \text{H}_n + 0.124d_s \right) + 0.0161V^0 \quad (3.5.2-3)$$

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0.79V^0 + 0.01\text{N}_2 \quad (3.5.2-4)$$

式中： V_Y^0 ——理论烟气体积(Nm^3/Nm^3)；

V_{RO_2} ——标态下燃气中三原子气体体积(Nm^3/Nm^3)；

$V_{\text{H}_2\text{O}}^0$ ——理论烟气中水蒸气体积(Nm^3/Nm^3)；

$V_{\text{N}_2}^0$ ——理论烟气中氮气的体积(Nm^3/Nm^3)；

CO_2 、 CO 、 $\text{C}_m \text{H}_n$ 、 H_2S 、 N_2 ——燃气中 CO_2 、 CO 、烃类、 H_2S 、 N_2 的体积(Nm^3/Nm^3)；

d_s ——燃气的含湿量(g/Nm^3)；

V^0 ——理论空气量(Nm^3/Nm^3)。

当未进行燃料成分分析时，理论烟气体积可根据发热量近似按式(3.5.2-5)、式(3.5.2-6)、式(3.5.2-7)进行估算。

对于天然气：

$$V_Y^0 = \frac{0.239Q_{\text{net},p}}{1000} + 2 \quad (3.5.2-5)$$

对于石油伴生气：

$$V_Y^0 = \frac{0.239Q_{\text{net},p}}{1000} + 2.2 \quad (3.5.2-6)$$

对于液化石油气：

$$V_Y^0 = \frac{0.239Q_{\text{net},p}}{1000} + 4.5 \quad (3.5.2-7)$$

式中： V_Y^0 ——理论烟气体积(Nm^3/kg)；

$Q_{\text{net},p}$ ——燃料收到基低位发热量(kJ/kg)。

2 实际烟气体积计算。

$$V_Y = V_{\text{RO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2} \quad (3.5.2-8)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0.01 \left(\text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + \sum \frac{n}{2} \text{C}_m \text{H}_n + 0.124d_s \right) + 0.0161\alpha \times V^0 \quad (3.5.2-9)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0.79\alpha V^0 + 0.01\text{N}_2 \quad (3.5.2-10)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0.21(\alpha - 1) \times V^0 \quad (3.5.2-11)$$

$$V_Y = V_Y^0 + 1.0161(\alpha - 1) \times V^0 \quad (3.5.2-12)$$

式中： V_Y ——实际烟气体积(Nm^3/Nm^3)；

V_{RO_2} ——三原子气体体积(Nm^3/Nm^3)；

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ ——实际烟气中水蒸气体积(Nm^3/Nm^3)；

$V_{\text{N}_2}^0$ ——实际烟气中氮气的体积(Nm^3/Nm^3)；

V_{O_2} ——实际烟气中过剩氧体积(Nm^3/Nm^3)；

H_2 、 H_2S 、 $\text{C}_m \text{H}_n$ 、 N_2 ——燃气中 H_2 、 H_2S 、烃类、 N_2 (Nm^3/Nm^3)；

d_s ——燃气的含湿量(g/Nm^3)；

V_Y^0 ——理论烟气体积(Nm^3/Nm^3)；

α ——锅炉排烟空气过剩系数；

V^0 ——理论空气量(Nm^3/Nm^3)。

当未进行燃料成分分析时,实际烟气量可根据式(3.5.2-5)、式(3.5.2-6)或式(3.5.2-7)求得理论烟气量,再按式(3.5.2-8)进行计算。

3.6 燃料消耗量计算

3.6.1 燃料消耗量计算。

对于热水锅炉:

$$B = \frac{3600Q + D_{pw} \times (i_s - i_h)}{\eta \times Q_{ar,net,p}} \quad (3.6.1-1)$$

对于饱和蒸汽锅炉:

$$B = \frac{(D + D_{zy}) \times (i_{bq} - i_{gs} - \frac{\gamma \times W}{100}) + D_{pw} \times (i_{bs} - i_{gs})}{\eta \times Q_{ar,net,p}} \quad (3.6.1-2)$$

对于过热蒸汽锅炉:

$$B = \frac{D \times (i_{gq} - i_{gs}) + D_{zy} \times (i_{zy} - i_{gs}) + D_{pw} \times (i_{bs} - i_{gs})}{\eta \times Q_{ar,net,p}} \quad (3.6.1-3)$$

式中: B ——燃料消耗量(t/h , Nm^3/h);

Q ——热水锅炉供热量(MW);

D ——锅炉蒸发量(t/h);

D_{zy} ——锅炉自用汽量(t/h);

D_{pw} ——锅炉排污量(t/h);

i_s ——锅炉供水焓(kJ/kg);

i_h ——锅炉回水焓(kJ/kg);

i_{bq} ——饱和蒸汽焓(kJ/kg);

i_{gq} ——过热蒸汽焓(kJ/kg);

i_{zy} ——自用蒸汽焓(kJ/kg);

i_{bs} ——饱和水焓(kJ/kg);

i_{gs} ——给水焓(kJ/kg);

W ——蒸汽湿度(kg/kg);

η ——锅炉热效率(以小数计),按锅炉“热力计算书”选取;

$Q_{ar,net,p}$ ——燃料收到基低位发热量(kJ/kg , kJ/Nm^3);

γ ——在锅炉工作压力下的汽化潜热(kJ/kg)。

由于存在机械不完全燃烧热损失,在计算燃烧所需空气量,产生烟气量时,应按计算燃料消耗量进行计算。

$$B_j = B \times (\frac{100 - q_4}{100}) \quad (3.6.1-4)$$

式中: B_j ——计算燃料消耗量(kg/h);

B ——燃料消耗量(kg/h)；

q_4 ——机械不完全燃烧热损失(%)，按锅炉“热力计算书”选取。

3.7 循环流化床锅炉脱硫剂加入量的计算

3.7.1 通过在循环流化床锅炉炉内计入脱硫剂，使锅炉燃烧产生的 SO_2 与脱硫剂反应生成固体物质后，以灰或渣的形式排出。通常用作脱硫剂的物质有石灰石(CaCO_3)、石灰(CaO)、白云石(CaCO_3 、 MCO_3)、硫铁矿(CaS)等，其中最常用的是石灰石。

3.7.2 石灰石作为循环流化床锅炉脱硫剂的计算。

1 燃烧 1kg 燃料煤需要匹配的石灰石量计算。

$$g_{\text{CaCO}_3} = \frac{K_1 \times K_2 \times S_{\text{ar}} \times M_{\text{CaCO}_3}}{\eta_{\text{CaCO}_3} \times M_s} \quad (3.7.2-1)$$

式中： g_{CaCO_3} ——1kg 燃料煤燃烧需要匹配的石灰石加入量(kg/kg)；

K_1 ——Ca/S 摩尔比；

K_2 ——燃料中的硫在炉内燃烧时转化为 SO_2 的份额，一般取 0.7~0.9；

S_{ar} ——燃料中收到基硫含量(以小数计)；

M_{CaCO_3} —— CaCO_3 分子量(取 100)；

M_s ——S 原子量(取 32)；

η_{CaCO_3} ——石灰石中 CaCO_3 的纯度(以小数计)。

2 炉内脱硫需要的石灰石量计算。

$$G_{\text{CaCO}_3} = B \times g_{\text{CaCO}_3} \quad (3.7.2-2)$$

式中： G_{CaCO_3} ——锅炉炉内脱硫需要加入的石灰石量(kg/kg)；

B ——燃料消耗量(t/h)；

g_{CaCO_3} ——1kg 燃料煤燃烧需要匹配的石灰石加入量(kg/kg)。

3.8 烟气酸露点计算

3.8.1 烟气的酸露点可按式(3.8.1-1)的经验公式计算。

$$t_l = t_{\text{sl}} + \frac{\beta \times \sqrt[3]{S_{\text{ar}}^{\text{zs}}}}{1.05 \times \alpha_{\text{fh}} \times A_{\text{ar}}^{\text{zs}}} \quad (3.8.1-1)$$

$$t_{\text{sl}} = 6.715 + 13.787 \ln p + 1.357 (\ln p)^2 \quad (3.8.1-2)$$

$$S_{\text{ar}}^{\text{zs}} = 4190 \frac{S_{\text{ar}}}{Q_{\text{ar, net, p}}} \quad (3.8.1-3)$$

$$A_{\text{ar}}^{\text{zs}} = 4190 \frac{A_{\text{ar}}}{Q_{\text{ar, net, p}}} \quad (3.8.1-4)$$

式中： t_l ——烟气的酸露点($^{\circ}\text{C}$)，公式未考虑循环流化床锅炉添加脱硫剂的工况；当添加脱硫剂后应对 $S_{\text{ar}}^{\text{zs}}$ 再进行折算；

t_{sl} ——纯水蒸气的温度露点($^{\circ}\text{C}$)；

p ——为水蒸气分压力；

β ——当炉膛出口过剩系数 1.2 时, $\beta=121$, 炉膛出口过剩系数大于 1.2 且小于 1.4 时,
 $\beta=125$, 炉膛出口过剩系数大于等于 1.4 时, $\beta=129$;

α_{fh} ——飞灰系数;

S_{ar}^{zs} ——燃料的收到基折算硫分(%);

A_{ar}^{zs} ——燃料的收到基折算灰分(%);

S_{ar} ——燃料的收到基硫分(%);

$Q_{ar, net, p}$ ——燃料收到基低位发热量(kJ/kg);

A_{ar} ——燃料的收到基灰分(%)。

4 热力系统及设备选择计算

4.1 汽水管道计算

4.1.1 管径计算。单相流体的管径根据选定的允许介质流速按式(4.1.1-1)或式(4.1.1-2)计算。

D_i=594.7\sqrt{\frac{G\times\nu}{\omega}} (4.1.1-1)

或 D_i=18.81\sqrt{\frac{Q}{\omega}} (4.1.1-2)

式中:D_i——管道内径(mm);
G——介质质量流量(t/h);
ν——介质比容(m³/kg);
ω——介质流速(m/s);
Q——介质容积流量(m³/h)。

汽水管道介质流速一般按表 4.1.1 推荐流速选取。

表 4.1.1 汽水管道的介质流速选取表

介质类别	管道名称	推荐流速(m/s)
主蒸汽	主蒸汽管道	40~60
中间再热蒸汽	高温再热蒸汽管道	50~65
	低温再热蒸汽管道	30~45
其他蒸汽	抽汽或辅助蒸汽管道:过热汽 饱和汽 湿蒸汽	35~60 30~50 20~35
	去减温减压器蒸汽管道	60~90
给 水	高压给水管道	2~6
	低压给水管道	0.5~2.0
凝结水	凝结水泵出口侧管道	2.0~3.5
	凝结水泵入口侧管道	0.5~1.0
加热器疏水	加热器疏水管道:疏水泵出口侧 疏水泵入口侧	1.5~3.0 0.5~1.0
其他水	生水、化学水、工业水及其他水管道:离心泵入口管道	0.5~1.5
	离心泵出口管道及其他压力管道	2~3
	自流、溢流等无压排水管道	<1

- 注:1 上表中的流速取值仅限于在锅炉房或热电站内部,对于外送介质管道,还应考虑输送介质的温降和压降满足要求。
2 介质流速一般在推荐流速范围内选取,但应注意管径大小、参数高低的影响,对于直径小、介质参数低的管道,宜采用较低值。

4.1.2 管道壁厚计算。

- 1 直管壁厚计算。对于 D_o/D_i≤1.7 承受内压的汽水管道,直管的壁厚按式(4.1.2-1)、式(4.1.2-2)

或式(4.1.2-1)、式(4.1.2-3)计算。

$$S=S_1+C_2 \tag{4.1.2-1}$$

$$S_1=\frac{p\times D_0}{2\left[\sigma\right]'\times\varphi+2Y\times p}+C_1 \tag{4.1.2-2}$$

$$S_1=\frac{p\times D_i+(2\left[\sigma\right]'\times\varphi+2Y\times p)\times C_1}{2\left[\sigma\right]'\times\varphi-2Y\times(1-p)} \tag{4.1.2-3}$$

式中： D_i ——管道内径(mm)，取用最大内径；
 D_o ——管道外径(mm)，取用公称外径；
 S ——管道壁厚(mm)；
 S_1 ——管道最小壁厚(mm)；
 C_1 ——考虑腐蚀、磨损和机械强度要求的附加厚度(mm)，对于一般的蒸汽管道和水管道，可不考虑腐蚀和磨损的影响；对于高压加热器疏水管道、给水再循环管、排污管道和工业水管道，磨损和腐蚀裕度可取用 2mm；对于磨损和腐蚀严重的管道，如果估计到管子在使用中的腐蚀和磨损速度超过 0.06mm/a，则腐蚀和磨损裕度应为管道运行年限内的总腐蚀和磨损量；机械强度要求的附加裕度，视具体情况确定；
 p ——设计压力(MPa)；
 $[\sigma]'$ ——钢材在设计温度下的许用应力(MPa)；
 φ ——许用应力修正系数，对于无缝钢管取 $\varphi=1.0$ ；对于纵缝焊接钢管，按有关制造技术条件检验合格者，按 φ 按表 4.1.2-1 选取；对于螺旋缝焊接钢管，按 SY-5036 标准制造和无损检验合格者，取 $\varphi=0.9$ ；

表 4.1.2-1 纵缝焊接钢管许用应力修正系数

焊接方式	焊 缝 方 式	修正系数 φ
手工电焊或气焊	双面焊接有坡口对接焊缝，100%无损探伤	1.00
	有氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.90
	无氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.75
熔剂层下的自动焊	双面焊接对接焊缝，100%无损探伤	1.00
	单面焊接有坡口对接焊缝	0.85
	单面焊接无坡口对接焊缝	0.80

Y ——温度对于计算管子壁厚公式的修正系数，对于铁素体钢，482℃及以下时取 $Y=0.4$ ，510℃时取 $Y=0.5$ ，538℃及以上时取 $Y=0.7$ ；对于奥氏体钢，566℃及以下时取 $Y=0.4$ ，593℃时取 $Y=0.5$ ，621℃及以上时取 $Y=0.7$ ；中间温度的 Y 值，可按内插法计算；
 C_2 ——直管壁厚负偏差的附加值(mm)。

2 直管壁厚负偏差的附加值 C_2 的计算。对于无缝钢管，直管壁厚附加值 C_2 按式(4.1.2-4)计算。

$$C_2=A\times S_1 \tag{4.1.2-4}$$

式中： A ——管道壁厚负偏差系数，按表 4.1.2-2 选取；

S₁—管道理论计算壁厚(mm)。

表 4.1.2-2 无缝钢管管道壁厚负偏差系数选用表

管道壁厚允许偏差(%)	—5	—8	—9	—10	—11	—12.5	—15
A	0.053	0.087	0.099	0.111	0.124	0.143	0.176

对于焊接钢管,直缝焊接管采用钢板厚度的负偏差值;螺旋缝焊接管根据管子产品技术条件中规定的壁厚允许负偏按表 4.1.2-2 选取。且上述两种钢管的直管壁厚负偏差的附加值均不得小于 0.5mm。

4.2 除氧给水系统及设备选择计算

4.2.1 除氧方式分类。

除氧器按除氧机理分为三大类,见表 4.2.1。

表 4.2.1 除氧器的分类

序号	除 氧 方 式		使用环境	备 注
1	热力除氧	压力式热力除氧 大气式热力除氧 真空除氧	高压蒸汽锅炉 中低压蒸汽锅炉 低压蒸汽锅炉	
2	化学除氧	药剂除氧 铁屑除氧	低压蒸汽锅炉、热水锅炉 低压蒸汽锅炉、热水锅炉	
3	解析除氧		低压蒸汽锅炉、热水锅炉	

4.2.2 除氧器选择计算。

1 基本规定。各种压力锅炉给水中最大溶氧指标见表 4.2.2。

表 4.2.2 各种压力锅炉的给水溶氧指标表

工作压力(MPa)	热水锅炉	≤0.98	0.98~1.57	1.57~2.54	3.8~5.8	5.9~12.6
溶氧(μg/L)	≤100	≤100	≤100	≤50	≤15	≤7

一般大气式热力除氧器的出水氧含量小于 15μg/L,压力式除氧器的出水氧含量小于 7μg/L。

2 热力除氧器耗汽量计算。

$$D_q = \frac{G \times (i_2 - i_1)}{(i - i_2) \times \eta} + D_x$$

(4.2.2-1)

式中:D_q——除氧器耗汽量(t/h);
G——进除氧器最大水量(t/h);

i_2 ——除氧器出口水焓(kJ/kg);

i_1 ——除氧器进口水焓(kJ/kg);

i ——进入除氧器蒸汽焓(kJ/kg);

η ——除氧器的效率,一般取 0.98;

D_x ——排气中蒸汽损失量(t/h),一般按每吨产水量 1~3kg 选取。

3 化学除氧器选择计算。

1) 药剂除氧:药剂除氧一般采用的药剂为 Na_2SO_3 、 NaHSO_3 、丙酮肟、二甲基酮肟或 N_2H_4 , 当以 Na_2SO_3 作为药剂时,加药量按式(4.2.2-2)计算。药剂通常配成 6%~8% 的稀溶液后再加入给水中。

$$G_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{G \times (8C + k)}{E} \quad (4.2.2-2)$$

式中: $G_{\text{Na}_2\text{SO}_3}$ ——给水中需要加入的 Na_2SO_3 量(g/h);

G ——进入除氧器的给水量(t/h);

8——1g 氧化合所需无水 Na_2SO_3 数;

C ——除氧器入口含氧量(g/m³);

k —— Na_2SO_3 过剩量(g/m³),一般取 3~4g/m³;

E —— Na_2SO_3 纯度。

2) 铁屑除氧:除氧器内铁屑填充体积,需要根据式(4.2.2-3)和式(4.2.2-4)分别计算,然后选其中较大一个作为除氧器内铁屑填充工作体积。

$$V = \frac{G \times C \times T}{192\gamma} \quad (4.2.2-3)$$

$$V = \frac{G \times \tau}{60} \quad (4.2.2-4)$$

式中: V ——除氧器内铁屑填充体积(m³);

G ——进入除氧器的给水量(t/h);

C ——待除氧水含氧量(g/m³)

T ——钢屑除氧器的工作小时数(根据设计需要决定,但一般不超过 1 年);

γ ——钢屑堆积比重(kg/m³),一般选用 800~1200kg/m³;

τ ——铁屑除氧器一个工作周期小时数(min),当水温 80℃ 时, $\tau=3\text{min}$, 当水温 60℃ 时, $\tau=8\text{min}$ 。

4 解析除氧。解析除氧木炭消耗按式(4.2.2-5)计算。

$$G_c = \frac{G \times C}{520} \quad (4.2.2-5)$$

式中: G_c ——木炭消耗量(kg/h);

G ——进入除氧器的给水量(t/h);

C ——除氧器入口含氧量(g/m³);

520——1kg 木炭能除掉水中 520g 的氧量。

5 除氧水箱选择计算。

$$V=G \times t \quad (4.2.2-6)$$

式中: V ——除氧水箱有效容积(m^3);

G ——除氧器对应锅炉额定蒸发量时给水消耗量(m^3/h);

t ——除氧水在水箱内的停留时间(h),对 35t/h 及以下的锅炉, t 一般选 20~30min; 65t/h 及以上的锅炉, t 一般选 10~15min。对于蒸汽凝结水直接返回除氧水箱的,水箱容积可适当加大。

4.2.3 锅炉给水泵选择计算。

1 锅炉给水驱动机选择原则。锅炉给水泵的驱动方式有电动和汽动两种。

1) 由于电动给水泵的系统简单、启停快、投资少,在中小型热电站中应用广泛;

2) 在正常运行工况下,当蒸汽有降级使用时,为了充分利用蒸汽能级,可以采用汽动给水泵。

2 锅炉给水泵台数和容量的确定原则。

1) 锅炉给水泵应设设备用泵;

2) 锅炉给水泵的总容量及台数,应保证在任何一台给水泵停用时,其余给水泵的总出力,仍能满足所连系统的全部锅炉额定蒸发量的 110%;

3) 每台给水泵的容量,宜按对应的锅炉额定蒸发量的 110% 给水量来选择。

3 锅炉给水泵扬程计算。锅炉给水泵的扬程应按式(4.2.3-1)计算。

$$H=(p_b+\Delta p-p_{in}+\Delta p_1) \times 102+H_j+\Delta H \quad (4.2.3-1)$$

式中: H ——锅炉给水泵设计扬程(m);

p_b ——锅炉汽包压力(MPa);

Δp ——开启安全阀所需压差(MPa),可取 $\Delta p=(0.04 \sim 0.06) p_b$;

p_{in} ——锅炉给水泵进口压力(MPa);

Δp_1 ——锅炉给水泵出口至锅炉汽包之间设备和管路总阻力(MPa);

H_j ——锅炉汽包正常液位与锅炉给水泵中心几何高度差(m);

ΔH ——计算扬程富裕量(m)。

4 锅炉给水泵汽蚀余量校核计算。为确保锅炉给水泵工作时不产生汽蚀现象,给水泵有效汽蚀余量需选取式(4.2.3-2)、式(4.2.3-3)和式(4.2.3-4)中较大值:

$$(\text{NPSH})_a \geq (\text{NPSH})_r \times (1 + \alpha) \quad (4.2.3-2)$$

$$(\text{NPSH})_a = (\text{NPSH})_r + S_1 \quad (4.2.3-3)$$

$$(\text{NPSH})_a \times \alpha \geq 0.6 \quad (4.2.3-4)$$

式中: $(\text{NPSH})_a$ ——有效汽蚀余量(m), $(\text{NPSH})_a = \left(\frac{p_{vs} - p_v - p_{1s}}{\gamma} \right) \times 100 - H_{gs}$;

$(\text{NPSH})_r$ ——必需汽蚀余量(m),从泵厂商资料或样本中查取;

α ——有效汽蚀余量富裕系数,可取 0.1~0.3;

S_1 ——安全裕量(m),一般取 2.1m;

p_{vs} ——锅炉给水泵除氧器液面压力(绝压,MPa);

p_v ——输送温度下锅炉给水饱和蒸汽压(绝压,MPa);

p_{ls} ——进口侧管路系统的压降(MPa);
 γ ——输送温度下锅炉给水的相对密度;
 H_{gs} ——锅炉给水泵实际几何安装高度(m)。

4.3 锅炉排污系统及设备选择计算

4.3.1 排污系统的确定。为了保证锅炉炉水水质满足规程规范的要求,锅炉必须进行排污。锅炉排污方式分连续排污和定期排污两种。

4.3.2 锅炉排污率的计算:

$$\alpha_p = \frac{c_b \times \alpha'}{c_1 - c_b \times (1 - B)} \times 100\% \quad (4.3.2)$$

式中: c_b ——补给水的杂质含量(mg/L);
 c_1 ——炉水允许的杂质含量(mg/L);
 α' ——汽水损失率(以小数表示);
 B ——排污水的二次蒸汽回收率(中压锅炉取 0.25)。

4.3.3 锅炉或电厂正常排污率的数值。锅炉正常排污率一般不超过下列数值:以化学软水为补给水的供热式发电锅炉和中压工业锅炉 5%;以化学软水为补给水的凝汽式发电锅炉 2%;以化学软水为补给水的低压工业锅炉 10%;以化学除盐水为补给水的供热式发电锅炉和中压工业锅炉 2%;以化学除盐水为补给水的凝汽式发电锅炉 1%。

4.3.4 连续排污扩容器选择计算。

1 扩容器台数确定原则。连续排污扩容器台数和容积可根据锅炉台数和排污率进行选择,当锅炉安装台数较多时,可相应增加连续排污扩容器台数,一般按 2~4 台锅炉配一台连续排污扩容器确定扩容器台数。

2 锅炉连续排污量计算。

$$D_{lp} = D \times \frac{a_y \times a}{A - a_y \times a} \quad (4.3.4-1)$$

式中: D_{lp} ——锅炉房最大连续排污量(t/h);

D ——锅炉房工作容量(t/h);

a_y ——补给水含盐量(mg/L);

A ——炉水含盐量(mg/L);

a ——补给水率。

3 扩容器二次蒸发量计算。

$$D_2 = \frac{D_{lp} \times (i \times \eta - i_1)}{(i_2 - i_1) \times x} \quad (4.3.4-2)$$

式中: D_2 ——扩容器最大二次蒸发量(t/h);

D_{lp} ——锅炉房最大连续排污量(t/h);

i ——锅炉饱和水的焓(kJ/kg);

i_1 ——扩容器排污水焓(kJ/kg);

i_2 ——扩容器产生的二次蒸汽焓(kJ/kg);
 η ——排污管热损失系数,一般取 0.98;
 x ——二次蒸汽的干度,一般取 0.97。

4 扩容器容积计算。

$$V_p=V_a+V_s=\frac{D_{lp}\times D_k\times \nu}{K}+(20\%\sim 30\%)V_a \tag{4.3.4-3}$$

$$D_k=\frac{i\times \eta-i_1}{(i_2-i_1)\times x} \tag{4.3.4-4}$$

式中: V_p ——连续排污扩容器总容积(m^3);
 V_a ——连续排污扩容器的汽容积(m^3);
 V_s ——连续排污扩容器的水容积(m^3);
 D_{lp} ——锅炉连续排污水量(kg/h);
 ν ——扩容器压力下的蒸汽比容(m^3/kg);
 K ——排污扩容器单位容积允许极限强度,一般取 $800\sim 1000m^3/(m^3\cdot h)$;
 D_k ——排污水气化率;
 i ——汽包压力下饱和水焓(kJ/kg);
 η ——汽包到扩容器间的散热损失系数,一般取 0.98;
 i_1 ——扩容器压力下的饱和水焓(kJ/kg);
 x ——扩容器压力下的蒸汽干度,取 0.97;
 i_2 ——扩容器产生二次蒸汽的焓(kJ/kg)。

220t/h 及以下锅炉连续排污扩容器容积也可按表 4.3.4 选取。表中 K 值按 $900m^3/(m^3\cdot h)$ 计算。

表 4.3.4 连续排污扩容器容积选用表

排污率	次中压锅炉 (2.5MPa,400℃)		中压锅炉 (3.82MPa,450℃)				高压锅炉 (9.81MPa,540℃)
	10t/h	20t/h	35t/h	65t/h	75t/h	130t/h	220t/h
1	0.038	0.072	0.162	0.301	0.347	0.601	1.540
2	0.072	0.144	0.324	0.602	0.694	1.202	3.080
5	0.188	0.375	0.809	1.505	1.735	3.005	7.700

4.3.5 定期排污扩容器选择计算。

1 扩容器选用原则。

- 1) 当锅炉房(或热电站)共用一台定期排污扩容器,扩容器容量应按容量最大的一台锅炉计算,并要考虑其他锅炉紧急放水之用,故要有一定的裕量;
- 2) 对中压锅炉,当排污管直径为 DN20 时,选用容积 $3.5m^3\sim 4m^3$ 的定期排污扩容器一台;当排污管为 DN40 时,选用 $7.5m^3$ 的一台。

3) 对次中压小容量的锅炉,也可以用钢筋混凝土排污池代替排污扩容器。

2 排污量的计算。定期排污量一般为锅炉蒸发量的 0.1%~0.5%。定期排污的次数一般每班一次,每次排污的时间不超过 0.5min~1min。

每台锅炉每次排污量按式(4.3.5-1)计算:

$$D_{dp} = n \times d \times L \times h \times \rho \quad (4.3.5-1)$$

式中: D_{dp} ——每台锅炉每次排污量(kg);

n ——每台锅炉上部汽包的数量;

d ——锅炉汽包的直径(m);

L ——汽包的长度(m);

h ——水位计的水位高度变化值(m),一般取 $h=0.1\text{m}$;

ρ ——炉水密度(kg/m³)。

3 扩容器二次蒸发量计算。

$$D_2 = \frac{D'_{dp} \times (i \times \eta - i_1)}{(i_2 - i_1) \times x} \quad (4.3.5-2)$$

$$D'_{dp} = \frac{60 D_{dp}}{m \times t} \quad (4.3.5-3)$$

式中: D_2 ——扩容器产生的二次蒸发量(kg/h);

D'_{dp} ——每台锅炉每根排污管的排污量(kg/h);

m ——每台锅炉定期排污管的数量(根);

t ——每根排污管的排污时间(min),一般取 0.5min;

i ——锅炉饱和水的焓(kJ/kg);

i_1 ——扩容器排污水焓(kJ/kg);

i_2 ——扩容器产生的二次蒸汽焓(kJ/kg);

η ——排污管热损失系数,一般取 0.98;

x ——二次蒸汽的干度,一般取 0.97。

4 扩容器容积计算。

$$V_p = \frac{K \times D_2 \times \nu}{W} \quad (4.3.5-4)$$

式中: V_p ——定期排污扩容器总容积(m³);

D_2 ——扩容器产生的二次蒸汽量(kg/h);

ν ——扩容器压力下的蒸汽比容(m³/kg);

K ——富裕系数,一般取 1.3~1.5。

W ——分离强度,一般取 2000m³/(m³·h)。

4.3.6 连续排污水冷却器选择计算。

1 进入排污水冷却器排污水量计算。

$$D_p = (1 - D_k) \times D_{lp} = \left(1 - \frac{i\eta - i_1}{x \cdot \gamma}\right) \times D_{lp} \quad (4.3.6-1)$$

式中: D_p ——进入排污水冷却器排污水量(kg/h);

D_k ——1kg 排污水汽化量(kg/kg);
 D_{lp} ——锅炉连续排污水量(kg/h);
 i ——汽包压力下饱和水焓(kJ/kg);
 η ——汽包到扩容器间的散热损失系数,一般取 0.98;
 i_1 ——扩容器压力下的饱和水焓(kJ/kg);
 x ——扩容器压力下的蒸汽干度,取 0.97;
 γ ——扩容器压力下的汽化潜热(kJ/kg)。

2 排污水冷却器换热面积计算。

$$F=\frac{D_p \times (i_k-i_o)}{3.6 \times \beta \times K \times \Delta t \times \eta}$$

(4.3.6-2)

式中: F ——排污水冷却器面积(m^2);

D_p ——进入排污水冷却器排污水量(kg/h);
 i_k ——进排污水冷却器污水焓(kJ/kg),一般可取连续排污扩容器压力下的饱和水焓;
 i_o ——出排污水冷却器污水焓(kJ/kg),一般取的连续排污扩容器压力,温度 40℃时的焓值,近似为 167.5 kJ/kg;
 β ——污垢影响修正系数,一般取 0.7~0.8;
 K ——传热系数($W/m^2 \cdot ^\circ C$),列管式换热器 K 值按表 4.3.6 选取;
 Δt ——被加热介质温度差($^\circ C$)。

表 4.3.6 列管式换热器传热系数 K 选用表

被加热水流速(m/s)	排 污 水 流 速(m/s)					
	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5
0.5	1100	1280	1400	1510	1630	1690
1.0	1340	1570	1740	1980	2210	2330
1.5	1510	1800	2040	2330	2650	2730
2.0	1680	1980	2210	2560	2850	3020
2.5	1740	2090	2380	2850	3200	3490

4.4 锅炉加药系统及设备选择计算

4.4.1 基本规定。

1 为了防止热力系统和设备的腐蚀,一般根据热力参数、水质标准和设备要求采用加药的方式进行补充处理,可分为锅炉给水水质调节和汽包锅炉炉水水质调节。

2 锅炉给水水质调节的方式有:还原性全挥发处理(在对给水进行热力除氧的同时,向水中加氨和还原剂[如联胺]的给水水质调节方式)和氧化性全挥发性处理(在对给水进行热力除氧的同时,只向水中加氨的给水水质调节方式)。锅炉给水 pH 值一般控制在 8.8~9.2;加药点一般在锅炉低压给水管道上。

4.5 减温减压系统及设备选择计算

4.5.1 减温减压系统的确定原则。

- 1 减温减压器是将高参数的蒸汽减温减压至低参数使用。
- 2 各种压力等级蒸汽母管之间应设有减温减压器。
- 3 减温减压器通常作为汽轮发电机组事故时的备用装置；当汽轮机抽汽或背压不能满足全厂蒸汽参数要求时，可设减温减压器，此时的新蒸汽应优先选用较高一级参数蒸汽。
- 4 对设有抽汽式或背压式汽轮机的热电站，应根据各级生产抽汽或排汽每种参数，各装设一套备用减温减压器，其容量等于最大一台汽轮机的最大抽汽量或排汽量。
- 5 当热电站内任何一台汽轮机停用时，其余汽轮机如能供给采暖、通风和生活用热的 60%～75% (严寒地区取上限) 时，可不装设采暖抽汽或排汽的备用减温减压装置。
- 6 对经常运行的减温减压器应设一套备用，不经常运行的减温减压装置一般不考虑备用。

4.5.2 减温减压器的热力计算。减温减压器热力计算的目的是确定进入减温减压器的新蒸汽流量和减温水量。

减温减压器的计算通常由质量平衡式(4.5.2-1)和热量平衡式(4.5.2-2)方程求解得出：

$$D_{zq} + D_{ps} = D_{jw} \quad (4.5.2-1)$$

$$D_{zq} \times i_o + D_{ps} \times i_{ps} = D_{jw} \times i_{jw} \quad (4.5.2-2)$$

式中： D_{zq} ——新蒸汽流量(kg/h)；

D_{ps} ——减温水量(kg/h)；

D_{jw} ——减温减压后的蒸汽量(kg/h)；

i_o ——新蒸汽热焓(kJ/kg)；

i_{jw} ——减温减压后蒸汽的热焓(kJ/kg)；

i_{ps} ——减温水热焓(kJ/kg)；

i_{jw}' ——减温减压后饱和水的热焓(kJ/kg)。

由式(4.5.2-1)、(4.5.2-2)即可求得新蒸汽量 D_{zq} 和减温水量 D_{ps} ：

$$D_{ps} = \frac{i_o - i_{jw}}{i_o - i_{ps}} \times D_{jw} \quad (4.5.2-3)$$

$$D_{zq} = D_{pj} - D_{ps} \quad (4.5.2-4)$$

4.6 疏放水系统计算

4.6.1 基本规定。

1 管道疏放水系统基本规定。

- 1) 蒸汽管道为母管制系统时，疏水系统一般也采用母管制。不同压力的蒸汽管道分别设置相应的经常疏水和启动疏水母管，压力相差不大的疏水管道，可采用一根母管。各疏水母管分别引入疏水扩容器，并考虑有旁路措施。当疏水压力较低而进入疏水扩容器有困难时，可直接引入疏水箱；
- 2) 对于启动过程中可能出现负压的蒸汽管道，其疏水管必须接至汽机本体疏水扩容器或凝

汽器。

3) 管道的放水一般接入放水母管。

2 热力设备疏放水系统基本规定。

- 1) 在正常运行过程中,能将疏水和空气连续排出;
- 2) 在故障满水时,能自动紧急疏水或溢流;
- 3) 当正常疏水和放气管道故障时,应有备用的疏放措施;
- 4) 在启动时排出空气,在停止运行时将积水和蒸汽排出;
- 5) 热力设备的放水,应经漏斗排至放水母管。

3 管道疏放水装置的设计要求。

- 1) 对大于或等于 3.82MPa 的管道疏水和放水,应串联装设两个截止阀;PN≤2.45MPa 管道的疏水和放水,一般装设一个截止阀(放水管也可设闸阀);
- 2) 经常疏水的疏水装置,对于 PN≥6.27MPa 的管道,一般装设节流装置或疏水阀,节流装置后的第一个阀门,应尽量采用节流阀;对于小于或等于 3.82MPa 的管道,宜采用疏水阀;当管道内蒸汽压力很低时,可采用 U 型水封装置;
- 3) 放水装置一般经漏斗接至放水母管,引往室外下水道。

4.6.2 疏放水点的确定。

1 经常疏水点的确定。

- 1) 经常处于热备用状态的设备(如驱动给水泵的汽轮机、减温减压装置等)进汽管段的低位点;
- 2) 蒸汽不经常流通的管道死端,而且是管段的低位点时;
- 3) 饱和蒸汽管道和蒸汽伴热管道的适当地点。

2 启动疏水点的确定。

- 1) 按暖管方向分段暖管的管段末段;
- 2) 为了控制管壁温升速度,在立管上端可装设疏汽点;
- 3) 水平管道上每隔 100m~150m 处;
- 4) 在装设经常疏水装置处,同时应装设启动疏水装置;
- 5) 所有可能积水而又需要及时疏出的低位点。

4.6.3 蒸汽管道疏放水及放气管径的选择。蒸汽管道疏放水管径可根据表 4.6.3 选取。

表 4.6.3 蒸汽管道疏放水及放气管径的选用表

项 目	主 管 管 径 DN			
	≤125	150~200	225~300	350~600
启动疏水	20~25	25~32	32~50	32~50
经常疏水	20	20	20	25
放 水	20	20	25	32
放 气	15~20			

4.7 工业水系统计算

4.7.1 工业水耗水量。冷却设备冷却用水量应以供货商资料或样本提供的数据为准。当供货商资料或样本未提供数据时,常用辅机的冷却水耗量(m^3/h)可按表 4.7.1 查取。

表 4.7.1 常用辅机的冷却水耗量

序号	设 备 名 称	冷却水用量	序号	设 备 名 称	冷却水用量
1	球磨机	3	12	中压电动锅炉给水泵	2
2	球磨机冷油器	4	13	中压汽动锅炉给水泵	2
3	风扇磨煤机	2~4	14	凝结水泵	1
4	吸风机	0.5~1	15	中继泵、疏水泵	0.7
5	排粉机	0.5	16	热网水泵	2
6	空压机 3L-10/8	2.4	17	汽动油泵	0.5
7	空压机 4L-20/8	4.8	18	循环水泵	0.6~1
8	蒸汽取样冷却器	1.5~2.5	19	文丘里除尘器(内置式)	$0.17 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 烟气
9	炉水取样冷却器	1.5~2.0	20	文丘里除尘器(外置式)	$0.21 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 烟气
10	给水取样冷却器	0.5~1.0	21	水膜除尘器(环行喷嘴)	$0.07 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 烟气
11	CO ₂ 分析器	0.2	22	水膜除尘器(溢流槽)	$0.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 烟气

4.7.2 工业水排水系统。

- 1 锅炉房(或热电站)工业水排水应尽量回收利用。
- 2 工业水排水系统,根据回收利用要求,可采用自流排水或压力排水。
- 3 自流排水一般是经过敞开漏斗接入排水管道,再经管道排至地沟,例如吸风机、送风机、排粉风机、磨煤机的轴承冷却、取样冷却器的冷却用水等。或者直接排入地沟,如泵类的轴承冷却用水,此类排水可作为除尘和灰渣系统用水。
- 4 对于冷却用水量大的设备,如空气冷却器和油冷却器一般采用闭式压力排水,排水接入循环水回水管网。
- 5 除尘冲渣(灰)用水,经沉淀过滤后,进入清水池,经泵打入冲渣(灰)系统循环使用。

4.8 变压式蒸汽蓄热器选择计算

4.8.1 基本规定。

- 1 当用户的热负荷变动较大且较频繁,或者为周期性变化时,在经济合理的原则下;宜设置蒸汽蓄热器,设有蒸汽蓄热器的锅炉房,其设计容量应按平衡后的热负荷进行计算确定。
- 2 变压式蓄热器的容量是根据负荷曲线确定的,设计时必须首先绘制用汽负荷曲线。根据冬、夏季生产、生活用汽量,选择有代表性的可靠用汽负荷,绘制全日负荷曲线。
- 3 蓄热器的容量取决于用汽负荷波动幅度和波动周期,设计时着重分析:负荷的变化范围,幅度的上、下值;系统的供热特点,负荷变化的规律性,波动周期内负荷变化的持续时间等。
- 4 当锅炉的产汽能力略高于平均用汽负荷,但仍远小于最大蒸汽负荷,则装设蓄热器时必须慎

重,多数情况下效益较小。对于新设计和扩建供热系统,如同时考虑锅炉房容量与蓄热器容量时,一般使锅炉产汽能力略高于平均负荷,可以不按最大耗汽量确定锅炉房的总容量。

5 蓄热器的蓄热能力,主要取决于进汽和排汽的压差。工作压差(变压范围)越大,则蓄热能力越大。采用变压式蓄热器,应尽量减低二次蒸汽侧的压力,一般情况,其工作压差应大于0.3MPa,否则,蓄热器容积过大,难以取得良好的经济效益。

6 蓄热器一般选用卧式结构。

4.8.2 高峰负荷计算法蓄热器储汽量计算。

$$G_0=\frac{(D_{\max}-D_{gl})\times t}{60}$$

(4.8.2)

式中: G_0 ——蓄热器储汽量(kg);

D_{\max} ——用汽设备在高峰负荷时用汽量(kg/h);

D_{gl} ——锅炉额定蒸发量(kg/h);

t ——高峰负荷持续时间(min)。

4.8.3 蓄热器容积计算。

$$V_j=K\times\frac{G_0}{q\times\eta\times\Phi}$$

(4.8.3)

式中: V_j ——蓄热器容积(m^3);

K ——富裕系数,可取1.1~1.2;

G_0 ——蓄热器储汽量(kg);

q ——蓄热器单位容积饱和水产生的蒸汽量(kg/m^3),由表4.8.3查取;

η ——换热系数,一般取0.98~0.99;

Φ ——充水系数,一般为0.85~0.90。

表 4.8.3 蓄热器单位容积饱和水产生的蒸汽量选用表

最低工 作压力 (MPa)	最 高 工 作 压 力(MPa)											
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
0.2	66	74	81	82	99	110	115	119	127	138	143	149
0.3	48	57	65	71	84	95	99	104	113	121	127	134
0.4	33	42	50	57	69	81	85	91	100	108	116	122
0.5	22	31	39	46	59	70	76	80	90	97	106	112
0.6	—	—	28	34	47	59	65	69	78	87	95	102
0.7	—	—	—	—	38	50	56	61	70	78	86	92
0.8	—	—	—	—	—	43	47	53	63	71	78	84
0.9	—	—	—	—	—	—	—	44	55	63	70	76
1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	47	56	64	70
1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49	57	63
1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43	50	56

4.9 蒸汽分汽缸选择计算

4.9.1 基本规定。

- 1 低压锅炉在蒸汽用户较多且蒸汽分配难以平衡时应设分汽缸。
- 2 对单元制锅炉,分汽缸直径不应小于锅炉出口蒸汽管直径,对母管制锅炉,分汽缸直径不应小于蒸汽母管直径。
- 3 分汽缸直径应大于最大蒸汽支管直径的 1.5 倍,但应小于最大蒸汽支管直径的 3 倍。

4.9.2 分汽缸直径计算。分汽缸直径可根据本规定式(4.1.1-1)或(4.1.1-2)计算,分汽缸断面流速取 8m/s~12m/s。

4.10 疏水扩容器容积计算

4.10.1 疏水扩容器的数量宜设置 1 台,其容积可根据锅炉(或热电站)的规模按表 4.10.1 选取。

表 4.10.1 疏水扩容器容积选用表

锅炉规模(t/h)	<35	35	65~75	110~120	220~240	410~480
疏水扩容器容积(m³)	0.5	0.75	1.0	1.5	3.5	7.5

5 烟、风系统及风机选择计算

5.1 烟、风系统选择计算

5.1.1 烟、风管道断面尺寸的计算。

1 管道断面积计算。

$$F=\frac{V}{3600\times \omega}$$
 (5.1.1-1)

式中: F ——所需要的管道断面积(m^2);
 V ——空气量或烟气量(m^3/h);
 ω ——空气或烟气流速(m/s),可根据表 5.1.1 选取。

表 5.1.1 烟、风管道流速选用表

管道材质	风 道(m/s)	烟 道(m/s)	
		自然通风	机械通风
砖或混凝土	8~12	3~5	6~8
金 属	10~15	8~10	10~16

注:1 阻力较大的烟、风管道取表中较小数值。
2 对于较长的水平烟道,为防止积灰,烟气流速不宜低于 $7\sim 8\text{m}/\text{s}$ 。

2 圆形管道的直径。

$$d=\sqrt{\frac{F}{0.785}}$$
 (5.1.1-2)

式中: d ——圆形管道直径(m);
 F ——管道断面积(m^2)。

3 对矩形管道应确定高和宽。

$$F=H\times B$$
 (5.1.1-3)

式中: F ——所需要的管道断面积(m^2);
 H ——矩形管道的断面高度(m);
 B ——矩形管道的断面宽度(m)。

4 烟风煤粉管道壁厚选择。

- 1) 烟道:壁厚选 5mm 。
- 2) 风道:送风机进口,壁厚选 3mm ;送风机出口,壁厚选 $3\text{mm}\sim 5\text{mm}$;热风道,壁厚选 $3\text{mm}\sim 4\text{mm}$ (磨煤机进口干燥管宜采用 6mm);圆形风管, $\text{DN}>2000\text{mm}$ 时壁厚选 4mm 。
- 3) 原煤管道:壁厚选 8mm 。

4) 煤粉管道：磨煤机至排粉机的煤粉管道壁厚选 5mm；吸潮管，壁厚选 4~4.5mm；气粉混合器前一次风道，热风送风时选 3~4mm，干燥剂送风时选 5mm；直吹式系统送风管道及气粉混合器后的一次风道壁厚选 8~10mm；三次风道、开式制粉系统的乏气管道、再循环管壁厚选 5mm；给粉管壁厚选 4~4.5mm。

5.1.2 烟、风阻力计算。

1 烟风道沿程摩擦阻力计算。

$$\Delta p_m = 4.9 \times \lambda \times \frac{L}{d_{dl}} \times \frac{\omega_{pj}^2}{g} \times \rho_{pj} \quad (5.1.2-1)$$

$$\rho_{pj} = \rho_0 \times \frac{273}{273 + t_{pj}} \quad (5.1.2-2)$$

式中： Δp_m ——空气或烟气管道的摩擦阻力(Pa)；

λ ——摩擦阻力系数，金属管道 λ 取 0.02，砖或混凝土管道 λ 取 0.04；

L ——管段长度(m)；

d_{dl} ——管道当量直径(m)。对圆形管道 d_{dl} 为管道内径；对矩形管道： $d_{dl} = \frac{2a \times b}{a + b}$

a, b ——矩形边长(m)；

ω_{pj} ——空气或烟气的平均流速(m/s)；

ρ_{pj} ——空气或烟气的平均密度(kg/m³)；

ρ_0 ——标准状况下空气或烟气的密度。空气 $\rho_0 = 1.293 \text{ kg/m}^3$ ，烟气 $\rho_0 = 1.34 \text{ kg/m}^3$ ；

t_{pj} ——空气或烟气的平均温度(℃)；

g ——重力加速度(m/s²)。

2 烟、风管道局部阻力计算。

$$\Delta p_l = 4.9 \times \zeta \times \frac{\omega^2}{g} \times \rho_{pj} \quad (5.1.2-3)$$

式中： Δp_l ——空气或烟气管道的局部阻力(Pa)；

ζ ——局部阻力系数，按本规定附录 A 查取；

ω ——空气或烟气的流速(m/s)；

ρ_{pj} ——空气或烟气的平均密度(kg/m³)，按式(5.1.2-2)计算；

g ——重力加速度(m/s²)。

3 送风系统总阻力计算。一般负压锅炉送风系统总阻力包括下列各项：

$$\Sigma \Delta p_t = \Delta p_{k-k} + \Delta p_r + \Delta p_m + \Delta p_l \quad (5.1.2-4)$$

式中： $\Sigma \Delta p_t$ ——送风系统总阻力(Pa)；

Δp_{k-k} ——空气预热器空气侧阻力(Pa)，一般由锅炉“阻力计算书”中查取；

Δp_r ——燃烧设备阻力(Pa)。对层燃炉，此项阻力包括炉排、煤层及渣层的阻力，炉排下所需风压与炉排结构型式及燃料种类有关，可按锅炉厂提供的数据取用；对燃油炉，此项阻力是指调风器的阻力，可按锅炉厂提供的数据取用；

Δp_m ——风道摩擦阻力(Pa)；

Δp_l ——风道局部阻力(Pa)；

对正压炉,送风系统总阻力除式(5.1.2-4)中所列各项外,尚应包括炉膛正压值。

4 引风系统总阻力计算。

引风系统总阻力包括下列各项:

$$\Sigma \Delta p_y = \Delta p_l + \Delta p_g + \Delta p_s + \Delta p_{k-y} + \Delta p_c + \Delta p_m + \Delta p_j + \Delta p_{yc} - \Delta p_{zs} \quad (5.1.2-5)$$

$$\Delta p_{zs} = 8h \times (\rho_k^0 - \rho) \times \frac{g}{10} \quad (5.1.2-6)$$

式中: $\Sigma \Delta p_y$ ——引风系统总阻力(Pa);

Δp_l ——炉膛负压(Pa),可由锅炉“阻力计算书”中查得。当机械送风时,炉膛负压一般可取 20Pa~40Pa;

Δp_g ——锅炉管束及过热器烟气阻力(Pa),可由锅炉“阻力计算书”中查取;

Δp_s ——省煤器烟气侧阻力(Pa),可由锅炉“阻力计算书”中查取;

Δp_{k-y} ——空气预热器烟气侧阻力(Pa);可由锅炉“阻力计算书”中查取;

Δp_c ——除尘器阻力(Pa);可由所选用的除尘器技术资料中查取;

Δp_m ——烟道摩擦阻力(Pa);

Δp_j ——烟道局部阻力(Pa);

Δp_{yc} ——烟囱阻力(Pa),按 8.4 节有关公式计算;

Δp_{zs} ——烟囱自生通风力(Pa);

h ——烟囱烟气入口与出口之间的高度差(m);

ρ_k^0 ——周围空气密度(kg/Nm³),取 $\rho_k^0 = 1.293 \text{ kg/Nm}^3$;

ρ ——烟囱出口烟气密度(kg/Nm³)。

5.2 风机选择计算

5.2.1 基本规定。

1 容量为 65t/h 及以下等级的锅炉时,每炉应装设送风机和吸风机各 1 台。65t/h 及以下等级的沸腾炉、循环流化床、链条炉,每台宜装设 1 台二次风机。

2 对容量为 130t/h~220t/h 的锅炉时,每炉应装设 1 台送风机,宜装设 2 台吸风机。

3 对容量为 410t/h 及以上等级的锅炉时,每炉宜装设 2 台送风机,宜装设 2 台吸风机,不设备用。

4 选择风机时,应尽量使风机的经常工作区域在其效率最高的范围内。

5.2.2 送风机选择计算。

1 锅炉燃烧所需计算总风量计算。

$$V_j = \alpha_1 \times B_j \times V^0 \times \frac{273 + t_k}{273} \times \frac{101.3}{b} \quad (5.2.2-1)$$

式中: V_j ——锅炉燃烧所需算总风量(m³/h);

α_1 ——锅炉炉膛空气过剩系数,从锅炉产品说明书中查取;

B_j ——计算燃料量(kg/h);

V^0 ——理论空气量(Nm³/kg);

b ——当地大气压力(kPa),该值可根据当地海拔高度由表 5. 2. 2-1 查得。当海拔高度小于 300m 时,可采用 101. 3kPa(760mmHg);
 t_k ——进入风机的冷空气温度(℃)。

表 5. 2. 2-1 海拔高度与大气压力换算

海拔高度(m)	大气压力(kPa)	海拔高度(m)	大气压力(kPa)
- 600	111	700	93
00. 00	101	800	93
100	100	900	92
200	99	1000	91
300	98	1500	85
400	96	2000	79
500	95	2500	74
600	94	3000	70

2 送风机风量计算。

$$V_{gl}=K_{K1} \times K_1 \times V_j$$
 (5. 2. 2-2)

式中: V_{gl} ——送风机风量(m^3/h);
 K_{K1} ——送风机占计算总风量的比例(以小数计),由锅炉厂资料中查取,当锅炉厂未提供时,链条炉取 0. 85~0. 92;循环流化床锅炉取 0. 5~0. 7;
 K_1 ——流量备用系数,按表 5. 2. 2-2 选取;
 V_j ——锅炉燃烧所需计算总风量(m^3/h)。

表 5. 2. 2-2 风机流量备用系数与风压备用系数表

备用系数		链条炉	煤粉炉	沸腾炉、循环流化床锅炉
流量备用系数	送风机	≥1. 10	≥1. 05	≥1. 10
	二次风机	≥1. 10	—	≥1. 10
	排粉机	—	≥1. 05	—
	吸风机	≥1. 10	1. 05~1. 10	≥1. 10
风压备用系数	送风机	≥1. 20	≥1. 10	≥1. 20
	二次风机	≥1. 20	—	≥1. 20
	排粉机	—	≥1. 10	—
	吸风机	≥1. 20	1. 10~1. 20	≥1. 20

3 风压计算。

$$p_g = K_2 \times \Sigma \Delta p_f \times \frac{273 + t_k}{273 + t_g} \times \frac{101.3}{b} \quad (5.2.2-3)$$

式中: p_g ——送风机风压(Pa);

K_2 ——风压备用系数,按表 5.2.2-2 选取;

$\Sigma \Delta p_f$ ——送风系统总阻力(Pa);

t_g ——送风机铭牌上给出的气体温度(°C);

b ——当地大气压力(kPa),根据当地海拔高度由表 5.2.2-1 查得;

t_k ——进入风机的冷空气温度(°C)。

5.2.3 二次风机选择计算。

1 风量计算。

$$V_{g2} = K_{K2} \times K_2 \times V_j \quad (5.2.3)$$

式中: V_{g2} ——二次风机风量(m^3/h);

K_{K2} ——二次风机占计算总风量的比例(以小数计),由锅炉厂设计使用说明书查取,当锅炉厂未提供时,链条炉取 0.15~0.2;循环流化床锅炉取 0.4~0.5;

K_2 ——流量备用系数,按本规定表 5.2.2-2 选取;

V_j ——锅炉燃烧所需计算总风量(m^3/h)。

2 风压计算。链条炉的二次风机风压与锅炉所要求的风嘴风速及射程有关,一般可按锅炉厂提供的数据,当锅炉厂未提供时,其二次风机风压取 2450Pa~3920Pa;循环流化床锅炉的二次风机风压可参照本规定式(5.2.2-3)计算。

5.2.4 密封风机选择计算。密封风机一般随磨煤机成套提供。

5.2.5 吸风机选择计算。

1 风量计算。

$$V_y = K_1 \times B_j \times \Sigma V_y^0 \times \frac{273 + t_p}{273} \times \frac{101.3}{b} \quad (5.2.5-1)$$

式中: V_y ——吸风机风量(m^3/h);

K_1 ——流量备用系数,按本规定表 5.2.2-2 选取;

B_j ——计算燃料量(kg/h);

ΣV_y^0 ——吸风机前计入空气过剩系数每公斤燃料产生的烟气总体积(Nm^3/kg);

t_p ——吸风机前的排烟温度(°C);

b ——当地大气压力(kPa)。

2 风压计算。

$$p_y = K_2 \times \Sigma \Delta p_y^0 \times \frac{273 + t_p}{273 + t_y} \times \frac{101.3}{b} \times \frac{1.293}{\rho_y^0} \quad (5.2.5-2)$$

式中: p_y ——吸风机风压(Pa);

K_2 ——风压备用系数,按表 5.2.2-2 选取;

$\Sigma \Delta p_y^0$ ——引风系统总阻力(Pa);

t_p ——吸风机前的排烟温度(℃);
 t_y ——吸风机铭牌上给出的气体温度(℃);
 b ——当地大气压力(kPa);
 ρ_y^0 ——101.3kPa时的烟气密度, $\rho_y^0=1.34\text{kg/m}^3$ 。

5.2.6 风机配电机功率计算。

1 风机所需功率计算。

$$N_f = \frac{V \times p}{3600 \times 102 \times \eta_1 \times \eta_2}$$
 (5.2.6-1)

式中: N_f ——风机所需功率(kW/h);
 V ——风机风量(m^3/h);
 p ——风机风压(Pa);
 η_1 ——风机在全压头时的效率,由供应商资料或样本中查取,一般取 0.6~0.9;
 η_2 ——机械传动效率,按表 5.2.6-1 选取。

表 5.2.6-1 机械传动效率选用表

风机与电机联接方式	直 联	联轴器联接	三角带传动	平带传动
机械传动效率 η_2	1.0	0.95~0.98	0.90~0.95	0.8

2 电动机功率按下式计算。

$$N_d = \frac{N_f \times \beta}{\eta_3}$$
 (5.2.6-2)

式中: N_d ——电动机所需功率(kW);
 η_3 ——电动机效率,取 $\eta_3=0.9$;
 β ——电动机备用系数,与电动机的功率有关,按表 5.2.6-2 取用。

表 5.2.6-2 电动机备用系数选用表

电 动 机 功 率(kW)	备 用 系 数 β	
	带传动	同一转动轴或联轴器联接
≤ 0.5	2.0	1.15
0.5~1.0	1.5	1.15
1.0~2.0	1.3	1.15
2.0~5.0	1.2	1.10
>5.0	1.1	1.10

6 制粉系统及设备选择计算

6.1 基本规定

6.1.1 在选择磨煤机型式和制粉系统时,应根据燃料煤的燃烧、磨损、爆炸特性、可磨性、磨煤机的制粉特性及煤粉细度的要求,并结合锅炉炉膛和燃烧器的结构综合考虑,以达到磨煤机、制粉系统和燃烧装置匹配合理,保证机组的安全经济运行。

6.1.2 当燃料煤干燥无灰基挥发分大于 10% 时,制粉系统设计时应考虑防爆要求,爆炸等级与燃料煤干燥无灰基挥发分的关系可按本规定附录 B 查取。

6.1.3 燃料煤的燃烧性能一般根据煤的挥发分进行判断,但劣质烟煤和贫煤的燃烧性能需进行燃料着火温度的测定,甚至在实验台进行试烧后确定,以作为选择制粉系统的依据(见本规定附录 C)。

6.1.4 根据煤的着火温度选择制粉系统类型参见本规定附录 C。

6.1.5 蒸发量 410t/h 及以上燃用烟煤锅炉,当使用切圆燃烧方式时,考虑磨煤机的提升升压有限及煤粉分配问题,不宜采用风扇磨煤机。

6.1.6 供给磨煤机的碎煤粒径不宜大于 30mm。

6.2 磨煤机选择计算

6.2.1 磨煤机台数的选择。

1 钢球式磨煤机贮仓式制粉系统磨煤机台数的选择。

- 1) 容量为 75t/h 及以下的锅炉,每台锅炉应装设 1 台磨煤机;
- 2) 容量为 130t/h 的锅炉,每台锅炉宜装设 1 台磨煤机;
- 3) 容量大于 130t/h 的锅炉,每台锅炉装设的磨煤机不少于 2 台,不设备用。当 1 台磨煤机停止运行,其余磨煤机按设计煤种的计算出力,应能满足锅炉不投油情况下安全稳定运行的要求。

2 直吹式制粉系统磨煤机台数的选择。

- 1) 容量为 130t/h 及以下的锅炉,每台锅炉装设的中速或风扇磨煤机不应少于 2 台,其中 1 台备用;
- 2) 容量为 130t/h~670t/h 的锅炉,每台锅炉装设的中速或风扇磨煤机不应少于 3 台,其中 1 台备用;
- 3) 容量为 670t/h 及以上的锅炉,每台锅炉装设的中速磨煤机宜不少于 4 台,其中 1 台备用,风扇磨煤机宜不少于 3 台,其中 1 台备用。

6.2.2 磨煤机出力计算。

$$B_m = K_m \times \frac{B}{Z_m} \quad (6.2.2)$$

式中: B_m ——磨煤机出力(t/h);

K_m ——磨煤出力不含备用磨煤机的储备系数,对于贮仓式制粉系统的钢球磨煤机,按设计煤种时取 $K_m \geq 1.15$,按校核煤种时取 $K_m \geq 1.0$;对于直吹式制粉系统的中、高速磨煤机,按设计煤种时取 $K_m \geq 1.10$,按校核煤种时取 $K_m \geq 1.0$;对于直吹式制粉系统的双进双出磨煤机,按设计煤种时取 $K_m \geq 1.15$,按校核煤种时取 $K_m \geq 1.0$;

B ——锅炉最大连续蒸发量时燃料消耗量(t/h);

Z_m ——磨煤机台数(台)。

6.2.3 磨煤机校核计算。

1 钢球磨煤机出力校核计算。

$$B_m = \frac{0.11D^{2.4} \times L \times n^{0.8} \times \psi^{0.6} \times K_{ap} \times K_{jd} \times K_v \times K_{vT1} \times S_1 \times S_2}{S_g \times \sqrt{\ln \frac{100}{R_{90}}}} \quad (6.2.3-1)$$

$$\psi = \frac{G_b}{\rho_b \times V_m} \quad (6.2.3-2)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{(1+1.07M_{ar})^2 - \left(\frac{M'_m + 3 \times M_{pc}}{4}\right)^2}{(1+1.07M_{ar})^2 - M_{ad}^2}} \quad (6.2.3-3)$$

$$S_2 = \frac{100 - \frac{M'_m + 3M_{pc}}{4}}{100 - M_{ar}} \quad (6.2.3-4)$$

$$M'_m = \frac{M_{ar} \times (100 - M_{pc}) - 40(M_{ar} - M_{pc})}{(100 - M_{pc}) - 0.4(M_{ar} - M_{pc})} \quad (6.2.3-5)$$

$$V_{v,opt} = \frac{38V}{n \times \sqrt{D}} \times (1000 \sqrt[3]{K_{vT1}} + 36R_{90} \times \sqrt{K_{vT1}} \times \sqrt[3]{\psi}) \left(\frac{101.3}{p}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (6.2.3-6)$$

式中: B_m ——钢球磨煤机碾磨出力(t/h);

D 、 L ——磨煤机筒体的内径和长度(m),按制造厂资料查取,对于锥形磨煤机: $D = \sqrt{\frac{V}{0.785L}}$

V ——锥形磨煤机的容积;

n ——磨煤机筒体的工作转速(r/min);

ψ ——装球系数,按制造厂提供的数据,或按式(6.2.3-2)计算;

K_{ap} ——护甲形状系数,对波形装甲和梯形装甲 $K_{ap} = 1.0$;对齿形装甲 $K_{ap} = 1.10$;

K_{jd} ——由于护甲和钢球磨损使出力降低的修正系数, $K_{jd} = 0.9$;

K_v ——滚筒内实际通风量对磨煤机出力影响系数,根据磨煤机实际通风量(V_v)和最佳通风量($V_{v,opt}$)之比 $V_v/V_{v,opt}$ 按表 6.2.3-1 查取;

K_{vT1} ——燃料煤的可磨性指数;

S_1 、 S_2 ——水分修正系数,分别按式(6.2.3-3)、式(6.2.3-4)计算;

S_g ——进入磨煤机的原煤粒度修正系数,按筛孔 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 筛子上的剩余量 $R_{5.0}$ 来确定,按表 6.2.3-2 选取;

R_{90} ——粗粉分离器后煤粉通过筛孔为 $90\mu\text{m}$ 的筛子筛分后剩余量占总筛粉量的百分比(%)。
对于固态排渣煤粉炉燃用烟煤时,取 $R_{90}=4+0.5nV_{\text{daf}}$;对于固态排渣煤粉炉燃用贫煤时,取 $R_{90}=2+0.5nV_{\text{daf}}$;对于固态排渣煤粉炉燃用无烟煤时,取 $R_{90}=0.5nV_{\text{daf}}$ 。(其中 n 表示煤粉的均匀系数,制粉系统配离心式分离器时取 $n=1.0\sim 1.1$,配旋转式分离器时取 $n=1.1\sim 1.2$,燃用褐煤且配双流惯性分离器时取 $n=1.0$,单流惯性分离器时取 $n=0.8$)

G_b ——钢球装载量(t);
 ρ_b ——钢球堆积密度(t/m^3),一般取 $\rho_b=4.9\text{t}/\text{m}^3$;
 V_m ——磨煤机筒体容积(m^3)。
 M_{ar} ——燃料煤收到基水分(%);
 M'_m ——磨煤机进口煤水分(%),按式(6.2.3-5)计算;
 M_{pc} ——煤粉水分(%),取 $M_{\text{pc}}=(0.5\sim 1.0)M_{\text{ad}}$;
 M_{ad} ——燃料煤空气干燥基水分(%);
 p ——当地大气压。

表 6.2.3-1 磨煤机通风量修正系数 K_v 选用表

$V_v/V_{v,\text{opt}}$	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
K_v	0.66	0.76	0.83	0.89	0.95	0.98	1.0	1.04	1.07

表 6.2.3-1 中符号意义:
 V_v ——实际运行时磨煤机的通风量(m^3/h);
 $V_{v,\text{opt}}$ ——最佳磨煤通风量(m^3/h),按式(6.2.3-6)计算。

表 6.2.3-2 原煤粒度修正系数 S_g 和 $R_{5.0}$ 的关系表

$R_{5.0}(\%)$	5	10	15	20	25	30	35	40
S_g	0.85	0.92	0.96	1.0	1.03	1.05	1.07	1.08

2 中速磨煤机出力校核计算。

对轮式(MPS 型)磨煤机:

$$B_m = B_{m0} \times f_H \times f_R \times f_M \times f_A \times f_g \times f_e \tag{6.2.3-7}$$

对碗式(RP、HP 型)磨煤机:

$$B_m = B_{m0} \times f_H \times f_R \times f_M \times f_A \times f_g \times f_e \tag{6.2.3-8}$$

对球环式(E)型磨煤机:

$$B_m = B_{m0} \times f_H \times f_R \times f_M \times f_A \times f_g \times f_e \tag{6.2.3-9}$$

式中: B_m ——磨煤机碾磨出力(t/h);
 B_{m0} ——磨煤机的基本出力(t/h),轮式磨煤机的基本出力见本规定附录 D,碗式磨煤机的基本出力见本规定附录 E,球环式磨煤机的基本出力见本规定附录 F;
 f_H ——燃料煤可磨性指数对磨煤机出力的修正系数,按表 6.2.3-3 选取;
 f_R ——煤粉细度对磨煤机出力的修正系数,按表 6.2.3-4 选取;
 f_M ——原煤水分对磨煤机出力的修正系数,按表 6.2.3-5 选取;

f_A ——原煤灰分对磨煤机出力的修正系数,按表 6.2.3-6 选取;

f_g ——原煤粒度对磨煤机出力的修正系数,对于轮式(MPS 型)磨煤机和碗式(RP、HP 型)磨煤机取 $f_g=1.0$;对于球环(E)型磨煤机按表 6.2.3-7 选取;

f_e ——碾磨件磨损至中期时出力降低系数,对 ZGM95 型磨煤机取 $f_e=0.85$,其他型号的 ZGM 和 MPS 磨煤机 $f_e=0.95$ 。

表 6.2.3-3 燃料煤可磨性指数对磨煤机出力的修正系数表

HGI		40	41	42	43	44	45	46	47
f_H	轮式磨煤机	0.881	0.893	0.905	0.918	0.930	0.942	0.954	0.965
	碗式磨煤机	0.763	0.779	0.796	0.811	0.827	0.843	0.859	0.875
	球环磨煤机	0.859	0.874	0.888	0.903	0.917	0.931	0.945	0.959
HGI		48	49	50	51	52	53	54	55
f_H	轮式磨煤机	0.977	0.989	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06
	碗式磨煤机	0.891	0.906	0.922	0.938	0.953	0.969	0.985	1.00
	球环磨煤机	0.973	0.986	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.07
HGI		56	57	58	59	60	61	62	63
f_H	轮式磨煤机	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14
	碗式磨煤机	1.02	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.11	1.12
	球环磨煤机	1.08	1.09	1.11	1.12	1.13	1.14	1.16	1.17
HGI		64	65	66	67	68	69	70	71
f_H	轮式磨煤机	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22
	碗式磨煤机	1.14	1.15	1.17	1.18	1.20	1.21	1.23	1.24
	球环磨煤机	1.18	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.26	1.27
HGI		72	73	74	75	76	77	78	79
f_H	轮式磨煤机	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30
	碗式磨煤机	1.26	1.27	1.29	1.30	1.32	1.33	1.35	1.36
	球环磨煤机	1.28	1.29	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.36
HGI		80	81	82	83	84	85	86	87
f_H	轮式磨煤机	1.31	1.32	1.33	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37
	碗式磨煤机	1.38	1.39	1.40	1.42	1.43	1.45	1.46	1.48
	球环磨煤机	1.38	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.45	1.46
HGI		88	89	90	—	—	—	—	—
f_H	轮式磨煤机	1.38	1.39	1.40	—	—	—	—	—
	碗式磨煤机	1.49	1.51	1.52	—	—	—	—	—
	球环磨煤机	1.47	1.48	1.49	—	—	—	—	—

表 6.2.3-4 煤粉细度对磨煤机出力的修正系数表

$R_{90}(\%)$		10	11	12	13	14	15	16	17
f_R	轮式磨煤机	—	—	—	—	—	0.920	0.937	0.954
	碗式磨煤机	0.747	0.772	0.796	0.819	0.841	0.861	0.881	0.900
	球环磨煤机	—	—	—	—	—	0.815	0.840	0.865
$R_{90}(\%)$		18	19	20	21	22	23	24	25
f_R	轮式磨煤机	0.970	0.985	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.07
	碗式磨煤机	0.918	0.935	0.952	0.969	0.985	1.00	1.02	1.03
	球环磨煤机	0.889	0.912	0.935	0.957	0.979	1.00	1.02	1.04
$R_{90}(\%)$		26	27	28	29	30	31	32	33
f_R	轮式磨煤机	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.14	1.15	1.16
	碗式磨煤机	1.04	1.06	1.07	1.08	1.10	1.11	1.12	1.13
	球环磨煤机	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.15	1.17	1.19
$R_{90}(\%)$		34	35	36	37	38	39	40	—
f_R	轮式磨煤机	1.17	1.18	1.19	1.20	1.20	1.21	1.22	—
	碗式磨煤机	1.15	1.16	—	—	—	—	—	—
	球环磨煤机	1.21	1.22	—	—	—	—	—	—

表 6.2.3-5 原煤水分对磨煤机出力的修正系数表

$M_t(\%)$		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
f_M	轮式磨煤机	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.04	1.03	1.03
	碗式磨煤机 ^①	—	—	—	—	—	—	—	—
	碗式磨煤机 ^②	—	—	—	—	—	—	—	—
	球环磨煤机	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$M_t(\%)$		8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
f_M	轮式磨煤机	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	0.994	0.989	0.983
	碗式磨煤机 ^①	—	—	—	—	—	—	—	—
	碗式磨煤机 ^②	1.00	0.994	0.988	0.981	0.975	0.969	0.962	0.956
	球环磨煤机	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.994	0.988	0.981
$M_t(\%)$		12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5
f_M	轮式磨煤机	0.977	0.971	0.966	0.960	0.954	0.949	0.943	0.937
	碗式磨煤机 ^①	1.00	0.994	0.988	0.981	0.975	0.969	0.962	0.956
	碗式磨煤机 ^②	0.950	0.944	0.938	0.931	0.925	0.919	0.913	0.906
	球环磨煤机	0.975	0.969	0.962	0.956	0.950	—	—	—
$M_t(\%)$		16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5
f_M	轮式磨煤机	0.932	0.926	0.920	0.914	0.909	0.903	0.897	0.892
	碗式磨煤机 ^①	0.950	0.944	0.938	0.931	0.925	0.919	0.913	0.906
	碗式磨煤机 ^②	0.900	0.894	0.887	0.881	0.875	0.869	0.863	0.856
	球环磨煤机	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 6.2.3-5

$M_t(\%)$		20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5
f_M	轮式磨煤机	0.886	—	—	—	—	—	--	—
	碗式磨煤机 ^①	0.900	—	—	—	—	—	--	—
	碗式磨煤机 ^②	0.850	0.844	0.837	0.831	0.825	0.819	0.812	0.806
	球环磨煤机	—	—	—	—	—	—	--	—

注:① 适用于含水无矿物质基热值在 25.6MJ/kg~32.6MJ/kg 之间的低热值煤 (含水无矿物质基固定碳 40%~69%);

② 适用于含水无矿物质基热值在 32.6MJ/kg~37.2MJ/kg 之间的高热值煤 (含水无矿物质基固定碳 40%~86%)。

表 6.2.3-6 原煤灰分对磨煤机出力的修正系数表

$A_{ar}(\%)$		≤ 20	21	22	23	24	25	26
F_A	轮式磨煤机	1.00	0.995	0.990	0.985	0.980	0.975	0.970
	碗式磨煤机	1.00	0.995	0.990	0.985	0.980	0.975	0.970
	球环磨煤机	1.00	0.995	0.990	0.985	0.980	0.975	0.970
$A_{ar}(\%)$		27	28	29	30	31	32	33
F_A	轮式磨煤机	0.965	0.960	0.955	0.950	0.945	0.940	0.935
	碗式磨煤机	0.965	0.960	0.955	0.950	0.945	0.940	0.935
	球环磨煤机	0.965	0.960	0.955	0.950	0.945	0.940	0.935
$A_{ar}(\%)$		34	35	36	37	38	39	40
F_A	轮式磨煤机	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900
	碗式磨煤机	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900
	球环磨煤机	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900

表 6.2.3-7 原煤粒度对球环型磨煤机出力的修正系数表

$d_{max}(mm)$	19	20	21	22	23	24	25	26
f_g	1.00	0.988	0.977	0.967	0.957	0.948	0.939	0.930
$d_{max}(mm)$	27	28	29	30	31	32	33	34
f_g	0.922	0.915	0.907	0.900	0.894	0.887	0.881	0.875
$d_{max}(mm)$	35	36	37	38	39	40	41	42
f_g	0.869	0.863	0.858	0.853	0.848	0.843	0.838	0.833
$d_{max}(mm)$	43	44	45	46	47	48	49	50
f_g	0.829	0.824	0.820	0.816	0.812	0.808	0.804	0.800
$d_{max}(mm)$	51	52	53	54	55	56	57	58
f_g	0.797	0.793	0.790	0.786	0.783	0.780	0.777	0.774
$d_{max}(mm)$	59	60	—	—	—	—	—	—
f_g	0.771	0.768	—	—	—	—	—	—

轮式磨煤机(ZGM、MPS 型)100%工况下的通风量见本规定附录 D;碗式磨煤机(HP)100%工况下的通风量见本规定附录 E;球环式磨煤机(ZQM 型)100%工况下的通风量见本规定附录 F。

3 高速磨煤机出力校核计算。

$$B_m = B_{m0} \times \frac{F}{100} \times \frac{100 - M_{pc}}{100 - M_{ar}} \tag{6.2.3-10}$$

式中: B_m ——高速磨煤机碾磨出力(t/h);
 B_{m0} ——按煤粉计的磨煤机基本出力,见本规定附录 G;
 F ——磨煤机碾磨出力修正系数,根据哈氏可磨指数(HGI)、干燥基灰分(A_d)和煤粉细度(R_{90})由本规定附录 H 查取;
 M_{pc} ——煤粉水分(%),取 $M_{pc} = (0.5 \sim 1.0)M_{ad}$;
 M_{ar} ——燃料煤收到基水分(%);
 M_{ad} ——燃料煤空气干燥基水分(%)

风扇磨煤机(S 型)100%工况下通风量的数值见本规定附录 G。

按式(6.2.3-10)求得的结果应满足:

$$B_m \geq K \times \frac{B_B}{n}$$

式中: K ——储备系数,取 $K \geq 1.1 \sim 1.2$;
 B_B 、 n ——单台锅炉燃煤量及每台锅炉配套的磨煤机台数。

6.3 制粉系统热力计算

6.3.1 初始干燥剂计算。

1 贮仓式制粉系统。

$$g_1 = \frac{\rho_{ag}}{1 + K_{le}} \times \left(\frac{Q_{V,OPt}}{1000B_m} \times \frac{273}{273 + t_2} \times \frac{p_a}{101.3} - \frac{\Delta M}{0.804} \right) \tag{6.3.1-1}$$

$$\Delta M = \frac{M_{ar} - M_{pc}}{100 - M_{pc}} \tag{6.3.1-2}$$

式中: g_1 ——进入磨煤机每千克原煤所需干燥剂量(kg/kg);
 ρ_{ag} ——磨煤机进口气体在标准状态下的密度(kg/m³),采用热空气为干燥剂时, ρ_{ag} 按纯湿空气选取, $\rho_{ag} = 1.285$;采用其他形式的干燥剂时,一般可取 $\rho_{ag} = 1.25 \sim 1.28$;
 K_{le} ——制粉系统漏风系数,按表 6.3.1-1 选取;

表 6.3.1-1 制粉系统漏风系数选用表

	钢球磨煤机		中速磨煤机	风扇磨煤机	
制粉系统型式	贮仓式	直吹式	负压	不带烟气下降管	带烟气下降管
漏风系数 K_{le}	0.2~0.4	0.25	0.2	0.2	0.3

注:对贮仓式钢球磨煤机制粉系统,漏风系数按磨煤机直径 D 选取: $D \geq 2$ 时取 $K_{le} = 0.4$; $D \geq 3$ 时取 $K_{le} = 0.3$; $D \geq 4$ 时取 $K_{le} = 0.2$ 。

$Q_{V,OPT}$ ——制粉系统最佳磨煤通风量(m^3/h)；
 B_m ——钢球磨煤机碾磨出力(t/h)；
 p_a ——当地大气压(Pa)；
 t_2 ——干燥剂终温($^{\circ}C$)，干燥剂的终温必须同时满足磨煤机出口最高允许温度 t_{M2} ($^{\circ}C$)和露点 t_{dp} ($^{\circ}C$)的要求；
 磨煤机出口最高允许温度：负压贮仓式制粉系统 $t_2 = t_{M2} - 10$ ；负压直吹式制粉系统 $t_2 = t_{M2} - 5$ ；正压直吹式制粉系统 $t_2 = t_{M2}$ 。
 磨煤机出口最高允许温度 t_{M2} ($^{\circ}C$)按表 6.3.1-2 选取；

表 6.3.1-2 磨煤机出口最高允许温度

制粉系统型式	干燥介质	
	空气干燥剂	烟气空气混合干燥剂
钢球磨煤机贮仓式(磨煤机后)	贫煤 130 烟煤、褐煤 70	褐煤 90 烟煤 120
中速磨煤机直吹式(分离器后)	当 $V_{daf} < 40\%$ 时 $t_{M2} = [(82 - V_{daf})/5/3 \pm 5]$ 当 $V_{daf} \geq 40\%$ 时 $t_{M2} < 70$	
RP、HP 中速磨煤机直吹式(分离器后)	高热值煤小于 82，低热值煤小于 77， 次烟煤、褐煤小于 66	
风扇磨煤机直吹式(分离器后)	贫煤 150 烟煤 130 褐煤、页岩 100	~180

注：燃用混煤的可按允许 t_{M2} 较低的相应煤种取值。
 露点要求，干燥剂终温应高于露点温度 t_{dp} ，满足下列要求，且不能低于 $60^{\circ}C$ ：贮仓式制粉系统 $t_2 \geq t_{dp} + 5$ ；直吹式制粉系统 $t_2 \geq t_{dp} + 2$ ；露点按附录 J 选取。
 ΔM ——每千克原煤在制粉系统被干燥剂蒸发掉的水量(kg/kg)，按式(6.3.1-2)计算；
 M_{ar} ——燃料煤收到基水分($\%$)；
 M_{pc} ——煤粉水分($\%$)。
 2 轮式和碗式磨煤机正压直吹式制粉系统。

$$g_1 = \frac{3.6Q_V \times \varphi_{MV}}{B_m \times \chi_M} \tag{6.3.1-3}$$

式中： g_1 ——进入磨煤机每千克原煤所需干燥剂量(kg/kg)；
 Q_V ——磨煤机通风量(kg/s)，根据制造厂查取；
 B_m ——磨煤机的设计出力(t/h)；
 χ_M ——相当于设计出力下的负荷率($\%$)；
 φ_{MV} ——相当于 χ_M 下的通风率($\%$)，按表 6.3.1-3 相应公式计算。

表 6.3.1-3 确定通风率的计算公式表

磨煤机型式	通风率计算公式
轮式磨煤机 (MPS、ZGM)	当 $\chi_M > 40\%$ 时, $\varphi_{MV} = (0.583 + 0.417\chi_M) \times 100\%$ 当 $\chi_M \leq 40\%$ 时, $\varphi_{MV} = 75\%$
碗式磨煤机 (RP、HP)	当 $\chi_M > 25\%$ 时, $\varphi_{MV} = (0.6 + 0.4\chi_M) \times 100\%$ 当 $\chi_M \leq 25\%$ 时, $\varphi_{MV} = 70\%$

3 球环式磨煤机直吹式制粉系统。

$$g_1 = 2.066 \left(1 - \frac{\chi_M}{100} \right)^{1.5} + 1.75$$

(6.3.1-4)

式中: g_1 ——进入磨煤机每千克原煤所需干燥剂量(kg/kg);

χ_M ——相当于设计出力下的负荷率(%)。

6.3.2 干燥剂初温(t_1)的计算方法。

干燥剂的初温需要根据制粉系统起始断面输入的总热量(q_{in})与终端断面带出热量和消耗的总热量(q_{out})之平衡方程($q_{in} = q_{out}$)、干燥剂的组成方程,并作一些假设,通过迭代求得。

1 制粉系统起始断面输入的总热量(q_{in})与终端断面带出的热量和消耗的总热量热量平衡

$$q_{in} = q_{ag1} + q_{le} + q_s + q_{mac} + q_{rc}$$

(6.3.2-1)

$$q_{out} = q_{ag2} + q_{ev} + q_f + q_5$$

(6.3.2-2)

$$q_{in} = q_{out}$$

(6.3.2-3)

$$t_1 = \frac{q_{ag2} + q_{ev} + q_f + q_5 - q_{le} - q_s - q_{mac} - q_{rc}}{c_{ag1} \times g_1}$$

(6.3.2-4)

式中: q_{in} ——起始断面输入的总热量(kJ/kg);

q_{out} ——终端断面带出的热量和消耗总热量(kJ/kg);

q_{le} ——漏入冷风的物理热(kJ/kg),按式(6.3.2-5)计算;

q_s ——密封(轴封)风的物理热(kJ/kg),按式(6.3.2-6)计算;

q_{mac} ——磨煤机工作时碾磨机械所产生的热量(kJ/kg),按式(6.3.2-7)计算;

q_{rc} ——原煤物理热(kJ/kg),按式(6.3.2-8)、式(6.3.2-9)计算;

q_{ag2} ——乏气干燥剂带出热量(kJ/kg),按式(6.3.2-10)、式(6.3.2-11)、式(6.3.2-12)计算;

q_{ev} ——蒸发原煤中水分消耗的热量(kJ/kg),按式(6.3.2-13)计算;

q_f ——加热燃料消耗的热量(kJ/kg),按式(6.3.2-14)、式(6.3.2-15)计算;

q_5 ——设备散热损失(kJ/kg),按本条第 9 款规定计算;

q_{ag1} ——干燥剂的物理热(kJ/kg), $q_{ag1} = c_{ag1} t_1 g_1$;

t_1 ——干燥剂初温(℃);

c_{ag1} —— t_1 温度下各成分干燥剂加权平均质量的比热容[kJ/(kg·℃)],按本规定第 6.3.5 条规定计算;

g_1 ——每千克原煤所需干燥剂量(kg/kg)。

2 漏入冷风的物理热(q_{le})。负压制粉系统漏入冷风的物理热按下式计算:

$$q_{le} = K_{le} \times c_{le} \times t_{le} \times g_l \tag{6.3.2-5}$$

式中： t_{le} ——漏入冷风的温度(℃)，为环境温度，一般可取 20~30℃。
 c_{le} ——对应 t_{le} 温度下湿空气的比热容[kJ/(kg·℃)]，按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算；
 g_l ——每千克原煤所需干燥剂量(kg/kg)。

3 密封(轴封)风的物理热(q_s)。

$$q_s = \frac{3.6 \times Q_s}{B_m} \times t_s \times c_s \tag{6.3.2-6}$$

式中： Q_s ——密封风质量流量(kg/s)，对轮式中速磨煤机(MPS、ZGM)按本规定附录 D 查取；对风扇磨煤机按磨煤机实际通风量的 5% 选取，或按制造厂资料查取；对于碗式磨煤机(HP、RP)按制造厂资料查取；
 B_m ——磨煤机碾磨出力(t/h)；
 t_s ——密封风温度(℃)；
 c_s ——在 t_s 温度下的湿空气比热容[kJ/(kg·℃)]，按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算。

4 磨煤机工作时碾磨机件所产生的热量(q_{mac})。

$$Q_{mac} = 3.6 \times K_{mac} \times e \tag{6.3.2-7}$$

式中： K_{mac} ——机械热转化系数，按表 6.3.2-1 查取；
 e ——单位磨煤电耗(kJ/kg)，按表 6.3.2-2 查取。

表 6.3.2-1 机械热转化系数

磨煤机型式	钢球磨煤机	中速磨煤机	风扇磨煤机
转化系数 K_{mac}	0.7	0.6	0.8

表 6.3.2-2 磨煤电耗

磨煤机型式	磨煤电耗 e			
钢球磨煤机	无烟煤:90~110	烟煤:55~90	褐煤:35~65	页岩:30~58
中速磨煤机	E 型磨及 HP(RP)型磨:22~36		MPS(ZGM)型磨:20~30	
	对低挥发分和低可磨度的煤取高限			
风扇磨煤机	烟煤:60		褐煤:42	

5 原煤物理热(q_{rc})。

$$q_{rc} = c_{rc} \times t_{rc} \tag{6.3.2-8}$$

$$c_{rc} = \frac{100 - M_{ar}}{100} \times c_{dc} + \frac{M_{ar}}{100} \times c_{H_2O} \tag{6.3.2-9}$$

式中： c_{dc} ——干煤比热容[kJ/(kg·℃)]，按表 6.3.2-3 选取；
 c_{H_2O} ——水的比热容[kJ/(kg·℃)]，取 $c_{H_2O} = 4.187$ ；
 M_{ar} ——原煤收到基水分(%)；
 t_{rc} ——进入系统原煤温度，对于 $M_t \geq \frac{Q_{net,ar}}{0.65} \%$ 的高水分燃料 $t_{rc} = 20^\circ\text{C}$ ，对其余燃料 $t_{rc} = 0^\circ\text{C}$

($Q_{\text{net,ar}}$ 为收到基低位发热量,单位 MJ/kg)。

表 6.3.2-3 煤的干燥基比热容

煤种	温度(℃)				
	0	100	200	300	400
无烟煤	0.767	0.881	0.992	1.102	1.213
贫 煤	0.814	1.13	1.447	1.764	2.081
烟 煤	0.883	1.221	1.541	1.896	2.234
褐 煤	0.933	1.248	1.563	1.878	2.192
页 岩	0.856	0.994	1.132	1.269	1.407

6 乏气干燥剂带出热量(q_{ag2})。

1) 当干燥剂仅为热风时:

$$q_{\text{ag2}} = \left[(1 + K_{\text{le}}) \times g_1 + \frac{3.6Q_s}{B_m} \right] \times t_2 \times c_{\text{a2}} \quad (6.3.2-10)$$

式中: K_{le} ——制粉系统漏风系数,正压系统时取 $K_{\text{le}}=0$;

g_1 ——每千克原煤所需干燥剂量(kg/kg);

Q_s ——密封风质量流量(kg/s),负压系统时取 $Q_s=0$;

B_m ——磨煤机出力(t/h);

t_2 ——制粉系统终温(℃);

c_{a2} ——在 t_2 温度下的湿空气比热容[kJ/(kg·℃)],按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算;

2) 当干燥剂为热烟、热风、冷风混合物时:

$$q_{\text{ag2}} = \left\{ [(r_{\text{ha}} + r_{\text{la}} + K_{\text{le}}) \times c_{\text{a2}} + r_{\text{hg}} \times c_{\text{hg2}}] \times g_1 + \frac{3.6Q_s}{B_m} \times c_{\text{a2}} \right\} \times t_2 \quad (6.3.2-11)$$

式中: c_{ha} 、 c_{la} 、 c_{hg2} ——热风、冷风、热烟比热容[kJ/(kg·℃)],按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算;

r_{ha} 、 r_{la} 、 r_{hg} ——热风、冷风、热烟在干燥剂中的质量份额;

其他符号同式(6.3.2-10)。

3) 当干燥剂为热烟、热风、冷烟混合物时:

$$q_{\text{ag2}} = \left\{ [(r_{\text{ha}} + K_{\text{le}}) \times c_{\text{a2}} + (r_{\text{hg}} \times c_{\text{hg2}} + r_{\text{lg}} \times c_{\text{lg2}})] \times g_1 + \frac{3.6Q_s}{B_m} \times c_{\text{a2}} \right\} \times t_2 \quad (6.3.2-12)$$

式中: c_{lg2} ——冷烟比热容[kJ/(kg·℃)],按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算;

r_{lg} ——冷烟在干燥剂中的质量份额;

其他符号同式(6.3.2-11)。

7 蒸发原煤中水分消耗的热量(q_{ev})。

$$q_{\text{ev}} = \Delta M (2500 + c_{\text{H}_2\text{O}} t_2 - 4.187 t_{\text{rc}}) \quad (6.3.2-13)$$

式中: ΔM ——每千克原煤在制粉系统被干燥剂蒸发掉的水量(kg/kg);

$c_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水蒸气平均定压比热容[kJ/(kg·℃)],按本规定附录 K 查取;

t_2 ——制粉系统终温(°C)；

t_{rc} ——进入系统原煤温度，对于 $M_t \geq \frac{Q_{net,ar}}{0.65} \%$ 的高水分燃料 $t_{rc} = 20^\circ\text{C}$ ，对其余燃料 $t_{rc} = 0^\circ\text{C}$

($Q_{net,ar}$ 为收到基低位发热量，单位 MJ/kg)。

8 加热燃料消耗的热量(q_f)。

$$q_f = \frac{100 - M_{ar}}{100} \times \left[c_{dc} + \frac{4.187M_{pc}}{100 - M_{pc}} \right] \times (t_2 - t_{rc}) + q_{unf} \quad (6.3.2-14)$$

$$q_{unf} = 0.01(M_{ar} - M_{ad} \times \frac{100 - M_{ar}}{100 - M_{ad}}) \times (I_d - c_i \times t_{a'min}) \quad (6.3.2-15)$$

式中： M_{ar} ——原煤收到基水分(%)；

c_{dc} ——干煤比热容[kJ/(kg·°C)]，按表 6.3.2-3 选取；

M_{pc} ——煤粉平均水分(%)；

q_{unf} ——原煤解冻用热量(kJ/kg)，对于最低日平均温度在 0°C 以下又无解冻库时作此计算，其他可取 $q_{unf} = 0$ ；

$t_{a'min}$ ——最低日平均温度(为负值)(°C)；

c_i ——冰的比热容，取 $c_i = 2.092$ [kJ/(kg·°C)]；

I_d ——冰的溶解热，取 $I_d = 3.336$ kJ/kg。

9 设备散热损失(q_5)。

对于贮仓式制粉系统 $q_5 = 0.05q_{in}$ ；

对于直吹式制粉系统 $q_5 = 0.02q_{in}$ 。

6.3.3 用不同干燥剂条件下干燥剂初温(t_1)的计算。

1 采用热空气为干燥剂时。

$$c_{agl} \times t_1 = c_{ha} \times r_{ha} \times t_{ha} + c_{la} \times r_{la} \times t_{la} \quad (6.3.3-1)$$

$$c_{agl} = c_{ha} \times r_{ha} + c_{la} \times r_{la} \quad (6.3.3-2)$$

$$r_{ha} + r_{la} = 1 \quad (6.3.3-3)$$

式中： t_1 ——干燥剂初温(°C)；

c_{agl} —— t_1 温度下各成分干燥剂加权平均质量的比热容[kJ/(kg·°C)]，按本规定第 6.3.5 条规定计算；

c_{ha} 、 c_{la} ——热风、冷风比热容[kJ/(kg·°C)]，按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算；

r_{ha} 、 r_{la} ——热风冷风在干燥剂中的质量份额。

通过式(6.3.3-1)~式(6.3.3-3)与本规定式(6.3.2-4)四个方程，并作一些假设，通过迭代求得干燥基初温 t_1 。

2 采用热空气和再循环气体(磨煤机后的气体)为干燥剂时。

$$c_{agl} \times t_1 = c_{ha} \times r_{ha} \times t_{ha} + c_{rg} \times r_{rg} \times t_2 \quad (6.3.3-4)$$

$$c_{rg} = \frac{g_1 \times (1 + K_{le} - r_{rg}) \times c_{a2} + \Delta M \times c_{H_2O}}{g_1 \times (1 + K_{le} - r_{rg}) + \Delta M} \quad (6.3.3-5)$$

$$r_{ha} + r_{rg} = 1 \quad (6.3.3-6)$$

式中： c_{rg} ——再循环气体比热容[kJ/(kg·℃)]；

c_{H_2O} ——在 t_2 温度下水蒸气的比热容[kJ/(kg·℃)]，按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算；

r_{rg} ——再循环气体在干燥剂中的质量份额；

g_1 ——每千克原煤所需干燥剂量(kg/kg)；

K_{le} ——制粉系统漏风系数；

ΔM ——每千克原煤在制粉系统被干燥剂蒸发掉的水量(kg/kg)；

其余符号意义同本条第 2 款中符号意义。

通过式(6.3.3-4)～式(6.3.3-6)与本规定式(6.3.2-4)四个方程，并作一些假设，通过迭代求得干燥基初温 t_1 。

3 采用热风 and 热烟为主、冷风调节的二介质干燥剂时。

$$c_{agl} \times t_1 = c_{ha} \times r_{ha} \times t_{ha} + c_{la} \times r_{la} \times t_{la} + c_{hg} \times r_{hg} \times t_{hg} \quad (6.3.3-7)$$

$$c_{agl} = c_{ha} \times r_{ha} + c_{la} \times r_{la} + c_{hg} \times r_{hg} \quad (6.3.3-8)$$

$$r_{ha} + r_{hg} + r_{ra} = 1 \quad (6.3.3-9)$$

$$r_{ha} = \frac{1.285 r_{pri,h} \times \alpha'' \times V^0}{100 g_1} \quad (6.3.3-10)$$

式中： c_{hg} ——热烟的比热容[kJ/(kg·℃)]，按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算；

r_{hg} ——热烟在干燥剂中的质量份额；

$r_{pri,h}$ ——热风作为一次风占进炉膛有组织的总风量的百分数，一般可取 $r_{pri,h} = 5\% \sim 10\%$ ，对二介质取下限，对三介质取上限；

α'' ——炉膛出口过剩空气系数；

V^0 ——理论燃烧湿空气量(Nm³/kg)；

其余符号意义同本条第 2 款、第 3 款中符号意义。

通过式(6.3.3-7)～式(6.3.3-10)与本规定式(6.3.2-4)五个方程，并作一些假设，通过迭代求得干燥基初温 t_1 。

4 采用热风 and 热烟为主、冷烟调节的三介质干燥剂。

$$c_{agl} \times t_1 = c_{ha} \times r_{ha} \times t_{ha} + c_{hg} \times r_{hg} \times t_{hg} + c_{lg} \times r_{lg} \times t_{lg} \quad (6.3.3-11)$$

$$c_{agl} = c_{ha} \times r_{ha} + c_{hg} \times r_{hg} + c_{lg} \times r_{lg} \quad (6.3.3-12)$$

$$r_{ha} + r_{hg} + r_{lg} = 1 \quad (6.3.3-13)$$

$$r_{ha} = \frac{1.285 r_{pri,h} \times \alpha'' \times V^0}{100 g_1} \quad (6.3.3-14)$$

式中： c_{hg} ——冷烟的比热容[kJ/(kg·℃)]，按本规定第 6.3.5 条第 1 款规定计算；

r_{hg} ——冷烟在干燥剂中的质量份额；

通过式(6.3.3-11)～式(6.3.3-14)与本规定式(6.3.2-4)五个方程，并作一些假设，通过迭代求得干燥基初温 t_1 。

6.3.4 烟气(湿基)中各成分质量份额和干燥剂质量份额的计算。

$$r_{\text{RO}_2} = \frac{C_{\text{ar}} + 0.54S_{\text{ar}}}{C_{\text{ar}} + 0.375S_{\text{ar}} + 8.174(4.29\alpha - 1) \times V^0 + 0.272N_{\text{ar}}} \times \frac{m_{\text{dg}}}{m_{\text{g}} + m_{\text{vap}}} \quad (6.3.4-1)$$

$$r_{\text{N}_2} = \frac{26.92\alpha \times V^0 + 0.272N_{\text{ar}}}{C_{\text{ar}} + 0.375S_{\text{ar}} + 8.174(4.29\alpha - 1) \times V^0 + 0.272N_{\text{ar}}} \times \frac{m_{\text{dg}}}{m_{\text{g}} + m_{\text{vap}}} \quad (6.3.4-2)$$

$$r_{\text{O}_2} = \frac{8.17(\alpha - 1) \times V^0}{C_{\text{ar}} + 0.375S_{\text{ar}} + 8.174(4.29\alpha - 1) \times V^0 + 0.272N_{\text{ar}}} \times \frac{m_{\text{dg}}}{m_{\text{g}} + m_{\text{vap}}} \quad (6.3.4-3)$$

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - \frac{m_{\text{dg}}}{m_{\text{g}} + m_{\text{vap}}} \quad (6.3.4-4)$$

$$m_{\text{dg}} = 0.0367[C_{\text{ar}} + 0.375S_{\text{ar}} + 8.417(4.29\alpha - 1) \times V^0 + 0.272N_{\text{ar}}] \quad (6.3.4-5)$$

$$m_{\text{g}} = 0.0367[C_{\text{ar}} + 0.375S_{\text{ar}} + 8.417(4.336\alpha - 1) \times V^0 + 0.272N_{\text{ar}} + 2.45H_{\text{ar}} + 0.272M_{\text{ar}}] \quad (6.3.4-6)$$

式中： r_{RO_2} 、 r_{N_2} 、 r_{O_2} 、 $r_{\text{H}_2\text{O}}$ ——组成烟气的三原子气体、氮气、氧气、水蒸气的质量份额；

C_{ar} 、 S_{ar} 、 N_{ar} 、 H_{ar} 、 M_{ar} ——燃料煤碳、硫、氮、氢、水收到基元素分析(%)；

α ——烟气抽出点过剩空气系数；

V^0 ——1kg 燃料燃烧所需的理论空气量(Nm^3/kg)；

m_{dg} 、 m_{g} ——1kg 燃料燃烧生成的干烟气量和湿烟气量(kg/kg)；

m_{vap} ——对应 1kg 燃料，湿式除尘器或湿法脱硫装置中蒸发(或烟气携带)的水分(kg/kg)，

$m_{\text{vap}} = \frac{G_{\text{vap}}}{1000B_{\text{B}}}$ 对于除尘器或湿法脱硫前的烟道 $m_{\text{vap}} = 0$ ；

G_{vap} ——湿式除尘器或湿法脱硫装置中蒸发(或烟气携带)的水量(t/h)，根据湿式除尘器或湿法脱硫装置有关资料中查取，对于干式除尘气或干法脱硫装置，取 $G_{\text{vap}} = 0$ 。

B_{B} ——锅炉计算燃煤量(t/h)。

6.3.5 干燥剂比热容的计算。

1 干空气和湿空气的比热容计算。

1) 干空气的比热容按本规定附录 K 选取。

2) 湿空气的比热容按本规定附录 K 查得的每千克空气中的含水量 10g 的数值根据式 (6.3.5-1) 进行计算：

$$c_{\text{a}} = \frac{c_{\text{da}} + c_{\text{H}_2\text{O}} \times d \times 10^{-3}}{1 + d \times 10^{-3}} \quad (6.3.5-1)$$

式中： c_{a} ——不同含湿量下的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]；

$c_{\text{H}_2\text{O}}$ ——与干空气相同温度下水蒸气的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]，按本规定附录 K 选取；

d ——空气中的含水量(g/kg)。

2 烟气比热容。烟气是由多种气体组成的，其比热容 c_{g} 可按各组分气体比热容的加权平均值计算。

$$c_{\text{g}} = c_{\text{RO}_2} \times r_{\text{RO}_2} + c_{\text{N}_2} \times r_{\text{N}_2} + c_{\text{O}_2} \times r_{\text{O}_2} + c_{\text{H}_2\text{O}} \times r_{\text{H}_2\text{O}} \quad (6.3.5-2)$$

$$r_{\text{RO}_2} + r_{\text{N}_2} + r_{\text{O}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \quad (6.3.5-3)$$

式中： c_{g} ——不同含湿量下的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$]；

c_{RO_2} 、 c_{N_2} 、 c_{O_2} 、 $c_{\text{H}_2\text{O}}$ ——分别为三原子气体(可近似地以 CO_2 代替)、氮气、氧气、水蒸气的比热容,按本规定附录 K 选取;

r_{RO_2} 、 r_{N_2} 、 r_{O_2} 、 $r_{\text{H}_2\text{O}}$ ——组成烟气的三原子气体、氮气、氧气、水蒸气的质量份额,根据本规定第 6.3.4 条规定计算。

6.4 制粉系统空气动力计算

6.4.1 制粉系统主要管道流量及管道截面计算。

1 磨煤机进口热风管道流量。

$$Q_{\text{in}} = 1000 B_{\text{m}} \times \frac{r_{\text{ha}} \times g_1}{1.285} \times \frac{273 + t_{\text{ha}}}{273} \quad (6.4.1-1)$$

式中: Q_{in} ——热空气管流量(m^3/h);

B_{m} ——磨煤机的磨煤出力(t/h);

r_{ha} ——热空气质量份额(以小数计);

g_1 ——干燥剂量(kg/kg);

t_{ha} ——热空气温度($^{\circ}\text{C}$)。

2 就地吸冷风至磨煤机进口空气管道流量。

$$Q_{\text{la}} = 1000 B_{\text{m}} \times \frac{r_{\text{la}} \times g_1}{1.285} \times \frac{273 + t_{\text{la}}}{273} \quad (6.4.1-2)$$

式中: Q_{la} ——冷空气管流量(m^3/h);

r_{la} ——冷空气质量份额(以小数计);

t_{la} ——冷空气温度($^{\circ}\text{C}$);

其余符号意义同式(6.4.1-1)。

3 再循环管(即排粉机出口至磨煤机进口管道)流量。

$$Q_{\text{rc}} = 1000 B_{\text{m}} \times \frac{r_{\text{rc}} \times g_1}{\rho_{\text{rc}}} \times \frac{273 + t_2}{273} \quad (6.4.1-3)$$

式中: Q_{rc} ——再循环管流量(m^3/h);

r_{rc} ——再循环剂质量份额(以小数计);

ρ_{rc} ——标准状态下再循环剂比重(kg/Nm^3),按式(6.4.1-4)计算;

t_2 ——干燥剂最终计算温度($^{\circ}\text{C}$);

其余符号意义同式(6.4.1-1)。

$$\rho_{\text{rc}} = \frac{\frac{g_1 \times (r_{\text{ha}} + r_{\text{la}} + K_{\text{le}}) + \Delta M}{1.285}}{\frac{g_1 \times (r_{\text{ha}} + r_{\text{la}} + K_{\text{le}})}{1.285} + \frac{\Delta M}{0.804}} \quad (6.4.1-4)$$

式中: ρ_{rc} ——标准状态下再循环剂比重(kg/Nm^3);

g_1 ——干燥剂量(kg/kg);

K_{le} ——制粉系统漏风系数;

r_{rc} ——再循环剂份额(以小数计);

ΔM ——煤在制粉系统中蒸发掉的水分(kg/kg)。

4 烟气干燥管道流量。

$$Q_g = 1000 B_m \times \frac{r_g \times g_1}{\rho_g} \times \frac{273 + t_g}{273} \quad (6.4.1-5)$$

式中: Q_g ——烟气干燥管道流量(m^3/h);

r_g ——烟气份额(以小数计);

t_g ——抽烟点处烟气温度($^{\circ}\text{C}$);

ρ_g ——锅炉抽烟点烟气标准状态下比重(kg/Nm^3), $\rho_g = m_g/V_g$;

m_g ——1kg 燃料燃烧生成的湿烟气质量(kg/kg);

V_g ——1kg 燃料燃烧生成的湿烟气体积(kg/kg), 见锅炉燃烧计算;

其余符号意义同式(6.4.1-1)。

5 进入下降干燥管干燥剂流量。

热、冷风为干燥剂的干燥管入口干燥剂流量:

$$Q_d = 1000 B_m \times \frac{g_1}{1.285} \times \frac{273 + t_1}{273} \times \frac{101.3}{p_a} \quad (6.4.1-6)$$

热风、冷风、热烟气为干燥剂的干燥管入口干燥剂流量:

$$Q_d = 1000 B_m \times g_1 \times \left(\frac{r_g}{\rho_g} + \frac{r_{ha} + r_{la}}{1.285} \right) \times \frac{273 + t_1}{273} \quad (6.4.1-7)$$

热风、冷风、再循环气为干燥剂的干燥管入口干燥剂流量:

$$Q_d = 1000 B_m \times g_1 \times \left(\frac{r_{rg}}{\rho_{rg}} + \frac{r_{ha} + r_{la}}{1.285} \right) \times \frac{273 + t_1}{273} \quad (6.4.1-8)$$

式中: Q_d ——空气(或烟气、空气)干燥管道流量(m^3/h);

其余符号意义同式(6.4.1-5)。

6 磨煤机出口管道流量计算。

空气干燥系统:

$$Q_{out} = 1000 B_m \times \left[\frac{g_1 \times (1 + K_{le})}{1.285} + \frac{\Delta M}{0.804} \right] \times \frac{273 + t_1}{273} \quad (6.4.1-9)$$

烟气、空气干燥系统:

$$Q_{out} = 1000 B_m \times \left[g_1 \times \left(\frac{r_g}{\rho_g} + \frac{r_{ha} + r_{la} + K_{le}}{1.285} \right) + \frac{\Delta M}{0.804} \right] \times \frac{273 + t_1}{273} \quad (6.4.1-10)$$

空气、再循环气干燥系统:

$$Q_{out} = 1000 B_m \times \left[g_1 \times \left(\frac{r_{rg}}{\rho_{rg}} + \frac{r_{ha} + r_{la} + K_{le}}{1.285} \right) + \frac{\Delta M}{0.804} \right] \times \frac{273 + t_1}{273} \quad (6.4.1-11)$$

式中: Q_{out} ——空气(或烟气、空气)干燥管道流量(m^3/h);

B_m ——磨煤机的磨煤出力(t/h);

g_1 ——干燥剂量(kg/kg);

K_{le} ——制粉系统漏风系数;

t_1 ——干燥剂初温($^{\circ}\text{C}$);

ΔM ——煤在制粉系统中蒸发掉的水分(kg/kg);

r_g ——烟气份额(以小数计);

- r_{ha} ——热空气份额(以小数计);
- r_{la} ——冷空气份额(以小数计);
- r_{rg} ——再循环气份额(以小数计);
- ρ_{rg} ——再循环气标准状态下比重(kg/Nm³);
- ρ_g ——锅炉抽烟点烟气标准状态下比重(kg/Nm³)。

7 当地大气压对制粉系统流量的修正。

当海拔高度大于 300m 时,制粉、送粉管道流量应进行修正:制粉管道流量修正系数为(101/ p)^{1/2};送粉管道流量修正系数为(101/ p)。

8 制粉系统管道截面积计算。

$$F=\frac{Q}{3600\times\omega}$$

(6.4.1-12)

式中: F ——管道截面积(m²);

Q ——管道流量(m³/h);

ω ——管道流速(m/s),按表 6.4.1 所列锅炉额定负荷时推荐流速选取。

表 6.4.1 锅炉额定负荷时制粉系统管道推荐流速表

序号	管 道 名 称	流速(m/s)
1	通往磨煤机、高温干燥风机和热一次风机的压力冷风道	15~25 ^①
2	一次风总管	15~25
3	通往磨煤机、高温干燥风机和热一次风机的热(温)风道	20~25 ^②
4	通往磨煤机的高温烟道和炉烟、热风混合风道	12~28 ^③
5	冷炉烟风机通往混合室的低温烟道	10~15
6	磨煤机通往粗粉分离器和粗粉分离器通往排粉机的制粉管道	15~18
7	粗粉分离器通往细粉分离器的制粉管道	14~17
8	细粉分离器通往排粉机的制粉管道(下行管段)	12~16
9	细粉分离器通往排粉机的制粉管道(上行管段)	14~16
10	贮仓式系统干燥剂送粉的送粉管道	22~28 ^④
11	贮仓式系统热风送粉的送粉管道	28~32 ^⑤
12	三次风管道	22~40
13	干燥剂再循环风道	25~45
14	直吹式制粉系统的送粉管道	22~28 ^④
15	通往烟囱或炉膛上部的乏气管道	22~35

注：① 核算剩余压头后取用,若剩余压头较大时,推荐的流速取上限值；
② 当原煤水分变化较大时,宜选接近下限的值；
③ 对于内壁敷设耐火砖的高温烟道和混合烟道,当制粉系统的抽吸能力许可时,可选取较高流速;对于内壁不敷设耐火砖的高温烟道和混合烟道,宜选取较低流速。对于钢球磨煤机贮仓式制粉系统,可综合考虑布置、系统漏风和风机电耗等因素后选取。
④ 对于长管道宜选取上限值;按磨煤机可能出现的最低负荷运行方式,核算送粉管道流速不低于 18m/s；
⑤ 当气粉混合物温度超过 260℃时,宜取上限值,对于长管道宜选取上限值;在高海拔地区,经修正后的热风送粉流速不宜超过 35m/s。

6.4.2 制粉系统各部分管道煤粉浓度计算。制粉系统各部分管道煤粉浓度计算按表 6.4.2 中公式计算。

表 6.4.2 制粉系统各部分管道煤粉浓度

序号	管段名称	煤粉浓度计算公式	备注
贮仓式系统			
1	磨煤机入口管段	$\mu = \frac{(1 - \alpha \times \Delta M) \times K_c}{g_1 \times (1 + 0.85 \times K_{le}) + \alpha \times \Delta M}$	α —入口干燥段失去的水份份额
2	磨煤机至粗粉分离器入口管段	$\mu = \frac{(1 - \Delta M) \times K_c}{g_1 \times (1 + 0.85 \times K_{le}) + \Delta M}$	
3	粗粉分离器出口至细粉分离器入口管段	$\mu = \frac{1 - \Delta M}{g_1 \times (1 + 0.85 \times K_{le}) + \Delta M}$	
4	细粉分离器出口至排粉机的管段、乏气送粉时混合器前管段和乏气三次风管段	$\mu_{cyc} = \frac{(1 - \Delta M) \times (1 - \eta_{cyc})}{g_1 \times (1 + K_{le}) + \Delta M}$	η_{cyc} —细粉分离器效率
5	热风送粉时混合器至燃烧器的管段	$\mu = \frac{1000 \times \eta_{cyc} \times (1 - \Delta M)}{1.285 \gamma_{pri} \times \alpha \times V^0 \times (100 - q_4)}$	γ_{pri} ——一次风风率(%) 乏气送风时, $\eta_{cyc} = 1.0$ V^0 ——理论空气量(Nm ³ /Nm ³) q_4 ——机械不完全燃烧热损失(%)
直吹式系统			
6	中速磨煤机后至燃烧器管段	$\mu = \frac{B_m \times (1 - \Delta M)}{B_m \times (g_1 + \Delta M) + 3.6 Q_s}$	B_m —磨煤机原煤出力(t/h); Q_s —磨煤机密封风量(kg/s)。
7	三介质干燥时之风扇磨入口混合室至落煤口管段	$\mu = \frac{\mu_1 \times r_{hg}}{r_{hg} + r_{lg} + r_{ha} + 0.3 K_{le}}$	μ_1 —高温烟气中飞灰浓度(kg/kg)。
8	三介质干燥时之风扇磨落煤管至风扇磨入口管段	$\mu = \frac{1 + \mu_1 \times r_{hg} \times g_1 - \alpha \times \Delta M}{(r_{hg} + r_{lg} + r_{ha} + K_{le}) \times g_1 + \alpha \times \Delta M}$	α —入口干燥段失去的水份份额, $\alpha = 0.4$ 。
9	三介质干燥时之风扇磨出口至燃烧器管段	$\mu = \frac{1 + \mu_1 \times r_{hg} \times g_1 - \Delta M}{(r_{hg} + r_{lg} + r_{ha} + K_{le}) \times g_1 + \Delta M}$	二介质干燥时降 7、8、9 三式中的冷烟份额 r_{lg} 以冷风份额 r_l

6.4.3 制粉系统阻力计算。

1 制粉系统总阻力。

$$\Sigma \Delta p = S_{in} + \Delta p_{in} + \Sigma \Delta p_f + \Sigma \Delta p_{\zeta} + \Sigma \Delta p_{\xi} + \Delta p_l + \Delta p_r + S_t \tag{6.4.3-1}$$

式中: $\Sigma \Delta p$ ——制粉系统总阻力(Pa);

S_{in} ——负压式制粉系统入口的负压(Pa),按本条第 2 款规定计算;

Δp_{in} ——制粉系统入口的阻力(Pa),按本条第 2 款规定计算;

$\Sigma \Delta p_f$ ——系统摩擦阻力(Pa),按本条第 3 款规定计算;

$\Sigma \Delta p_{\zeta}$ ——系统总的局部阻力(Pa),按本条第 4 款规定计算;

$\Sigma \Delta p_{\xi}$ ——所有设备和部件阻力之和(Pa),按本条第 5 款规定计算;

Δp_l ——煤粉提升的压头损失(Pa),按本条第 6 款规定计算;

Δp_r ——煤粉(煤)加速损失(Pa),按本条第 7 款规定计算;

S_t ——炉膛负压的绝对值(Pa)。

2 气体入口处负压和入口阻力。

1) 气体入口处负压。对负压式制粉系统:用热空气作干燥剂时,取 $S_{in}=200Pa$;用热空气和炉烟混合物作干燥剂时:抽烟口在炉膛出口时,取 $S_{in}=20Pa\sim 50Pa$;抽烟口在炉膛其他时,按式(6.4.3-2)计算。对正压式制粉系统:取磨煤机干燥介质入口处全压的负值,即 $S_{in}=-P_{t,M}$ 。

$$S_{in}=9.5\Delta Z+20Pa \tag{6.4.3-2}$$

式中: ΔZ ——为抽烟口至炉膛出口垂直距离(m)。

2) 气体入口阻力。对于冷风的吸入口在大气中和炉烟吸入口处以及气体有其他较大空间吸入时需计算入口损失。对于从其他管道吸入的情况,按气流分叉考虑。

$$\Delta P_{in}=\zeta\times\frac{\rho\times\omega^2}{2} \tag{6.4.3-3}$$

式中: ζ ——入口阻力系数,按吸气口形式和气体进气方式按本规定附录 A 查取;

ρ ——吸入口处气体密度(kg/m^3);

ω ——气体流速(m/s)。

3 系统摩擦阻力。

1) 纯空气的系统摩擦阻力。

$$\Delta p_{f0}=\lambda_0\times\frac{L}{D_e}\times\frac{\rho_0\times\omega^2}{2} \tag{6.4.3-4}$$

式中: λ_0 ——纯空气时的摩擦阻力系数,按式(6.4.3-5)~式(6.4.3-8)计算;

L ——管道摩擦阻力计算长度;

D_e ——管道当量直径(m),对于非圆截面管道 $D_e=4A/L_c$;

A ——管道截面积(m^2);

L_c ——包容截面积 A 的周界长度(m);

ρ_0 ——吸入口处气体密度(kg/m^3);

ω ——气体平均流速(m/s)。

a. 当 $Re<2000$ 时:

$$\lambda_0=\frac{64}{Re} \tag{6.4.3-5}$$

$$Re=\frac{\omega\times D_e}{\nu} \tag{6.4.3-6}$$

式中: ν ——气体的运动粘度(m^2/s),按表 6.4.3-1 查取;

其余符号意义同式(6.4.3-4)。

表 6.4.3-1 标准大气压下干、湿空气的粘度

温度 t ($^{\circ}C$)	干空气		湿空气, $d=10g/kg$		湿空气, $d=30g/kg$	
	η ($\mu Pa\cdot s$)	ν ($\mu m^2/s$)	η' ($\mu Pa\cdot s$)	ν' ($\mu m^2/s$)	η' ($\mu Pa\cdot s$)	ν' ($\mu m^2/s$)
0	17.14	13.26	17.05	13.27	16.91	13.31
20	18.06	14.99	17.97	15.01	17.82	15.05

续表 6.4.3-1

温度 t (℃)	干空气		湿空气, $d=10\text{g/kg}$		湿空气, $d=30\text{g/kg}$	
	η ($\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$)	ν ($\mu\text{m}^2/\text{s}$)	η' ($\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$)	ν' ($\mu\text{m}^2/\text{s}$)	η' ($\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$)	ν' ($\mu\text{m}^2/\text{s}$)
100	21.80	23.04	21.71	23.08	21.53	23.15
200	26.02	34.86	25.92	34.94	25.73	35.09
300	29.72	48.24	29.62	48.37	29.43	48.62
400	33.01	62.93	32.91	62.12	32.73	63.51
500	36.20	79.27	36.11	79.55	35.95	80.11
600	39.06	96.06	38.98	96.98	38.81	97.68
700	41.80	115.21	41.72	115.69	41.58	116.64
800	44.31	134.93	44.24	135.28	44.11	136.45
900	46.71	155.21	46.65	155.95	46.54	157.39
1000	49.12	177.14	49.07	178.02	48.98	179.76

b. 当 $4000 < Re < \frac{560}{\Delta}$ 时:

$$\lambda_0 = \left[2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda_0}} + \frac{\Delta}{3.7} \right) \right]^{-2}$$

(6.4.3-7)

式中: Δ ——管道内壁相对粗糙度, $\Delta = \frac{\Delta}{De}$;

Δ ——管道内壁绝对粗糙度(m),按表 6.4.3-2 查取。

表 6.4.3-2 常用管道内壁解冻粗糙度

管道名称	绝对粗糙度 $\Delta \times 10^3 \text{ m}$
新的未使用过的无缝钢管	0.02~0.10
使用多年后经过清洗的无缝钢管	<0.04
受中等腐蚀的无缝钢管	~0.40
表面状态差的、搭接接头不均匀的无缝钢管	≥ 5.00
新焊接钢管或状态好的旧钢管	0.04~0.10
有相当多沉积的焊接钢管	2.00~4.00
使用中有均匀腐蚀的焊接钢管	0.15
有微量沉积的焊接钢管	1.50
新铸铁管	0.25~0.40
有腐蚀或有积垢的铸铁管	1.00~1.50
沉积相当多的铸铁管	2.00~4.00
钢板制成的管子	0.35

c. 当 $Re > \frac{560}{\Delta}$ 时:

$$\lambda_0 = \left[2 \log \left(\frac{D_e}{\Delta} + 1.44 \right) \right]^{-2} \quad (6.4.3-8)$$

式中符号意义同式(6.4.3-7)。

2) 含粉气体系统摩擦阻力。

$$\Delta p_{t_\mu} = \lambda_\mu \times \frac{L}{D_e} \times \frac{\rho_0 \times \omega^2}{2} \quad (6.4.3-9)$$

式中: λ_μ ——含粉气体时的摩擦阻力系数,按式(6.4.3-10)~式(6.4.3-12)计算。

其余符号意义同式(6.4.3-4)。

$$\lambda_\mu = \lambda_0 \times (1 + K \times \mu) \quad (6.4.3-10)$$

式中: λ_0 ——纯空气时的摩擦阻力系数;

μ ——含粉气体的浓度(kg/kg),根据本规定表 6.4.2 中的公式计算;

K ——由试验确定的浓度修正系数。对于水平布置的管道,取 $K = 1.0$,即取 $\lambda_0 \times (1 + \mu)$ 和 $1.5\lambda_0$ 中较小者。

$$\lambda_\mu = \min[\lambda_0 \times (1 + \mu), 1.5\lambda_0] \quad (6.4.3-11)$$

对于垂直布置的管道,取 $K = 0.65$ 。

$$\lambda_\mu = \lambda_0 \times (1 + 0.65\mu) \quad (6.4.3-12)$$

4 系统总局部阻力。系统总局部阻力为各局部阻力之和。

对于纯空气的管路元件局部阻力:

$$\Delta p_{\zeta_0} = \zeta_0 \times \frac{\rho_0 \times \omega^2}{2} \quad (6.4.3-13)$$

对于纯空气的管路元件局部阻力:

$$\Delta p_{\zeta_\mu} = \zeta_\mu \times \frac{\rho_0 \times \omega^2}{2} \quad (6.4.3-14)$$

式中: ζ_0 ——纯空气流过管路元件的局部阻力系数,按本规定附录 A 查取;

ζ_μ ——含粉气体流过管路元件的局部阻力系数,按本规定附录 A 查取;

其余符号意义同式(6.4.3-4)。

5 所有设备阻力之和。

1) 除磨煤机外其他设备和部件的阻力:

$$\Delta p_\xi = \xi_0 \times (1 + K \times \mu) \times \frac{\rho_g \times \omega^2}{2} \quad (6.4.3-15)$$

式中: ξ_0 ——纯空气流过管路元件的局部阻力系数,按本规定表 6.4.3-3 查取;

K ——气流含粉时的修正系数,按本规定表 6.4.3-3 查取;

μ ——设备或部件内的的煤粉浓度(kg/kg),按本规定表 6.4.2 中公式计算查取;

ω ——与 ξ_0 相应截面的气流速度(m/s),所指截面见表 6.4.3-3;

ρ_g ——设备或部件内的气流密度(kg/m³)。

2) 磨煤机的阻力。

a. 钢球磨煤机阻力,除考虑本体的阻力外还要计算进口短管的阻力。钢球磨煤机本体阻力:

$$\Delta p_M = 3(1 + 0.8\mu) \times \frac{\rho_{ag} \times \omega_{thr}^2}{2} \quad (6.4.3-16)$$

式中: ω_{thr} ——磨煤机喉口处的气流速度。

钢球磨煤机阻力进口短管的阻力按式(6.4.3-15)计算,阻力系数按表 6.4.3-3 查取。

b. 中速磨煤机的阻力按表 6.4.3-4 查取,也可按照制造厂的产品样本选取。

表 6.4.3-3 制粉系统设备和部件阻力系数

设备和部件名称	阻力系数 ξ_0	含粉修正系数 K	计算截面
块煤进入管子处	0.2	—	管子中
下降干燥设备(无插入管)	0.4	—	干燥设备的截面
下降干燥设备(有插入管)	0.8	—	干燥设备的截面
钢球磨煤机筒体(不包括管接头)	0.5	0.8	喉口处
钢球磨煤机喉体(不包括管接头)	0.4	0.8	喉口处
钢球磨煤机管接头(椭圆形)	1.23	0.8	管接间末端
钢球磨煤机管接头(槽形)	0.7	0.8	管接间末端
轴向叶片型粗粉分离器 HW-CB、HW-CF 系列	3.2	—	进口管
ЦККБ 型粗粉分离器	9.0	—	
旋风分离器 HG-XB、HG-XF、DG-XB、HW-XB 系列和 ННЮГАЗ 型	215	—	筒体截面
旋风分离器 HG-LXB、HG-LXF 系列	215	—	筒体截面
旋风分离器 XS 型(TPRI-CY 系列)	265	—	筒体截面
栅格式煤粉分配器 MF 系列	2.86	—	入口截面
杂质收集器(包括与燃料相撞造成的阻力损失)	3.0	—	干燥管进口管段
肋片导流型煤粉分配器	1.46	—	入口截面
一次风箱(矩形截面)	0.8	0.8	通往燃烧器的煤粉管
一次风箱(手套式)	0.4	0.8	通往燃烧器的煤粉管
煤粉混合器(一般型式)	0.15	0.8	通往燃烧器的煤粉管
煤粉混合器(引射式, $2\alpha \leq 15^\circ$)	0.35	0.8	通往燃烧器的煤粉管
煤粉混合器(带双拖板、单面收缩式)	0.35	0.8	通往燃烧器的煤粉管
煤粉燃烧器(切向布置直流型)	1.5	0.8	一次风喷口
煤粉燃烧器(蜗壳旋流型)	9.83	0.8	一次风喷口
煤粉燃烧器(Babcock 型)	2.16	0.8	一次风喷口
煤粉燃烧器(опрѣс 型锥体 $\alpha = 120^\circ$)	3.5	0.8	一次风喷口
煤粉燃烧器(опрѣс 型锥体 $\alpha = 90^\circ$)	2.0	0.8	一次风喷口

注:表中未注明 K 值的,在阻力计算中均已包含含粉因素的影响,即按 $K=0$ 处理。

表 6.4.3-4 中速磨煤机的阻力

磨煤机型式及型号		磨煤机阻力(Pa)	备 注
轮式(MPS 型)磨煤机	MPS 190	6380	表中的数值系在 100%碾磨出力和标称通风量下的数值
	ZGM 95		
	MPS225	6970	
	MPS255	7450	
	MP2116 MP2116A	6770	
碗式(RP、HP 型)磨煤机	RP(HP)783	3430	1. 表中的数值系在 100%碾磨出力和标称通风量下的数值; 2. 表中的阻力值包括分离器; 3. 型号为 N 的 RP(HP)的磨煤机阻力计算公式: $\Delta p_n = 3430 + \frac{N-783}{20} \times 98$
	RP(HP)903	4018	
	RP(HP)923	4116	
球环式(E 型)磨煤机	7E10	5000	1. 表中的数值系在 100%碾磨出力和标称通风量下的数值; 2. 表中的阻力值包括分离器
	8.5E10	5300	
	8.5E9	5700	
	10E10	5850	
	10E11	6100	

6 煤粉提升的压头损失。

1) 对于贮仓式制粉系统：

$$\Delta p_l = (\Delta Z_1 \times \mu'_s \times K_1 + \Delta Z_2 \times \mu'_{Ccv}) \times \rho_g \times g \tag{6.4.3-17}$$

式中： ΔZ_1 ——粗粉分离器和(钢球)磨煤机轴心标高差(m)；

ΔZ_2 ——粗粉分离器和和细粉分离器的标高差(m)；

μ'_s 、 μ'_{Ccv} ——粗粉分离器前、细粉分离器前气流煤粉浓度(kg/kg)，按本规定表 6.4.2 中公式计算；

K_1 ——考虑煤粉浓度增高的修正系数，取 $K=1.1$ ；

ρ_g ——气体密度(kg/m³)。

2) 直吹式制粉系统煤粉提升压头损失 Δp_l 按粗粉分离器至燃烧器间的高度差来计算。当制粉系统总高度小于 10m,且 $\mu < 0.1\text{kg/kg}$ 时,可不考虑提升压头损失。

7 煤粉(煤)加速损失。制粉系统设计计算时,只计算干燥管和煤粉混合器至燃烧气管段的加速损失,钢球磨至粗粉分离器管段的加速损失已经包括在了磨煤机阻力计算中,此处不应再重复计算。

$$\Delta p_r = \mu \times \rho_g \times \omega^2 \tag{6.4.3-18}$$

式中： μ ——计算管段入口气流的浓度(kg/kg)；

ρ_g ——计算管段入口气流的密度(kg/m³)；

ω ——计算管段入口气流的速度(m/s)。

6.5 制粉系统附属设备选择计算

6.5.1 粗粉分离器选择计算。

1 一般规定。

- 1) 粗粉分离器应具有最佳的循环倍率、高的煤粉均匀性、较低的阻力(小于 800Pa)、好的调节性能；
- 2) 粗粉分离器最佳循环倍率推荐值:对钢球磨煤机,无烟煤取 3,贫煤和烟煤取 2.2,褐煤取 1.4;对风扇磨煤机,贫煤取 7,烟煤取 2.5~3.5,褐煤取 2~4;
- 3) 粗粉分离器的型式根据要求的煤粉细度,以及分离器的运行特性和金属消耗量选取。

2 粗粉分离器的标称直径的计算。

$$D=\sqrt[3]{\frac{Q}{\kappa\times q}} \tag{6.5.1}$$

式中: D ——粗粉分离器计算直径(m),按 D 根据制造厂资料选用粗粉分离器标称直径;

Q ——系统通风量(m³/h),根据 6.2.3 条磨煤机的通风量 V_v 计算;

κ ——分离器结构系数,对轴向型 HW 系列取 $\kappa=0.79$,对径向型 HG 和 WG 系列取 $\kappa=0.518$;

q ——粗粉分离器容积强度[m³/(m³·h)],根据要求的煤粉细度和分离器型式分别按表 6.5.1-1 或表 6.5.1-2 选取。

表 6.5.1-1 轴向粗粉分离器(HW-CB 系列)容积强度关系表

煤粉细度 R_{90} (%)	4~6	6~15	15~28	28~40
容积强度 q [m ³ /(m ³ ·h)]	900~1100	1100~1500	1500~1850	1350~2200

表 6.5.1-2 径向粗粉分离器(HG-CB、WG-CB 系列)容积强度关系表

煤粉细度 R_{90} (%)		6~15	15~28	28~40
容积强度 q [m ³ /(m ³ ·h)]	φ2500	1400~1800	1800~2200	2200~2600
	φ2800			
	φ3400			
	φ3700			
	φ4000	1100~1500	1500~1850	1850~2150
	φ4300			
	φ4700	950~1250	1250~1550	1550~1850
	φ5100			
	φ5500			

6.5.2 细粉分离器选择计算。细粉分离器选择的一般规定如下:

- 1 细粉分离器应具有高的分离效率和较低的阻力(小于 1000Pa);
- 2 细粉分离器的效率应不低于 85%,如果选定的细粉分离器直径使效率低于 85%,则应减小

细粉分离器直径或采用两个小的分离器并联,以保证细粉分离器的效率应不低于 85%。

$$D=[Q/(2830\omega)]^{1/2} \quad (6.5.2)$$

式中: D ——细粉分离器计算直径(m),按 D 根据制造厂资料选用细粉分离器标称直径;

Q ——系统通风量(m^3/h),根据 6.2.3 节磨煤机的通风量 V_v 计算;

ω ——细粉分离器内平均速度(m/s),一般取 3.0m/s~3.5m/s。

6.5.3 给煤机选择计算。

1 给煤机机型选择及台数确定原则。

1) 给煤机型式按原煤的水分、原煤颗粒度、制粉系统和磨煤机型式、制粉系统布置锅炉负荷的调节要求,结合给煤机的特性进行选取;

对采用钢球磨煤机的贮仓式制粉系统,可选用刮板式给煤机或称重式皮带给煤机;对采用中速磨煤机的直吹式制粉系统,宜选用称重式皮带给煤机;对采用高速磨煤机的直吹式制粉系统,宜选用可计量式的刮板给煤机。

2) 给煤机的台数宜与磨煤机的台数相匹配。

2 给煤机出力计算。

$$B=\frac{K \times B_m}{Z} \quad (6.5.3)$$

式中: B ——给煤机计算出力(t/h);

K ——出力备用系数,对振动式给煤机,取 $K \geq 1.2$;对其他型式的给煤机取 $K \geq 1.1$;

B_m ——每台磨煤机计算出力(t/h);

Z ——每台磨煤机对应给煤机数(台)。

6.5.4 制粉系统风机选择计算。

1 排粉机台数确定原则。排粉机台数应于磨煤机台数相同。

2 排粉机风量计算。

对于只用热风作干燥剂时:

$$Q=K_1 \times B_m \times \left[(1+K_{le}) \times \frac{g_1}{1.285} + \frac{\Delta M}{0.804} \right] \times \frac{101.4}{b} \times \frac{273+t_2}{273} \times 10^3 \quad (6.5.4-1)$$

对于用热风和再循环剂混合物作干燥剂时:

$$Q=K_1 \times B_m \times \left[\left(\frac{r_{rg}}{\rho_{rg}^0} + \frac{r_{ha}+K_{le}}{1.285} \right) \times g_1 + \frac{\Delta M}{0.804} \right] \times \frac{101.4}{b} \times \frac{273+t_2}{273} \times 10^3 \quad (6.5.4-2)$$

对于用热风、再循环剂及冷风混合物作干燥剂时:

$$Q=K_1 \times B_m \times \left[\left(\frac{r_{rg}}{\rho_{rg}^0} + \frac{r_{ha}+r_{la}+K_{le}}{1.285} \right) \times g_1 + \frac{\Delta M}{0.804} \right] \times \frac{101.4}{b} \times \frac{273+t_2}{273} \times 10^3 \quad (6.5.4-3)$$

对于用热炉烟、热风及冷风混合物作干燥剂时:

$$Q=K_1 \times B_m \times \left[\left(\frac{r_{hg}}{\rho_{hg}^0} + \frac{r_{ha}+r_{la}+K_{le}}{1.285} \right) \times g_1 + \frac{\Delta M}{0.804} \right] \times \frac{101.4}{b} \times \frac{273+t_2}{273} \times 10^3 \quad (6.5.4-4)$$

式中: K_1 ——排粉机流量备用系数,按本规定表 5.2.2-2 查取;

B_m ——对应磨煤机的计算出力(t/h);

r_{rg} 、 r_{hg} 、 r_{ha} 、 r_{la} ——分别为在对应干燥剂条件下干燥剂所占份额;

K_{le} ——制粉系统漏风系数;

ρ_{rg}^0 ——再循环剂密度(kg/m^3),按式(6.5.4-5)计算;

ρ_{hg}^0 ——热炉烟密度,按式(6.5.4-6)计算;

g_1 ——初始干燥剂量(kg/kg);

ΔM ——每千克原煤在制粉系统被干燥剂蒸发掉的水量(kg/kg);

b ——当地大气压(Pa);

t_2 ——干燥剂末端温度($^{\circ}\text{C}$)。

$$\rho_{rg}^0 = \frac{g_1 \times (r_{ha} + r_{la} + K_{le}) + \Delta M}{\frac{g_1 \times (r_{ha} + r_{la} + K_{le})}{1.285} + \frac{\Delta M}{0.804}} \quad (6.5.4-5)$$

$$\rho_{hg}^0 = \frac{m_{dY}}{V_Y} + 0.804 \left(1 - \frac{V_{dY}}{V_Y} \right) \quad (6.5.4-6)$$

$$m_{dY} = 0.0367[(C_{ar} + S_{ar}) + 8.174(4.29\alpha - 1) \times V^0 + 0.272N_{ar}] \quad (6.5.4-7)$$

$$V_Y = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad (6.5.4-8)$$

式中: m_{dY} ——1000克燃料煤燃烧产生的干烟气质(kg/kg);

V_{dY} ——标准状态下1000克燃料煤燃烧产生的干烟气体积(Nm^3/kg),参照式(6.5.4-8)计算;

V_Y ——标准状态下1000克燃料煤燃烧产生的实际烟气体积(Nm^3/kg)。

3 排粉机风压计算。

$$p_i = K_2 \times \Sigma \Delta p \quad (6.5.4-9)$$

式中: p_i ——送风机风压(Pa);

K_2 ——风压备用系数,按本规定表 5.2.2-2 选取;

$\Sigma \Delta p$ ——制粉系统系统总阻力(Pa)按本规定式(6.4.3-1)计算。

6.5.5 给粉机选择计算。

1 给粉机台数确定原则。给粉机的台数需与锅炉燃烧器一次风的接口数相同。

2 给粉机出力计算。给粉机应有出力计算:

$$B_{gf} = K \times \frac{B_g}{Z_{Bur}} \times \frac{Q_{ar,net,p}}{Q_{ad,net,p}} \quad (6.5.5)$$

式中: B_{gf} ——给粉机最大出力(t/h);

K ——出力备用系数,一般不应小于 1.3;

B_g ——锅炉最大连续蒸发量下的燃煤量(t/h);

Z_{Bur} ——燃烧器一次风喷口数(即给粉机台数);

$Q_{ar,net,p}$ 、 $Q_{ad,net,p}$ ——分别为燃料收到基、干燥基低位发热量(kJ/kg)。

6.5.6 输粉机选择计算。

1 输粉机的设置原则。

- 1) 每台锅炉采用 2 台磨煤机时,相邻 2 台锅炉间的煤粉仓可用输粉机连通;
- 2) 每台锅炉采用 4 台磨煤机和 2 座煤粉仓时,可用输粉机连通同一台炉的 2 座煤粉仓或 2 台锅炉间相邻的 2 座煤粉仓。

2 输粉机出力确定。输粉机的容量按连接磨煤机中最大 1 台磨煤机的计算出力考虑。

6.5.7 煤(粉)仓容积计算。

1 原煤仓有效容积计算。

$$V_m = \frac{T \times B_g}{\varphi \times \rho \times Z} \quad (6.5.7-1)$$

式中: V ——原煤仓有效容积(m^3);

T ——原煤仓储煤工作时数(h);

B_g ——锅炉最大连续蒸发量下的燃煤量(t/h);

φ ——原煤仓充满系数,可取 $\varphi=0.8$;

ρ ——原煤堆积密度(t/m^3);

Z ——原煤仓数(个)。

2 煤粉仓有效容积计算。

$$V_t = \frac{T \times B_g}{\varphi \times \rho \times Z} \times \frac{Q_{ad,net,p}}{Q_{ar,net,p}} \quad (6.5.7-2)$$

式中: V ——煤粉仓有效容积(m^3);

T ——煤粉仓储粉工作时数(h);

B_g ——锅炉最大连续蒸发量下的燃煤量(t/h);

φ ——煤粉仓充满系数,一般取 $0.8 \sim 0.9$;

ρ ——煤粉堆积密度(t/m^3);

Z ——煤粉仓数(个);

$Q_{ar,net,p}$ 、 $Q_{ad,net,p}$ ——分别为燃料收到基、干燥基低位发热量(kJ/kg)。

3 煤(粉)仓几何全容积计算。

1) 平壁煤仓:

$$V = \frac{H}{6} \times [(2 \times a_1 + a_2) \times b_1 + (2 \times a_2 + a_1) \times b_2] \quad (6.5.7-3)$$

式中: V ——煤(粉)仓几何全容积(m^3);

a_1 、 b_1 ——煤(粉)仓上口边长(m);

a_2 、 b_2 ——煤(粉)仓下口边长(m);

H ——煤(粉)仓计算高度(m)。

2) 对称正方形截面双曲线型煤(粉)仓:

$$V = \frac{H}{2 \times \ln \frac{a}{b}} \times (a^2 - b^2) \quad (6.5.7-4)$$

式中: V ——原煤(煤粉)仓几何全容积(m^3);

a 、 b ——原煤(煤粉)仓上、下口边长(m);

H ——原煤(煤粉)仓高度(m)。

3) 对称圆形截面双曲线型煤(粉)仓:

$$V = \frac{\pi \times H}{8 \times \ln \frac{D}{d}} \times (D^2 - d^2) \quad (6.5.7-5)$$

式中: V ——原煤(煤粉)仓几何容积(m^3);

D 、 d ——原煤(煤粉)仓上、下口直径(m);

H ——原煤(煤粉)仓高度(m)。

7 除尘及除灰渣系统计算

7.1 除尘器选择计算

7.1.1 除尘器类型选型原则。

1 除尘器的选择必须保证除尘器出口烟尘浓度满足国家和当地环保部门对环保排放浓度及排放总量的要求。

2 除尘器一般按单炉配套。

3 选择除尘器应根据锅炉的不同燃烧方式、额定出力下的烟尘浓度以及除尘器性能等因素进行技术经济比较,尽量选用效率高、阻力低、占地少、材料省、造价低、耗能低的除尘器,可采用单级除尘,也可采用多级串联除尘。

4 当煤质干燥无灰基挥发分大于或等于 46% 时,不应采用高压静电除尘器。

5 本规定仅包括水膜除尘器、静电除尘器和布袋除尘器选择计算。

7.1.2 水膜除尘器选择计算。

1 除尘器通流面积计算。

$$F = \frac{Q}{3600 \times \omega} \quad (7.1.2-1)$$

式中: F ——除尘器通流面积(m^2);

Q ——通过除尘器烟气流(m^3/h);

ω ——除尘器内烟尘上升速度(m/s),一般取 4.5 m/s 。

2 除尘器淋洗面高度计算。

$$H = (3 \sim 4) \times D \quad (7.1.2-2)$$

式中: H ——除尘器淋洗面高度(m);

D ——除尘器内径(m)。

3 除尘器耗水量计算。

$$Q_{\text{sm}} = q \times Q \quad (7.1.2-3)$$

式中: Q_{sm} ——除尘器耗水量(m^3/h);

q ——单位耗水量(m^3/m^3 烟气),一般取 0.07~0.2;

Q ——通过除尘器烟气流(m^3/h)。

4 除尘器阻力计算。水膜除尘器的阻力由除尘器样本资料中查取,一般在 1000Pa~1500Pa。

7.1.3 静电除尘器选择计算。

1 静电除尘器的应用条件。

1) 烟气流速:一般取 1.0 m/s ~1.5 m/s ;

- 2) 烟尘比电阻:比电阻宜在 $10^4 \Omega \cdot \text{cm} \sim 2 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 之间;
- 3) 除尘器进口含尘浓度:为防止出现电晕封闭,除尘器进口含尘浓度不应大于 $35\text{g}/\text{m}^3$;
- 4) 尘粒粒径:尘粒一般在 $0.01\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$;
- 5) 烟气温度:烟气温度宜在 $150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$;
- 6) 烟气的湿度:,烟气的含湿量不宜大于 $12\text{g}/\text{m}^3$;
- 7) 粉尘含碳量:不宜大于 15% ;
- 8) 烟气在除尘器内部不能有物相变化。

2 除尘器烟气流通截面积计算。

$$F = \frac{Q}{3600 \times \omega} \quad (7.1.3-1)$$

式中: F ——除尘器通流面积(m^2);

Q ——通过除尘器烟气量(m^3/h);

ω ——烟尘除尘器内流速(m/s),一般取 $1.0\text{m}/\text{s} \sim 1.5\text{m}/\text{s}$ 。

3 除尘器所有沉淀极板总面积(m^2)。

$$A = \frac{Q}{\omega_e} \times \ln \frac{1}{1-\eta} \quad (7.1.3-2)$$

式中: A ——除尘器所有沉淀极板总面积(m^2);

Q ——通过除尘器烟气量(m^3/h);

ω_e ——尘粒在除尘器内的有效驱进速度(m/h),一般取 $360\text{m}/\text{h} \sim 470\text{m}/\text{h}$;

η ——除尘器效率(按小数计);

\ln ——自然对数。

7.1.4 布袋除尘器选择计算。

1 除尘器总过滤面积计算。

$$F = \frac{Q}{60 \times \omega} \quad (7.1.4-1)$$

式中: F ——除尘器总过滤面积(m^2);

Q ——通过除尘器烟气量(m^3/h);

ω ——过滤气速(m/min),一般取 $0.94\text{m}/\text{s} \sim 1.08\text{m}/\text{s}$ 。

2 过滤器袋数确定。

$$n = \frac{F}{\pi \times d \times l} \quad (7.1.4-2)$$

式中: n ——滤袋数量(条);

F ——除尘器总过滤面积(m^2);

d ——单条滤袋内径(m),一般取 $d = 0.2\text{m} \sim 0.3\text{m}$;

l ——单条滤袋有效长度(m),取决于除尘器结构、实际过程布置等因素,一般取 $l = 3\text{m} \sim 8\text{m}$ 。

7.2 除灰渣系统选择计算

7.2.1 基本规定。

1 除灰渣系统的选择,应根据除尘器型式、灰渣量、灰渣特性、水质、水量、输送距离、高差、地形、地质、气象、交通、环保和灰渣综合利用及节水、节能要求等条件,经技术经济比较后确定。

2 当有灰渣综合利用条件时,应按干灰干排和灰渣分排的原则,确定灰渣的输送系统和贮运系统。当灰渣综合利用条件不落实时,设计应预留灰渣综合利用的条件。

3 锅炉灰渣量等于或大于 1t/h 时,可采用机械、气力或水力除灰渣装置。

4 当采用湿式除尘器时,水力除灰采用高浓度输送或低浓度输送系统的选择,应经技术经济比较确定。当综合利用落实时,应优先采用设沉灰(渣)池的灰渣分除系统。沉灰(渣)池的排水,宜循环使用。

5 当采用干式除尘器并综合利用细灰时,宜采用干除灰系统。当外部采用水力除灰系统时,宜采用干灰集中加水搅拌制浆高浓度输送。

6 气力除灰系统宜按本规定第 7.2.4 条第 1 款的原则进行选择。

7 气力除灰系统的设计出力,应按下列原则确定:

1) 当设其他备用措施时,系统的总出力,不应小于该系统排灰量的 200%;

2) 当设有备用措施时,正压输送系统的总出力,不应小于该系统排灰量的 120%;负压系统的总出力,不应小于该系统排灰量的 150%;

3) 机械除灰渣系统的选择,应根据灰渣量、输送距离及厂外运输设备能力等情况确定。

7.2.2 锅炉灰渣量计算。

1 每台锅炉产生灰渣量计算。

1) 当不采用炉内脱硫时:

$$G_{hz} = B \times \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4}{100} \times \frac{Q_{ar, net, p}}{8100 \times 4.187} \right) \quad (7.2.2-1)$$

式中: G_{hz} ——每台锅炉产生的灰渣量(t/h);

B ——每台锅炉额定负荷时的燃煤消耗量(t/h);

A_{ar} ——燃料煤元素分析收到基灰分(%);

q_4 ——锅炉机械未完全燃烧热损失(%);

$Q_{ar, net, p}$ ——燃料煤收到基低位发热量。

2) 对循环流化床锅炉,并且采用炉内脱硫时:

$$G_{hz}^D = B_D \times \frac{A_{ar} + A_{CaCO_3} + A_D + A_{CaO} + A_{CaSO_4}}{100 \times (1 + g_{CaCO_3})} \quad (7.2.2-2)$$

$$B_D = B \times (1 + g_{CaCO_3}) \quad (7.2.2-3)$$

$$A_{CaCO_3} = \frac{3.125 \times \xi_{CaCO_3} \times K_1 \times S_{ar}}{100 \times \eta_{CaCO_3}} \quad (7.2.2-4)$$

$$A_D = g_{CaCO_3} \times (1 - \xi_{CaCO_3}) \times (1 - \eta_{CaCO_3} - M_{CaCO_3}) \quad (7.2.2-5)$$

$$A_{CaO} = 1.749 \times K_1 \times S_{ar} (1 - \zeta_{CaCO_3}) - 1.749 \times S_{ar} \times \eta_{SO_2} \quad (7.2.2-6)$$

$$A_{CaSO_4} = 4.250 \times S_{ar} \times \eta_{SO_2} \quad (7.2.2-7)$$

式中: G_{hz}^D ——每台锅炉产生的当量灰渣量(t/h);

B_D ——每台锅炉额定负荷时的当量燃煤消耗量(t/h);

A_{ar} ——燃料煤元素分析收到基挥发分(%)；
 A_{CaCO_3} ——石灰石未反应直接成为飞灰；
 A_D ——石灰石的飞灰灰分；
 A_{CaO} ——未反应的 CaO ；
 A_{CaSO_4} ——脱硫产生的 $CaSO_4$ ；
 B ——锅炉燃烧所需要的燃料煤量；
 g_{CaCO_3} ——1kg 燃料煤燃烧需要匹配的石灰石加入量(kg/kg)；
 K_1 ——Ca/S 摩尔比；
 S_{ar} ——燃料中收到基硫含量(%)；
 η_{CaCO_3} ——石灰石中 $CaCO_3$ 的纯度(以小数计)；
 ξ_{CaCO_3} ——石灰石未利用率(以小数计)，无资料查取时一般取 0.15；
 η_{SO_2} ——脱硫率；
 M_{CaCO_3} ——石灰石中的水分(以小数计)。

2 锅炉灰渣量分配计算。

$$G_z = \varphi_z \times G_{hz} \tag{7.2.2-8}$$

$$G_h = \varphi_h \times G_{hz} \times \eta_{ch} \tag{7.2.2-9}$$

式中： G_z ——每台锅炉产生渣量(t/h)；
 G_h ——每台锅炉产生灰量(t/h)；
 φ_z 、 φ_h ——锅炉排出的渣与灰占总灰渣量的比例(%)，根据锅炉设计使用说明书查取，在未取得资料时，可按表 7.2.2 选取；

表 7.2.2 锅炉排出灰、渣比例表

锅炉型式	φ_z (%)	φ_h (%)
层燃式炉排炉	80~85	20~15
撒播式炉排炉	60~80	40~20
固态煤粉炉	10~20	90~80
液态煤粉炉	40	60
循环流化床锅炉	35~40	60~65
旋风炉 立式	55~60	45~40
卧式	70~85	30~15

G_{hz} ——每台锅炉产生灰渣量(t/h)；

η_{ch} ——选用除尘器的除尘效率。

7.2.3 水力除灰渣系统计算。对于循环流化床锅炉并且采用炉内脱硫时，灰渣中的硫酸钙($CaSO_4$)与水结合可生成石膏($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)，容易结垢，且不利于灰渣的综合利用，因此不宜采用水力除灰渣方式。

1 排渣槽运行方式。

1) 每台锅炉排入每个排渣槽的渣量计算：

$$G_z^0 = \frac{G_z}{\alpha_z} \quad (7.2.3-1)$$

式中： G_z^0 ——每台锅炉排入每个排渣槽的渣量(t/h)；

G_z ——每台锅炉排出的最大渣量(t/h)；

α_z ——每台锅炉的排渣槽数(个)，根据锅炉产品使用说明书查取。

2) 排渣周期计算：

$$T_z \leq \frac{\phi_z \times V_{pz} \times \rho_z}{G_z^0} \quad (7.2.3-2)$$

式中： T_z ——排渣周期(h)，一般选用 2 $\frac{2}{3}$ 、4、8；

ϕ_z ——排渣槽的充满系数，一般取 0.8；

V_{pz} ——排渣槽的有效容积(m³/个)；

ρ_z ——渣的堆积密度(t/m³)一般取 0.85t/m³~1.0t/m³；

G_z^0 ——每台锅炉排入每个排渣槽的渣量(t/h)。

3) 排渣冲洗时间计算：

$$t_1^z = \frac{G_z^0 \times T_z}{G_{pz}} \quad (7.2.3-3)$$

式中： t_1^z ——排渣冲洗时间(h)；

G_z^0 ——每台锅炉排入每个排渣槽的渣量(t/h)；

T_z ——排渣周期(h)；

G_{pz} ——排渣槽出力(t/h)，与冲渣喷嘴的直径和水压有关，当水压为 0.8MPa~1.0MPa 时，每吨渣需水约 2m³。

4) 同时冲洗排渣槽数目计算：

$$M_z > \frac{N_z \times (t_1^z + t_2^z)}{T_z} \quad (7.2.3-4)$$

式中： M_z ——同时冲洗排渣槽数目(个)；

N_z ——全部排渣槽数(个)；

t_1^z ——排渣冲洗时间(h)；

t_2^z ——辅助操作时间(h)，指一个排渣槽冲洗完到另一个排渣槽开始之间所需要的走路和操作阀门等时间，一般取 0.08h；

T_z ——排渣周期(h)。

5) 一个周期内连续进行冲洗的排渣槽组数计算：

$$n_z = \frac{N_z}{M_z} \quad (7.2.3-5)$$

式中： n_z ——一个周期内连续进行冲洗的排渣槽组数(组)；

N_z ——全部排渣槽数(个)；

M_z ——同时冲洗排渣槽数目(个)。

6) 冲洗全部排渣槽需要的时间计算:

$$\sum t^z = n_z \times (t_1^z + t_2^z) + t_3^z \quad (7.2.3-6)$$

式中: $\sum t^z$ ——冲洗全部排渣槽需要的时间(h);

n_z ——一个周期内连续进行冲洗的排渣槽组数(组);

t_1^z ——排渣冲洗时间(h);

t_2^z ——辅助操作时间(h),指一个排渣槽冲洗完到另一个排渣槽开始之间所需要的走路和操作阀门等时间,一般取 0.08h;

t_3^z ——富裕时间(h),一般不应小于 1h。

全部冲洗时间不得大于排渣周期。

7) 单位时间内实际排入排渣设备的渣量计算:

$$g_z = M_z \times G_{pz} \quad (7.2.3-7)$$

式中: g_z ——单位时间内实际排入排渣设备的渣量(t/h);

M_z ——同时冲洗排渣槽数(个);

G_{pz} ——排渣槽出力(t/h)。

2 冲灰器运行方式。

1) 每台锅炉排入每个灰斗的灰量计算:

$$G_h^0 = \frac{G_h}{\alpha_h} \quad (7.2.3-8)$$

式中: G_h^0 ——每台锅炉排入每个灰斗的灰量(t/h);

G_h ——每台锅炉排出的最大灰量(t/h);

α_h ——每台锅炉的灰斗数(个),根据锅炉产品使用说明书查取。

2) 排灰周期计算:

$$T_h \leq \frac{\phi_h \times V_{hd} \times \rho_h}{G_h^0} \quad (7.2.3-9)$$

式中: T_h ——排灰周期(h);

ϕ_h ——灰斗的充满系数,一般取 0.9;

V_{hd} ——灰斗的有效容积(m^3 /个),按灰斗计算存灰量的 80%考虑;

ρ_h ——灰的堆积密度(t/m^3),可取 $0.6t/m^3 \sim 0.7t/m^3$;

G_h^0 ——每台锅炉排入每个灰斗的灰量(t/h)。

3) 除灰冲洗时间计算:

$$t_1^h = \frac{G_h^0 \times T_h}{G_{ph}} \quad (7.2.3-10)$$

式中: t_1^h ——除灰冲洗时间(h);

G_h^0 ——每台锅炉排入每个灰斗的灰量(t/h);

T_h ——排灰周期(h);

G_{ph} ——冲灰器的出力(t/h),与冲灰喷嘴的直径和水压有关,当水压为 0.5MPa~0.6MPa 时,每吨灰需水约 $4m^3$ 。

4) 同时冲洗冲灰器数目计算:

$$M_h > \frac{N_h \times (t_1^h + t_2^h)}{T_h} \quad (7.2.3-11)$$

式中: M_h ——同时冲洗冲灰器数目(个);

N_h ——全部冲灰器数(个);

t_1^h ——排渣冲洗时间(h);

t_2^h ——辅助操作时间(h),指一个排渣槽冲洗完到另一个排渣槽开始之间所需要的走路和操作阀门等时间,一般取 0.08h;

T_h ——排渣周期(h)。

5) 一个周期内连续进行冲洗的冲灰器组数计算:

$$n_h = \frac{N_h}{M_h} \quad (7.2.3-12)$$

式中: n_h ——一个周期内连续进行冲洗的冲灰器组数(组);

N_h ——全部冲灰器数(个);

M_h ——同时冲洗冲灰器数目(个)。

6) 冲洗全部冲灰器需要的时间计算:

$$\sum t^h = n_h \times (t_1^h + t_2^h) + t_3^h \quad (7.2.3-13)$$

式中: $\sum t^h$ ——冲洗全部冲灰器需要的时间(h);

n_h ——一个周期内连续进行冲洗的冲灰器组数(组);

t_1^h ——除灰冲洗时间(h);

t_2^h ——辅助操作时间(h),一般取 0.08h;

t_3^h ——富裕时间(h),一般不应小于 1h。

全部冲洗时间不得大于冲灰周期。

7) 单位时间内实际排入排灰设备的灰量计算:

$$g_h = M_h \times G_{ph} \quad (7.2.3-14)$$

式中: g_h ——单位时间内实际排入灰渣设备的灰量(t/h);

M_h ——同时冲洗冲灰器数(个);

G_{ph} ——冲灰器出力(t/h)。

3 固态排渣锅炉的冲渣耗水量计算。

1) 熄火喷嘴耗水量计算:

$$Q_x = 3980 \times \phi_x \times n \times m \times d^2 \times \sqrt{p} \quad (7.2.3-15)$$

式中: Q_x ——熄火喷嘴耗水量(m^3/h);

ϕ_x ——流量系数,无试验数据时可采用 0.65;

n ——淋水头数(个);

m ——淋水头上开孔数(个);

d ——淋水头上开孔孔径(m);

p ——熄火水水压(kPa),一般要求大于 800kPa。

2) 排渣装置(渣沟激流喷嘴)耗水量计算:

$$Q_{cz}(Q_j) = 3980 \times \phi_x \times d^2 \times \sqrt{P} \quad (7.2.3-16)$$

式中: Q_{cz} ——排渣装置耗水量(m^3/h);

Q_j ——渣沟激流喷嘴耗水量(m^3/h);

ϕ_x ——流量系数,取决于喷嘴直径,按表 7.2.3 选取;

d ——喷嘴直径(m);

p ——冲洗水水压(kPa),一般为 800kPa~1200kPa。

表 7.2.3 流量系数(ϕ_x)选用表

喷嘴直径(mm)	8	10~16	18	20~22
流量系数 ϕ_x	0.7	0.75	0.8	0.85

3) 排入排渣设备(渣沟)的全部冲渣水量计算:

$$Q_{cx}^z = (1-b) \times n_g \times Q_x + M_z \times Q_{cz} + \Sigma Q_j \quad (7.2.3-17)$$

式中: Q_{cx}^z ——排入排渣设备(渣沟)的全部冲渣水量(m^3/h);

b ——熄火水蒸发系数,一般取 0.15~0.2;

n_g ——运行锅炉台数(台);

Q_x ——熄火喷嘴耗水量(m^3/h);

M_z ——同时冲洗排渣槽数(个);

Q_{cz} ——排渣装置耗水量(m^3/h);

Q_j ——渣沟激流喷嘴耗水量(m^3/h)。

4 除灰耗水量计算。

1) 水膜除尘器排入灰渣沟的水量计算:

$$Q_{sm}^p = (1-b_{sm}) \times Q_{sm} \quad (7.2.3-18)$$

式中: Q_{sm}^p ——水膜除尘器排入灰渣沟的水量(m^3/h);

b_{sm} ——蒸发系数,一般取 0.15~0.2;

Q_{sm} ——水膜除尘器实际耗水量(m^3/h),根据本规定式(7.1.2-3)求得;

2) 排入排灰设备(灰沟)内全部冲灰水量计算:

$$Q_{cx}^h = M_h \times Q_{sm}^p + M_h \times Q_{ch} + \Sigma Q_j \quad (7.2.3-19)$$

式中: Q_{cx}^h ——排入排灰设备(灰沟)的全部冲灰水量(m^3/h);

M_h ——同时冲洗冲灰器数(个);

Q_{sm}^p ——水膜除尘器排入灰渣沟的水量(m^3/h);

Q_{ch} ——冲灰器耗水量(m^3/h);

ΣQ_j ——冲灰系统灰沟内运行激流喷嘴总耗水量(m^3/h)。

5 灰(渣)沟计算。

1) 渣沟中混合物流量计算:

$$Q_{zs} = \frac{g_z}{\rho_z} + Q_{cx}^z \quad (7.2.3-20)$$

式中: Q_{zs} ——渣沟中混合物的流量(m^3/h);

g_z ——实际排入渣沟中的渣量(t/h);

ρ_z ——渣的真实密度(kg/m^3);

Q_{cx}^z ——排入渣沟的全部冲渣水量(m^3/h)。

2) 灰沟中混合物流量计算:

$$Q_{hs} = \frac{g_h}{\rho_h} + Q_{cx}^h \quad (7.2.3-21)$$

式中: Q_{hs} ——灰沟中混合物的流量(m^3/h);

g_h ——实际排入灰沟中的渣量(t/h);

ρ_h ——灰的真实密度(kg/m^3);

Q_{cx}^h ——排入灰沟的全部冲灰水量(m^3/h)。

3) 灰渣总沟混合物流量计算:

$$Q_{hzs} = Q_{zs} + Q_{hs} + \Sigma Q_j \quad (7.2.3-22)$$

式中: Q_{hzs} ——灰渣总沟中混合物的流量(m^3/h);

Q_{zs} ——渣沟中混合物的流量(m^3/h);

Q_{hs} ——灰沟中混合物的流量(m^3/h);

ΣQ_j ——冲渣总沟中运行激流喷嘴总耗水量(m^3/h)。

4) 灰(渣)水比值的选择:灰(渣)沟中灰(渣)水应满足下列数值要求,如果水量不足,可增加激流喷嘴数量或增大激流喷嘴直径。灰量:水量应满足1:(7~10);渣量:水量应满足1:(15~20);灰渣量:水量应满足1:(10~15)。

5) 灰(渣)沟中混合物流速的选择:输送细灰时流速不应小于1.2m/s;输送灰渣混合物时流速不应小于1.6m/s;输送固态渣时流速不应小于1.8m/s;输送液态渣时流速不应小于2.2m/s。

6) 灰渣沟坡度的选择:灰沟坡度0.01~0.15;渣沟坡度0.02~0.25。

7) 灰(渣)中流体深度的选择:灰(渣)沟中流体的深度一般取沟内镶板半径的0.65~0.75倍。

6 容积式沉灰(渣)池计算。

1) 沉灰(渣)池有效设计容积计算:

$$V = 1.25 \times \rho \times G \quad (7.2.3-23)$$

式中: V ——沉灰(渣)池有效设计容积(m^3);

ρ ——每吨干灰(渣)在水中的容积(m^3/t),灰 ρ 取 1.2~1.4 m^3/t ;对固态炉渣 ρ 取 1.1 m^3/t ~1.2 m^3/t ,对液态炉渣 ρ 取 0.7 m^3/t ~0.8 m^3/t ,灰渣混排时 ρ 取 1.3 m^3/t ~1.4 m^3/t ;

G ——沉灰(渣)周期内锅炉排渣量(t),一般按一个周期 24h~48h 计。

2) 沉灰(渣)池长度计算:

$$L = \frac{V}{B \times h_1} \quad (7.2.3-24)$$

式中: L ——沉灰(渣)池长度;

V ——沉灰(渣)池有效设计容积(m^3);

B ——沉灰(渣)池宽度(m),根据吊车的跨度,结合布置条件定;

h_1 ——沉灰(渣)部分平均有效深度(m)。

3) 沉渣池深度计算:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \quad (7.2.3-25)$$

式中: H ——沉渣池深度(m);

h_1 ——沉渣部分平均有效深度(m);

h_2 ——清水层深度(m),一般取 $0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$;

h_3 ——保护层深度(m),当渣混合物以管道排入沉渣池时 h_3 取 0.3m ;当灰渣混合物以渣够排入沉渣池时, h_3 为渣沟进沉渣池时渣沟至池顶间的距离。

4) 沉灰池深度计算:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (7.2.3-26)$$

式中: H ——沉灰池深度(m);

h_1 ——沉渣部分平均有效深度(m);

h_2 ——异重流深度(m),一般取 $2\text{m} \sim 2.5\text{m}$;

h_3 ——清水层深度(m),一般取 $0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$;

h_4 ——保护层深度(m),根据布置确定。

7.2.4 气力除灰渣系统计算。

1 输送方式的确定原则。

- 1) 当输送当量距离较短(小于或等于 60m)而布置又许可时,宜采用空气斜槽输送方式;
- 2) 当输送当量距离超过 150m 时,不宜采用负压气力除灰系统;
- 3) 当输送当量距离不超过 1000m 时,宜采用正压气力除灰系统;
- 4) 根据工程具体情况经技术经济比较,可采用上述系统的单一系统或联合系统。

2 负压气力除灰系统计算。

1) 系统出力计算:

$$G_m = \frac{G_h}{t_m} \times t_n \quad (7.2.4-1)$$

式中: G_m ——输灰(或渣)系统出力(t/h);

G_h ——锅炉最大连续蒸发量时小时产生总灰量(或渣量)(t/h);

t_m ——气力除灰系统每班运行小时数(h);

t_n ——锅炉每班运行小时数(h)。

2) 输送管道当量长度计算:

$$L_{eq} = L \pm H + \sum n L_r \quad (7.2.4-2)$$

式中: L_{eq} ——输送管道当量长度(m);

L ——水平输送管道总长度(m);
 H ——垂直输送管道总长度,其中正号用于上升、负号用于下降(m);
 n ——各类管道附件数量(个);
 L_r ——各类管道附件当量长度(m),按表 7.2.4-1、表 7.2.4-2 选取。

表 7.2.4-1 异径管当量长度选用表

L_b/D_a	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
L_r	3	6	9	12	14	16	19	20	22	23

注:表中 L_b/D_a 为异径管当量长度和直径之比。

表 7.2.4-2 弯头、阀门当量长度选用表

输送物料	弯头(m)					阀门(m)
	90°	60°	45°	30°	15°	
灰	10	8	6	4	2.5	10~20
渣	15	12	9	6	4	15~30

- 3) 灰气比计算:灰气比的大小与输送距离、灰渣特性、输送负压等有关,管道输送距离较长、灰或渣的粒经较大、负压较低时,应选用较小的灰气比,反之应选用较大的灰气比。
对于气力除灰系统: $\mu=5\sim15\text{kg(灰)}/\text{kg(气)}$;
对于气力除渣系统: $\mu=2\sim8\text{kg(渣)}/\text{kg(气)}$ 。

4) 输送系统所需空气量计算:

$$G=16.67\times\frac{G_m}{\mu} \tag{7.2.4-3}$$

$$Q_0=16.67\times\frac{G_m}{\rho_0\times\mu} \tag{7.2.4-4}$$

$$Q=12.89\times\frac{G_m\times p_0\times(273+t)}{\mu\times(p_a-\Delta p)\times273}=488\times\frac{G_m\times(273+t)}{\mu\times(p_a-\Delta p)} \tag{7.2.4-5}$$

式中: G ——输送系统所需空气质量流量(kg/min);
 Q_0 ——输送系统所需空气体积流量(Nm³/min);
 Q ——输送系统在管道任意点所需空气体积流量(m³/min);
 G_m ——系统出力(kg/min);
 μ ——灰气比(kg/kg);
 ρ_0 ——标准状态下空气的密度(kg/Nm³),取 1.293 kg/Nm³;
 p_0 ——标准状态下大气压力(Pa);
 p_a ——当地大气压(Pa);
 t ——管道任意计算点处的温度(℃);
 Δp ——到该计算点的压力损失(Pa)。

5) 输送速度计算:

$$v_b = \frac{0.0212Q_b}{D^2} \quad (7.2.4-6)$$

式中: v_b ——输送速度(m/s), 气力除灰管道的输送速度一般应根据试验资料来确定。在不具备试验条件时, 负压气力除灰系统始端空气最低流速一般取 10m/s~12m/s;

Q_b ——输送管道始端空气的体积流量(m^3/min);

D ——输送管道内径(m)。

3 正压气力除灰系统计算。

1) 系统出力计算。

单仓泵:

$$G_m = 60 \times \frac{\phi \times \rho_a \times V_p}{t_1 + t_2} \quad (7.2.4-7)$$

双仓泵:

$$G_m = 60 \times \frac{\phi \times \rho_a \times V_p}{t_2 + t_3} \quad (7.2.4-8)$$

$$t_3 = \phi \times \frac{V_b}{Q_m} \times \left(\frac{p_0 - p_c}{p_a} \times \frac{t_a + 273}{t + 273} \right) \quad (7.2.4-9)$$

式中: G_m ——输灰(或渣)系统出力(t/h);

ϕ ——仓泵充满系数, 一般取 0.8;

ρ_a ——灰的堆积密度(kg/Nm^3), 无资料查取时可近似取 $0.7t/m^3 \sim 0.8t/m^3$;

V_p ——仓式泵的几何容积(m^3);

t_1 ——装满一仓灰所需的时间(min), 与給料设备的形式和出力有关;

t_2 ——吹送一仓灰所需的时间(min), 主要与输送管道的长度有关;

t_3 ——仓泵压力回升所需的时间(min), 按式(7.2.4-9)计算;

ϕ ——供气系统漏风系数, 一般取 1.1~1.2;

V_b ——供气系统储气罐总容积(m^3);

p_0 ——仓泵开始吹灰时的压力(Pa);

p_c ——仓泵停止吹灰时的压力(Pa);

p_a ——当地大气压(Pa);

t_a ——当地大气平均温度($^{\circ}C$);

t ——压缩空气供气温度($^{\circ}C$)。

2) 输送管道当量长度计算: 输送管道当量长度计算同式(7.2.4-2), 管道附件的当量长度同表 7.2.4-1 和表 7.2.4-2。

3) 灰气比计算: 灰气比的大小与输送距离、灰渣特性等有关。对于输送干灰的系统, 灰气比(μ)一般取 $7kg/kg \sim 20kg/kg$ 。当输送距离较短时取上限值, 当输送距离较长时取下限值。

4) 输送系统所需空气量计算:

$$G = 16.67 \times \frac{G_m}{\mu} \quad (7.2.4-10)$$

$$Q_0 = \phi \times \frac{G_a \times 10^3}{\mu \times \rho_a \times (t_2 + t_3)} \quad (7.2.4-11)$$

$$t_3 = \phi \times \frac{V_b}{Q_m} \times \left(\frac{p_0 - p_c}{p_a} \times \frac{t_a + 273}{t + 273} \right) \quad (7.2.4-12)$$

式中: G ——输送系统所需空气质量流量(kg/min);

Q_0 ——输送系统所需空气体积流量(m^3/min);

G_m ——输灰(或渣)系统出力(t/h);

μ ——灰气比;

ϕ ——供气系统漏风系数,一般取 1.1~1.2;

G_a ——灰仓装灰量(t/仓);

ρ_a ——灰的堆积密度(kg/m^3),无资料查取时可近似取 $0.7\text{t}/\text{m}^3 \sim 0.8\text{t}/\text{m}^3$;

t_2 ——吹送一仓灰所需的时间(min),主要与输送管道的长度有关;

t_3 ——仓泵压力回升所需的时间(min),按式(7.2.4-12)计算。

5) 输送速度计算:

$$\omega_b = \frac{0.0212 \times Q_e}{D^2} \quad (7.2.4-13)$$

$$Q_e = \frac{p_a \times (t_e + 273)}{p_e \times (t_a + 273)} \quad (7.2.4-14)$$

式中: ω_b ——输送速度(m/s),输送管道的管径需逐段放大,一般配置 2~3 种不同管径的管道;管道始端的速度一般取 $10\text{m}/\text{s} \sim 12\text{m}/\text{s}$;前、中段管道末端的速度一般取 $15\text{m}/\text{s} \sim 20\text{m}/\text{s}$;后端管道末端的速度一般取 $15\text{m}/\text{s} \sim 25\text{m}/\text{s}$;

Q_e ——计算管段终端的体积流量(m^3/min),按式(7.2.4-14)计算;

D ——输送管道内径(m);

p_a ——当地大气压(Pa);

p_e ——计算管段终端绝对压力(Pa);

t_a ——当地大气平均温度($^{\circ}\text{C}$);

t_e ——计算管段终端温度($^{\circ}\text{C}$)。

8 烟气污染物排放和烟囱工艺计算

8.1 基本规定

8.1.1 环境保护已经成为我国的一项基本国策。锅炉烟气污染物排放必须达到国家排放标准和当地环保部门的对排放浓度以及排放总量的各项指标。本章给出 SO₂和烟尘排放量的计算,NO_x由于没有固定的计算方法,建议由锅炉厂提供。

8.1.2 本章给出了烟囱高度和烟囱出口内径的计算方法。其中烟囱高度为计算值,经环境影响评价以后确认的高度作为最终烟囱高度。

8.2 烟囱污染物排放量的计算

8.2.1 二氧化硫排放量的计算。

$$M_{SO_2}=2\times B_g\times (1-\frac{q_4}{100})\times \frac{S_{ar}}{100}\times \frac{\eta_1}{100}\times (1-\frac{\eta_{(SO_2)a}}{100})\times (1-\frac{\eta_{(SO_2)b}}{100})\times (1-\frac{\eta_{(SO_2)c}}{100}) \quad (8.2.1)$$

式中: M_{SO_2} ——烟囱排入大气的二氧化硫排放量(t/h);

B_g ——接入该烟囱的所有运行锅炉在额定蒸发量时的总耗煤量,如考虑锅炉扩建,应按扩建后所有运行锅炉额定蒸发量的总耗煤量计(t/h);

q_4 ——锅炉机械未完全燃烧热损失(%),根据锅炉设计使用书选取;

S_{ar} ——燃料收到基全硫分(%);

η_1 ——燃料中的硫含量在炉内转变为二氧化硫的份额(%),根据炉型和燃煤特性取 80%~100%;

$\eta_{(SO_2)a}$ ——锅炉炉内脱硫效率(%);

$\eta_{(SO_2)b}$ ——烟气采用湿式除尘器时,除尘附带脱除烟气中二氧化硫的除硫效率(%),可按表 8.2.1选取;

$\eta_{(SO_2)c}$ ——炉外烟气脱硫装置脱硫效率(%)。

表 8.2.1 除尘器的除硫效率

除尘器形式	干式除尘器	水膜除尘器	文丘里式除尘器
除硫效率 η_{SO_2}	0	5	10

8.2.2 氮氧化物排放量的估算。锅炉燃烧产生的氮氧化物影响因素很多,除与燃料中的含氮有关外,还与过剩空气系数、锅炉炉型、燃烧器结构型式、燃烧温度等因素有关。氮氧化物计算没有固定的方法,一般通过经验公式后经验图表查取。

8.2.3 烟尘排放量的计算。

$$M_A = (1 - \frac{\eta_c}{100}) \times m_a \tag{8.2.3-1}$$

$$m_a = B_g \times (\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4}{100} \times \frac{Q_{ar,net,p}}{8100 \times 4.187}) \times \frac{\alpha_{fh}}{100} \tag{8.2.3-2}$$

式中： M_A ——烟尘排放量；
 η_c ——除尘器运行效率(%)；
 m_a ——除尘器进口烟尘量(t/h)；
 A_{ar} ——燃料收到基灰分(%)；
 $Q_{ar,net,p}$ ——燃料收到基低位发热量(kJ/kg)；
 α_{fh} ——锅炉排烟带出的烟尘份额(%)，根据锅炉产品使用说明选取，无资料时，可按表8.2.3选取；
 $B_g、q_4$ ——符号意义同前。

表 8.2.3 锅炉排烟带出的烟尘份额选用表

炉型	抛煤炉	链条炉	煤粉炉		旋风炉		沸腾炉	循环流化床炉
			固态排渣炉	液态排渣	立式	卧式		
α_{fh}	20	30	90	60	40	20	60	60~65

8.3 烟囱高度的计算

8.3.1 烟囱最低几何高度。

1 当 $Q_H \geq 20935\text{kJ/s}$ ，且 $\Delta T \geq 35\text{K}$ 时。

$$M = p \times \overline{U}_{10} \times \left[H_{\xi_1}^a + \frac{b_1 \times Q_H^{\frac{1}{3}} \times H_{\xi_1}^a}{1.611 \overline{U}_{10}} \right]^m \times 10^{-6} \tag{8.3.1-1}$$

2 当 $2094 \leq Q_H < 20935\text{kJ/s}$ ，且 $\Delta T \geq 35\text{K}$ 时。

$$M = p \times \overline{U}_{10} \times \left[H_{\xi_1}^a + \frac{b_1 \times Q_H^{\frac{1}{3}} \times H_{\xi_1}^a}{2.316 \overline{U}_{10}} \right]^m \times 10^{-6} \tag{8.3.1-2}$$

3 当 $Q_H < 2094\text{kJ/s}$ ，且 $\Delta T < 35\text{K}$ 时。

$$M = p \times \overline{U}_{10} \times \left[H_{\xi_1}^a + (b_2 \times v_s \times d + \frac{b_1 \times Q_H}{4.187}) \times \frac{H_{\xi_1}^a}{\overline{U}_{10}} \right]^m \times 10^{-6} \tag{8.3.1-3}$$

$$Q_H = c_p \times V_0 \times (T_s - T_a + 273) \tag{8.3.1-4}$$

式中： M ——锅炉房二氧化硫排放量和烟尘排放量二者中的较大值(t/h)；
 \overline{U}_{10} ——锅炉房所在地区气象台(站)距地面 10m 高度处最近 5 年观测的风速平均值(m/s)。
 当 $\overline{U}_{10} < 1.5\text{m/s}$ 时，取 $\overline{U}_{10} = 1.5\text{m/s}$ ；
 H_{ξ_1} ——根据污染物最大排放量计算的烟囱最低几何高度(m)；
 V_s ——烟囱出口处实际烟速(m/s)；
 d ——烟囱出口内径(m)；
 $p、a_1、a_2、b_1、b_2、m$ ——计算系数，按表 8.3.1 选取；
 Q_H ——烟囱的烟气热释放率(kJ/s)；

c_p ——标准状况下烟气平均定压比热,取 $c_p=1.382\text{kJ}/(\text{Nm}^3\text{K})$;
 V_0 ——烟囱排烟率(Nm^3/s);
 T_s ——烟囱出口处烟温(K)。可以根据烟囱入口处烟气温度 10m 降 0.5°C 估算;
 T_a ——烟囱出口处环境平均温度(K)。无此资料时,可以采用建厂所在地区气象台(站)定时观测最近 5 年地面平均气温代替。

表 8.3.1 计算系数 p 、 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 m 选用表

地区	$Q_H(\text{kJ/s}), \Delta T(\text{K})$	p	a_1	a_2	b_1	b_2	m
城市	$Q_H \geq 20935, \text{且 } \Delta T \geq 35$	6.334	1.079	0.596	2.966	—	1.893
	$2094 \leq Q_H < 20935, \text{且 } \Delta T \geq 35$	6.334	1.079	0.329	0.975	—	1.893
	$Q_H < 2094, \text{或 } \Delta T < 35$	6.334	1.079	-0.071	0.113	4.238	1.893
丘陵	$Q_H \geq 20935, \text{且 } \Delta T \geq 35$	9.501	1.079	0.596	2.966	—	1.893
	$2094 \leq Q_H < 20935, \text{且 } \Delta T \geq 35$	9.501	1.079	0.329	0.975	—	1.893
	$Q_H < 2094, \text{或 } \Delta T < 35$	9.501	1.079	-0.071	0.113	4.278	1.893
平原农村	$Q_H \geq 20935, \text{且 } \Delta T \geq 35$	3.903	1.096	0.563	3.645	—	2.075
	$2094 \leq Q_H < 20935, \text{且 } \Delta T \geq 35$	3.903	1.096	0.296	1.243	—	2.075
	$Q_H < 2094, \text{或 } \Delta T < 35$	3.903	1.096	-0.104	0.127	4.755	2.075

8.3.2 避免烟气下洗所需烟囱最低几何高度。

1 对 Π 型锅炉。

$$H_{s_2}=2.5\times h_w \tag{8.3.2-1}$$

2 对塔型锅炉。

$$H_{s_2}=2.0\times h_w \tag{8.3.2-2}$$

式中： H_{s_2} ——避免烟气下洗所需烟囱最低几何高度(m)；

h_w ——锅炉房屋顶高度(m)。

8.3.3 烟囱实际高度的选取。

- 1 H_s 应高于或等于 H_{s_1} 和 H_{s_2} 中的较大值。
- 2 H_s 应按烟囱设计模数系列选取,设计模数系列有 30m、50m、60m、80m、100m、120m、150m。
- 3 应满足全厂和地区对环境综合评价的要求,及烟囱周围半径 200m 的距离内有建筑物时,应高出最高建筑物 3m 以上。

8.4 烟囱出口内径的计算及校核

8.4.1 烟囱出口流速的确定遵循以下原则：

- 1 确定烟囱出口流速时,在满足环保要求的情况下,初选烟囱结构型式(单坡度锥型筒、多多坡度锥型筒、直型筒、筒—锥组合型,并确定烟囱顶部是否设置扩散口),并对各初选的烟囱结构型式进行校核计算使之满足工艺要求,再对满足工艺要求的烟囱结构型式进行技术经济比较后,最终确定既满足环保和工艺要求,又经济合理的烟囱结构型式。
- 2 对于锥型防腐型单烟囱式(砖内筒)烟囱,不宜采用较高的出口流速,适用于无腐蚀性及弱腐

蚀性的烟气。

对于排放有腐蚀性的烟气时,允许提高出口流速,但烟筒内的运行烟气压力应符合以下规定:当排放强腐蚀性的烟气时,筒内不应存在正压;当排放中等腐蚀性的烟气时,最大烟压不宜超过 49Pa;当排放弱腐蚀性的烟气时,最大烟压不宜超过 98Pa。

3 对于直筒型砖内筒一套筒式和多管式烟囱,可采用较高的出口流速,但不应出现正压,适用于中等腐蚀及强腐蚀性的烟气。

4 对于直筒型钢内筒一套筒式和多管式烟囱,宜采用较高的出口流速,适用于强腐蚀性的烟气。

5 无论何种形式的烟囱,在锅炉最大连续出力时,其入口烟道(引风机扩散管终端至烟囱入口点之间)烟气运行压力应符合以下规定:

钢筋混凝土及砖结构烟道,不宜正压运行;

钢制烟道宜负压运行,在需要时(为使烟囱有较高的出口流速),可正压运行,但必须满足合用烟囱的几台锅炉中最小容量的一台炉检修使运行烟道不出现正压,以防烟气倒灌,否则引风机出口风门应采用严密的隔离门。

6 几台锅炉合用一座烟囱时,应使第一台最小容量锅炉投产初期烟囱出口流速不低于当地平均风速的 1.5 倍,且不宜在 5m/s~8m/s 以下运行。

7 可通过改进排烟筒的形状,设置顶部烟气扩散口,减小烟道阻力等措施,进一步提高出口流速或降低甚至消除烟筒内的正压。

8.4.2 烟气腐蚀性指数。

$$K_c = \frac{100 \times S_{ar}}{A_{ar} \times \sum R_x O} \tag{8.4.2-1}$$

$$\sum R_x O = CaO + MgO + Na_2O + K_2O \tag{8.4.2-2}$$

式中:K_c——烟气腐蚀性指数;

S_{ar}、A_{ar}——燃料煤收到基硫和灰分含量的质量百分比(%)

∑R_xO——燃料煤灰分中碱性氧化物总含量的百分比(%)。

当 K_c>0.5~1.0 时,为有腐蚀性烟气,烟气对烟囱结构腐蚀性等级分类见表 8.4.2。

表 8.4.2 腐蚀性烟气分级表

烟气腐蚀分级	除尘方式	烟气腐蚀性指数 K _c			
		>2.0	1.5~2.0	1.0~1.5	0.5~1.0
强	湿式	△	△	—	—
	干式	△	—	—	—
中	湿式	—	—	△	—
	干式	—	△	—	—
弱	湿式	—	—	—	△
	干式	—	—	△	无侵蚀

注:1 对于设有脱硫装置的烟囱,烟气对烟囱的腐蚀性按表中降低一级使用,但对于排放弱腐蚀性烟气时,不再降低;

2 对于不设脱硫装置的烟囱,当计算为排放无腐蚀性烟气时,也应按排放弱腐蚀性烟气考虑。

8.4.3 烟囱静压状态判别式。

1 烟囱可靠性判断的静压准则数。

1) 烟囱中任一锥型区段的静压准则数(里赫捷尔数):

$$R_z = \frac{(\lambda_x + 8i_x)}{g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_{0x}} \times \frac{\omega_{0x}^2 \times \rho_y}{2} \quad (8.4.3-1)$$

$$\rho_a = 1.285 \times \frac{273}{t_a + 273} \times \frac{b}{101.3} \quad (8.4.3-2)$$

$$\rho_y = \rho_{y0} \times \frac{273}{t_y + 273} \times \frac{b}{101.3} \quad (8.4.3-3)$$

式中: R_z ——静压准则数;

λ_x ——烟囱计算段的摩擦阻力系数;

i_x ——烟囱计算段的坡度;

ω_{0x}^2 ——烟囱计算段出口烟气流速(m/s);

ρ_a ——全年最热月份环境温度下的大气密度(kg/m³);

ρ_y ——烟囱内烟气的平均温度下的烟气密度(kg/m³);

d_{0x} ——烟囱计算段的出口内径(m);

t_a ——全年最热月份环境空气的平均温度(℃);

t_y ——引风机入口烟气温度(℃);

b ——当地大气压(kPa);

ρ_{y0} ——引风机入口处标准状态下的烟气密度(kg/Nm³),按燃烧结果计算,当无计算数据时,可近似按干式除尘取 $\rho_{y0} = 1.32\text{kg/Nm}^3$,湿式除尘取 $\rho_{y0} = 1.28\text{kg/Nm}^3$ 。

2) 单坡锥型筒及多坡锥型筒烟囱的静压准则数:

$$R_z = \frac{(\lambda_z + 8i_o)}{g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_o} \times \frac{\omega_o^2 \times \rho_y}{2} \quad (8.4.3-4)$$

式中: λ_z ——单坡锥型筒、多坡锥型筒烟囱的摩擦阻力系数;

i_o ——烟囱出口段的坡度;

ω_o^2 ——烟囱出口烟气流速(m/s);

d_o ——烟囱出口内径(m);

其余符号意义同式(8.4.3-1)。

3) 直型筒的静压准则数:

$$R_T = \frac{\lambda_T}{g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_o} \times \frac{\omega_o^2 \times \rho_y}{2} \quad (8.4.3-5)$$

式中: λ_T ——直型筒烟囱的摩擦阻力系数;

ω_o^2 ——烟囱出口烟气流速(m/s);

d_o ——烟囱出口内径(m)。

其余符号意义同式(8.4.3-1)。

2 静压判别准则。

1) 锥型筒烟囱:

当静压准则数 $R_z < 1.0$ 时, 烟囱内部全部处于负静压(负压)状态;
当静压准则数 $R_z = 1.0$ 时, 为临界状态, 烟囱最大静压为零(无正静压区);
当静压准则数 $R_z > 1.0$ 时, 烟囱内部将出现局部正静压(正压)区。

2) 直型筒烟囱:

当静压准则数 $R_T < 1.0$ 时, 烟囱内部全部处于负静压(负压)状态;
当静压准则数 $R_T = 1.0$ 时, 为临界状态, 烟囱最大静压为零(无正静压区);
当静压准则数 $R_T > 1.0$ 时, 烟囱内部全部处于正静压(正压)状态。

8.4.4 烟囱最高出口烟速——出口烟速选择

1 锥型筒负压运行最高出口烟速。

$$[\omega_{ZR}] = \sqrt{\frac{2g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_o}{(\lambda_z + 8i_o) \times \rho_y}}$$

(8.4.4-1)

式中: $[\omega_{ZR}]$ ——在静压准则数 $R_z = 1.0$ 时的锥型筒负压运行最高出口烟速;

其余符号意义同本规定式(8.4.3-1)和式(8.4.3-2)。

锥型筒负压运行, 且在以下典型条件下的最高出口烟速列于本规定附录 L。

1) 物理条件:

湿式除尘器烟气标准密度 $\rho_{y0} = 1.28 \text{kg/Nm}^3$;
干式除尘器烟气标准密度 $\rho_{y0} = 1.32 \text{kg/Nm}^3$;
湿空气标准密度 $\rho_{a0} = 1.285 \text{kg/Nm}^3$ (含水汽 $d_a = 10 \text{kg/kg}$);
最热月环境气温平均值 $t_a = 20^\circ\text{C}$;
标准大气压下 20°C 湿空气密度 $\rho_a = 1.20 \text{kg/Nm}^3$;
烟囱入口烟气流速, 取湿烟气 $\omega_a = 15 \text{m/s}$, 干烟气 $\omega_a = 13 \text{m/s}$ 。

2) 烟囱结构条件: 烟囱内衬摩擦阻力系数: 砖内衬 $\lambda = 0.05$ (有凸肩), $\lambda = 0.03$ (无凸肩); 钢内衬 $\lambda = 0.015$; 烟筒入口烟道中心标高 H_a , 见表 8.4.4-1; 烟筒出口局部阻力系数 $\xi_o = 1.0$; 烟筒入口局部阻力系数 $\xi_a = 0.62$; 烟筒内壁坡度 i 取出口段坡度 i_o 。

表 8.4.4-1 不同高度烟囱的入口烟道中心高度

烟囱结构高度 $H(\text{m})$	60	80	100	120	150	180	210	240
烟囱入口烟道中心标高 $H_a(\text{m})$	5		8			12		
烟囱自身通风计算高度 $H_o(\text{m})$	55	75	92	112	142	168	198	228

2 锥型筒正压运行最高出口烟速及筒内最高正压校核计算。按式(8.4.4-1)计算的负压运行的烟囱出口烟速偏低, 对于中低压及弱腐蚀性的烟气允许在限定压力范围内局部正压运行, 以提高出口烟速。

1) 锥型筒正压运行最高出口烟速计算:

$$[\omega_{ZP}] = \sqrt{R_{ZP}} \times [\omega_{ZR}]$$

(8.4.4-2)

$$[\Delta p] = \frac{g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_o}{8i_o} \times (R_{ZP} - 5R_{ZP}^{0.2} + 4) = \frac{g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_o}{8i_o} \times A$$

(8.4.4-3)

两式: $[\omega_{ZP}]$ ——锥型筒正压运行最高出口烟速;

$[\omega_{ZR}]$ ——根据式(8.4.4-1)计算的锥型筒负压运行最高出口烟速；

$\sqrt{R_{ZP}}$ ——烟筒正压条件下的负荷系数；

R_{ZP} ——正压锥型筒的静压准则数；

$[\Delta p]$ ——允许筒内运行正压值(Pa),根据计算出的烟气腐蚀性指数由表(8.4.4-1)确定烟气腐蚀等级,按腐蚀性强—中—弱等级在 $[0]\text{Pa}$ — $[+49]\text{Pa}$ — $[+98]\text{Pa}$ 范围内确定 $[\Delta p]$ 值。

在式(8.4.4-3)中, $A = R_{ZP} - 5R_{ZP}^{0.2} + 4 = \frac{8i_0}{g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_0} [\Delta p]$, 计算出 A 值后可根据表 8.4.4-2

查取正压锥型筒的静压准则数 R_{ZP} 。

表 8.4.4-2 式(8.4.4-3)中 A 值和正压锥型筒的静压准则数 R_{ZP} 关系表

R_{ZP}	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60
A	0.0083	0.0143	0.0218	0.0306	0.0407	0.0519	0.0643	0.0776	0.0920	0.1072
R_{ZP}	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00	2.05	2.10
A	0.1233	0.1402	0.1579	0.1763	0.1952	0.2151	0.2355	0.2565	0.2781	0.3002
R_{ZP}	2.15	2.20	2.25	2.30	2.35	2.40	2.45	2.50	2.55	2.60
A	0.3228	0.3460	0.3696	0.3937	0.4182	0.4432	0.4686	0.4944	0.5205	0.5471
R_{ZP}	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85	2.90	2.95	3.00	3.05	3.10
A	0.5740	0.6012	0.6288	0.6567	0.6849	0.7134	0.7422	0.7713	0.8007	0.8304
R_{ZP}	3.15	3.20	3.25	3.30	3.35	3.40	3.45	3.50	3.55	3.60
A	0.8603	0.8904	0.9208	0.9515	0.9824	1.0135	1.0448	1.0763	1.1081	1.1400

注:中间值用线性插入法求取。

2) 单坡锥型筒正压运行烟囱筒内最大正压核算:

- a. 初选烟囱出口直径。根据烟气量和腐蚀等级,按本规定附录 L 初选 i_0 、 d_0 ,初选结果可能有一个多个可选方案。然后对可选各方案逐一进行校核计算。
- b. 根据烟囱静压准则数判别筒内正负压。根据本规定式(8.4.3-4)计算烟囱静压准则数 R_z ,当 $R_z \leq 1.0$ 时,表明筒内为负压,可不必进行静压校核;当 $R_z > 1.0$ 时,表明筒内为正压,需要进行静压校核计算。
- c. 烟囱筒内最大正压核算。

$$\Delta p_{zm} = \left(1 + \frac{\lambda_z}{8i_0}\right) \times \left(1 - \frac{5}{\lambda_z^{0.8}} + \frac{4}{\lambda_z}\right) \times \frac{\omega_0^2 \times \rho_y}{2}$$

(8.4.4-4)

式中: Δp_{zm} ——锥型筒内最高正压;

其余符号意义同本规定式(8.4.3-1)和式(8.4.3-5)。

计算出的最大正压值 Δp_{zm} 与 $[\Delta p]$ 比较,要求 $\Delta p_{zm} \leq [\Delta p]$,但应使 Δp_{zm} 尽量接近 $[\Delta p]$,如果偏离较大,应调整 i_0 、 d_0 ,并重新计算。最终选用的出口烟速应略小于升压或提速后的烟速($\omega_0 \leq [\Delta \omega_{ZP}]$)。

锥型筒内最高正压确定后,还应计算出最高正压点处的直径(D_m)、最高正压点距烟囱出口截面的垂直距离(Y)。

$$D_m = R_{zp}^{0.2} \times d_o \quad (8.4.4-5)$$

$$Y = (R_{zp}^{0.2} - 1) \times \frac{d_o}{2i_o} \quad (8.4.4-6)$$

3) 多坡锥型筒正压运行烟囱筒内最大正压核算:

- a. 初选烟囱出口直径。多坡锥型筒由不同坡度的区段组成,一般分 2~3 段,其坡度自上而下逐段增大,依次为 i_0, i_1, \dots, i_n 。多坡锥型筒应自上而下逐段计算。

根据烟气量和腐蚀等级,按本规定附录 L 初选 i_0, d_o ,初选结果可能有一个或多个可选方案。然后对可选各方案逐一进行校核计算。

- b. 根据烟囱静压准则数判别筒内正负压。根据本规定式(8.4.3-2)分别计算烟囱每一区段的静压准则数 R_z (公式中坡度和出口内径指计算段的坡度和计算段出口内径),当计算段 $R_z \leq 1.0$ 时,表明该段及其以下各段不存在正压,可不必进行静压校核;当计算段 $R_z > 1.0$ 时,表明该段存在正压,需要对该段进行静压校核计算。然后再进行下一段的计算。

- c. 烟囱筒内每一段最大正压核算。烟囱筒内每一段最大正压(Δp_{zm})分别按式(8.4.4-4)进行计算(公式中的 i, ω —锥型筒内计算段坡度、计算段出口速度)。

计算出的最大正压值 Δp_{zm} 与 $[\Delta p]$ 比较,要求 $\Delta p_{zm} \leq [\Delta p]$,但应使 Δp_{zm} 尽量接近 $[\Delta p]$,如果偏离较大,应调整该段的坡度 i 和该段的出口内径 d_{out} ,并重新计算。最终选用的出口烟速应略小于升压或提速后的烟速($\omega_{out} \leq [\Delta \omega_{zp}]$)。

所有 $R_z > 1.0$ 的区段都存在最高正压,其中最高者即为烟囱最高正压。

锥型筒内最高正压确定后,还应按式(8.4.4-5)和式(8.4.4-6)计算出计算段最高正压点处的直径(D_m)、最高正压点距烟囱出口截面的垂直距离(Y)。

3 直型筒负压运行最高出口烟速。

$$[\omega_{TR}] = \sqrt{\frac{2g \times (\rho_a - \rho_y) \times d_o}{\lambda_T \times \rho_y}} \quad (8.4.4-7)$$

式中: $[\omega_{TR}]$ ——静压准则数 $R_T = 1.0$ 时的直型筒负压运行最高出口烟速;

其余符号意义同本规定式(8.4.3-1)和式(8.4.3-5)。

直型筒负压运行,且在典型条件(该典型条件参见本条第 1 款)下的最高出口烟速列于本规定附录 M。

4 直型筒及烟道为全程负压运行最高出口烟速。当引风机出口扩散管终端静压为零时,整个烟道及烟筒处于全程负压状态,其最高出口烟速按式(8.4.4-8)计算。

$$[\omega_{TYO}] = \sqrt{\frac{2g \times \frac{(\rho_a - \rho_y)}{\rho_y} (H - H_a + H_{yD}) + \omega_y^2 - \xi_a \times \omega_a^2 - 2g \times \frac{2g \times \Delta h_{yD}}{\rho_y}}{\xi_a + \frac{\lambda_T}{d_o} \times (H - H_a)}} \quad (8.4.4-8)$$

$$\Delta h_{yD} = \left(\sum \lambda_{yDZ} \times \frac{L_{yDZ}}{D_{yDZ}} + \sum \xi_{aZ} \right) \times \frac{\omega_a^2}{2} \times \rho_y + \left(\sum \lambda_{LDF} \times \frac{L_{LDF}}{D_{LDF}} + \sum \xi_{aF} \right) \times \frac{\omega_y^2}{2} \times \rho_y \quad (8.4.4-9)$$

式中: $[\omega_{TYO}]$ ——直型筒及烟道为全程负压运行最高出口烟速(m/s);

Δh_{yD} ——烟道总阻力(Pa),引风机出口扩散管终端(无扩散管时为引风机出口端)至烟囱入口之间烟道阻力之和,包括主烟道和分烟道;

$[\omega_a]$ ——主烟道烟气流速(m/s);

$[\omega_y]$ ——扩散管出口分烟道流速(m/s);

H ——烟囱结构高度(m);

H_a ——烟囱入口烟道中心高度(m);

H_{yD} ——扩散管终端至主烟道中心的高度差(m);

ξ_a ——烟囱入口异形件局部阻力系数,双侧引入烟道的底座取 $\xi_a=0.62$,单侧引入烟道的底座取 $\xi_a=0.70$,单侧引入烟道带“分扇板”的底座取 $\xi_a=0.46$;

$\lambda_{yDZ}, \lambda_{yDF}$ ——主、分烟道摩擦阻力系数,对混凝土或砖烟道取 $\lambda=0.02$,对钢烟道取 $\lambda=0.015$;

L_{yDZ}, L_{yDF} ——主、分烟道各自长度(m),按最长的主烟道(或称计算烟道)和最远处的分烟道(或称计算烟道)计算;

D_{yDZ}, D_{yDF} ——计算主、分烟道各自当量直径(m);

ξ_{aZ}, ξ_{aF} ——计算主、分烟道各自局部阻力系数。按本规定附录 A 查取;

其余符号意义同本规定式(8.4.3-1)和式(8.4.3-5)。

式(8.4.4-8)适用于外部烟道尺寸确定以后的精确计算,烟囱出口流速会降低。

5 直型筒入口“零”压力时最高出口烟速。直型筒入口“零”压力时,且在典型条件(典型条件参见本条第1款,以及假设烟道阻力等于为零,主、分烟道流速相等、烟道自通风忽略不计)下的最高出口烟速列于本规定附录 N。

$$[\omega_{TO}] = \sqrt{\frac{2g \times \frac{(\rho_a - \rho_y)}{\rho_y} \times H_{yD} + (1 - \xi_a) \times \omega_a^2}{\xi_a + \frac{\lambda_T}{d_o} \times H_o}} \quad (8.4.4-10)$$

式中: $[\omega_{TO}]$ ——直型筒入口“零”压时最高出口烟速(m/s);

其余符号意义同式(8.4.4-8)。

6 筒—锥型组合烟囱出口烟速。

1) 筒—锥型组合烟囱的静压准则数。筒—锥型组合烟囱的静压准则数按锥型烟囱[见本规定(式8.4.3-4)]进行计算(式中烟速取烟囱出口烟速)。

2) 筒—锥型组合烟囱的运行条件。

$$\Delta p_{Tm} = \Delta p_{TD} = g \times (\rho_a - \rho_y) \times H_o \times (R_T - 1) \quad (8.4.4-11)$$

$$\Delta p_{zm} = \left(1 + \frac{\lambda_z}{8i_o}\right) \times \left(1 - \frac{5}{\lambda_z^{0.8}} + \frac{4}{\lambda_z}\right) \times \frac{\omega_o^2 \times \rho_y}{2} \quad (8.4.4-12)$$

$$\Delta p_{zUm} = \Delta p_{Tm} + \Delta p_{zm} \quad (8.4.4-13)$$

对于筒—锥型组合烟囱内部全负压运行应同时满足式(8.4.4-14)和式(8.4.4-15);

$$\Delta p_{Tm} < 0 \quad \text{或} \quad R_T < 0 \quad (8.4.4-14)$$

$$\text{锥型筒任一截面上} \quad \Delta p_{zUm} \leq 0 \quad (8.4.4-15)$$

对于筒—锥型组合烟囱允许在最大正压下运行应同时满足式(8.4.4-16)和

式(8.4.4-17)。

$$\Delta p_{Tm} \leq 0 \quad \text{或} \quad R_T \leq 0 \quad (8.4.4-16)$$

$$\text{锥型筒任一截面上} \quad \Delta p_{ZUm} \leq [\Delta p] \quad (8.4.4-17)$$

式中: Δp_{Tm} ——筒—锥型组合烟囱上部直型筒的最高静压(Pa);

Δp_{TD} ——筒—锥型组合烟囱上部直型筒底部的静压(Pa);

Δp_{Zm} ——筒—锥型组合烟囱下部锥型筒的最高静压(Pa);

ΔP_{ZUm} ——筒—锥型组合烟囱最高静压压力(Pa);

H_0 ——取锥型筒高度 H_z (m);

$[\Delta p]$ ——根据烟气腐蚀性等级确定的允许运行正压,按表 8.4.4-2 采用;

其余符号意义同本规定式(8.4.3-1)、式(8.4.3-4)和式(8.4.3-5)。

3) 筒—锥型组合烟囱出口烟速的试算和判别。筒—锥型组合烟囱按下列步骤试算,使得选出的出口烟速尽可能高又能满足运行条件:

- a. 选择烟囱结构特性数据: λ_T 、 λ_Z 、 i_0 ; 确定烟气腐蚀等级;
- b. 以直型筒烟囱入口“零”压力时的烟速、烟量(本规定附录 N)为基础,初选筒—锥型组合烟囱出口直径进行核算最高静压试算,如果满足 $\Delta p_{Tm} + p_{Zm} \leq [\Delta p]$ 的条件则视为初选合格,否则需降低出口烟速或设置扩散口;
- c. 按本规定式(8.4.3-5)初算直型筒静压准则数 R_T ;
- d. 按本规定式(8.4.3-4)初算组合锥型筒静压准则数 R_{ZU} ($R_{ZU} = R_Z$);
- e. 按本规定式(8.4.4-11)初算筒—锥型组合下部锥型筒部分最高静压 Δp_{Zm} ;
- f. 按本规定式(8.4.4-10)筒—锥型组合烟囱上部直型筒部分最高静压 Δp_{Tm} ;
- g. 按本规定式(8.4.4-12)筒—锥型组合烟囱最高静压压力 Δp_{ZUm} ;
- h. 判别: 若 $\Delta p_{ZUm} < [\Delta p]$, 说明出口烟速 ω_0 过低,宜提高 ω_0 ,或调整 λ 及 i 值; 若 $\Delta p_{ZUm} \approx [\Delta p]$, 说明初算合适,经适当调整后即可采用; 若 $\Delta p_{ZUm} > [\Delta p]$, 说明出口烟速 ω_0 过高,宜降低 ω_0 ,或调整 λ 及 i 值。

4) 筒—锥型组合烟囱直型筒段高度计算。

$$H_T = \frac{\left(\frac{\lambda_Z}{8i_0} + 1 \right) \times \left(1 - \frac{5}{\lambda_{ZU}^{0.8}} + \frac{4}{\lambda_{ZU}} \right)}{\lambda_Z \times \left(\frac{1}{\lambda_T} - 1 \right)} \times d_0 \quad (8.4.4-18)$$

对于锥—锥型组合烟囱,直型筒部分的高度宜按烟囱高度的 1/3~1/2 采用。

8.4.5 烟囱扩散口。

1 设置烟囱扩散口的目的。

- 1) 烟囱扩散口能将烟囱出口动能部分地回收恢复为负静压,将烟囱出口“零”静压变为“负”静压,而“零”静压点移到扩散口的出口断面上。
- 2) 用于降低锥型筒烟囱内的正静压(过剩静压)。

单坡锥型筒、多坡锥型筒或其他组合型烟囱新设计时,如果达到目标烟速而锥型筒内出现的正压超过规定的 0Pa/+49Pa/+98Pa 时,其超额静压则可利用安装扩散口来解决;如果筒内静压不超过规定值,设置扩散口可以提高喉部烟速而达到缩小烟囱出

口直径的目的,从而降低造价,对于高烟囱效益更加突出。

对于老厂,当现有烟囱正压运行或增容后需要将新机组接到现有烟囱上导致静压增高情况下,设置扩散口降压是一种有效措施。

- 3) 用于消除直型筒烟囱入口处、烟道、引风机出口处的正静压。
- 4) 设置扩散口后,烟囱实际出口烟速按扩散口出口烟速取值。

2 烟囱扩散口选用方法。

- 1) 扩散口计算静压(静压相对值)及扩散口尺寸初选。

锥型筒烟囱扩散口计算静压:

$$\Delta p'_K = -1.1(\Delta p_{zm} - [\Delta p]) \tag{8.4.5-1}$$

直型筒烟囱扩散口计算静压($\Delta p_{Ta} > 0$ 时):

$$\Delta p'_K = -1.1\Delta p_{Ta} \tag{8.4.5-2}$$

锥型筒(/或直型筒)烟囱扩散口静压相对值:

$$\overline{\Delta p'_K} = \frac{\Delta p'_K}{p_{d0}} \tag{8.4.5-3}$$

$$p_{d0} = \frac{1}{2}\omega_0^2 \times \rho_y \tag{8.4.5-4}$$

式中: $\Delta p'_K$ ——锥型筒(/或直型筒)烟囱扩散口计算静压(Pa);

Δp_{zm} ——锥型筒最高正压(Pa);

Δp_{Ta} ——直型筒烟入口处静压(Pa);

$[\Delta p]$ ——锥型筒最高允许运行正压(Pa),即 0Pa/+49Pa/+98Pa;

$\overline{\Delta p'_K}$ ——锥型筒(/或直型筒)烟囱扩散口计算静压相对值(Pa);

p_{d0} ——烟囱出口截面上的烟气动压(Pa)。

根据式(8.4.5-3)计算出的 $\overline{\Delta p'_K}$ 按表 8.4.5 初选扩散口。选择顺序依次为 $\xi_K = 0.00、0.02、0.05、0.10$ 。

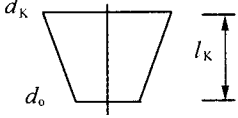
表 8.4.5 烟囱扩散口选用表

$\overline{\Delta p'_K}$	$\xi_K = 0.00$		$\xi_K = 0.02$		$\xi_K = 0.05$		$\xi_K = 0.10$	
	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$
-0.20	0.25	1.056	—	—	—	—	—	—
-0.25	0.35	1.075	0.30	1.085	—	—	—	—
-0.30	0.45	1.092	0.40	1.105	0.30	1.115	0.25	1.130
-0.35	0.90	1.113	0.55	1.125	0.425	1.140	0.375	1.165
-0.40	1.85	1.136	0.95	1.150	0.52	1.165	0.50	1.190
-0.45	—	—	1.45	1.180	0.85	1.195	0.65	1.230
-0.50	—	—	1.75	1.205	1.25	1.230	0.90	1.265

续表 8.4.5

$\overline{\Delta p_K}$	$\xi_K=0.00$		$\xi_K=0.02$		$\xi_K=0.05$		$\xi_K=0.10$	
	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$	$\overline{l_K}$	$\overline{d_K}$
-0.55	—	—	2.00	1.245	1.60	1.270	1.15	1.310
-0.60	—	—	—	—	1.85	1.310	1.45	1.365
-0.65	—	—	—	—	—	—	1.85	1.440

注:扩散口示意图



(表中 $\overline{l_K}=l_K/d_o$ $\overline{d_K}=d_K/d_o$)

2) 扩散口最终尺寸的确定。根据初选的扩散口 $\overline{l_K}$ 值,计算烟囱扩散口自生通风力相对值:

$$\overline{P_K}=\frac{g\times(\rho_a-\rho_y)\times\overline{l_K}}{p_{do}}$$

(8.4.5-5)

式中: $\overline{l_K}$ ——扩散口高度(m)(见表 8.4.5 中扩散口附图);

其余符号意义同本规定式(8.4.3-1)及式(8.4.5-4)。

扩散口的最终选用静压($\overline{\Delta p_K}$)还应在初选静压($\overline{\Delta p_K}$)的基础上加上自生通风值($\overline{p_K}$),即:

$$\overline{\Delta p_K}=\overline{\Delta p_K}+\overline{p_K}$$

(8.4.5-6)

根据式(8.4.5-6)计算所得的 $\overline{\Delta p_K}$ 值(视作 $\overline{\Delta p_K}$ 值),再从表 8.4.5 中确定扩散口的最终尺寸。

按最终选定的扩散口尺寸 $\overline{l_K}$ 、 $\overline{d_K}$ 、 ξ_K 值,计算出扩散口出口的 ω_K 、 p_{dK} 、 d_K 、 l_K ,并代入式(8.4.5-7),计算出扩散口的可用负压(Δp_K),作为对烟囱静压影响的计算。

$$\Delta p_K=p_{dK}-p_{do}+\Delta p_{KM}-p_K$$

(8.4.5-7)

$$\Delta p_{KM}=\xi_K\times p_{do}$$

$$p_K=g\times(\rho_a-\rho_y)\times l_K$$

式中: Δp_K ——扩散口的“可用负压”(Pa);

p_{dK} ——扩散口出口截面处动压(Pa);

p_{do} ——烟囱出口(即扩散口入口)截面处动压(Pa);

Δp_{KM} ——扩散口不可避免的阻力(Pa);

ξ_K ——扩散口局部阻力系数,按表 8.4.5 选定;

p_K ——扩散口自生通风(Pa);

$\overline{l_K}$ ——扩散口高度(m),见表 8.4.5 中扩散口附图。

3 设置扩散口对烟囱最高静压的影响。烟囱设置扩散口以后烟囱内静压可在原烟囱静压上增加一个“可用负压” Δp_K 。

1) 锥型筒烟囱增设扩散口以后最高静压(Δp_{KZm}):

$$\Delta p_{KZm}=\Delta p_K+\Delta p_{Zm}$$

(8.4.5-8)

式中: Δp_{Zm} ——未设扩散口时锥型筒烟囱最高静压(Pa),按本规定式(8.4.4-4)计算;

Δp_K ——扩散口的可用负压(Pa)。

2) 直型筒烟囱增设扩散口以后最高静压(Δp_{KTM}):

$$\Delta p_{KTM} = \Delta p_K + \Delta p_{Tm} \quad (8.4.4-9)$$

式中: Δp_{Tm} ——未设扩散口时直型筒烟囱最高静压(Pa),按本规定式(8.4.4-10)计算。

3) 锥一筒组合烟囱增设扩散口以后最高静压(Δp_{KZUm}):

$$\Delta p_{KZUm} = \Delta p_K + \Delta p_{ZUm} \quad (8.4.5-10)$$

式中: Δp_{ZUm} ——未设扩散口时锥一筒组合型烟囱最高静压(Pa),按本规定式(8.4.4-12)计算。

烟囱及烟道结构型式与防腐措施参见本规定附录 P。

9 燃油锅炉、燃油系统及设备选择计算

9.1 燃油供应

9.1.1 锅炉耗油量计算。

1 基本规定。

- 1) 计算出锅炉房小时最大耗油量和小时正常耗油量,前者供选择油系统设备用,后者作为计算技术经济指标的依据。
- 2) 计算锅炉房最冷月耗油量及年耗油量等数据,作为总图运输设计的依据。

2 锅炉房耗油量计算。锅炉房耗油量的计算与耗煤量的计算方法相同,可参考本规定 3.6 节进行计算。

9.1.2 油库库容计算及贮油罐台数的确定。

1 基本规定。

- 1) 当锅炉房设置专用的油库时,应计算出所需油库的库容。库容由燃料油的运输方式和供油周期确定,一般应符合下列要求:采用铁路或船舶运输时,按 20d~30d 的锅炉房最大耗油量;采用汽车油槽车运输时,按 5d~10d 的锅炉房最大耗油量;采用油管输送时,按 3d~5d 的锅炉房最大耗油量。
- 2) 当工厂设有总油库时锅炉房所燃用的燃油应由总油库统一安排。

2 油库库容计算。

$$V = N \times \frac{24 \times B_m}{\rho} \quad (9.1.2-1)$$

式中: V ——油库库容(m^3);

B_m ——锅炉房小时最大耗油量(t/h);

ρ ——燃料油的密度(t/m^3);

N ——贮存天数(d)。

3 贮油罐台数的确定。

- 1) 贮油罐容积的确定:当采用铁路火车运油时,单个贮油罐的有效容积,应尽可能为运输油罐容量的整倍数。

$$n = \frac{V}{U} \quad (9.1.2-2)$$

式中: n ——贮油罐的数量(台);

V ——油库库容(m^3);

U ——单个贮油罐的容量($\text{m}^3/\text{台}$)。

- 2) 贮油罐台数的确定:锅炉房贮油罐的数量一般不少于 2 个。

9.1.3 贮油罐的加热。

1 贮油罐内油温的规定。

- 1) 贮油罐内的重油必须进行加热,以保持良好的管道输送性;
- 2) 对设有中间油箱的供油系统,贮油罐内燃油温度宜保持在 60℃左右;
- 3) 对未设中间油箱的供油系统,贮油罐内燃油温度不应大于 90℃。

2 贮油罐加热器加热所需的热量计算。燃料油在油罐中加热所需的热量由两部分热量组成,即燃料油升温所需热量及散热损失。

1) 燃料油升温所需热量计算:

$$Q_1 = \frac{278\rho \times V \times [C \times (t_2 - t_1) + \alpha \times B]}{\tau}$$
 (9.1.3-1)

$$\rho = \rho_{20} - a(t_{cp} - 20)$$
 (9.1.3-2)

$$t_{cp} = \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$$
 (9.1.3-3)

$$C = 2.018 + 0.00322(t_{cp} - 100)$$
 (9.1.3-4)

式中:Q₁——燃料油升温所需热量(W);

ρ——燃料油在平均温度时的密度(t/m³);

ρ₂₀——燃料油在 20℃时的密度(t/m³);

t_{cp}——燃料油平均温度(℃);

α——温度修正系数(1/℃),按表 9.1.3-1 选取;

表 9.1.3-1 温度修正系数

ρ ₂₀ (t/m ³)	α (1/℃)	ρ ₂₀ (t/h)	α (1/℃)	ρ ₂₀ (t/h)	α (1/℃)
0.8500~0.8599	0.000699	0.9100~0.9199	0.000620	0.9700~0.9799	0.000541
0.8600~0.8699	0.000686	0.9200~0.9299	0.000607	0.9800~0.9899	0.000528
0.8700~0.8799	0.000673	0.9300~0.9399	0.000594	0.9900~0.9999	0.000515
0.8800~0.8899	0.000660	0.9400~0.9499	0.000581	1.0100~1.0199	0.000502
0.8900~0.8999	0.000647	0.9500~0.9599	0.000567	1.0200~1.0299	0.000489
0.9000~0.9099	0.000633	0.9600~0.9699	0.000554	1.0300~1.0399	0.000476

V——贮油罐有效容积(m³);

C——燃料油在平均温度时的比热容(kJ/kg·℃);

t₁——燃料油加热初温(℃);

t₂——燃料油加热终温(℃),该值按下列要求确定:输油泵对燃料油的粘度要求;贮油罐有沉淀脱水设施时,t₂宜使油的粘度保持在约 1cm²/s。t₂应考虑锅炉回油对贮油罐内升温的影响。

τ——燃料油加热升温所需的时间(h),该值按下列要求确定:燃料油在油罐中的加热升温时间,取决于加热终温和初温的温度差、油罐容积以及油罐的操作周期,可参考表 9.1.3-2

选用,并以贮油罐的操作周期为首要条件。贮油罐的操作周期一般按大于 150h 考虑,即燃料油升温时间 τ 应不小于 48h;

表 9.1.3-2 燃料油升温时间(τ)

序 号	应 用 条 件	升 温 时 间 τ (h)
1	(1) $t_2 - t_1 \leq 25^{\circ}\text{C}$ (2) 油罐容积小于或等于 1000m^3 (3) 操作周期大于或等于 60h	≥ 24
2	(1) $t_2 - t_1 \leq 25^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ (2) 油罐容积 = $2000\text{m}^3 \sim 3000\text{m}^3$ (3) 操作周期大于或等于 100h	≥ 36
3	(1) $t_2 - t_1 > 25^{\circ}\text{C}$ (2) 油罐容积大于或等于 5000m^3 (3) 操作周期大于或等于 150h	≥ 48

a ——重油中石蜡的含量(%),当不能取得 a 的原始资料时,计算中可近似取 $a=5\%$;

B ——石蜡的熔解潜热(kJ/kg),按表 9.1.3-3 选取。

表 9.1.3-3 石蜡的熔解潜热 B

燃料油凝固点 ($^{\circ}\text{C}$)	石蜡熔解潜热 B (kJ/kg)	燃料油凝固点 ($^{\circ}\text{C}$)	石蜡熔解潜热 B (kJ/kg)
-251	188.4	20	217.7
-20	192.6	25	219.0
-15	196.8	30	219.8
-10	198.9	35	221.9
-5	203.1	40	224.0
0	205.1	45	226.1
5	209.3	50	228.1
10	211.4	55	229.0
15	213.5	60	230.0

2) 热损失的计算:

$$Q_2 = q_K + q_B + q_D \tag{9.1.3-5}$$

$$q_K = K_K \times F_K \times (t_{cp} - t_a) \tag{9.1.3-6}$$

$$q_B = K_B \times F_B \times (t_{cp} - t_a) \tag{9.1.3-7}$$

$$q_D = K_D \times F_D \times (t_{cp} - t_a) \tag{9.1.3-8}$$

式中: Q_2 ——贮油罐的热损失(W);

q_K ——经罐顶散失的热量(W);
 K_K ——燃料油经罐顶向空气的传热系数[W/(m²·℃)],按表 9.1.3-4 选取;
 F_K ——罐顶的表面积(m²),对于卧式油罐,取 $F_K=0$;
 t_{cp} ——燃料油的平均温度(℃);
 t_a ——周围介质的温度(℃),对于地上式油罐 t_a 取当地最冷月份平均气温,对于地下式油罐 t_a 取油罐埋入地区土壤的平均温度;
 q_B ——经罐壁散失的热量(W);
 K_B ——燃料油经罐壁向空气的传热系数[W/(m²·℃)],按表 9.1.3-4 选取;
 F_B ——罐壁的表面积(m²)。对于卧式油罐 F_B 按罐体的全部表面积计算;
 q_D ——经罐底散失的热量(W);
 K_D ——燃料油经罐底向土壤的传热系数[W/(m²·℃)],按表 9.1.3-4 选取;
 F_D ——罐底的面积(m²),对于卧式油罐取 $F_D=0$ 。

表 9.1.3-4 传热系数选用

传热系数	选用条件	数据[W/(m ² ·℃)]
K_K	地上金属油罐,无保温层	2.3
	地下非金属油罐,罐顶覆土	1.2
K_B	地上金属油罐,无保温层	4.7~8.1
	地上金属油罐,有保温层	2.3~3.5
	地下非金属油罐,埋地	0.2
K_D	地上金属油罐,无特殊保温层	0.3
	地下非金属油罐,无特殊保温层	0.1~0.2

注:对于地上金属油罐有保温层时,可取 $K_K=1.163\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ 。当无保温层的地上金属油罐安装在室内时,表中 K_D 取较低值;安装在室外时,取较高值,铁路油罐车取较高值。

3) 总热量计算:

$$Q=Q_1+Q_2 \tag{9.1.3-9}$$

式中: Q ——重油在油罐中加热所需要的总热量(W);

Q_1 ——燃料油升温所需热量(W);

Q_2 ——散热损失的热量(W)。

3 贮油罐内加热器传热面积计算。

$$F=\frac{1.25Q\times\varphi}{K\times(t_b-t_{cp})} \tag{9.1.3-10}$$

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha}+R} \tag{9.1.3-11}$$

式中: F ——加热器的传热面积(m²);

Q——加热燃料油所需总热量(W)；
φ——蒸汽凝结水的过冷系数,按表 9.1.3-5 选取；

表 9.1.3-5 蒸汽凝结水的过冷系数 φ 值

燃料油加热终温 $t_2(^{\circ}\text{C})$	蒸 汽 压 力(MPa)				
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
	φ				
40	1.02	1.05	1.06	1.08	1.09
50	1.03	1.05	1.07	1.09	1.10
60	1.03	1.06	1.08	1.10	1.11
70	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12
80	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13
90	1.06	1.08	1.20	1.22	1.23

t_b ——蒸汽饱和温度($^{\circ}\text{C}$)；
 t_{cp} ——燃料油的平均温度($^{\circ}\text{C}$)；
 K ——加热器内蒸汽向燃料油的总传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})]$ ；
 R ——管壁脏污的附加热阻($\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$),按表 9.1.3-6 选取,一般可取 $R=0.0017$ ；

表 9.1.3-6 附加热阻 R 值

序号	应 用 条 件	$R(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{w})$
1	(1) 燃料油洁净,且不易在加热管上结垢 (2) 加热器较新,无锈 (3) 0.6MPa(绝压)以上的蒸汽	0.0009
2	(1) 燃料油较洁净,温度较高,易结垢 (2) 加热器管较旧 (3) 0.3~0.6MPa(绝压)的蒸汽	0.0017
3	(1) 燃料油不洁净,易结垢 (2) 加热管较旧 (3) 0.3MPa(绝压)以下的蒸汽	0.0026

α ——从加热器外壁到燃料油的放热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})]$ 。当 $\frac{d^3(t_b-t_{cp})}{v}\geq 0.03$ 时,
$$\alpha=1.163A_1\sqrt[3]{\frac{t_b-t_{cp}}{v}};\text{当}\frac{d^3(t_b-t_{cp})}{v}<0.03\text{时},\alpha=1.163A_2\sqrt[3]{\frac{t_b-t_{cp}}{d_0v}}。$$

 t_b ——蒸汽饱和温度($^{\circ}\text{C}$)；
 t_{cp} ——燃料油平均温度($^{\circ}\text{C}$)；

d_o ——加热器管的外径(mm)；
 ν ——在燃料油平均温度和蒸汽饱和温度的算术平均温度 $(t_{cp} + t_b)/2$ 下燃料油的运动粘度 (cm^2/s) ；
 $A_1、A_2$ ——由燃料油温度决定的系数,按表 9.1.3-7 选取。

表 9.1.3-7 系数 $A_1、A_2$

燃料油密度 $\rho_{20}(t/m^3)$	A_1	A_2	燃料油密度 $\rho_{20}(t/m^3)$	A_1	A_2
0.885	15.7	11.2	0.945	14.3	10.3
0.890	15.6	11.2	0.905	14.2	10.3
0.895	15.4	11.1	0.955	14.0	10.2
0.900	15.3	11.0	0.960	13.9	10.1
0.905	15.2	10.9	0.965	13.8	10.0
0.910	15.1	10.9	0.970	13.7	10.0
0.915	15.0	10.8	0.975	13.6	9.9
0.920	14.8	10.7	0.980	13.5	9.8
0.925	14.7	10.6	0.985	13.2	9.7
0.930	14.6	10.6	0.990	13.1	9.6
0.935	14.5	10.5	0.995	13.0	9.5
0.940	14.4	10.4	1.000	—	—

如进行估算时,加热器内蒸汽向燃料油的总传热系数可取经验数值 $K=58[W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \sim 81 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$ 。

4 贮油罐内加热器加热用蒸汽量计算。

- 1) 加热用蒸汽参数的选择:加热介质为重油时,可使用 0.5MPa~1.3MPa 的饱和蒸汽;加热介质为原油时,应使用 0.5MPa~0.6MPa 的饱和蒸汽。
- 2) 蒸汽消耗量计算:

$$G=\frac{3.6Q}{i_o-i_s} \tag{9.1.3-12}$$

式中: G ——蒸汽消耗量(kg/h);
 Q ——重油加热所需要的总热量(W);
 i_o ——加热器入口蒸汽焓(kJ/kg);
 i_s ——蒸汽冷凝液焓(kJ/kg)。

9.2 燃油管道水力计算

9.2.1 燃油管道管径计算。

$$d=18.8\sqrt{\frac{G}{\rho \times \omega}} \tag{9.2.1}$$

式中: d ——管道管径(mm);
 G ——管道内燃料油的质量流量(t/h);
 ω ——管道内燃料油的平均流速(m/s);
 ρ ——燃料油的密度(t/m³)。

燃油管道管径的计算关键是油品流速的选取。流速的选取宜大于 1m/s,最低不得小于 0.7m/s。
流速可根据油品的粘度参考表 9.2.1 选取。

表 9.2.1 油品流速选用表

油 品 粘 度		平 均 流 速(m/s)	
恩氏粘度(°E)	运动粘度(×10 ⁶ m ² /s)	泵入口管	泵出口管
1~2	1~11.5	≤1.5	≤2.5
2~4	11.5~27.7	≤1.3	≤2.0
4~10	27.7~72.5	≤1.2	≤1.5
10~20	72.5~145.9	≤1.1	≤1.2
20~60	145.9~438.5	≤1.0	≤1.1
60~120	438.5~877.0	≤0.8	≤1.0

9.2.2 燃油管道管线压力降计算。

1 直管段摩擦阻力计算。

$$\Delta p_1 = 10^3 \frac{\lambda \times \rho \times l \times \omega^2}{2d}$$

(9.2.2-1)

式中: Δp_1 ——直管段摩擦阻力(Pa);
 λ ——摩擦阻力系数,由式(9.2.2-4)~式(9.2.2-6)求得;
 ρ ——油品密度(t/h);
 l ——管道长度(m);
 ω ——油品的平均流速(m/s);
 d ——管道内径(mm)。

2 局部阻力计算。

$$\Delta p_2 = 10^3 \frac{\lambda \times \rho \times \omega^2 \times \Sigma L_D}{2d}$$

(9.2.2-2)

式中: Δp_2 ——局部阻力(Pa);
 ΣL_D ——计算管件或附件的当量长度, $\Sigma L_D/d$ 的值由管件的型式决定,可参考表 9.2.2 选取;
其余符号意义同式(9.2.2-1)。

表 9.2.2 当 $\lambda=0.022$ 时管件或附件的当量长度与管径的比值 L_D/d

序号	管件名称	L_D/d	序号	管件名称	L_D/d
1	油罐出口	23	13	截止阀($\geq DN50$)	320
2	45℃单缝焊接弯头	14	14	旋塞阀(DN15)	180
3	90℃单缝焊接弯头	60	15	旋塞阀(DN20~DN40)	90
4	90℃双缝焊接弯头	30	16	旋塞阀($\geq DN50$)	23
5	煨弯弯头($R=3d$)	23	17	止回阀(升降式)	360
6	煨弯弯头($R=4d$)	16	18	止回阀(旋启式)	82
7	直通分流三通	4.5	19	底阀(DN40)	190
8	直通汇流三通	18	20	底阀(DN50)	210
9	闸阀(各种直径)	23	21	底阀(DN80)	280
10	截止阀(DN15)	740	22	油量表	460~690
11	截止阀(DN20)	460	23	单网过滤器	100
12	截止阀(DN25~DN40)	410			

3 管线压力降计算。

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \tag{9.2.2-3}$$

式中: Δp ——管线压力降(Pa)。

4 摩擦阻力系数计算。

当 $Re \leq 2000$ 时,

$$\lambda = \frac{64}{Re} \tag{9.2.2-4}$$

当 $2000 < Re \leq 10^5$ 时,

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \tag{9.2.2-5}$$

当 $Re > 10^5$ 时,

$$\lambda = \frac{1}{(1.81 \lg Re - 1.5)^2} \tag{9.2.2-6}$$

式中: λ ——摩擦阻力系数;

Re ——雷诺数,按式 $Re = (1000 \times \omega \times d) / \nu$ 计算, ν 为油品的运动粘度(mm^2/s)。

9.3 中间油箱选择计算

9.3.1 基本规定。

1 中间油箱的油温宜控制在一定的范围内,60 号重油 $50^\circ C \sim 74^\circ C$,100 号重油 $57^\circ C \sim 81^\circ C$,200 号重油 $65^\circ C \sim 89^\circ C$,同时应满足下列两个条件:

1) 比当地大气压下水的沸点温度至少低 5℃;

2) 比燃料油的闪点至少低 10℃。

2 中间油箱的贮油量,对布置在锅炉房内的当燃料油为重油时不应超过 5m³,当燃料油为柴油时不应超过 1m³。

9.3.2 中间油箱容积计算。中间油箱的容积由锅炉的耗油量决定,一般不应超过锅炉 1d 的计算耗油量,并满足规范要求。

9.3.3 中间油箱加热器加热所需热量计算。参考本规定第 9.1.3 条第 2 款贮油罐加热器加热所需热量进行计算。

9.3.4 中间油箱内加热器传热面积计算。参考本规定第 9.1.3 条第 3 款贮油罐加热器传热面积计算。

9.3.5 中间油箱内加热器加热用蒸汽量计算。参考本规定第 9.1.3 条第 4 款贮油罐加热用蒸汽量进行计算。

9.4 油污处理池容积计算

9.4.1 基本规定。

1 油污处理池用于接受和处理贮油罐沉淀脱水放出的油污、吹扫燃油管道排除的油污、管道放空排出的燃油、吹扫过滤器时排出的油污等。

2 油污处理池一般由油污池、油水分离池、油池、水池、泵房组成。

3 油水分离池应不少于 2 格,每格宽度一般采用 2m、2.5m、3m、4.5m、6m。

4 排除污水水质必须满足环境保护要求。

5 对于地上式布置的油库,油污处理池应尽量处于最低位置。

9.4.2 油水分离池的选型计算。

1 油水分离池有效容积计算。

$$V=Q \times t \quad (9.4.2-1)$$

式中: V ——油水分离池有效容积(m³);

Q ——含油污水流量(m³/h);

t ——污水在池中停留的时间(h),一般取 1.5h~2h。

2 油水分离池过水断面面积计算。

$$F=\frac{Q}{3.6\omega} \quad (9.4.2-2)$$

式中: F ——油水分离池过水断面面积(m²);

Q ——含油污水流量(m³/h);

ω ——水平流速(mm/s),一般取 2mm/s~5mm/s。

3 油水分离池格数计算。

$$n=\frac{F}{B \times h} \quad (9.4.2-3)$$

式中: n ——油水分离池格数;将计算出的 n 值圆整, $n \geq 2$;

F ——油水分离池过水断面面积(m^2);

B ——油水分离池宽度;

h ——油水分离池工作平均水深(m),一般取 $1.5\text{m}\sim 2\text{m}$ 。

4 油水分离池实际水平流速的计算。

$$\omega = \frac{Q}{n \times B \times h} \quad (9.4.2-4)$$

式中: ω ——实际水平流速(mm/s);

Q ——含油污水流量(m^3/h);

B ——油水分离池宽度;

h ——油水分离池工作平均水深(m),一般取 $1.5\text{m}\sim 2\text{m}$;

n ——油水分离池格数。

5 油水分离池有效长度计算。

$$L = 3.6\omega \times t \quad (9.4.2-5)$$

式中: L ——油水分离池有效长度(m);

ω ——实际水平流速(mm/s);

t ——污水在池中停留的时间(h)。

6 油水分离池高度计算。

$$H = h + \Delta h \quad (9.4.2-6)$$

式中: H ——油水分离池高度(m);

h ——油水分离池工作平均水深(m);

Δh ——油水分离池超高(m),一般取 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 。

9.5 燃油加热器选择计算

9.5.1 加热器型式、台数和总容量确定。

1 一般常用的燃油加热器有列管式和套管式两种,套管式加热器由于结构简单、制造容易、清扫方便,所以在锅炉房中应用较多。针对启动点火或临时加热的情况,可采用电热式油加热器。

2 对常年连续运行的锅炉房,应设置备用油加热器。集中设置的油加热器一般不应少于 2 台,当耗油量较大时,应考虑使用的灵活性合理确定。

3 运行加热器的总容量,不应小于锅炉房最大耗油量及其系统热回油量之和,并应留有适当的富裕量。

9.5.2 加热器热负荷计算。

燃料油加热温度必须根据所用燃料油的特性及锅炉喷嘴良好雾化所要求的粘度来确定。按表 9.5.2 选用。

$$Q = 0.278V \times \rho \times C_p \times (t_2 - t_1) \quad (9.5.2)$$

式中: Q ——加热器的热负荷(即燃料油加热所需热量)(W);

V ——通过加热器燃料油的容积流量(m^3/h);

ρ ——燃料油的密度(kg/m^3);

C_{cp} ——燃料油的平均比热[kJ/(kg·℃)];
 t_1 ——燃料油加热初温(℃);
 t_2 ——燃料油加热终温(℃),根据燃料油的性质和锅炉油喷嘴种类所要求的粘度确定。可由表 9.5.2 查取。

表 9.5.2 重油加热温度一览表

油 喷 嘴 种 类	重油雾化粘度(cm ² /s)(°E)	燃料油加热温度(℃)
机械雾化喷嘴	19.8×10 ⁻² ~27.7×10 ⁻² (3~4)	115~150
蒸汽雾化喷嘴	~42.8×10 ⁻² (6)	100~115
低压空气雾化喷嘴	~35.3×10 ⁻² (5)	105~120

9.5.3 加热器总换热面积的计算

$$F = \frac{Q}{K \times \Delta t_{cp}} \tag{9.5.3-1}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{t_b - t_1}{t_b - t_2}} \tag{9.5.3-2}$$

式中: F ——总换热面积(m²);
 Q ——加热器的热负荷(W);
 K ——传热系数[W/(m²·℃)],如进行估算时可直接选取 $K=370$ [W/(m²·℃)]~ 420 [W/(m²·℃)];
 Δt_{cp} ——蒸汽和燃料油间对数平均温度差(℃),介质流向一般按逆流式考虑。
 t_1 、 t_2 ——燃料油加热初温和终温(℃);
 t_b ——加热蒸汽饱和温度(℃)。

9.5.4 加热器加热蒸汽用量计算。

$$G = \frac{3.6Q}{(i_1 - i_2) \times \eta} \tag{9.5.4}$$

式中: G ——蒸汽消耗量(kg/h);
 Q ——加热器的热负荷(W);
 i_1 ——加热蒸汽热焓(kJ/kg);
 i_2 ——凝结水热焓(kJ/kg);
 η ——加热器的热效率,一般取 $\eta=0.97\sim0.98$ 。

9.6 燃料油过滤器选择计算

9.6.1 油过滤器选用原则。

- 1 油过滤器的设置、型式及台数的确定。
 - 1) 油过滤器的设置取决于燃油运输方式、油泵类型及油喷嘴的种类。
 - 2) 供油系统中,在供油泵前及锅炉燃油喷嘴(机械雾化)前均应装设油过滤器。
 - 3) 油过滤器的型式宜选用结构简单、清洗方便、容易更换滤芯和费用较省的过滤器。油泵

前一般采用滤网过滤器,炉前宜采用片状过滤器。

4) 各处油过滤器台数应根据工程具体情况决定设置,但不应少于 2 台,其中 1 台备用。

2 油过滤器滤网规格的选用。

1) 油过滤器的滤网规格(即网孔的粗细度)应根据供油泵或油喷嘴的类型确定。

2) 各类油泵及油喷嘴对滤网规格的要求应按照产品技术资料中的数据选取,当产品技术资料中没有具体要求时,可参照表 9.6.1 选用。

表 9.6.1 滤网规格选用表

使 用 条 件		滤 网 规 格(目/cm)
油泵前	螺杆泵、齿轮泵	16~32
	离心泵、蒸汽往复泵	8~12
炉 前	机械雾化喷嘴	≥20

9.6.2 过滤器滤网面积计算。

$$F=\frac{f\times K}{\eta} \tag{9.6.2}$$

式中:F——过滤器滤网总面积(mm²);

K——过滤器滤网的流通面积与进口管截面积的比值。对于各种油泵及油喷嘴的 K 值应由产品技术资料中查取,一般不小于 2,当产品技术资料中没有要求时可按表 9.6.2 选用;

f——过滤器进口管截面积(mm²);

η——滤网网孔面积占滤网总面积的百分数,η 值可由金属网规格样本中查取。

表 9.6.2 K 值选用表

使 用 条 件	比 值 K
油泵前(各种类型)	8~10
炉前(机械雾化喷嘴)	≥2

9.7 输油泵、供油泵的选择计算

9.7.1 基本规定。

1 油泵型式的选择,主要取决于燃料油性质和供油参数,输油泵一般采用螺杆泵或齿轮泵,也可采用蒸汽往复泵或离心泵;供油泵一般采用螺杆泵或齿轮泵。

2 供油泵的设置应不小于 2 台,其中 1 台备用。

3 对供油泵,运行油泵的流量的不应小于锅炉房最大耗油量及其回油量之和。

9.7.2 油泵的流量计算。

$$Q=\frac{B_m+b_m}{n\times\rho} \tag{9.7.2}$$

式中: Q ——选用单台油泵的流量(m^3/h);
 B_m ——锅炉房小时最大耗油量(t/h);
 b_m ——锅炉房小时最大回油量(t/h);
 n ——运行油泵的台数(台);
 ρ ——输送温度下燃料油的密度(t/m^3)。

9.7.3 油泵的全压计算。

$$p = K \times [p_2 - p_1 + h_2 - h_1 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \frac{\rho}{2} (W_2^2 - W_1^2) \times 10^{-6}] \quad (9.7.3)$$

式中: p ——油泵的全压(MPa);

K ——富裕系数,一般取 1.1~1.2。

p_1 ——吸入罐内液面上的压力(MPa)。当吸入罐内为自由大气压时, $p_1 = 0$;

p_2 ——锅炉燃油喷嘴要求的油压(MPa),根据喷嘴型式,由产品技术资料选定;

h_1 ——吸入几何高度(罐内最低吸取油位与泵中心轴线的垂直距离)形成的油柱压力(MPa),
 当最低吸取油位与泵中心轴线在同一水平面时 $h_1 = 0$,当最低吸取油位低于泵中心轴线
 时 h_1 为负值;当最低吸取油位高于泵中心轴线时 h_1 为正值;

h_2 ——排出几何高度(最高排出油位与泵中心轴线的垂直距离)形成的油柱压力(MPa)。当最
 高排出油位高于泵中心轴线时 p_2 为正值,当最高排出油位低于泵中心轴线时 p_2 为
 负值;

Δp_1 ——吸入管道的总阻力(MPa);

Δp_2 ——排出管道的总阻力(MPa);

ρ ——输送温度下燃料油的密度(t/m^3);

W_1 、 W_2 ——油泵入口、出口流速(m/s)。

10 燃气锅炉、燃气系统及设备选择计算

10.1 一般规定

10.1.1 当调压装置近期压力大于 0.3MPa 以上时,并且调压比又较大时,在调压装置后宜设一段 10m~15m 的埋地敷设管道。

10.1.2 由于供至锅炉房的燃气压力往往偏高或波动较大,为了防止燃烧产生脱火、回火、噪音,甚至爆炸等现象的发生,在燃气管道上必须设置调压装置。

当调压装置进气压力和所要求的调压后的供气压力相差很大时可考虑采用两级调压系统(即在调压系统中串联安装 2 台调压器)。一般当调压装置进出口压差不超过 1.0MPa,调压比不超过 20 时采用一级调压系统;当调压装置进出口压差不超过 1.0MPa,调压比不超过 20 时采用二级调压系统。

10.1.3 通过每台调压器的流量在其铭牌出力的 10%~90% 之间[即满足式(10.2.2-2)和式(10.2.2-3)]

10.1.4 常年运行的燃气锅炉房应设备用调压器,备用调压器和运行调压器并联安装。

10.2 调压器选择计算

10.2.1 调压器的计算流通能力。

当 $p_2/p_1 > 0.5$ 时,

$$C_{jm} = \frac{Q_m}{5140Z \times \sqrt{\frac{(p_{n1} - p_2) \times p_{n1}}{\rho_0 \times (t + 273)}}} \quad (10.2.1-1)$$

$$C_{jn} = \frac{Q_n}{5140Z \times \sqrt{\frac{(p_{m1} - p_2) \times p_{m1}}{\rho_0 \times (t + 273)}}} \quad (10.2.1-2)$$

当 $p_2/p_1 \leq 0.5$ 时,

$$C_{jm} = \frac{Q_m}{2800p_{1n} \times \sqrt{\frac{1}{\rho_0 \times (t + 273)}}} \quad (10.2.1-3)$$

$$C_{jn} = \frac{Q_n}{2800p_{1m} \times \sqrt{\frac{1}{\rho_0 \times (t + 273)}}} \quad (10.2.1-4)$$

式中: C_{jm} 、 C_{jn} ——调压器的最大、最小计算流通能力(m^3/h);

p_{1m} 、 p_{1n} ——调压器前燃气压力[MPa(A)];

p_2 ——调压器后燃气压力[MPa(A)];

Q_m, Q_n ——通过调压器的燃气流量(Nm^3/h);

ρ_0 ——标准状况下燃气的密度(kg/m^3);

t ——调压器前燃气温度($^{\circ}\text{C}$);

Z ——压缩因子。当 $(p_1 - p_2)/p_1 \leq 0.08$ 时,取 $Z=1$;当 $(p_1 - p_2)/p_1 > 0.08$ 时, $Z=1-0.46 \times \left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right)$ 。

10.2.2 调压器的流通能力选择计算。通常情况下,调压器前的压力是有波动的,根据调压器前燃气压力 p_1 [MPa(A)]和通过调压器的燃气流量 Q (Nm^3/h)的变化情况,可按本规定式(10.2.1-1)~式(10.2.1-4)求出四个计算流通能力范围,从中确定调压器的最大计算流通能力 C_m (m^3/h)和调压器的最小计算流通能力 C_n (m^3/h)。使得调压器的流通能力(C_i)和最大(C_m)、最小(C_n)分别满足式(10.2.2-1)、式(10.2.2-2)和式(10.2.2-3)。

$$\frac{C_i}{C} = 0.35 \sim 0.75 \quad (10.2.2-1)$$

$$\frac{C_m}{C} < 0.9 \quad (10.2.2-2)$$

$$\frac{C_n}{C} > 0.1 \quad (10.2.2-3)$$

10.3 气液分离罐选择计算

10.3.1 基本规定。

- 1 对大分子的燃气宜设气液分离罐。
- 2 分离罐的设计能力应能满足锅炉燃烧最大用气量的要求。
- 3 分离直径大于 $300\mu\text{m}$ 的液滴。
- 4 对卧式分离罐,存液量为贮罐容积的30%;对立式分离罐,存液量以液面高度不小于500mm为宜。

10.3.2 卧式分离罐直径和有效容积的计算。

1 分离罐直径的计算。

$$D = 0.35 \sqrt{\frac{Q \times (t + 273)}{K \times p \times \omega}} \quad (10.3.2-1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{4g \times d \times (\rho_l - \rho_g)}{3\rho_g \times C}} \quad (10.3.2-2)$$

$$\rho_g = \frac{M \times p}{R \times (t + 273)} \quad (10.3.2-3)$$

式中: D ——分离罐直径(m);

Q ——燃气体积流量(Nm^3/h);

t ——操作条件下气体的温度($^{\circ}\text{C}$);

K ——系数,取2.3~3;

p ——操作条件下气体的压力[MPa(A)];

ω ——液滴的沉降速度(m/s);
 g ——重力加速度(m/s²);
 d ——液滴直径(m);
 ρ_l ——液滴的密度(kg/m³);
 ρ_g ——气体的密度(kg/m³);
 M ——燃气的平均分子量;
 R ——气体常数,取 $R=8.314\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$;
 C ——液滴在气体中的阻力系数,可参考表 10.3.2 查取。

表 10.3.2 液滴在气体中的阻力系数

N	C	N	C	N	C
20	35	8×10^2	2.8	4×10^4	0.83
40	18	1×10^3	2.6	6×10^4	0.70
60	15	2×10^3	1.9	8×10^4	0.64
80	12	4×10^3	1.7	1×10^5	0.56
1×10^2	9.5	6×10^3	1.5	2×10^5	0.51
2×10^2	5.8	8×10^3	1.3	4×10^5	0.48
4×10^2	4.0	1×10^4	1.1	6×10^5	0.46
6×10^2	3.2	2×10^4	1.0	8×10^5	0.45

上表中的 N 值按式(10.3.2-4)求得

$$N=\frac{1.307\times10^7d^3\times\rho_g\times(\rho_l-\rho_g)}{\mu^2}\tag{10.3.2-4}$$

式中: μ ——气体的动力粘度(mPa·s);
 其余符号意义同式(10.3.2-2)。

2 分离罐有效容积的计算。

$$V_n=D\times L\tag{10.3.2-5}$$

$$L=K\times D\tag{10.3.2-6}$$

式中: V_n ——分离罐有效容积(m³);
 D ——分离罐直径(m);
 L ——分离罐燃气进出口管之间的距离(m);
 K ——系数,一般取 2~3。

10.3.3 立式分离罐直径和有效容积的计算。

1 分离罐直径的计算。

$$D=0.36\sqrt{\frac{Q\times(t+273)}{K\times p\times\omega}}\tag{10.3.3-1}$$

式中:K——系数,可取 $K=0.8$;
其余符号意义同卧式分离罐。

2 分离罐有效容积的计算。

$$V_n = D \times h \tag{10.3.3-2}$$

$$h = h_1 + h_2 \tag{10.3.3-3}$$

式中: V_n ——分离罐有效容积(m^3);
 D ——分离罐直径(m);
 h ——分离罐高度(m);
 h_1 ——分离罐气体空间高度(m);
 h_2 ——分离罐分离液高度(m)。

10.4 燃气管道水力计算

10.4.1 燃气管道管径计算。

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{\omega}} \tag{10.4.1-1}$$

式中: d ——管道内径(mm);
 Q ——燃料气在计算状态下的体积流量(m^3/h);
 ω ——燃料气的允许流速(m/s),对于天然气管道管道内的实际流速不应大于 25m/s ,对于城市煤气、发生炉煤气的允许流速根据管道的直径按表 10.4.1 选取。

表 10.4.1 城市煤气、发生炉煤气管道允许流速选用表

管道管径(mm)	<80	100	200	300	400~700
流速(m/s)	4	6	7	8	10~12

在流速计算公式中,设计状态下的流量与标准状态下的流量按下式换算:

$$Q = \frac{Q_N \times T}{2731 \times p} \tag{10.4.1-2}$$

式中: Q ——燃料气在计算状态下的体积流量(m^3/h);
 Q_N ——燃料气在标准状态下的体积流量(Nm^3/h);
 T ——燃料气热力学温度(K);
 p ——燃料气工作压力[MPa(A)]。

10.4.2 燃料气管线压力降计算。

1 直管段摩擦阻力计算。

1) 低压燃气管道($p \leq 0.005\text{MPa}$):

当 $Re \leq 2100$ 时,

$$\Delta p_1 = 1.13 \times 10^{10} \nu \times \rho \times L \times \frac{Q \times T}{d^4 \times T_0} \tag{10.4.2-1}$$

当 $2100 < Re \leq 3500$ 时,

$$\Delta p_1 = 1.9 \times 10^6 \rho \times L \times \left(1 + \frac{11.8Q - 7 \times 10^4 d \times \nu}{23Q \times d - 10^5 d \times \nu} \right) \times \frac{Q \times T^2}{d^5 \times T_0} \tag{10.4.2-2}$$

当 $Re > 3500$ 时, 并且管道材料为钢管时,

$$\Delta p_1 = 6.9 \times 10^6 \rho \times L \times \left(\frac{K}{d} + 192.2 \frac{d \times \nu}{Q} \right)^{0.25} \times \frac{Q^2 \times T}{d^5 \times T_0} \tag{10.4.2-3}$$

当 $Re > 3500$ 时, 并且管道材料为铸铁管时,

$$\Delta p_1 = 6.4 \times 10^6 \rho \times L \times \left(\frac{1}{d} + 5158 \frac{d \times \nu}{Q} \right)^{0.284} \times \frac{Q^2 \times T}{d^5 \times T_0} \tag{10.4.2-4}$$

式中: Δp_1 ——直管段摩擦阻力(Pa);
 L ——管道的计算长度(m);
 Q ——燃料气的体积流量(m^3/h);
 d ——管道内径(mm);
 ρ ——燃料气密度(kg/m^3);
 ν ——燃料气在 0°C 和 101.325kPa 时的运动粘度(m^2/s), 由表 10.4.2 查取;

表 10.4.2 各种气体在标准状态下的运动粘度表

气体名称	气体分子式	运动粘度($\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$)	备注
甲烷	CH_4	14.374	
乙烷	C_2H_6	5.435	
丙烷	C_3H_8	3.497	
丁烷	C_4H_{10}	2.935	
戊烷	C_5H_{12}	1.978	
空气	—	13.300	
乙烯	C_2H_4	7.548	
乙炔	C_2H_2	8.165	
氮气	N_2	13.242	
氧气	O_2	13.479	
氢气	H_2	92.866	
一氧化碳	CO	13.295	
二氧化碳	CO_2	6.994	
硫化氢	H_2S	7.420	
二氧化硫	SO_2	3.980	

K ——燃气管道的当量粗糙度(mm), 对于钢管取 0.2mm , 对于铸铁管取 0.36mm 。

$$Re = \frac{W \times d}{\nu} \tag{10.4.2-5}$$

式中: Re ——雷诺数;

ω ——燃料气流速(m/s);

d ——管道内径(mm);

ν ——燃料气在 0℃ 和 101.325kPa 时的运动粘度(m^2/s)。

2) 中压和高压燃气管道($p > 0.005\text{MPa}$):

管道材料为钢管时,

$$p_1^2 - p_2^2 = 1.4 \times 10^9 \rho \times L \times \left(\frac{K}{d} + 192.2 \frac{d \times \nu}{Q} \right)^{0.25} \times \frac{Q^2 \times T}{d^5 \times T_0} \quad (10.4.2-6)$$

管道材料为铸铁管时,

$$p_1^2 - p_2^2 = 1.3 \times 10^9 \rho \times L \times \left(\frac{1}{d} + 5158 \frac{d \times \nu}{Q} \right)^{0.284} \times \frac{Q^2 \times T}{d^5 \times T_0} \quad (10.4.2-7)$$

式中: p_1 、 p_2 ——管道始末端燃料气的绝压(kPa);

L ——管道的计算长度(m);

其余符号意义同低压燃气管道直管段摩擦阻力计算公式。

2 局部阻力计算。

$$\Delta p_2 = \xi \times \rho \frac{\omega^2}{2} \quad (10.4.2-8)$$

式中: Δp_2 ——局部阻力(Pa);

ξ ——局部阻力系数,根据有关资料或经验选取;

ρ ——燃料气密度(kg/m^3);

ω ——燃料气流速(m/s)。

10.4.3 管线压力降计算。

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (10.4.3)$$

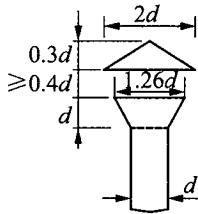
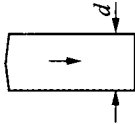
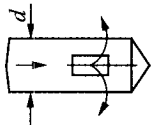
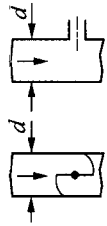
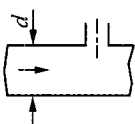
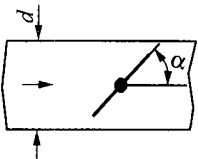
式中: Δp ——管线压力降(Pa)。

附录 A 烟风煤粉管道局部阻力系数

表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)	
1	管端与壁平齐的入口		$\zeta=0.5$	
2	管端凸出的入口		当 $\delta/d \approx 0$ $a/d \geq 0.2$ $\zeta=1.0$ $0.005 < a/d < 0.2$ $\zeta=0.85$	当 $\delta/d \geq 0.04$ $\zeta=0.5$
3	喇叭形入口		与壁平齐的 $r/d=0.05$ 时 $\zeta=0.25$ $r/d=0.1$ 时 $\zeta=0.12$ $r/d=0.2$ 时 $\zeta=0$	与壁凸出的 $r/d=0.05$ 时 $\zeta=0.4$ $r/d=0.1$ 时 $\zeta=0.12$ $r/d=0.2$ 时 $\zeta=0$
4	锥形入口		与壁平齐或突出的 $l=0.2d$ $l \geq 0.3d$ $\alpha=30^\circ$ $\zeta=0.4$ $\zeta=0.2$ $\alpha=50^\circ$ $\zeta=0.2$ $\zeta=0.15$ $\alpha=90^\circ$ $\zeta=0.25$ $\zeta=0.2$	
5	经网格或孔板的通道入口		$\zeta=(1.707 \frac{F}{F_1}-1)^2$ 式中 F ——通道有效截面; F_1 ——网格或孔板有效截面。 对于侧孔入口,当 $F_1/F \geq 0.4$, ζ 值增加 1.0。	
6	经网格或孔板的通道出口		$\zeta=\left(\frac{F}{F_1}+0.707 \frac{F}{F_1} \sqrt{1-\frac{F_1}{F}}\right)^2$ 式中 F ——通道有效截面; F_1 ——网格或孔板有效截面。	

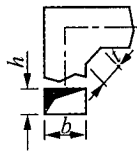
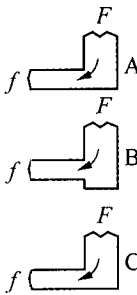
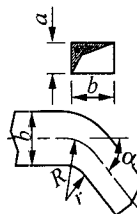
续表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)									
7	罩下通道入口或出口		吸气时 $\zeta=0.5$ 排气时 $\zeta=0.65$									
8	管道出口		$\zeta=1.1$									
9	单个侧孔出口		$\zeta=2.5$									
10	全开状态的闸板或转动挡板		$\zeta=0.1$									
11	闸板		开启程度(%)	5	10	30	50	70	90	100		
			ζ	1000	200	18	4	1	0.22	0.1		
12	转动挡板		ζ									
			$n \backslash \alpha$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
			1	0.3	1.0	2.5	7	20	60	100	1500	8000
			2	0.4	1.0	2.5	4	8	30	50	350	6000
			3	0.2	0.7	2.0	5	10	20	40	160	6000
			4	0.25	0.8	2.0	4	8	15	30	100	6000
			5	0.2	0.6	1.8	3.5	7	13	28	80	4000
			n ——叶片数									

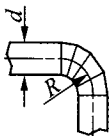
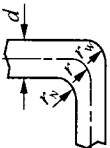
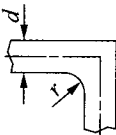
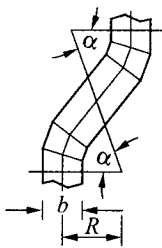
续表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)					
13	突然扩大		$\zeta = \left(1 - \frac{F_x}{F_d}\right)^2$					
14	突然缩小		$\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{F_x}{F_d}\right)^{3/4}$					
15	直通道中 扩张管		$\alpha < 40^\circ$ 时, $\zeta = K\zeta_0$, ζ_0 按 13 项选取					
			α°	5	10	20	30	40
			K	0.07	0.17	0.43	0.81	1.0
			$\alpha > 40^\circ$ 时, 按 13 项突然扩大取用 $\text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{d_1 - d}{2L}$ 矩形截面 c 取最大角度					
16	直通道中 收缩管		$\alpha < 20^\circ$ $\zeta = 0$					
			$\alpha < 20^\circ \sim 60^\circ$ $\zeta = 0.1$					
			$\alpha > 60^\circ$ 时, $\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{F_x}{F_d}\right)^{3/4}$					
17	等截面(支 管截面之和等于总管 截面)对称 三通(合流)		α°	22.5	30	33.5	40	45
			ζ	0.14	0.18	0.23	0.28	0.35
			对于 含粉气体	$\zeta_\mu = K \times \zeta$				
				当 $\alpha^\circ = 22.5^\circ$ 时, $K = 1 + 5.28\mu$ 当 $\alpha^\circ = 30^\circ$ 时, $K = 1 + 3.89\mu$ 当 $\alpha^\circ = 45^\circ$ 时, $K = 1 + 3.3\mu$				
18	等截面(支 管截面之和等于总管 截面)对称 三通(分流)		α°	22.5	30	33.5	40	45
			ζ	0.08	0.12	0.16	0.19	0.23
			对于 含粉气体	$\zeta_\mu = K \times \zeta$				
				当 $\alpha^\circ = 22.5^\circ$ 时, $K = 1 + 5.48\mu$ 当 $\alpha^\circ = 30^\circ$ 时, $K = 1 + 5.27\mu$ 当 $\alpha^\circ = 45^\circ$ 时, $K = 1 + 4.49\mu$				

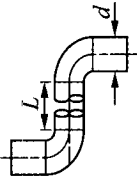
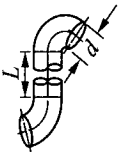
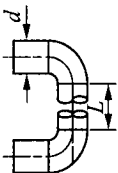
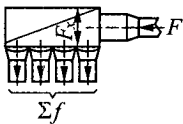
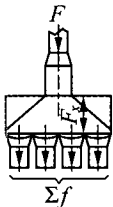
续表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)								
19	转角		$t=0.10b$ 时 $\zeta=0.80$ $t=0.25b$ 时 $\zeta=0.50$								
			f/F	1.0	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1		
			ζ_A	1.10	0.97	0.74	0.57	0.46	0.41		
			f/F	1.00	0.90	0.70	0.50	0.30	0.10		
			ζ_B	1.45	1.32	1.09	0.92	0.81	0.76		
			f/F	1.00	0.90	0.70	0.50	0.30	0.10		
			ζ_C	1.10	1.06	1.02	1.01	1.00	1.00		
20	缓弯管	 $R=r+b/2$ 对于圆管 $a=b=d$	$\zeta=\zeta_0 K_n K_{a/b}$								
			R/b	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	
			ζ_0	1.00	0.68	0.48	0.36	0.28	0.20	0.15	
			α°	0	30	60	90	120	150	180	
			K_n	0.00	0.45	0.75	1.00	1.90	2.60	3.00	
			$F_{a/b} \backslash a/b$	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0
			R/b								
			≤ 2								
			> 2	1.22	1.14	1.07	1.00	0.86	0.85	0.90	1.00
				1.55	1.35	1.15	1.00	0.45	0.40	0.43	0.60
			对于含粉气体	① 对于圆截面弯管: $\zeta_\mu = \zeta(1+5.5\mu)$							
				② 对于圆截面焊接弯管: $\zeta_\mu = \zeta(1+K\mu)$							
				n	1	2	3	4	5	6	>6
				K	2	2.48	2.96	3.44	3.92	4.40	5.50
				表中的 n 为焊接弯管的节数。							
				③ 对于方截面弯管: $\zeta_\mu = \zeta(1+K\mu)$							
				R/b	0		1		2		3
				K	2		3.05		5.33		3.79

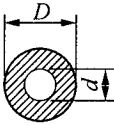
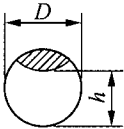
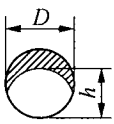
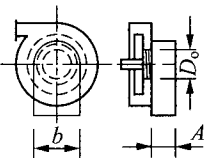
续表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)							
21	焊接弯头		$\zeta=\zeta_0 K_a$							
			R/d	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0
			ζ_0	1.00	0.87	0.80	0.74	0.70	0.34	0.23
			K_a 同序号 20							
22	内外侧均呈弧形的急弯头	 $r_w=r_N=r$	$\zeta=\zeta_0 K_a K_{a/b}$							
			r/d	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	
			ζ_0	0.84	0.53	0.38	0.32	0.27	0.25	
			K_a 及 $K_{a/b}$ 同序号 20							
23	内侧呈弧形的急弯头		$\zeta=\zeta_0 K_a K_{a/b}$							
			r/d	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
			ζ_0	1.05	0.83	0.70	0.63	0.57	0.53	0.50
			K_a 及 $K_{a/b}$ 同序号 20							
24	等错弯头		$\zeta=\zeta_0 K_{a/b}$							
			ζ_0 α R/b	30	45	60	90			
			1.5	0.18	0.25	0.30	0.39			
			1.0	0.23	0.30	0.38	0.48			
			$K_{a/b}$ 序号 20							

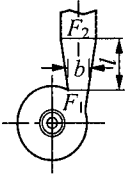
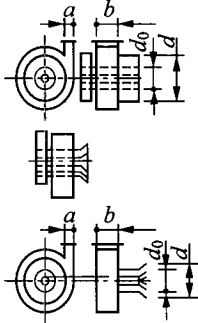
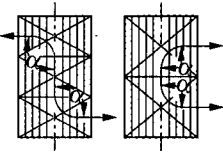

续表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)
25	组合弯头		$\zeta = \zeta_1 \times \left[\max \left(2, 2.1 - 0.01 \frac{L}{d} \right) \right]$ <p>ζ_1 为按弯头的型式按序号 21、22、23 或 24 的计算值</p>
			对于含粉气体 当 $L/d \leq 20, \mu = 0 \text{ kg/kg} \sim 0.1 \text{ kg/kg}$ 时, $\zeta_\mu = \zeta \times (2 + 10\mu)$ 当 $L/d \leq 20, \mu = 0.1 \text{ kg/kg} \sim 0.7 \text{ kg/kg}$ 时, $\zeta_\mu = \zeta \times (1 + 20\mu)$ 当 $L/d = 20 \sim 30$ 时, $\zeta_\mu = 2.5 \times \zeta$
			$\zeta = \zeta_1 \times \left[\min \left(2, 1.45 + 0.015 \frac{L}{d} \right) \right]$ <p>ζ_1 为按弯头的型式按序号 21、22、23 或 24 的计算值</p>
			对于含粉气体: 当 $L/d \leq$ 时, $\zeta_\mu = \zeta \times (1 + 10\mu)$
			$\zeta = \zeta_1 \times \left[\min \left(2, 0.95 + 0.08 \frac{L}{d} \right) \right]$ <p>ζ_1 为按弯头的型式按序号 21、22、23 或 24 的计算值</p>
			对于含粉气体: $\zeta_\mu = \zeta \times (1 + 9.7\mu)$
26	分配风箱		$\zeta = 0.7 + \left(0.5 - 0.7 \frac{F}{F_x} \right)^2 + 0.7 \left(\frac{F}{\Sigma f} \right)^2$
			$\zeta = 1.1 + 0.7 \left(\frac{F}{\Sigma f} \right)^2$

续表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)							
27	节流孔板		节流比: $m = (d/D)^2$ $\zeta = \left(\frac{1}{0.63m + 0.37m^4} - 1 \right)^2$							
			对于含粉气体的阻力系数 ζ_μ		$\mu=0$	$\mu=0.1$	$\mu=0.2$	$\mu=0.3$	$\mu=0.4$	$\mu=0.5$
				$d/D=0.7$	3.8	4.1	4.3	4.5	4.8	5.0
				$d/D=0.8$	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9
				$d/D=0.85$	0.55	0.63	0.70	0.78	0.85	0.93
				$d/D=0.9$	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
			节流比: $m = 1 - \frac{1}{\pi} \left[4 \arctan \frac{\sqrt{1-(h/D)^2}}{1+h/D} - 2(h/D) \sqrt{1-(h/D)^2} \right]$ $\zeta = \left(\frac{1}{0.58m + 0.42m^4} - 1 \right)^2$							
			对于含粉气体的阻力系数 ζ_μ		$\mu=0$	$\mu=0.1$	$\mu=0.2$	$\mu=0.3$	$\mu=0.4$	$\mu=0.5$
				$h/D=0.4$	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5
				$h/D=0.5$	2.0	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7
				$h/D=0.6$	0.85	0.93	1.0	1.1	1.2	1.3
				$h/D=0.7$	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60
				$h/D=0.8$	0.10	0.13	0.16	0.19	0.21	0.25
			节流比: $m = \frac{1}{\pi} \left[2 \arctan \frac{\sqrt{2h/D - (h/D)^2}}{1-h/D} - 2(1-h/D) \sqrt{2h/D - (h/D)^2} \right]$ $\zeta = \left(\frac{1}{0.58m + 0.42m^4} - 1 \right)^2$							
			对于含粉气体的阻力系数 ζ_μ		$\mu=0$	$\mu=0.1$	$\mu=0.2$	$\mu=0.3$	$\mu=0.4$	$\mu=0.5$
				$h/D=0.6$	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.5
				$h/D=0.7$	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.6
				$h/D=0.8$	0.65	0.72	0.79	0.86	0.93	1.0
28	吸风机或送风机的进口		$\zeta=0.7$							

续表 A

序号	名称	示意图	局部阻力系数(对应于尺寸 d, b 或 F 处截面积的值)					
29	风机出口的渐扩管道		ζ l/b F_2/F_1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
			1.0	0.20	0.47	0.60	—	—
			2.0	0.04	0.22	0.40	0.54	0.70
			3.0	—	0.12	0.22	0.35	0.47
			4.0	—	—	0.15	0.24	0.34
			注:如果用截面 F_2 上的速度来计算阻力,则 ζ 值应为表内数值的 $(F_2/F_1)^2$ 倍					
30	二次风蜗壳		当 $a/b=0.3\sim 0.9; d_0/d\leq 0.61$ $ab/d^2=0.55\sim 0.72; \zeta=5.0$ (已包括出口损失)					
31	在管束中转弯		$\alpha=45^\circ \quad \zeta=0.5$ $\alpha=90^\circ \quad \zeta=1.0$ $\alpha=180^\circ \quad \zeta=2.0$					
32	烟囱入口		图 1 $\zeta=1.4$ 图 2 $\zeta=0.9$					

附录 B 燃料煤的燃烧特性、爆炸性和挥发分的关系

表 B

干燥无灰基挥发分 V _{daf} (%)	着火温度 IT(℃)	着火性	爆炸等级	爆炸性
<6.5	>900	极难着火	0	极难爆炸
6.5~10	800~900	难着火	I	难爆炸
10~25	700~800	中等着火	II	中等爆炸
25~35	600~700	易着火	III	易爆炸
>35	<600	极易着火	IV	极易爆炸

注：灰分高于 40% 的煤按其挥发分所定的爆炸等级降一个等级。

附录 C 制粉系统选择和燃料着火温度的关系

表 C

着火温度 IT(℃)	着火性	燃烧器型式	热风温度 (℃)	制粉系统
>900	极难着火	无烟煤型	>400	钢球磨仓贮式热风送风
800~900	难着火	无烟煤型	380~400	钢球磨仓贮式热风送风或双进双出钢球磨直吹式
700~800	中等着火	贫煤型	340~380	钢球磨仓贮式热风送风或中速磨及双进双出钢球磨直吹式
600~700	易着火	烟煤型	300~340	钢球磨仓贮式乏气送粉或中速磨直吹式
<600	极易着火	褐煤型	260~300	中速磨直吹式或风扇磨直吹式

附录 D 轮式磨煤机系列参数表

表 D

磨煤机型号		ZGM95	ZGM95G	MPS190	MPS225	MPS255
基本出力(注 1)	t/h	38.0	42.0	38.0	58.0	79.3
磨盘直径	mm	1900	1900	1900	2250	2550
磨辊直径	mm	1490	1550	1500	1750	1980
磨盘转速	r/min	26.2	26.2	26.2	24.1	22.6
电动机功率	kW	450	450	450	650	900
入磨最大通风量(注 2)	kg/s	16.8	19.3	16.8	24.8	33.1
阻力(含分离器)	kPa	6.38	6.38	6.38	6.97	7.45
密封总风量 通过磨内风量	kg/s	1.31	1.31	$\frac{1.31}{0.97}$	$\frac{1.54}{1.02}$	$\frac{1.66}{1.10}$
外形尺寸 (长×宽×稿)	mm	10000	10000	10000	10500	10600
		×6000	×6000	×6000	×63000	×6700
		×8060	×8300	×8300	×9560	×10800

注:1 表中的出力指哈氏可磨性指数 $HGI=50$,煤粉细度 $R_{90}=20\%$,原煤全水分 $M_t=10\%$,原煤收到基灰分 $A_{ar}\leq 20\%$ 时的基本出力。

2 磨煤机的最小风量根据一次风管最低允许流速以及磨煤机运行情况确定。

附录 E 碗式磨煤机系列参数表

表 E

磨煤机 型 号	磨碗名义直径 (mm)	磨辊名义直径 (mm)	入料粒度 (mm)	基本出力 ^① (t/h)	入口最大空气流量 ^② (kg/min)	磨碗转速 (r/min)	电机额定功率 (kW)
HP683	190	110	≤38	24.0	601	45.2	225~260
HP703				26.3	658		
HP723				28.6	712		
HP743				31.1	776		
HP763	210	120		33.8	873	41.3	260~300
HP783				36.5	907		
HP803				39.7	989		
HP823	220	130		42.4	1089	38.4	340~380
HP843				45.4	1134		
HP863				48.1	1202		
HP883	240	140		51.0	1279	35.0	380~450
HP903				54.0	1383		
HP923				56.9	1424		
HP943				59.9	1497		
HP963	260	150		62.6	1579	33.0	450~515
HP983				65.3	1633		
HP1003				68.0	1701		
HP1023	280	160		72.6	1814	30.0	525~685
HP1043				77.1	1928		
HP1063				83.9	2098		
HP1103				91.7	2268		

注:① 表中的出力指哈氏可磨性指数 HGI=55,煤粉细度 $R_{90}=23\%$,原全煤水分 $M_t=12\%$ (低热值烟煤)或 $M_t=8\%$ (高热值烟煤),原煤收到基灰分 $A_{ar}\leq 20\%$ 时的基本出力。

② 磨煤机的最小允许空气量需通过试验确定。

附录 F 球环式磨煤机系列参数表

表 F

磨煤机型号		ZQM-111 (E44)	ZQM-158 (E70/62)	ZQM-178 (7E)	ZQM-216 (8.5E)	ZQM-254 (10E)
基本出力	t/h	6.0	14.0	17.0	27.0	40.0
钢球直径	mm	261	530	533	654	768
钢球数量	个	12	9	10	10	10
转 速	r/min	107	48.5	45	40	37
电动机功率	kW	125	160	185	220	330

注：表中的出力指哈氏可磨性指数 HGI=50，煤粉细度 $R_{90}=23\%$ ，原全煤水分 $M_t\leq 10\%$ ，原煤收到基灰分 $A_{ar}\leq 20\%$ 时的基本出力。

附录 G S 型磨煤机系列参数表

表 G

磨煤机型号	磨煤机基本出力 (t/h)	叶轮直径 D_2/D_1 (mm)	叶片高度 L (mm)	叶片宽度 b (mm)	通风量 Q_0 (m ³ /h)	转速 (r/min)	电机功率 (kW)
S9.10(MF159.380)	9.0	1590/1010	290	380	17000	1000	275
S10.75(MF219.350)	9.2	2190/1490	350	350	22000	750	300
S12.75(MF220.400)	12.0	2200/1500	350	400	25000	750	340
S16.75(MF220.480)	16.0	2200/1500	350	440	28000	750	380
S20.60(MF275.480)	20.0	2750/2030	360	480	38000	600	400
S25.60(MF275.590)	25.0	2750/1850	450	590	46000	600	450
S32.60(MF275.755)	32.0	2750/1850	450	755	59000	600	700
S36.50(MF318.644)	36.0	3180/2270	454	644	66000	500	800
S40.50(MF340.760)	40.0	3400/2420	490	760	76000	500	880
S45.50(MF340.880)	45.0	3400/2420	490	880	88000	500	1000
S50.50(MF340.970)	50.0	3400/2420	490	970	97000	500	1100
S55.50(MF380.940)	55.0	3800/2644	578	940	106000	450	1200
S57.50(MF340.1060)	57.0	3400/2470	465	1060	106000	500	1250
S60.45(MF380.1030)	60.0	3800/2644	578	1030	116000	450	1300
S65.45(MF380.1150)	65.0	3800/2644	578	1150	130000	450	1425
S70.45(MF380.1200)	70.0	3800/2644	578	1200	135000	450	1550
S80.42(MF400.1310)	80.0	4000/2644	678	1310	154210	425	1750

附录 H S 型风扇磨煤机碾磨出力修正系数图

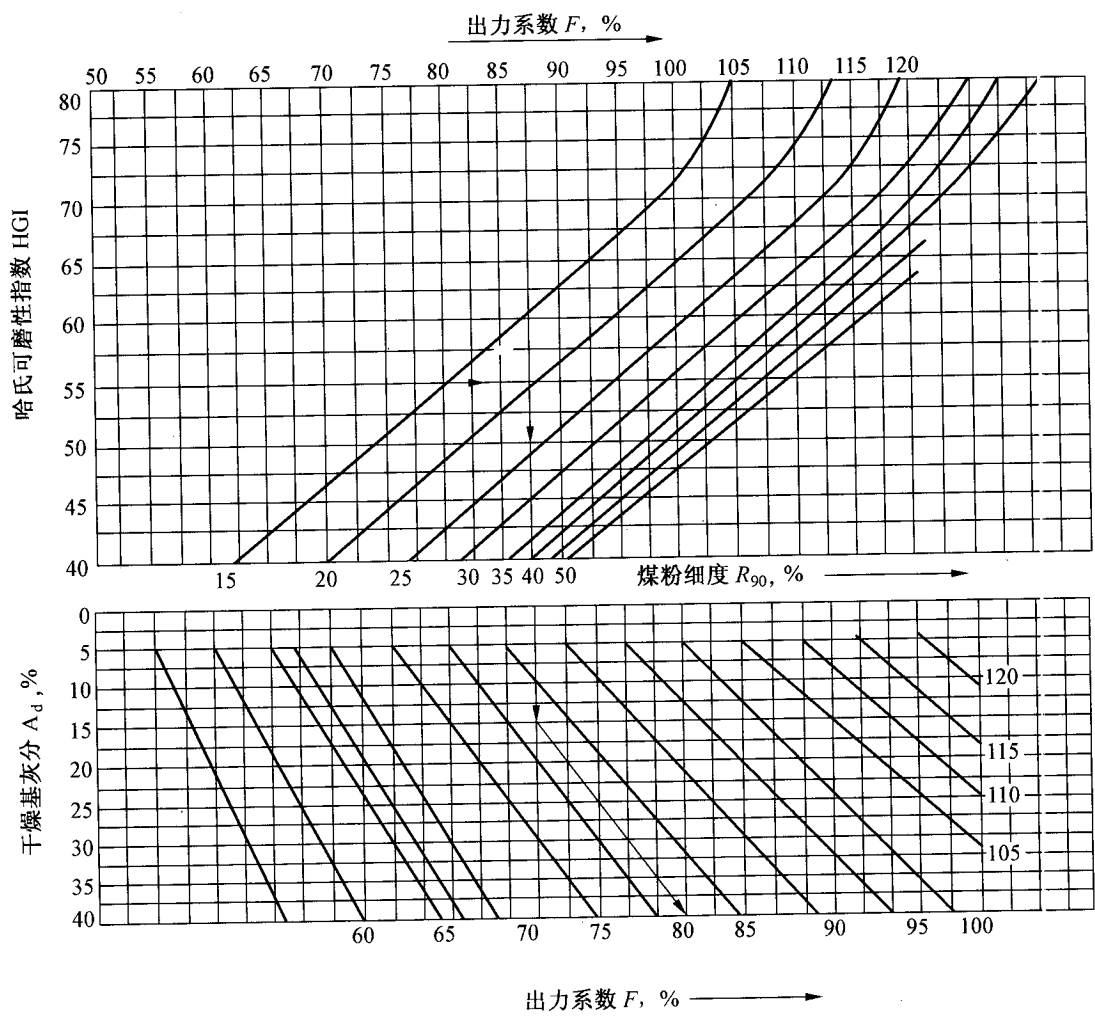


图 H

附录 J 空气含湿量和露点关系表

表 J

露点 $t_{dp}(^{\circ}\text{C})$	含湿量 $D(\text{g/kg})$	露点 $t_{dp}(^{\circ}\text{C})$	含湿量 $D(\text{g/kg})$	露点 $t_{dp}(^{\circ}\text{C})$	含湿量 $D(\text{g/kg})$	露点 $t_{dp}(^{\circ}\text{C})$	含湿量 $D(\text{g/kg})$
0	3.789	23	17.82	46	69.19	69	262.0
1	4.075	24	18.96	47	73.24	70	278.8
2	4.380	25	20.17	48	77.51	71	297.0
3	4.706	26	21.44	49	82.03	72	316.7
4	5.053	27	22.79	50	86.80	73	337.8
5	5.423	28	24.22	51	91.85	74	360.8
6	5.817	29	25.72	52	97.21	75	385.9
7	6.236	30	27.32	53	102.9	76	413.1
8	6.681	31	29.00	54	108.9	77	443.1
9	7.155	32	30.78	55	115.2	78	475.9
10	7.659	33	32.66	56	122.0	79	512.1
11	8.195	34	34.56	57	129.1	80	552.0
12	8.764	35	36.74	58	136.7	81	596.4
13	9.369	36	38.95	59	144.8	82	645.9
14	10.01	37	41.29	60	153.4	83	701.6
15	10.69	38	43.76	61	162.5	84	764.5
16	11.41	39	46.36	62	172.3	85	835.9
17	12.18	40	49.11	63	182.6	86	918.0
18	12.99	41	52.02	64	193.7	87	1103.0
19	13.85	42	55.09	65	205.6	88	1124.0
20	14.75	43	58.34	66	218.2	89	1256.0
21	15.72	44	61.76	67	231.8	90	1416.0
22	16.74	45	65.38	68	246.4	—	—

附录 K 常用气体平均定压比热容选用表

表 K [kJ/(kg·℃)]

$t(^{\circ}\text{C})$	c_{O_2}	c_{N_2}	c_{CO_2}	$c_{\text{H}_2\text{O}}$	干空气 c_k	湿空气	
						空气的含水量 d $d=10\text{g/kg}$ 空气	空气的含水量 d $d=20\text{g/kg}$ 空气
0	0.914	1.030	0.809	1.859	1.003	1.011	1.020
25	0.915	1.031	0.831	1.862	1.005	1.012	1.022
100	0.922	1.032	0.860	1.872	1.006	1.015	1.023
200	0.934	1.034	0.904	1.894	1.011	1.120	1.028
300	0.949	1.040	0.942	1.919	1.019	1.028	1.037
400	0.964	1.047	0.976	1.947	1.028	1.037	1.046
500	0.978	1.056	1.006	1.977	1.039	1.048	1.057
600	0.992	1.066	1.032	2.009	1.049	1.058	1.068
700	1.004	1.077	1.056	2.041	1.060	1.070	1.079
800	1.015	1.088	1.078	2.075	1.071	1.081	1.091
900	1.025	1.098	1.097	2.109	1.081	1.091	1.101
1000	1.034	1.107	1.115	2.143	1.090	1.101	1.111
1100	1.042	1.117	1.131	2.197	1.099	1.110	1.120
1200	1.050	1.125	1.145	2.210	1.108	1.119	1.130
1300	1.057	1.134	1.158	2.242	1.116	1.127	1.138
1400	1.064	1.142	1.170	2.274	1.124	1.135	1.147

附录 L 锥型筒负压/正压运行最高出口烟速、烟量

L.1 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.05,除尘方式为干式除尘(烟温 130℃)条件下最高出口烟速、烟量。

表 L.1

出口 段坡 度 i_0	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m^3/s) ω (m/s)	烟囱出口内径 d_0 (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.010	强	0	V	55.8	88.0	129.4	180.6	242.5	315.5	400.6	497.9	607.9	732.0	869.4	1022
			ω_{ZR}	11.36	12.45	13.45	14.37	15.25	16.07	16.86	17.61	18.32	19.02	19.68	20.33
	中	49	V	89.1	135.8	194.4	265.3	349.6	447.5	560.0	687.3	829.9	989.4	1164	1358
			ω_{ZP}	18.15	19.22	20.21	21.11	21.98	22.79	23.57	24.31	25.01	25.71	26.36	27.01
	弱	98	V	103.6	156.6	222.5	301.8	395.7	504.2	628.4	768.8	925.5	1100	1291	1501
			ω_{ZP}	21.10	22.16	23.13	24.02	24.88	25.68	26.45	27.19	27.89	28.59	29.22	29.87
0.012	强	0	V	52.6	83.0	122.1	170.4	228.9	297.9	378.0	469.6	573.7	690.4	820.4	964.1
			ω_{ZR}	10.72	11.75	12.69	13.56	14.39	15.17	15.91	16.61	17.29	17.94	18.57	19.18
	中	49	V	87.2	132.7	189.5	258.2	339.9	434.5	543.3	665.9	804.0	957.1	1126	1311
			ω_{ZP}	17.76	18.77	19.70	20.55	21.37	22.13	22.87	23.55	24.23	24.87	25.49	26.09
	弱	98	V	102.2	154.2	218.9	296.2	387.7	493.6	614.3	750.4	902.9	1071	1257	1461
			ω_{ZP}	20.83	21.82	22.75	23.57	24.38	25.14	25.86	26.54	27.21	27.84	28.46	29.06
0.014	强	0	V	50.0	78.8	115.9	161.8	217.2	282.7	358.7	445.9	544.5	655.4	778.9	915.3
			ω_{ZR}	10.18	11.15	12.05	12.88	13.66	14.40	15.10	15.77	16.41	17.03	17.63	18.21
	中	49	V	85.6	129.8	185.2	252.2	331.3	423.3	528.6	647.8	781.1	929.4	1093	1273
			ω_{ZP}	17.43	18.37	19.25	20.07	20.83	21.56	22.25	22.91	23.54	24.15	24.74	25.32
	弱	98	V	101.1	152.0	215.3	291.3	380.6	484.0	601.8	734.5	883.0	1047	1228	1426
			ω_{ZP}	20.59	21.51	22.38	23.18	23.93	24.65	25.33	25.98	26.61	27.21	27.80	28.37

续表 L.1

出口 段坡 度 <i>i</i> _o	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m ³ /s) ω (m/s)	烟囱出口内径 <i>d</i> _o (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.016	强	0	V	47.7	75.2	110.5	154.3	207.2	269.6	342.1	425.5	519.6	625.4	743.1	873.1
			ω _{ZR}	9.71	10.64	11.49	12.28	13.03	13.73	14.40	15.05	15.66	16.25	16.82	17.37
	中	49	V	84.0	127.4	181.3	246.5	323.8	413.1	515.5	631.9	761.5	905.5	1064	1238
			ω _{ZP}	17.12	18.03	18.85	19.62	20.36	21.04	21.70	22.35	23.95	23.55	24.09	24.63
	弱	98	V	99.9	150.1	212.1	286.6	374.4	475.4	590.6	721.0	865.7	1026	1203	1395
			ω _{ZP}	20.36	21.24	22.05	22.81	23.54	24.21	24.86	25.50	26.09	26.66	27.23	27.75
0.018	强	0	V	45.6	72.0	105.9	147.9	198.5	258.4	327.9	407.4	497.7	599.2	711.7	836.4
			ω _{ZR}	9.30	10.19	11.01	11.77	12.48	13.16	13.80	14.41	15.00	15.57	16.11	16.64
	中	49	V	82.7	125.2	178.1	241.9	317.1	404.7	504.6	617.2	743.6	884.4	1039	1208
			ω _{ZP}	16.85	17.71	18.51	19.25	19.94	20.61	21.24	21.83	22.41	22.98	23.51	24.03
	弱	98	V	98.9	148.4	209.4	282.7	368.7	468.1	581.1	708.0	850.1	1007	1179	1368
			ω _{ZP}	20.14	20.99	21.77	22.50	23.18	23.84	24.46	25.04	25.62	26.17	26.70	27.22
0.020	强	0	V	43.9	69.2	101.8	142.1	190.8	248.1	315.0	391.6	478.5	565.3	684.3	803.7
			ω _{ZR}	8.94	9.79	10.58	11.31	12.00	12.64	13.26	13.85	14.42	14.99	15.49	15.99
	中	49	V	81.5	123.1	175.0	237.5	311.4	369.6	494.4	604.5	728.4	864.7	1016	1181
			ω _{ZP}	16.61	17.42	18.19	18.90	19.58	20.20	20.81	21.38	21.95	22.47	23.00	23.49
	弱	98	V	98.0	146.7	207.0	279.1	363.7	461.0	572.1	697.0	836.2	990.2	1159	1343
			ω _{ZP}	19.96	20.75	21.52	22.21	22.87	23.48	24.08	24.65	25.20	25.73	26.24	26.72

- 注：1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款；
- 2 烟压[0]/[49]/[98]Pa 时的烟速为负压/正压运行时的最高烟速[ω_{ZR}]/[ω_{ZP}]，其烟道压力为负压；
- 3 当烟温或大气温度变化时，流速按式[ω_{ZR}]_i = K_i × [ω_{ZR}]和式[ω_{ZP}]_i = K_i × [ω_{ZP}]进行修正，K 为温度修正系数， $K_i = \sqrt{\frac{(\rho_{at} - \rho_{yt}) \times \rho_y}{(\rho_a - \rho_y) \times \rho_{yt}}}$ ；ρ_a、ρ_y 为典型条件下的数据(见正文本规定第 8.4.4 条第 1 款)，ρ_{at}、ρ_{yt} 为当地大气温度和烟温变化后的对应的密度，分别按本规定式(8.4.3-2)和式(8.4.3-3)计算。
- 4 烟速修正后的烟气流量按下式计算： $V = [\omega_{ZR}]_i \times \frac{\pi d_o^2}{4}$ 或 $V = [\omega_{ZP}]_i \times \frac{\pi d_o^2}{4}$ 。

L.2 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.05,除尘方式为湿式除尘(烟温 65℃)条件下最高出口烟速、烟量。

表 L.2

出口 段坡 度 i_0	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m^3/s) ω (m/s)	烟囱出口内径 d_0 (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.010	强	0	V	38.2	60.3	88.6	123.6	166.0	216.2	274.2	341.0	416.4	501.1	595.5	699.7
			ω_{ZR}	7.78	8.53	9.21	9.84	10.44	11.01	11.54	12.06	12.55	13.02	13.48	13.92
	中	49	V	69.6	105.4	149.8	203.2	266.7	340.5	424.6	518.8	624.8	742.4	872.5	1014
			ω_{ZP}	14.18	14.92	15.57	16.17	16.77	17.34	17.87	18.35	18.83	19.29	19.75	20.17
	弱	98	V	83.3	125.0	176.3	237.9	310.3	394.7	488.5	595.7	714.8	846.6	991.8	1149
			ω_{ZP}	16.97	17.68	18.33	18.93	19.50	20.10	20.56	21.07	21.54	22.00	22.45	22.87
0.012	强	0	V	36.0	56.9	83.6	116.7	156.6	204.0	258.7	321.7	392.9	473.0	561.9	660.5
			ω_{ZR}	7.34	8.05	8.69	9.29	9.85	10.39	10.89	11.38	11.84	12.29	12.72	13.14
	中	49	V	68.7	103.7	147.1	199.5	216.1	332.8	413.9	506.7	608.6	723.5	849.1	986.7
			ω_{ZP}	13.99	14.67	15.29	15.88	16.42	16.95	17.42	17.92	18.34	18.80	19.22	19.63
	弱	98	V	82.8	124.1	174.6	235.2	306.1	388.4	481.1	586.1	702.8	831.6	972.8	1127
			ω_{ZP}	16.88	17.56	18.15	18.72	19.25	19.78	20.25	20.73	21.18	21.61	22.02	22.43
0.014	强	0	V	34.2	54.0	79.4	110.8	148.7	193.6	245.7	305.4	393.0	449.1	533.7	626.8
			ω_{ZR}	6.97	7.64	8.25	8.82	9.35	9.86	10.34	10.80	11.24	11.67	12.08	12.47
	中	49	V	67.7	102.1	144.6	195.8	255.9	326.1	405.1	495.6	594.6	707.0	829.7	963.1
			ω_{ZP}	13.80	14.45	15.03	15.58	16.09	16.61	17.05	17.53	17.92	18.37	18.78	19.16
	弱	98	V	82.4	123.1	173.1	232.8	302.6	383.3	474.7	577.4	691.5	818.2	956.5	1107
			ω_{ZP}	16.79	17.42	17.99	18.53	19.03	19.52	19.98	20.42	20.84	21.26	21.65	22.03

续表 L.2

出口 段坡 度 i_0	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m^3/s) ω (m/s)	烟囱出口内径 d_0 (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.016	强	0	V	32.6	51.5	75.7	105.7	141.9	184.8	234.5	291.2	355.7	428.3	508.9	598.2
			ω_{ZR}	6.65	7.29	7.87	8.41	8.92	9.41	9.87	10.30	10.72	11.13	11.52	11.90
	中	49	V	67.0	100.7	136.7	192.5	251.4	320.0	397.9	485.5	584.0	692.7	811.1	942.0
			ω_{ZP}	13.65	14.25	14.81	15.32	15.81	16.30	16.75	17.17	17.60	18.00	18.36	18.74
	弱	98	V	82.0	122.9	171.6	230.5	299.3	378.7	460.2	569.2	681.6	805.9	941.4	1090
			ω_{ZP}	16.70	17.39	17.84	18.34	18.82	19.29	19.73	20.13	20.54	20.94	21.31	21.68
0.018	强	0	V	31.3	49.3	72.5	101.3	136.0	176.9	224.5	279.1	340.8	410.2	487.7	573.0
			ω_{ZR}	6.37	6.98	7.54	8.06	8.55	9.01	9.45	9.87	10.27	10.66	11.04	11.40
	中	49	V	66.3	99.4	140.6	190.0	247.8	314.5	391.3	477.0	572.4	678.9	797.0	923.4
			ω_{ZP}	13.50	14.06	14.61	15.12	15.58	16.02	16.47	16.87	17.25	17.64	18.01	18.37
	弱	98	V	81.7	121.4	170.3	228.4	296.6	374.6	463.0	562.4	672.9	802.0	928.6	1074
			ω_{ZP}	16.64	17.18	17.70	18.18	18.65	19.08	19.49	19.89	20.28	20.84	21.02	21.36
0.020	强	0	V	30.3	47.4	69.7	97.4	130.7	170.0	215.7	268.3	327.5	394.5	468.7	550.4
			ω_{ZR}	6.12	6.71	7.25	7.75	8.22	8.66	9.08	9.49	9.87	10.25	10.61	10.95
	中	49	V	65.5	98.3	138.8	187.4	244.3	309.8	384.6	469.3	563.4	666.9	781.1	904.3
			ω_{ZP}	13.55	13.91	14.43	14.91	15.36	15.78	16.19	16.60	16.98	17.33	17.68	17.99
	弱	98	V	81.1	120.7	169.0	226.7	293.9	370.9	458.0	556.1	664.6	785.1	916.3	1058
			ω_{ZP}	16.53	17.07	17.57	18.04	18.48	18.89	19.28	19.67	20.03	20.40	20.74	21.06

- 注:1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款;
- 2 烟压[0]/[49]/[98]Pa 时的烟速为负压/正压运行时的最高烟速 $[\omega_{ZR}]/[\omega_{ZP}]$,其烟道压力为负压;
- 3 当烟温或大气温度变化时,流速按式 $[\omega_{ZR}]_t = K_t \times [\omega_{ZR}]$ 和式 $[\omega_{ZP}]_t = K_t \times [\omega_{ZP}]$ 进行修正, K_t 为温度修正系数, $K_t = \sqrt{\frac{(\rho_{at} - \rho_{yt}) \times \rho_y}{(\rho_a - \rho_y) \times \rho_{yt}}}$; ρ_a 、 ρ_y 为典型条件下的数据(见正文本规定第 8.4.4 条第 1 款), ρ_{at} 、 ρ_{yt} 为当地大气温度和烟温变化后的对应的密度,分别按本规定式(8.4.3-2)和式(8.4.3-3)计算。
- 4 烟速修正后的烟气流量按下式计算: $V = [\omega_{ZR}]_t \times \frac{\pi d_0^2}{4}$ 或 $V = [\omega_{ZP}]_t \times \frac{\pi d_0^2}{4}$ 。

L.3 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.03,除尘方式为干式除尘(烟温 130℃)条件下最高出口烟速、烟量。

表 L.3

出口 段坡 度 i_0	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m^3/s) ω (m/s)	烟囱出口内径 d_0 (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.010	强	0	V	60.6	95.6	140.7	196.4	263.5	343.0	435.2	541.2	661.0	795.5	945.4	1111
			ω_{ZR}	12.35	13.53	14.62	15.63	16.57	17.47	18.32	19.14	19.92	20.67	21.40	22.10
	中	49	V	97.2	148.4	211.7	290.9	380.9	468.9	610.6	748.3	905.9	1077	1270	1478
			ω_{ZP}	19.80	21.00	22.00	23.15	23.95	24.80	25.70	26.50	27.30	28.00	28.75	29.40
	弱	98	V	113.1	171.0	242.9	329.2	431.0	549.8	685.4	838.3	1009	1199	1409	1644
			ω_{ZP}	23.05	24.20	25.25	26.20	27.10	28.00	28.85	29.65	30.40	31.15	31.90	32.70
0.012	强	0	V	56.6	89.3	131.4	183.5	246.3	320.4	406.7	505.5	617.5	743.5	883.6	1038
			ω_{ZR}	11.54	12.64	13.66	14.60	15.49	16.32	17.12	17.88	18.61	19.32	20.00	20.65
	中	49	V	94.2	143.1	204.9	279.0	367.4	471.2	586.8	718.2	867.7	1033	1215	1417
			ω_{ZP}	19.20	20.25	21.30	22.20	23.10	24.00	24.70	25.40	26.15	26.85	27.50	28.20
	弱	98	V	110.4	166.8	236.7	320.4	419.1	533.1	662.8	810.0	975.6	1158	1358	1578
			ω_{ZP}	22.50	23.60	24.60	25.50	26.35	27.15	27.90	28.65	29.40	30.10	30.75	31.40
0.014	强	0	V	53.3	84.2	123.8	172.8	232.0	302.0	383.2	476.4	581.7	700.0	831.9	977.7
			ω_{ZR}	10.87	11.91	12.87	13.75	14.59	15.38	16.13	16.85	17.53	18.19	18.83	19.45
	中	49	V	91.8	139.2	198.2	270.7	356.2	453.6	565.4	694.1	863.2	994.8	1171	1362
			ω_{ZP}	18.70	19.70	20.60	21.54	22.40	23.10	23.80	24.55	25.20	25.85	26.50	27.10
	弱	98	V	108.5	163.3	230.9	312.3	408.7	519.3	646.2	787.4	945.7	1120	1316	1528
			ω_{ZP}	22.10	23.10	24.00	24.85	25.70	26.45	27.20	27.85	28.50	29.10	29.80	30.40

续表 L.3

出口 段坡 度 i_0	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m^3/s) ω (m/s)	烟囱出口内径 d_0 (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.016	强	0	V	50.6	79.8	117.4	163.9	220.0	286.3	363.3	451.5	551.5	663.8	788.6	926.9
			ω_{ZR}	10.31	11.29	12.20	13.04	13.83	14.58	15.29	15.97	16.62	17.25	17.85	18.44
	中	49	V	89.6	135.7	193.4	262.6	345.1	439.8	548.8	672.9	811.3	964.0	1133	1317
			ω_{ZP}	18.25	19.20	20.10	20.90	21.70	22.40	23.10	23.80	24.45	25.05	25.65	26.20
	弱	98	V	106.5	160.1	226.1	306.0	399.2	506.6	629.6	769.1	922.5	1093	1281	1485
			ω_{ZP}	21.70	22.65	23.50	24.35	25.10	25.80	26.50	27.20	27.80	28.40	29.00	29.55
0.018	强	0	V	48.2	76.0	111.9	156.2	209.6	272.7	346.1	430.3	528.3	632.7	751.5	883.2
			ω_{ZR}	9.82	10.76	11.62	12.43	13.18	13.89	14.57	15.22	15.92	16.44	17.01	17.57
	中	49	V	87.6	132.9	188.6	256.4	335.6	428.0	534.6	654.5	791.4	937.1	1100	1279
			ω_{ZP}	17.85	18.80	19.60	20.40	21.10	21.80	22.50	23.15	23.85	24.35	24.90	25.45
	弱	98	V	105.0	157.6	222.2	300.3	391.2	496.8	616.5	750.7	905.9	1068	1250	1450
			ω_{ZP}	21.40	22.30	23.10	23.90	24.60	25.30	25.95	26.55	27.30	27.75	28.30	28.85
0.020	强	0	V	46.1	72.8	107.0	149.4	200.5	260.9	331.2	411.7	503.0	605.4	719.2	845.5
			ω_{ZR}	9.40	10.30	11.12	11.89	12.61	13.29	13.94	14.56	15.16	15.73	16.28	16.82
	中	49	V	86.1	130.1	184.7	250.7	328.4	418.2	521.5	637.6	768.2	912.1	1071	1252
			ω_{ZP}	17.55	18.40	19.20	19.95	20.65	21.30	21.95	22.55	23.15	23.70	24.25	24.90
	弱	98	V	103.6	155.1	218.4	294.7	384.1	486.9	604.7	735.1	882.7	1045	1224	1417
			ω_{ZP}	21.10	21.95	22.70	23.45	24.15	24.80	25.45	26.00	26.60	27.15	27.70	28.20

- 注:1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款;
- 2 烟压[0]/[49]/[98]Pa 时的烟速为负压/正压运行时的最高烟速 $[\omega_{ZR}]/[\omega_{ZP}]$,其烟道压力为负压;
- 3 当烟温或大气温度变化时,流速按式 $[\omega_{ZR}]_t = K_t \times [\omega_{ZR}]$ 和式 $[\omega_{ZP}]_t = K_t \times [\omega_{ZP}]$ 进行修正, K_t 为温度修正系数, $K_t = \sqrt{\frac{(\rho_{at} - \rho_{yt}) \times \rho_y}{(\rho_a - \rho_y) \times \rho_{yt}}}$; ρ_a 、 ρ_y 为典型条件下的数据(见正文本规定第 8.4.4 条第 1 款), ρ_{at} 、 ρ_{yt} 为当地大气温度和烟温变化后的对应的密度,分别按本规定式(8.4.3-2)和式(8.4.3-3)计算。
- 4 烟速修正后的烟气流量按下式计算: $V = [\omega_{ZR}]_t \times \frac{\pi d_0^2}{4}$ 或 $V = [\omega_{ZP}]_t \times \frac{\pi d_0^2}{4}$ 。

L.4 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.03,除尘方式为湿式除尘(烟温 65℃)条件下最高出口烟速、烟量。

表 L.4

出口 段坡 度 i_0	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m^3/s) ω (m/s)	烟囱出口内径 d_0 (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.010	强	0	V	41.5	67.6	96.3	134.4	180.5	235.0	298.2	370.7	452.6	544.9	647.2	761.0
			ω_{ZR}	8.46	9.57	10.01	10.70	11.35	11.97	12.55	13.11	13.64	14.16	14.65	15.14
	中	49	V	76.1	118.7	163.5	221.8	291.0	371.1	463.3	565.5	680.2	808.2	949.8	1106
			ω_{ZP}	15.50	16.80	17.00	17.65	18.30	18.90	19.50	20.00	20.50	21.00	21.50	22.00
	弱	98	V	90.8	140.7	192.4	260.1	338.3	430.0	534.6	650.3	779.8	923.6	1082	1257
			ω_{ZP}	18.50	19.90	20.00	20.70	21.30	21.90	22.50	23.00	23.50	24.00	24.50	25.00
0.012	强	0	V	38.3	61.2	89.9	125.7	168.7	219.5	278.7	346.4	423.1	509.2	604.8	710.7
			ω_{ZR}	7.91	8.66	9.35	10.00	10.61	11.18	11.73	12.25	12.75	13.23	13.69	14.14
	中	49	V	74.1	112.0	158.7	213.6	282.3	359.3	446.6	547.1	658.7	781.2	916.7	1066
			ω_{ZP}	15.10	15.85	16.50	17.00	17.75	18.30	18.80	19.35	19.85	20.30	20.75	21.20
	弱	98	V	89.8	134.3	188.6	215.3	330.8	420.2	520.3	633.3	761.5	900.5	1051	1216
			ω_{ZP}	18.30	19.00	19.60	20.00	20.80	21.40	21.90	22.40	22.95	23.40	23.80	24.20
0.014	强	0	V	36.6	57.7	84.8	118.4	158.9	206.7	262.5	326.3	398.5	479.5	569.9	669.5
			ω_{ZR}	7.45	8.16	8.81	9.42	9.99	10.53	11.05	11.54	12.01	12.46	12.90	13.32
	中	49	V	72.6	109.6	153.9	209.8	275.1	349.5	434.8	531.5	637.1	758.1	888.0	1030
			ω_{ZP}	14.80	15.50	16.00	16.70	17.30	17.80	18.30	18.80	19.20	19.70	20.10	20.50
	弱	98	V	88.3	132.2	185.7	250.1	324.4	412.3	510.8	622.0	743.3	877.4	1025	1186
			ω_{ZP}	18.00	18.70	19.30	19.90	20.40	21.00	21.50	22.00	22.40	22.80	23.20	23.60

续表 L.4

出口 段坡 度 i_0	腐蚀性等级 及烟压(Pa)		V (m ³ /s) ω (m/s)	烟囱出口内径 d_0 (m)											
				2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
0.016	强	0	V	34.6	54.6	80.3	112.2	150.6	195.9	248.7	309.3	377.6	454.5	540.3	634.8
			ω_{ZR}	7.06	7.73	8.35	8.93	9.47	9.98	10.47	10.94	11.38	11.81	12.23	12.63
	中	49	V	71.2	107.4	152.0	204.8	268.8	340.7	422.9	517.4	620.5	735.0	865.9	1003
			ω_{ZP}	14.50	15.20	15.80	16.30	16.90	17.35	17.80	18.30	18.70	19.10	19.60	19.95
	弱	98	V	87.40	130.8	182.8	246.3	319.7	404.5	498.9	607.9	726.7	858.2	1003	1161
			ω_{ZP}	17.80	18.50	19.00	19.60	20.10	20.60	21.00	21.50	21.90	22.30	22.70	23.10
0.018	强	0	V	33.0	52.1	76.6	106.9	143.6	186.7	237.1	294.6	360.0	433.3	514.7	604.7
			ω_{ZR}	6.73	7.37	7.96	8.51	9.03	9.51	9.98	10.42	10.85	11.26	11.65	12.03
	中	49	V	70.2	105.3	149.1	201.1	262.4	333.8	414.6	506.1	607.2	719.7	843.8	980.2
			ω_{ZP}	14.30	14.90	15.50	16.00	16.50	17.00	17.45	17.90	18.30	18.70	19.10	19.50
	弱	98	V	86.9	129.0	180.9	242.5	314.9	396.6	491.8	596.6	715.1	842.8	985.2	1138
			ω_{ZP}	17.70	18.25	18.80	19.30	19.90	20.20	20.70	21.10	21.55	21.90	22.30	22.65
0.020	强	0	V	31.6	49.8	73.3	102.3	137.4	178.8	226.9	281.9	344.4	414.5	492.6	579.0
			ω_{ZR}	6.44	7.05	7.62	8.14	8.64	9.10	9.55	9.97	10.38	10.77	11.15	11.52
	中	49	V	69.2	103.9	146.7	197.3	257.6	325.9	406.3	494.8	594.0	704.3	823.9	955.0
			ω_{ZP}	14.10	14.70	15.25	15.70	16.20	16.60	17.10	17.50	17.90	18.30	18.65	19.00
	弱	98	V	85.9	127.6	178.0	239.4	310.3	391.7	484.7	588.1	703.5	829.3	967.5	1118
			ω_{ZP}	17.50	18.05	18.50	19.05	19.50	19.95	20.40	20.80	21.20	21.55	21.90	22.25

- 注:1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款;
- 2 烟压[0]/[49]/[98]Pa 时的烟速为负压/正压运行时的最高烟速 $[\omega_{ZR}]/[\omega_{ZP}]$,其烟道压力为负压;
- 3 当烟温或大气温度变化时,流速按式 $[\omega_{ZR}]_t = K_t \times [\omega_{ZR}]$ 和式 $[\omega_{ZP}]_t = K_t \times [\omega_{ZP}]$ 进行修正, K_t 为温度修正系数, $K_t = \sqrt{\frac{(\rho_{at} - \rho_{yt}) \times \rho_y}{(\rho_a - \rho_y) \times \rho_{yt}}}$; ρ_a 、 ρ_y 为典型条件下的数据(见正文本规定第 8.4.4 条第 1 款), ρ_{at} 、 ρ_{yt} 为当地大气温度和烟温变化后的对应的密度,分别按本规定式(8.4.3-2)和式(8.4.3-3)计算。
- 4 烟速修正后的烟气流量按下式计算: $V = [\omega_{ZR}]_t \times \frac{\pi d_0^2}{4}$ 或 $V = [\omega_{ZP}]_t \times \frac{\pi d_0^2}{4}$ 。

附录 M 直型筒负压运行最高出口烟速、烟量

M.1 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.05 条件下最高出口烟速、烟量。

表 M.1

烟气温度 $t_y(^{\circ}\text{C})$		V (m ³ /s) $\omega(\text{m/s})$	烟囱出口内径 $d_o(\text{m})$											
			2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
湿 式 除 尘	60	V	58.3	91.9	135.1	188.6	253.0	329.5	418.5	519.7	634.8	763.9	907.9	1067
		ω_{TR}	11.87	13.00	14.04	15.01	15.91	16.78	17.60	18.38	19.13	19.85	20.55	21.23
	65	V	61.6	97.3	143.0	199.7	268.0	348.7	442.6	550.2	672.0	808.5	960.9	1129
		ω_{TR}	12.56	13.76	14.86	15.89	16.85	17.76	18.63	19.46	20.25	21.01	21.75	22.47
	70	V	64.8	102.3	150.4	210.0	281.8	366.8	465.4	578.5	706.8	850.5	1011	1188
		ω_{TR}	13.21	14.47	15.63	16.71	17.72	18.68	19.59	20.46	21.30	22.10	22.88	23.63
	80	V	70.8	111.7	164.2	229.3	307.9	400.7	508.4	631.9	772.2	929.4	1104	1297
		ω_{TR}	14.43	15.81	17.07	18.25	19.36	20.41	21.40	22.35	23.27	24.15	24.99	25.81
	90	V	76.3	120.4	177.0	247.2	331.9	432.0	548.1	681.4	832.2	1002	1190	1398
		ω_{TR}	15.55	17.04	18.40	19.67	20.87	22.00	23.07	24.10	25.08	26.03	26.94	27.82
	100	V	81.5	128.6	188.9	263.9	354.2	461.0	584.9	727.2	888.3	1069	1270	1493
		ω_{TR}	16.60	18.19	19.64	21.00	22.27	23.48	24.62	25.72	26.78	27.77	28.76	29.70
干 式 除 尘	110	V	80.7	127.2	187.1	261.2	350.7	456.3	579.2	719.9	879.3	1058	1258	1478
		ω_{TR}	16.44	18.00	19.45	20.79	22.05	23.24	24.38	25.46	26.50	27.50	28.47	29.40
	120	V	85.4	134.7	198.1	276.6	371.4	483.2	613.2	762.3	931.1	1121	1331	1565
		ω_{TR}	17.40	19.06	20.59	22.01	23.35	24.61	25.81	26.96	28.06	29.12	30.13	31.13
	130	V	89.9	141.8	208.5	291.2	390.9	508.5	645.5	802.4	979.9	1180	1404	1647
		ω_{TR}	18.32	20.06	21.67	23.17	24.57	25.90	27.17	28.38	29.53	30.65	31.72	32.77
	140	V	94.2	148.6	218.4	305.0	409.5	532.9	676.2	840.6	1027	1236	1468	1726
		ω_{TR}	19.19	21.02	22.70	24.27	25.75	27.14	28.46	29.73	30.94	32.11	33.24	34.33
	150	V	98.3	155.0	227.9	318.3	427.2	555.9	705.6	877.1	1071	1289	1532	1800
		ω_{TR}	20.02	21.93	23.69	25.33	26.86	28.31	29.70	31.02	32.28	33.50	34.68	35.82

- 注:1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款;
- 2 本表不作为直型同烟囱出口烟速的选择依据,仅作为提高出口烟速的控制依据;
- 3 当烟温或大气温度变化时,阻力系数 λ 与典型条件不同时,流速按式 $[\omega_{\text{ZR}}]'=K_t\times[\omega_{\text{ZR}}]$, K_t 为温度修正系数,
$$K_t=\sqrt{\frac{(\rho_{\text{at}}-\rho_{\text{yt}})\times\rho_{\text{y}}}{(\rho_{\text{a}}-\rho_{\text{y}})\times\rho_{\text{yt}}}}$$
 ρ_{a} 、 ρ_{y} 为典型条件下的数据(见正文本规定第 8.4.4 条第 1 款), ρ_{at} 、 ρ_{yt} 为当地大气温度
和烟温变化后的对应的密度,分别按本规定式(8.4.3-2)和式(8.4.3-3)计算。
- 4 本表仅适用于带凸肩内衬直型筒烟囱。

M.2 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.03 条件下最高出口烟速、烟量。

表 M.2

烟气温度 $t_y(^{\circ}\text{C})$		$V(\text{m}^3/\text{s})$ $\omega(\text{m/s})$	烟囱出口内径 $d_o(\text{m})$											
			2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
湿 式 除 尘	60	V	75.2	118.6	174.4	243.5	326.8	425.3	539.8	670.9	819.6	986.3	1172	1377
		ω_{TR}	15.32	16.78	18.13	19.38	20.55	21.66	22.72	23.73	24.70	25.63	26.53	27.40
	65	V	79.6	125.5	184.5	257.6	345.9	450.0	570.9	710.0	867.4	1044	1240	1458
		ω_{TR}	16.21	17.76	19.18	20.50	21.75	22.92	24.03	25.11	26.14	27.12	28.08	29.00
	70	V	83.7	132.0	194.1	271.0	363.9	473.6	600.8	747.0	912.5	1098	1305	1533
		ω_{TR}	17.05	18.68	20.18	21.57	22.88	24.12	25.29	26.42	27.50	28.54	29.54	30.51
	80	V	91.4	144.2	212.0	396.1	397.4	517.2	656.4	816.0	996.8	1199	1425	1675
		ω_{TR}	18.63	20.40	22.04	23.56	24.99	26.34	27.63	28.86	30.04	31.17	32.26	33.32
	90	V	98.6	155.4	228.5	319.2	428.5	557.4	707.5	879.3	1074	1293	1536	1805
		ω_{TR}	20.08	21.99	23.75	25.40	26.94	28.39	29.78	31.10	32.37	33.60	34.78	35.92
	100	V	105.2	165.9	244.0	340.7	457.2	595.1	755.3	938.7	1146	1380	1639	1927
		ω_{TR}	21.43	23.47	25.36	27.11	28.75	30.31	31.79	33.20	34.55	35.86	37.12	38.34
干 式 除 尘	110	V	104.2	164.3	241.6	337.3	452.8	589.2	747.7	929.4	1135	1366	1623	1908
		ω_{TR}	21.22	23.24	25.11	26.84	28.47	30.01	31.47	32.87	34.21	35.51	36.75	37.96
	120	V	110.2	173.9	255.7	357.1	479.4	623.8	791.6	983.9	1202	1447	1719	2020
		ω_{TR}	22.46	24.61	26.58	28.42	30.14	31.77	33.32	34.80	36.22	37.59	38.91	40.19
	130	V	116.0	183.1	269.2	375.9	504.5	656.6	833.2	1036	1256	1523	1809	2126
		ω_{TR}	23.64	25.90	27.98	29.91	31.72	33.44	35.07	36.63	38.13	39.57	40.95	42.30
	140	V	121.6	191.8	282.0	393.7	528.5	687.8	872.9	1085	1325	1595	1895	2227
		ω_{TR}	24.77	27.13	29.31	31.33	33.23	35.03	36.74	38.37	39.94	41.45	42.90	44.31
	150	V	126.9	200.1	294.2	410.8	551.4	717.6	910.9	1132	1383	1664	1978	2324
		ω_{TR}	25.85	28.31	30.58	32.69	34.67	36.55	38.34	40.04	41.67	43.25	44.77	46.23

- 注:1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款;
- 2 本表不作为直型同烟囱出口烟速的选择依据,仅作为提高出口烟速的控制依据;
- 3 当烟温或大气温度变化时,阻力系数 λ 与典型条件不同时,流速按式 $[\omega_{\text{ZR}}]'=K_t\times[\omega_{\text{ZR}}]$, K_t 为温度修正系数,
- $$K_t=\sqrt{\frac{(\rho_{\text{at}}-\rho_{\text{yt}})\times\rho_{\text{y}}}{(\rho_{\text{a}}-\rho_{\text{y}})\times\rho_{\text{yt}}}};$$
 $\rho_{\text{a}}、\rho_{\text{y}}$ 为典型条件下的数据(见正文本规定第 8.4.4 条第 1 款), $\rho_{\text{at}}、\rho_{\text{yt}}$ 为当地大气温度和烟温变化后的对应的密度,分别按本规定式(8.4.3-2)和式(8.4.3-3)计算。
- 4 本表仅适用于带凸肩内衬直型筒烟囱。

M.3 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.015 条件下最高出口烟速、烟量。

表 M.3

烟气温度 $t_y(^{\circ}\text{C})$		$V(\text{m}^3/\text{s})$ $\omega(\text{m/s})$	烟囱出口内径 $d_o(\text{m})$											
			2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
湿 式 除 尘	60	V	106.4	167.7	246.7	344.4	462.2	601.4	763.3	948.9	1159	1395	1657	1948
		ω_{TR}	21.67	23.73	25.64	27.41	29.06	30.63	32.13	33.56	34.93	36.25	37.52	38.75
	65	V	112.5	177.6	260.9	364.3	489.2	636.4	807.3	1004	1227	1476	1754	2061
		ω_{TR}	22.92	25.12	27.12	28.99	30.76	32.41	33.98	35.51	36.97	38.35	39.71	41.01
	70	V	118.3	186.7	274.6	383.3	514.7	669.7	849.8	1056	1290	1553	1845	2169
		ω_{TR}	24.11	26.42	28.54	30.50	32.26	34.11	35.77	37.36	38.89	40.36	41.76	43.15
	80	V	129.3	203	299.9	418.7	562.0	731.4	928.2	1154	1410	1696	2015	2368
		ω_{TR}	26.35	28.85	31.17	33.32	35.34	37.25	39.07	40.81	42.48	44.08	45.62	47.12
	90	V	134.5	219.8	323.2	451.4	605.9	788.3	1001	1243	1519	1829	2173	2553
		ω_{TR}	28.40	31.10	33.59	35.92	38.10	40.15	42.12	43.98	45.79	47.52	49.19	50.80
	100	V	148.8	234.6	345.0	488.1	646.7	841.5	1068	1327	1621	1951	2319	2725
		ω_{TR}	30.31	33.19	35.86	38.84	40.66	42.86	44.96	46.95	48.86	50.71	52.50	54.22
干 式 除 尘	110	V	147.3	232.3	341.6	477.0	640.3	883.3	1057	1314	1605	1933	1671	2698
		ω_{TR}	30.01	32.87	35.51	37.96	40.26	42.44	44.51	46.91	48.38	50.22	51.83	53.68
	120	V	155.9	246.0	361.6	505.0	677.8	882.2	1120	1391	1700	2046	2431	2857
		ω_{TR}	31.76	34.80	37.59	40.19	42.62	44.93	47.13	49.21	51.22	53.16	55.03	56.84
	130	V	164.1	258.9	380.7	531.5	713.5	928.5	1178	1465	1789	2153	2558	3007
		ω_{TR}	33.43	36.63	39.57	42.30	44.86	47.29	49.60	51.80	53.92	55.96	57.91	59.82
	140	V	171.9	271.2	398.9	556.8	747.3	972.7	1234	1534	1874	2256	2680	3150
		ω_{TR}	35.03	38.37	41.45	44.31	46.99	49.54	51.96	54.26	56.48	58.62	60.67	62.66
	150	V	179.4	283.0	416.1	580.9	779.8	1015	1288	1601	1955	2354	2797	3286
		ω_{TR}	36.56	40.04	43.25	46.23	49.03	51.69	54.22	56.63	58.93	61.16	63.31	65.38

- 注:1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款;
- 2 本表不作为直型同烟囱出口烟速的选择依据,仅作为提高出口烟速的控制依据;
- 3 当烟温或大气温度变化时,阻力系数 λ 与典型条件不同时,流速按式 $[\omega_{\text{ZR}}]'=K_t\times[\omega_{\text{ZR}}]$, K_t 为温度修正系数,
 $K_t=\sqrt{\frac{(\rho_{\text{at}}-\rho_{\text{yt}})\times\rho_{\text{y}}}{(\rho_{\text{a}}-\rho_{\text{y}})\times\rho_{\text{yt}}}}$; $\rho_{\text{a}}、\rho_{\text{y}}$ 为典型条件下的数据(见正文本规定第 8.4.4 条第 1 款), $\rho_{\text{at}}、\rho_{\text{yt}}$ 为当地大气温度
和烟温变化后的对应的密度,分别按本规定式(8.4.3-2)和式(8.4.3-3)计算。
- 4 本表仅适用于钢直型筒烟囱。

附录 N 直型筒烟囱入口“零”压力时最高出口烟速、烟量

N.1 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.05 条件下最高出口烟速、烟量。

表 N.1

烟气 温度 $t_y(^{\circ}\text{C})$	烟囱 高度 $H_o(\text{m})$	$V(\text{m}^3/\text{s})$ $\omega(\text{m/s})$	烟囱出口内径 $d_o(\text{m})$											
			2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
干 式 除 尘 130	60	V	70.5	106.2	149.9	201.3	—	—	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	14.36	15.03	15.58	16.02	—	—	—	—	—	—	—	—
	80	V	74.0	112.2	159.2	215.0	279.7	353.6	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	15.07	15.88	16.55	17.11	17.59	18.02	—	—	—	—	—	—
	100	V	—	115.9	165.1	223.7	292.0	369.9	457.6	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	16.40	17.16	17.80	18.36	18.84	19.26	—	—	—	—	—
	120	V	—	—	170.4	231.7	303.1	385.2	477.5	580.7	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	—	17.71	18.44	19.06	19.62	20.10	20.54	—	—	—	—
	150	V	—	—	—	240.5	315.8	402.5	500.6	610.2	731.7	864.7	—	—
		ω_{TO}	—	—	—	19.14	19.86	20.50	21.07	21.58	22.05	22.47	—	—
	180	V	—	—	—	—	324.3	413.9	515.8	629.9	756.6	895.5	1047	1212
		ω_{TO}	—	—	—	—	20.39	21.08	21.71	22.28	22.80	23.27	23.71	24.11
	210	V	—	—	—	—	—	424.5	529.8	648.3	779.5	924.4	1082	1254
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	21.62	22.30	22.93	23.49	24.02	24.50	24.95
	240	V	—	—	—	—	—	—	541.2	662.7	798.4	947.9	1111	1289
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	—	22.78	23.44	24.06	24.63	25.15	25.64
湿 式 除 尘 65	60	V	54.5	82.1	115.8	155.7	—	—	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	11.10	11.62	12.04	12.39	—	—	—	—	—	—	—	—
	80	V	55.7	84.5	120.0	162.0	210.7	266.2	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	11.35	11.96	12.47	12.89	13.25	13.56	—	—	—	—	—	—
	100	V	—	86.1	122.6	166.1	216.8	274.7	339.7	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	12.18	12.74	13.22	13.63	13.99	14.30	—	—	—	—	—
	120	V	—	—	125.0	169.9	222.3	282.3	350.2	425.8	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	—	12.99	13.52	13.98	14.38	14.74	15.06	—	—	—	—
	150	V	—	—	—	174.2	228.7	291.4	362.5	441.9	529.6	626.1	—	—
		ω_{TO}	—	—	—	13.86	14.38	14.84	15.26	15/63	15.96	16.27	—	—
	180	V	—	—	—	—	233.0	297.5	370.6	452.7	543.5	634.5	753.8	870.6
		ω_{TO}	—	—	—	—	14.65	15.15	15.60	16.01	16.38	16.72	17.04	17.32
	210	V	—	—	—	—	—	303.0	378.2	462.8	556.4	660.0	772.7	895.2
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	15.43	15.92	16.37	16.77	17.15	17.49	17.81
	240	V	—	—	—	—	—	—	384.4	471.0	567.1	673.1	789.5	915.3
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	—	16.18	16.66	17.09	17.49	17.87	18.21

注：1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款，并且烟囱为砖内筒；

2 本表作为带凸肩砖内衬直型筒烟囱出口烟速选择依据：烟囱负压，烟道正压。

N.2 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.03 条件下最高出口烟速、烟量。

表 N.2

烟气 温度 $t_y(^{\circ}\text{C})$	烟囱 高度 $H_o(\text{m})$	$V(\text{m}^3/\text{s})$ $\omega(\text{m/s})$	烟囱出口内径 $d_o(\text{m})$											
			2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
干 式 除 尘 130	60	V	79.3	118.2	165.1	220.2	—	—	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	16.16	16.72	17.16	17.56	—	—	—	—	—	—	—	—
	80	V	84.9	127.3	178.8	239.5	309.5	388.6	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	17.29	18.01	18.59	19.06	19.46	19.79	—	—	—	—	—	—
	100	V	—	133.2	187.9	252.4	327.0	411.5	506.3	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	18.85	19.53	20.09	20.56	20.96	21.31	—	—	—	—	—
干 式 除 尘 65	60	V	61.3	91.3	127.6	170.0	—	—	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	12.48	12.92	13.26	13.53	—	—	—	—	—	—	—	—
	80	V	63.9	95.8	134.6	180.3	233.0	292.6	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	13.01	13.56	14.00	14.35	14.65	14.90	—	—	—	—	—	—
	100	V	—	98.8	139.3	187.2	242.5	305.3	375.6	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	13.98	14.48	14.90	15.25	15.55	15.81	—	—	—	—	—

- 注:1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款,并且烟囱为砖内筒;
2 本表作为无凸肩内衬(如陶粒混凝土)直型筒($H_o\leq 100\text{m}$)烟囱出口烟速选择依据:烟囱负压,烟道正压。

N.3 烟囱内壁摩擦阻力系数 0.015 条件下最高出口烟速、烟量。

表 N.3

烟气 温度 $t_y(^{\circ}\text{C})$	烟囱 高度 $H_o(\text{m})$	$V(\text{m}^3/\text{s})$ $\omega(\text{m/s})$	烟囱出口内径 $d_o(\text{m})$											
			2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
湿 式 除 尘 65	60	V	88.6	130.3	180.2	238.2	—	—	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	18.06	18.44	18.73	18.96	—	—	—	—	—	—	—	—
	80	V	97.1	143.5	199.4	264.5	338.9	422.7	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	19.79	23.32	20.73	21.05	21.31	21.53	—	—	—	—	—	—
	100	V	—	152.7	212.8	283.0	363.4	454.0	554.7	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	21.61	22.12	22.52	22.85	23.12	23.35	—	—	—	—	—
	120	V	—	—	226.0	301.3	387.7	485.4	594.2	713.9	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	—	23.49	23.98	24.38	24.72	25.01	25.25	—	—	—	—
	150	V	—	—	—	323.8	418.0	524.6	643.6	775.0	918.8	1075	—	—
		ω_{TO}	—	—	—	25.77	26.28	26.72	27.09	27.41	27.69	27.94	—	—
	180	V	—	—	—	—	439.7	552.9	679.5	819.4	972.6	1139	1320	1513
		ω_{TO}	—	—	—	—	27.65	28.16	28.60	28.98	29.31	29.61	29.88	30.11
	210	V	—	—	—	—	—	580.6	714.9	863.2	1026	1204	1396	1620
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	29.57	30.09	30.53	30.93	31.28	31.60	31.88
	240	V	—	—	—	—	—	—	745.1	901.4	1073	1260	1462	1680
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	—	31.36	31.88	32.33	32.74	33.10	33.43
干 式 除 尘 130	60	V	68.5	100.7	139.2	184.2	235.2	292.6	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	13.95	14.25	14.47	14.65	14.79	14.90	—	—	—	—	—	—
	80	V	73.1	108.1	150.1	199.2	255.1	318.1	—	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	14.90	15.30	15.60	15.85	16.04	16.20	—	—	—	—	—	—
	100	V	—	113.3	157.9	209.8	269.6	336.7	411.5	—	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	16.03	16.41	16.70	16.95	17.15	17.32	—	—	—	—	—
	120	V	—	—	165.6	220.8	284.0	355.6	435.2	523.1	—	—	—	—
		ω_{TO}	—	—	17.21	17.57	17.86	18.11	18.32	18.50	—	—	—	—
	150	V	—	—	—	234.4	302.5	379.5	465.2	560.7	664.6	777.8	—	—
		ω_{TO}	—	—	—	18.65	19.02	19.33	19.58	19.83	20.03	20.21	—	—
	180	V	—	—	—	—	315.7	397.0	487.7	588.4	698.5	818.2	947.6	1087
		ω_{TO}	—	—	—	—	19.85	20.22	20.53	20.81	21.05	21.26	21.45	21.62
	210	V	—	—	—	—	—	414.1	509.8	615.8	732.0	858.6	995.8	1143
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	21.09	21.46	21.78	22.06	22.31	22.54	22.74
	240	V	—	—	—	—	—	—	524.1	639.6	761.5	894.4	1038	1193
		ω_{TO}	—	—	—	—	—	—	22.06	22.62	22.95	23.24	23.49	23.73

注：1 本表采用的典型条件见本规定第 8.4.4 条第 1 款，并且为钢内筒；

2 本表作为钢直型筒烟囱出口流速选择依据：烟囱负压，烟道正压。

附录 P 烟囱及烟道结构型式与防腐措施

P.1 烟囱结构型式的选择

P.1.1 当排放强腐蚀性烟气时,应采用(单管)套筒式或(多管)集束式一直型筒烟囱,烟囱负压运行。

P.1.2 当排放中等腐蚀性烟气时,宜优先采用防腐型锥型筒烟囱,最大烟压不宜超过 49Pa,也可以采用直型筒烟囱,直型筒烟囱不允许正压运行。

P.1.3 当排放弱腐蚀性烟气时,应采用防腐型单筒式—锥型筒烟囱,最大烟压不宜超过 98Pa。

P.1.4 当排放无腐蚀性烟气时,烟囱的防腐措施也应按排放弱腐蚀性烟气的要求进行设计。

P.2 烟道结构型式

P.2.1 对处于正压运行或局部正压局部负压运行的烟道,应采用钢制烟道。

P.2.2 对处于负压运行的烟道,宜采用砖或钢筋混凝土烟道,但对于大机组一般采用钢制烟道。

P.3 各种型式烟囱的防腐措施

P.3.1 防腐型单筒(锥型筒)式烟囱。当排放弱腐蚀性烟气时,钢筋混凝土筒壁内表面可涂一般档次耐高温防腐耐酸涂料。内衬采用 100 号机制粘涂砖、耐火砖和耐酸砂浆或耐酸胶泥砌筑。也可采用其他如陶土砖等内衬材料。隔热层应采用憎水性耐酸材料,如珍珠岩块等。

当排放中等腐蚀性烟气时,钢筋混凝土筒内表面应涂较高档次耐高温防腐耐酸涂料。内衬采用耐火砖和耐酸胶泥砌筑。也可采用其他如陶土砖等内衬材料,内侧面釉化处理。隔热层应采用憎水性耐酸材料,如珍珠岩块等。

P.3.2 直型砖内筒一套筒式或集筒式烟囱。套筒式砖内筒宜设计成下部自承重式,上部为钢筋混凝土筒壁支承方式;集束式砖内筒宜采用多层平台支承方式结构。

套筒式砖内筒应采用耐火砖、集束式砖内筒应采用耐火砖或其他轻质耐酸砌块和耐酸砂浆或耐酸胶泥砌筑。

砖内筒内烟气应按正常运行工况下处于负压状态进行设计。根据烟气露点温度,当烟气有可能结露时,应设隔热层,隔热层采用防水树脂珍珠岩。

P.3.3 直型钢内筒一套筒式或集束式烟囱。套筒式钢内筒宜设计成自承重式;集束式钢内筒宜设计成自承重式或悬挂式结构。

当排放强、中等腐蚀型烟气时,内筒应采用耐硫酸防腐钢板(不结露烟气用 10CrMnCu 考登钢,露点温度以下烟气用复合钛钢板),钢板厚度应留有裕量。

当排放弱腐蚀性烟气时,内筒宜采用普通钢板,钢板厚度应留有裕量。其内外表面宜刷防护

油漆。

钢内筒内烟气应按正常运行工况下处于负压状态进行设计。

P.3.4 烟囱内筒结构参数。内筒的型式与出口烟速密切相关,直型筒有高的出口烟速,而锥型筒受静压的限制,出口烟速低于直型筒。影响烟速的内筒结构因素主要是坡度 i 和摩擦阻力系数 λ 。摩擦阻力系数 λ 与内筒表面粗糙度有关,内表面为环状凸肩(凸肩用于支承砖内衬,即凸肩支承式)时,取 $\lambda=0.05$;无凸肩(内筒自重支承于烟囱基础上,即自承重式)时,取 $\lambda=0.03$;钢内衬时,取 $\lambda=0.015$ 。

本规定用词说明

1 为规范和区别本规定条文中用词用语的程度,对于要求严格管理程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时,首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规定中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准和规范执行的,写法为“可参照……”。

中华人民共和国化工行业标准

锅炉房设计工艺计算规定

HG/T 20680—2011

条 文 说 明

7.2	除灰渣系统选择计算	(165)
8	烟气污染物排放和烟囱工艺计算	(166)
8.1	基本规定	(166)
8.2	烟囱污染物排放量的计算	(166)
8.3	烟囱高度计算	(166)
8.4	烟气出口内径的计算及校核	(166)
9	燃油锅炉、燃油系统及设备选择计算	(168)
9.1	燃料供应	(168)
9.2	燃料管道水力计算	(168)
9.3	中间邮箱选择计算	(168)
9.4	污油处理池容积计算	(168)
9.5	燃油加热器选择计算	(168)
9.6	燃料油过滤器选择计算	(169)
9.7	输油泵、供油泵的选择计算	(169)
10	燃气锅炉、燃气系统及设备选择计算	(170)

1 总 则

1.0.1、1.0.2 这两条说明了本规定的原则和范围。

随着热工中心站范围的扩大以及中心站成员单位设计锅炉房规模有不断增大的趋势,大部分热工中心站的成员设计单位已经有了单台额定出力 130t/h、220t/h 的业绩,有些设计单位甚至已经有单台额定出力 410t/h,参数 9.81MPa、540℃ 的设计业绩。原规定的适用范围已远远不能满足中心站成员单位人员的要求。因此,为了适应这种发展趋势和便于设计人员查找资料,本规定适用范围扩大至参数 9.81MPa、540℃,锅炉容量没有上限要求。超过规定规模和参数时,可参照执行。

1.0.3 有关锅炉房设计的计算规定、手册等较多、较杂,在执行本规定时如发现与现行国家强制标准有矛盾或有新标准颁布时,应按上一级标准或新标准执行。

由于热工中心站涉及行业不同,各设计单位专业间分工存在一定差别,本次修改后的规定不一定涵盖所有设计单位的锅炉房工艺设计专业内容。

本规定依据和参考的主要标准、规范有:

- 《化工企业锅炉房设计计算规定》HG/T 20680—1990
- 《锅炉房设计规范》GB 50041—2008
- 《小型火力发电厂设计规范》GB 50049—1994
- 《火力发电厂设计技术规程》DL 5000—2000
- 《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121—2000
- 《火力发电厂除灰设计规程》DL/T 5142—2002
- 《火力发电厂制粉系统设计计算技术规定》DL/T 5145—2002
- 《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145—2008

本规定依据和参考的主要手册有:

- 《锅炉计算手册》辽宁科学技术出版社,共三册
- 《工业锅炉房设计手册》中国建筑工业出版社,第二版
- 《中小型热电联产工程设计手册》中国电力出版社
- 《燃油燃气锅炉房设计手册》机械工业出版社
- 《热能工程设计手册》化学工业出版社
- 《循环流化床锅炉设计与计算》清华大学出版社
- 《电厂燃油设计》

2 锅炉房热负荷及锅炉设备选择计算

2.1 锅炉房热负荷

2.1.1 本条对热负荷计算给出原则规定,是对原规定第 2.1.1、2.1.2 条的细化和完善。主要对锅炉房热负荷的资料的获取和整理给出了充分的说明。

2.1.2~2.1.4 这三条是对原规定第 2.1.3~2.1.4 的修订,明确了热负荷统计和计算方法。

2.2 锅炉设备选择计算

2.2.1 本条为新增内容,根据我国能源结构和能源政策详细规定了锅炉燃料的选用原则。

2.2.2 本条是对原规定第 2.2.2 条的修订,规定了锅炉设备选择的所要遵循的一般原则。

2.2.3 本条为新增内容,规定了锅炉炉型选择的一般原则,锅炉炉型的选择同时也需要综合燃料来源、依托条件等因素经技术经济比较后确定。

2.2.4 本条是对原规定第 2.2.3 条的修订,由于此部分内容属于概预算和技术经济专业的范畴,因此,本次修订时,仅列出其主要内容,未列详细过程。

3 燃料燃烧计算

3.1 基本规定

本节是对原规定第 3.2 节的修订,规定了锅炉燃料计算所需要获取的基本资料,可作为向建设单位提出的条件,同时取消原规定第 3.1 节。

3.2 计算条件的整理

本节为新增内容,以表格型式给出了燃料元素分析不同基准之间的换算关系和高低位发热量之间的换算关系,方便易查。

由于磨煤机设计计算采用的是可磨性指数 K_{VTI} ,而燃料煤分析报告通常是按照 GB/T 2565 测得的哈氏可磨性指数 HGI,因此,本节给出了燃料煤两种可磨系数之间的换算。煤的可磨性根据《发电厂煤粉锅炉用煤技术条件》GB/T 7562 分为三级。

HGI=40~60 时,为难磨煤;

HGI=60~80 时,为难磨煤;

HGI>80 时,为难磨煤。

3.3 燃料的校核计算

本节为新增内容。由于分析手段、分析仪器、分析方法的不同,燃料的分析结果存在一定的分析误差,设计人员在收到燃料的分析报告后应对燃料煤分析报告进行校核计算,当校核结果超过规定的值后,应分析造成误差的原因,必要时要求重新分析。

3.4 燃料燃烧所需空气量计算

本节对应原规定第 3.3 节。

3.4.1 本条是对原规定第 3.3.1 条的修订。由于循环流化床锅炉燃烧所需要的空气量需要考虑加入脱硫剂的影响,与其他炉型不同,因此,本条增加了对循环流化床锅炉空气量计算的公式。有关循环流化床锅炉的计算规定较少,本规定的依据是清华大学出版的《循环流化床锅炉设计与计算》(朱国桢主编)。

3.4.2 本条为新增内容,由于本规定增加了燃油和燃气锅炉的内容,因此,单独列出燃气锅炉燃烧所需空气量的计算。

3.5 燃料燃烧产生烟气体积量计算

本节对应原规定第 3.4 节。

3.5.1 本条是对原规定第 3.4.1 条的修订。由于循环流化床锅炉燃烧所产生的烟气量需要考虑加入脱硫剂的影响,与其他炉型不同,因此,本条增加了对循环流化床锅炉燃烧产生烟气量计算的公式。

3.5.2 本条为新增内容,由于本规定增加了燃油和燃气锅炉的内容,因此,单独列出燃气锅炉燃烧所产生烟气气量的计算。

3.6 燃料消耗量计算

本节对应原规定第 3.5 节。

原规定只有过热蒸汽锅炉燃料量的计算,本次增加了热水锅炉和饱和蒸汽锅炉的燃料量的计算。

3.7 循环流化床锅炉脱硫剂加入量的计算

本节为新增内容。

循环流化床锅炉炉内脱硫采用的脱硫剂很多,其脱硫剂的加入量除与要求的环保排放的 SO₂ 有关外,也于脱硫剂的种类有关。据调查,我国石灰石的储量较大,分布范围广,因此普遍用于炉内脱硫。本规定只给出以石灰石为脱硫剂的计算方法,其他脱硫剂的计算可参考该方法。

3.8 烟气酸露点计算

本节为新增内容。

锅炉尾部的酸性腐蚀主要影响因素之一是烟气酸露点,本规定增加此部分,对于确定锅炉排烟温度有一定的指导意义。

烟气露点的计算方法较多,主要是采用经验计算公式,本规定采用前苏联《锅炉机组热力计算标准方法》(1973 年版)。由于各计算方法均没有考虑炉内脱硫后露点的计算方法,因此,对有炉内脱硫的循环流化床锅炉,公式中的含硫量还应乘以炉内脱硫效率。

4 热力系统及设备选择计算

4.1 汽水管道计算

4.1.1 本条为新增内容,热力系统计算中管径计算是主要内容之一,除给出管径的计算方法外,同时给出热力系统常用介质的推荐流速,作为设计人员计算的依据。

4.1.2 本条为新增内容,详细给出了管道壁厚的计算方法和计算过程中的取值的依据。

4.2 除氧给水系统及设备选择计算

4.2.1 本条为新增内容,给出了除氧器的类型和使用环境。

4.2.2 本条是对原规定第 4.2.7 条的修订,原规定只有热力除氧器的计算,本次修订新增了化学除氧和解析除氧等除氧方法所需化学药剂计算方法。同时也给出了正常情况下除氧水箱大小的计算方法。

4.2.3 本条对应原规定第 4.2.2 条,如果采用热力除氧,锅炉给水泵输送介质温度较高,为了防止发生汽蚀,增加了锅炉给水泵汽蚀余量校核计算的内容。

4.3 锅炉排污系统及设备选择计算

本节是对原规定第 4.4 节的修订。为了便于计算本次修订将连续排污和定期排污分两条进行计算。

4.3.1~4.3.3 这三条为新增内容,给出了锅炉排污率的计算方法,锅炉正常排污率选取的参考值。

式(4.3.2)只适用于参数高压以下锅炉的排污计算,对于高压锅炉的排污计算需根据经验考虑随蒸汽带走的盐分。

4.3.4 本条是连续排污扩容器的计算,与原规定相比增加了常用容量锅炉的连续排污扩容器容积选用表。

4.3.5 本条是定期排污扩容器的计算,与原规定相比增加了定期排污扩容器容积选用表。

4.3.6 本条为新增内容。由于锅炉连续排污量很大,排污水温度通常超过 150°C ,污水直接排至降温池既不符合节能减排的政策,并且降温池周围的环境也不好。因此,连续排污水在进降温池前增加排污水冷却器,既吸收污水中的热能,同时还可以提高降温池周围的环境。

4.4 锅炉加药系统及设备选择计算

本节为新增内容。

4.4.1 按锅炉参数,说明了目前工程上常用的药剂以及加药点的相对位置。

4.4.2 本条给出了炉水相对碱度的计算公式。

4.4.3 按锅炉在启动和正常运行两种工况,给出了锅炉炉内加药量的计算方法。

4.4.4 按加氨或加联胺两种工艺,给出了锅炉炉外加药量的计算方法。

4.4.5 本条是对加药系统加药方法及主要设备选择的原则规定。

加药系统的设备主要有药剂溶解箱和加药泵。本条给出了溶解箱溶解容积的选型原则,加药泵的选择按第 4.4.3、第 4.4.4 条计算的加药量大小进行选择计算。

4.5 减温减压系统及设备选择计算

本节为新增内容。

4.5.1 本条给出了减温减压器系统及其设备选择的一般规定,如果涉及的工程有特殊性,本条可作为参考。

4.5.2 本条给出了减温减压器设备的计算公式,公式以方程的方式给出。根据工程实际的已知条件,通过求解方程的方法解出所需要的参数。

4.6 疏放水系统计算

本节为新增内容。

4.6.1 热力系统疏放水系统设置的合理与否,对热力系统的安全性有至关重要的作用,本条给出疏放水的基本规定。

4.6.2 本条按经常疏水和启动疏水两种疏水方式给出了疏水点的设置原则,疏水点的设置还需要根据配管实际情况进行增减。

4.6.3 本条以表格的形式给出了疏放水管大小选用的一般原则。设计人员一般可以根据主管的大小选出疏水管的大小。

4.7 工业水系统计算

本节是对原规定第 4.5 节的修订。

4.7.1 本条以表格形式给出了锅炉房内需要消耗冷却水的常用设备冷却水消耗量的范围。

4.7.2 本条给出了工业水排水系统的设计原则。

4.8 变压式蒸汽蓄热器选择计算

本节是对原规定第 4.3.1 条的修订。

4.8.1 蒸汽蓄热器在实际工程中使用不多,但在用汽量少,且间断用汽的场合,还有不少的应用。本条给出了为什么设置蒸汽蓄热器以及如何设置蒸汽蓄热器的原则规定。

4.8.2 蓄热器储汽量有三种计算方法,即全日积分曲线算法、分段曲线积分算法和高峰负荷算法。其中前面两种方法计算结果较准确,但计算过程复杂。通常用高峰负荷算法计算蓄热器储汽量,本条只给出了此种储汽量的计算公式。

4.8.3 蓄热器容积计算公式中的“单位容积饱和水产生蒸汽量(q)”是一个关键值,本条以查表格的形式给出了此值,便于工程设计人员查取。

4.9 蒸汽分汽缸选择计算

本节为新增内容。

对于中、低压参数的蒸汽,当汽源较多或蒸汽用户较多时,设置分汽缸可以使蒸汽分配更加均匀。本节给出了分汽缸设置的基本规定和分汽缸直径的计算方法。

4.10 疏水扩容器容积计算

工厂疏水量的统计比较复杂,而且准确性不高,通常疏水扩容器的容积根据锅炉的规模进行确定。本节以锅炉规模为基准,以表格形式给出了疏水扩容器容积的查取方法。

5 烟、风系统及风机选择计算

5.1 烟、风系统选择计算

本次修订对原规定烟气除尘和锅炉烟囱计算内容进行了重新编排。其中烟气除尘归入第7章“除尘及灰渣系统计算”中,烟囱计算独立形成了第8章“烟气污染物排放和烟囱工艺计算”。

5.1.1 本条是对原规定第5.1.2条的修订。烟风系统中管道壁厚选择是烟风系统设计的重要一环,因此,本次修订增加了烟风系统主要管道壁厚的选用原则的内容。

5.1.2 本条是对原规定第5.1.3条的修订。

5.2 风机选择计算

5.2.1 本条对锅炉对应风机数量的配置给出了原则规定,在无特殊要求时应按本规定执行。

5.2.2 本条是对原规定第5.4.2条的修订。主要修改部分是对风量和风压计算公式中的“流量储备系数”和“风压储备系数”的取值没有固化,可以针对不同的炉型、规模以表格的形式选取。

5.2.3 本条是对原规定第5.4.4条的修订。主要修改部分是对风量和风压计算公式中的“流量储备系数”和“风压储备系数”的取值没有固化。

5.2.4 本条为新增内容,用于炉型为煤粉炉的磨煤机密封用。设计人员一般可要求该设备随磨煤机配套供应。

5.2.5 本条是对原规定第5.4.3条的修订。主要修改部分是对流量和风压计算公式中的“风量储备系数”和“风压储备系数”的取值没有固化。

5.2.6 本条为新增内容。给出了风机配电机的功率计算方法。对计算公式中系数和效率取值以表格形式给出,便于设计人员选取。

6 制粉系统及设备选择计算

本章全部为新增加内容。

原规定中涉及的锅炉炉型主要为链条炉,对其他炉型几乎没有涉及,相对配套的一些燃烧系统和设备的计算没有规定。制粉系统是煤粉炉主要系统之一。本章内容主要根据《火力发电厂制粉系统设计计算技术规定》(DL/T 5145—2000)进行整理简化后编制而成。

6.1 基本规定

本节主要说明了制粉系统选择应遵循的依据,对燃料煤与磨煤机和制粉系统的关系给出了基本的规定。工艺专业在给相关专业提条件时应根据燃料的特性提出防爆等级。

对制粉系统设计来说,煤的着火和燃烧性能、煤的水分至关重要,因为它直接关系到磨煤机型式和制粉系统类型的选择,以及干燥剂和煤粉细度的确定。表 1 根据《发电厂煤粉锅炉用煤技术条件》GB/T 7562 给出了煤的燃烧特性。

表 1 发电厂煤粉锅炉用煤技术条件(GB/T 7562)

按挥发分(及相应发热量)分类等级	符号	$V_{daf}(\%)$	$Q_{net,ar}(\text{MJ/kg})$
	V_1	6.50~10.00	>21.00
	V_2	10.01~20.00	>18.50
	V_3	20.01~28.00	>16.00
	V_4	>28.00	>15.50
	V_5	>37.00	>12.00
按发热量分类等级	符号	$Q_{net,ar}(\text{MJ/kg})$	
	Q_1	>24.00	
	Q_2	21.01~24.00	
	Q_3	17.00~21.00	
	Q_4	15.51~17.00	
	Q_5	>12.00	
按灰分分类等级	符号	$A_d(\%)$	
	A_1	≤ 20.00	
	A_2	20.01~30.00	
	A_3	30.01~40.00	

续表 1

按水分分类等级	符号	$M_{ar}(\%)$	$V_{daf}(\%)$
	M_1	≤ 8.0	≤ 37.00
	M_2	8.1~12.0	≤ 37.00
	M_3	12.1~20.0	> 37.00
	M_4	> 20.0	
按硫分分类等级	符号	$S_{t,d}(\%)$	
	S_1	≤ 0.50	
	S_2	0.51~1.00	
	S_3	1.01~2.00	
	S_4	2.01~3.00	
按煤灰熔融性分类	符号	$ST(^{\circ}C)$	
	ST_1	1150~1250	
	ST_2	1260~1350	
	ST_3	1360~1450	
	ST_4	> 1450	

用该表判定煤的燃烧性能时,主要利用挥发分(及相应发热量)分类等级,并结合按灰分分类等级和按水分分类等级,对中常灰分($A_d \leq 34\%$)、常水分($M_t \leq 8\%$)煤,可主要利用挥发分(及相应发热量)分类等级。

常见的制粉系统类型有:钢球磨煤机贮仓式乏气送粉制粉系统;钢球磨煤机贮仓热风气送粉制粉系统;钢球磨煤机贮仓式开式制粉系统;双进双出钢球磨煤机直吹式制粉系统;中速磨煤机正压直吹式热一次风机制粉系统;中速磨煤机正压直吹式冷一次风机制粉系统;风扇磨煤机直吹式二介质干燥制粉系统;风扇磨煤机直吹式三介质干燥制粉系统;带煤粉浓缩的直吹式制粉系统。

6.2 磨煤机选择计算

磨煤机的校核计算有公式计算和线算法两种(查图法),线算法相对简单,但不宜编制程序;公式法比较复杂,但可以编制成程序计算。两种方法各有优缺点,本规定只给出了公式计算法。

- 6.2.1 磨煤机数量的合理选取,直接关系燃烧系统的安全性和经济性,因此,本条原则给出了在确定锅炉容量和磨煤机机型的条件下如何合理的选择磨煤机的台数规定。
- 6.2.2 本条给出了磨煤机的出力的计算,作为磨煤机能力的选择依据。
- 6.2.3 磨煤机订货资料收到后,设计人员应根据设计和校核煤质分别对磨煤机的出力进行校核计算,本条给出不同机型条件下磨煤机校核计算方法。

1 钢球磨煤机出力校核除了与磨煤机结构尺寸和燃料煤特性有关外,还与磨煤机的内部构造和钢球的装填量等因素有关,所有修正系数均以表格形式给出。

2 中速磨煤机列出了轮式(MPS)、碗式(RP 和 HP)、球环式(E)三种形式出力校核计算。计算以磨煤机的基本出力为基准,分别用燃料煤的可磨性指数(f_H)、煤粉细度(f_R)、原煤水分(f_M)、原煤灰分(f_A)、原煤粒度(f_g)和碾磨件磨损降低系数(f_e)进行修正。各修正系数均以表格形式给出。

3 风扇磨煤机列出了 S 型磨煤机出力校核计算。计算以磨煤机的基本出力为基准。磨煤机碾磨出力除与原煤收到基水分和煤粉水分有关外,还与哈氏可磨指数(HGI)和干燥基灰分(A_d)、煤粉细度(R_{90})有关,修正系数以附图形式查取。

6.3 制粉系统热力计算

6.3.1 干燥剂量的大小必须同时满足干燥、通风和燃烧的要求。

在制粉系统干燥剂计算时,对钢球磨煤机的通风量按最佳通风量选取,对其他型式的磨煤机按实际通风量选取。

本条分中间贮仓式、轮式和碗式磨煤机正压直吹式、球环式磨煤机直吹式三种制粉系统给出了干燥剂量计算。

6.3.2 干燥剂初始温度是指制粉系统热力计算起始点的温度,是制粉系统热力计算的重要环节,但干燥剂初温计算比较烦琐,本条给出了干燥剂初温的计算方法。

6.3.3 本条分常用的四种干燥剂(以热空气为干燥剂、以热空气和再循环气的混合气为干燥剂、以热风为主和冷风调节的二介质干燥剂、以热风为主和热烟为主和冷烟调节的三介质干燥剂)给出了干燥剂初温的计算,需要通过迭代法进行计算。

6.3.4、6.3.5 这两条给出了烟气各成分和干燥剂质量份额的计算方法。

6.4 制粉系统空气动力计算

6.4.1 本条给出了制粉系统主要管道的流量和截面积的计算,以表格型式给出了制粉系统管道推荐流速。

6.4.2 以表格型式给出了制粉系统各部分管道煤粉浓度的计算公式。

6.4.3 制粉系统阻力计算的目的是确定制粉系统管道及其元件、设备、部件的全压降,作为选择一次风机和排粉机的依据,以保证用合适的气流速度输送煤粉。

6.5 制粉系统附属设备选择计算

6.5.1 粗粉分离器是对磨煤机碾磨的煤粉进行分选的设备,其功能是将不符合燃烧要求的粗煤粉分离下来返回磨煤机再进行碾磨,而将合格的煤粉送出。对粗粉分离器的基本要求是:分选性能好,煤粉细度调节性能好,阻力低。

6.5.2 只有在贮仓式制粉系统中才设置细粉分离器,用以将制成的煤粉从输送介质中分离下来贮仓于煤粉仓中,从而要求分离效率高,细粉分离器的分离效率不宜低于 85%。

6.5.3 对于中小规模的锅炉机组,多选用电磁振动给煤机,对于大型(单台容量 670t/h 或以上锅炉)多选用电子重力式或计量胶带式给煤机,贮仓式制粉系统多选用煤刮板式给煤机。

6.5.4 排粉机的风量与制粉系统型式有关。本条分四种型式(以热空气为干燥剂、以热空气和再循环气的混合气为干燥剂、以热风为主和再循环剂及冷风混合物为干燥剂、以热风、热烟及冷风混合物干

燥剂)给出排粉机的风量的计算。

6.5.5 由于叶轮给粉机有随转速增大而降低的情况,因此,计算叶轮给粉机的富余系数应不小于130%。

6.5.6 在贮仓式制粉系统中,输粉机用于连接同炉或邻炉的其他制粉系统,作输粉或分配煤粉之用。输粉机常用螺旋式。

6.5.7 煤粉仓有效容积的计算考虑了制粉过程中干燥的因素。但考虑到煤粉的低位发热量计算麻烦,本规定计算中将燃料煤空气干燥基低位发热量近似作为煤粉低位发热量进行计算。

本条还给出了规整的“对称正方形截面双曲线煤(粉)仓”和“对称圆形截面双曲线煤(粉)仓”几何容积计算公式。

7 除尘及除灰渣系统计算

7.1 除尘器选择计算

本节内容基本是新增内容。原规定只是简单地说明了如何选择除尘器,没有除尘器选择的详细规定和计算。

7.1.1 环保指标是否达标是决定工程项目能够实施的重要指标之一。本条给出了除尘器类型选择的主要依据。但必须结合工程实际和当地的环保要求等因素通过技术经济比较后确定除尘器类型或采用不同除尘器的组合。

7.1.2 水膜除尘器的除尘效率较低,因此该除尘器通常用于小型锅炉偏远山区环保要求较低场合的烟气除尘。本条给出了除尘器通流面积和淋洗面高度、耗水量、除尘器阻力的计算公式。

7.1.3 目前静电除尘器的应用最为广泛,但静电除尘器对烟尘有一定的限制条件,超出规定的范围会大大影响除尘器的除尘效率。本条给出了静电除尘器应用的基本条件,并给出了除尘器通流面积、沉淀极板总面积的计算公式。

7.1.4 布袋电除尘器由于很高的除尘效率被越来越多生产企业和设计工作者所接受。本条给出了除尘器过滤面积和滤袋数量的计算公式。

除尘器的选择计算主要还是由设计单位提出除尘器计算的基础数据,设备的计算一般由除尘器专业生产厂进行计算。

7.2 除灰渣系统选择计算

本节增加了气力除灰渣系统的计算。原规定只有水力除灰渣系统的计算,而这种除灰渣方式由于操作环境差和二次污染严重等原因,应用越来越少。

7.2.1 本条给出了除灰渣方式的选用原则。气力除灰渣与输送距离关系很大,设计人员在选择必须注意。

7.2.2 本条是对原规定第 6.3 节的修订。增加了采用循环流化床锅炉时灰渣量的计算公式。

7.2.3 在通过式(7.2.3-24)计算沉灰(渣)池的长度 L 时,必须先假设 B 和 L 的比值,该值需要结合实际工程确定,一般取 $B:L=1:(3\sim 4)$ 。

7.2.4 本条为新增的有关气力除灰渣内容。采用气力除灰渣时,输送距离与采用输送方式有关,本条并给出了气力除灰渣输送距离和除灰渣方式的原则规定,以及负压气力除灰渣和正压气力除灰渣系统的计算方法。

8 烟气污染物排放和烟囱工艺计算

8.1 基本规定

原规定对烟气污染物排放几乎没有涉及,对烟囱计算仅给出了采用机械通风的锅炉房额定出力,在 20t/h 及以下锅炉烟囱高度的选用和自然通风锅炉房的烟囱高度计算。这样的计算条件已远远不能满足当前较大规模的锅炉房设计需要。因此本次修订对烟气污染物排放和烟囱计算进行了全面的修订,并独立成章。原规定中烟囱出口内径计算仅仅考虑了锅炉排烟量,没有考虑烟气腐蚀和烟囱结构形式等因素对烟囱出口烟速的影响,本此根据《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121、《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程配套设计计算方法》全面进行了修订。

8.2 烟囱污染物排放量的计算

8.2.1 本条中 SO_2 的计算中将可能出现脱硫情况(共三种)全部汇总到了公式中,设计计算时可根据工程实际确定。

8.2.2 烟尘排放量计算中关键是锅炉排烟带出的烟尘份额的取值,当锅炉确定后应按锅炉厂提供的数据为准,在锅炉订货前可查表获取。

由于目前氮氧化物没有固定的计算方法,而各个锅炉厂均有各自的估算方法,因此,本规定建议氮氧化物排放量由锅炉厂提供。

8.3 烟囱高度计算

烟囱最低几何高度的计算公式不能直接计算得出,必须首先假设烟囱最低几何高度,通过迭代试算法计算,手算工作量很大,用计算机程序可以大大提高计算效率。公式算出的烟囱高度为计算高度,本节计算得出的烟囱高度为计算高度,必须经过环保审批后作为最终设计高度。

8.4 烟气出口内径的计算及校核

由于传统烟囱出口内径的计算没有考虑烟囱内部的正压,出现烟囱出口烟速过高,造成烟囱内部超压,引发烟囱筒内壁渗漏腐蚀,直接影响烟囱的安全性和可靠性。

不同类型的烟囱有一个相对应的出口烟速极限值,在相同的外部条件下,这个极限值取决于四个因素:烟气腐蚀性等级(强、中、弱);烟囱内部结构型式(锥型筒、直型筒、筒—锥组合型、扩散口);烟囱内筒材质(钢制的、砖砌内衬的、陶粒混凝土的);烟囱内筒支承方式(带凸肩的、无凸肩的、自承重式的)。

工艺专业向土建提出条件必须根据烟囱出口烟速和出口直径的计算过程,将符合工艺条件的各种方案提交专业,经技术经济比较后确定最优的方案。关于烟囱,工艺向土建专业必须至少提出以

下条件:① 烟囱高度;② 烟囱出口直径;③ 烟囱内部结构型式(锥型筒、直型筒、筒—锥组合型、扩散口及扩散口的尺寸);④ 烟囱坡度(对多坡锥型筒,应提出坡段数和各坡段坡度);⑤ 烟气对烟囱的腐蚀性等级;⑥ 烟囱内筒材质(钢制的、砖砌内衬的、陶粒混凝土的);⑦ 烟囱内筒支承方式(带凸肩的、无凸肩的、自承重式的);⑧ 烟囱内最高正压和最高正压点处的高度(对正压运行的烟囱);⑨ 将附录P“烟囱及烟道结构型式与防腐措施”作为提给土建作为土建进行烟囱和烟道设计的参考。

9 燃油锅炉、燃油系统及设备选择计算

本章是对原规定第7章的修订。为了使燃油锅炉房的计算更具完整性,本章增加了污油处理池容积计算和燃油管道水力计算等,一些计算公式中的系数、取值以表格形式给出,更便于设计者计算。

9.1 燃料供应

9.1.1 锅炉燃料油量的计算公式与燃料煤计算相同,可以参考第7章有关计算公式计算,本章节没有单独列出。

9.1.2 本条是对原规定第7.1.3条的修订。取消了油罐容积是铁路专用罐车容积整数倍的限制,油罐容积根据实际情况确定。

9.1.3 本条是对原规定第7.2节的修订。原规定中燃料油升温所需热力公式中“燃料油平均温度下的密度”是按算术平均值计算的,本次修订增加了温度修正系数,同时以表格的形式给出了温度修正系数和石蜡的溶解潜热,很大程度上方便了工程设计人员。

9.2 燃料管道水力计算

燃油管道管径的计算关键是油品流速的选取,而流速与油品的粘度有很大关系,本节给出了不同粘度下管道流速的推荐值。

9.3 中间油箱选择计算

中间油箱的计算关键是合理地选取油箱的油温,本节给出了不同油品的重油油温推荐值,在无特殊的条件下不应突破推荐值范围。

9.4 污油处理池容积计算

本节为新增内容。主要内容包括了污油池的容积计算、油水分离池格数计算、油水分离池有效长度计算和高度计算,由于污油处理池与实际工程关系很大,在实际计算中,可根据实际情况进行设计,本节规定作为参考。

9.5 燃油加热器选择计算

本节是对原规定第7.3.3条的修订。取消了加热器阻力计算的内容,该值可从设备厂家资料中获取或估算。

9.6 燃料油过滤器选择计算

本节是对原规定第 7.3.4 条的修订。

9.7 输油泵、供油泵的选择计算

本节是对原规定第 7.3.2 条的修订。

10 燃气锅炉、燃气系统及设备选择计算

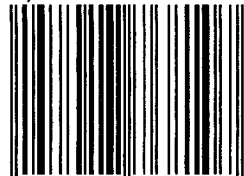
本章全部为新增加内容。随着西气东输工程的实施和国家燃料结构的调整,某些对环境要求高的城市已开始大量建设燃气锅炉,特别是小型供热锅炉房,因此,本次修订新增了本章内容。主要内容有:调压器选择计算、气液分离罐选择计算、燃气管道水力计算等。

郑重声明

本书已授权“全国律师知识产权保护协作网”对专有出版权在全国范围予以保护，盗版必究。

举报盗版电话：010-63906404

S/N:1580177·681



9 158017 768107 >

统一书号:1580177·681
定价:138.00 元