

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51413 – 2020

有色金属工业余热利用设计标准

Standard for design of waste heat utilization in
non-ferrous metal industry

2020 – 01 – 16 发布

2020 – 08 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

有色金属工业余热利用设计标准

Standard for design of waste heat utilization in
non-ferrous metal industry

GB/T 51413 - 2020

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 2 0 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2020 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2020 年 第 42 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《有色金属工业余热利用设计标准》的公告

现批准《有色金属工业余热利用设计标准》为国家标准,编号为 GB/T 51413—2020,自 2020 年 8 月 1 日起实施。

本标准在住房和城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2020 年 1 月 16 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2016 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标函〔2015〕274 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语、基本规定、余热资源、余热利用系统和公用辅助设施等。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理,由长沙有色冶金设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送长沙有色冶金设计研究院有限公司(地址:湖南省长沙市雨花区木莲东路 299 号中铝科技大厦,邮编:410019)。

本 标 准 主 编 单 位:中国有色工程有限公司

长沙有色冶金设计研究院有限公司

本 标 准 参 编 单 位:中国恩菲工程技术有限公司

中国瑞林工程技术股份有限公司

贵阳铝镁设计研究院有限公司

中色科技股份有限公司

中南大学

株洲冶炼集团股份有限公司

中铝国际工程股份有限公司长沙分公司

本 标 准 参 加 单 位:苏州海陆重工股份有限公司

四川东方锅炉工业锅炉集团有限公司

成都太和水工机电设备有限公司

本标准主要起草人员:	阳绍伟	匡社颖	徐建炎	王学良
	阮建国	黄 耀	戴庆伟	郭秀元
	闫红杰	李培华	刘国雄	曾锦波
	黄生龙	李 晓	陈昌锐	李运龙
	肖爱民	鄢铁强	邹 迪	
本标准主要审查人员:	李水明	李红梅	彭 恒	匡 芳
	陈汉平	刘 亮	王新建	俞向东
	陈贤琼			

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(4)
4	余热资源	(5)
4.1	余热资源等级	(5)
4.2	余热量计算方法	(5)
4.3	余热资源回收	(7)
5	余热利用系统	(10)
5.1	余热锅炉及系统	(10)
5.2	除氧给水系统	(12)
5.3	汽轮发电机设备及系统	(13)
5.4	溴化锂吸收式冷(温)水机组及系统	(14)
5.5	其他换热设备及系统	(15)
6	公用辅助设施	(16)
6.1	总平面布置	(16)
6.2	化学水处理系统	(17)
6.3	电气设备及系统	(18)
6.4	仪表与控制	(20)
6.5	给水、排水和循环冷却水	(22)
6.6	建筑与结构	(22)
6.7	供暖通风	(25)
6.8	厂区热力管网	(25)
附录 A	烟气酸露点温度计算	(27)

本标准用词说明	(29)
引用标准名录	(30)
附:条文说明	(33)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(4)
4	Waste heat resource	(5)
4.1	Classification of waste heat resource	(5)
4.2	Calculations of waste heat resource	(5)
4.3	Recycling of waste heat resource	(7)
5	Waste heat utilization system	(10)
5.1	Waste heat boilers and system	(10)
5.2	Deaerator feedwater system	(12)
5.3	Steam turbine generator equipment and system	(13)
5.4	Lithium bromide absorption chiller(heater)unit and system	(14)
5.5	Other heat transfer equipments and system	(15)
6	Utility and auxiliary facilities	(16)
6.1	General layout	(16)
6.2	Chemical water treatment equipment and system	(17)
6.3	Electrical equipment and system	(18)
6.4	Instrumentation and control	(20)
6.5	Water supply, drainage and circulated cooling water	(22)
6.6	Buildings and structures	(22)
6.7	Heating and ventilation	(25)
6.8	Heating pipe network	(25)

Appendix A	Calculation of off-gas acid dew point	
	temperature	(27)
Explanation of wording in this standard	(29)
List of quoted standards	(30)
Addition;Explanation of provisions	(33)

1 总 则

1.0.1 为落实国家技术经济政策,保障有色金属工业余热利用达到安全生产、节约能源、保护环境、技术先进、经济合理的目的,规范有色金属工业余热利用设计,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建和改建的有色金属工业余热利用设计。

1.0.3 有色金属工业余热利用设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 余热 waste heat

以环境温度为准,被考察体系排出的物质可释放的热。

2.0.2 余热量 waste heat quantity

余热的数量。

2.0.3 余热资源量 waste heat resource

经技术经济分析确定的可利用的余热量。

2.0.4 余热利用 waste heat utilization

以环境温度为基准,对被考察体系排出的物质可释放的热量进行回收及利用。

2.0.5 烟气余热 waste heat from the off-gas

被考察体系产生的外排废气所携带的余热。

2.0.6 炉渣余热 slag waste heat

被考察体系产生的液态或固态废渣所携带的余热。

2.0.7 产品余热 waste heat from the products

被考察体系产生的气态、液态或固态等中间产品或最终产品所携带的余热。

2.0.8 冷却介质余热 waste heat from the cooling medium

生产过程中水、空气等冷却介质循环利用过程所携带的余热。

2.0.9 可燃废气余热 waste heat from the combustible waste gas

生产过程中外排的含可燃气体的废气可释放的余热。

2.0.10 化学反应及残碳余热 waste heat from chemical reaction and residual carbon

化学反应余热是指被考察体系除用于自身化学反应外的热

量;残碳余热是指中间产品或外排废弃物中残碳所携带的余热。

2.0.11 冷凝回水余热 waste heat from condensation back-water

生产过程中冷凝回水所携带的余热。

2.0.12 余热回收率 recovery rate of waste heat

被考察体系回收的余热量占余热资源量的百分数。

3 基本规定

3.0.1 余热利用系统应根据余热资源种类、资源量,基于全厂热(冷)、电负荷及热、电平衡,按能源梯级高效利用的原则设计,并不应影响生产工艺的安全运行,应与环境保护和经济效益相协调。

3.0.2 余热利用设施应适应余热资源高温、高粉尘、高腐蚀性、强粘结性、负荷波动的特点。

3.0.3 对饱和蒸汽的过热处理不宜采用除余热资源以外的其他能源。

3.0.4 余热利用系统的装备水平应与生产工艺水平相匹配。

3.0.5 余热利用设计内容及深度应符合现行国家标准《有色金属冶炼工程建设项目设计文件编制标准》GB/T 51023 和《有色金属矿山工程建设项目设计文件编制标准》GB/T 50951 的有关规定,余热利用设计中的余热发电工程应符合国家现行火力发电有关标准的规定。

4 余热资源

4.1 余热资源等级

4.1.1 根据余热利用投资回收期,余热资源等级的划分应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 余热资源等级

余热资源等级 余热资源等级判据	余热利用投资回 收期(年)	常见余热资源举例
一等余热资源	<3	可燃性废气(废料),硫酸反应热,400℃以上温度的烟气
二等余热资源	3~6	250℃~400℃的烟气,80℃及以上的冷却水,可利用的 1000℃及以上高温排渣、高温产品
三等余热资源	>6	250℃以下温度的烟气,可利用的中温排渣

4.1.2 一等余热资源应回收,二等余热资源宜回收,三等余热资源可根据情况进行回收。

4.2 余热量计算方法

4.2.1 高温烟气余热量计算应符合下列规定:

1 外用燃料加热的余热量宜按下式计算:

$$Q_y = B \cdot V_y \cdot t_y \cdot C_y \quad (4.2.1-1)$$

式中: Q_y ——烟气余热量(kJ/h);

B ——平均燃料消耗量(kg/h 或 Nm^3/h);

V_y ——单位燃料燃烧产生烟气的量(Nm^3/kg 或 Nm^3/Nm^3);

t_y ——烟气从炉窑排出平均温度($^{\circ}\text{C}$);

C_y ——炉窑排出平均温度下的烟气平均定压比热 $[\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})]$,应按烟气成分计算。

2 自热冶炼的余热宜按下式计算:

$$Q_y = V_y \cdot t_y \cdot C_y \quad (4.2.1-2)$$

式中: V_y ——排出的烟气总量(Nm^3/h)。

4.2.2 炉渣余热宜按下式计算:

$$Q_z = G_z \cdot (t_z \cdot C_z + q_z) \quad (4.2.2)$$

式中: Q_z ——炉渣余热(kJ/h);

G_z ——炉渣产量(kg/h);

t_z ——炉渣温度($^{\circ}\text{C}$);

C_z ——炉渣平均比热 $[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})]$;

q_z ——液态炉渣熔化潜热(kJ/kg)。

4.2.3 产品(中间产品)余热宜按下式计算:

$$Q_c = G_c \cdot (t_c \cdot C_c + q_c) \quad (4.2.3)$$

式中: Q_c ——产品(中间产品)余热(kJ/h);

G_c ——产品产量(kg/h);

t_c ——高温产品温度($^{\circ}\text{C}$);

C_c ——高温产品平均比热 $[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})]$;

q_c ——液态产品熔化潜热(kJ/kg)。

4.2.4 冷却介质余热计算应符合下列规定:

1 汽化冷却余热宜按下式计算:

$$Q_q = D_q \cdot (i_q - i_s) \quad (4.2.4-1)$$

式中: Q_q ——汽化冷却余热(kJ/h);

D_q ——汽化冷却产汽量(kg/h);

i_q, i_s ——分别为蒸汽及进水的焓(kJ/kg)。

2 冷却水余热宜按下式计算:

$$Q_s = G_s \cdot (t_2 - t_1) \cdot C_s \quad (4.2.4-2)$$

式中: Q_s ——冷却水余热(kJ/h);

G_s ——冷却水流量(kg/h);
 t_1 、 t_2 ——冷却水进出口温度(°C);
 C_s ——冷却水平均比热[kJ/(kg·°C)]。

4.2.5 可燃废气余热量宜按下式计算:

$$Q_{rq} = (12636L_{CO} + 10786L_{H_2} + 35906L_{CH_4}) \cdot V_{rq} + Q_y \quad (4.2.5)$$

式中: Q_{rq} ——可燃气体余热量(kJ/h);

12636、10786、35906——一氧化碳、氢气、甲烷分别对应的低位发热量(kJ/Nm³);

L_{CO} 、 L_{H_2} 、 L_{CH_4} ——可燃气体所含一氧化碳、氢气、甲烷的容积百分数;

V_{rq} ——单位时间的可燃气体量(Nm³/h)。

4.2.6 化学反应及残碳余热量计算应符合下列规定:

1 化学反应余热量计算宜根据化学成分确定化学反应物和生成物的数量,再计算化学反应热;

2 残碳余热量宜按下式计算:

$$Q_t = 32792 \times G_t \cdot C_t \quad (4.2.6)$$

式中: Q_t ——残碳余热量(kJ/h);

32792——碳的低位发热量(kJ/kg);

G_t ——炉渣(烟尘)产量(kg/h);

C_t ——残碳含量(kg/kg)。

4.2.7 冷凝回水余热量宜按下式计算:

$$Q_n = G_n \cdot t_n \cdot C_n \quad (4.2.7)$$

式中: Q_n ——冷凝回水余热量(kJ/h);

G_n ——冷凝回水量(kg/h);

t_n ——冷凝回水温度(°C);

C_n ——冷凝水的定压比热容[kJ/(kg·°C)]。

4.3 余热资源回收

4.3.1 余热利用设计应根据生产工艺要求、余热资源特点、全厂

的热(冷、电)负荷需求,在热平衡基础上,选择余热回收方法和设施。

4.3.2 烟气余热回收应符合下列规定:

1 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属冶炼及制酸系统转化工序产生的大于 400℃的烟气余热,宜采用水作为换热介质、选择余热锅炉回收、生产饱和蒸汽或过热蒸汽;当企业已有饱和蒸汽时,可选择换热设备回收、对饱和蒸汽过热处理。

2 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属冶炼及制酸系统转化工序产生的大于或等于 250℃且小于或等于 400℃的烟气余热,宜采用水作为换热介质、选择饱和蒸汽余热锅炉或换热设备回收。

3 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属在冶炼过程中产生的小于 250℃的烟气余热、制酸干吸工序低温烟气余热,在经过技术经济比较可行后,宜按下列方式回收:

- 1)宜选择换热设备加热空气、水或直接用于物料的干燥;
- 2)当生产、生活有热(冷)负荷需求时,可选择烟气(热水)吸收式冷(温)水机组;
- 3)可选择有机工质朗肯循环发电设施或热泵设施。

4 铝用炭素煅烧回转窑和罐式炉设备的烟气余热,应根据生产工艺要求依次设置余热导热油锅炉、余热蒸汽锅炉。

5 铝用炭素焙烧炉、铝电解槽等生产设备的低温烟气余热,在经过技术经济比较可行后,应进行回收。

6 烟气余热回收设施的排烟温度应满足自身和后续工艺、设备及管道对温度和防腐的要求。

4.3.3 炉渣余热回收应符合下列规定:

1 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属冶炼过程中产生的 1000℃及以上的炉渣余热,经过技术经济比较可行后的 1000℃以下的炉渣余热,宜选择余热锅炉或换热设备回收;

2 炉渣余热回收设施的排渣温度应满足后续炉渣资源化处理、设备和管道的输送要求。

4.3.4 产品余热回收应符合下列规定：

1 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属在冶炼过程中产生的可利用的 1000℃ 及以上的产品余热，经过技术经济比较可行后的 1000℃ 以下的产品余热，宜选择余热锅炉或换热设备回收；

2 铝用炭素生石油焦煅烧炉(窑)产品冷却余热，在冷却源数量有保障及热用户负荷稳定时，宜设置余热回收设施，氢氧化铝焙烧炉产品余热宜选择加热锅炉补给水的换热设备；

3 产品余热回收设施的产品温度应满足后续设备和管道的输送要求。

4.3.5 冷却介质余热可选择有机工质朗肯循环发电设施或热泵设施回收。

4.3.6 可燃废气余热、可燃废料余热宜采用余热锅炉回收，钛渣熔炼炉的可燃废气可根据生产工艺要求设置废气回收设施。

4.3.7 化学反应余热可采用余热锅炉或换热设备回收，残碳余热可采用余热锅炉回收。

5 余热利用系统

5.1 余热锅炉及系统

5.1.1 余热锅炉宜与余热源相邻布置。

5.1.2 余热锅炉布置应符合下列规定：

1 非严寒地区宜采用露天或半露天布置；

2 严寒地区或风沙大的地区，应根据余热锅炉结构特点及工程具体情况设置紧身罩或布置在室内。

5.1.3 余热锅炉宜采用直通烟道式炉型，对粘结性大、高腐蚀性成分的烟气，余热锅炉内不宜设置过热器、省煤器和空气预热器。

5.1.4 余热锅炉参数的确定应符合下列规定：

1 余热锅炉蒸汽参数应根据汽轮机参数等级、蒸汽用户需求和烟气酸露点温度确定，余热锅炉参数应按饱和温度不小于烟气酸露点温度附加 15℃ 的富余量确定。

2 余热锅炉容量应按生产工艺排放的最大烟气量产生的蒸发量确定，换热面积宜留有 15% 余量，余热回收率应符合现行国家标准《有色金属冶炼厂节能设计规范》GB 50919 的有关规定。

3 余热锅炉排烟温度应符合下列规定：

1) 应满足后续生产工艺、设备及管道对烟气温度的要求；

2) 当余热锅炉内不设置省煤器时，应按余热锅炉额定压力下对应的饱和蒸汽温度附加 20℃ 确定，当余热锅炉内设置省煤器时，应按烟气酸露点温度附加 35℃ 确定，烟气酸露点温度宜按本标准附录 A 的方法计算；

3) 应经过技术经济比较后确定。

4 余热锅炉烟道连接应符合下列规定：

1) 烟道布置应满足工艺生产、操作维护及安全的要求，烟气

流速宜为 $8\text{m/s} \sim 12\text{m/s}$, 最大不超过 15m/s ;

2) 烟道应设置可靠的支架、热补偿器;

3) 当带有旁通烟道时, 在余热锅炉进口烟道和旁通烟道上应设置可靠的切断装置。

5.1.5 余热锅炉应采取防止烟尘粘结、堆积的措施, 并应根据积灰机理选择锅炉烟道结构和清灰装置。

5.1.6 余热锅炉进口、出口及底部排灰设施连接处宜设置密封装置和膨胀装置; 当烟气有爆炸可能时, 应设置防爆装置, 防爆装置的排放口不应危及人身安全。余热锅炉本体漏风系数宜小于 8% 。

5.1.7 余热锅炉各层平台应设置 2 个楼梯, 至少应有 1 个直通地面的安全疏散楼梯。

5.1.8 余热锅炉主蒸汽管道上应设置压力调节装置, 汽包与压力调节装置间应设置蒸汽超压放空装置。余热锅炉主蒸汽管道采用母管制时, 支管上宜设置逆止阀。

5.1.9 余热锅炉出口主蒸汽管道上应设置参与锅炉汽包液位调节的流量测量装置。

5.1.10 余热锅炉汽包液位宜与生产工艺系统进行故障连锁, 并应设置有监控系统和集散控制系统对汽包液位进行实时监控。

5.1.11 强制循环余热锅炉循环泵宜与生产工艺系统进行故障连锁。

5.1.12 每台强制循环余热锅炉应设置 2 台电动循环水泵, 其中 1 台应为备用, 单台容量为 110% 锅炉额定蒸发量的循环水量。当不具备双电源供电时, 应再增设 1 台容量为 110% 循环水量的汽动循环泵或增设应急备用电源。

5.1.13 余热锅炉应设置定期排污扩容器, 扩容器容量应满足余热锅炉事故放水的需求。

5.1.14 余热锅炉宜采用一级连续排污扩容系统, 连续排污扩容系统应有切换至定期排污扩容器的旁路; 多台余热锅炉集中布置时, 宜合用 1 套连续排污扩容系统; 当连续排污扩容器产生的二次

蒸汽不便于利用时,锅炉连续排污水可直接进入定期排污扩容器。

5.1.15 疏水系统设置应符合下列规定:

- 1 宜设置 1 台疏水扩容器,容量宜为 $0.5\text{m}^3 \sim 1.5\text{m}^3$;
- 2 宜设置 1 台~2 台疏水箱,总容量宜为 $10\text{m}^3 \sim 30\text{m}^3$;
- 3 宜设置 2 台疏水泵,单台疏水泵容量宜按在 0.5h 内将 1 台疏水箱内的水全部打至除氧器的要求确定,疏水泵扬程应按相应静压差、流动阻力及除氧器工作压力之和另加 20% 裕量确定。

5.1.16 余热锅炉启动排汽管上应设置消声器,其他排汽管上宜设置消声器。

5.2 除氧给水系统

5.2.1 余热锅炉给水系统应符合下列规定:

- 1 单台余热锅炉应采用单元制给水系统;
- 2 多台余热锅炉集中布置且锅炉运行压力相同时,给水泵出口侧宜采用单母管给水系统,多台余热锅炉分散布置或锅炉运行压力不同时,应分别设置锅炉给水系统;
- 3 给水系统应设置给水再循环管,当余热锅炉运行负荷变化大时,锅炉给水泵宜设置调速装置。

5.2.2 余热锅炉应设置除氧器,除氧器的额定容量应根据余热锅炉最大给水量确定,给水箱或除氧器水箱的总有效容积宜为所有余热锅炉以最大蒸发量连续蒸发 20min~60min 时的给水消耗量。

5.2.3 余热锅炉给水泵的选择应符合下列规定:

- 1 余热锅炉给水泵台数的选择,应满足余热锅炉负荷变化的需要,并应设置备用;
- 2 余热锅炉给水泵容量的确定,当容量最大的 1 台给水泵停止运行时,其余给水泵的总容量应能满足所有运行锅炉在额定蒸发量时所需给水量的 110%,锅炉系统设有减温装置或蓄热器时,给水泵的总容量应计入减温装置或蓄热器的用水量。

5.2.4 给水泵宜采用双电源供电,不具备双电源供电且停电后对余热锅炉安全运行有影响时,应设置作为事故备用泵的汽动给水泵,事故备用泵的容量应满足所有运行锅炉在额定蒸发量时所需给水量的 20%~40%。

5.2.5 当热力除氧水箱低位布置时,应选择特殊锅炉给水泵或加装增压泵。

5.2.6 除氧给水系统应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定。

5.3 汽轮发电机设备及系统

5.3.1 汽轮发电机规模及参数的选择应符合下列规定:

1 汽轮发电机规模及参数应根据余热蒸汽参数和热(冷、电)负荷,经热(电)平衡分析后确定;

2 发电机的电压等级应与工厂供电电压等级相符。

5.3.2 汽轮发电机应能满足余热锅炉蒸汽参数变化的要求,饱和蒸汽汽轮发电机应满足饱和蒸汽含湿量的要求。

5.3.3 汽轮机机型的选择应符合下列规定:

1 当具有常年持续稳定热负荷时,宜选择背压式汽轮机,当有两种及以上参数热负荷需求时,宜选择抽汽背压式汽轮机;

2 余热锅炉产汽量大于基本热负荷或热负荷变化大时,宜选择抽汽凝汽式汽轮机;

3 当无热负荷时,应选择凝汽式汽轮机。

5.3.4 主蒸汽管道系统宜采用母管制系统,进入汽轮机主汽阀前的蒸汽管道上应设事故放空装置。

5.3.5 饱和蒸汽汽轮发电机进口蒸汽管道上应设置汽水分离装置。

5.3.6 根据抽汽凝汽式汽轮发电机、背压式汽轮发电机和抽汽背压式汽轮发电机各级抽汽和背压排汽的参数,应设置相应的备用减压装置或备用减温减压装置,减压装置或减温减压装置的容量

等于最大抽汽量或排汽量。常年运行的减压装置或减温减压装置,应设置备用。

5.3.7 凝汽式、抽汽凝汽式汽轮发电机宜设置旁路冷凝系统,冷凝流量应按汽轮机最大冷凝流量确定。背压式汽轮发电机和抽汽背压式汽轮发电机的抽汽管道、排汽管道应设置稳定蒸汽压力的调压装置及放空装置。

5.3.8 汽轮发电机房宜与辅助动力设备房布置在同一个区域内,小型汽轮发电机可与动力设备布置在同一建筑物内,宜共用公辅设施。

5.3.9 汽轮发电机设备及系统应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定。

5.4 溴化锂吸收式冷(温)水机组及系统

5.4.1 溴化锂吸收式冷(温)机组的选择应根据余热资源特性和用户负荷特点,经过技术经济比较后确定,机组的技术要求应符合现行国家标准《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》GB/T 18431 的有关规定。

5.4.2 各类机型所需的热源参数应符合表 5.4.2 的规定

表 5.4.2 各类机型所需的热源参数

机 型	所需的热源种类和参数
烟气双效机组	烟气,温度不小于 400℃
蒸汽双效机组	饱和蒸汽,压力为 0.4MPa、0.6MPa、0.8MPa
热水双效机组	热水,温度高于 140℃
烟气单效机组	烟气,温度不宜小于 280℃
蒸汽单效机组	生产工艺废汽,压力为 0.1MPa
热水单效机组	生产工艺废热水,温度 85℃~140℃

5.4.3 烟气型溴化锂吸收式冷(温)水机组的供冷、供热参数应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。

5.4.4 空调水系统、冷却水系统、补给水系统的设置应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。

5.5 其他换热设备及系统

5.5.1 铝冶炼用碳素系统余热导热油锅炉及布置应符合下列规定：

- 1 额定压力和温度应根据生产要求确定；
- 2 额定容量不应小于生产负荷的 1.2 倍；
- 3 排烟温度不宜大于选用的导热油最高使用温度附加 20℃；
- 4 漏风系数应小于 2%；
- 5 宜设置清灰装置；
- 6 烟气进口、出口处应设置防爆装置；
- 7 加热炉与引风机应一对一设置，且引风机应采用变频调速控制；
- 8 余热导热油锅炉的排烟宜接至相邻的蒸汽锅炉烟道入口或煅烧回转窑窑后排烟燃烬装置内。

5.5.2 电解铝电解槽烟气余热可采用水或其他热媒为介质的换热设备进行回收，烟气余热回收系统应符合下列规定：

- 1 换热设备应布置在电解槽烟气净化总烟管上，各换热设备应并联布置；
- 2 不应影响电解槽槽温及电解槽负压的稳定。

5.5.3 有机工质朗肯循环发电系统应符合下列规定：

- 1 有机工质和发电规模应根据余热资源特性和余热资源参数确定；
- 2 发电机组的电压等级应与工厂电压等级相符。

5.5.4 换热设备的选择应根据余热资源特性和用户负荷特点，经过技术经济比较后确定，并应满足后续工艺、设备及管道的要求。

6 公用辅助设施

6.1 总平面布置

6.1.1 余热利用设施总平面布置应以余热源为中心,应以余热利用工艺流程顺畅为原则,应在企业总体布置的基础上利用自然地形和地质条件进行规划。

6.1.2 总平面布置应满足生产安全、环保和卫生要求,宜采用建(构)筑物联合布置和多层布置形式。

6.1.3 总平面布置应符合下列规定:

1 余热回收设施应临近余热源布置。

2 建(构)筑物的布置应符合下列规定:

1) 站区内建(构)筑物的平面布置和空间组合应满足工艺流程要求,根据生产设施功能要求布置;

2) 新建余热发电工程应与主体工程统一进行功能分区,改建、扩建余热发电工程宜根据现有功能分区和场地进行布置,余热发电工程应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 和《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229 的有关规定;

3) 站区内各建(构)筑物间距,建(构)筑物与铁路、道路间的防火距离,消防通道的设置应符合国家现行有关防火标准的规定。

3 总平面布置应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187、《有色金属企业总图运输设计规范》GB 50544 和《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定。

6.1.4 场地竖向布置应符合现行国家标准《工业企业总平面设计

规范》GB 50187 的有关规定。

6.1.5 站区内的道路应符合下列规定：

1 应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187 和《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的有关规定；

2 道路宜采用水泥混凝土路面或沥青路面；

3 室外装置、余热锅炉周围应留有检修场地和起吊运输设备进出的道路，道路净空高度不应小于 4.5m，宜大于或等于 5m；

4 消防车道的的设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

6.1.6 区域内管线布置应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187、《有色金属企业总图运输设计规范》GB 50544 和《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定。

6.2 化学水处理系统

6.2.1 化学水处理系统应根据供水水源的水质、变化规律和余热利用系统水质要求确定，原水预处理设备的容量、预处理方式及装置选型和设置，应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定。

6.2.2 化学水处理设备的容量应按下列各项损失和消耗量进行计算：

- 1 蒸汽用户的凝结水损失；
- 2 锅炉房自用蒸汽的凝结水损失；
- 3 锅炉排污水损失；
- 4 室外蒸汽管道和凝结水管道的漏损；
- 5 采暖热水系统的补给水；
- 6 水处理系统的自用化学水；
- 7 余热利用系统外的化学水。

6.2.3 余热发电补给水处理系统设计应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定，水质应符合现行国

家标准《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145 的有关规定,余热不用于发电时的补给水处理系统设计应符合现行国家标准《工业用水软化除盐设计规范》GB/T 50109 的有关规定,水质应符合现行国家标准《工业锅炉水质》GB/T 1576 的有关规定。

6.2.4 汽水取样冷却器宜与余热锅炉相邻布置,露天布置应采取防雨、防冻措施,汽水取样头的型式、引出点和管材,应满足样品具有代表性和不受污染的要求,汽水样品的温度宜小于 30℃。

6.2.5 化学水处理的设备宜布置在单独的建筑物内,或相邻布置在余热锅炉房及余热发电机房,水箱可布置在化学水处理建筑物外。

6.2.6 水处理间操作通道的净距不应小于 1.5m,辅助设备操作通道的净距不宜小于 0.8m,通道应满足检修的需要。

6.3 电气设备及系统

6.3.1 余热发电电气设备的配置应按余热容量和生产工艺确定,并应符合下列规定:

1 并网同期点的设置应符合下列规定:

- 1) 发电机与企业电网并网时,应选定并网点,宜采用准同步并网方式;
- 2) 发电机组与电力系统联络的回路数量宜根据发电机组数量确定,并应在发电机出口断路器处设置余热发电并网同期点。

2 余热发电的启动电源宜利用并网联络线由企业电网提供,当站用电系统仅为低压负荷时,也可由临近的生产线低压配电室提供。

3 电气主接线的确定应符合下列规定:

- 1) 当发电机引出线方式为直配线时,发电机出口电压应根据发电机并网点的电压等级进行选择,当发电机与变压

器组为单元连接时,发变组出口电压宜根据生产线电力网络中压系统电压等级进行选择;

- 2) 余热发电高压母线的接线方式应根据余热发电的机组数量确定,当发电机为 1 台时,宜采用单母线接线,当发电机为 2 台及以上时,宜采用单母线分段接线;
- 3) 当发电机电压母线的短路电流超过总降压变电站或厂内配电站断路器的额定开断电流时,可在联络线出口开关处设置限流装置;
- 4) 当单相接地故障电容电流不大于 4A 时,10.5kV、6.3kV 发电机中性点应采用不接地系统,当单相接地故障电容电流大于 4A 时,发电机中性点宜采用消弧线圈或高电阻接地系统;
- 5) 接在发电机母线上的避雷器和电压互感器宜合用一组隔离开关,接在发电机中性点的避雷器不宜装设隔离开关;
- 6) 隔离开关与相应的断路器和接地刀闸之间应装设闭锁装置。

4 继电保护和自动装置应符合现行国家标准《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062 的有关规定,并应符合下列规定:

- 1) 发电机出口断路器、并网联络线断路器应设置安全自动保护装置,自动保护装置的保护动作电流和动作时限整定值应与上一级保护配合,并应防止越级跳闸,短路时宜采用光纤差动保护;
- 2) 系统通信和远动设计应按“地区电力调度所—工厂动力总调度室—余热电站”的顺序设计。

6.3.2 余热发电通信的设置应符合下列规定:

1 余热利用的厂内通信应包括余热利用系统与生产工艺系统的联络通信和发电系统内部生产调度通信;

2 可利用企业内部程控交换总机的裕量,增加各岗位生产管

理和调度通信电话；

3 与电力部门联系的电力调度电话的设置，宜根据企业的调度方式确定。

6.3.3 余热利用的电气测量仪表设计，应符合现行国家标准《电力装置电测量仪表装置设计规范》GB/T 50063 的有关规定。

6.3.4 余热发电电缆选择与敷设的设计应符合现行国家标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 的有关规定。

6.3.5 余热发电的站用电系统、直流系统、站用电室等其他电气设计，应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定。

6.3.6 余热利用的过电压保护和接地设计，应符合现行国家标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064 和《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065 的有关规定。

6.3.7 爆炸火灾危险环境下的电气装置设计，应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的有关规定。

6.3.8 余热利用的电力设施抗震设计，应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 的有关规定。

6.3.9 余热利用电气设计，应符合国家现行标准《有色金属冶炼厂电力设计规范》GB 50673 和《有色金属矿山电力设计规范》YS 5030 的有关规定。

6.4 仪表与控制

6.4.1 余热发电控制方式应符合下列规定：

1 控制方式宜采用集中控制，宜通过设置在集中控制室的操作员站，实现机组启停、运行工况的监视和调整、异常运行工况的事故处理和紧急停机；

2 控制系统应与生产工艺控制系统实时通信、数据互传及联锁控制；

3 控制系统应能实现系统内部的实时通信、数据互传、联锁

及程序控制；

4 余热锅炉系统、汽轮机系统、除氧给水系统、循环水系统及除盐水泵等，应采用集散控制系统进行控制，化学水处理系统可就地集中控制；

5 余热锅炉清灰装置控制系统应与生产工艺控制系统实时通信及数据互传。

6.4.2 余热发电的测量、控制与联锁应符合下列规定：

1 余热发电控制系统的设计，应能实现对汽轮机及发电系统运行工况参数的显示、报警、累计、储存、数据处理及打印功能。

2 自动调节系统的设置应符合下列规定：

1) 余热锅炉汽包水位应设置自动调节；

2) 余热锅炉汽包压力宜设置自动调节；

3) 余热锅炉设有喷水混合式减温时，宜设置过热蒸汽温度自动调节；

4) 汽机自动调节项目应根据发电系统的特点和汽机设备的要求确定；

5) 除氧器应设置压力和水位自动调节装置；

6) 减温减压器应设置压力、温度自动调节装置；

7) 对需保持一定液位运行的容器，宜设置液位自动调节装置；

8) 余热锅炉汽包水位、汽包压力宜设置工业电视监控系统。

3 余热锅炉系统的输灰装置与下游的生产工艺系统输送设备之间，应设置电气联锁装置。

4 余热锅炉进口、出口及旁通烟风道的各电动调节阀之间，应设置电气联锁装置。

6.4.3 余热发电的控制系统、汽轮机监视保护系统及汽轮机电液调节系统，应采用两路电源供电，其中一路应采用交流不间断电源供电，另一路应采用站用电供电。

6.4.4 余热利用系统设计应符合现行国家标准《小型火力发电厂

设计规范》GB 50049 的有关规定。

6.5 给水、排水和循环冷却水

6.5.1 余热利用系统给水宜由全厂统一供应,给水的水质应符合生活用水、生产用水和消防用水的水质标准要求。

6.5.2 余热利用设备冷却水应循环使用,循环冷却水系统设计和循环水水质控制应分别符合现行国家标准《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102 和《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T 50050 的有关规定,循环冷却水管道上宜装设流量计、温度计、压力计及断水报警装置。

6.5.3 循环水系统排污水、软化水制备系统排污水、除盐水制备系统排污水及余热锅炉等设备的排污水,宜收集后与企业其他生产废水一并处理,应在达标后回收利用。

6.5.4 余热利用的消防设施应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 的有关规定。

6.5.5 存在火灾危险的建(构)筑物内应设置灭火器,灭火器的配置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的有关规定。

6.6 建筑与结构

6.6.1 建筑与结构设计应满足余热利用工艺设备布置要求,并结合余热利用工艺设计进行建(构)筑物的平面布置、空间组合、建筑造型、色彩处理以及围护结构的选择。

6.6.2 余热利用建(构)筑物的火灾危险性的划分应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定,并应符合下列规定:

1 汽轮机头部主油箱及油管道阀门外缘水平 5m 范围内的钢梁、钢柱,应采取防火隔热措施,钢柱耐火极限不应低于 2.50h,

钢梁耐火极限不应低于 1.50h;当主油箱上方的楼板开孔时,开孔水平边缘周围 5m 范围所对应的屋面钢结构承重构件应采取防火隔热保护措施,主油箱承重构件耐火极限不应低于 1.00h。

2 余热锅炉房内的平台、扶梯应采用不燃烧的防滑材料。

3 配电室、主控制室等电气间的室内装修应采用不燃烧材料。

6.6.3 附设在建筑内的控制室、配电室、电缆夹层及设备用房的设计,应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《35kV~110kV 变电站设计规范》GB 50059 和《20kV 及以下变电所设计规范》GB 50053 的有关规定。

6.6.4 采用可燃废气的余热锅炉房外墙、楼地面和屋面,应采取防爆措施,并应设有锅炉间首层建筑面积 10% 的泄压面积。泄压方向不得朝向人员聚集场所及人员通道,且泄压处不得与人员聚集场所及人员通道相邻。

6.6.5 建筑物的节能设计应符合现行国家标准《有色金属冶炼厂节能设计规范》GB 50919 的有关规定,余热利用厂房的使用性能、功能特征和节能要求的分类应为 C 类。

6.6.6 建筑物的屋面设计应符合现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345 的有关规定。

6.6.7 活荷载的选取应符合下列规定:

1 建(构)筑物的楼面、地面和屋面结构设计,应计算在生产使用、检修、施工安装时段,由设备、管道、运输工具、材料堆放等重物所引起的荷载;

2 无特殊要求的活荷载取值,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定,楼面、地面操作及检修荷载取值,应符合现行国家标准《有色金属工程结构荷载规范》GB 50959 的有关规定;

3 汽轮发电机房的吊车应按工作级别 A1~A3 取值;

4 应对余热锅炉设备厂家提供的设备荷载进行复核确认,室

内布置的余热锅炉应满足工程所在地区实际抗震设防要求,露天布置的余热锅炉尚应对风荷载和地震荷载进行计算,应取最不利荷载工况。

6.6.8 汽轮发电机的基础设计应符合下列规定:

1 汽轮发电机基础应独立布置,四周宜留有与其他结构隔开的变形缝。

2 汽轮发电机传至基础上的全部设备净重、基础自重、底板自重及底板上回填土重之和的总重心,宜与基础底面形心位于同一垂直线上,若偏心不可避免,偏心距与平行偏心方向基础底面边长之比不应大于3%。设置在汽轮机组基础底板上的平台和地下室楼板立柱应计入荷载对偏心的影响。

3 汽轮发电机基础的配筋应符合下列规定:

1) 汽轮发电机基础底板各面应设置钢筋网,底板顶面和底面的最小配筋率宜为0.1%;底板侧面四周的钢筋网钢筋直径宜为16mm~20mm,间距不宜大于250mm;底板厚度大于2m时,宜在底板板厚中间部位设置直径不小于12mm、间距不大于300mm的双向钢筋网。

2) 汽轮机基础柱配筋应按计算确定,柱全部纵向钢筋的最小配筋率不宜小于0.60%,直径不宜小于25mm;柱箍筋宜采用封闭箍筋,箍筋直径不宜小于12mm,箍筋加密区间距不宜大于150mm,且不宜大于柱纵向钢筋直径的6倍,非加密区间距宜为200mm~300mm,肢距不宜大于400mm。

3) 汽轮发电机基础运转层顶板配筋应按计算确定,顶板顶面、底面钢筋最小配筋率不宜小于0.15%;顶板应根据由于构件两侧温度差产生的应力在梁两侧分别设置温度钢筋,高、中压缸侧的纵、横梁侧面配筋率不宜小于0.15%。

6.6.9 建筑与结构设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规

范》GB 50016 和《动力机器基础设计规范》GB 50040 的有关规定。

6.7 供暖通风

6.7.1 余热利用建(构)筑物供暖、通风与空气调节设计应符合国家现行标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 和《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035 的有关规定。

6.7.2 供暖设计应符合下列规定：

1 位于非集中供暖地区的余热利用要求供暖时，可设置余热利用集中供暖；

2 设置集中供暖的生产建筑和辅助生产建筑，在非工作时间或中断使用时间，值班供暖应按 5°C 设置。

6.7.3 供暖通风、空气调节室外气象计算参数的选用应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的有关规定。

6.7.4 余热利用供暖热媒应与厂区的供暖热媒保持一致。

6.7.5 供暖通风设计应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定。

6.8 厂区热力管网

6.8.1 热力管网设计参数、管道系统、管道布置、管道材料的确定及支吊架的选择，应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187 和《工业金属管道设计规范》GB 50316 的有关规定。

6.8.2 管网系统设计应符合下列规定：

1 应根据余热锅炉房、汽轮发电机房及热用户所在位置，对管道系统进行分析，应经蒸汽热平衡及管道水力计算后，确定各管段设计参数；

2 蒸汽管网的设计应符合现行行业标准《火力发电厂汽水管道设计规范》DL/T 5054 的有关规定，其他热力管道的设计应符

合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的有关规定；

3 多台余热锅炉宜设置集汽缸；

4 饱和蒸汽管网应在低位点设置疏水装置，管道展开长度超过 80m 时，尚应设置疏水点；

5 热水系统设计时，系统静压线压力值、系统回水压力、与用户连接方式和用户入口装置处供回水管减压值，宜在水力计算基础上绘制水压图后确定；

6 热力管道支吊架的设置和选型，应根据管道系统的总体布置分析确定，蒸汽管道宜采取隔热型支吊架；

7 应根据管道输送介质参数进行保温计算、确定保温材料和保温厚度。

附录 A 烟气酸露点温度计算

A. 0.1 烟气酸露点温度可按下式计算：

$$t_{\text{sld}} = 186 + 20 \lg \varphi_{\text{H}_2\text{O}} + 26 \lg \varphi_{\text{SO}_3} \quad (\text{A. 0.1})$$

式中： t_{sld} ——烟气酸露点温度(℃)；

$\varphi_{\text{H}_2\text{O}}$ ——烟气中蒸汽的体积百分含量(%)；

φ_{SO_3} ——烟气中三氧化硫的体积百分含量(%)。

A. 0.2 烟气中硫酸的质量浓度、三氧化硫在烟气中所占的容积份额、烟气中蒸汽和三氧化硫分压之和可按下列公式计算：

$$C = \frac{98V_{\text{SO}_3}}{80V_{\text{SO}_3} + 18V_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\text{A. 0.2-1})$$

$$V_{\text{SO}_3} = K \cdot V_{\text{SO}_2} \quad (\text{A. 0.2-2})$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}+\text{SO}_3} = (B - P) \frac{V_{\text{SO}_3} + V_{\text{H}_2\text{O}}}{100} \quad (\text{A. 0.2-3})$$

式中： C ——烟气中硫酸的质量浓度(%)；

V_{SO_3} ——三氧化硫在烟气中所占的容积份额(%)；

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ ——蒸汽在烟气中所占的容积份额(%)；

K ——烟气中二氧化硫转化为三氧化硫的百分率(%)；

V_{SO_2} ——二氧化硫在烟气中所占的容积份额(%)；

$P_{\text{H}_2\text{O}+\text{SO}_3}$ ——烟气中蒸汽和三氧化硫分压之和(Pa)；

B ——锅炉安装处大气压力(Pa)；

P ——锅炉冷却室烟气负压(Pa)。

A. 0.3 可根据本标准第 A. 0.2 条计算取得的数值在图 A. 0.3 汽相中硫酸浓度和露点之间的关系曲线中查取烟气酸露点温度。

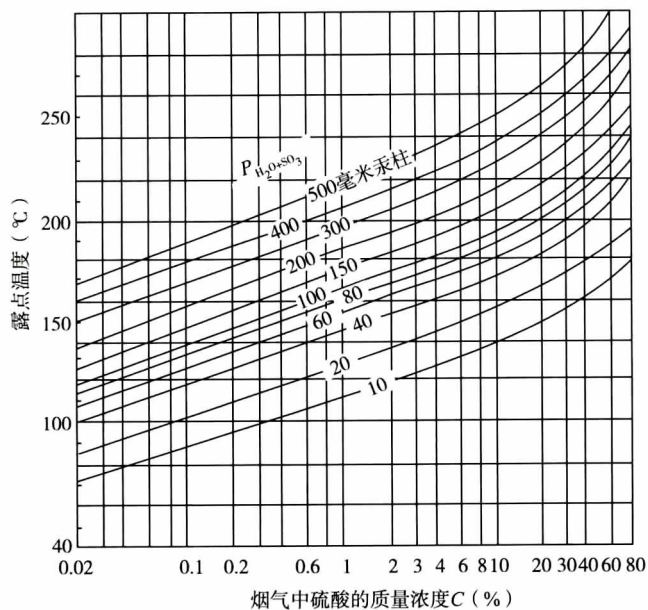


图 A. 0. 3 汽相中硫酸浓度和露点之间的关系曲线

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

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:

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:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 《厂矿道路设计规范》GBJ 22
- 《动力机器基础设计规范》GB 50040
- 《小型火力发电厂设计规范》GB 50049
- 《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T 50050
- 《20kV 及以下变电所设计规范》GB 50053
- 《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058
- 《35kV~110kV 变电站设计规范》GB 50059
- 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062
- 《电力装置电测量仪表装置设计规范》GB/T 50063
- 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064
- 《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065
- 《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102
- 《工业用水软化除盐设计规范》GB/T 50109
- 《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140
- 《工业企业总平面设计规范》GB 50187
- 《电力工程电缆设计标准》GB 50217
- 《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229
- 《电力设施抗震设计规范》GB 50260
- 《工业金属管道设计规范》GB 50316
- 《屋面工程技术规范》GB 50345

《有色金属企业总图运输设计规范》GB 50544
《有色金属冶炼厂电力设计规范》GB 50673
《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
《有色金属冶炼厂节能设计规范》GB 50919
《有色金属矿山工程建设项目设计文件编制标准》GB/T 50951
《有色金属工程结构荷载规范》GB 50959
《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974
《有色金属冶炼工程建设项目设计文件编制标准》GB/T 51023
《工业锅炉水质》GB/T 1576
《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145
《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》GB/T 18431
《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035
《火力发电厂汽水管道设计规范》DL/T 5054
《有色金属矿山电力设计规范》YS 5030

中华人民共和国国家标准

有色金属工业余热利用设计标准

GB/T 51413 - 2020

条文说明

编 制 说 明

《有色金属工业余热利用设计标准》GB/T 51413—2020,经住房和城乡建设部 2020 年 1 月 16 日以第 42 号公告批准发布。

本标准编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,收集整理了近年来我国有色金属工业余热利用工程及其他行业领域余热利用工程的生产实践经验,借鉴了国内外相关行业标准,广泛征求了科研院所、企事业单位各方面的意见,经专家委员会审定后定稿。

为便于广大设计、生产、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《有色金属工业余热利用设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(39)
3	基本规定	(40)
4	余热资源	(41)
4.1	余热资源等级	(41)
4.2	余热量计算方法	(41)
4.3	余热资源回收	(42)
5	余热利用系统	(43)
5.1	余热锅炉及系统	(43)
5.2	除氧给水系统	(45)
5.3	汽轮发电机设备及系统	(45)
5.4	溴化锂吸收式冷(温)水机组及系统	(45)
5.5	其他换热设备及系统	(46)
6	公用辅助设施	(47)
6.1	总平面布置	(47)
6.2	化学水处理系统	(47)
6.3	电气设备及系统	(47)
6.4	仪表与控制	(48)
6.5	给水、排水和循环冷却水	(48)
6.6	建筑与结构	(49)
6.8	厂区热力管网	(49)
附录 A	烟气酸露点温度计算	(51)

1 总 则

1.0.3 有色金属工业余热利用系统包含余热回收和余热利用,涉及能源动力、总图、化水、电气、给排水等多专业。本标准重点内容是余热利用设计,与余热相关的配套设施,如压力管道、压力容器、总图、电气、给排水等,国家已经制定了完善的标准,要求遵守相关标准的规定。

3 基本规定

3.0.1 热(冷、电)负荷是确定余热利用系统的重要依据,是余热利用设施投产后能否稳定生产、取得预期经济效益的关键基础数据。设计单位需通过多种方法对负荷数据进行调研和核实。本条强调了生产工艺的安全运行是第一位的,余热利用系统采用成熟可靠的技术,以确保生产工艺的安全运行。

3.0.3 其他能源主要指一次能源(燃煤、天然气、油)或一次能源加工生产的二次能源(煤气、电力、蒸汽)。采用除余热资源以外的其他能源对饱和蒸汽进行过热处理,需新增消耗燃煤、燃气或燃油,类似新建了小型蒸汽锅炉,违背了余热利用节能减排的初衷。同时,若采用燃煤,不符合国家产业政策导向,且烟气排放指标难以满足环保要求;若采用燃气和燃油,则成本过高。当生产过程中产生了可燃废料,若没有更好的利用方式,根据可燃废料的成分和参数,选择余热利用工艺来加热饱和蒸汽。

3.0.5 余热发电工程不同于非发电的余热利用工程,余热发电系统、内容及相关要求与火力发电工程相近。基于此,对余热发电工程,做出了应执行火力发电相关标准的规定。余热发电单机规模小于125MW,通常需遵守小型火力发电相关标准的规定。

4 余热资源

4.1 余热资源等级

4.1.1 余热资源等级是根据现行国家标准《工业余能资源评价方法》GB/T 1028,并按照有色金属工业余热资源特点进行划分的。

4.1.2 一等余热资源投资回收期短、经济效益好,一般优先回收;对于二等余热资源、三等余热资源,在后续生产工艺、设备及管道对温度、压力有限制性要求时,即使投资回收期长、经济性较差,也要求设置降温、降压设施来回收;对于三等余热资源,投资回收期较长,但项目投资财务内部收益率高于基准收益率,采用成熟可靠的技术回收余热,有利于企业节能减排,还能产生较好的经济效益和环保效益。

4.2 余热量计算方法

4.2.2 液态炉渣熔化潜热是指炉渣由液态向固态相变过程中释放的热量,熔化潜热可以根据炉渣相图查取。

4.2.5 本条中的一氧化碳、氢气、甲烷分别对应的低位发热量引自《燃气工程技术手册》(同济大学出版社出版)。

4.2.6 余热资源中存在不同的化学成分,不同化学成分对应不同化学反应方程式,化学反应余热可以按《物理化学》(高等教育出版社出版)中的方法进行计算。低位发热量 32792kJ/kg 是根据《实用无机物热力学数据手册》中二氧化碳的生成热 393505J/mol ,综合碳的燃烧反应式进行热量计算后,经单位转换的数值。化学反应余热涉及的其他常用数据可以通过《重有色金属冶炼设计手册》(冶炼烟气收尘通用工程 常用数据卷)查取。

4.3 余热资源回收

4.3.1 有色金属工业余热资源种类多,有烟气余热、炉渣余热、产品(中间产品)余热、冷却介质余热、可燃废气余热、化学反应及残碳余热等,热量的表现形式分为显热、潜热和化学反应热或同时兼有,需要根据不同的热量表现形式选择不同的回收方法和设施。

4.3.2 本条规定了烟气余热的回收方法。

1 生产饱和蒸汽或过热蒸汽,主要是从高温腐蚀、高温粘结方面选择,当烟气粘结性低、腐蚀性弱时,选择生产过热蒸汽;当烟气粘结性高或腐蚀性强时,选择生产饱和蒸汽。将已有饱和蒸汽通过余热进行过热处理时,主要从经济性和设备可靠性来判断,用高温余热资源加热生产工艺已有的饱和蒸汽,可以减少饱和蒸汽的冷凝损失,利用过热蒸汽发电,可以实现高能高用,最大限度地提高能源综合效率,目前已有成熟、系列、标准化的过热式汽轮机产品。

4 依次设置余热导热油锅炉、余热蒸汽锅炉基于两方面:一方面是烟气经过导热油锅炉利用后排放温度仍然较高,另一方面是导热油锅炉需要的热量通常小于生产工艺排放的烟气余热量,需设置蒸汽锅炉进一步回收余热。导热油在其他文献中也称为有机载热体、有机热载体。

4.3.3 高温炉渣直接利用有一定的困难,目前采用惰性气体干法冷渣,回收惰性气体携带的热量,随着技术的不断发展,已经在尝试采用其他的回收方法,可以选择其他设备回收高温炉渣。

4.3.5 冷却介质余热主要是高温水(包括高温炉渣水淬的热水)、冶金炉水套的冷却水、冶金炉门架的冷却水、汽化冷却产出低压蒸汽转化成的高温水等,这些余热资源量大、品位低、较为分散,目前尚未很好地利用冷却介质余热。

5 余热利用系统

5.1 余热锅炉及系统

5.1.2 对于年平均降雨量在 1200mm 以上的雨水较多地区,即使在余热锅炉炉顶设置了炉顶盖,仍没有办法解决雨水浸入炉顶受热面的问题时,采用半露天布置。另外,对累积年最冷月平均气温接近 -10°C 的地区,在冬季进行炉顶检修或运行环境不太恶劣时,也采用半露天布置的方式。

1 非严寒地区是指累年最冷月平均温度高于 -10°C 的地区。露天布置指锅炉本体仅设置炉顶罩壳,或锅炉本体不设置炉顶罩壳,而只设置炉顶盖(炉顶盖一般为设置在锅炉顶上的雨棚或雨披),而不论锅炉运转层以下部分封闭与否。半露天布置是指锅炉炉顶上部及四周设有轻型维护结构的炉顶小室(包括汽包炉的汽包小室)。

5.1.3 对于粉尘大的烟气,为了便于烟气中的粉尘沉降,采用直通烟道式炉型。有色金属工业领域余热锅炉早期大多设置了过热器,均存在高温腐蚀、粘结的现象,因此本条对于粘结性大、腐蚀性高的烟气环境,不推荐在余热锅炉内设置过热器、省煤器、空气预热器等设备。

5.1.4 本条对余热锅炉参数做出规定。

1 根据余热锅炉设计经验及余热锅炉实际运行情况,综合烟气参数和成分的波动,规定不低于 15°C 的富余量是安全、可靠的。

2 有色金属工业烟气中粉尘量大,锅炉上虽设有清灰装置,但运行一段时间后,难免会有积灰,换热效率相比设计值有所降低,故换热面积宜留有 15% 的余量。

3 对目前生产企业的调查表明,重金属冶炼行业的余热锅炉

内不设置省煤器,碳素炉窑等其他低粉尘、低二氧化硫烟气的余热锅炉设置省煤器。

4 烟尘含量影响对流受热面的磨损和烟气流速的取值,烟尘含量大于 $100\text{g}/\text{Nm}^3$ 时,取低值;无灰或少灰燃料,取高值。

5.1.6 现行行业标准《锅炉安全技术监察规程》TSG G0001 规定,“额定蒸发量小于或等于 $75\text{t}/\text{h}$ 的燃用煤粉、油或者气体的水管锅炉,未设置炉膛安全自动保护系统时,炉膛和烟道应当设置防爆门,防爆门的设置不应当危及人身的安全”。因此余热锅炉需在易爆燃的位置设置防爆装置。

5.1.8 余热锅炉出口参数与生产过程相关,有些生产过程的进料和炉渣排放是间断性的,有些生产工艺虽然连续,但多台分散布置的余热锅炉供汽参数不一致,供热距离相差大,需通过调节装置来稳定压力,以满足后续设备参数要求。分散布置的锅炉采用主蒸汽母管制,为防止蒸汽逆流,在锅炉出口蒸汽管道上设置逆止阀。

5.1.12 对于不具备双电源供电的情况,当有蒸汽产生且蒸汽参数满足蒸汽拖动装置进口要求时,设置汽动循环泵可以确保余热锅炉水循环的正常运行;当无蒸汽产生时,一般增设应急电源。

5.1.15 本条对疏水系统做出规定。

1 现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 中规定“疏水扩容器的容量, 25MW 及以下的机组,宜为 $0.5\text{m}^3 \sim 1\text{m}^3$, 50MW 及以上的机组分别设置高压疏水扩容器和低压疏水扩容器,容量宜分别为 1.5m^3 。”本标准所涉及的余热发电机组规模为 25MW 以下,按 $0.5\text{m}^3 \sim 1.5\text{m}^3$ 容量设置。

2 现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 中规定“发电厂 $65\text{t}/\text{h} \sim 130\text{t}/\text{h}$ 锅炉,装设 2 个总容量为 20m^3 的疏水箱。发电厂设置 $220\text{t}/\text{h} \sim 410\text{t}/\text{h}$ 锅炉,疏水箱总容量为 30m^3 ”。本标准所涉及的余热锅炉总容量不大,按 $10\text{m}^3 \sim 30\text{m}^3$ 设置。

5.1.16 余热锅炉启停或生产波动过程中,会长时间对空排汽,在

排汽管上设置消声器可以减少噪声影响。其他不常用的排汽管对空排汽时间短,可以根据环保要求确定是否设置消声器。

5.2 除氧给水系统

5.2.3 余热锅炉给水泵台数和容量是根据余热锅炉负荷随生产工艺波动而变化的特点确定的,这样可以满足各种生产工况要求。锅炉在额定蒸发量时所需给水量包括锅炉蒸发量和排污量。

5.2.4 本条对增设汽动给水泵的容量做出规定,以保证事故情况下锅炉运行用水量的需求。

5.3 汽轮发电机设备及系统

5.3.3 由于背压式汽轮机没有冷凝损失,热效率高,在具有常年持续稳定的热负荷时,一般选用背压式汽轮机。

5.3.5 饱和蒸汽携带的疏水进入汽轮机会对汽轮机叶片产生冲刷,影响汽轮机安全和效率,本条规定设置汽水分离装置,可排出蒸汽管道启停时产生的疏水,保证汽轮发电机组的使用寿命和机组的安全稳定。

5.3.7 设置旁路冷凝系统可以在汽轮机发生故障或进行检修时回收凝结水,同时不影响生产的正常运行。

5.4 溴化锂吸收式冷(温)水机组及系统

5.4.2 根据余热源品位不同,单效溴化锂吸收式冷(温)水机组的制冷性能系数在 0.6 左右,双效溴化锂吸收式冷(温)水机组的制冷性能系数在 1.3 左右,为提高能源利用的经济性,根据余热特点,优先选择双效溴化锂吸收式冷(温)水机组。双效溴化锂吸收式冷(温)水的高温发生器中输入的热能,使高温发生器中的溴化锂溶液在温度达到 140℃ 左右时产生蒸汽,因此,双效溴化锂冷(温)水机组输入蒸汽压力不小于 0.4MPa,输入的热水温度不小于 140℃。

5.5 其他换热设备及系统

5.5.1 本条对铝冶炼用碳素系统余热导热油锅炉及布置做出规定。

8 导热油锅炉排烟温度较高,导热油锅炉排烟需引至相邻的蒸汽锅炉,以进一步回收烟气余热。在铝用碳素系统余热利用工程实践中,导热油锅炉需要的热量通常小于生产工艺排放的烟气余热量,生产工艺排出的烟气一部分经导热油锅炉后进入蒸汽锅炉,另一部分直接引至蒸汽锅炉。

5.5.2 电解铝烟气有闭式和开式两种余热利用方式,闭式方式的烟气余热利用只有一次热交换,一次热媒(暖通常用的介质,一般有多种介质)与烟气直接换热,吸收热量后的一次热媒直接输送给热用户;开式方式的烟气余热利用有两次热交换,第一次是一次热媒与烟气交换,第二次是一次热媒与水交换,将热水送至热用户,如洗浴或生活热水。

6 公用辅助设施

6.1 总平面布置

6.1.1 总平面布置以余热源为中心,可以最大限度地减少热损失和管网阻力损失,并且节省管网投资。

6.1.3 本条对总平面布置做出规定。

1 余热回收设施临近余热源布置不仅能减少热损失,还能减少管道布置长度。

2 本款第3项所指的国家现行有关防火标准有现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016及其他行业的防火标准。

6.1.5 本条对站区内道路做出规定。

3 本款规定有利于检修时设备起吊或放置,方便使用,净空高度一般根据目前常用设备确定。

6.2 化学水处理系统

6.2.4 取样系统的取样冷却器相对集中布置,可以方便运行人员操作;汽水样品温度小于 30℃ 可以保证样品的质量和取样的安全。

6.2.6 主操作通道和辅助设备间的最小净距不小于 1.5m,是为了满足操作、化验取样、检修通道阀门及更换补充树脂等工作的要求。

6.3 电气设备及系统

6.3.1 本条对余热发电电气设备的配置做出规定。

1 有色金属工业通常配套建设有总降压变电站或厂区配电站,余热发电接入总降压变电站或厂区配电站的电压等级,会根据

发电机组的单台容量、建设规模、总降压变电站或厂区配电站的具体情况,经技术经济比较后确定。余热发电多数采用并网运行方式,余热发电与总降压变电站或厂区配电站常设置并网联络线。余热发电与总降压变电站或厂区配电站的两侧均需设置联络线断路器。关于并网联络线的回路数量,本款中仅规定宜根据发电机组数量确定。通常的做法是,单台发电机组设置单回联络线,两台及以上发电机组设置两回或多回联络线。关于并网同期点的设置,一般在发电机出口断路器处设置并网同期点。

4 设置发电机安全自动保护装置是为了确保发电机及余热发电系统安全运行,具体在发电机出口断路器处设置双高(高频、高压)解列保护装置,在电站侧并网联络线断路器处设置双低(低频、低压)解列保护装置。

6.4 仪表与控制

6.4.1 本条对余热发电控制方式做出规定。

1 余热利用与生产工艺流程的生产运行状况密切相关,余热锅炉的烟风系统对工业炉窑内的压力影响很大,余热锅炉烟风系统设计采取稳定工业炉窑总烟道调节闸板后压力的措施,通过余热利用分布控制系统与生产工艺流程的控制系统的实时通信、数据传送,达到在集控室和生产工艺流程的车间中控室相互监控有关参数的目的。

6.4.2 本条对余热发电的测量、控制与连锁做出规定。

4 余热锅炉引风机出现故障时,为保证工业炉窑的烟气能迅速排出,余热锅炉的旁通烟道阀门应能迅速打开,以便烟气通过旁通烟道进入烟囱,维持工业炉窑内的压力稳定,因此余热锅炉的旁通烟道和引风机之间要设置电气连锁。

6.5 给水、排水和循环冷却水

6.5.1 余热利用系统是企业的配套设施,为了节约投资,给水需

要由企业统一规划。

6.5.2 在循环冷却水管道上装设流量计、温度计、压力计及断水报警装置,可以提高汽轮发电机组等余热利用设备安全运行的可靠性,当循环流量、冷却水压力、温度不能达到规定的限值时可以发出报警信号。

6.6 建筑与结构

6.6.2 本条对余热利用建(构)筑物防火设计做出规定。

2 根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定,锅炉房的耐火等级不低于二、三级;厂房内的疏散平台和疏散楼梯需采用不燃烧材料,并根据疏散要求和使用的安全性,强调了材料的防滑性。

6.6.4 对于可燃废气锅炉房的防爆问题,特别是非独立锅炉房,要求有足够的泄压面积和安全的泄压地点。玻璃窗、天窗、质量小于或等于 120kg/m^2 的轻质屋面和薄弱墙等面积均可以作为泄压面积,也可以在锅炉房的内墙和顶部(顶棚)敷设金属爆炸减压板作为补充泄压面积。

6.6.7 本条对活荷载的选取做出规定。

3 吊车荷载的标准值、组合值、频遇值、准永久值以及吊车荷载的动力系数按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值,汽机房、修配厂、检修间厂房吊车为轻级工作制(A1级~A3级)。

6.6.8 本条对汽轮发电机的基础设计做出规定。

3 对于汽轮发电机基础,控制汽轮机基础底板、基础柱纵向钢筋最小配筋率,是为了保证构件开裂后抗弯刚度不至于削弱过多,由于汽轮发电机基础结构的特殊性,本条规定借鉴了国外标准和已有工程经验,并综合了设备震动对基础的不利影响。

6.8 厂区热力管网

6.8.2 本条对管网系统设计做出规定。

4 现行国家标准《锅炉房设计规范》GB 50041 规定,“蒸汽管道的直线管段,顺坡时每隔 400m~500m,逆坡时每隔 200m~300m,均应设置启动疏水装置”,现行行业标准《火力发电厂汽水管道设计规范》DL/T 5054 规定“管道上无低位点,但展开管长度超过 100m 处,宜设置启动疏水。”饱和蒸汽疏水量相对大,且饱和汽轮机进汽参数要求高,故本条规定按 80m 设置疏水点。

附录 A 烟气酸露点温度计算

A.0.1 烟气酸露点温度的理论计算公式引自《锅炉和热交换器的积灰、结渣、磨损和腐蚀的防止原理和计算》(科学出版社出版)中的 И. А. Варахова 公式。

A.0.3 烟气酸露点的查取方法引自《余热锅炉设计与运行》(冶金工业出版社出版)。

S/N:155182·0628



9 155182 062801

统一书号: 155182 · 0628

定 价: 12.00 元