

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51005 – 2014

水泥工厂余热发电工程施工与 质量验收规范

Code for construction and acceptance of waste heat recovery
power generation in cement plant

2014 – 06 – 23 发布

2015 – 04 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

水泥工厂余热发电工程施工与
质量验收规范

Code for construction and acceptance of waste heat recovery
power generation in cement plant

GB 51005-2014

主编部门:国家建筑材料工业标准定额总站

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 1 5 年 4 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国国家标准
水泥工厂余热发电工程施工与
质量验收规范

GB 51005-2014



中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

北京市科星印刷有限责任公司印刷

850mm×1168mm 1/32 7.125 印张 179 千字

2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷



统一书号: 1580242·528

定价: 43.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 458 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《水泥工厂余热发电工程施工与 质量验收规范》的公告

现批准《水泥工厂余热发电工程施工与质量验收规范》为国家标准，编号为GB 51005—2014，自2015年4月1日起实施。其中，第3.4.5（2、3）、3.4.8（3、4、5）、3.4.9、3.5.2（2）、3.5.3（3）、3.6.7（6）、5.2.3（6）、6.4.3（7）条（款）为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我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

2014年6月23日

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2012 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2012〕5 号)的要求,由中材节能股份有限公司和国家建筑材料工业标准定额总站会同有关单位共同编制完成。

本规范共分 14 章和 7 个附录,主要技术内容包括:总则、术语、基本规定、余热锅炉、烟风管道及相关设备、汽轮机组、管道、焊接、热工仪表及自动化控制装置、电气设备及系统、水处理、建筑工程、油漆保温、整套启动调试和验收等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,国家建筑材料工业标准定额总站负责日常管理,中材节能股份有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄交中材节能股份有限公司(地址:天津市北辰区龙洲道 1 号北辰大厦 C 座;邮政编码:300400),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中材节能股份有限公司

国家建筑材料工业标准定额总站

参 编 单 位:南通万达锅炉有限公司

武汉建筑材料工业设计研究院有限公司

中材水泥有限责任公司

中信重工机械股份有限公司

浙江省工业设备安装集团有限公司

河南省安装集团有限责任公司

思安新能源股份有限公司
安徽海螺集团有限责任公司
南京凯盛环保能源有限公司

主要起草人:施敬林 董兰起 遇广堃 曲良军 周少宗
祝 强 吕月昭 袁 克 陆子龙 徐 征
丁 博 王军梅 彭 岩 杨道洲 费岩峰
黄克政 吕桂峰 高新勇 韩少华 姜 鹏
刘梅霞 陈凤银 侯宾才 陈 东 王立群
主要审查人:曾学敏 李润林 杜崇凯 黄继全 何家斌
牛海龙 陈友明 李振兴 李鹏庆

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(3)
3.1	施工依据	(3)
3.2	施工准备	(3)
3.3	施工过程	(4)
3.4	施工安全	(6)
3.5	环境保护	(8)
3.6	工程验收	(9)
4	余热锅炉	(12)
4.1	一般规定	(12)
4.2	锅炉钢架及有关附件	(12)
4.3	承压部件	(17)
4.4	附属管道、设备	(27)
4.5	烘炉、煮炉、吹扫和严密性试验	(28)
4.6	工程验收	(30)
5	烟风管道及相关设备	(32)
5.1	一般规定	(32)
5.2	烟风管道组合与安装	(32)
5.3	粉尘分离器安装	(33)
5.4	烟风阀门安装	(33)
5.5	回灰系统安装	(34)
5.6	烟风管道膨胀节安装	(34)
5.7	工程验收	(34)

6	汽轮机组	(36)
6.1	一般规定	(36)
6.2	汽轮机本体安装	(36)
6.3	发电机和励磁机	(40)
6.4	调节保安系统和油系统	(42)
6.5	汽轮机本体范围的管道	(43)
6.6	辅助设备	(44)
6.7	汽轮发电机组附机、辅助设备的单体调试	(45)
6.8	工程验收	(46)
7	管 道	(50)
7.1	一般规定	(50)
7.2	管道零部件现场质量检查验收	(50)
7.3	管道及零部件的配制	(51)
7.4	管道安装	(52)
7.5	管道系统的试验和冲洗	(55)
7.6	工程验收	(59)
8	焊 接	(61)
8.1	一般规定	(61)
8.2	钢材、焊接材料及设备	(61)
8.3	焊前准备	(62)
8.4	焊接工艺	(64)
8.5	焊后热处理	(65)
8.6	工程验收	(65)
9	热工仪表及自动化控制装置	(71)
9.1	一般规定	(71)
9.2	取源部件及敏感元件的安装	(71)
9.3	就地仪表的安装	(74)
9.4	控制盘(台、箱、柜)的安装	(76)
9.5	管路的敷设和连接	(78)

9.6	防护与接地	(79)
9.7	热工自动化仪表及控制装置调试	(81)
9.8	工程验收	(84)
10	电气设备及系统	(86)
10.1	一般规定	(86)
10.2	桥架施工	(87)
10.3	电缆敷设	(88)
10.4	成套高压开关柜	(94)
10.5	成套低压开关柜	(95)
10.6	发电机	(96)
10.7	变压器	(97)
10.8	电机	(98)
10.9	母线装置	(100)
10.10	电气二次回路接线	(101)
10.11	直流系统装置	(102)
10.12	继电保护、电气测量和自动装置	(103)
10.13	接地网系统	(104)
10.14	工程验收	(107)
11	水处理	(109)
11.1	一般规定	(109)
11.2	反渗透装置	(110)
11.3	锅炉补给水处理	(110)
11.4	取样及加药系统	(112)
11.5	循环冷却水处理	(113)
11.6	箱槽	(113)
11.7	转动机械	(114)
11.8	特殊管道和阀门	(115)
11.9	防腐工程	(116)
11.10	启动和调试	(118)

11.11	热力设备启动试运行中的化学监督	(119)
11.12	工程验收	(121)
12	建筑工程	(123)
12.1	一般规定	(123)
12.2	地基基础	(123)
12.3	混凝土结构	(123)
12.4	钢结构	(125)
12.5	设备基础与地下沟道	(125)
12.6	施工测量及沉降观测	(127)
12.7	建筑设施	(128)
12.8	工程验收	(129)
13	油漆保温	(138)
13.1	一般规定	(138)
13.2	设备保温	(138)
13.3	管道保温	(139)
13.4	油漆和涂色	(139)
13.5	工程验收	(140)
14	整套启动调试和验收	(142)
14.1	一般规定	(142)
14.2	分部试运行	(142)
14.3	整套启动	(143)
14.4	竣工验收	(146)
附录 A	余热发电工程施工质量验收表	(148)
附录 B	分系统调试条件检查确认表	(152)
附录 C	设备、系统代保管签字表	(153)
附录 D	分系统试运行质量验收表	(154)
附录 E	整套启动试运行条件检查确认表	(155)
附录 F	机组启动验收交接书	(156)
附录 G	整套启动试运行质量评价表	(160)

本规范用词说明	(162)
引用标准名录	(163)
附:条文说明	(165)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(3)
3.1	Construction basis	(3)
3.2	Construction preparation	(3)
3.3	Construction procedure	(4)
3.4	Construction safety	(6)
3.5	Environmental protection	(8)
3.6	Project acceptance	(9)
4	Waste heat recovery boiler	(12)
4.1	General requirements	(12)
4.2	Boiler steel frame and related accessories	(12)
4.3	Pressure parts	(17)
4.4	Auxiliary pipe and equipment	(27)
4.5	Boiler drying, boiling out, purging and tightness test	(28)
4.6	Project acceptance	(30)
5	Gas duct and related equipment	(32)
5.1	General requirements	(32)
5.2	Gas duct fabrication and installation	(32)
5.3	Dust separator installation	(33)
5.4	Gas damper installation	(33)
5.5	Dust collection system installation	(34)
5.6	Gas duct expansion joint installation	(34)
5.7	Project acceptance	(34)

6	Steam turbine and generator set	(36)
6.1	General requirements	(36)
6.2	Steam turbine proper installation	(36)
6.3	Generator and exciter	(40)
6.4	Governing protection system and oil system	(42)
6.5	Pipeline of steam turbine proper	(43)
6.6	Auxiliary equipment	(44)
6.7	Individual test of the auxiliary machines and equipment of steam turbine generaton unit	(45)
6.8	Project acceptance	(46)
7	Pipeline	(50)
7.1	General requirements	(50)
7.2	Site quality inspection and acceptance of pipe parts	(50)
7.3	Preparation of pipe and components	(51)
7.4	Pipe installation	(52)
7.5	Test and flushing for pipe system	(55)
7.6	Project acceptance	(59)
8	Welding	(61)
8.1	General requirements	(61)
8.2	Steel, welding materials and equipment	(61)
8.3	Preparation before welding	(62)
8.4	Welding process	(64)
8.5	Heat treatment after welding	(65)
8.6	Project acceptance	(65)
9	Thermal instruments and automation control instruments and devices	(71)
9.1	General requirements	(71)
9.2	Installation of tap and sensitive elements	(71)
9.3	Local instrument installation	(74)

9.4	Control panel (console, box, cabinet) installation	(76)
9.5	Pipeline laying and connection	(78)
9.6	Protection and grounding	(79)
9.7	Test of thermal and automation instruments and control devices	(81)
9.8	Project acceptance	(84)
10	Electrical equipment and system	(86)
10.1	General requirements	(86)
10.2	Cable tray installation	(87)
10.3	Cable laying	(88)
10.4	Complete set of high switch cabinet	(94)
10.5	Complete set of low switch cabinet	(95)
10.6	Generator	(96)
10.7	Transformer	(97)
10.8	Motor	(98)
10.9	Bus devices	(100)
10.10	Electrical secondary circuit connection	(101)
10.11	DC system devices	(102)
10.12	Relay protection, electrical measurement and automatic device	(103)
10.13	Grounding system	(104)
10.14	Project acceptance	(107)
11	Water treatment	(109)
11.1	General requirements	(109)
11.2	Reverse osmosis device	(110)
11.3	Boiler make-up water treatment	(110)
11.4	Sampling and chemical dosing system	(112)
11.5	Circulating cooling water treatment	(113)
11.6	Tank	(113)

11.7	Rotating machinery	(114)
11.8	Special pipe and valves	(115)
11.9	Anticorrosion works	(116)
11.10	Starting and commissioning	(118)
11.11	Chemical supervision in trial operation of thermal equipment	(119)
11.12	Project acceptance	(121)
12	Construction works	(123)
12.1	General requirements	(123)
12.2	Foundation	(123)
12.3	Concrete structure	(123)
12.4	Steel structure	(125)
12.5	Equipment foundation and underground trench	(125)
12.6	Construction survey and settlement monitoring	(127)
12.7	Building facilities	(128)
12.8	Project acceptance	(129)
13	Heat-insulation and paint	(138)
13.1	General requirements	(138)
13.2	Equipment insulation	(138)
13.3	Pipeline insulation	(139)
13.4	Painting and coloring	(139)
13.5	Acceptance	(140)
14	Commissioning and acceptance of the entire system	(142)
14.1	General requirements	(142)
14.2	Commissioning of sections	(142)
14.3	Startup of the entire system	(143)
14.4	Completion acceptance	(146)

Appendix A Quality acceptance table of waste heat

	power generation project construction	..... (148)
Appendix B	Precondition check list for subsystem commissioning	..... (152)
Appendix C	Signing table of equipment and system custody	..... (153)
Appendix D	Quality acceptance table of subsystem trial operation	..... (154)
Appendix E	Precondition check list for start-up of entire system	..... (155)
Appendix F	Acceptance certificate for turbine and generator set start-up	..... (156)
Appendix G	Quality evaluation table of startup and trial operation of the entire system	..... (160)
	Explanation of wording in this code	..... (162)
	List of quoted standards	..... (163)
	Addition; explanation of provisions	..... (165)

1 总 则

1.0.1 为加强水泥工厂余热发电工程建设质量管理与控制,规范工程施工与质量验收,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建水泥工厂余热发电工程的施工和质量验收。

1.0.3 进口设备的施工与质量验收除应满足本规范的要求外,还应满足设备技术文件的要求。

1.0.4 采用非水工质热力循环系统的余热发电工程,热力循环系统的施工与质量验收应执行相应的技术文件规定。

1.0.5 水泥工厂余热发电工程的施工与质量验收除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 非水工质 non-water medium

在热力循环中采用水以外的介质。

2.0.2 锅炉小室 protection cell

对锅筒、集箱及阀门、仪表附件起防雨、防风、防冻等保护作用的设施。

2.0.3 溜子 chute

余热锅炉灰斗、粉尘分离器灰斗等落灰处与输送设备连接的输灰设施。

2.0.4 粉尘分离器 dust precipitation chamber

将烟气中尘粒进行分离和收集的设备。

2.0.5 设计文件 engineering design documentation

施工图纸、设备及材料清册、施工说明、标准图集、设计变更等文件。

2.0.6 设备技术文件 equipment technical documentation

由设备、装置、材料供应商提供的图纸、说明书、样本、安装说明、维修说明、操作说明、测定分析报告等文件。

2.0.7 试运行组织机构 commissioning and delivery organization

余热电站启动调试阶段组建的临时指挥机构。

3 基本规定

3.1 施工依据

3.1.1 施工前应有经批准的施工组织设计、施工方案等技术文件。

3.1.2 余热发电工程应按设计文件、设备技术文件的要求施工。

3.1.3 设备及主要部件、主要材料应有合格证。

3.1.4 主机设备安装前,应对设备进行复查、签证。若发现缺陷应研究处理方案。

3.1.5 寒冷环境施工时,应根据材料、设备特点和施工工艺要求,制定防止材料、设备损坏和保证施工质量的措施。

3.1.6 施工工艺、设备和机具的选择应符合下列规定:

1 施工应采用环保的新设备、新工艺、新技术、新材料,淘汰落后的高耗能、高污染的施工工艺技术和产品,不得使用国家规定淘汰的高能耗设备;

2 临时用电方案应选用安全、节能设备,线路布置应简捷合理,设备宜采用自动控制装置。

3.2 施工准备

3.2.1 施工准备工作应符合下列规定:

1 理解设计文件和设备技术文件的要求,当设计文件与施工工艺不匹配需修改设计文件时,施工前应以书面形式提出;

2 组织有关单位进行设计文件会审,会审结果应形成书面文件,作为设计文件修改的依据;

3 进行设计交底,并形成书面文件。

3.2.2 在施工组织设计批准后方可施工,施工组织设计应符合现

行国家标准《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502 的有关规定，并应满足下列要求：

1 根据设备的安装顺序、烟风管道与水泥生产线烟风管道对接的时机及投入运行的需要，安排施工顺序，制定施工方案；

2 在选择与布置起吊设备、交通道路、临时管线、施工组合场地时，施工布局应合理；

3 余热发电工程施工不应影响现有水泥工厂的正常生产及检修。

3.2.3 施工前应依据施工组织设计编制施工方案，制定安全技术措施。

3.2.4 施工过程中使用的量具、衡器应符合法定计量管理的有关规定。

3.2.5 进场设备、材料的开箱验收及保管应符合下列规定：

1 进场设备、施工材料及构件应有产品合格证书、材料质量证明书，并应建档保管；

2 进场设备、材料应登记、分类、加标识；

3 设备安装前应根据存放地区的气候条件、周围环境、存放时间和设备技术文件的规定做好保管工作；

4 对质量有疑义的设备、材料，应进行验证；

5 对有疑义和待验证的设备、材料应加标识、隔离存放、妥善保管；

6 对存放保管时间较长或放置在有腐蚀性气体环境中的设备，应在安装前检查腐蚀情况，并应根据腐蚀情况作出相应处置。

3.3 施 工 过 程

3.3.1 每道工序结束后应彻底检查和清扫场地，不得留存废弃物。余热锅炉、设备、箱盘、管道在安装封闭前应彻底检查和清扫内部，不得存留杂物。

3.3.2 现场加工制作的成品或半成品部件、现场配制的材料，应

按设计文件要求检查核对。

3.3.3 起吊作业前,应对被吊装设备及构件的加固设施进行检查,对承力焊缝应进行检查和确认。

3.3.4 施工过程中应按检验批、分项工程、分部工程检查验收;上一道工序未经检查验收合格,不得进行下一道工序施工。隐蔽工程应经检查验收合格,并应做隐蔽工程验收记录。隐蔽工程验收记录宜按表 3.3.4 的格式填写。

表 3.3.4 隐蔽工程验收记录表

工程代号及名称: _____

单位工程名称		分部工程名称		
分项工程名称		施工班组		
隐蔽日期		施工负责人		
工程说明或简图				
隐蔽方法				
验收情况				
会签各方		意见	签字	日期
施工				
监理				
建设				

3.3.5 设备安装前,建筑工程应满足下列要求:

1 设备基础、厂房内各层平面应已完成施工,并应满足设备安装要求;

2 设备基础及预埋件处的混凝土强度应达到设计强度的70%以上;

3 厂房应封顶,并应做好防水;

4 当在建筑物内部或建筑物周围从事安装作业时,各层安装孔洞、敞口部位和平台边缘应有安全防护设施与标识;

5 发电主厂房内行车安装就位前,厂房外墙不宜封闭;

6 土建施工的剩余材料和杂物应清除。

3.3.6 当安装工程改变建筑物、构筑物的结构受力时,应符合下列规定:

1 安装时不得在建筑物、构筑物上任意打砸孔洞,不得损坏混凝土的受力钢筋;

2 安装时不得在建筑物、构筑物的结构构件上增加设计外荷载;

3 施工中确需在建筑物、构筑物打砸设计文件未注明的孔洞或增加设计外荷载时,作业前应经复核并取得相应技术文件后方可实施。

3.3.7 余热发电项目为技改、扩建工程时,施工区域与水泥工厂车间之间应设置隔离防护设施。

3.3.8 施工结束后应具有下列文件:

1 缺陷记录和相关签证;

2 隐蔽工程验收记录和签证;

3 设计变更文件和签证;

4 施工记录、验收记录和签证;

5 竣工图。

3.4 施 工 安 全

3.4.1 工程施工前,应对危险源进行辨识和评价,并对重大危险

源制定监控措施和应急处置预案。

3.4.2 工程施工组织设计应有安全技术措施。

3.4.3 施工现场应有消防、排水和照明设施。

3.4.4 高空作业、深基坑作业及防腐蚀工程作业,应制定专项安全施工技术方案和安全技术操作规程,施工前应对施工人员进行安全培训。

3.4.5 施工机具设备和设施的使用应符合下列规定:

1 施工机具设备应在有效期内使用。安全装置应齐全、灵敏、可靠、安检合格,合格标识应清晰。

2 压力容器设备应按国家相关规定定期检验,并应取得检定合格证书。未经检验或检验不合格的压力容器,严禁使用。

3 施工升降机必须装设上、下限位开关和上、下极位开关以及防坠落的安全装置。施工升降机安装完毕后,应按国家相关规定检查验收合格方能投入使用。

3.4.6 施工用电安全应符合现行国家标准《用电安全导则》GB/T 13869、《国家电气设备安全技术规范》GB 19517 和《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 的有关规定。

3.4.7 化学危险品的储存应符合现行国家标准《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 的有关规定。

3.4.8 高处作业安全应符合下列规定:

1 高处作业的安全设施应经现场检验合格;

2 作业现场应设置安全警示标志,并设专人守护;

3 严禁在同一空间多层垂直同时作业;

4 作业人员必须穿安全鞋、戴安全帽、佩戴安全带;

5 雷、雨、雪、五级及以上大风等恶劣天气必须停止作业。

3.4.9 施工现场动火作业应符合下列规定:

1 作业区域内的易燃、易爆物品必须清除或采取防护措施;

2 严禁与使用化学危险品作业的在同一区域内同时作业;

3 设备管道内动火作业时,必须采取通风换气措施,作业区

空气氧含量不得低于 18%；

- 4 作业区域必须配置消防设置,消防通道应畅通；
- 5 作业区域必须设置安全警示标志,并应设专人负责火灾监控；
- 6 作业结束后,必须检查并消除火灾隐患。

3.4.10 施工现场应有消防、排水和照明设施

3.4.11 劳动保护应符合下列规定：

- 1 特种作业人员应按国家现行职业卫生和健康的规定定期体检；
- 2 劳动保护用品的选用,应符合现行国家标准《个体防护装备选用规范》GB/T 11651 的有关规定。

3.5 环 境 保 护

3.5.1 工程施工的环保措施应符合下列规定：

- 1 施工现场应采取防止粉尘扩散的措施；
- 2 施工现场噪声限值应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的有关规定；
- 3 施工现场应节约用水；
- 4 车间室内外排水系统未完工时,不得进行各系统的化学清洗,不得将化学清洗废液排入雨水系统或无组织排放；
- 5 危险化学品、有毒材料、油料的储存应采取相应的管理措施和防护措施；
- 6 施工现场的垃圾应分类堆放并及时清运；
- 7 放射源的保管和使用应有防护措施。

3.5.2 处理施工中废弃物时应符合下列规定：

- 1 收集、储存、运输、利用和处置废弃物时,应采取防扬散、防流失或其他防污染的措施；
- 2 施工现场严禁焚烧各类废弃物。

3.5.3 施工中产生的危险废弃物的管理应符合下列规定：

- 1 建立危险废弃物污染防治的管理制度,对产生的危险废弃

物应进行无害化处理；

- 2 储存、处理危险废弃物的场所和设施应设置警示标志；
- 3 严禁随意处置危险废弃物。

3.6 工程验收

3.6.1 工程验收应依据设计文件、设备技术文件、施工技术标准、质量控制及检验制度进行验收。

3.6.2 工程验收的程序和组织应符合下列规定：

- 1 工程施工质量验收的顺序应为：检查—验收—签证；
- 2 工程施工质量验收应由施工方填写“施工质量验收表”，“施工质量验收表”宜按本规范附录 A 的格式填写，相关各方应签字盖章；
- 3 单位工程质量验收应由施工方自评、监理方复核、建设方核定。

3.6.3 余热发电工程质量控制应符合下列规定：

- 1 工程采用的主要材料、构件、器具和设备应进场验收，对质量有疑义的应复验，并应经监理工程师或建设方技术负责人检查认可、签证；
- 2 各工种均应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后应进行质量检查，并留有记录；
- 3 施工过程中各工序之间交接时应进行检验并形成记录。未经监理工程师或建设方技术负责人确认签证，不得进行下道工序施工。

3.6.4 余热发电工程质量验收应符合下列规定：

- 1 工程质量验收应满足设计文件、设备技术文件的要求；
- 2 施工质量检查与验收，均应在施工方自行检查和评定的基础上进行；
- 3 试样、试块、加工部件及有关材料，应按规定取样检测；
- 4 检验批的质量检验，应根据检验项目的特点选择抽样或全

样、单次或多次和经实践证明行之有效的检验方案。

3.6.5 余热发电工程进行质量验收时,各专业应编制质量验收范围划分表,并应确定主控项目。验收应按检验批、分项工程、分部工程、单位工程和整体工程分别进行,并应填写本规范附录 A 的相应表格。

3.6.6 工程质量验收“合格”的标准应符合下列规定:

- 1** 检验批应符合下列规定:
 - 1) 主控项目应全部合格;
 - 2) 一般项目中,每项 80% 以上检查点的检验结果应合格,其余检查点不得有严重缺陷;
 - 3) 质量检查记录和质量证明文件应完整。
- 2** 分项工程应符合下列规定:
 - 1) 分项工程所含检验批检验均应合格;
 - 2) 检验批质量验收记录应完整。
- 3** 分部工程应符合下列规定:
 - 1) 各分项工程的质量均应合格;
 - 2) 质量控制资料应完整;
 - 3) 分项工程涉及安全、使用功能的抽样检验均应合格。
- 4** 单位工程应符合下列规定:
 - 1) 各分部工程的质量均应合格;
 - 2) 质量控制资料应完整;
 - 3) 分部工程所涉及的安全、使用功能抽样检验、检测资料应完整有效;
 - 4) 当需要对分部工程涉及安全、使用功能进行抽样复验时,复验结果均应合格。
- 5** 整体工程应符合下列规定:
 - 1) 单位工程验收应合格;
 - 2) 工程档案资料应齐全、有效;
 - 3) 整套启动 72h 考核应合格。

3.6.7 当工程质量未满足要求时,除应进行登记备案外,验收工作还应符合下列规定:

- 1 检验批经过返工、返修重做完成后,应重新验收;
- 2 经返工、返修处理的分项、分部工程,外观、尺寸、性能出现差异经检测鉴定仍能满足安全运行、使用功能要求的,可按技术处理方案和协商文件验收;
- 3 无法返工、返修的检验项目应鉴定,对不影响质量、安全运行、使用功能、使用寿命的可按技术处理方案和协商文件验收;
- 4 按技术处理方案和协商文件验收项目可不再进行二次验收,但应在“验收结论”中注明,并应将书面报告和相关鉴定文件作为验收文件的附件;
- 5 由于非施工原因出现的质量问题,应组织分析原因、确定处理方案,处理完毕后应重新验收;
- 6 经返工、返修处理的分部工程仍不能满足安全使用要求的,严禁验收。

3.6.8 工程竣工验收文件应做到数据准确、文件齐全、签字盖章齐备,文件材质和字迹应满足档案耐久保存要求,并应符合档案管理规定。工程竣工验收时,应提交下列验收文件资料:

- 1 开工报告;
- 2 竣工图;
- 3 设备和技术文件清册;
- 4 施工全套签证验收记录;
- 5 特种设备的监督检验报告;
- 6 施工总结报告;
- 7 重大质量问题的处理方案和验收记录;
- 8 其他所需的文件和记录。

4 余热锅炉

4.1 一般规定

4.1.1 凡属特种设备监察范围内的设备,应有安全技术规范要求的设备技术文件、产品质量合格证、安装使用说明书、监督检验证明等文件。

4.1.2 锅炉零部件堆放和保管除应符合本规范第 3.2.5 条的规定外,当多层堆放时应防止堆放变形,并应符合锅炉安装顺序规定。

4.2 锅炉钢架及有关附件

4.2.1 余热锅炉钢架及有关附件的范围和施工准备应符合下列规定:

1 锅炉钢架应包括立柱、横梁、顶板、桁架和护板框架,有关附件应包括密封部件、平台、扶梯、炉门、炉墙零部件;

2 锅炉钢架及有关附件几何尺寸的测量和复查,应使用经计量部门检定合格的计量器具;

3 锅炉钢架及有关附件在安装前,应根据供货清单、装箱单和图纸清点数量,主要构件还应做下列检查:

1) 钢架主要构件的几何尺寸应符合设备技术文件的规定,复检的允许偏差应符合表 4.2.1 的规定;

表 4.2.1 钢架主要构件复检的允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
立柱长度 L_1 (m)	$L_1 \leq 8$	0 -4
	$L_1 > 8$	+2 -6

续表 4.2.1

项 目		允许偏差(mm)
横梁长度 L_2 (m)	$L_2 \leq 1$	0 -4
	$1 < L_2 \leq 3$	0 -6
	$3 < L_2 \leq 5$	0 -8
	$L_2 > 5$	0 -10
框架长度 L_3 (m)	$L_3 \leq 1$	0 -6
	$1 < L_3 \leq 3$	0 -8
	$3 < L_3 \leq 5$	0 -10
	$L_3 > 5$	0 -12
拉撑件长度 L_4 (m)	$L_4 \leq 5$	0 -3
	$5 < L_4 \leq 10$	0 -4
	$10 < L_4 \leq 15$	0 -6
	$L_4 > 15$	0 -8
立柱、横梁直线度		小于或等于长度的 1‰, 且不大于 10

注:框架包括护板框架、顶护板框架或其他矩形框架。

2) 外观应检查有无锈蚀、重皮、裂纹和焊接缺陷;

3) 除低合金钢外,其他合金钢零部件均应逐件做光谱复查;

4 锅炉钢架和有关附件校正后不得有凹凸、裂纹、损伤,当环境温度低于零下 20℃时,不得采用锤击方式做冷态校正;

5 锅炉钢架和有关附件在加热校正时,碳钢的加热温度不宜超过 850℃,合金钢的加热温度宜控制在钢材临界温度 A_{c1} 以下。

4.2.2 锅炉基础检查和放线应符合下列规定：

1 锅炉及辅助设备就位前,设备基础位置和几何尺寸的复验应符合本规范表 12.8.2-1 和表 12.8.2-2 的规定；

2 锅炉设备安装前,应划定纵向、横向安装基准线和标高基准点；

3 锅炉设备基础放线时,纵向和横向中心线应互相垂直；相邻两根立柱定位中心线间距的允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ ；各组对称 4 根立柱定位中心点的两条对角线的长度之差不应大于 5mm。

4.2.3 锅炉钢架结构件组合应符合下列规定：

1 立柱对接和钢架组合应在稳固的组合架上进行,组合架应找平；

2 锅炉钢架组合时,支承式结构宜根据主要的卡头标高兼顾多数的卡头标高和柱顶标高,确定立柱的 1m 标高线,悬吊式结构宜以顶板的大板梁标高或柱顶面的标高,确定立柱的 1m 标高线；

3 锅炉钢架组合应按设备技术文件要求的焊接顺序进行,并应留有焊接收缩量；

4 锅炉钢架组合件安装的允许偏差应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 锅炉钢架组合件安装的允许偏差(mm)

序号	检 查 项 目	允 许 偏 差
1	各立柱间的距离 ^①	间距的 1‰,且不大于 10
2	各立柱间的平行度	长度的 1‰,且不大于 10
3	横梁标高 ^②	± 3
4	横梁间平行度	长度的 1‰,且不大于 5
5	组合件的相应对角线	长度的 1.5‰,且不大于 15
6	横梁与立柱中心线相对错位	± 2
7	护板框内边与立柱中心线距离	+5 0
8	顶板的各横梁间距 ^③	± 3

续表 4.2.3

序号	检 查 项 目	允 许 偏 差
9	平台托架与立柱、桁架、护板框架等的垂直度	长度的 2‰
10	平台标高	±5
11	平台与立柱中心线相对位置	±8

注：①支承式结构的立柱间距离以正偏差为宜；

②支承汽包、省煤器和过热器横梁的标高允许偏差应为 -3^0_{-3} mm，刚性平台安装要求与横梁相同；

③悬吊式结构的顶板各横梁间距是指横梁间形成的悬吊孔中心线间的间距。

4.2.4 锅炉钢架安装和二次灌浆应符合下列规定：

1 钢架安装找正时，应根据锅炉运转层上的标高基准线，测定各立柱上的 1m 标高线，立柱上的 1m 标高线应作为安装锅炉各组件、元件和检测时的基准标高；

2 钢架应安装一层（或段）、找正一层（或段），不得在未经找正的钢架上进行下一道工序的安装工作；

3 焊接锅炉钢架时应先找正、点焊固定，且留有适当的焊接收缩量，并应经复查尺寸，满足要求后按焊接顺序正式施焊；

4 钢架吊装后应复查立柱垂直度、主梁挠曲值和各部位的主要尺寸，钢架吊装就位后应保证结构稳定；

5 钢架安装的允许偏差应符合表 4.2.4 的规定；

表 4.2.4 钢架安装的允许偏差(mm)

序号	检 查 项 目	允 许 偏 差
1	柱脚中心与基础划线中心	±5
2	立柱标高与设计标高	±5
3	各立柱相互间标高差	±3
4	各立柱间距离 ^①	间距的 1‰，且不大于 10
5	立柱垂直度	长度的 1‰，且不大于 10
6	各立柱上、下两平面相应对角线	长度的 1.5‰，且不大于 15
7	横梁标高 ^②	±3

续表 4.2.4

序号	检 查 项 目	允 许 偏 差
8	横梁水平度	± 5
9	护板框或桁架与立柱中心线距离	+5 0
10	顶板的各横梁间距 ^①	± 3
11	顶板标高	± 5
12	大板梁的垂直度	立板高度的 1.5‰， 且不大于 5
13	平台标高	± 5
14	平台与立柱中心线相对位置	± 8

注：①支承式结构的立柱间距离以正偏差为宜；

②支承汽包、省煤器和过热器横梁的标高允许偏差应为 ± 3 mm，刚性平台安装要求与横梁相同；

③悬吊式结构的顶板各横梁间距是指主要吊孔中心线间的间距。

6 平台、扶梯宜与钢架同步安装；

7 栏杆的立柱应垂直，间距应均匀，转弯处至少应装 1 根立柱，同侧各层平台的栏杆立柱宜在同一垂直线上，平台、扶梯、栏杆、立柱和围板在安装平直后应焊接牢固，接头处应光滑；

8 平台、扶梯、撑架上不得任意切割；

9 外护板不应变形、碰撞损伤，拼接线宜顺直，拼缝搭接应牢固；

10 钢架找正后，应按设备技术文件要求将柱脚固定在基础上，当柱脚采用钢筋焊接固定时，应将钢筋加热弯贴在柱脚底板上且宜紧贴柱脚加固肋板，并应采用双面焊，焊缝长度应为钢筋直径的 6 倍~8 倍；

11 当柱脚采用地脚螺栓固定或用螺栓调整时，锅炉基础应在钢架第一层找正完毕后进行二次灌浆，当柱脚采用钢筋焊接固定时，锅炉基础也可在锅炉大件吊装完毕后进行二次灌浆；

12 二次灌浆前，垫铁应施焊，地脚螺栓及基础钢筋已施工完毕，底座表面的油污、焊渣和杂物应已清除；

13 二次灌浆前应对隐蔽工程进行检查验收,隐蔽工程验收记录表应按本规范表 3.3.4 的格式填写,相关各方应予以签证;

14 锅炉设备二次灌浆应符合本规范第 12.5.5 条的规定。

4.2.5 检查门和炉墙零件安装应符合下列规定:

1 检查门的内外表面应平整,无裂缝、伤痕和穿孔砂眼等缺陷,开闭应灵活,接合面应严密;

2 用螺栓连接的检查门的密封面间应有密封填料,门框的固定螺栓头应在墙皮内侧满焊,拧紧后螺杆应露出螺母外 2 个~3 个螺距;

3 检查门及有关零件应与护板同时安装,检查门的保温层应完整无缺;

4 炉墙零件的外形尺寸和材质应符合设备技术文件的规定,炉墙零件的外表应无伤痕、裂纹等缺陷,炉墙零件安装时应按设备技术文件要求留出膨胀间隙。

4.2.6 锅炉密封件安装应符合下列规定:

1 安装时应按顺序安装,测试套管、人孔装置现场开孔时,安装位置可根据实际情况作适当调整;

2 用螺栓固定的密封装置的接合面和螺栓的安装紧固要求,应符合本规范第 4.2.5 条第 2 款的规定;

3 通风梁焊缝应严密不漏,通风通道应畅通。

4.2.7 锅炉防雨棚、锅炉小室屋面的管道穿孔应安装泛水。

4.3 承压部件

4.3.1 锅筒、集箱的安装应符合下列规定:

1 在组合安装前,应对锅筒、集箱进行检查,并应满足下列要求:

- 1) 锅筒、集箱安装前应进行内部清扫,确保无杂物、无堵塞;
- 2) 锅筒、集箱表面和焊接短管应无机械损伤及变形,各焊缝及热影响区表面应无裂纹、弧坑和气孔等缺陷;

3) 锅筒、集箱的定位应符合设备技术文件的规定。

2 余热锅炉的锅筒和集箱吊装应在钢架安装找正和固定完毕后进行;锅筒、集箱就位找正时,应根据纵向和横向安装基准线以及标高基准线对锅筒和集箱的中心线、锅筒与集箱的间距(图 4.3.1-1)进行检测,余热锅炉的锅筒、集箱安装的允许偏差应符合表 4.3.1-1 的规定;

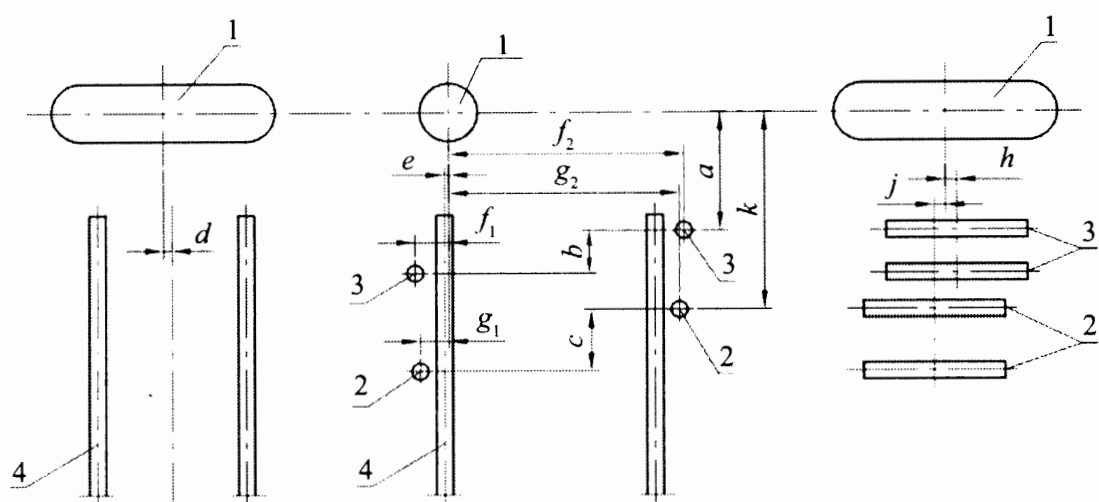


图 4.3.1-1 锅筒与集箱的间距示意图

1 - 锅筒;2- 蒸发器集箱;3--过热器集箱;4—立柱

表 4.3.1-1 余热锅炉的锅筒、集箱安装的允许偏差(mm)

项 目	符号	允许偏差
锅筒的标高	—	±5
锅筒纵向和横向中心线与安装基准线的水平方向距离	--	±5
锅筒、集箱全长的纵向水平度	—	2
锅筒全长的横向水平度	-	1
锅筒与过热器集箱之间的垂直方向距离	a	±3
过热器进出口集箱之间的垂直距离	b	±3
蒸发器进出口集箱之间的垂直距离	c	±3

续表 4.3.1-1

项 目	符号	允许偏差
锅筒横向中心线与基准线的相对偏移	d	2
锅筒与立柱中心线的距离	e	± 3
过热器进出口集箱与锅筒中心线的距离	$f_1、f_2$	± 3
蒸发器进出口集箱与锅筒中心线的距离	$g_1、g_2$	± 3
锅筒横向中心线和过热器集箱横向中心线相对偏移	h	3
锅筒横向中心线和蒸发器集箱横向中心线相对偏移	j	3
锅筒与蒸发器集箱之间的垂直方向距离	k	± 3

注：锅筒纵向和横向中心线两端所测距离的长度之差不应大于 2mm。

3 管箱式余热锅炉的锅筒和集箱吊装应在钢架和管箱安装找正和固定完毕后进行,锅筒、集箱就位找正时,应根据纵向和横向安装基准线以及标高基准线对锅筒和集箱的中心线、锅筒与集箱的间距(图 4.3.1-2)进行检测,余热锅炉的锅筒、集箱安装的允许偏差应符合表 4.3.1-2 的规定;

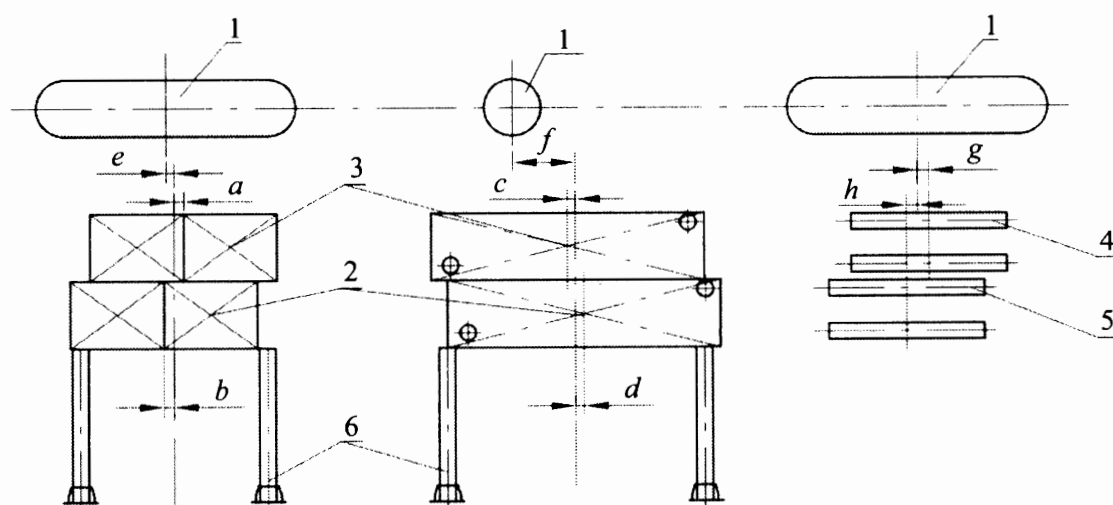


图 4.3.1-2 锅筒与集箱的间距示意图

1—锅筒;2—蒸发器管箱;3—过热器管箱;
4—过热器集箱;5—蒸发器集箱;6—立柱

表 4.3.1-2 管箱式余热锅炉的锅筒、集箱安装的允许偏差(mm)

项 目	符号	允许偏差
锅筒的标高		± 5
锅筒纵向和横向中心线与安装基准线的水平方向距离	--	± 5
锅筒、集箱全长的纵向水平度	—	2
锅筒全长的横向水平度		1
过热器管箱纵向中心线与锅炉纵向中心线之间的相对偏移	<i>a</i>	3
蒸发器管箱纵向中心线与锅炉纵向中心线之间的相对偏移	<i>b</i>	3
过热器管箱横向中心线与锅炉横向中心线之间的相对偏移	<i>c</i>	3
蒸发器管箱横向中心线与锅炉横向中心线之间的相对偏移	<i>d</i>	3
锅筒横向中心线与锅炉纵向中心线的相对偏移	<i>e</i>	3
锅筒与锅炉横向中心线之间的距离	<i>f</i>	± 3
锅筒横向中心线与过热器集箱横向中心线的相对偏移	<i>g</i>	3
锅筒横向中心线与蒸发器集箱横向中心线的相对偏移	<i>h</i>	3

注：锅筒纵向和横向中心线两端所测距离的长度之差不应大于 2mm。

4 锅筒、集箱安装前应对支吊装置进行检查，接触部位应吻合，局部间隙不宜大于 2mm，支座与梁的接触应良好，不得有晃动现象；吊挂装置应牢固，弹簧吊挂装置应进行临时固定；

5 锅筒、集箱就位时，应按设备技术文件的规定在膨胀方向预留支座的膨胀间隙，并应临时固定；

6 锅筒内部装置的安装应符合下列规定：

- 1) 按产品图样要求检查锅筒内部装置的零部件；
- 2) 所有法兰接合面均应严密；
- 3) 连接件连接牢固，并应有防松动装置；
- 4) 内部装置安装完毕后，应清除锅筒内部的杂物。

4.3.2 受热面管子在安装前应进行检查,并应符合下列规定:

1 管子表面不应有重皮、裂纹、压扁和严重锈蚀等缺陷;当管子表面有刻痕、麻点及其他缺陷时,缺陷深度不应超过管子公称壁厚的10%,且缺陷处有效壁厚不应低于管子强度计算的最小需要壁厚;

2 合金钢管应逐根进行光谱检查,材质应符合设计文件的规定,并应做好标识;

3 对流管束应做外形检查和矫正,校管平台应平整牢固,放样尺寸误差不应大于1mm,矫正后的管子与放样实线应吻合,局部允许偏差应为-2mm~0mm,并应进行试装检查;

4 受热面管子的排列应整齐,局部管段与设计安装位置允许偏差应为0mm~5mm;

5 受热面管子在组合和安装前应分别进行通球试验,试验用球不应产生塑性变形,且应编号,不得将球遗留在管内,通球后管口应封闭,并应做好通球记录;

通球试验的球直径应符合表4.3.2的规定;

表 4.3.2 通球试验的球直径(mm)

管子外径 D 弯曲半径 R	$D \geq 60$	$32 < D < 60$	$D \leq 32$
$R \geq 2.5D$	$0.85d$	$0.80d$	$0.70d$
$1.8D \leq R < 2.5D$	$0.75d$	$0.75d$	$0.70d$
$1.4D \leq R < 1.8D$	$0.70d$	$0.70d$	$0.70d$
$R < 1.4D$	$0.65d$	$0.65d$	$0.65d$

注:表中 d 为管子内径。

6 受热面管子应保持洁净,安装过程中不得掉入任何杂物。

4.3.3 膜式水冷壁的安装应符合下列规定:

1 水冷壁组合应在稳固的组合架上进行;

2 水冷壁组合件的允许偏差应符合表4.3.3-1的规定;

表 4.3.3-1 水冷壁组合件的允许偏差(mm)

序号	检 查 项 目		允 许 偏 差
1	集箱水平度		±2
2	组件对角线差		10
3	组件宽度	全宽≤3000	±5
		全宽>3000	2‰,最大不大于 15
4	组件长度		±10
5	组件平面度		±5
6	集箱间中心线垂直距离		±5

3 刚性梁组合(或安装)的允许偏差应符合表 4.3.3-2 的规定;

表 4.3.3-2 刚性梁组合(或安装)的允许偏差(mm)

序号	检 查 项 目	允 许 偏 差
1	标高	±5
2	与受热面管中心距	±5
3	弯曲或扭曲	≤10
4	连拉装置	膨胀自由

注:标高应以上集箱为准。

4 水冷壁组件应合理选择吊点并适当加固,在搬运和起吊过程中不应产生永久变形;

5 水冷壁宜采用地面整体预拼装;

6 水冷壁应按设备技术文件的要求进行密封焊,焊缝不得有漏焊、错焊。

4.3.4 受压元件焊接应符合下列规定:

1 受压元件焊接应有焊接工艺规程;

2 受热面管子宜采用机械切割,当采用火焰切割时,应留有机械加工余量;

3 对母材施焊时,焊接坡口表面应光滑,施焊表面上应无氧化皮、铁锈、油脂或其他杂物;

4 在锅炉受压元件和产品试件的焊缝附近,应采用低应力的钢印打上焊接该产品的焊工代号或画焊缝排版图;

5 受热面管子及本体管道的焊接对口应平齐,错口不应大于壁厚的 10%,且不应大于 1mm;

6 对接焊接时,管口端面的允许倾斜值 Δf (图 4.3.4),应符合表 4.3.4-1 的规定;

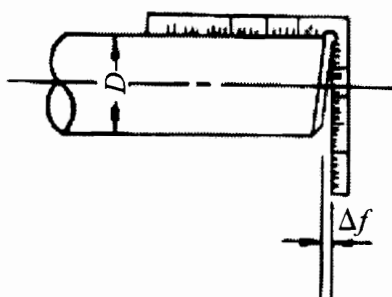


图 4.3.4 管口端面倾斜示意图

表 4.3.4-1 管口端面的允许倾斜值(mm)

管子外径 D	端面倾斜值 Δf
$D \leq 60$	≤ 0.5
$60 < D \leq 108$	≤ 0.8
$108 < D \leq 159$	≤ 1
$159 < D \leq 219$	≤ 1.5
$D > 219$	≤ 2

7 因焊接引起的管子变形,管子的直线度应在距焊缝中心 50mm 处用直尺进行测量,焊接管直线度的允许偏差应符合表 4.3.4-2 的规定;

表 4.3.4-2 焊接管直线度的允许偏差(mm)

管子外径 D	允许偏差	
	焊缝处 1m 范围内	全长
$D \leq 108$	≤ 2.5	≤ 5
$D > 108$		≤ 10

8 除焊接、锻制、铸造成型管件外,受热面管子的对接焊口不得布置在管子弯曲部位,焊口距离管子弯曲起点不应小于管子直径,且不应小于 100mm,距支吊架边缘应大于 50mm;

9 受压元件焊缝及热影响区表面应无夹渣、裂纹、未熔合、弧坑和气孔,焊缝高度不应低于母材表面,且焊缝与母材应圆滑过渡,焊缝咬边深度不应大于 0.5mm,两侧咬边总长度不应大于管子周长的 20%,且不应大于 40mm;

10 受热面管子、本体管道及其他管件的环焊缝,在外观质量检查合格后,应按工程技术文件、标准的要求进行射线探伤或超声波探伤,探伤应符合现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013的有关规定,焊缝质量等级应符合现行行业标准《锅炉安全技术监察规程》TSG G0001 的有关规定;

11 采取射线探伤或超声波探伤时,探伤数量应符合现行行业标准《锅炉安全技术监察规程》TSG G0001 的有关规定,并应符合下列规定:

1)当探伤的结果为不合格时,除应对不合格的焊缝进行返修外,还应对该焊工所焊的同类型焊接接头增做不合格数的双倍复检,当复检仍不合格时,应对该焊工焊接的同类型焊接接头全部做探伤检查;

2)当焊接接头经探伤检测发现不合格时,应分析原因,并制订出可行的返修方案,按程序报批,同一位置上的返修不应超过 2 次。返修后,应重新做外观和探伤检查。

12 锅炉管子上所有附属焊接件,应在压力试验前完成焊接验收。

4.3.5 过热器、蒸发器、省煤器和减温器的组合安装应符合下列规定:

1 过热器、蒸发器和省煤器的组合、安装应按下列顺序施工:

1)集箱找正固定;

2)安装基准蛇形管并找正固定;

3)安装其余管排。

2 过热器、蒸发器、省煤器组合安装的允许偏差应符合表 4.3.5 的规定；

表 4.3.5 过热器、蒸发器、省煤器组合安装的允许偏差(mm)

序号	检 查 项 目	允 许 偏 差
1	蛇形管自由端	±10
2	管排间距	±5
3	管排平整度	≤20
4	边缘管与护板间隙	满足设计文件要求

3 安装管片前,宜先将振打杆安装就位,并应用临时支撑固定；

4 减温器在安装前应检查制造厂提供的组装封闭签证,并应进行外部检查;各接管座应畅通,焊接应正确;减温器方向应安装正确。

4.3.6 余热锅炉压力试验前应符合下列规定：

1 余热锅炉承压系统及附属装置安装完毕后,应进行压力试验；

2 余热锅炉的压力试验,除安全阀、仪表外,所有管路、阀门均应与锅炉本体一起进行。根据锅炉设备技术文件要求,不同压力等级的受热面应分段进行压力试验；

3 锅炉承压系统压力试验前应做检查,并应符合下列规定：

- 1)各种施工、检验记录应完整；
- 2)锅筒、集箱等承压部件的内部和表面应清理干净；
- 3)受压元件上的人孔、手孔装置应封闭；
- 4)膨胀指示装置应正常；
- 5)安全阀应隔离,其他阀门应关闭；
- 6)影响压力试验的各种临时设施应拆除；
- 7)玻璃管水位计应参加工作压力试验,不得参加超压试验。

4 压力试验时,试压系统应装设不少于 2 块经过校验合格的

压力表,压力表的量程应为工作压力的 2 倍~3 倍。额定工作压力大于或等于 2.5MPa 时,压力表精度等级不应低于 1.6 级;额定工作压力小于 2.5MPa 时,压力表精度等级不应低于 2.5 级;

5 锅炉压力试验的试验压力应按表 4.3.6 的规定执行;

表 4.3.6 锅炉压力试验的试验压力

名 称	锅炉工作压力 P (MPa)	试 验 压 力
锅炉本体	<0.8	$1.5P$,但不小于 0.2MPa
	$0.8\sim 1.6$	$P+0.4\text{MPa}$
	>1.6	$1.25P$

注:试验压力应以锅筒或过热器出口集箱的压力表为准。

6 压力试验时应符合下列规定:

- 1)压力试验宜用水作为介质,压力试验应在环境温度高于或等于 5℃ 时进行,低于 5℃ 时应有防冻措施;
- 2)压力试验用水应洁净,水温应高于周围露点温度且不高于 70℃,合金钢受压元件的压力试验,水温应高于所用钢种的脆性转变温度;
- 3)锅炉上水时应将最高点的放空阀打开,将水全部注满,并应在空气排尽后再关闭空气阀;
- 4)进行压力试验时,水压升降速度不应超过 0.3MPa/min,当水压上升到工作压力时,应暂停升压并检查有无漏水或异常现象,再升压到试验压力,在试验压力下应保持 20min 后再降到工作压力状态下进行检查,检查期间压力应保持不变,锅炉受压元件金属壁和焊缝上不应有水珠和水雾,应无可见残余变形;

7 锅炉压力试验不合格时应返修,返修合格后应重做压力试验;

8 锅炉压力试验后,应及时将锅炉内的水全部放尽,放水时应将空气阀打开;

9 每次压力试验应有记录,压力试验合格后应办理签证,压力试验签证单应按本规范表 7.5.1 的格式填写。

4.4 附属管道、设备

4.4.1 锅炉本体范围内合金钢管子、管件在使用前应逐件进行光谱复查,并应做出材质标记。

4.4.2 锅炉本体范围内管道及附件安装应符合下列规定:

1 现场布置的各种管道和支架、吊架制作及安装应符合下列规定:

1)管道应统筹规划、布局合理、走线短捷、有疏水坡度、工艺美观,管道自身膨胀布置应满足膨胀方向及膨胀量的要求;

2)支架、吊架应布置合理、安装牢固,不得影响管道的热膨胀。

2 锅炉排污、疏放水管道安装应符合下列规定:

1)管道安装应设置不小于 0.2% 的疏水坡度,并能自由热补偿,不得妨碍锅筒、集箱和管道的热膨胀;

2)不同压力的排污、疏放水不应接入同一母管;

3)排污管与集箱的连接工作应在集箱内部清理后进行;

4)排污和疏放水应畅通。

3 取样系统安装应符合下列规定:

1)取样器安装方向应正确;

2)取样冷却器应按设计文件安装,安装前应检查换热管的严密性。

4 排汽管安装时应留出使锅筒、集箱和管道能自由膨胀的热膨胀间隙,排汽管支架、吊架应牢固,安全阀排汽管的重量不应施加在安全阀上;

5 锅炉本体范围内管道及附件的检验和配制,应符合本规范第 7 章的有关规定;

6 节流设备应在管道化学清洗、冲洗、吹扫后安装。

4.4.3 取源部件和仪表的安装、调试和验收应符合本规范第 9 章的有关规定。

4.4.4 阀门的检验和安装应符合本规范第7章的有关规定。

4.4.5 安全阀安装应符合下列规定：

1 除设备技术文件有特殊规定外，安全阀不宜做解体检查，安全阀安装应保证介质流向和排放方向的正确，调整方向应便于操作；

2 安全阀安装前，应校验整定压力和密封性，合格者应加锁或铅封；

3 锅炉安全阀的调整和校验应符合现行行业标准《锅炉安全技术监察规程》TSG G0001的有关规定。

4.4.6 清灰振打系统安装应符合下列规定：

1 清灰振打系统附件应齐全，规格型号应符合设计文件的规定；

2 各运动部件应转动灵活；

3 清灰振打系统安装结束后应进行振打试验。

4.5 烘炉、煮炉、吹扫和严密性试验

4.5.1 烘炉应符合下列规定：

1 烘炉应满足下列条件：

1) 余热锅炉压力试验、炉墙施工及养护工作应已完成；

2) 与烘炉有关的水汽、烟风系统或临时烟风、给水、排污、辅机、消防系统应已试运转，并满足设计文件要求；

3) 与烘炉有关的热工测量仪表应已安装、校验并调试合格；

4) 锅筒、集箱上的膨胀指示器在冷状态下应调整到零位；

5) 烘炉用热风的开通应与水泥生产线协调操作。

2 应根据耐磨耐火材料供货商的烘炉技术要求，编制烘炉方案及温升曲线，烘炉时应严格控制温度的升降速度和恒温时间，温度波动的允许偏差应为 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ；

3 烘炉过程中，应检查各部位的膨胀情况；

4 不定形耐火材料烘炉试块残余含水率小于或等于2.5%

时,可视为烘炉合格;

5 烘炉结束,当锅炉内部冷却至环境温度后,应对耐磨耐火浇筑体进行感观质量检查,若发生损毁或出现较大缺陷,则应进行修补及烘烤。

4.5.2 煮炉作业应符合下列规定:

1 煮炉应在烘炉完成后进行,煮炉用热风的开通应与水泥生产线协调操作;

2 煮炉药剂及加药量应按锅炉技术文件的规定执行,当无规定时,煮炉的加药量可根据锅内锈污的程度按表 4.5.2 选用;

表 4.5.2 煮炉的加药量(kg/m³)

药 品 名 称	加 药 量
氢氧化钠 NaOH(或碳酸钠 Na ₂ CO ₃)	2~4(3~6)
磷酸三钠 Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	2~5

注:药品按 100%的纯度计算。

3 磷酸三钠与氢氧化钠(或碳酸钠)可同时使用;

4 胀接锅炉不宜用氢氧化钠煮炉;

5 煮炉用时应根据锅内的锈污程度确定,宜为 2d~3d,升温升压的速度及保持压力的时间应按锅炉使用说明书和操作规程进行;

6 煮炉后期,应定期对锅筒、下集箱炉水取样分析,当炉水中 PO₄³⁻ 浓度趋于稳定时,可停止煮炉;

7 煮炉后,锅内被清洗的金属表面应无油污和锈斑,并应形成完整的钝化膜。

4.5.3 锅炉范围内的给水管、减温水管、过热器及管道,在投入运行前应进行冲洗和蒸汽吹扫。

4.5.4 冲洗和蒸汽吹扫工作应符合本规范第 7.5.2 条和第 7.5.3 条的规定。

4.5.5 蒸汽严密性试验应满足下列要求:

1 锅炉压力应升至额定工作压力;

2 锅炉附件、汽水阀门、焊口、人孔、手孔和法兰处应无泄漏现象；

3 锅筒、集箱、各受热面部件和锅炉范围内汽水管路的膨胀，以及支座、吊杆、吊架和弹簧的受力、位移和伸缩应无异常。

4.5.6 烘炉、煮炉、吹扫和严密性试验完毕后应提交下列资料：

1 严密性试验合格签证；

2 烘炉合格签证；

3 煮炉合格签证；

4 冲洗和吹扫合格签证。

4.6 工 程 验 收

4.6.1 余热锅炉安装工程的质量验收，检验批的主控项目范围应包括下列内容：

1 锅炉基础定位；

2 锅炉钢架组合安装；

3 锅炉本体门孔、局部密封件安装；

4 灰斗及回灰装置安装；

5 锅筒、集箱安装；

6 受热面(省煤器、蒸发器、过热器)安装；

7 清灰装置安装；

8 锅炉整体压力试验。

4.6.2 锅炉安装验收签证应包括下列内容：

1 隐蔽工程施工记录及签证；

2 受热面管通球试验签证；

3 锅炉压力试验合格签证；

4 清灰振打系统安装、试验竣工签证；

5 蒸汽严密性试验签证。

4.6.3 余热锅炉安装工程验收时，应提交下列资料：

1 设备开箱检查记录；

- 2 合金钢管材及管件复查记录；
- 3 锅炉基础复查记录；
- 4 锅炉钢架组合安装记录；
- 5 省煤器组合、安装记录；
- 6 蒸发器组合、安装记录；
- 7 过热器组合、安装记录；
- 8 锅筒安装记录；
- 9 锅筒内部装置安装检查记录；
- 10 主要热膨胀位移部件安装记录；
- 11 受热面热膨胀间隙检查记录；
- 12 安全阀检查记录；
- 13 锅炉本体焊接无损探伤报告；
- 14 锅炉安装监督检验证书；
- 15 分项工程验收记录；
- 16 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件；
- 17 本规范第 4.6.2 条规定的签证单；
- 18 其他所需的文件和记录。

5 烟风管道及相关设备

5.1 一般规定

5.1.1 烟风管道及相关设备安装和质量验收除应符合本规范的规定外,还应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683、《建材工业设备安装工程施工及验收规范》GB/T 50561 的有关规定。

5.1.2 烟风管道安装前应满足下列要求:

- 1 基础、支吊架预埋件的位置、尺寸应符合设计文件的规定,基础强度应满足安装要求;
- 2 管道构件的吊装通道应畅通;
- 3 烟风管道安装作业场地和空间应做好防护措施。

5.2 烟风管道组合与安装

5.2.1 烟风管道制作应符合下列规定:

- 1 烟风管道原材料规格、尺寸应符合设计文件的规定;
- 2 管道纵向焊缝的间距不得小于 200mm,管道对接时不得出现十字焊缝;
- 3 焊缝质量应符合设计文件的规定,不得有漏焊、未焊透等缺陷,管道焊缝应经煤油渗透试验合格并做检验记录。

5.2.2 烟风管道的组合应符合下列规定:

- 1 烟风管组合前应根据现场实际存放、运输、吊装通道尺寸等因素确定组合尺寸;
- 2 烟风管道组合后,应经煤油渗透试验合格并做检验记录。

5.2.3 烟风管道安装应符合下列规定:

1 管道支座的制作安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定；

2 安装后的支座、托架应与风管接触良好、受力均匀；

3 吊装时组合件应具备足够的刚度；

4 烟风管道内壁隔热层和耐磨衬里宜在安装就位后施工，所用材料和施工工艺应符合设计文件的规定，衬里表面应平整；

5 烟风管道安装结束后，应清除风管内杂物、拆除临时固定用构件；

6 烟风管道与水泥生产线连接施工，必须在生产线停运后且管道表面温度低于 50℃ 时进行；

7 烟风管道与水泥生产线连接施工，应符合下列规定：

1) 施工前应编制施工方案，并应有安全措施和应急处置预案；

2) 连接完成后相关各方应对工程质量签字确认。

5.3 粉尘分离器安装

5.3.1 粉尘分离器的现场拼装应按设备技术文件施工。

5.3.2 分离器的现场开孔，应在内衬耐磨层施工前完成。

5.3.3 内衬耐磨衬里表面应平整。

5.4 烟风阀门安装

5.4.1 烟风阀门安装前应检查下列内容：

1 阀板的开闭应灵活可靠，启闭应正常；

2 阀板密封接触面应平整无变形；

3 带有耐磨内衬、耐磨保护层的烟风阀门，内衬、保护层应无开裂与脱落；

4 阀门安装方向、开启度指针指示应正确。

5.4.2 烟风阀门电动执行机构的安装，应符合下列规定：

- 1 电动执行机构与调节机构的传动部件动作应灵活、可靠；
- 2 电动执行机构应做操作试验，开关操作方向、位置指示应与调节机构一致，并满足使用要求；
- 3 当设计文件没有给出阀门执行机构方位时，阀门操作系统及执行机构的安装方位应便于人员操作、维护。

5.5 回灰系统安装

5.5.1 回灰系统设备安装应符合现行国家标准《建材工业设备安
装工程施工及验收规范》GB/T 50561 的有关规定。

5.5.2 回灰系统安装应符合下列规定：

- 1 回灰溜子连接处应严密；
- 2 运动零部件应灵活可靠；
- 3 安装过程中的废料、杂物不得落入设备内。

5.6 烟风管道膨胀节安装

5.6.1 烟风管道膨胀节在运输及装卸过程中应注意保护，不得有碰伤、划痕或损坏，外观检查膨胀节不应变形，规格型号及参数应满足设计文件的要求。

5.6.2 膨胀节安装应符合下列规定：

- 1 安装前应核查膨胀节的气流方向和管道内的积灰流向；
- 2 安装前应核对膨胀节的预拉伸量，并应满足设计文件的要求；
- 3 膨胀节上、下法兰间距应满足设计文件的要求，不得采取调节膨胀节法兰间距的方式来补偿安装偏差；
- 4 膨胀节安装完毕后，应将波纹节间杂物清理干净；
- 5 整套系统安装完毕后，应拆除调整螺栓及螺母。

5.7 工 程 验 收

5.7.1 烟风管道安装工程质量验收，检验批的主控项目范围应包

括下列内容：

- 1 烟风阀门检验、安装；
- 2 粉尘分离器内部安装、耐磨内衬、耐磨保护层钹钉、浇注料厚度及平整程度检查；
- 3 膨胀节安装；
- 4 烟风管道与生产线烟风管道连接施工；
- 5 烟道耐磨内衬、钹钉、浇注料厚度及平整程度检查；
- 6 保温层材质、厚度、外保护层；
- 7 管道焊接检查。

5.7.2 烟风管道、回灰系统与生产线连接的施工质量，应检查、验收签证。

5.7.3 烟风管道及相关设备安装工程验收时，应提交下列资料：

- 1 分项工程验收记录；
- 2 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件；
- 3 本规范第 5.7.2 条规定的签证单；
- 4 其他所需的文件和记录。

6 汽 轮 机 组

6.1 一 般 规 定

6.1.1 汽轮发电机车间的行车应已试运行,并应经特种设备监督检验机构检验合格。

6.1.2 施工时,车间内温度不宜低于 5℃。

6.2 汽轮机本体安装

6.2.1 汽轮机本体安装前,应对设备基础进行验收。设备基础验收应符合下列规定:

- 1 台板位置基础标高的允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$;
- 2 地脚螺栓孔中心线之间的距离与设计值的允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$;
- 3 基础的纵向中心线与横向中心线垂直度的允许偏差应小于 1mm/m ;
- 4 地脚螺栓孔的内部应通透无杂物,与锚板接触的基础表面应平整;
- 5 发电机的风室及风道应清理干净,表面应光滑、无脱皮和掉粉;
- 6 汽轮发电机组基础平台应有沉降观测点,沉降观测应有原始记录且合格;
- 7 设备基础表面应无裂纹、孔洞、露钢筋和凹凸现象。

6.2.2 垫铁、台板安装应符合下列规定:

- 1 垫铁安装应符合下列规定:
 - 1) 依据垫铁布置图在基础上确定垫铁的位置,垫铁与基础接触应密实,接触面积应大于 75%,垫铁应保证水平、四

角无翘动；

- 2) 平垫铁尺寸应大于斜垫铁,平垫铁周边应有 45° 倒角；
- 3) 垫铁与垫铁之间、垫铁与台板之间应进行对研,相互之间的接触面应密实,且用 0.05mm 塞尺检查可塞入深度不得超过塞入方向垫铁边长的 $1/4$ ；
- 4) 每组垫铁不宜超过 3 块,高度不宜超过 70mm ,特殊情况下最多允许使用 5 块垫铁,高度不应超过 100mm ,每组垫铁只允许有一对斜垫铁;两块斜垫铁之间的未接触面积不应超过较小块垫铁面积的 25% ,且不得扭向错开；
- 5) 正式扣缸后,汽缸水平和转子扬度数据应无变化;垫铁点焊固定时,汽缸水平和转子扬度数据应无变化。

2 台板安装应符合下列规定：

- 1) 台板底面应清理干净,不得留有油漆和铸砂,台板各处应无裂纹、夹渣及较大气孔等缺陷；
- 2) 台板与汽缸、轴承座之间的接触面应进行对研,检查时接触点的面积应大于全面积的 75% 且分布均匀,用 0.05mm 塞尺四周检查时应塞不进；
- 3) 轴承座台板的注油孔应畅通；
- 4) 地脚螺栓垫片应与垫片沉孔面接触良好；
- 5) 台板就位后应初紧台板地脚螺栓。

6.2.3 滑销系统检查及安装应符合下列规定：

1 前轴承座与台板之间的滑销和销槽应清理干净,滑销和销槽配合间隙应符合设备技术文件的规定且滑动自如；

2 汽缸立销、后导板滑销、后汽缸横销与销槽之间的间隙应符合设备技术文件的规定。

6.2.4 前轴承座内应清理干净,煤油渗透试验应无渗漏。

6.2.5 汽缸检查应符合下列规定：

- 1 汽缸中分面清洗后应无横向贯通性缺陷,喷嘴应点焊牢

固,蒸汽室内应干净,无铸砂、裂纹和气孔等缺陷;

2 调节阀座与蝶阀的接触应严密;

3 上缸与下缸的结合面应接触良好,在未紧固螺栓的情况下用 0.05mm 塞尺检查应塞不进,在紧固 1/3 螺栓的情况下用 0.03mm 塞尺检查应塞不进;

4 汽缸纵向水平应以转子根据洼窝找好中心,且后轴颈处扬度调整为零时的水平为准,汽缸横向应调整水平;

5 防爆门应清理干净,防爆膜板应完好;

6 汽缸与台板之间联系螺栓的垫片下应留有 0.10mm 的间隙,单侧检查间隙应为 0.20mm;

7 正式扣缸前应检查后缸喷淋管路,管路应无泄漏现象。

6.2.6 轴承及油挡的检查和安装应符合下列规定:

1 轴承安装应符合设备技术文件要求,并应符合下列规定:

- 1)衬瓦及推力瓦块表面应无缺陷并应打上钢印标记,经 24h 煤油浸泡后应无脱胎和粘合不良现象;
- 2)轴瓦装配时油孔方向应正确,轴承座内部油路应畅通、无杂物。

2 油挡安装应满足设备技术文件的要求,油挡片紧固应牢靠,油挡片的坡口应朝向油室;轴承座油挡的坡口应背向油室,泄油孔应通透,定位销应可靠无松动,打入定位销后油挡应无松动和位移。

6.2.7 汽轮机转子检查和安装应符合下列规定:

1 转子开箱后应进行检查验收;

2 转子叶片和轮毂应无裂纹、毛刺,各轮毂之间的缝隙内应无杂物;

3 起吊转子应使用专用吊装工具和索具;

4 转子安装时的检查应符合下列规定:

- 1)轴颈、推力盘、油泵轮以及对轮法兰止口内外圆处的跳动应小于 0.02mm;

- 2) 推力盘、油泵轮以及对轮结合面处的瓢偏度应小于 0.02mm;
- 3) 转子的弯曲度应符合设备技术文件的规定;
- 4) 应按设备技术文件的规定调整转子中心和轴颈处的扬度;
- 5) 转子对中时,对轮外圆偏差应小于 0.04mm,张口度应小于 0.02mm,螺栓连接完毕后 2# 轴颈处的跳动值应小于 0.02mm;
- 6) 轴颈的圆度和圆柱度均不应大于 0.02mm。

6.2.8 通流部分设备安装应符合下列规定:

- 1 喷嘴组与汽室固定的结合面之间应涂色检查,接触面应大于 75%且着色点均匀分布,并应涂上高温密封胶后紧固;
- 2 隔板体、叶片、阻汽片应无损伤,阻汽片应镶嵌牢固;
- 3 隔板与汽缸之间的膨胀间隙应符合设备技术文件的规定,隔板下的定位键应固定牢靠;
- 4 隔板洼窝中心偏差上下左右均应小于 0.05mm,调整隔板中心应使用不锈钢垫片;
- 5 上、下隔板的定位键和槽之间的间隙应为 0.05mm~0.08mm;
- 6 汽封块应逐级清洗干净并编号,汽封块下的弹簧片应完好,弹簧片应能使汽封块自由弹出至接口平齐,汽封间隙应符合设备技术文件的规定;
- 7 检查通流部分的间隙时,应先将推力瓦装好,盖上轴承上半部并紧固后,按下列步骤进行:
 - 1) 应按转子飞锤或飞环在水平和顺转子运行方向旋转 90°两个方向检查通流间隙,间隙应符合设备技术文件的规定;
 - 2) 应检查下汽缸内转子与每级隔板之间的轴向间隙,间隙应符合设备技术文件的规定。

6.2.9 盘车装置的检查、安装应符合下列规定:

1 盘车装置的结合面应严密无间隙,用 0.05mm 塞尺检查应塞不进;

2 蜗轮与蜗杆之间、大齿轮与联轴器轮齿之间啮合应符合设备技术文件的规定;

3 盘车挂挡和脱挡应正常,触点开关应完好;

4 盘车油路应通畅无杂物。

6.2.10 汽轮机扣缸应符合下列规定:

1 扣缸前应复测基础沉降;

2 冷凝器与汽缸的对接应完成;

3 所有安装数据应确认并签证;

4 上、下缸内应无异物,扣缸后应紧 1/3 螺栓再进行盘车,各动、静部件应无异常摩擦声;

5 吊起上缸后,应在中分面均匀涂抹高温结合胶,扣上上缸后应紧固所有中分面螺栓;

6 转子前后轴颈处的扬度以及 2[#] 轴颈处的跳动值应在复查无变化后,锁死地脚螺栓的防松螺母。

6.3 发电机和励磁机

6.3.1 台板、螺栓、轴承座及轴承安装应符合下列规定:

1 台板安装前应先配置垫铁,垫铁配置方法和要求应符合本规范第 6.2.2 条的有关规定;台板就位后应初紧地脚螺栓,螺栓的顶部应比台板上平面低 5mm,并应用半月板点焊在螺栓沉孔处固定螺母;台板上平面应光滑平整、无毛刺。

2 轴承座及轴承安装应符合下列规定:

1) 轴承座应经煤油渗透试验合格;

2) 轴承座底面及配套垫片应光滑平整、无毛刺;

3) 轴承座就位前应确认底部和垫片干燥、无灰尘和油污,就位后应立即紧固轴承座与台板之间的联系螺栓,结合面边缘应采取避免进水或进油的措施,联轴器连接后铰孔

应打入绝缘销,轴承座与台板之间的绝缘应符合设备技术文件的规定;

4) 轴承的检查安装应符合本规范第 6.2.6 条的有关规定。

6.3.2 发电机转子的检查安装应符合下列规定:

1 轴颈的圆度和圆柱度、联轴器的瓢偏度、连接止口的跳动度均不应大于 0.03mm;

2 转子表面应干净无杂物,配重块应紧固牢靠,端部风扇应无损伤,叶片安装应牢靠,滑环出线处应无损伤;

3 穿转子前应对定子内部进行检查,定子内部应干净无杂物。

6.3.3 定子的检查安装应符合下列规定:

1 用干燥、过滤、压力为 0.3MPa 以上的压缩空气对定子内部进行吹扫;

2 定子铁芯应无锈蚀、无损伤、无杂物,定子槽楔应无凸出、无裂纹及松动现象,端部槽楔应嵌紧;

3 定子绕组内部应清洁,表面应无伤痕,绝缘漆应无脱落和起泡现象,端部绕组应绑扎紧固、整齐、完整;

4 发电机风室顶部预埋件和台板的标高应符合设计文件的规定;

5 磁力中心和空气间隙应符合设备技术文件的规定;

6 定子端盖安装时,密封圈与转子之间的间隙应符合设备技术文件的规定。

6.3.4 空气冷却器安装应符合下列规定:

1 空气冷却器安装前的压力试验应无渗漏;

2 空气冷却器安装位置的纵横中心线和标高应符合设计文件的规定;

3 空气冷却器端部以及与风道边缘相接处应密封。

6.3.5 励磁机本体安装应符合下列规定:

1 定子、转子表面应无损伤,所有配件、电线应连接牢靠;

- 2 磁力中心和空气间隙应符合设备技术文件的规定；
- 3 励磁机尾端轴径处的跳动值应小于 0.02mm。

6.4 调节保安系统和油系统

6.4.1 油系统设备除设备技术文件明确要求不得解体外,均应解体复查,设备内部应清洁。

6.4.2 调节保安装置的检查安装应符合下列规定:

- 1 调节保安部套的解体检查宜在独立干净的区域逐个进行清洗,清洗检查合格后应放置在密闭环境中;

- 2 所有滑阀、套筒、弹簧、油路、窗口尺寸以及滑阀和套筒的重叠度应符合设备技术文件的规定。

6.4.3 油系统安装应符合下列规定:

- 1 离心式主油泵若需解体检查安装时,应符合下列规定:

- 1) 泵轴的径向晃动度应小于 0.03mm,叶轮密封环和轴套外圆径向晃动度应小于 0.05mm;
- 2) 泵壳应无明显损伤和裂纹;
- 3) 泵壳中分面应无损伤,接触应严密;
- 4) 泵轴油封间隙应符合设备技术文件的规定;
- 5) 叶轮密封环与泵轮之间的距离应符合设备技术文件的规定,叶轮密封环与泵壳之间应留有间隙。

- 2 调整油箱油位计浮球连杆,应符合设备技术文件的规定;注油器喷嘴应通畅,尺寸应符合设备技术文件的规定,滤网应无破损;

- 3 冷油器安装前应将内部清理干净,水侧和油侧均应做承压试验,试验压力应为工作压力的 1.5 倍;

- 4 滤油器的安装位置应正确且便于切换和清洗,丝堵和放油阀应安装可靠、无泄漏,滤网应无损伤,切换应正常;

- 5 油系统管道施工除应符合本规范第 7 章的规定外,还应符合下列规定:

- 1) 组装成件的套装油管,安装前应检查组件内部的清洁程

度,确保内部清洁、无杂物,套管内支撑应牢固;

- 2)管道连接前应检查管道内部并确保清洁,油管敞口应封闭;
- 3)管道连接不宜采用法兰连接,焊接应采用氩弧焊;
- 4)进油管坡向油泵坡度不宜小于 3‰,回油管坡向油箱坡度不应小于 5‰;
- 5)油管与设备、相邻管道、构筑物应留有膨胀间距;
- 6)油管与保温管道、保温设备外保护层净距不得小于 150mm;
- 7)油管接头不得承受阀门、管道的荷重;
- 8)调节保安部套和润滑油系统的碳钢管道,应在配置完毕后全部拆除并进行酸洗钝化,带活接头的油管丝扣连接部分不宜参与酸洗,管路回装时应将活接头紧固后,用氩弧焊接的方法将管路连接起来。

6 当油系统采用不锈钢材质管道时,管道与铁质支、吊架接触部位应采用不锈钢垫片或氯离子含量不超过 500ppm 的非金属垫片隔离;

7 事故放油管路施工应符合下列规定:

- 1)事故放油管路中的阀门必须使用明杆阀,安装前应按铭牌压力进行试压,阀门应无泄漏;
- 2)油箱事故放油管应接至事故油坑,油箱注油前应安装完毕并确认畅通。

6.5 汽轮机本体范围的管道

6.5.1 汽轮机本体范围的管道安装除应符合本节规定外,还应符合本规范第 7 章和第 8 章的有关规定。

6.5.2 特殊附件的安装应符合下列规定:

- 1 导汽法兰连接应对称紧固,螺栓紧固力应均匀;
- 2 进汽阀与阀座之间应密封;

3 带电气控制的阀门检查与安装工作,应由电气、热工和机务人员配合进行;

4 汽轮机本体范围内各类阀门检查、安装应符合设备技术文件的规定;

5 阀门传动装置安装应符合下列规定:

- 1)传动装置应灵活可靠,预留操作空间,且不得妨碍其他设备操作、检修,也不得妨碍其他管道、设备的热膨胀;
- 2)单根传动杆的长度不应超过 4m,传动杆的传动角度不应超过 30° ;
- 3)传动装置、支撑点轴承、方向变换箱应牢固。

6.5.3 管道安装应符合下列规定:

1 管道安装时应将管道内清理干净,安装中断应对管口采取临时封闭措施;

2 汽缸下的疏水管应采用氩弧焊接,管道安装后不应影响汽机膨胀和冷凝器下沉,冷凝器热井到凝结水泵之间的补偿器前不得加装刚性支撑;

3 设计文件无规定的小直径管道安装应符合下列规定:

- 1)应符合系统图的有关规定;
- 2)管道沿排水方向应有坡度;
- 3)管道布置应不妨碍设备、管道热膨胀,不得影响交通运行;
- 4)阀门布置应便于运行操作与检修,平台下和沟道里设有阀门时,平台和沟道在阀门处应设活动盖板;
- 5)不便于就地操作的阀门应设传动装置,传动装置安装应符合本规范第 6.5.2 条第 5 款的规定。

6.6 辅助设备

6.6.1 凝汽器安装应符合下列规定:

1 凝汽器的冷凝管胀接完毕后应进行汽侧灌水试漏,壳体应

无泄漏；冷凝管最大允许泄漏数量为总数的 3‰，泄漏管应封堵；

2 凝汽器弹簧应无裂纹，弹簧高度应一致。

6.6.2 射水、射汽抽气器安装前应将内部清理干净。

6.6.3 除氧器安装应符合下列规定：

1 水箱内部焊渣、焊瘤、油污、氧化皮应清理干净；

2 安全阀在安装前应校验合格；

3 平台、扶梯、栏杆应安装牢固。

6.6.4 均压箱内部应清理干净，并应进行灌水试漏。

6.6.5 附属设备安装应符合下列规定：

1 基础标高应符合设计文件的规定，地脚螺栓孔的大小、深度、垂直度、中心距除符合设计文件规定外还应与设备尺寸进行比对确认；

2 垫铁应布置在地脚螺栓两侧，底座四周可增加垫铁，垫铁之间及垫铁与基础和底座之间应接触良好，并应在二次灌浆前进行侧面点焊；

3 与管道连接之前，设备的进口、出口管道应盖好防护盖；

4 一次灌浆达到强度后应紧固地脚螺栓。

6.7 汽轮发电机组附机、辅助设备的单体调试

6.7.1 管道的吹扫和冲洗应符合下列规定：

1 主汽门后主蒸汽管道应进行蒸汽吹扫，吹扫时应取出主汽门阀芯；

2 前后轴封的送汽管道应进行蒸汽吹扫，吹扫时均压箱的压力应符合设备技术文件的规定；

3 凝结水管道冲洗前，应先将冷凝器内部及热井至凝结水泵进口管段清理干净，冲洗完毕后应清理滤网。

6.7.2 凝结水泵、循环水泵、射水泵等附机的试运行应符合下列规定：

1 附机试运行应具备下列条件：

- 1) 车间内的通道及栏杆应完工,照明及事故照明应能正常投入使用;
 - 2) 消防器材、消防水系统、车间采暖、制冷、通信设备均已投入使用,沟道、孔洞盖板应完善,地坑排污系统应通畅,排污泵应能正常使用;
 - 3) 液位计、温度计、压力计应已安装完毕;
 - 4) 设备及管道表面应清理干净,铭牌应正确、清晰,阀门手轮应能正常操作,电机运转方向应正确。
- 2 附机试运行应符合下列规定:
 - 1) 设备连续运转 4h,运行参数应符合设备技术文件的规定;
 - 2) 试运行合格后应清理滤网,恢复系统。
- 6.7.3 真空系统应符合下列规定:**
- 1 灌水试漏应合格;
 - 2 轴封未送汽时,经抽真空,排汽室的压力应达到 -0.04MPa 。
- 6.7.4 油循环应按下列程序进行:**
- 1 油系统应安装完毕,滤油机连接处串联阀门应已安装;
 - 2 油箱应无泄漏;
 - 3 油系统冲洗时,油温应在 65°C 和 25°C 之间交替变换。
- 6.7.5 油质化验应合格,部套恢复完成后应进行汽轮机启动前调节保安装置的调整和试验,调整和试验应符合下列规定:**
- 1 油温应保持在 $45^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$;
 - 2 油动机行程应符合设备技术文件的规定;
 - 3 主汽门、油动机、补汽阀的关闭时间应小于 1s 。

6.8 工程验收

- 6.8.1 汽轮发电机组工程的质量验收,检验批的主控项目范围应包括下列内容:**

- 1 汽轮机基础检查与几何尺寸校核；
- 2 基础处理与垫铁配置；
- 3 垫铁安装；
- 4 汽轮机地脚螺栓安装；
- 5 汽轮机台板安装；
- 6 汽轮机轴承座(箱)清理；
- 7 汽轮机轴承安装；
- 8 汽轮机汽缸清理；
- 9 滑销安装；
- 10 汽轮机汽缸隔板(套)、汽封套检查；
- 11 汽轮机汽缸及轴承座就位找正；
- 12 汽轮机转子检查安装；
- 13 汽轮机联轴器铰孔及连接；
- 14 汽缸隔板(套)、汽封(套)、转向导叶环检查；
- 15 汽缸隔板(套)、转向导叶环找中心；
- 16 汽轮机推力轴承检查及安装；
- 17 通流间隙测量、调整；
- 18 汽轮机扣缸；
- 19 汽轮机盘车检查安装；
- 20 基础沉降观测记录；
- 21 发电机台板就位；
- 22 轴承安装；
- 23 发电机转子检查；
- 24 发电机定子吊装就位检查；
- 25 发电机穿转子；
- 26 调整空气间隙及磁力中心；
- 27 油挡安装；
- 28 发电机端盖安装；
- 29 励磁机定子、转子检查；

- 30 空气冷却器安装；
- 31 主汽门及调速汽门阀体清理检查；
- 32 调节系统安装；
- 33 油系统安装；
- 34 汽轮机冷凝器安装；
- 35 除氧器安装；
- 36 箱罐安装；
- 37 电动机启动电流；
- 38 设备振动记录；
- 39 设备连续运转 4h 记录；
- 40 各项保护动作试验记录。

6.8.2 汽轮机安装验收签证应包括下列内容：

- 1 垫铁安装签证；
- 2 汽轮机联轴器铰孔及连接签证；
- 3 汽轮机扣缸签证；
- 4 发电机穿转子签证；
- 5 调整空气间隙及磁力中心签证；
- 6 联轴器找中心签证；
- 7 定子最终封闭签证；
- 8 汽轮机、发电机基础二次灌浆签证；
- 9 行车空负荷及静负荷试验记录和签证；
- 10 各项保护动作试验签证；
- 11 管道的冲洗与吹扫合格签证；
- 12 油系统运行记录和油质化验签证；
- 13 汽轮机调节系统的整定与试验签证。

6.8.3 汽轮机安装工程验收时，应提交下列资料：

- 1 汽轮机基础检查与几何尺寸校核记录；
- 2 汽轮机轴承检查安装记录；
- 3 汽轮机转子检查安装记录；

- 4 通流间隙测量、调整记录；
- 5 发电机轴承安装及钢质垫片调整记录；
- 6 发电机转子轴颈圆度、圆柱度和跳动度检查记录；
- 7 发电机定子吊装就位检查记录；
- 8 联轴器端面瓢偏检查记录；
- 9 基础沉降观测记录；
- 10 冷凝器支持弹簧的原始记录和安装后的高度记录；
- 11 冷凝器水侧和汽侧灌水检查记录；
- 12 除氧器安装的灌水检查记录、封闭记录、安全阀动作试验记录；
- 13 给水泵安装记录；
- 14 主汽门及调速汽门阀体清理检查记录；
- 15 油泵对轮中心检查记录；
- 16 油箱清洁和封闭记录；
- 17 危急遮断器脱扣杠杆与飞锤或偏心环之间的间隙记录；
- 18 冷油器严密性检查记录；
- 19 设备振动记录；
- 20 设备连续运转 4h 记录；
- 21 分项工程验收记录；
- 22 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件；
- 23 本规范第 6.8.2 条规定的签证单；
- 24 其他所需的文件和记录。

7 管 道

7.1 一 般 规 定

7.1.1 本章适用于余热发电工程的汽水管道、油管道、压缩空气管道的安装和质量验收。

7.1.2 本章不适用于铸铁管道、钢筋混凝土管道、有色金属管道、塑料及玻璃钢等非金属管道、非金属衬里管道和复合金属管道的安装和质量验收。

7.2 管道零部件现场质量检查验收

7.2.1 管道零部件的检查验收除应符合本规范第 3.2.5 条规定外,还应符合下列规定:

1 管道零部件到现场时应进行检验,产品应具有质量证明书及合格证;

2 管道零部件的材质、规格、型号应符合设计文件的规定;

3 管材的外表和内壁应无明显锈蚀、划痕、损伤、裂纹、折叠、重皮等缺陷;凹陷表面最大尺寸不应大于管子周长的 5%,且不应大于 40mm。

7.2.2 阀门、法兰的检查验收应符合下列规定:

1 阀门质量证明文件应齐全,试验记录应清晰、可追溯;

2 阀门的外观质量应满足产品标准的要求,不得有裂纹、氧化皮、粘砂等缺陷;

3 阀门的传动装置和操作机构应检查、添加油脂;阀门应启闭灵活,开度指示器应指示正确;

4 各类阀门在安装前应抽样进行压力试验,抽查同一制造厂、同规格、同型号的阀门每批不应少于 10%且不得少于 1 个,若有不合格

产品时应再抽查 20%，若仍有不合格产品时，则此批次产品应弃用；

5 阀门的强度试验压力应为铭牌压力的 1.25 倍，试验保压时间应为 5min，并应以壳体、填料无渗漏为合格；

6 法兰材质、规格应符合设计文件的规定，密封面应光洁，无径向沟槽、气孔、裂纹、毛刺或其他降低连接强度和可靠性的缺陷。

7.2.3 管道支架、吊架的检查验收应符合下列规定：

- 1 支架、吊架的材质、规格、型号应符合设计文件的规定；
- 2 弹簧支架、吊架上的锁紧销应在锁紧位置。

7.2.4 中、低合金钢螺栓、螺帽、垫片，应有材质证明书、合格证，规格、型号、尺寸均应符合设计文件的规定。除低合金钢管道零部件外，其他合金钢螺栓、螺帽、垫片均应逐件做光谱复查。

7.3 管道及零部件的配制

7.3.1 支架、吊架的加工配制应符合下列规定：

1 支架、吊架的焊缝不得有漏焊、裂纹等缺陷，焊缝高度及长度应符合规定；

2 管道支架应采用机械开孔，支架切割宜采用机械切割；

3 管道支架在制作完毕检查合格后，应做防腐处理。

7.3.2 管道的加工应符合下列规定：

1 管子切口表面应平整，无裂纹、重皮、毛刺、凹凸、缩口、熔渣、氧化物和铁屑；

2 管子、管件切口端面倾斜偏差不应大于管子外径的 1%，且不应超过 3mm；

3 管道宜采用机械切割；

4 中、低合金钢管道宜采用机械或等离子方法切割。

7.3.3 弯管的外观质量应符合下列规定：

1 弯管的制作宜选取管壁厚度为正公差管子；

2 弯管表面不得有裂纹、过烧、分层等缺陷；

3 预制完毕的管段，应将内部清理干净，及时封闭管口。

7.3.4 卷管的加工应符合下列规定：

- 1 卷管的材质、规格应满足设计文件的要求；
- 2 卷管的同一筒节上不宜有多于两道的纵向焊缝，两纵缝间距不得小于 200mm；筒节对接时，纵向焊缝应错开，错开间距不得小于 100mm；
- 3 卷管的焊缝质量应满足设计文件的要求，不得有漏焊、未焊透等缺陷，焊缝应经煤油渗透试验合格；
- 4 焊缝不能双面成型的卷管，当公称直径大于或等于 1000mm 时，宜在管内进行封底焊；
- 5 卷管板材表面应无损伤，有严重伤痕的部位应进行修磨，修磨处的壁厚不得小于设计壁厚。

7.4 管道安装

7.4.1 管道安装前应具备下列条件：

- 1 与管道安装有关的土建工程应经检查合格；
- 2 与管道连接的设备应已就位固定；
- 3 管道及零部件、阀门应核对无误、检验合格，内部应清理干净；
- 4 需做内部防腐的管道，内部防腐处理应已完毕。

7.4.2 管道穿墙、构筑物、楼板或水工构(建)筑物施工时，应符合下列规定：

- 1 管道穿越墙体、基础和楼板，应配合土建施工预埋套管或预留孔洞；
- 2 管道穿墙、构筑物应加装套管，套管长度不得小于墙厚或构筑物的壁厚；
- 3 穿楼板套管应高出楼板面层 50mm，穿过屋面的管道应有泛水和防雨帽，管道与套管之间的空隙应采用不燃材料填塞；
- 4 管道在套管内不得有焊缝；
- 5 管道穿越水工构(建)筑物时，应设防水套管。

7.4.3 管道支架、吊架安装应符合下列规定：

1 水平安装的钢管支架、吊架的间距应符合设计文件的规定,当设计文件无规定时,管道钢管支、吊架的允许最大间距应符合表 7.4.3 的规定;

表 7.4.3 钢管支、吊架的允许最大间距

管子公称直径(mm)	允许最大间距(m)		管子公称直径(mm)	允许最大间距(m)	
	无绝热层管道	有绝热层管道		无绝热层管道	有绝热层管道
15	2.5	1.5	150	9.0	5.5
20	3.0	1.6	200	9.5	7.0
25	3.2	1.7	250	11.0	8.5
32	3.5	1.9	300	12.0	9.5
40	4.0	2.1	350	13.0	10.0
50	4.5	2.5	400	14.0	11.0
65	5.0	3.0	450	14.5	12.0
80	6.0	3.5	500	15.0	13.0
100	7.0	4.0	600	16.0	14.0
125	8.0	4.5	---	---	---

2 垂直安装的管道每层应至少设置 1 个立管支架,当层高大于或等于 7.5m 时,应增加立管支架的数量;

3 弹簧支架、吊架的安装标高与弹簧上的荷载应符合设计文件的规定;

4 焊接型管托与管道焊接时,管子表面不得有咬边、烧穿现象;采用卡箍型管托时,应加垫石棉板隔热;

5 管道安装时,不宜使用临时支架、吊架;

6 管道安装时应及时进行支架、吊架的固定和调整工作,支架、吊架位置应正确;

7 不锈钢管与碳素钢支架之间应垫入不锈钢垫片;

8 弹簧支架、吊架的拉杆受力应均匀且略有弹性。

7.4.4 法兰安装应符合下列规定:

1 管道法兰安装位置应便于检修;

- 2 法兰连接时应同心,并应保证螺栓能自由穿入;
- 3 螺栓安装方向应一致,紧固后应与法兰紧贴,不得有楔缝。

7.4.5 管道安装应符合下列规定:

1 管子对口时应在距接口中心 200mm 处测量平直度(图 7.4.5),当管子公称直径小于 100mm 时,允许偏差应为 $\pm 1\text{mm}$;当管子公称直径大于或等于 100mm 时,允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$,但全长允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$;

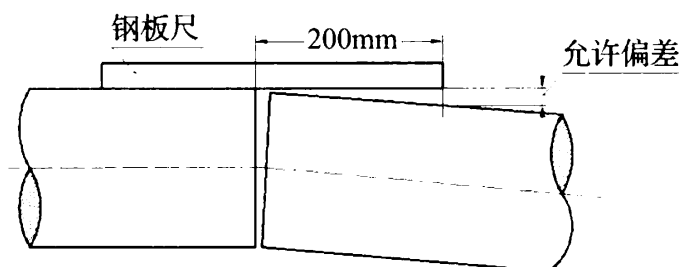


图 7.4.5 管道对口平直度检查

- 2 除设计有预拉伸或预压缩的要求外,管道安装时,不得强力对口;
- 3 设备本体与管道连接时,不得使设备承受附加应力;
- 4 管道安装的坡向、坡度应满足设计文件的要求,当设计文件无具体要求时,管道坡度方向应便于疏、放水和排放空气;
- 5 管道安装完毕后,除受支架、吊架的正常约束作用外,不得影响管道的热膨胀;
- 6 疏、放水管的安装应符合下列规定:
 - 1) 安装疏、放水管时,接管座安装应符合设计文件的规定,管道开孔应采用钻孔;
 - 2) 疏、放水管应按介质流动方向顺坡接入疏、放水母管,不得将不同介质或不同压力的疏、放水管接入同一母管或容器内;
 - 3) 疏、放水管及母管的布线应短捷,且不得影响运行通道和其他设备的操作,有热膨胀的管道应采取补偿措施,阀门应置于便于操作处;
 - 4) 放水信号管的中心应与接水漏斗中心稍有偏心,漏斗放

水管的管径应为 DN50 以上。

7 管道冷拉应满足下列要求：

- 1)冷拉区域所有阀门与支架、吊架应已装设完毕,各固定支架间所有焊口除冷拉口外均应已焊接完毕并经检验合格；
- 2)冷拉口附近吊架的吊杆应预留足够的调整余量；
- 3)管道冷拉后,焊口应经检验合格。

7.4.6 阀门安装应符合下列规定：

- 1 阀门安装前应清除阀体进出口的封闭物和其他杂物,保持关闭状态,搬运和安装时,不得以手轮作为起吊点,且不得随意转动手轮；
- 2 阀门安装前,应按设计文件核对型号,并应按介质流向确定安装方向；
- 3 阀门安装时,手轮不宜朝下,应便于操作及检修；
- 4 安全阀安装应符合本规范第 4.4.5 条的规定。

7.4.7 汽水管道电动阀门执行机构的安装,应符合下列规定：

- 1 电动执行机构与调节机构的传动部件动作应灵活、可靠；
- 2 电动执行机构应做操作试验,开关操作方向、位置指示应与调节机构一致,应能满足使用要求；
- 3 当设计文件未标示阀门安装位置时,阀门操作系统及执行机构的安装方位应便于人员操作、维护。

7.4.8 补偿器应按设计文件规定进行拉伸或压缩。松开拉紧装置应在管道安装结束后进行。当内部带有套管时,应根据介质流动方向安装。与设备相连的补偿器,应在设备最终固定后连接。

7.4.9 当管道安装工作有间断时,应及时封闭管口。

7.5 管道系统的试验和冲洗

7.5.1 管道安装完毕、处理和无损检验合格后,应进行严密性压力试验,压力试验应符合下列规定：

- 1 压力试验应用洁净水作为试验介质。当对奥氏体不锈钢管道或对连有奥氏体不锈钢管道或设备的管道进行试验时,水中

氯离子含量不得超过 25ppm;

2 试验前,系统注水时应排尽管道内的空气;

3 试验时,环境温度不应低于 5℃,当环境温度低于 5℃时,应采取防冻措施;

4 钢制管道的试验压力不应小于设计压力的 1.5 倍,且不得小于 0.6MPa;

5 当管道的试验压力大于系统内设备的试验压力,而设备的试验压力不低于管道设计压力的 1.15 倍时,经建设方同意,可按设备的试验压力进行;

6 当管道的设计温度高于试验温度时,试验压力应按下式计算确定:

$$P_s = 1.5P[\sigma]_T/[\sigma]^t \quad (7.5.1)$$

式中: P_s ——试验压力(MPa);

P ——设计压力(MPa);

$[\sigma]_T$ ——试验温度下管材的需用应力(MPa);

$[\sigma]^t$ ——设计温度下管材的需用应力(MPa)。

注:当 $[\sigma]_T/[\sigma]^t$ 大于 6.5 时, P_s 取 6.5;当计算的试验压力 P_s 超过管材的屈服极限时,应把不大于管材的屈服极限压力作为试验压力。

7 有位差的管道,应以管道最高点的压力为准;

8 进行管道系统压力试验时,应与试验范围以外的管道、设备、仪表、安全阀隔绝;

9 液压试验应缓慢升压,升至试验压力后应先保压 10min,再将压力降至设计压力后并保压 30min,检查压力表值应无下降,管道所有部位应无泄漏;

10 试压过程中若有泄漏,不得带压处理,消除缺陷后应重新试验;

11 试验结束后应及时放尽积水,拆除盲板设施;

12 试验合格后,相关方应签字、确认,压力试验签证单应按表 7.5.1 的格式填写。

表 7.5.1 压力试验签证单

工程代号及名称: _____

单位工程名称				分部工程名称				
分项工程名称				施工班组				
试验名称				施工负责人				
试验 条件	试验日期		年 月 日 时 分至 年 月 日 时 分					
	设计压力(MPa)				试验压力(MPa)			
	环境温度(℃)				试验介质温度(℃)			
	稳压时间(min)				压力表精度			
试验 范围								
试验 过程								
结论		<div style="text-align: right;">监理方:</div>						
会签各方			意 见		签 字		日期	
施工								
监理								
建设								

7.5.2 管道系统冲洗应符合下列规定：

- 1 管道在压力试验合格后,应进行冲洗;
- 2 给水、凝结水和锅炉补给水系统应进行水冲洗;
- 3 不允许冲洗的设备、阀门,应与冲洗系统隔离或在管道系统冲洗后安装;
- 4 冲洗前应检查管道支架、吊架的牢固程度。

7.5.3 管道吹扫应符合下列规定：

- 1 管道宜使用蒸汽吹扫;
- 2 蒸汽吹扫用临时管道的安装应符合下列规定:
 - 1)排汽管的长度应短捷,内径不应小于被吹洗管子的内径;
 - 2)排汽管应支撑牢固并隔离;
 - 3)排汽管道对口焊接要求应与正式焊接要求相同;
 - 4)排汽口宜装设消音装置,未装设消音装置的排汽管管口应向上倾斜排空;
 - 5)蒸汽吹扫时,临时管道及排汽区域应设置禁区。

7.5.4 蒸汽吹扫应按加热—冷却—再加热的顺序,循环进行。

7.5.5 通往汽轮机或设计文件有规定的蒸汽管道,经蒸汽吹扫后应检验靶片。当设计文件无规定时,吹扫质量合格标准应符合下列规定：

- 1 靶片宜采用厚度 5mm 铝板制成,宽度不应小于排汽管内径的 8%,长度应略大于管道内径;
- 2 吹扫流速不应低于 30m/s;
- 3 连续 2 次更换靶片检查,靶片上冲击斑痕粒度不应大于 0.6mm,斑痕深度不应大于 0.5mm,斑痕数量不应大于 1 个/cm²。

7.5.6 管道吹洗合格并复位后,不得再进行影响管内清洁的其他作业。

7.5.7 管道复位后应签证。管道系统吹扫签证单宜按表 7.5.7 的格式填写。

表 7.5.7 管道系统吹扫签证单

工程代号及名称: _____

单位工程名称		分部工程名称		
分项工程名称		施工班组		
吹扫日期		施工负责人		
吹扫范围				
吹扫过程				
结论	<div style="text-align: right;">监理方:</div>			
会签各方		意见	签字	日期
施工				
监理				
建设				

注:吹扫记录应作为本表的附件。

7.6 工 程 验 收

7.6.1 管道安装工程的质量验收,检验批的主控项目范围应包括下列内容:

- 1 管道规格、型号、材质、坡度；
 - 2 固定支架、弹簧支架、弹簧吊架、支架与吊架的调整；
 - 3 膨胀节安装、管道冷拉值；
 - 4 埋地管道的管道标高、基础、垫层；
 - 5 管道吹扫、冲洗、试压。
- 7.6.2 管道安装验收签证应包括下列内容：
- 1 管道系统压力试验签证；
 - 2 管道系统吹扫签证；
 - 3 重要阀门、管件等的压力试验签证；
 - 4 隐蔽工程签证。
- 7.6.3 管道安装工程验收时，应提交下列资料：
- 1 管道冷拉记录；
 - 2 主蒸汽和主给水管道中支架、吊架弹簧的安装高度记录；
 - 3 注明支架、吊架位置的主蒸汽及主给水管道系统的示意图；
 - 4 支架、吊架安装调整的记录；
 - 5 分项工程验收记录；
 - 6 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件；
 - 7 本规范第 7.6.2 条规定的签证单；
 - 8 其他所需的文件和记录。

8 焊 接

8.1 一 般 规 定

8.1.1 工程施工的焊接应符合下列规定：

1 本章适用于碳素钢、耐热钢和普通低合金钢的焊条电弧焊、药芯焊丝电弧焊、钨极氩弧焊、熔化极气体保护焊；

2 承压设备的焊接、修复应符合国家相应安全技术监察规程的规定；

3 建筑工程钢结构焊接应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

8.1.2 焊接应根据现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014或《焊接工艺评定规程》DL/T 868 的规定进行焊接工艺评定,并应编制焊接工艺指导书或焊接工艺卡及焊接施工措施文件。

8.2 钢材、焊接材料及设备

8.2.1 钢材及临时材料材质应符合设计文件的规定,并应附有质量证明书。

8.2.2 焊接材料的选择应符合下列规定：

1 焊接材料的选择应根据钢材的化学成分、力学性能、使用工况条件和焊接工艺评定的结果确定；

2 同种钢材焊接时,焊接材料的选用应符合下列规定：

1) 焊缝金属的化学成分和力学性能应与母材相当,且应符合设计文件规定的技术条件；

2) 焊接材料熔敷金属的临界温度转变点(AC_1)应与被焊母材相当,或不低于临界温度转变点(AC_1) 10°C ；

- 3) 焊接材料的耐腐蚀性能不应低于母材相应要求;
 - 4) 焊接工艺性能应良好。
 - 3 异种钢材焊接材料的选择应符合下列规定:
 - 1) 一侧为奥氏体钢,另一侧为其他组织形态钢种的异种钢焊接,宜选用镍基焊丝或焊条;
 - 2) 其他异种钢焊接,选用焊接材料应保证焊缝金属的抗拉强度不应低于强度较低一侧母材抗拉强度的下限值,且不得超过强度较高一侧母材抗拉强度的上限值,宜选用与钢材级别低的一侧相配的或成分介于两侧钢材之间的焊丝或焊条。
 - 4 使用进口焊接材料时,应符合设计文件的规定;
 - 5 埋弧焊用焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293 或《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 的有关规定;
 - 6 钨极氩弧焊应使用符合现行国家标准《惰性气体保护电弧焊和等离子焊接 切割用钨钍电极》GB 4191 有关规定的钨钍电极;
 - 7 焊接材料的存放、管理应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223 的有关规定。
- 8.2.3 焊接用气体应符合下列规定:**
- 1 氩气、二氧化碳、乙炔应符合国家现行标准《氩》GB/T 4842、《溶解乙炔》GB 6819、《焊接用二氧化碳》HG/T 2537 的有关规定;
 - 2 保护气体在使用前应保持干燥。
- 8.2.4 焊接工装设备、焊接热处理设备和检验试验手段,应满足相应焊接工程项目的技术要求。焊接设备、热处理设备、无损检测设备、理化试验设备及仪表均应定期检查,需要计量的仪器应定期校验。**

8.3 焊 前 准 备

- 8.3.1 焊接的焊口组对应符合下列规定:**

- 1 焊口的位置应避开应力集中区,并应便于施焊及焊后热处理;
- 2 除定型管件外,管道对接焊口距管道弯曲起点不应小于管道外径,且不得小于 100mm,距支架、吊架的边缘不得小于 50mm;
- 3 同管道两个对接焊口间距离不得小于 150mm,当管道公称直径大于 500mm 时,同管道两个对接焊口间距离不得小于 500mm;
- 4 管道接头和仪表插座不应设置在焊缝或焊接热影响区内;
- 5 管孔应避免开在焊缝上,当在焊缝上或焊缝附近开孔时,应满足下列条件:
 - 1)管孔周围大于孔径且不小于 60mm 范围内的焊缝,应经无损检测合格;
 - 2)管接头焊后应做消应力热处理。
- 6 搭接焊缝的搭接长度不应小于 5 倍母材厚度,且不应小于 30mm;
- 7 不得在间隙内加填塞物;
- 8 焊件组装对口时应将待焊件垫置牢固;
- 9 除设计文件规定的冷拉焊口外,其余焊口不得强力对口,也不得利用热膨胀法对口。

8.3.2 坡口制备应符合下列规定:

- 1 焊接接头的形式、焊缝坡口应按设计文件规定执行;
- 2 焊件下料与坡口制备宜采用机械加工的方法,不锈钢坡口两侧应做防飞溅保护;
- 3 管道管口端面应与管道中心线垂直,管子端面与管中心线的偏斜度应符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 管子端面与管中心线的偏斜度

管子外径 $D(\text{mm})$	$D \leq 60$	$60 < D \leq 159$	$159 < D \leq 219$	$D > 219$
端面偏斜度 (mm)	≤ 0.5	≤ 1	≤ 1.5	≤ 2.0

8.3.3 焊口的组对应符合下列规定:

- 1 焊件组对前,应将坡口表面及坡口每侧各 20mm 范围清

理干净；

2 焊件组对时,内壁或根部宜平齐,如有错口,错口值应符合下列规定:

- 1)对接单面焊的局部错口值不得超过焊件厚度的 10%,且不应大于 1mm;
- 2)对接双面焊的局部错口值不得超过焊件厚度的 10%,且不应大于 3mm。

8.4 焊 接 工 艺

8.4.1 焊接环境、焊前预热要求应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的有关规定。

8.4.2 焊接方法和工艺应符合下列规定:

- 1 承压管道焊接时,应采用与焊接工艺评定相同的焊接方法;
- 2 定位焊时,焊接材料、焊接工艺、焊工和预热温度应与正式施焊时相同;在对口根部,定位焊后应检查各焊点质量;
- 3 多层多道焊接时,接头应错开,并应逐层检查;
- 4 施焊中应保证收弧质量;
- 5 施焊过程除工艺和检验上要求分次焊接外,应连续完成;当被迫中断时,应采取后热、缓冷、保温措施,续焊时,应仔细检查并确认无裂纹后,方可按工艺要求继续施焊;
- 6 公称直径为 1000mm 及以上的管道或容器的对接接头,应采取双面焊接,并应采取清根措施;
- 7 对需做检验的隐蔽焊缝,应经检验合格后,填写检验记录方可进行后续工序;
- 8 焊接接头有缺陷时应返修,但同一位置上的返修次数不得超过 2 次;
- 9 安装管道冷拉口所使用的加载工具,应在焊接和热处理后卸载;
- 10 不得对焊接接头进行加热校正。

8.5 焊后热处理

8.5.1 焊后热处理和后热处理的加热方法、加热范围、保温要求、测温要求应符合现行行业标准《火力发电厂焊接热处理技术规程》DL/T 819 的有关规定。

8.5.2 异种钢焊接接头的焊后热处理应符合现行行业标准《火力发电厂异种钢焊接技术规程》DL/T 752 的有关规定。

8.6 工程验收

8.6.1 焊接工程的质量验收应符合下列规定：

1 焊接质量验收检验批的主控项目范围应符合表 8.6.1-1 的规定：

表 8.6.1-1 焊接工程质量验收标准

类别	检验项目	指标要求				检查项目		部件规格 (mm)	合格标准 (mm)	检查方法 与器具	
		指标	检验要求				性质				
			1	2	3	4	一般				主控
B	焊接接头 表面质量	焊缝成型	—	—	—	√	√	—	—	焊缝过渡圆滑， 接头良好	目测、焊缝检测尺
		焊缝余高	—	—	—	√	√	—	$\delta \leq 10$	0~3	
									$\delta > 10$	0~4	
		焊缝宽窄差	—	—	—	√	√	—	$\delta \leq 10$	≤ 3	
									$\delta > 10$	≤ 4	
		咬边	—	—	—	√	—	√	—	$h \leq 0.5$ ， $\sum l \leq 0.2$ L 且 ≤ 40	目测、直尺
		错边	—	—	—	√	√	—	—	外壁 ≤ 0.1 δ 且 ≤ 4	
		角变形	—	—	—	√	√	—	$D < 100$	$\leq 1/100$	
$D \geq 100$	$\leq 1.5/100$										

续表 8.6.1-1

类别	检验项目	指标要求				检查项目性质		部件规格 (mm)	合格标准 (mm)	检查方法与器具		
		指标	检验要求				一般				主控	
			1	2	3	4						
B	焊接接头表面质量	裂纹	--	--	--	√	--	√	--	无	目测、3倍~5倍放大镜检查	
		弧坑	--	--	--	√	√	--	--	无		
		气孔	--	--	--	√	--	√	--	无		
		夹渣	--	--	--	√	--	√	--	无		
	无损检测	射线	--	--	--	√	--	√	--	达到Ⅱ级 ^①	检测仪器	
		超声波	--	--	--	√	--	√	--	达到Ⅰ级 ^②	超声波仪	
	光谱	焊缝	--	--	--	√	√	--	--	经返修满足要求	光谱仪	
	热处理	焊缝硬度	--	--	--	√	√	--	--	符合 ^③	硬度计	
C	焊接接头表面质量	焊缝成型	√	√	--	--	√	--	--	焊缝成型尚可，接头良好	目测	
		焊缝余高	√	√	--	--	√	--	$\delta \leq 10$	0~4	目测、焊缝检测尺	
									$\delta > 10$	0~5		
		焊缝宽窄差	√	√	--	--	√	--	$\delta \leq 10$	≤ 4		
									$\delta > 10$	≤ 5		
		咬边	√	√	--	--	--	√	--	--	$h \leq 0.5$ ， $\sum l \leq 0.2L$ 且 ≤ 40	目测、直尺
		错边	√	√	--	--	√	--	$D \leq 800$	外壁 $\leq 0.1\delta$ 且 ≤ 4		
									$D < 100$	$\leq 1/100$		
		角变形	√	√	--	--	√	--	--	$D \geq 100$	$\leq 1.5/100$	

续表 8.6.1-1

类别	检验项目	指标要求				检查项目		部件规格 (mm)	合格标准 (mm)	检查方法 与器具	
		指标	检验要求				性质				
			1	2	3	4	一般				主控
C	焊接 接头 表面质量	裂纹	√	√	—	—	—	√	—	无	目测、3 倍~5 倍 放大镜
		弧坑	√	√	—	—	√	—	—	无	
		气孔	√	√	—	—	—	√	—	无	
		夹渣	√	√	—	—	—	√	—	无	
	无损检测	射线	√	—	—	—	—	√	—	符合③	检测仪器
E	焊接 接头 表面质量	焊缝 成型	√	√	√	√	—	√	—	焊缝 成型尚可， 接头良好	目测
		焊缝 尺寸	√	√	√	√	√	—	—	满足设计 文件要求	目测、焊 缝检测尺
		咬边	√	—	—	—	—	√	—	$h\leq 0.5$	
		对接 单面 焊接 未焊 透①	√	—	—	—	√	—	—	$h\leq 0.15\delta$ ， $\sum l^{\text{⑤}}\leq 0.1L$	
		裂纹	√	√	√	√	—	√	—	无	目测、 3 倍~5 倍放大镜
		弧坑	√	—	—	—	√	—	—	无	
		气孔	√	√	√	√	√	—	—	无	
		夹渣	√	√	√	√	√	—	—	无	
	无损检测	射线	√	—	—	—	—	√	—	满足设计 文件要求	检测仪器

注：①射线检测达到现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013 规定的Ⅱ级；

②超声波检测达到现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013 规定的Ⅰ级；

③射线检测达到现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013 规定的Ⅲ级；

④对接单面焊接未焊透系指焊条电弧焊；

⑤ l ——咬边长度。

2 焊接工程的质量验收,检验批与分项工程应由施工单位和监理单位负责,焊接工程类别划分和验收职责分配应符合表 8.6.1-2 的规定:

表 8.6.1-2 焊接工程类别划分和验收职责分配

工程类别		范 围	检验批		分项工程		
			施工	监理	施工	监理	建设
B	1	工作压力为 1.6MPa ~ 4.0MPa 的汽、水、油、气管道	√	√	√	√	√
C	1	工作压力为 0.1MPa ~ 1.6MPa 的汽、水、油、气管道	√		√	√	
	2	DN≤75mm 余热锅炉水压范围外的疏水、放水、排污、取样管道	√		√	√	
E	1	承重钢结构:余热锅炉钢架、厂房屋架、支吊架、起重设备钢结构	√	√	√	√	
	2	烟风管道、回灰管道、溜子及附件	√		√	√	
	3	一般支撑钢结构:楼梯、平台、栏杆、走道、设备支架、非承重钢结构	√		√	√	
	4	密封结构	√		√	√	

3 焊接工程质量验收抽检数量应符合表 8.6.1-3 的规定:

表 8.6.1-3 焊接工程质量验收抽检数量

工程类别	范围	焊接接头类别	质量检查项目及抽查样本数量(%)						
			表面质量 测量检查		检测、试验结果及 记录检查				
			施工 单位 专业 检查	检 验 批 抽 查	无损 检测 报告	热处 理曲 线记录	硬度 报告	光谱 报告	
B	1	工作压力为 1.6MPa~4.0MPa 的汽、水、油、气管道	Ⅱ	10	0~5	10	10	10	10
C	1	工作压力为 0.1MPa~1.6MPa 的汽、水、油、气管道	Ⅲ	10	0~5	5	5	—	5
	2	DN≤75mm 余热锅炉水压范围外的疏水、放水、排污、取样管道	Ⅲ	≥2	0~1	—	—	—	—
E	1	承重钢结构: 余热锅炉钢架、厂房屋架、支吊架、起重设备钢结构	Ⅱ	≥2	0~1	—	—	—	—
	2	烟风管道、回灰管道、溜子及附件	Ⅲ	≥2	0~1	—	—	—	—
	3	一般支撑钢结构: 楼梯、平台、栏杆、走道、设备支架、非承重钢结构	Ⅲ	≥2	0~1	—	—	—	—
	4	密封结构	—	≥2	0~1	—	—	—	—

注:1 抽查样本数量以检验批为准;

2 T 型接头的抽查数量不得少于总样本数量的 50%;

3 焊接热处理曲线及记录的抽查数量应以实际热处理的焊为 11 准。

4 焊接工程质量验收标准应符合表 8.6.1-1 的规定。

8.6.2 焊接工程验收时,应提交下列资料:

- 1 焊接工程一览表;
- 2 受检部件使用的焊接材料质量证件;
- 3 焊工登记表;
- 4 焊接工艺评定项目的目录及应用范围统计表;
- 5 焊接检验记录、焊接热处理报告和焊接热处理过程记录曲

线;

- 6 焊接质量验收表;
- 7 焊接施工方案、重大项目施工技术措施;
- 8 焊接工艺评定报告、焊接作业指导书、焊接工艺卡;
- 9 焊接记录、热处理检验记录、图表、射线检测底片、检验报

告;

- 10 其他所需的文件和记录。

9 热工仪表及自动化控制装置

9.1 一般规定

9.1.1 热工仪表及自动化控制工程的施工应保证测量、控制系统工作安全、可靠、准确、灵敏,布置应整齐美观、维护方便。

9.1.2 热工仪表及自动化控制工程中的焊接工程应符合本规范第8章的有关规定;电缆及电缆桥架安装应符合本规范第10章的有关规定。

9.1.3 热工仪表及自动化控制工程使用的各种标志牌和文字、代号应正确清晰、不易脱落褪色。

9.1.4 热工仪表及自动化控制工程所用管材、阀门、承压部件应在施工前进行检查和清理;取源阀门和压力容器应进行压力试验。

9.1.5 热工仪表及自动化控制设备安装前,应核对设备基础、预留孔和预埋件的尺寸。

9.1.6 热工仪表及自动化控制工程与其他专业交叉施工时,应采取防护和隔离措施。

9.2 取源部件及敏感元件的安装

9.2.1 取源部件的安装开孔、焊接工作,应在设备和管道衬胶、清洗、试验和保温前进行。

9.2.2 取源部件的材质应与主设备或管道的材质相符,并应有质量合格证。

9.2.3 在压力管道上开孔应采用机械加工方式。

9.2.4 安装取源部件时,不应在焊缝及边缘或热应力影响区开孔与焊接。

9.2.5 取源部件的垫片材质应根据介质的种类、压力和温度等参

数选用。

9.2.6 相邻两测点间的距离应大于被测管道外径,且不得小于 200mm。当压力取源部件和测温元件在同一管段邻近安装时,应按介质流向,压力取源部件在前,温度取源部件在后的顺序安装。

9.2.7 取源阀门的型号、规格应符合设计文件的规定;取源阀门宜靠近测点安装,并应便于操作、固定牢固。不得在蒸汽管道的监察段上开孔和安装取源部件。

9.2.8 取源阀门及阀门前的管路应参加主设备的压力试验。

9.2.9 温度取源部件的安装应符合下列规定:

- 1 测温元件不得装在设备和管道的死角处;
- 2 测温元件不得装在剧烈振动及涡流区域;
- 3 取源部件安装在扩大管上时,异径管的安装方式应符合设计文件的规定;

- 4 测温元件的插座及保护套管应在压力试验前安装完毕;

- 5 水平安装的测温元件,当插入深度大于 1m 时,应有防止套管弯曲的保护措施;

- 6 在直径小于 76mm 的管道上安装测温元件,当无小型测温元件时,宜采用装扩大管的方法;在直径小于 76mm 且公称压力不大于 1.6MPa 的管道上安装测温元件时,可在弯头处沿管道中心线迎着介质流向插入;

- 7 双金属温度计应安装在便于监视和不易被机械碰撞的位置;

- 8 测量汽轮机轴瓦温度的备用热电阻,应将引线引至接线盒。

9.2.10 压力取源部件的安装应符合下列规定:

- 1 压力取源部件的安装位置应选择在被测介质流速稳定的部位;

- 2 压力取源部件的端部不应超出设备或管道内壁;

3 当被测介质为温度高于 60℃ 的液体、蒸汽或可凝气体时，现场安装的压力表的取源部件应带有环型或 U 型冷凝弯；

4 在水平管道上安装压力取源部件时，取压点的方位设置应符合下列规定：

1) 测量气体和蒸汽压力时，应安装在管道的上半部，现场条件不允许时，可安装在管道下半部与管道水平中心线成 45° 夹角的范围内；

2) 测量液体压力时，应安装在管道下半部与管道水平中心线成 45° 夹角的范围内。

5 测量带有含尘气体介质的压力时，应采用具有防堵结构的取压装置，取压管的安装方向应符合下列规定：

1) 在垂直的管道上，取压管应倾斜向上安装，与水平线所成夹角应大于 45°；

2) 在水平管道上，取压管应在管道上方，宜与顺流方向成锐角安装。

9.2.11 流量取源部件的安装应符合下列规定：

1 安装前应对节流件的外观及节流孔直径进行检查，并应符合设计文件的规定；

2 流量取源部件的上游应具有大于或等于 14 倍管道内径、下游应具有大于或等于 6 倍管道内径的直管段长度，直管段的范围内不得装设其他取源部件或测温元件；

3 节流件在管道中的安装方向应与介质流向一致；

4 安装在水平管道上的节流装置，取压口的方位设置应符合本规范第 9.2.10 条第 4 款第 2 项的规定。

9.2.12 物位取源部件的安装应符合下列规定：

1 内浮筒液位计和浮球式液位计采用导向管或其他导向装置时，导向管或导向装置应垂直安装，并应保证导向管内液流畅通；

2 单室平衡容器应垂直安装，安装标高应符合设计文件

的规定；

3 双室平衡容器安装前应复核制造尺寸,检查内部管路的严密性,安装时应垂直安装,正、负取压管的间距应符合设计文件规定的测量范围；

4 电接点水位计的测量筒应垂直安装,筒体零水位与被测容器正常的零水位线应处于同一高度。

9.2.13 分析取源部件的安装应符合下列规定：

1 分析取源部件应安装在能反映被测介质成分变化的位置；

2 在水平管段上设置分析取源部件的位置,应符合本规范第9.2.10条第4款第2项的规定。

9.2.14 感应式传感器的安装应符合下列规定：

1 安装电磁感应式传感器时,各部分间隙应符合设备技术文件的规定；

2 电涡流式传感器与被测金属间的安装间隙,应根据设备技术文件提供的参数确定,传感器与前置器连接的电缆型号、长度不得任意改变,高频接头应密封并绝缘悬空；

3 测量绝对振动的传感器安装在轴承座上时应为刚性连接,当发电机、励磁机轴承座要求对地绝缘时,传感器外壳应对地浮空；

4 阀位行程传感器的安装应使电气零位与机械零位一致。

9.2.15 其他附件的安装应符合下列规定：

1 工业电视摄像探头的安装应符合设备技术文件的规定；

2 火灾探测器的安装位置应符合设计文件的规定。

9.3 就地仪表的安装

9.3.1 仪表应安装在光线充足和方便维护的地方,且宜远离热源、振动源、干扰源及腐蚀场所。安装位置应符合仪表测量工艺要求。

9.3.2 仪表应有标志牌,标志牌应标明测量对象、用途和编号。

9.3.3 露天场所安装的仪表应有防雨、防尘、防冻措施。

9.3.4 仪表上接线盒的入口不应朝上。

9.3.5 压力和差压指示仪表及变送器的安装应符合下列规定:

1 压力表刻度盘中心距地面的高度宜为 1.5m,差压计刻度盘中心距地面的高度宜为 1.2m;

2 测量波动剧烈的压力,应在仪表阀门后加装缓冲装置;

3 测量真空的指示仪表或变送器应高于取源部件;

4 变送器宜靠近取源部件;

5 仪表或变送器安装在保温箱内时,导管引入处应密封,箱外应设排污阀。

9.3.6 开关量仪表的安装应符合下列规定;

1 开关量仪表应安装在便于调整和维护、振动小且安全的地方;

2 开关量仪表应安装牢固,触点动作应灵活可靠;

3 轴承润滑油压力开关的标高应与轴承中心标高一致,整定时应包括液柱高度修正值。

9.3.7 分析仪表的安装应符合下列规定:

1 分析仪表的安装应符合设备技术文件的规定;

2 分析仪表的溢水管下应有排水槽和排水管,废液不得随意排放。

9.3.8 执行器的安装应符合下列规定:

1 执行器安装前应进行检查,执行机构应动作灵活、无松动及卡涩现象;

2 调节机构的动作应平稳、灵活、无松动及卡涩现象,并能全关和全开。

9.3.9 阀门电动装置安装应符合下列规定:

1 阀门电动装置安装前应进行检查,电气元件应齐全、完好、

接线正确；

2 行程开关、力矩开关和传动机构动作应灵活、可靠。

9.3.10 气动基地式仪表的安装应符合下列规定：

1 气动基地式仪表应垂直安装，安装位置应便于观察和维修；

2 气动基地式液位仪表安装前应检查浮筒的垂直性，安装时应使浮筒室表面的环型标记与被测介质的测量段的中心处于同一水平。

9.4 控制盘(台、箱、柜)的安装

9.4.1 控制盘的安装应在控制室和电子设备间装饰和空调设备的风道施工完成后进行。

9.4.2 控制盘应安装在操作方便、光线充足、通风良好和不妨碍通行的地方。

9.4.3 控制盘的底座尺寸应与控制盘相符，控制盘底座安装的允许偏差应符合表 9.4.3 的规定。

表 9.4.3 控制盘底座安装的允许偏差(mm)

项 目	每米长度偏差	全长偏差
直线度	<1	<5
水平度	<1	<5
位置误差及平行度		<5

注：环型布置应满足设计文件的要求。

9.4.4 控制盘底座的安装应在地面二次抹面前进行，安装应牢固，底座的上表面应高出地坪，但不宜超过 20mm。

9.4.5 控制盘安装前应进行检查，盘面应平整，面漆应完好；控制盘的外形尺寸、仪表安装孔尺寸、仪表设备应符合设计文件的规定。控制盘安装在震动较大的地方时，应有减震措施。

9.4.6 盘间及盘各构件间应连接紧密、牢固。单独或成列安装时，控制盘安装的允许偏差应符合表 9.4.6 的规定。

表 9.4.6 控制盘安装的允许偏差 (mm)

项 目		允 许 偏 差
垂直度(每米)		<1.5
水平偏差	相邻两盘顶部	<2
	成列盘顶部	<5
盘面偏差	相邻两盘边	<1
	成列盘面	<5
盘间接缝		<2

9.4.7 控制盘内不得进行电焊、气焊工作。

9.4.8 控制盘应做接地保护。

9.4.9 端子箱、接线盒、冷端温度补偿盒的安装应符合下列规定：

1 安装位置应振动小,不应受汽水浸蚀,不得影响通行,应便于接线和维修,周围温度不宜高于 45℃；

2 热电偶的比较端与冷端补偿应处于相同环境温度。

9.4.10 控制室内盘上仪表的安装应在室内装饰工程结束后进行；电子设备室内机柜上模件的安装应采取防静电措施。

9.4.11 仪表安装应牢固。重量较大的仪表应安装托架。仪表安装后,仪表盘上不应进行引起剧烈振动的工作。

9.4.12 盘内电气设备应安装在便于操作、检查和维护的地方,并应排列整齐、固定牢靠。继电器、接触器、开关的触点应动作灵活、接触可靠。

9.4.13 盘内电缆、导线、仪表管应固定牢固、整齐美观。连接导线宜采用单芯单股电线,插件的连接宜采用单芯多股软线连接。

9.4.14 导线、表管与仪表连接时,仪表不得承受外力,并应便于拆装。盘内表管应单独排列,并应与导线保持适当距离。

9.4.15 盘上仪表及设备的标志牌、铭牌端子应完整,并应置于明显位置。

9.4.16 压力盘内安装电气设备时,应有防水措施。

9.4.17 大屏幕显示器的支架安装应符合设备技术文件的规定。

9.5 管路的敷设和连接

- 9.5.1 管子在安装前应清洁、畅通,管端应临时封闭。
- 9.5.2 管路应按现场具体情况合理敷设,避开有碍检修、易受机械损伤、腐蚀和较大振动处。
- 9.5.3 油管路距离热表面保温层不应小于 150mm,不得平行布置在热表面的上部。
- 9.5.4 管路沿水平敷设时应有一定的坡度,差压管路应大于 8%,其他管路应大于 1%;管路倾斜方向应能保证排除气体或凝结液,否则应在管路最高点装设排气阀门或在最低处装设排水阀门。
- 9.5.5 测量气体的导压管应从取压装置处向上引出,向上高度不宜小于 600mm,导压管连接接头的孔径不应小于导压管内径。
- 9.5.6 测量凝汽器真空的管路应坡向凝汽器。
- 9.5.7 管路敷设时应应对主设备和管道的热膨胀采取补偿措施。管路敷设应整齐、美观,并应减少交叉。
- 9.5.8 差压测量的正、负压管路的环境温度应相同,并应与高温热表面隔离。
- 9.5.9 管子与仪表或设备连接时,接头应对准且不得承受外力。管路的排污阀门应装设在便于操作和检修的地方。排污阀门下方应装设排污槽和排水管并引至地沟。
- 9.5.10 中控室和单元控制室内不得引入介质为水、蒸汽或油的导压管。
- 9.5.11 管路敷设完毕后应进行检查,不应出现漏焊、虚焊、堵塞和错接。被测介质为液体或蒸汽的导管、阀门、附件应进行压力试验,压力试验可与主设备同时进行。
- 9.5.12 测量管路的保温施工应符合本规范第 13 章的有关规定。
- 9.5.13 压力测量管路的最大允许长度不应大于 150m,微压、真空测量管路的最大允许长度不应大于 100m,水位、流量测量管路

的最大允许长度不应大于 50m。

9.5.14 金属管子的弯曲半径不应小于管外径的 3 倍,塑料管的弯曲半径不应小于管外径的 4.5 倍。管子弯曲后应无裂缝、凹坑,弯曲断面的圆度不应大于 10%。

9.5.15 导管连接应符合下列规定:

1 导管连接方式应符合设计文件的规定,设计文件无规定时可根据导管材质和被测介质参数选择连接方式;

2 相同直径管子的对口焊接不应有错口现象,不同直径管子的对口焊接,内径之差不宜超过 1mm,否则应使用变径管;

3 卡套式管接头连接装配后,卡套的刃口应全部咬进钢管表层,尾部沿径向收缩,应抱住被连接的管子,不得松脱或径向移动;

4 镀锌钢管的连接,应采用镀锌螺纹管件连接,不得采用焊接方式连接。

9.5.16 导压管应采用可拆卸的卡子固定,成排敷设的导压管之间的间距应均匀。

9.5.17 管路支架的安装应牢固、整齐,并应满足导管坡度的要求。在容器、管道及需要拆卸的设备上安装支架时应采用 U 型螺栓或抱箍固定。

9.5.18 导压管支架的间距应均匀,支架间距应符合下列规定:

1 无缝钢管水平敷设时应为 1.0m~1.5m,垂直敷设时应为 1.5m~2.0m;

2 铜管、塑料管水平敷设时应为 0.5m~0.7m,垂直敷设时应为 0.7m~1.0m。

9.5.19 管路敷设完毕后,在管子两端应悬挂标志牌,标志牌应标明编号、名称及用途。

9.6 防护与接地

9.6.1 在有爆炸和火灾危险的场所内安装的仪表、电气设备和材料,应具有符合现行国家(或行业)防爆质量标准的技术鉴定文件

和防爆产品出厂合格证。安装前应检查规格、型号及外观。

9.6.2 当汇线槽(或电缆沟道)通过不同等级火灾危险场所的分隔间壁时,在分隔间壁处应做防火填充密封。

9.6.3 电缆、电缆构筑物防火分隔设施的施工应符合本规范第10.3.8条的规定。

9.6.4 当管路或仪表设备内的介质在最低环境温度下易冻结或凝固时,管路应有伴热保温措施,仪表设备应安装在保温箱内。

9.6.5 管路伴热应符合下列规定:

- 1 管内介质不得冻结或汽化;
- 2 差压导管的正、负压管受热应一致;
- 3 管路与伴热设施应一起保温,保温施工应符合本规范第13章的有关规定。

9.6.6 电伴热应符合下列规定:

1 电热带的型号应符合设计文件的规定,当设计文件无规定时,电热带所耗功率的发热量,应能补偿热保温体系的全部热损失;

- 2 电热带的使用长度,应符合设备技术文件的规定;
- 3 电热线最高耐热温度应大于冲管时导压管的表面温度;
- 4 电热带敷设前应进行外观和绝缘检查,绝缘电阻值应符合设备技术文件的规定;

- 5 电热线的接入电源应满足工作电源要求;
- 6 电热带应沿导管敷设,并应均匀、牢固;
- 7 伴热温度传感器的安装位置应避免受电热线直接加热。

9.6.7 蒸汽伴热应符合下列规定:

- 1 伴热管的施工应符合设计文件的规定;
- 2 伴热管宜采用焊接连接;
- 3 伴热管路的集水处应加装排水装置;
- 4 伴热管路的进口处应设置截止阀。

9.6.8 碳钢管路、管路支架、电缆架、电缆槽、保护管、固定卡、设

备底座以及需要防腐的结构,当外壁无防腐层时,均应涂防腐漆和面漆。油漆施工应符合本规范第 13 章的有关规定。

9.6.9 水处理车间的仪表管路和电缆不得敷设在地沟内。

9.6.10 仪表盘、接线盒、电线管、电缆架应做接地保护。接地保护应可靠、牢固,不得串连接地。接地电阻值应符合设计文件的规定。

9.6.11 计算机及监控系统的接地方法、连接方式和接地电阻值应符合设计文件的规定。

9.6.12 屏蔽线缆、屏蔽补偿导线的屏蔽层均应接地,并应符合下列规定:

1 全线路屏蔽层应有可靠的电气连续性,当屏蔽电缆经接线盒或中间端子箱分开或合并时,应在箱内将两端的屏蔽层通过端子连接;同一信号回路或同一路屏蔽层应设置 1 个接地点。

2 屏蔽层接地的位置应符合设计文件的规定。

9.6.13 接地传感器及管线不得直接与发电机、励磁机的轴承座接触。

9.7 热工自动化仪表及控制装置调试

9.7.1 热工仪表、自动化控制仪表和控制装置在安装前,应经测量精度检查和性能试验,合格后方可安装。

9.7.2 热工仪表、自动化控制仪表和控制装置在投入运行前,应对系统进行检查和调试,合格后方可进入下一道工序。

9.7.3 施工方的仪表校验室应具备下列条件:

1 仪表校验室应清洁、安静、通风良好、光线充足或有良好的照明,不应有振动和强磁场的干扰;

2 仪表校验室内的温度宜控制在 $15^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间,空气相对湿度不宜大于 85%,应无腐蚀性气体;

3 仪表试验用气源应清洁、干燥、压力稳定。

9.7.4 校验用的标准仪表和仪器应具备有效的鉴定合格证书,外

表封印应完整。基本误差的绝对值不应超过被校仪表基本误差绝对值的 $1/3$ 。

9.7.5 校验用的电源应稳定。220V/50Hz 交流电源和 48V 直流电源的电压波动不应超过额定值的 $\pm 10\%$, 24V 直流电源的电压波动不应超过 $\pm 5\%$ 。

9.7.6 热工自动化仪表和控制装置在调校时应做好记录,修正值应在记录中注明。当控制装置内部电路做过修改后,应在记录中画出修改后的控制原理图和接线方法。

9.7.7 热工自动化仪表和控制装置通电前,应先核查工作电源的电压等级,检查受电部位绝缘是否良好,并应符合下列规定:

1 使用 250V 兆欧表测量电路对外壳、电路对电源端子的绝缘电阻,且绝缘电阻不应小于 $20\text{M}\Omega$;

2 使用 500V 兆欧表测量电源端子对外壳的绝缘电阻,且绝缘电阻不应小于 $20\text{M}\Omega$;

3 使用 500V 兆欧表测量执行单元中可逆电机的绕组对外壳的绝缘电阻,且绝缘电阻不应小于 $20\text{M}\Omega$ 。

9.7.8 热工自动化仪表通电后,应输入模拟信号进行全行程的示值比较,误差应在精度等级范围内。

9.7.9 弹簧管、膜盒式压力(真空)表、电接点压力表显示部分的校验,应符合下列规定:

1 仪表的基本误差不应超过仪表的允许误差;

2 仪表的回程误差不应超过仪表允许误差的绝对值;

3 仪表的轻敲位移不应超过仪表允许误差绝对值的 $1/2$;

4 电接点压力表的接点动作误差应符合设备技术文件的规定,设备技术文件未规定的,接点动作误差不应超过仪表允许误差绝对值的 1.5 倍;

5 应使用 500V 兆欧表测量电接点对外壳的绝缘电阻,且绝缘电阻不应小于 $20\text{M}\Omega$ 。

9.7.10 温度检测系列仪表感温部位不应有扭斜、压扁、磨损和腐

蚀等缺陷。

9.7.11 压力、差压变送器的校准和试验除应按设备技术文件中的技术指标进行检验外,还应根据工程设计使用要求进行零点调整、量程调整和零点迁移量调整。

9.7.12 各种热工参数转换器应进行输入、输出特性试验和校准,准确度应满足产品技术性能要求,输入、输出信号范围和类型应与铭牌标志及设计文件要求一致,并应与显示器配套。

9.7.13 热电偶、热电阻感温元件、流量检测仪表应验证出厂检定合格证和产品的规格及型号。

9.7.14 分析仪表的显示部分应按本规范第 9.7.8 条的要求进行校准,传感器、转换器的性能试验、校准及对试验用品的要求,均应符合设备技术文件和设计文件的规定。

9.7.15 汽轮机转速、位移、振动的监控仪表应进行示值误差校验和传感器的检查,并应用专用检验仪器进行传感器与显示联调。

9.7.16 汽轮机保护控制装置控制点的动作要求,应按保护装置设备技术文件的规定和设计文件要求进行检查、试验、校准和调整,并应进行有关组态模式设置和参数预整定。

9.7.17 控制阀和执行机构的调试应符合下列规定:

- 1 控制阀和执行机构应有产品合格证明和出厂试验报告;
- 2 执行机构的动作输出信号应与调节机构的开度相对应,输出信号应与计算机控制系统相匹配;
- 3 执行机构的开关量接点动作应良好,进入 I/O 接口控制点应是独立的无源触点。

9.7.18 仪表管路敷设完毕后应进行复查,应无漏焊、堵塞和错接现象。

9.7.19 测量与控制回路二次线路安装接线完成后,应检查接线的正确性,接线端子应牢固。应使用 500V 兆欧表测量设备带电部分与金属外壳之间的绝缘电阻,且绝缘电阻不应小于 $1\text{M}\Omega$,在环境相对湿度大于 85% 的地区不应小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

9.7.20 应根据现场情况和回路的复杂程度,按回路位号和信号类型合理安排回路试验。在回路调试时应做好调试记录。

9.7.21 检测回路的试验应符合下列规定:

1 检测系统的试验应在系统发生端输入模拟信号,检验系统的线路或管路的连接质量及仪表的综合误差。盘上仪表或显示屏应能正确显示,系统综合误差应符合下式规定:

$$x \leq \sqrt{y_1^2 + y_2^2 + \cdots + y_n^2} \quad (9.7.21)$$

式中: x ——系统综合误差;

y_n ——单元仪表元件允许基本误差。

2 热电阻、热电偶测温元件可在信号输出端按温度对照表,加入相应的电阻值或 mV 值模拟信号;

3 现场不具备模拟被测变量信号的回路时,应在可模拟输入信号的最前端输入信号进行回路试验。

9.7.22 操作系统的执行单元或装置应进行远方操作试验。

9.7.23 保护报警系统应按设计文件提供的给定值进行参数整定,在系统信号发生端输入模拟条件信号,报警机构的动作值和显示内容应正确,报警的消音、复位和记录功能应正常。

9.8 工 程 验 收

9.8.1 热工仪表及自动化控制仪表工程的质量验收,检验批的主控控制项目范围应包括下列内容:

- 1 取源部件及敏感元件的安装;
- 2 测量装置及现场仪表安装;
- 3 执行单元及阀门安装;
- 4 线缆、管路敷设及接线安装;
- 5 控制盘(台、箱、柜)设备底座及设备安装;
- 6 热控仪表及调节单元单体调校;
- 7 热控检测、保护报警、操作执行回路的调校;
- 8 其他辅助项目的安装。

9.8.2 热工仪表及自动化控制工程验收签证应包括下列内容：

- 1** 热控保护安装签证；
- 2** 接地线安装签证。

9.8.3 热工仪表及自动化控制工程验收时，应提交下列资料：

- 1** 差压式液位测量取源装置安装及调校记录；
- 2** 磁电式转速传感器安装及调校记录；
- 3** 电磁式振动测量装置安装及调校记录；
- 4** 电感式位移测量装置安装及调校记录；
- 5** 行程指示器测量装置安装及调校记录；
- 6** 执行器、执行机构安装及调校记录；
- 7** 控制盘(台、箱、柜)设备安装记录；
- 8** 压力、差压开关安装及调校记录；
- 9** 电动阀门安装及调校记录；
- 10** 温度、压力、差压、流量、液位的测量检查与调校记录；
- 11** 热工仪表及自动化控制设备单体校验、调试记录；
- 12** 分项工程验收记录；
- 13** 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件；
- 14** 本规范第 9.8.2 条规定的签证单；
- 15** 其他所需的文件和记录。

10 电气设备及系统

10.1 一般规定

10.1.1 电气设备安装前,建筑工程除应符合本规范第 3.3.5 条的规定外,还应满足下列要求:

- 1 屋顶、楼板已施工完毕,不应有渗漏现象;
- 2 屋内地面基层施工完毕,配电室的门窗安装完毕,成套开关柜基础槽钢、母线支架、室内接地按设计文件施工完毕,已做好地面面层并应在墙上标出地面标高;
- 3 室内装饰工作应全部结束;
- 4 施工设施及废料杂物已清除干净,应有足够的安装空间;
- 5 施工道路畅通,栏杆、平台及梯子齐全、牢固,沟道盖板已铺好;
- 6 与电气设备安装有关的建筑物、基础、支架的土建工程应验收合格,并已办理交付安装的交接手续。

10.1.2 电气设备受电试运行前应具备下列条件:

- 1 全部装饰工程应结束,施工孔洞、临时通道已修复;
- 2 设备的二次灌浆和抹面已完成;
- 3 构架污垢已消除,地面、墙面应无污染;
- 4 保护性网门、栏杆及梯子应齐全并可靠接地,各通道畅通;
- 5 配电室及控制室通风设备应运行良好,照明及消防装置应完备;
- 6 工程区域内的接地系统应施工完毕,接地电阻值应符合设计文件的规定;
- 7 受电后无法进行的工作应全部完成。

10.1.3 高、低压电器的单体试验,应符合现行国家标准《电气装

置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150 的有关规定。试验记录应完善,试验结果与设备技术文件要求应无差异。

10.2 桥 架 施 工

10.2.1 电缆桥架敷设应符合设计文件的规定,并应避开人孔、设备吊装孔、观察孔、防爆门及易受机械损伤的区域。

10.2.2 电缆桥架的安装应符合设计文件的规定,铝合金梯架在钢制支架、吊架上固定时,应有防电化锈蚀的措施。

10.2.3 金属电缆桥架、支架、吊架及引入、引出的电缆导管应有可靠的接地或接零系统,并应符合下列规定:

1 电缆桥架或支架全长与接地或接零干线的相连接点不应少于 2 处;

2 非镀锌电缆桥架间连板的两端应用多股软铜芯线跨接,铜芯线的截面积不应小于 16mm^2 ;

3 镀锌电缆桥架间连板的两端应各有不少于 2 个带防松垫圈的连接固定螺栓。

10.2.4 电缆桥架的安装应符合下列规定:

1 电缆桥架应横平竖直,排列整齐;

2 电缆桥架应与每个支架、吊架固定,桥架连接板的螺栓应紧固,螺母应位于桥架外侧;

3 直线段钢制电缆桥架长度超过 30m、铝合金或玻璃钢制电缆桥架超过 15m 时,应设有伸缩缝,宜使用伸缩连接板进行连接;

4 电缆桥架跨越建筑物伸缩缝处,应设置伸缩缝或补偿装置;

5 电缆桥架应采用机械切割,切口应打磨光洁。

10.2.5 电缆桥架的转弯半径,不应小于桥架上最大型号电缆的最小允许弯曲半径。电缆最小弯曲半径应符合本规范表 10.3.4-2 的规定。

10.2.6 电缆桥架敷设在易燃易爆的油、气和热力管道下方时,电缆桥架与管道的最小净距应符合表 10.2.6 的规定。

表 10.2.6 电缆桥架与管道的最小净距(m)

管道类别		平行净距	交叉净距
一般工艺管道		0.4	0.3
易燃易爆的油、气管道		0.5	0.5
热力管道	有保温层	0.5	0.3
	无保温层	1.0	0.5

10.2.7 电缆桥架的连接、变宽、变高、转弯时应分别使用配套的附件。

10.3 电 缆 敷 设

10.3.1 电缆敷设前应进行检查,并符合下列规定:

- 1 电缆型号、规格、绝缘材料、长度应满足设计文件的要求;
- 2 设备技术文件、材质合格证及附件应齐全;
- 3 电缆的封头端应严密,发现异常后应进行受潮判断。

10.3.2 电缆管的制作与敷设应符合下列规定:

1 电缆管不应有孔洞、裂纹,内壁应光滑无毛刺,金属电缆管不应有弯扁、锈蚀现象;

2 金属电缆管两头的管口应做成喇叭口并磨光,当采用普通钢管时,应在管子外涂刷防锈漆,长度超过 6m 或带弯的电缆管应穿上钢丝作为引线;

3 电缆管的内径与穿入电缆外径之比不应小于 1.5,直角弯不应超过 2 个;

4 明敷电缆管应符合下列规定:

- 1) 电缆管装设应牢固,不宜直接焊在支架上,各固定点的间距应按设计文件要求设置,设计文件无规定时,固定点的间距宜为 2.5m~3m;

2) 电缆管在人行道下面直埋敷设时, 埋设深度不应小于 0.5m;

3) 非金属类电缆管敷设应采用预制支架固定, 支架间距不宜超过 2m, 当直线长度超过 30m 时, 宜加装伸缩节。

5 电缆管的连接应符合下列规定:

1) 金属电缆管不应将管口直接对焊, 宜采用大一级套管焊接, 管口应对准套管的中心, 焊接密封应良好, 套管的长度不应小于电缆管外径的 2.2 倍;

2) 当采用金属软管或合金接头作保护管的续管时, 续管的两端应固定牢固并密封;

3) 硬塑料电缆管在套接或插接时, 插入深度应为管子内径的 1 倍~1.8 倍, 并应用胶合剂粘牢密封, 套接的两端均应密封。

6 利用钢制电缆管作接地线时, 应在敷设电缆前完成焊接;

7 引至设备的电缆管宜使用软管连接, 不得妨碍设备拆装和进出, 管口应光洁、排列整齐。

10.3.3 电缆支架的安装应符合下列规定:

1 电缆支架层间最小垂直净距应符合设计文件的规定, 当设计文件无规定时, 可按表 10.3.3-1 的规定执行;

表 10.3.3-1 电缆支架层间最小垂直净距 (mm)

电缆类型和敷设特征		支(吊)架	桥架
控制电缆明敷		120	200
电力电缆明敷	6kV~10kV 交联聚乙烯绝缘	200~250	300
	6kV~10kV 非交联聚乙烯绝缘	150~200	250

2 电缆支架安装应牢固、横平竖直;

3 电缆支架最上层至沟顶、楼板,最下层至沟底、地面的距离应符合设计文件的规定,当设计文件无规定时,应符合表 10.3.3-2 的规定;

表 10.3.3-2 电缆支架最上层至沟顶、楼板,最下层至沟底、地面的距离(mm)

敷设方式	电缆隧道及夹层	电缆沟	吊架	桥架
最上层至沟顶、楼板	300~350	150~200	150~200	350~450
最下层至沟底、地面	100~150	50~100	—	100~150

- 4 电缆支架应涂刷防锈漆;
- 5 金属电缆支架应与接地干线连接;
- 6 金属支架、吊架应接地。

10.3.4 电缆敷设应符合下列规定:

- 1 电缆敷设前应进行检查,并符合下列规定:

- 1) 电缆桥架、支架、吊架应齐全,中间验收应合格,并符合设计文件的规定;
- 2) 电缆沟、电缆通道应畅通,排水良好,金属部分应做防锈处理,照明、通风应符合设计文件的规定;
- 3) 电缆敷设前应按实际路径计算好每根电缆长度,合理安排每盘电缆,减少接头,电缆中间接头应避免敷设在交叉路口、狭窄通道、建筑门口、管线交叉处;
- 4) 电缆敷设在桥架及电缆夹层支架上时,应按电力电缆电压等级及控制电缆、通信电缆、光纤等分类排序进行。

2 电缆敷设应排列整齐,不得交叉,敷设完毕后应及时装设标志牌;

3 敷设并联负荷的电力电缆时,电缆长度、型号、规格应相同;

4 电缆各支持点间的距离应符合设计文件的规定,当设计文件无规定时,应符合表 10.3.4-1 的规定;

表 10.3.4-1 电缆各支持点间的距离(mm)

电 缆 种 类		敷 设 方 式	
		水平	垂直
电力电缆	全塑型	400	1000
	除全塑型外 10kV 及以下 中、低压电缆	800	1500
控制电缆(包括光纤及双胶线电缆)		800	1000

5 电缆最小弯曲半径应符合表 10.3.4-2 的规定；

表 10.3.4-2 电缆最小弯曲半径

电 缆 型 式		多 芯	单 芯
控制电缆	非铠装型、屏蔽型软电缆	6D	—
	铠装型、铜屏蔽型	—	
	其他	—	
塑料绝缘 电 缆	无铠装	15D	20D
	有铠装	—	15D
电力电缆	橡皮绝缘铅包、钢铠护套	10D	
	橡皮绝缘裸铅包护套	—	
	橡皮绝缘钢铠护套	20D	
	聚氯乙烯绝缘电力电缆	10D	
	交联聚氯乙烯绝缘电力电缆	15D	

注：表中 D 为电缆外径。

6 电缆敷设最低温度应符合表 10.3.4-3 的规定；

表 10.3.4-3 电缆敷设最低温度(℃)

电缆类型	电缆结构	最低温度
油浸纸绝缘电力电缆	充油电缆	-10
	其他油纸电缆	0
橡皮绝缘电力电缆	橡皮或聚氯乙烯护套	-15
	铅护套钢带铠装	-7

续表 10.3.4-3

电缆类型	电缆结构	最低温度
塑料绝缘电力电缆	---	0
控制电缆	耐寒护套	-20
	橡皮绝缘聚氯乙烯护套	-15
	聚氯乙烯绝缘及护套	-10

7 电缆标志牌的装设应符合下列规定：

- 1) 主厂房及变电站内应在电缆终端头及中间接头处装设标志牌；
- 2) 电缆管两端、电缆桥架出入端、人孔及竖井处应装设标志牌；
- 3) 电缆沟道内转弯处、桥架转弯处、电缆分支处、直线段每隔 80m~100m 处应装设标志牌；
- 4) 标志牌应标明电缆的型号、规格、编号及起止地点，并联合使用的电缆应标明顺序号，标志牌应字迹清晰、不脱色；
- 5) 标志牌规格宜统一，应能防锈蚀，装设应牢固。

8 电缆的固定应符合下列规定：

- 1) 垂直敷设或超过 45° 倾斜敷设的电缆应在每个支架上加以固定，桥架上敷设的电缆，固定间距应小于 600mm；
- 2) 水平敷设的电缆，每隔 8m~10m 及在电缆两端、转弯、接头两端处应加以固定。

9 电缆与电缆沟、隧道、竖井、建筑物、盘柜的出入口处应做阻燃密封，阻燃密封的施工应符合本规范第 10.3.8 条的有关规定；

10 电缆管口应密封。

10.3.5 电缆管内电缆敷设应符合下列规定：

1 下列部位的电缆管应加装有机机械强度的保护管或保护罩：

- 1) 进入厂房、坑道、穿过楼板及墙壁处；

2)有载重设备通过电缆管上面及电缆管有可能受到机械损伤的地方；

3)引至设备、墙外或屋内行人易接近处，距地面高度 2m 以下的地段。

2 电缆在穿管时不应损伤电缆护层；

3 单芯交流电力电缆不应单根穿入钢制电缆管内。

10.3.6 电缆桥架、电缆沟道的电缆敷设应符合下列规定：

1 高、低压电力电缆，强电、弱电控制电缆应按顺序分层敷设，宜按自上而下的顺序敷设；

2 明敷在配电室、控制室及电缆沟、道、竖井的电缆铠装应做防锈处理；

3 电缆敷设完毕后，应及时清除杂物，盖好盖板并将盖板缝密封。

10.3.7 电缆终端头与中间接头的制作、安装应符合下列规定：

1 电缆终端头与中间接头的制作应符合下列规定：

1)电缆终端头与中间接头的制作，应按电压、规格的制作工艺规程操作；

2)在室外制作电缆终端头与中间接头时，空气相对湿度宜为 70%以下，应防止灰尘、杂物落入绝缘层内；

3)所使用附件及绝缘材料应有产品合格证；

4)电缆终端头接地线应采用多股软铜丝绞线或镀锡的铜编织带线与电缆屏蔽层、铅包外表面锡焊连接，电缆终端头接地线最小截面积应符合表 10.3.7 的规定。

表 10.3.7 电缆终端头接地线最小截面积(mm²)

电 缆 截 面	接地线截面
≤16	与电缆芯线截面相同
>16 且 <120	25
≥120	50

2 电缆终端头与中间接头的安装应符合下列规定：

- 1) 电缆终端头与中直接头应采用护套保护;
- 2) 电缆的终端头与中直接头从剥切电缆开始应连续操作直至制作完成;
- 3) 电缆终端头处的金属护层应有接地,塑料电缆的铜屏蔽层和钢铠应使用锡焊接地线,有铅包的电缆,锡焊时应先清除表面氧化物,且锡焊时间不宜过长;
- 4) 有零序电流互感器的电缆终端头,当电缆穿过互感器时,金属护层和接地线应对地绝缘;接地点在互感器下面时,接地线应直接接地;接地点在互感器上面时,接地线应穿回互感器接地。接地线接触应牢固。

10.3.8 电缆防火阻燃设施的施工应符合下列规定:

- 1 在汽轮机下面及附近的电力电缆、控制电缆线路,应采取防火阻燃措施;
- 2 防火阻燃材料应有出厂质检报告和产品合格证;
- 3 电缆沟、道、桥架中应分段用软质耐火材料设置防火墙;电缆穿过竖井、楼板和进入盘、柜的洞孔处应用防火材料封堵;
- 4 当电缆孔洞较大时,应加耐火衬板后再进行封堵,封堵时应符合下列规定:
 - 1) 有机堵料不应有漏光、龟裂、硬化现象;
 - 2) 无机堵料不应有粉化、开裂等缺陷;
 - 3) 电缆在孔洞两端应涂刷防火涂料或缠绕防火包带。
- 5 防火涂料应沿电缆长度方向均匀涂刷,涂刷厚度、次数、间隔时间应按防火涂料的使用技术要求进行;
- 6 防火包的堆砌应密实牢固、外观整齐。

10.4 成套高压开关柜

10.4.1 成套高压开关柜的安装应符合本规范第 9.4 节的有关规定。

10.4.2 成套高压开关柜的接地母线,应有不少于 2 个与接地网干线连接的连接点,各开关柜间的接地母线应有可靠连接。

10.4.3 成套高压开关柜中置手车单元的调整应符合下列规定：

1 中置手车单元的推拉应轻便灵活；

2 中置手车单元推入工作位置后，动触头与静触头的中心线应一致，触头间的接触应紧密，动触头顶部与静触头底部的间隙应符合设备技术文件的规定；

3 成套高压开关柜的母线连接螺栓应紧固。

10.4.4 电压互感器柜内元件应符合设计文件的规定，避雷器不应直接连接在互感器接线上，隔离开关应操作灵活可靠、接触面良好。

10.4.5 安装的母线相序及相色标志应正确。

10.5 成套低压开关柜

10.5.1 成套低压开关柜的安装应符合本规范第 9.4 节的有关规定。

10.5.2 成套低压开关柜的接地应符合本规范第 10.4.2 条的规定。

10.5.3 成套低压开关柜安装后应进行下列检查及调整：

1 各抽屉单元的推拉应轻便灵活；

2 抽屉单元的机械联锁和电气联锁动作应正确可靠；

3 带有空气断路器的抽屉、动触头与静触头的中心线应一致，接触应紧密。

10.5.4 开关柜之间母线的连接螺栓应紧固，裸露导体相间及对地距离应大于 20mm。

10.5.5 各抽屉引出线接线端子与电缆芯线的接触应紧固，排列应整齐，电缆的标识牌应清晰、明确、不脱色。

10.5.6 安装的母线相色应正确。

10.5.7 成套低压开关柜安装完毕后，受电前具备的条件应符合本规范第 10.1.2 条的规定。

10.6 发 电 机

10.6.1 发电机定子及转子的安装除应符合本规范第 6.3 节的有关规定外,还应符合下列规定:

1 施工人员进入定子膛内时应保持洁净,不得遗留工具及物件,不得碰伤铁芯和绕组表面;

2 穿入转子前,应分别对定子、转子的绝缘进行检查,转子应完成膛外的交流阻抗和功率损耗试验。

10.6.2 发电机出线的安装应符合下列规定:

1 出线母线的金属构件除锈后,应涂刷防锈漆;

2 母线各支架应固定,安装绝缘子底座、套管的法兰、保护网、罩等金属构件时应接地,接地使用的扁钢截面积和安装要求应符合设计文件的规定;

3 发电机引出线的接触面应光洁、无油垢,镀银层应无锉磨痕迹;

4 发电机出线母线各连接面应平整清洁、连接紧固;

5 对有横差保护的引出母线之间应加绝缘层隔离,固定螺栓上应加绝缘套管,上下两层母线不得有相碰、导通现象。

10.6.3 无刷励磁系统、旋转二极管与转子绕组的连接应正确,接触应良好,并应符合设备技术文件的规定。

10.6.4 发电机电刷与集电环的安装与调整应符合下列规定:

1 集电环表面应打磨光滑,无损伤、无锈蚀、无油垢;

2 电刷架应固定牢固,绝缘套管及绝缘垫圈应无损伤,绝缘电阻值应符合产品规定,刷握与集电环表面间隙应按设备技术文件要求调整,当设备技术文件无要求时,应按 2mm~4mm 调整;

3 电刷在刷握内应能自由移动,电刷的铜丝编织带应连接良好,不得与弹簧片或转动部分相碰;

4 电刷在集电环上的接触面不应小于单个电刷截面的 75%,电刷弧度研磨好后应将周围碳粉吹扫干净;

5 电刷宜相互错开排列,并应覆盖整个集电环表面,且每个电刷上的弹簧压力应调整均匀;

6 保护装置所需的接地电刷,应接触良好。

10.6.5 发电机组底座的接地应良好,与接地网干线连接的接地点不应少于 2 个。

10.7 变 压 器

10.7.1 变压器装卸、就位时,应使用专用吊具。

10.7.2 变压器的就位应符合下列规定:

1 油浸式变压器的就位应符合下列规定:

1) 装有气体继电器的变压器,应使变压器顶盖沿气体继电器气流方向有 1%~1.5% 的升高坡度;

2) 变压器就位时,变压器出线中心线应与封闭母线中心线一致。

2 干式变压器的就位应符合下列规定:

1) 带防护外壳的变压器,应先将干式变压器安装就位在基础槽钢之上,找平固定后,再将外壳安放固定;

2) 调整变压器低压侧引出母线与进线柜引入母线时,相序应保持一致。

10.7.3 干式变压器的安装应符合下列规定:

1 变压器铁芯螺栓应牢固,铁芯应有 1 点接地,用 500V 兆欧表测量铁芯对地绝缘电阻,绝缘电阻值应大于 0.5MΩ 或符合设备技术文件的规定;

2 绕组表面应光滑,无划伤、碰伤、裂纹及爬弧放电痕迹,三相绕组中心距离应相等,无位移现象;

3 电压档位调整连接板位置应正确,螺栓应紧固;

4 变压器高压侧出线绝缘子的外观应光滑、无裂纹,接入电缆芯线的相序应正确并应无交叉拧弯,接线鼻子的接触应紧密,相间及对地距离应大于 125mm;

5 变压器低压侧出线连接应紧密,裸母线的相间及对地距离应大于 20mm;

6 变压器应有 2 个接地点,防护外壳应接地,温控器、风机及开启门应使用不小于 16mm²的软铜导线接地;

7 各附件应安装正确、齐全,风机、温控器装置应通电检查,运行应良好,相色标志应正确。

10.7.4 油浸式变压器的安装应符合下列规定:

1 变压器的基础应符合设计文件的规定;

2 变压器油枕的油位应在运行规定的油位上;

3 气体继电器应校验合格,应按标志方向水平安装,并无渗油现象;

4 吸湿器安装应牢固、密封,吸湿剂颜色应符合干燥要求,油封油位应在密封线上;

5 安全气道应畅通,法兰应无渗油现象,防爆膜片应完好;

6 电压档位切换装置应密封良好、无渗油现象,转动时应无卡涩,位置指示应正确;

7 电接点温度计安装前应进行校验,各接点动作应正确,导通应良好,安装时毛细管弯曲半径应大于 50mm,不得有压扁或急剧扭曲现象,测温包插孔介质绝缘油应密封良好;

8 变压器高、低压侧引出套管瓷瓶应清洁、无裂纹、无破损釉面、无渗油现象,高、低压侧与母线的连接应紧固,不应使套管瓷瓶承受母线外应力;

9 散热片应无变形、无渗油现象,放油阀门应无渗油现象;

10 变压器应有 2 个接地点,并应与接地网连接,中性点连接应符合设计文件要求,基础型钢应接地。

10.8 电 机

10.8.1 电机的检查及安装应符合下列规定:

1 电机应按下列规定进行检查:

- 1) 电机铭牌参数应符合设计文件的规定;
- 2) 电机的电缆管位置、接地线应符合设计文件的规定;
- 3) 电机的技术文件及高压电机出厂试验报告应齐全;
- 4) 电机线圈的绝缘应良好, 高压电机应使用 2500V 以上的兆欧表检查绝缘电阻及吸收比, 绝缘电阻及吸收比应与设备技术文件一致。

2 电机安装及接线应符合下列规定:

- 1) 电机接线电缆管应接地;
- 2) 电机外壳及底座接地、电缆屏蔽接地应牢固, 接地线截面积应符合设计文件的规定;
- 3) 电机接线鼻子焊接(或压接)应良好, 编号应清晰、正确, 螺栓应紧固;
- 4) 直流电机励磁绕组接线应牢固, 回路应无开路;
- 5) 直流电机电刷架及刷握应紧固, 电刷与换向器的接触应良好, 弧度应吻合, 电刷在刷握内的移动应无卡阻;
- 6) 直流电机启动切换电阻导通应良好。

10.8.2 电机试运行前应满足下列要求:

- 1 电机安装及接线检查应完毕, 软启动装置、变频调速装置的接线及调试应已完成;
- 2 电机的控制、保护、信号、测量的调试检查应全部结束。

10.8.3 电机试运行应符合下列规定:

- 1 电机空载启动后的转向应正确, 若无异常应连续运转 2h, 应测量并记录三相启动电流及空载运行电流, 三相电流应平衡;
- 2 电机轴承、轴瓦、转子等转动部位应无异常声音, 转速应符合铭牌规定;
- 3 电机各部位温度应符合设备技术文件的规定;
- 4 变频调速电机应调整不同频率, 观察电机运转情况;
- 5 软启动装置的启动电流值应满足电机降压启动的要求;
- 6 直流油泵电机的电刷应无明显火花, 带满负荷时的电流不

应超过铭牌额定电流。

10.9 母线装置

10.9.1 母线金属构件制作及安装应符合下列规定：

- 1 金属构件应除锈、涂刷防锈漆，漆面不得有起层、皱皮现象；
- 2 金属支架、托架上的螺孔应采用机械钻孔；
- 3 金属支架、吊架应牢固；
- 4 金属保护网栏应满足设计文件的要求，无凹凸；框架的焊接应牢固，除锈应干净，防锈漆应涂刷均匀；
- 5 金属构件的接地应紧固并应与接地网系统连接，导通应良好。

10.9.2 母线支柱绝缘子的安装应符合下列规定：

- 1 瓷件外观表面应光洁、完整，无破损、无裂纹，瓷铁胶合处应粘合牢固、无缝隙；
- 2 母线直线段内各支柱绝缘子的中心线应一致，误差不应大于 2mm；
- 3 绝缘子底座应保持水平，水平误差不应大于 5mm；
- 4 无底座和顶帽的支柱绝缘子应垫厚度不小于 1.5mm 的橡胶垫圈或石棉垫圈。

10.9.3 穿墙套管的安装应符合下列规定：

- 1 套管垂直安装时法兰应在上方，水平安装时法兰应在外侧；
- 2 套管固定在钢板上时，两套管之间应割开、留出不小于 30mm 缝隙，钢板应与接地干线连接；
- 3 接地端子应使用截面积不小于 16mm^2 的软铜线接地。

10.9.4 发电机母线安装应符合下列规定：

- 1 母线外观应平直，无变形扭曲，表面应光洁无褶皱；
- 2 母线搭接面上的钻孔应保持中心一致，螺孔中心距离的允

许误差应在 $\pm 1\text{mm}$ 以内,端面应平直、光洁、无毛刺,接触面应平整;

3 三相母线同一断面弯曲弧度应一致,同相多片母线弯曲弧度应一致,弯曲应圆滑,弯曲两端面应无裂纹;

4 母线平置时与支持器上部夹板的间隙应小于或等于 1.5mm ,母线立置时上部夹板与母线的距离应小于或等于 2mm ;

5 母线在绝缘子上应设置固定点,固定点位置应设在母线全长的 $1/2$ 处;

6 母线搭接面应无氧化现象,镀银层不得锉磨,铜质母线应搪锡,并应涂有电力复合脂或中性凡士林油;

7 平置母线的螺栓应自下向上穿入,其余螺母均在维护侧,螺栓应垫有弹簧垫,紧固后的螺栓应露出螺母 2 个 ~ 3 个螺距;母线连接应无外应力;

8 母线伸缩节应无裂纹、断股和扭曲现象,连接螺母应紧固;

9 相序及相色应符合母线相序排列及标识颜色规定,相色油漆应均匀、颜色应正确。

10.10 电气二次回路接线

10.10.1 屏内外部电缆的引接应符合下列规定:

1 带钢铠装电缆在割断处应用裸铜线将钢铠扎紧并搪锡,应使用多股软铜线锡焊牢固,并接地;

2 电缆芯线绑扎应松紧适当,应按端子排接线位置理顺,排列应整齐,形式应一致;备用芯线预留长度应为最远接线端子处。

10.10.2 二次回路的接线应符合下列规定:

1 应按设计文件接线;

2 屏内、柜内的导线不应有接头,导线与电气元件间应采用螺栓、锡焊、插接、压接方式连接,连接应牢固;

3 接线端子每侧所接导线宜为 1 根,不得超过 2 根;当接 2 根导线时,导线直径应一致;

4 电缆芯线及所配导线端部均应套上端子套管,套管的编号应正确,字迹应清晰、不脱色;

5 二次回路接地应设专用螺栓,并应与接地网干线连接。

10.10.3 电流、电压回路导线应采用 500V 以上电压等级的铜芯绝缘导线,电流回路导线的截面积不应小于 2.5mm^2 ,电压、控制、信号回路导线的截面积不应小于 1.5mm^2 。

10.10.4 可动部位连接线应符合下列规定:

- 1 应采用多股软铜导线,敷设长度应有适当裕量;
- 2 电器连接端部应绞紧,应加附件或搪锡,不得有断股、松乱;
- 3 应采用绝缘塑料软管外套加强线束绝缘层;
- 4 可动部位的两端应用专用卡具固定;
- 5 二次回路导线的裸露部分对地距离不应小于 12mm,爬电距离不应小于 20mm。

10.11 直流系统装置

10.11.1 直流系统装置安装前的检查应符合下列规定:

- 1 直流充电屏型号、规格应满足设计文件的要求,柜内各单元应齐全无损坏,附件及备件应齐全,外观检查应良好;
- 2 设备技术文件及试验报告、产品合格证书应齐全;
- 3 蓄电池柜外观应清洁、完好,各蓄电池应无破损,型号、数量应符合设计文件的规定。

10.11.2 直流充电屏、蓄电池柜的安装应符合下列规定:

- 1 直流充电屏、蓄电池柜安装应符合本规范第 9.4 节的有关规定;
- 2 蓄电池应按设计文件要求进行安放及连接,蓄电池应清洁、无变形、无破损,连接片及接线应牢固、正确,熔断器规格及直流母线的截面积应符合设计文件的规定。

10.11.3 直流系统装置检查及投入运行应符合下列规定:

- 1 直流充电屏设备检查应符合下列规定：
 - 1) 交流电源双回路自投系统应完整, 应有互换双套整流充电装置;
 - 2) 绝缘监测装置、调压装置应正确;
 - 3) 电流、电压测量表的测量范围应满足测量要求;
 - 4) 后台机的直流监控系统应完好;
 - 5) 各直流馈线回路系统应符合设计文件的规定, 并应有备用回路;
 - 6) 直流充电屏内二次回路接线应符合本规范第 10.10.2 条的规定。
- 2 直流充电屏及蓄电池投入运行检查应符合下列规定：
 - 1) 主回路及二次回路绝缘电阻值应使用 500V 兆欧表测量, 电阻值应大于 $1\text{M}\Omega$;
 - 2) 直流整流充电装置手动、自动切换应可靠;
 - 3) 蓄电池组应能正常充电, 恒电流限压充电、恒电压充电、浮充电均应满足设备技术文件的要求;
 - 4) 保护装置应满足设计文件的要求;
 - 5) 绝缘监测装置应分别模拟正、负极接地, 报警应正确;
 - 6) 蓄电池应做放电试验, 电池容量应满足设计文件的要求。

10.12 继电保护、电气测量和自动装置

10.12.1 发电机保护屏、电能表屏、综合测控屏、同期屏、励磁调节屏的安装除应符合本规范第 9.4 节的有关规定外, 还应符合下列规定:

- 1 外部引接电缆及二次回路接线应符合本规范第 10.10 节的有关规定;
- 2 型号、规格及屏内元件均应符合设计文件及设备技术文件规定;
- 3 屏面标签牌应正确、齐全, 字迹应清晰、不脱色;

- 4 发电机保护屏主保护及后备保护装置应完好；
- 5 励磁调节屏应配有 A、B 两套控制器；
- 6 自动准同期装置及手动同期装置应完好。

10.12.2 发电机保护屏、电能表屏、综合测控屏、同期屏、励磁调节屏投入运行前应按下列规定进行检查：

- 1 一、二次交流及直流回路，对地绝缘电阻值应使用 500V 兆欧表测量，测量值应大于 $10\text{M}\Omega$ ；
- 2 发电机保护定值应按定值通知单整定完毕，保护系统控制回路传动试验应符合设计文件的规定；
- 3 永磁机、旋转二极管、励磁变压器、主励磁机等配套设备的交接试验已完成；
- 4 励磁调节屏 A、B 两套控制器调试应完成，励磁系统控制回路传动试验应符合设计文件的规定；
- 5 自动准同期装置的调试应完成，手动同期系统用的同期表、同期检查继电器、频率表、电压表应已检定合格；
- 6 同期系统传动试验应完成，自动准同期装置应能在允许并网角度内，完成并网合闸；
- 7 电能表屏测量回路应完好，综合测控屏各测控回路传动试验应正确。

10.13 接地网系统

10.13.1 接地网系统装置制作及敷设应符合下列规定：

- 1 接地网系统装置应按设计文件要求进行制作及敷设；
- 2 接地体顶面埋设深度不应小于 0.6m ，角钢、钢管、铜棒等接地体应垂直配置；
- 3 垂直及水平接地体的间距应符合设计文件的规定，当设计文件无规定时，垂直接地体间距不宜小于长度的 2 倍，水平接地体间距不宜小于 5m ；
- 4 不得在同一根接地线中串接多个电气装置。

10.13.2 室外接地装置的制作、安装应符合下列规定：

- 1** 接地体的材料及规格应符合设计文件的规定；
- 2** 垂直及水平接地体的间距应符合本规范第 10.13.1 条第 3 款的规定；
- 3** 接地体通过主厂房、变配电室的墙壁及楼板时，应装设保护套管；
- 4** 水平接地体的外缘闭合应采用圆弧形弯曲；
- 5** 接地体的引出线除锈后应涂刷防锈漆，引向建筑物的入口处应刷白色底漆并标以黑色接地符号；
- 6** 接地装置的连接应符合下列规定：
 - 1)**扁钢与扁钢搭接的长度不应少于扁钢宽度的 2 倍，搭接焊缝不应少于 3 条且应满焊；
 - 2)**扁钢与圆钢之间的搭接长度不应小于圆钢直径的 6 倍；
 - 3)**扁钢与角钢(或扁钢与钢管)之间应在接触部两侧搭接满焊；焊接部位应焊接牢固，表面应清理干净。
- 7** 接地体使用铜与铜(或铜与钢)的连接时应采用热剂焊，焊接接头应符合下列规定：
 - 1)**被连接的各导体应完全包在接头里；
 - 2)**连接部位的金属应完全溶化，热剂焊接头的表面应平滑，连接应牢固，无贯穿性气孔。
- 8** 采用铜线、钢绞线作接地引下线时，宜采用压接端子与接地体连接；
- 9** 当余热电站接地网系统与水泥生产线接地网系统连接时，应采用多点连接；
- 10** 接地体土沟用的回填土内不应有石块和建筑杂物，不得使用腐蚀性回填土，回填土应分层夯实，并宜有 200mm~300mm 厚度的防沉层，在电阻率较高的土质及石质地段，应在土沟中至少先回填 100mm 厚的净土垫层后再敷设接地体；
- 11** 接地电阻的阻值应符合设计文件的规定，当达不到接地

电阻值规定要求时,应增加接地体的数量。

10.13.3 室内接地装置的安装应符合下列规定:

1 接地装置的安装应符合下列规定:

- 1)明敷接地线的安装应横平竖直,位置应合理;
- 2)支持件之间的距离,水平直线部分应为 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$,垂直部分应为 $1.5\text{m}\sim 2\text{m}$,转弯部位应为 $0.3\text{m}\sim 0.5\text{m}$;
- 3)支持件应固定;
- 4)接地线应与墙壁或建筑物的走向一致,不得有弯曲与不平的现象,接地线与墙壁的间距应为 $10\text{mm}\sim 15\text{mm}$,接地线应安装在地面以上 $250\text{mm}\sim 300\text{mm}$ 处;
- 5)穿过墙壁、楼板处应加装保护套管;
- 6)明敷的接地线在全长度或区间段,应涂刷 $15\text{mm}\sim 100\text{mm}$ 宽度相等的黄、绿色相间的条纹标识,中性线应涂刷淡蓝色标识;
- 7)引向建筑物入口处和检修专供临时接地点处的接地线,均应涂刷白色底漆黑色接地符号。

2 接地装置的连接应符合本规范第 10.13.2 条第 6 款的规定。

10.13.4 避雷针、避雷带、避雷网的接地应符合下列规定:

1 避雷针引下线的安装应符合下列规定:

- 1)引下线使用的材料、规格应符合设计文件的规定;
- 2)引下线与避雷带、避雷网、避雷针之间的连接应采用焊接或热剂焊;
- 3)引下线距墙壁的距离应为 $10\text{mm}\sim 15\text{mm}$,引下线应固定,装置的防锈层应完好;
- 4)采用多根引下线时,应在距地面以上 $1.5\text{m}\sim 1.8\text{m}$ 处设断接卡,断接卡应有保护措施。

2 独立避雷针、避雷线及接地装置与道路或建筑物出入口的距离应大于 3m ,与接地网的距离不应小于 3m ;

- 3 避雷线档内不应有接头；
 - 4 建筑物顶部金属物应与防雷金属带及避雷针牢固连接成一个整体；
 - 5 避雷针、避雷带、避雷网及接地装置应自下而上施工，应先将接地体装置安装连接好后，再安装引下线，最后装避雷针；
 - 6 接地电阻值应符合设计文件的规定。
- 10.13.5 余热锅炉接地干线可与水泥生产线窑头、窑尾接地干线连接。

10.14 工 程 验 收

10.14.1 电气安装工程的质量验收，检验批的主控控制项目范围应包括下列内容：

- 1 电气设备规格型号、数量、位置；
- 2 电力变压器及附件安装；
- 3 成套高、低压开关柜、屏、盘柜的安装；
- 4 母线及支柱绝缘子、穿墙套管安装；
- 5 桥架、支架、吊架及电缆的安装；
- 6 发电机、电动机及附件的安装；
- 7 直流系统的安装；
- 8 接地及防雷装置的安装；
- 9 二次回路的安装。

10.14.2 电气安装工程验收签证应包括下列内容：

- 1 电力变压器整体检查及带电试运行签证；
- 2 成套高、低压开关柜整体检查及带电试运行签证；
- 3 发电机系统检查及试运行签证；
- 4 室外接地隐蔽前及避雷针接地引下线检查签证；
- 5 倒送电签证；
- 6 直流系统、继电保护及自动装置检查及通电签证；
- 7 电气系统定值保护签证。

10.14.3 电气安装工程验收时,应提交下列资料:

- 1 电动机系统检查及试运行记录;**
- 2 高、低压配电装置母线检查记录;**
- 3 电缆中间接头位置检查记录;**
- 4 照明回路通电检查记录;**
- 5 电气设备单体调试记录和报告;**
- 6 电气设备通电及试运行记录;**
- 7 分项工程验收记录;**
- 8 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件;**
- 9 本规范第 10.14.2 条规定的签证单;**
- 10 其他所需的文件和记录。**

11 水 处 理

11.1 一 般 规 定

11.1.1 设备及材料的验收与保管除应符合本规范第 3.2.5 条规定外,还应符合下列规定:

1 防腐设备进场验收,应进行防腐层的外观检查和漏电试验检验;

2 水处理及化学清洗使用的专用材料及药剂,应符合设计文件的规定,并应经抽样质量检验合格后分类存放、妥善保管。

11.1.2 水处理设备进行调整试运行前,土建施工应完毕、验收合格,并应满足下列要求:

1 水处理系统的钢筋混凝土水箱、水池及沟道应按设计文件的规定进行验收;

2 有防腐蚀要求的建筑物、构筑物应按建筑防腐工程的规定进行验收;

3 钢筋混凝土容器应做满水试验。内部做防腐的钢筋混凝土水箱、水池应在灌水试验合格后进行防腐施工并验收合格。

11.1.3 设备系统的压力试验应符合下列规定:

1 各类管道及设备安装完毕后,应进行系统压力试验,不同额定压力的设备、管道安装在同一系统中,宜按系统中最低设计压力的设备或管道做系统压力试验;

2 衬胶、塑料及其他非金属材质管道的压力试验压力应为最高工作压力;

3 承压设备容器应参与相连系统的压力试验;

4 对敞口容器应作灌水试验或对焊缝进行煤油渗透试验;

5 设备、容器及系统的压力试验,应在防腐、保温及涂衬层施工前进行。

11.2 反渗透装置

11.2.1 安装前应核对反渗透装置的基础尺寸,反渗透装置框架在基础上的几何尺寸允许误差应为 $\pm 5\text{mm}$,高压泵及保安过滤器应在框架上固定。

11.2.2 压力容器外壳内壁应光滑、清洁、无划痕。存放时应水平放置,中间不得悬空。施工过程中应防止撞击损坏。反渗透的膜元件装入系统前,应按设备技术文件要求保管。

11.2.3 膜组件在装配前应检查淡水管、膜片、挡板、盐水密封环的完好性,盐水密封环的安装方向应正确,应按设备技术文件规定的顺序装入外壳。组装环境应满足设备技术文件要求,组装完成后,通水试验应无渗漏。

11.2.4 膜组件在框架上的几何尺寸允许误差应为 $\pm 3\text{mm}$,保安过滤器至膜组件的管道内壁应清洁。

11.2.5 反渗透系统中的各类设备和仪表在试运行前应安装、校验完毕,具备投入条件。

11.3 锅炉补给水处理

11.3.1 余热锅炉给水处理设备安装应符合下列规定:

1 过滤器、离子交换器、除二氧化碳器应垂直安装,外壳垂直误差不得超过设备高度的 0.25% ;

壳体找正后,应将支脚、垫铁与基础预埋件焊接牢固后再进行二次灌浆;

2 离子交换器、除二氧化碳器在安装前,应检查内部防腐层,若有缺陷应修补合格;

3 应逐个检查泄水帽的完整性;

4 装填树脂时,应核对树脂牌号,装填高度应符合设备技术

文件的规定；

5 离子交换器采用石英砂作垫层时，石英砂的纯度应符合设计文件的规定，应按级配要求分层铺设，填装前应用清水冲洗干净；

6 离子交换树脂的储存和运输应防止脱水和冻裂；

7 设备及管道内应清理干净。

11.3.2 离子交换器安装应符合下列规定：

1 离子交换器内部装置应符合设备技术文件的规定；

2 逆流再生离子交换器的压脂层厚度，应符合设备技术文件的规定，当设计文件无规定时，应按 200mm~250mm 填装；

3 混床填装阴、阳离子交换树脂应符合设备技术文件的规定。

11.3.3 鼓风式除二氧化碳器安装应符合下列规定：

1 除二氧化碳器安装应垂直，筒体的连接法兰应接合严密；

2 除二氧化碳器内所装填料的规格和高度，应符合设备技术文件的规定；

3 风机的送风管口弯头应朝下，室内安装的除碳器排气管应伸至室外。

11.3.4 过滤器安装应符合下列规定：

1 过滤器外壳的中心线、标高允许偏差不应超过 10mm，内部各部件与设备外部接口应牢固；

2 泄水帽应逐个检查，连接应牢固；

3 母支管式配水系统的孔眼角度和方向应符合设备技术文件的规定，孔眼应光滑无毛刺，套裹支管的网布应符合设备技术文件的规定，并应绑扎牢固；

4 空气擦洗装置的鼓气孔眼应与底部垫层的上平面平齐。

11.3.5 酸、碱、盐储罐安装应符合下列规定：

1 设备安装前应清理内部污物，有内衬的设备内衬应完好；

2 有内衬的设备应在低于 50℃ 的环境下存放，并不得暴晒；

- 3 有内衬的设备不得施焊；
- 4 酸、碱储罐周围应按设计文件规定设围堰，围堰有效容积不应小于储罐容积，围堰未完工时不得向罐内加注酸、碱、盐溶液。

11.4 取样及加药系统

11.4.1 汽水取样装置安装应符合下列规定：

- 1 取样装置应安装在取样点附近且便于操作的地方；
- 2 二次阀门应在取样槽上安装牢固，安装高度应便于操作和维护；
- 3 采样点的开孔宜在管子安装前开好。开孔后应将内部清理干净，不得留有杂物。取样管插入深度应为被取样管径的 $1/2$ ，取样口应背向介质流向。

11.4.2 采样点及加药点的位置应符合设计文件的规定。

11.4.3 取样及加药管的施工应符合下列规定：

- 1 取样及加药管路的规格、材质应符合设计文件的规定，管道内部应清洁畅通；
- 2 管道敷设应横平竖直，并应有适当的坡度；
- 3 一次门前应设固定支架；
- 4 成排敷设管道的弧度应一致，管子弯曲后外表面应无裂纹、无凹坑、无过烧现象；
- 5 同径管子的对口偏差应无错口，焊口应符合本规范第 8 章的有关规定；
- 6 严寒地区的管路宜与连续排污管路同管壳保温；
- 7 管路施工后应做畅通和严密性检验。

11.4.4 加药系统设备安装应符合下列规定：

- 1 箱、槽安装前应进行外观检查及灌水试验；
- 2 加药泵的安装应符合本规范第 11.7.2 条的规定；
- 3 箱、槽的液位计应垂直安装在便于观察的位置，指示应清晰。

11.5 循环冷却水处理

11.5.1 加药系统施工应符合下列规定：

1 二氧化氯系统施工应符合下列规定：

- 1) 储存制备二氧化氯的原料应分开存放；
- 2) 制取二氧化氯的设备应按设备技术文件的要求进行安装调试，不得泄漏；
- 3) 各种药品的排污管应分别连接，各自直接排放，不得混排在一根管内；
- 4) 加氯点应设在循环水池运行的最低水面下约 200mm，并应设置分布管，加氯点应远离水泵吸水口；
- 5) 二氧化氯系统所用管材应符合设计文件的规定，安装完毕后应做查漏试验；地上管道应做防腐保温，并应涂刷警示色；地下管道应做加强级防腐，并应在管道所在地面上作警示桩牌。

2 非氧化型杀生剂系统及阻垢、缓蚀处理设备系统施工应符合下列规定：

- 1) 药剂应分别存放，设备应按设备技术文件要求进行安装调试，不得泄漏；
- 2) 各种药品的排污管应分别连接、各自排放，不得混排在同一根管内；
- 3) 药品投加点应设在冷却塔集水池出水口运行最低水面下约 200mm 处；
- 4) 加药系统所用管材应符合设计文件的规定，安装完毕后应做查漏试验。地上管道应做防腐保温，并应涂刷警示色。地下管道应做加强级防腐。

11.6 箱 槽

11.6.1 箱槽的制作质量应符合下列规定：

1 水处理用的水箱、水槽应按设计文件加工制作,箱槽壁(底)应平整;

2 箱、槽的肋筋等加固件应焊接牢固;

3 箱、槽外观、尺寸、焊缝应检验合格;

4 附件应齐全,满水试验应合格。

11.6.2 箱槽所有管件与附件焊接完成后,应经检验合格方可进行内壁防腐层的施工。

11.6.3 箱槽安装应符合下列规定:

1 直接安放在基础上的平底箱槽,应按设计文件要求铺设垫层,箱底与基础间的接触应均匀密实;

2 圆形卧式箱槽支座的圆弧应与箱壁吻合,接触应均匀;

3 钢制水箱就位前,箱、槽底的外表面应涂刷防锈漆;

4 排水管、溢流管端口应低于排水沟处地面,且应高于水面。

11.6.4 水位计应安装在便于观察的位置,指示应清晰。

11.6.5 进水、排污阀门应布置在易于操作的地方。排污阀门安装前应做压力试验。

11.7 转 动 机 械

11.7.1 离心泵的安装及验收,应符合本规范第 6.7.2 条的规定。

11.7.2 用非金属材料制作或衬里的耐腐蚀泵安装及验收应符合下列规定:

1 在解体和清理时,应避免磕碰、撞压、划擦,不应与有机溶剂或高温接触;

2 安装前的检查应符合下列规定:

1) 粘合的叶轮表面应清洁、粘合牢固,应无损伤及裂纹缺陷;

2) 轴头螺母、密封圈和轴套应无变形、表面应光洁、无毛刺和裂纹,轴头螺纹应完整;

3) 热压泵壳、端盖及各零部件表面应光滑,断面应无明显分层和变形;

- 4)轴封填料和密封应采用耐腐蚀材料;
- 5)贴衬的防腐层应完整无损,表面应光滑、无裂纹缺陷。漏电检验应合格。
- 3 安装时应核查泵壳结合面,采用的垫片应为专用的耐腐蚀材料。

11.8 特殊管道和阀门

11.8.1 特殊管道安装应符合下列规定:

- 1 塑料管道及管件保存应避免长期暴晒;
- 2 塑料管件宜采用专业制造厂生产的定型膜压产品,热熔连接时,应按热熔连接机具的操作说明进行操作,接头应洁净、无油污;
- 3 当管道采用承插式加粘合剂连接时,接口应打磨、清理干净,粘接完毕后应妥善保护,并应待粘接剂充分固化后再进行后续安装;
- 4 塑料、玻璃钢法兰连接螺栓的两端应加平垫圈,并应均匀用力、对称旋紧;
- 5 管道支架、吊架应按设计文件规定施工;
- 6 支架、吊架的间距应符合设计文件的规定,当设计文件无规定时,金属管道支架、吊架的间距应符合本规范表 7.4.3 的规定,非金属管道宜按表 7.4.3 中有绝热层管道的支架、吊架间距确定,塑料管道和金属卡箍之间应加装软垫;
- 7 不同材质的管道并行敷设时,应按金属管道—玻璃钢管道—塑料管道的顺序施工,在塑料、玻璃钢附近动火作业时,应采取隔离措施,焊渣和切割的边角料不得碰到塑料、玻璃钢管道及管件;
- 8 自重较大的阀门、射水器应设置单独支架、吊架。

11.8.2 酸、碱管道的安装应符合下列规定:

- 1 酸、碱管道施工时应符合下列规定:

1) 法兰连接应严密, 法兰垫片应选用耐酸碱的防腐材料, 在行人通道附近的酸、碱管道的阀门及法兰盘处均应有保护罩或遮护挡板;

2) 管道应经压力试验合格后方可通入酸碱。

2 盐酸储罐及计量箱的排气管应通过酸雾吸收器引向室外; 排液管及溢流管的出口经水封装置接至防腐蚀地沟再流入中和池。

3 室内的盐酸系统宜采用塑料管道及管件, 不得使用修补过的衬胶、喷塑及衬塑管件; 塑料管道连接应采用热熔连接或粘接。

4 碱液管道不得使用黄铜或铝质材料的配件、阀门, 碱液容器及管道内部不得涂刷油漆。

11.8.3 塑料管道的安装应符合下列规定:

1 塑料管道的连接安装应以模压成型产品热熔连接为主, 在与设备连接处应采用法兰连接;

2 管道内外壁应光滑, 无分层、裂纹及凹凸缺陷;

3 内径 150mm 以下及壁厚 30mm 以下的塑料管, 壁厚的允许偏差应为 $\pm 15\%$;

4 管子的固定连接, 应按设计文件要求进行。

11.8.4 衬胶管道安装应符合下列规定:

1 组装前应对所有管段及管件进行外观质量检查和漏电监测检查;

2 法兰接合面应平整, 不得有径向沟槽;

3 衬胶管道及管件受到沾污时, 应使用不溶解橡胶的溶剂清洗;

4 不得在衬胶管道上进行电焊、气焊或开孔;

5 衬硬橡胶的设备和管件应防冻、防暴晒。

11.9 防腐工程

11.9.1 防腐蚀保护层施工前, 应制定防火、防爆、防毒和防触电

安全措施。

11.9.2 现场贴衬玻璃钢施工应符合下列规定：

- 1** 现场贴衬玻璃钢应按设计文件要求进行；
- 2** 施工现场环境温度宜为 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不应大于 80%，并应防尘、防雨；
- 3** 当采用玻璃钢防腐时，玻璃钢原材料应符合下列规定：
 - 1)** 玻璃布应选用无碱、无蜡、无捻的粗纱方格布，厚度宜为 0.3mm，玻璃布应保存在阴凉干燥处并保持干净；
 - 2)** 各种树脂及固化剂、稀释剂、填料应满足产品质量要求，并应在保质期内使用；
 - 3)** 填料耐酸度应大于 98%，粒度应小于 0.125mm。
- 4** 配料的容器及工具应耐腐蚀、清洁、干燥、无油污，胶料应按规定的顺序配制，使用过程中若发现有胶凝现象，不得继续使用；
- 5** 金属表面的转角处以及焊缝凹凸不平处，应以胶泥填平；
- 6** 衬里设备应有足够的强度和刚度；
- 7** 贴衬玻璃布时，宜先上后下，先器壁后器底，搭接宽度不得小于 30mm，各层搭接缝应相互错开，不得重叠；
- 8** 涂料应按产品配方配制，表层涂料可不加填料，涂刷时应在前一层固化后再进行下一层涂刷，每道工序应经检查合格后方可进行下一道工序；
- 9** 玻璃钢贴衬质量应符合下列规定：
 - 1)** 衬层与本体表面应粘合严实，无脱层、鼓泡等缺陷；当有大面积气泡或分层时，应把衬层全部铲除，露出基层重新进行表面处理后贴布施工，同一部位的修补次数不得超过 2 次；
 - 2)** 玻璃钢贴衬应平整、光滑、色泽均匀，表面应呈胶料本色，玻璃布应充分浸透胶料，含胶量均匀，不得出现白点、白面、皱折，整个玻璃钢的含胶量质量比不得少于 50%；
 - 3)** 漏电试验应合格，试验电压应大于 15kV；

- 4)每平方米玻璃钢贴衬不应超过 3 个直径大于 5mm 的气泡,超过时应进行修补;
- 5)固化检查应干实、光滑。

11.10 启动和调试

11.10.1 水处理系统启动应符合下列规定:

- 1 建筑工程及防腐工程施工应验收合格,排水沟道应畅通,沟盖板应齐全,排水与室外管网连接应符合设计文件的规定;
- 2 所有管道、设备安装应验收合格,设备应编号挂牌;
- 3 与水处理系统有关的电气、热工、化学仪表、控制装置均应安装调校完毕,能投入使用;
- 4 室内照明应安装完毕,通信设施应能满足试运行的正常进行;
- 5 水泵等单体转动设备应已单体试运行合格;
- 6 水处理设备在环境温度低于 5℃启动时,应有防冻措施;
- 7 水处理设备启动前,应具有经审查批准的启动调试技术措施;
- 8 调试人员应对所有设备、系统进行了检查、确认;
- 9 生产准备应已完成。

11.10.2 机械过滤器的调整应符合下列规定:

- 1 应对机械过滤器的反洗强度、反洗时间、运行周期、失效时出入口差压、出水品质和设备出力进行调整和测定;
- 2 调整试验后,过滤器反洗强度、出水品质、设备出力应达到设计要求;
- 3 细砂过滤器和活性炭过滤器在停用保管时,每天应运行 1h~2h,每周应反洗 1 次。

11.10.3 反渗透装置的启动和调试应符合下列规定:

- 1 前置预处理设备应运行稳定,出水品质应合格,加药、清洗系统应调试合格;

- 2 反渗透装置的启动和调整应根据设备技术文件要求进行;
- 3 反渗透装置的自动控制系统,应在膜组件安装之前调试合格;
- 4 按设计文件规定的压力、流量及温度参数连续运行 48h 后,应测定反渗透装置产品水的水质、水量,脱盐率及回收率应达到设计文件要求。

11.10.4 离子交换设备的调试应符合下列规定:

- 1 再生系统中的管道安装试压合格后,应用清水对再生系统中的箱槽、管道进行冲洗;
- 2 应用清水对再生系统中的喷射器或计量泵进行投加量调试,满足运行要求后,再生液方可注入计量箱;
- 3 离子交换树脂应根据设备技术文件的要求进行预处理;
- 4 试运行初期,除盐设备的运行控制参数应按设计文件规定或同类系统的运行规程操作;
- 5 应调整再生剂的用量及反洗强度,检测设备出水品质、总制水量及运行周期,除盐设备经调整后,各设备出水品质及出力应达到设计要求。

11.11 热力设备启动试运行中的化学监督

11.11.1 热力设备启动试运行应符合下列规定:

- 1 化学水处理设备应在煮炉之前具备制水条件;
- 2 机组启动时,给水、炉水的加药和处理设备及主要化学监督仪表均应能同时投入运行;
- 3 煮炉后首次启动前,有反冲洗条件的锅炉应对过热器进行一次反冲洗,冲洗用水应为加氨的除盐水(或软化水),除盐水(或软化水)的 pH 值应为 9~10,出口水应达到无色透明;
- 4 锅炉煮炉后,当冲洗完毕至锅炉投入运行的间隔时间超过 20d 时,应采取防腐蚀保护措施;
- 5 新机组首次启动前,应对热力系统进行冲洗;
- 6 新机组在试运行阶段,应加大锅炉排污量并换水至炉水合

格,同时应加强炉内磷酸根离子的监控;

7 新机组试运行期间,除氧设施应投入运行;

8 新机组启动时应冲洗取样器,取样器冷却水的压力应稳定,水样温度宜在 30℃ 以下。

11.11.2 新建机组试运行期间,水、汽质量标准应符合下列规定:

1 锅炉投入运行前,热力系统应冲洗至出口水澄清;

2 汽轮机冲转时,过热蒸汽的二氧化硅含量不应超过 100 $\mu\text{g/L}$;

3 机组在联合启动过程中,带 1/2 额定负荷及以上时,给水质量标准应符合表 11.11.2-1 的规定;

表 11.11.2-1 给水质量标准

补给水 类型	浊度 FTU	硬度 ($\mu\text{mol/L}$)	pH 值 (25℃)	溶解氧 (mg/L)	油 (mg/L)	全铁 (mg/L)	铜 (mg/L)	电导率 (25℃) ($\mu\text{S/cm}$)
除盐水	≤ 2.0	≤ 2	8~9.5	≤ 0.05	≤ 2	≤ 0.05	≤ 0.01	≤ 80
软化水	≤ 5.0	≤ 2	7.5~9	≤ 0.05	≤ 2	≤ 0.05	≤ 0.01	≤ 350

注:本表数据适用于 2.5MPa 以下的锅炉。

4 机组联合启动时,根据汽包炉的运行压力,汽包炉水质量标准应符合表 11.11.2-2 的规定;

表 11.11.2-2 汽包炉水质量标准

补给水 类型	全碱度 (mmol/L)	酚酞碱度 (mmol/L)	pH 值	溶解固形物 (mg/L)	磷酸根 (mg/L)	亚硫酸根 (mg/L)
除盐水	≤ 8	≤ 5	10~12	2500	10~30	10~30
软化水	≤ 12	≤ 8	10~12	2500	10~30	10~30

注:1 亚硫酸根指标适用于给水加亚硫酸盐除氧剂。采用其他除氧剂时,除氧剂残余量应符合药剂产品质量规定的指标;

2 本表数据适用于 2.5MPa 以下的锅炉。

5 机组联合启动时,对于无凝结水处理设备的机组,凝结水回收不应影响给水质量;

6 回收凝结水、疏水质量标准应符合表 11.11.2-3 的规定;

表 11.11.2-3 回收凝结水、疏水质量标准

外观	铁 ($\mu\text{g/L}$)	溶解氧 ($\mu\text{g/L}$)	二氧化硅 ($\mu\text{g/L}$)	硬度 ($\mu\text{mol/L}$)
无悬浮物	≤ 80	≤ 30	≤ 80	≤ 10

7 机组联合试运行 72h 后,蒸汽质量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。

11.12 工 程 验 收

11.12.1 水处理设备安装、调试运行合格后,可按单位工程进行验收。

11.12.2 水处理工程的质量验收,检验批的主控项目范围应包括下列内容:

- 1 滤料、填料安装;
- 2 反渗透膜安装;
- 3 离子交换设备安装;
- 4 离子交换树脂的处理、填装;
- 5 酸碱储存罐安装;
- 6 酸碱再生设备的安装;
- 7 加药装置试运行;
- 8 特殊管道、阀门的安装;
- 9 管道、水箱及中和池的防腐。

11.12.3 锅炉安装验收签证应包括下列内容:

- 1 锅炉补充水合格签证;
- 2 汽包炉水合格签证;
- 3 汽轮机凝结水合格签证。

11.12.4 水处理工程验收时,应提交下列资料:

- 1 系统的压力试验记录;
- 2 分部试运行记录;

- 3 系统冲洗、吹扫记录；
- 4 填料记录；
- 5 单位工程验收记录；
- 6 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件；
- 7 本规范第 11.12.3 条规定的签证单；
- 8 其他所需的文件和记录。

12 建 筑 工 程

12.1 一 般 规 定

12.1.1 建筑工程施工前,建筑施工技术人员应熟悉设备安装及长网施工工艺、设备及总平面专业的设计文件,并应密切配合相关施工方的施工。

12.1.2 设备基础及预埋件施工前,应详细核对设备相关尺寸及安装技术要求,确认无误后方可施工。

12.1.3 砌体结构工程施工与验收应符合现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203 的有关规定。

12.2 地 基 基 础

12.2.1 建筑工程及地下设施基础施工除应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定外,还应符合下列规定:

1 技改工程地基开挖、运输及回填施工不得影响现有水泥生产线的正常生产,不得占用消防通道;

2 工程开工前,应对邻近既有建筑物进行沉降及变形测量,施工过程中沉降及变形值应控制在规范允许范围内。超过允许值时,应立即停止施工,并应采取相应措施。

12.2.2 在邻近既有建筑物或既有基础周边开挖新建筑物、构筑物基坑时,当基坑对既有建筑物基础安全有影响时,应有保证既有建筑物结构安全的支护措施。

12.3 混 凝 土 结 构

12.3.1 混凝土结构工程施工应符合现行国家标准《混凝土结构

工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

12.3.2 预埋件的加工制作应符合下列规定：

1 预埋件及锚筋的材质、数量、尺寸和焊接应符合设计文件的规定，钢板的四周应光滑、无毛刺；

2 设在构件表面上的预埋件钢板，当短边长度大于 300mm 时，钢板宜开设排气孔，钢板下的混凝土应浇灌密实；

3 预埋件锚筋的焊接宜采用埋弧压力焊，成批生产前应先对焊件做试验从而确定工艺参数，焊后应进行尺寸校正，成品应分批进行外观及强度检验；

4 制作完成的预埋件应标明编号，并应分类堆放；预埋螺栓的外露螺栓丝扣部分应涂油并加套保护；

5 预埋件中的钢板、锚筋或锚板、吊钩、螺栓的制作应符合设计文件的规定；

6 预埋件的锚筋及吊钩应采用未经冷处理的钢筋，不得使用冷加工钢筋；

7 直锚筋与锚板应采用 T 形焊，当锚筋直径小于或等于 20mm 时宜采用压力埋弧焊，当锚筋直径大于 20mm 时宜采用穿孔塞焊，不得把锚筋弯成 U 形或 L 形与锚板焊接；

8 后置锚栓施工应符合下列规定：

1) 锚栓不得布置在混凝土保护层中，锚固深度不得包括混凝土的饰面层；

2) 锚栓应避免受力主钢筋，锚栓钻孔不得伤及钢筋；

3) 锚固孔周围的混凝土不应有缺陷，锚孔内应干燥；

4) 锚栓直径应通过承载力计算确定，并不应小于 10mm；

5) 化学锚栓植入锚孔后，应按设备技术文件进行养护；锚栓固化后应进行抗拔试验。

12.3.3 混凝土浇筑前，应检查核对预留孔洞、预埋件的定位正确、牢固。

12.3.4 混凝土中预埋件的安装应符合下列规定：

1 预埋件应在混凝土浇筑前安装,预埋件的位置和方向应正确,安装应牢固;

2 预埋件与混凝土结构中钢筋焊接固定时,不得损伤混凝土结构中的钢筋;

3 混凝土振捣时,振捣器不应碰撞预埋件,并应及时校正预埋件位置;

4 混凝土振捣时,应使钢板底部与混凝土接触密实。

12.3.5 混凝土中预留孔洞应符合下列规定:

1 预留孔洞的模板安装应牢固可靠、定位准确;

2 预留孔洞模板拆除时不得损伤孔壁。

12.4 钢 结 构

12.4.1 钢结构工程施工除应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定外,还应符合下列规定:

1 设备、管道设施安装时不得在钢结构节点处随意开孔、焊接;

2 安装在钢结构构件上的设备或管道,传递到钢结构表面的温度不应大于 150℃。

12.4.2 安装在钢结构上的设备或管道拼装误差应符合设计文件规定。

12.5 设备基础与地下沟道

12.5.1 土方开挖及回填应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 及设计文件的有关规定。

12.5.2 设备基础的施工,宜优先使用组合钢模板。

12.5.3 设备基础钢筋施工应有便于架设钢筋的骨架。

12.5.4 浇筑混凝土时,汽轮发电机基础制作试块不得少于 3 组,其他设备基础不得少于 2 组,且每台班或每 100m³ 混凝土不得少于 1 组。

12.5.5 设备基础二次灌浆应符合下列规定：

- 1 二次灌浆应在设备定位后进行,灌浆时应有设备安装人员参加;
- 2 灌浆前应将基础混凝土表面凿毛,凿去油污及疏松的混凝土,清扫、冲洗干净、润湿,并应排除孔内积水;
- 3 浇灌宜用二次灌浆料,也可用细石混凝土,应比基础混凝土强度提高一级及以上,并应一次连续完成;
- 4 灌浆强度达到 70% 前,不得进行与设备安装相关的施工。

12.5.6 设备基础附近的地下设施,宜与本项目基础衔接施工。

12.5.7 地下沟道施工应符合下列规定：

- 1 沟道施工应按设计文件要求做防水,并应做坡向排出处的排水坡度;
- 2 沟道内预埋件和预留孔洞,应在混凝土浇筑前设置,不得在防水施工后开孔;
- 3 沟道的交叉部位宜做整体浇筑;
- 4 当有通过沟道壁的套管或埋管时,应采取止水措施;
- 5 电缆沟与其他沟道交叉时,应保持沟道交叉部位的相互隔离;
- 6 沟道在分段施工时,应按设计文件要求保证施工缝、变形缝的施工质量,不得渗水和开裂。

12.5.8 钢筋混凝土沟道盖板的制作和安装应符合下列规定：

- 1 盖板应注明上下及支座方向、编号;
- 2 盖板安装前应将沟道的搁置面按设计标高修理平整;
- 3 盖板安装应平稳整齐,不得用混凝土块或石块垫平;
- 4 盖板安装在沟道两端的搁置宽度应满足设计文件的要求;
- 5 表面不覆土的盖板,吊环不得高出板面。

12.5.9 地下设备基础及沟道、地坑、水池的防水施工应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的有关规定。

12.5.10 设备基础施工缝的施工应符合下列规定：

- 1 设备基础施工缝的位置应符合下列规定：
 - 1) 水平施工缝应低于预埋件或预留孔洞底端,与预埋件或预留孔洞底端的距离不应小于 150mm,当地脚螺栓直径小于 30mm 时,水平施工缝可留设在深度不小于地脚螺栓埋入混凝土部分总长度的 3/4 处;
 - 2) 垂直施工缝与预埋件或预留孔洞中心线的距离应大于 250mm,且不应小于螺栓直径的 5 倍。
- 2 承受动力作用的设备基础施工缝位置应符合下列规定：
 - 1) 标高不同的两个水平施工缝的高低接合处,应留设成台阶形,台阶的高宽比不应大于 1.0;
 - 2) 在水平施工缝处继续浇筑混凝土前,应对预埋件或预留孔洞尺寸定位进行复核校正;
 - 3) 垂直施工缝或台阶形施工缝的垂直面处应加插钢筋,插筋数量和规格应由设计单位确定。

12.6 施工测量及沉降观测

12.6.1 下列建筑在施工期间应进行变形测量:

- 1 主厂房、余热锅炉、冷却塔、汽轮发电机基础;
- 2 复合地基或软弱地基上的建筑;
- 3 改建、扩建建筑;
- 4 受邻近深基坑开挖施工影响或受场地地下水变化影响的建筑。

12.6.2 建筑工程竣工前的变形测量应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

12.6.3 安装、调试阶段,建筑的变形测量应满足设计文件的要求,并应符合下列规定:

- 1 变形观测点的布设应沿用建筑工程施工阶段的布点,测量内容及测量方法应相同,测量数据应和建筑工程施工阶段的测量数据合并,统一进行处理分析;

2 安装、调试阶段的观测周期和观测时间应符合下列规定：

- 1) 设备安装前、后应各观测 1 次，调试前、后应各观测 1 次；
- 2) 在观测过程中，若有基础附近地面荷载突然增减、基础周边大量积水、长时间连续降雨时，应增加观测次数。

3 施工过程中若暂停施工，在停工时及重新开工时应各观测 1 次，停工期间可每隔 2~3 个月观测 1 次。

12.6.4 设备基础的沉降测量应符合下列规定：

1 汽轮机发电机、余热锅炉基础在基础垫层完工时应进行首次观测，基础完工、设备安装前后、设备调试前后、试生产前后应各观测 1 次；

2 观测点的位置宜设在设备基础的转角附近，且不得少于 4 处。

12.6.5 相邻既有建筑物的沉降测量应符合下列规定：

1 新建建筑物进行建筑施工及安装生产过程中，应对相邻既有建筑物进行沉降观测；

2 相邻既有建筑物沉降观测点宜采用原有的点位；

3 相邻既有建筑物沉降测量的周期和观测时间应与相邻新建建筑物相同；

4 相邻既有建筑物沉降测量的测量内容及测量方法宜与相邻新建建筑物相同；

5 相邻既有建筑物的沉降测量值应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

12.6.6 建筑物及设备基础的变形量应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 及设计文件的规定。

12.7 建筑设施

12.7.1 建筑给排水、采暖、通风设施施工应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风

与空调工程施工规范》GB 50738 的有关规定。

12.7.2 建筑电气及防雷设施施工应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601、《建筑电气照明装置施工与验收规范》GB 50617 的有关规定,并应符合下列规定:

1 高低压配电室、中央控制室、汽轮机房主体间的出口应设置指示牌;

2 接地装置安装除应符合本规范第 10.13 节相关规定外,还应符合下列规定:

- 1) 接地体的连接不应有焊接缺陷;
- 2) 地钢筋网的连接点不应错焊、漏焊;
- 3) 作为外引接地联结点或检测点的预埋件不应漏设,防雷引下线钢筋不应错接、错焊;
- 4) 螺栓连接应紧密;
- 5) 电气设备接地(接零)的分支线应与接地干线连接,不得串联;
- 6) 低压配电接地形式、管线布设和屏蔽措施均应符合防雷设计要求。

3 引下线安装应符合下列规定:

- 1) 引下线的连接应焊接牢靠、无缺陷;
- 2) 用结构钢材代替避雷针(网)、引下线,焊接破坏镀锌层时应刷防锈漆;
- 3) 引下点间距偏大,引下线跨越变形缝处应加设补偿器,穿墙体时应加保护套管。

4 电涌保护器(SPD)的设置及安装工艺应符合防雷设计规定。

12.7.3 建筑消防设施施工应符合设计文件的规定。

12.8 工程验收

12.8.1 建筑工程的质量验收应符合现行国家标准《建筑工程施

工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定。

12.8.2 建筑工程中预埋件、预留孔洞、设备基础及地下设施工程检验批的主控项目范围应包括下列内容：

1 混凝土结构中预埋件及预留孔洞质量检查内容应包括规格、数量、尺寸、偏差、固定、外观质量，混凝土结构中预埋件、预留孔洞尺寸允许偏差应符合表 12.8.2-1 规定；

表 12.8.2-1 混凝土结构中预埋件、预留孔洞尺寸允许偏差(mm)

项 目		允许偏差
预埋设施	预埋件中心线	±10
	预留孔(管)中心线	±5
	预埋螺栓中心线	±2
	预埋螺栓顶端标高	+20 0
预留洞	中心线	±15
	深度	+20 0
	每米孔壁垂直度	10

2 设备基础的施工质量检查应包括进场原材料、模板、钢筋、预埋件、混凝土制备与施工、混凝土强度、外观缺陷、位置、标高、尺寸、平整度、垂直度等；

3 拆模后，混凝土设备基础尺寸允许偏差和检验方法应符合表 12.8.2-2 的规定；

表 12.8.2-2 混凝土设备基础尺寸允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差(mm)	检验方法
坐标位置	±20	钢尺检查
不同平面标高	0 -20	水准仪或拉线、钢尺检查
平面外形尺寸	±20	钢尺检查
凸台上平面外形尺寸	0 -20	

续表 12.8.2-2

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
凹穴尺寸		+20 0	钢尺检查
平面水平度	每米	±5	水平尺、塞尺检查
	全长	±10	水准仪或拉线、钢尺检查
垂直度	每米	±5	经纬仪或吊线、钢尺检查
	全高	±10	

4 地下设施的尺寸允许偏差和检验方法应符合表 12.8.2-3 的规定；

表 12.8.2-3 地下设施的尺寸允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
基础中心线(纵横)与厂房轴线位移		±20	钢尺检查
基础标高		0 -20	水准仪或拉线、钢尺检查
基础外形尺寸		±20	钢尺检查
沟道中心线的位移		±20	
沟道顶面的标高		0 -10	水准仪或拉线、钢尺检查
沟道底面坡度(按设计坡度计)		±10%	
沟道壁厚		±5	钢尺检查
预留孔 洞、预埋件	中心线位移	±10	
	倾斜度	±2%	水准仪或拉线、钢尺检查
电缆排 管混凝土	中心位置	±50	钢尺检查
	标高	±20	水准仪或拉线、钢尺检查
直埋螺 栓的偏差	标高(顶部)	+20	
	中心位置	±2	钢尺检查
盖板的偏差	长度(企口)/ (直铺)	-5/+10	
	宽度	±5	
	厚度	±5	

5 设备基础顶面直接作为设备的支承面时,设备基础支承面、预埋件、地脚螺栓(锚栓)位置尺寸的允许偏差和检验方法应符合表 12.8.2-4 的规定。

表 12.8.2-4 设备基础支承面、预埋件、地脚螺栓(锚栓)
位置尺寸的允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
支承面	标高	± 3	水准仪或拉线、钢尺检查
	水平度	$L/1000$	钢尺、塞尺检查
	位置	± 15	钢尺检查
预埋件	锚筋中心线位置	± 5	
	中心线位置	± 10	
	水平高差	$+3$ 0	水准仪或拉线、钢尺检查
地脚螺栓 (锚栓)	中心距	± 2	钢尺检查
	顶部标高	$+20$ 0	水准仪或拉线、钢尺检查
	螺栓中心偏移	± 5	钢尺检查
	露出长度	$+30$ 0	
	螺纹长度	$+30$ 0	
预留孔	底面标高	0 -5	水准仪或拉线、钢尺检查
	中心偏移	± 10	钢尺检查
	孔深	$+20$ 0	
	垂直度	$H/100$,且不应大于 10	经纬仪、钢尺检查

注: H ——预留孔深度; L ——支撑面长度。

12.8.3 预埋件、预留孔洞、设备基础及地下设施工程质量检验批的一般项目应包含下列内容：

1 混凝土结构中，固定在模板上的预埋件、预留孔洞尺寸的允许偏差应符合表 12.8.3-1 的规定；

表 12.8.3-1 固定在模板上的预埋件、预留孔洞尺寸的允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差
预埋设施中心线位移	预埋件	±3
	预埋螺栓	±2
	预埋孔(管)	±3
预留洞中心线位移		±10

2 设备基础模板尺寸的允许偏差和检验方法应符合表 12.8.3-2 的规定；

表 12.8.3-2 设备基础模板尺寸的允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
基础中心线与厂房中心线位移		±5	钢尺检查
柱、梁、墙中心线与基础中心线位移		±3	
底模上表面标高		±5	水准仪或拉线、钢尺检查
截面内部尺寸		±10	钢尺检查
垂直度	每米	±3	经纬仪或吊线、钢尺检查
	全高	±10	
相邻两板表面高低差		±2	钢尺检查
表面平整度		±4	2m 靠尺和塞尺检查
预埋螺栓	中心线位置	±1	钢尺检查
	垂直偏差	≤L/450	
预埋件、预留孔洞中心线		±5	

注：L——预埋螺栓长度。

3 设备基础采用座浆垫板时,座浆垫板尺寸的允许偏差和检验方法应符合表 12.8.3-3 的规定;

表 12.8.3-3 座浆垫板尺寸的允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差(mm)	检验方法
顶面标高	0 -3	水准仪或拉线、钢尺检查
水平度	$L/1000$	钢尺或塞尺检查
位置	± 20	钢尺检查

4 设备基础预留洞或预埋管尺寸的允许偏差和检验方法应符合表 12.8.3-4 的规定。

表 12.8.3-4 设备基础预留洞或预埋管尺寸的允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差(mm)	检验方法
预留洞	中心线位置	± 15	钢尺检查
	孔尺寸	+20 0	
预埋管	中心线位置	± 5	

12.8.4 混凝土结构中预埋件、预留孔洞可作为混凝土结构的分项工程进行质量验收。

12.8.5 设备基础应作为分部工程进行质量验收,质量验收记录内容应包括模板、钢筋、混凝土、现浇结构、预埋件及预留孔洞工程。

12.8.6 设备基础检验批的质量验收可按表 12.8.6 的格式填写。

表 12.8.6 设备基础检验批的质量验收表

工程代号及名称				分项工程名称			验收部位		
施工方				专业工长			项目经理		
分包方				分包项目经理			施工班组长		
施工执行 标准名称及编号									
检查项目				验收规范 的规定		施工方检查 评定记录		监理(建设)方 验收记录	
主控项目	1	基础坐标位置							
	2	基础不同 平面标高							
	3	基础外形尺寸							
	4	凸台上平面 外形尺寸							
	5	凹穴尺寸							
	6	基础平 面上水 平度	每米						
			全长						
	7	基础 垂直度	每米						
			全高						
	8	支承面	标高						
			水平度						
			位置						
	9	预埋件	锚筋 中心 线位置						
			中心 偏移						
水平 高差									

续表 12.8.6

检查项目				验收规范 的规定	施工方检查 评定记录	监理(建设)方 验收记录
主控项目	10	地脚锚 栓(锚 栓)	中心距			
			顶部 标高			
			螺栓中 心偏移			
			露出 长度			
			螺纹 长度			
			11	基础混凝土 强度等级		
	一般项目	12	预留孔	底面 标高		
中心 偏移						
孔深						
垂直度						
13		基础外 观检查情况				
施工方检查评定结果				质量检查员： 年 月 日		
会签各方				意见	签字	日期
施工						
监理						
建设						

12.8.7 建筑工程验收时,应提交下列资料:

- 1 设计变更;**
- 2 原材料质量合格证件及现场试验报告;**
- 3 钢筋、型钢的焊接试验报告;**
- 4 混凝土试件的试验报告及无损检测报告;**
- 5 地基施工记录;**
- 6 混凝土工程施工记录;**
- 7 预埋件及预留孔洞的施工记录;**
- 8 隐蔽工程验收记录;**
- 9 分项工程验收记录;**
- 10 工程重大质量问题的处理文件和验收记录;**
- 11 代用材料的有效技术文件清单及原始文件;**
- 12 其他所需的文件和记录。**

13 油漆保温

13.1 一般规定

13.1.1 涂料和保温材料的种类、名称、牌号应符合设计文件的规定,并应与质量证明文件一致,且应在有效期内。

13.1.2 保温材料性能参数应符合设计文件的规定。对施工配合比有要求的防腐、砌筑材料,配合比应经试验确定,且不得任意改变。

13.1.3 在有防腐的设备及管道上焊接保温层的支承件时,焊接及焊后热处理应在油漆和试压之前进行。

13.2 设备保温

13.2.1 需保温的设备应符合下列规定:

1 各仪表插座、管口应已装设齐全,经检查无遗漏并应经压力试验合格;

2 保温钋钉或保温支承件应已安装完毕、固定可靠。

13.2.2 需维护或监视的部位,宜采用可拆卸式保温结构。

13.2.3 设备保温外保护层施工应符合下列规定:

1 当采用金属外保护层时,应紧贴保温层,支撑骨架应牢固,搭接口应朝下;

2 当采用抹面保护层时,抹面材料配比、固定网材质型号应符合设计文件的规定,面层施工宜分层进行,抹面材料应密实,表面应平整光滑,冷态情况下应无裂纹。

13.2.4 汽轮机本体保温和化妆板安装应符合下列规定:

1 汽轮机本体保温材料和厚度应符合设备技术文件的规定,施工前疏水管道、仪表插座、孔洞堵头应全部安装完毕,并应无松

动、无遗漏；

- 2 保温用钹钉的安装应符合设备技术文件的规定；
- 3 施工时前轴封与前轴承座之间应进行遮挡；
- 4 化妆板安装应横平竖直，外观应无凹陷，连接处应接合严密、牢固可靠。

13.3 管道保温

13.3.1 管道保温施工前应满足下列要求：

- 1 管道应已安装完毕，并应经压力试验合格；
- 2 临时支架、吊架应已拆除；
- 3 保温用钹钉或保温支承件应已安装完毕、固定可靠。

13.3.2 同层保温制品之间应挤紧、错缝，上、下层保温制品之间接缝应错开。

13.3.3 主保温层缝隙部位应用碎料填充，填充应严密、紧实。

13.3.4 法兰应在热紧后进行保温施工。

13.3.5 管道补偿器和支架、吊架附近的保温结构应留有间隙。

13.3.6 烟道内保温施工应符合下列规定：

- 1 保温用钹钉的材质应符合设计文件的规定，钹钉分布密度应均匀且应符合设计文件的规定，焊接应牢固；
- 2 浇注料进行配比应按设备技术文件的要求；
- 3 浇注好的表面应平整，无裂纹、孔洞、蜂窝等缺陷；
- 4 浇注料强度未达到设计强度 70% 时，不得移动或吊装。

13.3.7 管道保温外保护层的施工采用金属、玻璃钢材料时，搭接口应朝下。

13.4 油漆和涂色

13.4.1 金属表面防腐施工前，应铲除、打磨干净金属表面上的焊瘤、棱角、凸斑和锈迹，并应符合下列规定：

1 表面应呈均匀的金属本色,并有一定的粗糙度,无孔洞、裂纹、铁锈、焊瘤,凹斑深度超过 3mm 时,应补焊磨平;

2 锈污及脏物应清除干净,并宜使用有机溶剂清洗;

3 采用喷砂法除锈时,应采取防止污染环境的有效措施。

13.4.2 油漆施工环境应满足下列要求:

1 施工环境应洁净、干燥、通风良好;

2 油漆施工场所应禁止明火,并应防尘、防暴晒;

3 在容器内施工时应有通风设施,每小时换气量不应少于设备容积的 30 倍,并应采取安全措施,加强安全监护。

13.4.3 油漆涂层施工应符合下列规定:

1 漆层应完整、细密、均匀,无针孔、气泡、流淌、褶皱或破损现象;

2 腻子、底漆、面漆应按设备技术文件使用;

3 油漆涂刷层数、厚度、面漆颜色、标识应符合设计文件的规定,无保温管道应用箭头标出管内介质流向,保护层外表面应用色环和箭头标出管内介质的流向。

13.4.4 设备补色应与原色一致。

13.5 工 程 验 收

13.5.1 油漆保温工程的质量验收,检验批的主控项目范围应包括下列内容:

1 油漆和保温材料型号、数量、批次;

2 浇筑材料成分配比;

3 检验报告。

13.5.2 油漆保温工程验收签证应包括下列内容:

1 烟道内保温防磨损浇筑表面质量;

2 设备、管道保温层厚度和密实度。

13.5.3 油漆保温工程验收时,应提交下列资料:

- 1 油漆、保温材料质量证明书、产品合格证；
- 2 浇筑材料成分配比和检验报告；
- 3 分项工程验收记录；
- 4 设计变更、代用材料的有效技术文件清单及原始文件；
- 5 本规范第 13.5.2 条规定的签证单；
- 6 其他所需的文件和记录。

14 整套启动调试和验收

14.1 一般规定

14.1.1 余热发电机组的启动调试应分为分部试运行和整套启动试运行两个阶段。分部试运行阶段的工作应包括单机试运行和分系统调试两部分；整套启动试运行阶段的工作应包括空负荷调试、带负荷调试和 72h 试运行考核三个步骤。

14.1.2 分系统调试和整套启动试运行的调试工作应由具有相应调试能力和条件的单位承担。

14.1.3 整套启动调试应按调试大纲进行。

14.1.4 完成 72h 试运行考核的机组，应办理机组启动验收交接书后方可投入生产运行。

14.2 分部试运行

14.2.1 分部试运行阶段应从余热电站站用母线受电至机组整套启动试运行开始为止。

14.2.2 分部试运行前的准备与条件应满足下列要求：

1 分部试运行设备及系统的土建、安装工作应已全部结束，并已办理完施工验收签证；

2 分部试运行区域的场地、道路、门窗、栏杆、护（盖）板、消防、照明及通信设施应符合职业健康与安全、环境保护的有关规定；

3 参加分部试运行的设备应已命名、挂牌；

4 试运行设备的各保护装置应校验合格，因需要临时解除或变更的电气、热控保护及定值均应已确认；

5 分部试运行所用的测试仪器、仪表应已配备完善，并应符合计量管理规定；

6 分部试运行计划、分部试运行技术措施应已经试运行组织机构批准；

7 现场突发安全事件的紧急处理预案应已编制，并应经试运行组织机构批准。

14.2.3 危险区域应有警示标志。

14.2.4 单机试运行应包括下列内容：

- 1 余热锅炉各辅助设备单机试运行；
- 2 汽机各辅助设备单机试运行；
- 3 电气各设备单机试运行；
- 4 热控各设备的单机试运行；
- 5 化学水、循环水各设备单机试运行。

14.2.5 分系统调试应在单机试运行合格后进行。分系统调试工作开始前应做调试条件检查，并应填写“分系统调试条件检查确认表”。“分系统调试条件检查确认表”宜按本规范附录 B 的格式填写。

14.2.6 分系统调试应包括下列内容：

- 1 余热锅炉系统调试；
- 2 汽机系统调试；
- 3 电气系统调试；
- 4 热控系统调试；
- 5 化学水、循环水系统调试。

14.2.7 完成分部试运行的分系统应办理设备系统代保管手续。“设备、系统代保管签字表”宜按本规范附录 C 的格式填写。

14.2.8 完成分部试运行的分系统应办理本阶段的分系统试运行质量验收签证。“分系统试运行质量验收表”宜按本规范附录 D 的格式填写。

14.3 整套启动

14.3.1 机组整套启动组织与技术准备应满足下列要求：

- 1 试运行组织机构应已正式成立并开始实际运转，下设的各

专业组人员应已确定,责任应明确,运作应正常;

2 机组整套启动前,试运行组织机构应召开全体会议,对整套启动的各项准备工作和启动条件进行审议并确定启动时间;

3 调试方应已编写整套启动调试大纲及各专业启动调试措施、各系统专项调试技术措施,并应经试运行组织机构审查批准;

4 生产运行人员应已配齐,并应通过培训、考试合格;

5 生产单位应将有关规程、系统图、表、运行日志、运行用具备妥;

6 投入的系统和设备应有统一命名、编号、标志、挂牌;

7 有关检修的停、送电联系制度、安全措施均应已制定并贯彻;

8 应已配齐试运行值班人员;

9 消防、安全、防暑、防冻措施和保卫组织工作应安排妥当;

10 机组应具备并网条件。

14.3.2 物料、电源、定值、通信准备应满足下列要求:

1 启动所需的油、汽、水、酸、碱等材料 and 备品、备件及工具应备妥;

2 油品应已按规程规定送检分析,化验结果应合格;

3 启动电源供电应可靠,电气保护应已投入,运行方式应明确,电气、热工保护定值应已确定并执行、核对无误;

4 调度、通信系统均应已投入使用。

14.3.3 现场条件应满足下列要求:

1 土建工程及生产区域的设施应已完工并已初步验收,可满足试运行要求,主厂房内、外试运行区域场地应平整、道路畅通,平台、栏杆、沟道盖板应齐全,阻碍试运行的脚手架、障碍物、易燃物应已全部清除干净,试运行机组与在建机组区域及与水泥生产线的隔离措施应已做好;

2 照明、采暖通风及空调系统应安装、检查、验收完毕;事故照明可随时投入使用;

3 消防系统应施工完毕,消防器材应齐全,消防系统和设施可投入使用,并应经有关部门检查验收合格;

4 排水及事故排油系统应施工完毕,经检查验收应能投入使用;

5 保温、锅炉外妆板、油漆工作应已完工,并应验收合格;

6 除机、炉主体设备外,本工程设计的附属设备系统及外围公用系统应已完成分部试运行,并应具备使用条件;

7 锅炉压力试验应合格,煮炉工作应已完成;

8 锅炉吹管工作应结束,蒸汽压力试验应合格,锅炉安全阀整定应已完成;

9 水泥生产线运行应稳定,并应在近期无检修计划。

14.3.4 在整套启动试运行前应完成的分部试运行、调试和整定项目,均应已全部完成,分部试运行技术资料应齐全,并已办理分部试运行阶段的分系统试运行质量评定表签证。

14.3.5 整套启动试运行调试工作开始前,应做调试条件检查,填写“整套启动试运行条件检查表”。“整套启动试运行条件检查表”宜按本规范附录 E 的格式填写。

14.3.6 空负荷试运行应包括下列内容:

1 余热锅炉启动,升温、升压;

2 汽轮机冲转、机组轴系振动及轴向位移监测;

3 调节保安系统有关参数的调试和整定,速度变动率和迟缓率的测定;

4 汽机主汽门、调节汽门的压力试验;

5 电气试验;

6 汽轮发电机组超速保护试验;

7 并网带初负荷;

8 发电机短路试验、发电机空载试验、发电机 10% 阶跃测试、灭磁时间常数测定、发电机残压测量;

9 解列,超速试验。

14.3.7 带负荷试运行应分阶段接带负荷。调试项目应包括下列内容：

- 1 相应的投入和试验各种保护及自动装置；
- 2 汽水品质监督、调整；
- 3 真空压力试验；
- 4 启停试验。

14.3.8 机组 72h 试运行考核应满足下列条件：

- 1 机组应连续运行；
- 2 有抽汽、补汽功能的机组应投切正常；
- 3 发电功率应大于设计值的 85%；
- 4 汽水品质应合格；
- 5 电气继电保护及自动装置应正常投入；
- 6 热工仪表、保护及自动装置应正常投入。

14.3.9 完成 72h 试运行考核后,应及时办理“机组启动验收交接书”的签字手续。“机组启动验收交接书”宜按本规范附录 F 的格式填写。

14.3.10 完成整套启动试运行的各分系统应办理本阶段空负荷试运行、带负荷试运行、72h 试运行考核的分系统试运行质量签证。“分系统试运行质量验收表”宜按本规范附录 D 的格式填写。

14.3.11 完成整套启动试运行的机组,应办理整套启动试运行质量签证。“整套启动试运行质量评价表”宜按本规范附录 G 的格式填写。

14.4 竣工验收

14.4.1 机组交接手续签字后应办理建设项目竣工验收,并应组织工程的验收工作。

14.4.2 竣工验收应包括自检和验收两个步骤,并应符合下列规定：

- 1 各施工单位应按本规范的规定整理好文件、技术资料,提

交竣工申请报告,建设方应在收到验收申请后立即开展竣工验收工作;

2 验收过程中,应通过对工程档案资料进行审核,结合实地察验建筑工程和设备安装情况,对工程质量作出全面的评价后,形成工程竣工验收报告,并应对遗留问题提出具体解决意见,以及落实完成的限期;

3 对评价为不合格的工程不予验收,应列出不合格项清单,并应限定整改和再次验收的时间。

14.4.3 竣工验收所需的文件、记录、资料,应满足本规范第3.6.8条的要求。

附录 A 余热发电工程施工质量验收表

A.0.1 余热发电工程检验批施工质量验收记录应按表 A.0.1 的格式填写。

表 A.0.1 检验批施工质量验收表

工程代号及名称：_____

分项工程名称					验收部位	
执行标准						
施工项目经理			专业工长		施工班组长	
性质	序号	检验项目	单位	质量标准	检验结果	备注
主控 项目						
一般 项目						
验收结论： <div style="text-align: right;"> 监理方： </div>						
会签各方			意 见	签 字	日 期	
施 工						
制 造						
监 理						
总 承 包						
建 设						

A.0.2 余热发电工程分项工程施工质量验收记录应按表 A.0.2 的格式填写。

表 A.0.2 分项工程施工质量验收表

工程代号及名称:

分部工程名称				
序号	分项工程名称	性质	检验结果	备注
验收结论：				
监理方：				
会签各方		意 见	签字	日期
施工				
制造				
监理				
总承包				
建设				

表 A.0.3 分部工程施工质量验收表

工程代号及名称: _____

A.0.4 余热发电工程单位工程施工质量验收记录应按表 A.0.4 的格式填写。

表 A.0.4 单位工程施工质量验收表

工程代号及名称：_____ 编号：_____

单位工程名称				结构类型		建筑面积	m ²
施工方					技术负责人		
项目经理			项目技术负责人		开/竣工日期		
序号	项目	验收记录			验收结论 (由监理方或建设方填写)		
1	分部工程	共 分部,检查 分部; 符合设计文件、标准 分部					
2	质量控制 资料复查	共 项,经查合格 项; 经核定符合规范要求 项					
3	安全使用功能 核查、抽查结果	共抽查 项,符合要求 项; 经核查 项,符合要求 项; 经返工处理符合要求 项					
综合验收结论:							
建设方(公章、签字):							
参 加 验 收 单 位	总承包方	设计方		监理方		施工方	
	(公章)	(公章)		(公章)		(公章)	
	单位(项目) 负责人:	单位(项目) 负责人:		总监理 工程师:		单位(项目) 负责人:	
	年 月 日	年 月 日		年 月 日		年 月 日	

附录 B 分系统调试条件检查确认表

表 B 分系统调试条件检查确认表

工程代号及名称：_____ 机组：_____ 专业：_____ 系统：_____

序号	检查内容	检查结果	备注	
检查结论				
会签各方		意见	签字	日期
安装				
运行				
监理				
总承包				
调试				

附录 C 设备、系统代保管签字表

表 C 设备、系统代保管签字表

工程代号及名称: _____ 机组: _____

代保管的设备、系统名称:_____

<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 40%;"> <p>检查结论：</p> </div> <div style="width: 60%;"></div> </div> </div> <div style="height: 150px; vertical-align: top; padding: 10px;"> <p>遗留的主控问题及处置意见：</p> </div>				
会签各方		意 见	签 字	日 期
安 装				
运 行				
监 理				
总 承 包				
调 试				

附录 D 分系统试运行质量验收表

表 D 分系统试运行质量验收表

工程代号及名称：_____

专业名称：_____系统名称：_____阶段：_____

序号	检验项目	性质	单位	质量标准	检查结果	评定结论	
						自评	核定
分项 总评					分项等级		
会签各方			意 见		签字	日期	
安装							
运行							
监理							
总承包							
调试							

附录 E 整套启动试运行条件检查确认表

表 E 整套启动试运行条件检查确认表

工程代号及名称：_____ 机组：_____ 阶段：_____

序号	检查内容	检查结果	备注	
检查结论：				
会签各方		意见	签字	日期
安装				
运行				
调试				
监理				
总承包				

附录 F 机组启动验收交接书

_____工程_____机组

机 组 启 动 验 收 交 接 书

建设方：_____

总承包方：_____

设计方：_____

监理方：_____

土建方：_____

安装方：_____

调试方：_____

机组交接签字日期： 年 月 日

参加工程建设各方代表签字表

参加单位		代 表 签 字
建设方		年 月 日
总承包方		年 月 日
设计方		年 月 日
监理方		年 月 日
施工方	土建	年 月 日
	安装	年 月 日
调试方		年 月 日

附录 G 整套启动试运行质量评价表

表 G 整套启动试运行质量评价表

工程代号及名称：_____ 机组名称：_____

检查项目		分项总数 (个)	分项总评	专业总评	阶段总评
分系统 调试	锅炉				
	汽机				
	电气				
	热控				
	化学				
	消防				
整套启动 试运行条件	试运行现场条件				
	试运行组织机构、 人员配备和技术 文件条件				
空负荷	锅炉				
	汽机				
	电气				
	热控				
	化学				
带负荷	锅炉				
	汽机				
	电气				
	热控				
	化学				

续表 G

检查项目		分项总数 (个)	分项总评	专业总评	阶段总评
设计负 荷试运 行 72h	锅炉				
	汽机				
	电气				
	热控				
	化学				
机组质 量评语					
会签各方		意 见	签 字	日 期	
建设					
总承包					
设计					
监理					
安装					
调试					

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150
- 《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203
- 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
- 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236
- 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB/T 50300
- 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
- 《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502
- 《建材工业设备安装工程施工及验收规范》GB/T 50561
- 《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601
- 《建筑电气照明装置施工与验收规范》GB 50617
- 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683
- 《通风与空调工程施工规范》GB 50738
- 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 《惰性气体保护电弧焊和等离子焊接 切割用钨钼电极》GB 4191
- 《氩》GB/T 4842
- 《溶解乙炔》GB 6819
- 《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293

《个体防护装备选用规范》GB/T 11651
《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145
《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470
《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523
《用电安全导则》GB/T 13869
《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
《国家电气设备安全技术规范》GB 19517
《火力发电厂异种钢焊接技术规程》DL/T 752
《火力发电厂焊接热处理技术规程》DL/T 819
《焊接工艺评定规程》DL/T 868
《焊接用二氧化碳》HG/T 2537
《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223
《建筑变形测量规范》JGJ 8
《承压设备无损检测》NB/T 47013
《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014
《锅炉安全技术监察规程》TSG G0001

中华人民共和国国家标准

水泥工厂余热发电工程施工与
质量验收规范

GB 51005 - 2014

条 文 说 明

制 订 说 明

《水泥工厂余热发电工程施工与质量验收规范》GB 51005—2014,经住房和城乡建设部 2014 年 6 月 23 日以第 458 号公告批准发布。

本规范在制订过程中,编制组对我国水泥工厂余热发电施工验收及施工质量评价进行了大量的调查研究,总结了我国水泥工厂余热发电工程建设的实践经验,同时参考了国外先进施工技术法规、技术标准。

为便于广大施工、监理、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《水泥工厂余热发电工程施工与质量验收规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,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,并着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供读者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(173)
2	术 语	(175)
3	基本规定	(176)
3.1	施工依据	(176)
3.2	施工准备	(176)
3.3	施工过程	(178)
3.4	施工安全	(180)
3.5	环境保护	(181)
3.6	工程验收	(182)
4	余热锅炉	(187)
4.2	锅炉钢架及有关附件	(187)
4.3	承压部件	(187)
4.4	附属管道、设备	(187)
4.6	工程验收	(187)
5	烟风管道及相关设备	(188)
5.1	一般规定	(188)
5.2	烟风管道组合与安装	(188)
5.6	烟风管道膨胀节安装	(188)
6	汽轮机组	(189)
6.1	一般规定	(189)
6.2	汽轮机本体安装	(189)
6.4	调节保安系统和油系统	(190)
7	管 道	(191)
7.5	管道系统的试验和冲洗	(191)

8	焊 接	(192)
8.3	焊前准备	(192)
8.6	工程验收	(192)
9	热工仪表及自动化控制装置	(193)
9.2	取源部件及敏感元件的安装	(193)
9.4	控制盘(台、箱、柜)的安装	(194)
9.5	管路的敷设和连接	(194)
9.6	防护与接地	(194)
9.7	热工自动化仪表及控制装置调试	(195)
10	电气设备及系统	(197)
10.2	桥架施工	(197)
10.3	电缆敷设	(197)
10.4	成套高压开关柜	(198)
10.6	发电机	(199)
10.7	变压器	(199)
10.8	电机	(200)
10.9	母线装置	(201)
10.10	电气二次回路接线	(201)
10.11	直流系统装置	(201)
10.12	继电保护、电气测量和自动装置	(201)
10.13	接地网系统	(202)
11	水处理	(203)
11.1	一般规定	(203)
11.9	防腐工程	(203)
11.11	热力设备启动试运行中的化学监督	(203)
12	建筑工程	(204)
12.1	一般规定	(204)
12.2	地基基础	(204)
12.4	钢结构	(204)

12.5	设备基础与地下沟道·····	(204)
12.6	施工测量及沉降观测·····	(205)
12.8	工程验收·····	(206)
13	油漆保温·····	(207)
13.3	管道保温·····	(207)
14	整套启动调试和验收·····	(208)
14.1	一般规定·····	(208)
14.2	分部试运行·····	(208)
14.3	整套启动·····	(208)
14.4	竣工验收·····	(209)

1 总 则

1.0.1 本条明确了编制本规范的目的,即为规范水泥工厂余热发电工程施工及质量验收行为。设计和生产运营中的质量问题不属于本规范范畴。

本规范统一了余热发电工程的施工要求,施工质量验收方法、程序和指标。

本规范制订原则:注重过程控制、完善操控手段、强化验收环节、实施验评分离。验评分离旨在对有创建优秀工程目标的项目才进行质量评价,本规范不包括质量评价的内容。

1.0.2 水泥工厂余热发电是利用水泥制造烧成过程产生的废气进行余热回收利用,采用以水为介质的热力循环系统进行发电、供热。其他行业若利用废气余热发电、供热的,其工程的施工和质量验收也可参考本规范。

1.0.4 采用非水工质热力循环系统的余热发电工程国内外尚不普及。余热发电采用非水工质循环与常规的以水为工质的朗肯循环在系统配置及装备上差别较大,在国际范围内也没有完善的施工与质量验收规范。本条明确非水工质热力循环系统施工与质量验收应执行非水工质循环相关设备技术文件的规定,而工程公用部分可执行本规范相关规定。

1.0.5 水泥工厂余热发电工程施工与质量验收除应按本规范规定执行外,还应遵守国家及有关行业颁发的质量管理、安全技术、监察、劳动保护及消防等方面的规定。应符合国家现行标准《工程建设施工企业质量管理规范》GB/T 50430、《职业健康安全管理体系要求》GB/T 28001、《环境管理体系要求及使用指南》GB/T 24001 以及《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 的有关规定。

关于工程质量验收,我国电力行业已有成套的“电力建设施工及验收技术规范”DL 和 DL/T 系列,但都适用于中压以上大机组。水泥工厂余热发电工程规模小,在工厂中仅为一个车间,发电单机容量小、压力等级低,但其工程技术内容除没有燃烧系统外,与火力发电厂大致相同,本规范在某些方面没有规定的,可参照执行电力行业相关规定。

余热发电工程中还有建筑、结构、水暖电等通用建筑工程的施工验收,现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《工业安装工程施工质量验收统一标准》GB 50252 等规范已有规定,本规范仅对水泥工厂余热发电工程和近年来工程实践反映突出的问题作了规定,没有规定的部分还应执行相应的规范。

2 术 语

2.0.1 目前余热发电采用的是以水为介质的热力循环,称为朗肯循环,这是经典的热力循环系统。本规范所述“非水工质”热力循环系统,是指以混合物或有机工质作为介质的热力循环系统。利用其沸点温度低的特性,在低温余热利用方面具有应用前景。

2.0.7 试运行组织机构为临时机构,不同于电力行业通常设置的电站启动验收委员会。电站调试 72h 考核完毕移交建设方后,试运行组织机构的工作即告结束。试运行组织机构由建设方、设计方、施工方、工程监理方、调试方等单位的代表组成。相对于电力行业的启动验收委员会,试运行组织机构不负责工程的政府验收。对于工程总承包形式,可由总包方牵头组织试运行组织机构,而对于建设方自行实施的工程,由建设方组织试运行组织机构或成立电站启动验收委员会。

3 基本规定

3.1 施工依据

3.1.2 本条明确了余热发电工程施工依据是设计文件和设备技术文件,也包含原单位对这些文件的修改。作为依据,文件应是书面的。应注意,施工方不得修改这些文件,避免因对原设计文件意图不了解,或对设计控制不清楚,擅自修改而造成质量事故。

3.1.3 为确保工程质量,本条要求所有的设备制造单位,应具有国家行政监督管理部门颁发的相关制造许可证,设备及主要部件应有出厂合格证。“主要部件”通常指烟风管道阀门及执行机构、压力管道阀门、管道膨胀节、电气箱盘及重要配件等。“主要材料”通常指钢材、电缆、保温材料等。

3.1.4 本条规定了设备安装前应进行复查。对于发现的缺陷,无论是设备制造缺陷,还是保存、运输、倒运等环节发生的缺陷,都应进行分析处理并签证。

3.1.6 本条对安装施工应贯彻国家节能减排政策,淘汰落后的高耗能工艺技术和产品作出了规定,提倡使用国家和行业推荐的节能设备,如逆变式电焊机和能耗低、效率高的手持电动工具、变频技术的节能施工设备等。

3.2 施工准备

3.2.1 本条对施工准备这一重要环节作出了规定,要求施工前施工人员要熟悉设计文件、理解设计意图,通过设计文件会审发现问题、解决问题。其中,当施工工艺需要适当修改设计文件时,要求施工方在施工前以正式书面形式提出。通过设计交底进一步理解设计意图,就有关问题进行交流。设计文件会审、设计交底提出的

问题若涉及设计文件修改,规定中强调应形成书面文件作为依据。

3.2.2 施工组织设计审批应按《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502规定执行。施工组织总设计应由总承包方技术负责人审批;单位工程施工组织设计应经施工方技术负责人或技术负责人授权的技术人员审批;施工方案应经项目技术负责人审批;重点、难点分部工程和专项工程的施工方案,应经施工方技术部门组织相关专家评审、施工方技术负责人批准。由专业承包单位施工的分部工程或专项工程的施工方案,应经专业承包方技术负责人或技术负责人授权的技术人员审批;有总承包单位时,应由总承包方项目技术负责人核准备案。另外,本条对项目的施工组织设计除按规定编制外,提出了应注意的余热发电工程特有的具体要求。

施工组织设计中应制定不影响现有水泥工厂的正常生产及检修的施工方案或措施,还应注意烟风管道与水泥生产线烟风管道的对接时机。余热锅炉的煮炉是利用水泥生产线烟风余热进行,因此要求烟风管道应在煮炉前完成对接。烟风管道对接应在水泥生产线停运后进行。若计划煮炉时间处于水泥生产线运转期时,烟风管道对接面临三种选择:

- (1)进度推后等待水泥生产线停运检修;
- (2)积极联系水泥生产线临时停运;
- (3)提前对接。

提前对接是指计划煮炉时间距水泥生产线停运检修还有较长一段时间,应在上一次水泥生产线检修时,采取不影响生产运行的措施进行烟风管道对接。上述情况在施工组织设计中应有所预见和对策。另外,由于水泥生产线检修时间较短,为确保工程质量和施工安全,应制定管道对接施工的合理工期。

当余热发电与水泥生产线同步建设时,烟风管道的对接应与水泥生产线的施工同步,而余热发电与水泥生产线施工往往不是同一个安装单位,应协调好余热发电施工与水泥生产线施工的进度、场地、交通、起重机械的配合。

除了烟风管道与水泥生产线烟风管道的对接外,还有余热锅炉的回灰与水泥生产线回灰系统的对接、供电系统与水泥生产线的对接,生产、生活、消防给排水管网与水泥工厂相应管网的对接等,也应选择适当的时机进行,所有对接不得影响水泥工厂的正常运行。

当余热发电工程为技改项目时,施工过程应给水泥熟料生产线的现有建筑及设施留有足够的安全空间及必要的防护措施,不得占用水泥工厂的交通运输通道,不得影响水泥工厂的正常生产。

3.2.4 本条对施工过程中所使用的量具、衡器的合法性作出了规定。法定计量管理规定要求计量器具应是具有国家批准的制造许可单位的产品,使用中应按规定对计量器具进行定期检定,且应在检定有效期内使用。

3.2.5 本条对进场的设备、施工材料及构件等检验要求作了规定。要求到货的设备、材料及构件等均应有合格证书。设备、材料的合格证书是工程验收的重要依据,为避免遗失,应建档保管。水泥、承重钢材、特殊管道及配件、烟风管道阀门、耐火保温材料、润滑油脂、焊条等进场应有合格证书、材质证明。设备、材料的保管应采取防潮、防水、防损及怕晒器材的防晒等妥善保管措施。其中对质量有怀疑的,应进行验证,必要时应送具有相应资质的单位进行检测。对有怀疑和待验证的设备、材料应与合格的设备、材料隔离存放,还需加标识避免用错。妥善保管既可避免退货时因保管不善而引起纠纷,也可为了让步(对不符合规定要求但无碍大局的结果予以认可的行为)使用创造条件。

3.3 施 工 过 程

3.3.1 保持现场整洁是文明施工的要求。设备、管道内不得存留杂物,尤其是各类小直径管道、余热锅炉联箱等。如有杂物封留在设备和管道内,既难发现又不好排除,将为运行留下隐患。

3.3.2 本条对现场自行加工制作的成品或半成品部件、现场配制的材料的检查作了规定。成品或半成品部件通常包括烟风管道、大直径循环水管道、桁架等；现场配制的材料通常指保温材料，烟风管道耐热、耐磨衬里涂料等，这些均要求进行检查，检查依据是设计文件。

3.3.4 本条强调检验批、分项工程、分部工程应及时验收。上一道工序未验收合格就进行下一道工序施工将造成工程隐患，若整改将付出经济代价并会影响工程进度，为此规定，上一道工序未经检查验收合格，不得进行下一道工序施工。本条还强调隐蔽工程在隐蔽前应经检查验收。

3.3.5 为保证设备安装的安全、顺利进行，本条对设备安装前建筑工程的完成状态提出了基本要求。

3.3.6 本条对在施工中改变建筑物、构筑物的结构受力作出了规定。

1 余热发电技改工程一般都要在窑头看火平台楼板、屋面等处开设孔洞，正常情况下设计文件作了相应的处理。本款规定是针对以下两种情况：一是现场的开洞及荷载位置按设计文件需要改变定位时；二是原有建筑物和本工程建筑物设计文件未作规定的孔洞。如果任意打砸孔洞，将损坏承力钢筋和预应力钢筋，给工程带来安全隐患。

2 设计外的荷载（如起吊重物、拉设拦风绳、堆放设备及较重部件等产生的荷载）加在工程建筑结构构件上，将会造成安全隐患。

3 当安装工程需要改变建筑物、构筑物的结构受力时，为避免构件损坏造成事故，保证既有建筑物结构安全，应进行校核计算，经设计方确认并取得相应技术文件，否则不得施工。

在原有建筑物、构筑物上开洞、安装支架时，应采取有效防护措施，确保水泥生产线正常运行。

3.3.7 本条对技改、扩建项目施工安全措施作了规定，要求施工

时工地与水泥工厂车间应设置隔离防护设施。隔离防护设施的作用:防止水泥工厂人员、车辆进入电站施工区域内受到意外伤害;电站施工按照划定的区域进行,不能影响水泥工厂的正常生产、运输;施工中高空作业下方的设备、管线、电缆桥架、设施等应做临时局部防护措施。

3.3.8 本条对施工记录和工程验收应准备的文件作出了规定。这些文件应在施工过程中记录、验证合格并建档留存,作为工程验收时的重要依据。

3.4 施 工 安 全

3.4.5 本条第2、3款涉及人员安全的压力容器、施工升降机,确定为强制性条款,必须严格执行。对压力容器,强调了未经检验或定期检验不合格的压力容器严禁继续使用;对于到期没有检验超期使用的,视为未经检验,也在严格禁止使用之列。对施工机具安全作了严格规定,强调必须安检合格方能投入使用。新装、拆装或大修后的施工升降机,在使用前的安检包括负荷试验、检验保护、刹车、限位开关和灯光信号等,符合规定并取得合格证或准用证后方可投入使用。上述的检验必须经法定检测机构检查验收,检验合格后方可投入使用。

3.4.8 本条第3款~第5款为强制性条款,因涉及人员安全,必须严格执行。

3 本款的规定,意在避免物件、工具意外坠落,伤及下面的施工人员。在技改工程中,现有水泥生产线人员在此垂直空间的相关生产作业活动,也视为同时垂直作业。此时应协调水泥生产线作业,或采取确保安全的防护措施。

4 为确保安全,进场人员必须戴安全帽,高处作业的施工及检查人员必须佩戴安全带;作业人员应按实际需要配备具有防滑、绝缘、防砸和防刺穿等功能的安全鞋。依据作业类别配备个人防护装备,防护装备的质量应符合相应产品标准规定,防护装备应在

有效使用期内,否则达不到保护人员安全的目的。

5 在雷、雨、雪等恶劣天气中室外高处作业人员的安全隐患较大,大风天气的露天吊装、高处作业安全得不到保障,故规定应停止作业。

3.4.9 本条涉及人员财产安全,对动火作业区和作业过程的管理作了规定,为强制性条文,必须严格执行。

1 为防止动火作业区域内的火灾发生,在焊接、切割、烘烤或加热等动火作业前,应对作业现场的可燃物、易爆物进行清理;对于作业现场及附近无法移走的可燃物、易爆物,应采用不燃材料将其覆盖或隔离,确保不引发火灾、爆炸。

2 在使用化学危险品作业时,尤其是室内使用可燃、易燃、易爆危险品作业时,应保持良好通风,为防止火灾、爆炸事故,该区域严禁动火作业。

3 在设备管道或狭小空间内动火作业时,为防止作业人员缺氧、中毒,应采取通风换气措施,要求作业区空气氧含量不得低于18%。

4 现场动火作业区灭火器的配置应按照现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 经计算确定,并满足现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 要求;为确保消防车辆顺利抵达现场,消防通道应畅通。

5.6 动火作业区应设置安全警示标志,并设专人负责火灾监控,作业结束后,应检查并消除火灾隐患,这是对动火作业管理防患于未然的基本要求。

3.5 环境保护

3.5.1 本条第7款按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定,对放射源的保管悬挂警示牌,应制定安全使用规定和防护措施。

3.5.2 本条第2款为强制性条款,必须严格执行。废弃物焚烧产

生的烟尘是大气污染的重要污染源,尤其是一些塑料制品的燃烧可能产生有毒气体。为了保护环境,特规定严禁在施工现场焚烧废弃物。

3.5.3 本条第3款为强制性条款,必须严格执行。危险废弃物系指有毒、易燃、易爆的物品,包括施工剩余的油漆、油漆稀释剂、酸、碱、废机油、废柴油等,以及盛装上述物品的容器。上述废弃物品严禁随意泼洒或倒入排水管道,废弃物容器也不得随意丢弃。对上述危险废弃物应由专业人员组织回收,以避免对人和环境造成危害。

3.6 工程验收

3.6.2 本条对工程质量验收的程序、组织及责任作出了规定。附表A工程验收内容分解为检验批、分项工程、分部工程、单位工程,对主控项目还要作出明确规定。在工程总承包模式下,有的总承包方具有相应的设计、设备制造资质,作为验收方,他可以代表设计、制造单位,具体操作中总承包方应与建设方协商验收单位名单,最终由建设方确定。附表A为通用规定,由于工程情况千变万化,可依据工程的实际情况,对规定内容进行必要的增删。

3.6.3 本条对余热发电工程质量控制的主要方面作了规定。第一,对于进场的主要材料、构件、器具和设备应进行现场检查验收,重点是对涉及安全的有关产品应按本规范相关条款复验;第二,每道工序完成后应进行质量检查,检查标准是施工验收标准;第三,每道工序完成后除自检外,还要求交接检验,上道工序应满足下道工序施工条件要求,使之成为质量保证的前提。本条要求所有检验都要留有记录作为证据。

3.6.4 本条第4款规定了检验批的质量检验方案的选择。不管是计量还是计数检验,都应根据检验项目的特点选择抽样检验或全数检验,检验次数分为单次或多次。关于检验方案不局限于上述方法,对于经实践证明行之有效的检验方案也可以选择。

3.6.5 本条规定了各专业施工方应依据工程实际情况自行编制质量验收范围划分表中的内容。检查的项目可以参照国家现行电力行业标准《电力建设施工质量验收及评定规程》DL/T 5210.1~8 编制,但是该标准适用于火力发电的中压、高压大型机组,而水泥工厂的余热发电工程基本上是低压小型机组,故验收检查项目应依据低压小型机组的工程情况编制检查表,不可照搬照抄,也不要将主控项目改为一般项目,更不要任意削减应检查的项目。

本条关于工程质量验收层次的划分与现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB/T 50300 保持一致。该标准规定单位工程中还可设立“子单位工程”,分部工程中还可设立“子分部工程”,考虑到余热发电在水泥工厂仅是一个车间工程,规模较小,本规范就不设立“子单位工程”与“子分部工程”了。其中,作为工程质量验收的基础单位“检验批”的设立,是对以往工程验收检验基本单位分项工程的细化,是进一步加强施工过程质量控制要求的重要手段,与目前工程管理质量要求一致。检验批的设立有利于及时纠正施工中出现的质量问题,确保工程质量,提高工作效率,并具有可操作性。

3.6.6 本条规定了质量验收各个层次的合格标准。

1 对于检验批的检验要求有三个方面的,即主控项目、一般项目(主控项目之外所有项目)和资料检查。其中资料检查是检查质量控制资料,检查从材料、设备进场到验收各个施工工序的操作依据、检查记录和质量管作业文件的完整性,实质上是对施工质量过程控制的确认,这是检验批质量验收合格的前提。

为保证质量,保证检验批的质量满足功能和安全的基本要求,本规范各有关章节对专业质量验收检验批中的主控项目、一般项目合格标准均作了明确规定。

主控项目对工程质量影响具有关键作用,故要求抽样检验全部合格,不允许有不合格检验结果的存在,可以理解为严格到一票否决。

通常采用计数检验的一般项目合格率要求达到 80% 以上,余下的 20% 不合格检查点不得有严重缺陷。严重缺陷在本规范相关章节作了明确规定。

2 在检验批验收的基础上进行分项工程质量验收,由于验收性质相同或相近,只是检验批的量多少不同,通常把检验批的验收资料汇总起来检查其完整性,确认满足要求即可以对该分项工程验收。

3 分部工程的质量验收是在分项工程质量验收合格基础上进行的,作为质量验收的前提,质量控制资料文件必须完整。考虑到分部工程中各个分项工程性质不同,不能简单地将分项工程做简单组合来验收,应增加检查内容。其中,涉及安全、使用功能的分项工程(如地基基础、单机试车、单系统联动等见证取样检验、测试记录等)应满足要求。

4 单位工程质量验收是工程综合验收的一个重要环节,也是业主较为关心的验收内容。规定验收合格条件有 4 个,在所有分部工程的质量验收均合格、质量控制资料完整外,还应对以下三个方面进行检查:

(1)对分部工程所涉及的安全、使用功能检测资料应进行复核,核查检测资料的完整性,不能有漏项、漏检;对分部工程验收时补充进行的见证抽样检验报告也要进行复核。这项规定体现了对所涉及的安全、使用功能验收的重视。

(2)必要时对分部工程涉及使用功能进行抽查复验,抽查项目范围应在检查资料基础上,由参加验收各方人员商定检验部位、方法。

(3)由参加验收的各方人员共同对工程观感质量检查。观感质量检查只能通过看、摸和简单测量,其观察印象结论又受检查人员的学识、经验影响。检查结论不能给出“合格”或“不合格”,只能给出综合质量评价。

5 整体工程质量验收是工程竣工最后一次验收,也是业主最

为关心的验收。重点要求整套启动 72h 考核合格、工程档案齐全。整套启动 72h 考核具体要求见本规范第 14 章“整套启动调试和验收”的具体规定。

3.6.7 本条规定了验收出现了质量不符合要求时的处理办法。通常情况下,不合格现象在工程最初始的验收(即检验批)中就应该发现和及时处理,否则将影响后续的分项工程、分部工程的验收。本规范的宗旨是强化过程控制,要求将质量隐患消灭在萌芽状态。当出现个别质量不符合要求的情况时,处理原则是对不影响质量、安全运行、使用功能、使用寿命的缺陷可按技术处理方案和协商文件验收,否则不得验收。

1 检验批严重的缺陷应返工、推倒重来,一般性的缺陷可通过返修、翻修或更换器具、设备予以解决,应允许施工方在采取相应的措施后重新验收。如能够符合相应的专业工程质量验收规范,则应认为该检验批合格。

2、3 这两款涉及经返工、返修处理和无法返工、返修的项目。出现性能差异的验收要注意以下几个环节:①检测鉴定,应请有资质的单位进行;②协商,由建设方依据验收范围会同相应的设计、制造、监理、施工方协商;协商内容,重点就安全运行、使用功能方面作出结论或技术处理方案;要求形成协商文件作为验收依据。

检测鉴定若出现达不到设计要求,但经原设计方核算仍能满足结构安全和使用功能的情况时,该检验批可以予以验收。设计规范中给出的是满足安全和功能的最低限度要求,而往往设计都会留有一些余量。

当产生的缺陷不能满足最低限度的安全储备或使用功能时,则必须按一定的技术方案进行处理,使之能够满足。这样可能会造成一些永久性的缺陷,例如,改变结构外形尺寸会影响一些次要的使用功能等。为了避免更大的损失,在不影响安全和主要使用功能条件下,可按处理技术方案和协商文件进行验收。此时责任方应承担经济责任,但不能作为轻视质量而回避责任的一种理由。

6 本款为强制性条款,必须严格执行。规定经返工、返修处理的分部工程仍不能满足安全使用要求的,严禁验收。这里强调的是安全使用,因涉及人员、生产、财产的安全,故规定“严禁验收”。不验收意味着必须重新施工、重新验收。

本条中出现两个术语,其含义如下:

返工——对工程质量不满足要求的部位进行重新制作、施工。

返修——对工程质量不满足要求的部位进行整修。

4 余 热 锅 炉

4.2 锅炉钢架及有关附件

4.2.3 锅炉钢架组合焊接时要求注意焊接顺序和留有适当的焊接收缩余量,这是为防止焊接后组合尺寸超出允许偏差而采取的措施。

4.3 承 压 部 件

4.3.5 基准蛇形管安装中,应注意检查蛇形管与集箱管头对接情况和集箱中心距蛇形管端部的长度偏差;在安装管片前将振打杆安装就位,并用临时支撑固定,是为了方便过热器、蒸发器、省煤器管系中夹板的定位、焊接。

4.4 附属管道、设备

4.4.2 管道上的节流设备包括调节阀、流量计等。

4.6 工 程 验 收

4.6.3 工程验收时,施工方应提交锅炉安装监督检验证书,现行行业标准《锅炉安全技术监察规程》TSG G0001 规定,锅炉的安装过程应当经过检验检测机构依照相关安全技术规范进行监督检查,未经监督检查合格的锅炉不得交付使用。依据规定的监督检查内容进行安装监督检查合格,将出具监督检查证书。通常是由施工方准备相关资料,建设方验收,锅炉检验检测机构监督检查,合格后出具“锅炉安装质量证明书”。

5 烟风管道及相关设备

5.1 一般规定

5.1.1 本条的烟风管道系指水泥生产线废气与窑头、窑尾余热锅炉衔接的烟风管道。

5.2 烟风管道组合与安装

5.2.3 本条对烟风管道安装时需要注意的事项作了规定。

6 本款为强制性条款,必须严格执行。水泥生产线的窑尾废气温度为 $340^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 、窑头废气温度为 $250^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$,有些生产线废气温度更高。技改工程中烟风管道与生产线的对接施工时,为防止作业人员烫伤,规定水泥生产线停止运行后,必须在原有管道表面温度低于 50°C 时再进行施工。

5.6 烟风管道膨胀节安装

5.6.2 水泥生产线粉尘具有半水硬性,为防止沿膨胀节内套筒开口进入内波纹空腔,当积灰填满波纹空腔后波纹不能活动进而失去补偿作用。因此,要求安装前应核查膨胀节的气流方向和管道内的积灰流向。检查时以气流方向为准,膨胀节内套筒开口位置:当气流向上(含斜上)时,开口位置应在气流起始端;当气流水平、向下(含斜下)时,开口位置应在气流末端。

6 汽 轮 机 组

6.1 一 般 规 定

6.1.2 当安装环境温度低于 5°C 时,对于测量工具、施工安全、设备安全均会造成隐患,并影响汽轮机的安装精度;另外,对于一些用水试漏的设备,安装时可能内部有水,温度过低容易冻坏设备;除此之外,安装作业人员在低温环境时,操作动作会受到一定的影响,不能保证施工质量,长时间在低温环境下工作,对施工人员的身体也会有一定的损害,故规定施工时车间内温度不宜低于 5°C 。

6.2 汽轮机本体安装

6.2.1 本条对设备基础验收检查作了规定。台板位置基础标高偏差规定为 $\pm 5\text{mm}$,如偏差超过 5mm 时,容易造成垫铁过高或基础需大量处理才能满足安装要求。螺栓孔中心线之间的距离偏差规定为 $\pm 5\text{mm}$,过大会造成螺栓蹭边现象,影响安装或造成紧固刚性不足。

6.2.2 垫铁、台板安装规定,要求平垫铁周边应有 45° 倒角,是为了避免边缘处形成毛边影响接触,且易于采用塞尺进行检查。

6.2.4 关于前轴承座煤油渗透试验,一般要求煤油深度应能超过润滑油回油口的 $2/3$ 高度,进行 24h 的煤油渗透试验应无渗漏。

6.2.5 余热发电机组一般规模较小,不存在汽缸组合的问题,重点是进行汽缸检查。本条规定了汽缸检查的主要内容和要求。

3 本款要求中,如果出现在无螺栓紧固的情况下 0.05mm 塞尺检查能够进入,而在螺栓紧固的情况下 0.03mm 塞尺检查塞不进,则验收以紧固后的检查结果为准。

4 本款规定为经验要求。

6.4 调节保安系统和油系统

6.4.3 本条对油系统安装中的注意事项作了规定。其中第7款是强制性条款,必须严格执行。规定有三点要求:

(1)对事故放油管路中的阀门要求必须采用明杆阀,目的是事故中一旦手轮出现故障,可借助其他工具开启明杆阀门,及时放油,以避免事故扩大;

(2)事故放油管阀门工作压力虽然不大,但若有渗漏会影响正常生产,故要求对阀门进行试压,确保不漏;

(3)为确保系统调试期间安全,要求油箱注油前放油管应安装完毕并确认畅通,一旦出现事故能够顺利放油,这是防患于未然的基本要求。

7 管 道

7.5 管道系统的试验和冲洗

7.5.1 水泥窑余热发电属中低温范畴,管道的压力试验相对于《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235,明确了使用水作为压力试验介质。但对于主汽管道,其设计温度一般也会达到400℃以上,因此有些工程中也用到了合金钢管道,故本规范对于设计压力高于试验压力的管道也规定了试验压力的修正。

管道压力试验是检验系统安装质量的必需步骤,要求相关方应在试验结果的压力试验签证单上签字、确认。考虑到工程实施具体情况,如为总承包模式时,表中的验收会签应增加总承包方。

5 这里的系统内设备指的是系统内容器、阀门或泵。

8 焊 接

8.3 焊 前 准 备

8.3.2 焊接接头的形式、坡口尺寸可按现行行业标准《火力发电厂焊接技术规程》DL/T 869 中表 1“焊接接头基本形式及尺寸”的规定执行。

8.6 工 程 验 收

8.6.1 工程类别和焊接接头类别按现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程第七部分：焊接》DL/T 5210.7 和《火力发电厂焊接技术规程》DL/T 869 的规定执行。

无损检测标准系指现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013。

9 热工仪表及自动化控制装置

9.2 取源部件及敏感元件的安装

9.2.9 本条规定了温度取源部件安装的各项要求。

1 测温元件应避免装在涡流区域(如弯头以及管道和设备的死角附近),从而导致测温不准。

为防止测温元件在运行中折断,除不得安装在河流区域、剧烈振动及共振影响的区域外,对低、中压大流速管道(如循环水管道、厂用蒸汽管道等),由于介质流速大,易将测温器件冲断,应在安装测温元件插座时加装保护管,或在其上游加装保护圆棒等措施,避免测温元件直接受介质冲击。

5 水平安装的测温元件,当插入深度较长更易受力矩的作用产生扭动,依据现行行业标准《电力建设施工及验收技术规范 第5部分:热工仪表及自动化控制》DL/T 5190.5—2004 中的要求,当插入深度大于 1m 时,要有防止套管弯曲的保护措施。

9.2.10 本条规定了压力取源部件安装的要求。

4 对于气体和液体介质的压力测点,规定了不同的安装方位,前者使气体内少量凝结液能顺利回流管道,而不致流入测量管路及仪表,造成测量误差;后者使液体内析出的少量气体能顺利回流管道,同时防止管道底部固体杂质进入测量管路。对于蒸汽介质的压力测点,只要能保持测量管路内有稳定的冷凝液,同时又能防止管道底部固体杂质进入测量管路即可。

5 本款规定主要是防止粉尘进入取压装置和测量管路。

9.2.11 本条规定了流量取源部件的安装要求,在流量取源部件上、下游直管段的最少长度以直径比 $\beta \leq 0.45$ 为例,上游至少有 14 倍管道内径、下游至少有 6 倍管道内径,直管段的范围内不得

装设其他取源部件或测温元件。具体直径比 β 大小的控制参数可依据现行国家标准《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB 50093—2013附录 B 表中的节流装置所要求的最短直管段长度来控制。

9.4 控制盘(台、箱、柜)的安装

9.4.7 控制盘内进行电焊、气焊易烧坏盘内油漆,损伤导线绝缘。因修改等原因必须在盘内加工时,可采用手工或轻便的机械加工。

9.4.9 本条规定了端子箱、接线盒等安装要求,安装位置的环境温度过高易损坏导线绝缘,震动大易使接线脱落。热电偶安装时,比较端与冷端补偿应处于相同环境温度,这便于准确反映被测介质温度。

9.4.10 控制室内盘上仪表的安装要求在室内装饰工程结束后进行,因为室内装修产生的粉尘有侵入仪表的可能且不易清扫,将会引起仪表测量、显示的不准确。

9.4.11 对于较重的仪表,如无托架支撑,易引起盘面变形,故要求应安装托架。仪表安装好后,为避免盘面剧烈震动损伤仪表,规定不得再进行剧烈震动的安装工程。

9.5 管路的敷设和连接

9.5.6 本规定是为了保证测量凝汽器真空的导压管内出现凝结水时,能顺利回流至凝汽器,避免因水塞现象而影响测量精度。

9.5.11 本条规定管路的压力试验可随同主设备一起进行,也可参加主设备的压力试验。根据施工进度有三种可能:管路在主设备压力试验前完成敷设,则可同主设备一起进行压力试验;机组启动前需做压力试验,仪表管路可随同一起进行压力试验;若仪表管路未能随同主设备一起进行压力试验,则应单独进行。

9.6 防护与接地

9.6.12 本条对屏蔽线缆、屏蔽补偿导线的屏蔽层接地作了规定。

屏蔽电缆(线)有两种屏蔽方式,如 DJYVP 屏蔽电缆有总屏蔽和对绞屏蔽;RVVP 屏蔽电缆只有总屏蔽。不论哪种,所有屏蔽层均应接地。屏蔽电缆(线)经端子转接或有中直接头,其屏蔽层也应电气连续并通过端子连接。在全线只允许 1 个接地点,若多点接地将会产生电势差而造成干扰。

9.6.13 发电机和励磁机的轴承要求与地面绝缘良好,安装热控设备时,外壳已接地的设备、电线管、金属软管等不得直接导致发电机、励磁机轴承座接地。

9.7 热工自动化仪表及控制装置调试

9.7.1 热工仪表、自动化控制仪表和控制装置在安装前进行单体检查、校准和试验,目的在于发现仪表产品质量问题和运输、储存中产生的损坏和缺陷,并能及时更换,保证设备安装的质量。

9.7.2 热工仪表、自动化控制仪表和控制装置系统调试,是对仪表测量回路、导压管线和控制系统连接正确性的全面测试,目的是检查系统中各仪表间的连接管路或线路是否正确可靠,消除漏、堵、错等缺陷,确认控制系统能按设计文件的要求满足运行使用要求。

9.7.3 目前仪表及控制装置对工作环境温度的控制要求不严,仪表校验室室内温度控制在 $15^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间的要求,主要是考虑为作业人员创造舒适的工作条件。

9.7.4 目前工程选用的一些仪表精度等级都比较高,在选择调校用的标准仪表时,至少应保证其准确度比被校标准仪表高一个等级。

9.7.5 校验用的电源波动应控制在 $\pm 10\%$ 范围内,电源波动过大容易影响调校的精度。

9.7.6 对仪表及控制装置的调校要认真做好记录。在实际操作中经常遇到有些控制装置动作原理或接线位置同设计文件中的要求不符,但只要在控制装置内部引线做些小的修改就能满足要求。

因此原则上以工程设计文件要求为准则,不改变装置外部条件,做些装置内部引线变动以满足设计文件要求,但必须画出修改后的接线和控制原理图,为以后设备维护创造条件。

9.7.9 使用中的 1.5 级压力表允许误差按 1.6 级计算,准确度等级可不更改。测量上限的允许误差计算为:准确度 1.0 级按 1.6 级计算,准确度 1.6(1.5)级按 2.5 级计算,准确度 2.5 级按 4.0 级计算,准确度 4.0 级按 4.0 级计算。

9.7.13 热电阻、热电偶的热电性能主要依靠其材质来保证,要求每个测温元件出厂时都带有出厂合格证,设备到达安装现场后做一般检测时可采用普通电测仪表检测出正常或损坏状态。对于有特殊要求的可做升温曲线检测或送检。

9.7.17 调整执行机构动作输出信号与调节机构的开度应相对应,开关往返动作的输出信号应与机构开度对应线性吻合良好。

9.7.19~9.7.23 仪表管路与线路系统调试是对仪表性能、仪表管线连接正确性的全面试验,目的在于对仪表和控制系统的 design 质量、设备材料质量和安装质量进行全面的检查,确认仪表工程质量满足运行要求。在做此项工作时,根据回路图并结合工程项目现场特点,可先进行仪表测量回路调校,再进行报警保护回路动作检查和操作执行回路的试验。系统的试验应在系统的信号发生端即温度、压力、差压、流量、液位等检测元件处输入模拟信号。

10 电气设备及系统

10.2 桥 架 施 工

10.2.3 为防止电缆发生故障时危及人身安全,电缆桥架必须有良好接地(PE)或接零(PEN),较长的桥架应有 2 点以上的多点可靠接地或接零。

10.2.4 钢制品的电缆桥架线膨胀系数为 $0.012\text{mm}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}$,当电缆桥架长度为 30m 时,最大温差按 50°C 计,则 30m 桥架的长度变化为 $0.012\text{mm}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{m} \times 50^{\circ}\text{C} \times 30\text{m} = 18\text{mm}$,因此在施工中应按照规定设计伸缩缝。当设备供货商已采用伸缩连接板连接时,可不考虑伸缩缝距离。

电缆桥架不得使用电焊、气焊切割。如使用气焊、电焊切割桥架,既破坏桥架机械强度,又失去镀锌防锈功效,且有不规则及焊渣残留,极不美观。

10.3 电 缆 敷 设

10.3.4 直埋电缆、35kV 及以上的电力电缆敷设,本规范未作规定。由于工业电缆的发展,新的工艺和施工方法不断被采用,施工环境也各不相同,本规范不可能满足所有的电缆敷设工艺标准要求。对于本规范未涉及的新技术、新工艺,应按设备技术文件的规定执行。

电缆敷设应错开寒冷期施工。当工期无法满足要求时,可采用加热法,给未敷设电缆施加电流,施加电流应小于电缆额定电流。经加热后的电缆表面温度不应低于 5°C ,加热后的电缆应尽快敷设。

10.3.5 本条规定单芯交流电力电缆不得单根穿入钢制电缆管

内,主要是考虑单芯电缆负荷电流在通过钢管时所产生的涡流损耗发热影响电缆绝缘品质,从而发生电缆故障。

10.3.6 本条规定高、低压电力电缆,强电、弱电控制电缆应按顺序分层敷设,是考虑设计文件采用“DCS”、“PLC”系统极为常见,电缆的抗干扰要求严格,让电力电缆与控制电缆在桥架上分层排列极为重要,可避免设备控制误动作造成重大事故,重要部位还应采取屏蔽措施。

10.3.7 交联聚乙烯绝缘材料的电缆,使用黑色半导体层的电缆芯线,在做电缆头时对其保留长度应严格按设备技术文件规定,既不可过短也不可太长;特别注意切剥该层时要小心进行,不可将绝缘层划伤,同时应清洁干净,不允许电缆芯线绝缘层上有半导体的残留物;当湿度增大时,会产生电晕,长时间运行后将会击穿电缆头绝缘,引起电气事故;因此施工人员对半导体层的剥除和清洁极为重要。

本条给出零序电流互感器的电缆终端头安装方法,以保证零序互感器装置能起到保护作用,否则会失去零序保护系统的意义。

10.3.8 本条规定汽轮机下面及附近的电力电缆、控制电缆线路应采取防火阻燃措施。由于该部位热力管道、油管道相互交错,当漏油、喷油事故发生时,撒落到热力管道上的油起火殃及电缆,将会烧坏电缆,引起火灾,所以本条要求加强此部位的防火阻燃隔离。建议该部位采用阻燃电缆和阻燃桥架,并在电缆上涂刷防火涂料,重要沟道分段实施耐火墙或耐火泥密实封堵。

10.4 成套高压开关柜

10.4.3 成套高压开关柜的母线连接,要注意被连接的母线表面平整、清洁,并涂上电力复合脂,连接螺栓按规格用力矩扳手紧固;若连接螺栓松动,在较大负荷时由于接触不良处会发热放电,引起弧光短路,造成重大电气事故。因此,一定要确保成套高压开关柜内所有螺栓连接紧固。

10.4.5 经常碰到 10kV 进线系统相序与发电机相序不相符,需将相序调整一致后方可并网;宜调整 10kV 进线系统侧相序,使电源侧相序与待并发电机侧相序一致。

10.6 发 电 机

10.6.1 发电机穿入转子前,应由调试人员对转子进行膛外交流阻抗和功率损耗试验,试验数据将与膛内、超速后及设备技术文件数据相比较,从而发现转子是否在穿转子和超速后有问题。如发现试验数据有明显差别,应重新核准试验数据并找出原因,分析转子是否有问题。对于无刷励磁的发电机组,可不进行此项工作。

10.6.2 发电机横差保护是安装在上下两层母线之间的,母线间如导通保护将失去保护作用。

10.6.4 发电机电刷与集电环的安装与调整的规定,要求调整电刷位置,使其相互错开排列,覆盖整个集电环表面。未相互错开排列的电刷在发电机组长期运行中,集电环会被研磨出沟槽,易损坏电刷,甚至折断。因此要求调整电刷位置,使发电机在运行中避免或减少电刷事故发生。

转子一点、两点接地保护需用接地电刷,其电刷固定架与电刷之间要求绝缘的,应按要求安装,否则会影响保护装置的正常工作。

10.7 变 压 器

10.7.2 装有气体继电器的变压器,规定气体继电器应沿气流方向有 1%~1.5%的坡度,使变压器本体气体易于通过气体继电器排出,安装时一定要控制好坡度及方向。

10.7.3 在干式变压器进行交流耐压试验时,一定要将插入变压器线圈中的测温元件抽出来安放好,避免进行交流耐压试验时,感应电压过高放电击穿变压器绕组。

10.7.4 本条对油浸式变压器安装作了规定。

3 气体继电器(瓦斯继电器)是油浸式变压器上重要的非电量保护装置,安装前要经过有资质的部门进行校验,合格后方可安装;在安装前应将固定继电器接点绑扎线(防止继电器接点检验后在运送过程中振动跳跃变位)拆除,否则继电器将无法正常工作;安装时应避免继电器外壳及螺栓孔有破损裂纹;调整气体继电器放气阀,将余气放净,直至有变压器油溢出。

4 吸湿器下面油封,是防止潮湿空气进入吸湿剂中,使吸湿剂颜色显示错误。安装时应将密封盖拧开,按密封油位线注入合格的变压器油,再将密封盖拧紧。

5 在运输过程中,为防止碰撞损坏安全气道上的防爆膜片,供货商常用白铁皮替代防爆膜片做临时封堵,安装时应注意检查,若是白铁皮,应更换合格的专用防爆膜片。

7 电接点温度计应检查校验合格后再安装,并观察指示温度应为当时现场温度。

10.8 电 机

10.8.2 电机控制、保护、信号、测量等二次系统调试应按设计技术文件及设备提供的二次系统原理图逐项进行模拟传动试验。保护装置应按提供整定值进行整定后,通入实际动作电流复核跳闸正确。电机控制应在现场及后台机上分别进行操作试验正确,各声光信号回路应报警正确。测量回路应通入相应的电流、电压、功率等标准值,在后台机和测量表上显示一致、正确。

10.8.3 电机空载启动时,要求三相启动电流及空载运行电流平衡。带微机保护装置的电机,在电机试运行第一次启动后,其最大电流值记录在综合保护器上,将此值调出并与电机速断整定值相比较,若相差过大,可按综合保护器上的测录值,重新修改整定为最佳值,避免因整定值过大,起不到保护作用。

因为一般直流油泵电机是串励式励磁,所以直流油泵试运转时,宜带一定的负荷,不允许电机空转(电机空转易飞车或烧坏电

枢);带负荷时要根据直流电机铭牌额定电流大小调整油路阀门,不可将阀门开启过大,使电机超过额定电流;试运转时间不宜过长,当电机带负荷运转正常,无发热现象,电枢无火花时,运转30min即可,以免过度消耗直流电源,不利于直流电源系统正常运行。

10.9 母线装置

10.9.3 穿墙套管安装时,要求套管宜用非磁性材料固定,用钢制板材固定时一定要在两套管间割断,留有不小于30mm的缝隙,用非磁性材料将缝隙封堵牢固(当负荷电流大于1500A时所产生的磁感应会在钢板上形成涡流发热)。

10.10 电气二次回路接线

10.10.2 二次回路的接线要求整齐、美观,每个接线端子上规定不得有超过2根以上的导线。当接有2根导线时,应采用相同截面积的导线,因为不同截面积导线是无法紧固的。

规定要求电缆芯线及所配导线应编号、字迹清晰、不脱色。建议采用打号机打印,一是清晰不脱色,二是整齐美观。

10.11 直流系统装置

10.11.2 蓄电池连接时,安装人员应带上绝缘手套(或穿绝缘靴)并使用带绝缘手把的扳手,还应注意蓄电池组正、负极之间不可相碰短路,单只蓄电池不可过度放电。

10.12 继电保护、电气测量和自动装置

10.12.2 发电机保护屏投运前的检查,由专业调试人员对保护定值进行整定完毕后,应确保保护的四个特点,即可靠性、灵敏性、选择性、速动性;安装时应确保电流回路导通良好、极性正确,按装置的要求做好一点接地位置;保护装置动作出口回路应按设计文件

要求做好传动试验工作,保护屏上的出口连接片接触及接线应一一核对,不应有接触不良及错位现象,对保护连接片的投退正确性,在投入使用前应认真核对,应符合提供的整定要求及发电机组不同试验状态下的工艺要求。

发电机同期系统应分别检查手动、自动两套并网系统装置的正确性;手动准同期并网时,对同期表及同期检查继电器的准确度要求严格,确保并网时受电系统与待并系统在允许角差内并网;用自动准同期装置操作并网时,投入自动准同期装置后,该装置能自动调压、调速(调频率),当达到并网条件时,第一个同期波形重合时就能成功并网,装置能自动将并网口的断路器合闸时间整定到装置中,在下次并网时,更接近同期。

10.13 接地网系统

10.13.1 接地装置制作及敷设规定不得在一根接地线中串接多个电气装置,应将每一台需接地的电气装置并联在接地网干线或主接地网系统中,避免由于任意一点接触不良而引起其他电气设备接地线回路不通。

10.13.2 当余热电站接地网系统与水泥工厂原接地网系统连接时,应多点牢固连接,但前提是原厂区接地网系统接地电阻是合格的。

10.13.4 避雷针采用多根引下线时,设断接卡是为了便于检修时测量接地电阻及引下线的连接状况,断接卡的保护措施主要是防止接地线回路意外断开。

避雷针、避雷带、避雷网及接地装置的施工顺序,规定要求自下而上施工是为防止接地装置施工未完成时,有雷电通过避雷针放电而损伤施工人员及设备。

11 水 处 理

11.1 一 般 规 定

11.1.2 有防腐蚀要求的建筑物主要指化验室、药品库、酸碱计量间及酸碱离子交换设备间、加药间；有防腐蚀要求的构筑物主要指中和池、中间水箱、进中和池前的排水沟渠。

11.9 防 腐 工 程

11.9.2 玻璃钢衬层与本体表面粘合严实的质量检查方法：可用0.25kg以下手锤轻敲，若发出坚实回声，则说明粘合牢固，否则粘合不好。

固化检查方法：可用棉花蘸丙酮擦拭玻璃钢表面，不粘挂棉花，棉花不变颜色即为固化完全。

11.11 热力设备启动试运行中的化学监督

11.11.2 锅炉给水质量标准表 11.11.2-1 的主控数据源于现行国家标准《工业锅炉水质》GB/T 1576，铁、铜控制指标为现行国家标准《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145 的规定。汽包炉水质量标准表 11.11.2-2 是根据现行国家标准《工业锅炉水质》GB/T 1576 的规定制定的。

12 建 筑 工 程

12.1 一 般 规 定

12.1.1 建筑工程施工在前,为避免设备安装及管网施工过程中经常发生和建筑工程对应不上或对安装的一些特殊要求缺乏了解而产生质量问题,为此对建筑工程施工技术人员提出了一些基本要求。

12.2 地 基 基 础

12.2.1 余热发电技改工程中窑尾余热锅炉通常距生产线高温风机、窑尾塔架、均化库较近,余热锅炉基础基坑较深,势必影响周边建筑物的沉降,因此规定基础开挖前,应对邻近建筑物进行沉降及变形测量,以利于施工过程中对周边建筑物的沉降及变形进行观测,及时掌握沉降动态。当施工过程中邻近建筑物沉降或变形值超过规范允许值时,可采取的措施有:及时回填,继续测量沉降及变形值,缩短测量周期,并立即组织设计方或邀请专家进行论证,提出处理措施确保安全。

12.4 钢 结 构

12.4.1 当传递到钢结构表面的温度大于 150°C 时,钢结构强度会随着温度的逐渐升高而显著降低。出现这种情况应对设备或管道采取隔热措施,使钢结构表面温度小于 150°C 。若无法采取隔热措施或即使采取了隔热措施仍无法保证钢结构表面温度小于 150°C 时,应及时通知设计方复核钢结构在高温作用下的承载力与变形。

12.5 设备基础与地下沟道

12.5.5 本条对设备基础二次灌浆作出规定。要特别注意下述两点:

一是在设备定位后进行二次灌浆时,应请设备安装人员参加,定位应由设备安装人员操作和测量。定位误差在满足设备技术文件、相关规范及设计文件要求后,对地脚螺栓做必要的支撑、固定后方可灌浆。

二是本条规定灌浆强度达到 70% 前,不得进行与设备安装相关的施工。与设备安装相关的施工包括在相关设备上或设备基础上进行紧固螺栓、焊接、设备组装、增加荷载、设备调试、设备运行等。

12.5.6 当设备基础附近还有建筑物基础或其他地下设施时,应根据地质条件及地下基础的情况认真分析、充分论证,按先深后浅、先重后轻的原则制定施工方案,确保施工质量和安全。

12.5.10 本条对设备基础施工缝的位置及做法作了规定。其中对承受动力作用的设备基础施工缝两侧的混凝土受力性能的可靠性提出了要求,对于垂直施工缝或台阶形施工缝,为了使设备基础施工缝两侧混凝土成为一个可靠的整体,可在施工缝位置处加设插筋,插筋数量、位置、长度应征得设计方确认。

12.6 施工测量及沉降观测

12.6.3 本条对安装、暂停施工、调试阶段建筑的变形测量作了规定。建筑物沉降是长期现象,往往短期内没有发生,可能在工程完工几年后发生,作为施工方合同已经结束,除合同有约定外通常无责任、义务进行生产期的沉降观测。生产阶段的沉降观测业主应有所安排,观测次数应视地基土类型和沉降速率大小而定。除有特殊要求外,可在第一年观测 3 次~4 次,第二年观测 2 次~3 次,第三年后每年观测 1 次,直至稳定为止。

12.6.4 设备基础的沉降测量同本规范第 12.6.3 条建筑的变形测量一样,生产阶段的沉降观测业主应有所安排,可在第一年观测 3 次~4 次,第二年观测 2 次~3 次,第三年后每年观测 1 次,直至稳定为止。

12.6.5 本条的相邻建筑物是指:相邻建筑物较高基础底部对较低基础底部通过土层传递了附近应力,可由设计方确定是否为相邻建筑物。对相邻建筑物传递了附近应力的基础应进行沉降观测,对没有传递附近应力的既有建筑物基础可不进行沉降观测。

12.8 工 程 验 收

12.8.1 水泥工厂余热发电工程所涉及的建筑工程和建筑设施的施工质量验收,在现行的国家规范中都有规定,施工中应严格执行。这些规范有:《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《屋面工程质量验收规范》GB 50207、《地下防水工程质量验收规范》GB 50208、《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209、《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《建筑内部装修防火施工及验收规范》GB 50354、《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601、《建筑电气照明装置施工与验收规范》GB 50617、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628等。

13 油漆保温

13.3 管道保温

13.3.4 凡是需要热紧的法兰都不要先做保温,在调试热紧后补做保温。法兰先不做保温是为了一旦法兰处出现质量问题拆卸方便,通常在调试过程中确认法兰处没问题后补做保温。

13.3.5 本条对管道补偿器和支架、吊架附近的保温结构要求留有足够的间隙,是确保温度变化管道位移时不破坏保温结构。

14 整套启动调试和验收

14.1 一般规定

14.1.1 启动试运行是水泥工厂余热发电工程基本建设中全面检验主机及配套系统设备设计、制造、施工、生产的重要环节,通过对整套设备系统的全面调整试运行,使各系统和设备及运行管理形成一个有机的整体,保证余热发电机组安全投入生产,发挥投资效益。

单机试运行是指各种执行机构、元件、装置的单体调试及单台辅机的试运行。分系统调试是指按系统功能对动力、电气、热控等所有设备(包括备用设备)进行空载和带负荷的调整试运行。单机试运行合格后,才能进入分系统试运行。

分系统试运行合格后,一般由施工、调试、建设、生产和监理各方及时进行验收签证。已验收签证的设备和系统,如需要继续运行时,由生产运行方操作,安装方和生产方办理设备代保管手续,代保管期间的施工缺陷仍由安装方负责消除。

14.1.2 为确保整套启动调试的质量和调试过程中人身设备的安全,分系统调试和整套启动试运行的调试工作应由具有相应调试资质的单位承担。

14.2 分部试运行

14.2.1 分部试运行阶段应从余热电站站用母线受电开始。当站用母线电压为高压时,应以高压母线带电并完成向站用低压母线的受电为开始标志。

14.2.4 单机试运行工作由安装方负责进行。

14.3 整套启动

14.3.1 机组整套启动前,试运行组织机构应召开全体会议,对整

套启动的各项准备工作和启动条件进行审议,审议内容包括:启动前的各项准备工作情况;所有投入整套启动的设备和系统是否已达到安全启动的要求;试运行人员是否已经配备齐全;组织工作、职责分工、值班人员是否均已明确;必要的备品备件和生产准备工作是否就绪;调试准备工作是否全部做好;文秘后勤工作是否准备就绪。

14.3.8 本条对机组 72h 试运行作出规定。应注意以下几点:第一,由于非设备、施工和调试的原因机组不能达到设计负荷时,由试运行组织机构决定应带的最大负荷或平均负荷率;第二,带有补汽功能的汽轮机组,补汽投入前应注意检查补汽的压力和温度参数,投入和退出补汽时应保证机组负荷平稳增减;第三,设计值不是装机容量,发电功率是 72h 试运行考核期的平均值。

14.3.9 余热发电机组连续完成 72h 试运行后,可以停机进行全面检查、消除缺陷,办理机组启动验收交接书,机组的运行管理和操控交由生产方负责。对暂时不具备处理条件而又不影响机组安全运行的整改项目,可由试运行组织机构确定负责处理的单位和完工时间,不应影响机组移交手续的办理。

14.4 竣工验收

14.4.1 竣工验收是指工程安装完成移交建设方,不含政府验收部分。

S/N:1580242·528



统一书号: 1580242·528

定 价: 43.00元