

ICS 93. 160

P 98

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 400—2016

替代 SL 400—2007

**水利水电工程机电设备安装
安全技术规程**

**Technical code for safe installation of mechanical &
electrical equipment of water and
hydropower projects**

2016-12-20 发布

2017-03-20 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

水利部关于批准发布水利行业标准的公告 (水利水电工程机电设备安装安全技术规程)

2016 年第 43 号

中华人民共和国水利部批准《水利水电工程机电设备安装安全技术规程》(SL 400—2016)为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程 机电设备安装安 全技术规程	SL 400—2016	SL 400—2007	2016.12.20	2017.3.20

水利部

2016 年 12 月 20 日

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求，对 SL 400—2007《水利水电工程金属结构与机电设备安装安全技术规程》进行修订。修订后标准名称划分为《水利水电工程机电设备安装安全技术规程》和《水利水电工程金属结构制作与安装安全技术规程》。

本标准共 11 章，主要规定了泵站、水电站机电设备安装和机组启动试运行等方面的安全技术管理、安全防护技术与安全施工操作的相关要求。

本次修订的主要内容有：

- 增加了机电设备安装工程的安全管理要求。
- 增加了泵站主机泵安装工程的安全技术要求。
- 对机电设备安装工程的基本规定、水电站水轮发电机安装、辅助设备安装、电气设备安装、机组启动试运行、桥式起重机安装等安全技术要求做了修订。

本标准中的强制性条文有：5.12.1 条 5 款、6 款，6.5.1 条 1 款，6.8.9 条，8.3.5 条 9 款，8.7.4 条 4 款 6) 项，8.10.3 条 6 款，8.11.2 条 1 款，8.12.1 条，9.2.1 条 2 款，10.4.2 条。以黑体字标示，必须严格执行。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SD 267—88
- SL 400—2007

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部安全监督司

本标准解释单位：水利部安全监督司

本标准主编单位：三峡大学

中国葛洲坝集团机电建设有限公司

本标准参编单位：中国能源建设集团有限公司

中国电力建设集团有限公司

中国水利水电第八工程局有限公司

安徽水利开发股份有限公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：郑霞忠 马照云 蔡启龙 陈 强

马建新 晋良海 徐海林 徐文杰

程春娥 谭 华 莫文华 胡文钦

王志平 龙月林 周庆瑜 孙明霞

薛立梅 吴洪杰 邱信蛟 张东海

本标准审查会议技术负责人：钟卫领

本标准体例格式审查人：陈登毅

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

目 次

1	总则	1
2	术语	3
3	基本规定	5
3.1	安全管理要求	5
3.2	施工现场安全防护	6
3.3	施工现场用电与照明	7
3.4	施工现场消防	9
3.5	职业健康与环境保护	9
3.6	防洪度汛	11
3.7	廊道、洞室及有限空间作业	11
3.8	底层作业	12
3.9	焊接与切割作业	12
3.10	起重运输作业	12
3.11	作业人员安全要求	13
4	泵站主机泵安装	15
4.1	水泵部件拆装检查	15
4.2	水泵固定部分安装	16
4.3	水泵转动部分安装	16
4.4	主轴密封安装	17
4.5	水导轴承（筒式轴瓦）安装	17
4.6	水泵主轴与电机主轴连接	18
4.7	电机设备的清扫与检查	18
4.8	电机基础埋设	19
4.9	电机导轴瓦、推力瓦研刮及安装	19
4.10	下机架安装	20
4.11	定子安装	20

4.12	转子吊装	21
4.13	上机架安装	22
4.14	机组盘车及轴线调整	22
4.15	水泵机组整体清扫、喷漆	23
5	水电站水轮机安装	24
5.1	水轮机设备的清扫与组合	24
5.2	尾水管安装	25
5.3	座环安装	26
5.4	蜗壳安装	27
5.5	蜗壳水压试验	27
5.6	机坑里衬及接力器基础安装	28
5.7	座环现场机加工	28
5.8	导水机构安装	29
5.9	转轮安装	30
5.10	水导轴承与主轴密封安装	33
5.11	接力器安装	34
5.12	进水阀及筒形阀安装	35
6	水电站发电机安装	37
6.1	发电机设备清扫与检查	37
6.2	基础埋设	37
6.3	定子组装及安装	38
6.4	发电机上、下机架安装	42
6.5	转子组装	43
6.6	主要部件吊装	47
6.7	轴瓦清扫及研刮	49
6.8	推力轴承及导轴承安装	49
6.9	制动闸安装与试验	50
6.10	机组总装与轴线调整	51
6.11	机组整体清扫、喷漆	52
7	辅助设备安装	53

7.1	调速系统安装	53
7.2	供排气系统设备安装	55
7.3	供排油系统设备安装	56
7.4	供排水系统设备安装	57
7.5	水力量测仪表安装	58
7.6	暖通空调系统设备安装	59
7.7	消防系统设备安装	60
7.8	管路安装	61
8	电气设备安装	64
8.1	一般规定	64
8.2	发电机电压设备安装	64
8.3	主变压器和并联电抗器安装	66
8.4	封闭组合电器安装	70
8.5	敞开式开关站设备安装	71
8.6	高压电缆安装	75
8.7	厂用电系统设备安装	76
8.8	直流系统设备安装	78
8.9	励磁、控制保护、计算机监控系统设备安装	79
8.10	电缆安装	81
8.11	电气试验	83
8.12	全厂接地系统测试	85
9	机组启动试运行	86
9.1	一般规定	86
9.2	充水前检查	86
9.3	充水试验	89
9.4	空载运行	90
9.5	负载运行	91
9.6	72h 试运行	92
10	桥式起重机安装	93
10.1	清扫与组装	93

10.2	轨道、滑触线安装与调整	93
10.3	结构、机械和电气设备安装与调试	94
10.4	负荷试验	95
10.5	使用与维护	96
11	施工用具及专用工具	98
11.1	电动工具	98
11.2	螺栓拉伸器	100
11.3	起吊工具	100
11.4	压线钳	103
11.5	千斤顶	103
11.6	机组安装专用工具	104
11.7	机组吊装专用工具	107
	标准用词说明	109
	标准历次版本编写者信息	110
	条文说明	111

1 总 则

1.0.1 为提高水利水电工程机电设备安装安全水平，对机电设备安装进行安全生产全过程控制，保障人的安全健康和设备安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于大中型水利水电工程机电设备安装、调试、试运行及维修，小型水利水电工程机电设备安装、调试、试运行及维修可参照执行。

1.0.3 本标准主要引用下列标准：

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 3787 手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程

GB/T 3811 起重机设计规范

GB 4053.1 固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯

GB/T 5616 无损检测应用导则

GB 5725 安全网

GB 6067.1 起重机械安全规程 第1部分：总则

GB 6067.5 起重机械安全规程 第5部分：桥式和门式起重重机

GB/T 8564 水轮发电机组安装技术规范

GB 9448 焊接与切割安全

GB/T 11651 个体防护装备选用规范

GB/T 23723.1 起重机 安全使用 第1部分：总则

GB/T 23724.1 起重机 检查 第1部分：总则

GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

GB 50034 建筑照明设计标准

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

GB 50720 建设工程施工现场消防安全技术规范

GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素

GBZ 158 工作场所职业病危害警示标识

GBZ/T 205 密闭空间作业职业危害防护规范

SL 398 水利水电工程施工通用安全技术规程

SL 714 水利水电工程施工安全防护设施技术规范

JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范

JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范

1.0.4 水利水电工程机电设备安装安全技术要求，除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 高处作业 working at high location above the ground

在基准面 2m 以上（含 2m）有坠落可能的位置进行的作业。

2.0.2 交叉作业 intercrossed works

两个或以上的工种在同一个区域同时施工的作业。因此，凡在不同层次中，处于空间贯通状态下同时进行的多处作业，属于交叉作业。

2.0.3 安全防护栏杆 safety protecting parapet

为防止人体从高处坠落，沿平台等场所的边沿固定安装的安全装置。

2.0.4 操作平台 operating platform

现场施工中用来站人、载料并可以在上面进行施工作业的平台。

2.0.5 防护用品 health and safety care facilities

由生产经营单位为作业人员配备的，使其在劳动过程中免遭或者减轻事故伤害及职业危害的公共防护措施和个人防护用品。

2.0.6 有限空间 limited space

封闭或者部分封闭，与外界相对隔离，出入口较为狭窄，作业人员不能长时间在内工作，自然通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或者氧含量不足的空间。

2.0.7 警戒区 restricted area

作业现场未经允许不得进入的区域。

2.0.8 试验压力 test pressure

管道、容器或设备进行耐压强度和气密性试验规定所要达到的压力。

2.0.9 辅助设备 auxiliary equipment

除了主设备以外的设备的总称。其作用是对主设备的各项功

能进行补充完善，但不影响主设备各项功能的实现。

2.0.10 无损探伤 non-destructive defect detection

在不损坏被检测试件的基础上，用特定的专业方法探测试件内部及表面所存在的缺陷的检查或测试过程。

2.0.11 限位器 limit switch

亦称工作位置限制器或行程限制器。当起重机相应的机构元件达到其设计极限位置时，能自行停止或限制起升、变幅、回转和行走等机构运转的装置。

3 基本规定

3.1 安全管理要求

3.1.1 参建各方应设置安全生产管理机构，按规定配备安全生产管理人员，明确各岗位安全生产职责，建立安全生产责任制。

3.1.2 参建各方应制定安全生产规章制度，施工单位应制定操作规程。

3.1.3 项目负责人和安全生产管理人员应具备机电设备安装相应的安全知识和管理能力。应对从业人员进行安全生产教育和培训，未经安全生产教育和培训合格的从业人员不得上岗。特殊作业人员必须按国家有关规定经专门的安全作业培训，取得相应资格证书，持证上岗。

3.1.4 应按有关规定提取、使用安全生产费用。

3.1.5 参建各方应为从业人员配备合格的安全防护用品和用具，并定期检验或更换。从业人员在施工作业区域内，应正确使用安全防护用品和用具。

3.1.6 施工前，应编制机电设备安装事故专项应急预案和现场应急处置方案，配备应急物资，组织相关人员进行应急培训。应定期开展应急预案演练。

3.1.7 工程施工现场危险场所、危险部位应设置明显的符合国家标准的安全警示标志、标牌，告知危险的种类、后果及应急措施等，并定期检查维护。标志、标牌的使用应符合 GB 2894 的规定。

3.1.8 现场办公区、生活区应与作业区分开设置，并保持安全距离，施工现场、生产区、生活区、办公区应按规定配备符合要求且有效的消防设施和器材。

3.1.9 施工前，应全面检查施工现场、机具设备及安全防护设施等，施工条件应符合安全要求。两个以上施工单位在同一施工

现场作业，应签订安全协议并派专人负责监管。

3.1.10 危险性较大的单项工程的施工应编制安全专项施工方案。对于超过一定规模的危险性较大的单项工程，应组织专家对安全专项施工方案进行论证。

3.1.11 施工前必须进行安全技术交底，按施工方案组织施工。

3.2 施工现场安全防护

3.2.1 施工生产区域应根据工作及工艺要求实行封闭管理。主要进出口处应设有明显的施工警示标志、安全生产和文明施工规定、禁令牌，与施工无关的人员、设备、材料不得进入封闭作业区。

3.2.2 应结合现场安装部位交面及施工计划，遵循合理使用场地、有利施工、便于管理等基本原则，实行区域定置化管理。

3.2.3 现场存放设备、材料的场地应平整坚固，设备、材料存放应整齐有序，宜采用活动式栏杆等方式进行隔离，应保证周围通道畅通，且人行通道宽度不应小于1m。

3.2.4 现场的施工设施，应符合防洪、防火、防强风、防雷击、防砸、防坍塌以及职业健康等安全要求。

3.2.5 现场的排水系统应布置合理，沟、管、网排水应畅通，不得影响道路交通。

3.2.6 安装现场对预留进人孔、排水孔、吊物孔、放空阀等洞（孔）、坑、沟应加防护栏杆或盖板封闭，并悬挂警示标志。

3.2.7 高处施工通道、作业平台应满铺，并绑扎牢固；临空面应设置高度不低于1.2m的安全防护栏杆，并应设置高度不低于0.2m的挡脚板。

3.2.8 施工现场脚手架和作业平台搭设应制定专项方案，经审批后方可实施。脚手架和作业平台搭设完成后，应经验收合格后方可使用，并悬挂标示牌。脚手架、平台拆除时，在拆除物坠落范围的外侧应设有安全围栏与醒目的安全警示标志，现场应设专人监护。

3.2.9 在电梯井、电缆竖井等井道口（内）安装作业，应根据作业面情况，在其下方井道内设置可靠的水平刚性平台或安全网作隔离防护层。

3.2.10 施工现场的工具房、休息室、临时工棚等应采用活动板式结构，便于移动、拆除，材料、尺寸、颜色应符合现场安全设施标准化要求。活动板式结构的材料除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 50720 的规定。

3.2.11 危险作业场所应按规定设置警戒区、事故报警装置、紧急疏散通道，并悬挂警示标志。

3.2.12 施工中的具体安全防护设施项目和要求除应符合本标准规定外，尚应符合 SL 714 的相关规定。

3.3 施工现场用电与照明

3.3.1 施工现场用电管理除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 50150 和 SL 398 的规定，并应符合下列规定：

1 施工现场用电设备在 5 台及以上或设备总容量在 50kW 及以上者，应编制施工现场用电组织设计。

2 施工现场用电工程图纸应单独绘制，并应按图施工。

3 施工现场用电组织设计编制及变更时，应履行“编制、审核、批准”程序，由专业技术人员组织编制，经相关部门审核及技术负责人批准后实施。

4 施工现场用电工程安装完毕后，应有完整的系统图、布置图等资料，并经编制、审核、批准部门和使用单位共同验收，合格后方可投入使用。

3.3.2 施工现场用电应符合下列规定：

1 施工电源应设专业班组及人员负责运行与维护，其他人员不得擅自改动施工电源设施。

2 在露天或湿度较大的场地（如洞孔内、地下厂房等）使用的电气设备及元件，均应选用防水型或采取防水措施。

3 在易燃易爆场所，电气设备及线路均应满足防火、防爆

要求。

4 电动机械与电动工具的电气回路，应装设独立的开关和漏电保护器，移动式电动机械应使用软橡胶电缆。

5 熔断器的容量应满足被保护设备的要求，熔丝应有保护罩，管型熔断器不得无管使用，熔丝不得大于规定的截面，且不得用其他金属丝代替。

6 手动操作开启式自动空气开关及管型熔断器时，应使用绝缘手套、绝缘棒等绝缘工具。

7 电气装置拆除时，应先切断电源，并将导线裸露端部包好绝缘，并做出标识。

8 现场施工电源设施，应进行经常性维护，每年雨季前应检查一次，并测量绝缘电阻。

9 接引电源工作，应有监护人监护。

10 电工安全用具应符合相关的技术标准要求，并定期检验。

11 供电线路的架设，施工变电所的位置选取、结构与布置，变压器、附属设备及电气线路的安装与维护等除应符合本标准规定外，尚应符合 SL 398 的有关规定。

12 电气设备及设施，均应装设接地或接零保护。

13 中性线与保护线应采用焊接、压接或螺栓连接方法。

3.3.3 施工现场照明应符合下列规定：

1 在厂房、机组坑洞、廊道内和自然采光条件差的场所，应设一般照明、局部照明或混合照明。

2 疏散安全通道应装设应急照明和指示路标。

3 配电箱应安装牢固，其周围应留有安全通道和便于维修的空间。配电箱进线回路上应安装漏电保护器，箱体应接地。

4 配电箱应标明其名称、用途，并做出分路标记。配电箱应由专业人员负责维护。

5 现场照明灯具和器材应绝缘良好，除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 50034 的规定。

6 现场照明线路应布线整齐，相对固定。室内安装的固定

式照明灯具悬挂高度不宜低于 2.5m，室外安装的照明灯具不宜低于 3m。安装在露天、潮湿或易接触水的工作场所（如洞内、地下等地）的照明灯具应选用防水型灯头。

7 照明电源线路不得接触潮湿地面，并不得接近热源和直接绑挂在金属构架上。

8 照明开关应控制相线。当采用螺口灯头时，相线应接在中心触头上。

9 埋件安装、机坑、廊道、金属容器内和潮湿环境等特殊场所应采用安全电压照明，且备有应急灯。

10 不应将行灯变压器及焊机调压器带进金属容器或金属管道内使用。

3.4 施工现场消防

3.4.1 施工现场消防安全管理应符合下列规定：

1 安装现场消防宜采用分级管理，严格落实动火申报审批制度。使用明火或进行电（气）焊作业时，应办理相应动火工作票，并采取相应的防火措施。

2 施工现场应根据消防工作的要求，配备不同用途的消防器材和设施，并布置在明显和便于取用的地点。消防器材、设备附近不应堆放其他物品。

3 消防器材、设备应由专人负责管理，定期检查维护，做好检查记录，保持消防器材的完整有效。

3.4.2 厂房内机电设备安装过程中搭设的防尘棚、临时工棚、设备防尘覆盖膜等，应选用防火阻燃布。

3.4.3 使用过的油布、棉纱等易燃物及使用后剩余的易燃物品应及时回收，妥善保管或处置。

3.4.4 施工现场严禁吸烟。

3.5 职业健康与环境保护

3.5.1 施工现场职业健康管理应符合下列规定：

1 对产生粉尘、噪声、有毒、有害物质及危害因素的施工作业场所，应制定职业健康与环境保护措施，悬挂职业危害警示标志。职业危害警示标志除应符合本标准规定外，尚应符合 GBZ 158 的相关要求。

2 产生粉尘、噪声、毒物等危害因素的作业场所，应制定职业危害场所检测计划，定期对职业危害场所进行检测、评价。

3 应建立职业健康管理规章制度和施工人员职业健康档案，对从事涉及尘、毒、噪声等职业危害的作业人员应每年进行一次职业体检，对确认职业病职工应及时给予治疗，并调离原工作岗位。

4 水车室、风洞内，发电机盖板、转子、定子、封闭母线进行喷漆作业，应选择无其他工作时段，并加强通风，严禁动火作业，严禁开关电器。

5 地下洞室施工应有强制通风设施，确保洞内粉尘、烟尘、废气及时排出。

3.5.2 作业人员职业健康应符合下列规定：

1 作业人员劳动保护用品的配备及使用应符合 GB/T 11651 的相关规定。

2 密闭容器、构件及狭窄部位进行焊接、清洗、刷漆作业时应加强通风，并配戴专用的劳动防护用品，同时应安排专人监护。

3 作业人员应根据现场环境，配备防尘口罩、防噪声耳塞等防护用品，喷漆作业人员必须戴防毒面具。

3.5.3 施工现场环境保护应符合下列规定：

1 施工现场应设置生产弃渣和其他废弃物集中存放点，并按环保要求将弃渣、废弃物运放到专用垃圾堆放场倾倒。

2 施工生产使用的危险化学品及其用后的包装箱、纸袋、瓶桶等，必须严加管理，统一回收，交给有销毁资质的企业进行销毁，严禁随意倾倒危化品和包装物。

3 施工生产、生活区域应设有相应的卫生清洁设施和管理

保洁人员，保持生产、生活环境整洁、卫生，生活垃圾应做无害化处理。

3.6 防洪度汛

3.6.1 应制定施工现场防洪度汛方案和应急预案，成立防洪度汛组织机构和防洪度汛抢险队伍，配置足够的防洪度汛物资，随时做好防洪度汛抢险的准备工作。

3.6.2 在汛期到来之前，应组织相关人员进行汛期防洪度汛专项检查 and 应急演练，对检查、演练发现的问题，及时进行整改、修订预案和采取措施。

3.6.3 防汛期间，应建立并执行值班制度，组织专人对进排水门、抽排水设备等防洪度汛重点部位进行巡视、检查，观察水情变化，发现险情，应及时进行抢险加固或组织撤离。

3.6.4 汛期应加强参建各方和地方政府防汛部门的联系，准确传递气象、水情、汛情预报资料，做好工作记录，听从统一指挥。

3.7 廊道、洞室及有限空间作业

3.7.1 廊道及洞室内作业应符合下列规定：

1 进入人员不得少于两人，并应配备通信和备用便携式照明器具。

2 作业前应检查周边孔洞的盖板、安全防护栏杆，盖板和护栏应安全牢固。

3 运输作业时，应规划便于人员通行的安全通道或采取其他保障人员安全逃生的措施。岔道处应设置交通安全警示标志。

4 地下洞室内存在塌方等安全隐患的部位，应及时处理，并悬挂安全警示标志，无关人员不得进入。

5 施工廊道应视其作业环境情况，设置安全可靠的通风、除尘、排水等设施，运行人员应坚守岗位。

3.7.2 在有限空间作业时，应符合下列规定：

1 严格实行作业审批制度，不得擅自进入有限空间作业。

2 “先通风、再检测、后作业”，通风、检测不合格不得作业。

3 配备个人防中毒窒息等防护装备，设置安全警示标志，无防护监护措施不得作业。

4 对作业人员进行安全教育培训，教育培训不合格不得上岗作业。

5 制定应急措施，现场配备应急装备，不得盲目施救。

3.8 底层作业

3.8.1 凡有底层作业的井口、洞口应设置防止坠物和防止雨水的围栏、盖板、安全网等防护设施，以及上、下作业的安全扶（爬）梯，扶梯应牢固可靠。

3.8.2 在地下洞室或大坝内的高深井内（如引水隧洞的斜井或竖井、通风竖井、电梯井、电缆井等）作业时，井口应设置可靠的安全围栏，悬挂警示标志，并设专人值班和配备通信工具。

3.8.3 底层施工交叉作业时，上、下层之间应设置安全防护平台或隔离棚。

3.8.4 封闭环境的底层作业场所，应设置可靠的照明、通风、排水和消防等设施。特殊场所宜设置视频监控设施。

3.8.5 底层作业使用的机具与电动工具应绝缘良好，安全可靠，并应采取防砸、防水等保护措施。

3.9 焊接与切割作业

3.9.1 焊接与切割作业点下方火星所及的范围内，应彻底清除可燃、易爆物品。

3.9.2 焊接与切割作业除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 9448和 SL 398 的有关规定。

3.10 起重运输作业

3.10.1 机电设备安装中的起重吊装、运输作业施工前应编制专

项施工方案和安全技术措施，按程序要求经审批后实施。对于超过一定规模的危险性较大的单项工程，应组织专家对专项方案进行论证。专项方案实施前，应组织进行安全技术交底，并安排专门人员监护实施。

3.10.2 起重运输作业除应符合本标准规定外，尚应符合 SL 398 的有关规定。

3.11 作业人员安全要求

3.11.1 作业人员上岗应符合下列规定：

1 上岗前应经安全教育培训并考试合格，熟悉业务，掌握本岗位操作技能。

2 身体体检合格，无职业禁忌。

3 遵守劳动纪律，服从安全员和现场管理人员的指挥和监督，坚守岗位，不酒后上岗。

4 严格执行岗位操作规程，不得违章作业。

5 特种作业人员必须持有效的特种作业操作证，配备相应的安全防护用具。

3.11.2 作业人员安全防护应符合下列规定：

1 正确穿戴个人安全防护用品，防护用品的选用除应符合本标准规定外，尚应符合 GB/T 11651 的要求。

2 正确使用防护装置和防护设施，对各种防护装置、防护设施和安全警示标志等不得任意拆除和随意挪动。

3 遵守岗位责任制和交接班制度，并熟知本工种的安全技术操作规程。多工种联合作业时，应遵守相关工种的安全技术规程。

4 夜间作业时，应保证良好照明，每个施工部位应至少安排两人以上工作，不得单人独立作业。检查密封构件或设备内部时，应使用安全行灯或手电照明。

5 作业前，应认真检查所使用的设备、工器具等，不得使用不符合安全要求的设备和工器具。若发现事故隐患应立即进行

整改或向现场管理人员、安全人员报告。

6 施工现场行走应注意安全，严禁攀越脚手架、电气盘柜、通风管道等危险部位。从事高处作业时，除应符合本标准规定外，尚应符合 JGJ 80 的相关规定。

4 泵站主机泵安装

4.1 水泵部件拆装检查

4.1.1 利用起重机械将水泵吊放至拆装现场，应对水泵进行拆装检查及必要的清洗。设备清扫时，应根据设备特点，选择合适的清扫方法和保护措施，防止损坏设备。

4.1.2 拆装现场搭设的临时设施应满足防风、防雨、防尘及消防等要求；施工现场应保持清洁并有足够的照明及相应的安全防护设施。

4.1.3 主泵零件结合面的浮锈、油污及所涂保护层应清理消除。使用脱漆剂等清扫设备时，作业人员应戴口罩、防护眼镜和防护手套，严防溅落在皮肤和眼睛上；清扫现场应进行隔离，15m范围内不得动火（及打磨）作业；清扫现场应配备足够数量的灭火器。

4.1.4 主轴清扫时，精密加工部件表面不得用钢丝刷或刮刀等进行清扫。

4.1.5 设备组合前应对螺栓及螺母的配合情况进行检查。对于精制螺纹应按照编号装配或选配，联轴器精制螺栓配孔应合适，螺母、螺栓应能灵活旋入，不得用锤击或强力振动的方法进行装配。

4.1.6 组合分瓣大件时，应先将一瓣调平垫稳，支点不得少于3点。组合第二瓣时，应防止碰撞，工作人员手脚严禁伸入组合面。应对称拧紧组合螺栓，位置均匀对称分布且只数不得少于4只，设备垫稳后，方可松开吊钩。

4.1.7 设备翻身时，设备下方应设置方木或软质垫层予以保护。翻身时，钢丝绳与设备棱角接触的位置应垫保护材料，且应设置警戒区，设备下方严禁有人行走或逗留。翻身副钩起吊能力不低于设备本身重量的1.2倍。

4.1.8 安装设备、工器具和施工材料应堆放整齐，场地应保持

清洁，通道畅通，应“工完、料净、场清”，做到文明生产。

4.2 水泵固定部分安装

4.2.1 水泵机组安装时，应先安装固定部分、后安装转动部分。各部件在安装过程中，应严格遵守安装安全技术措施要求。

4.2.2 水泵固定部分安装前，应对施工现场的杂物及积水进行清理，并设置机坑排水设施，检查合格后方可安装。

4.2.3 施工现场应配备足够的照明，配电盘应设置漏电和过电流保护装置。潮湿部位应使用不大于 24V 照明设备，泵壳内应使用不大于 12V 照明设备，不得将行灯变压器带入泵壳内使用。

4.2.4 水泵固定部件安装前，应预先在底部进水池内安装钢支撑架，钢支撑架的强度应能满足全部承载件重量的 2 倍，将轮毂、中心叶轮依次吊放在支撑架上，并做好稳固措施。

4.2.5 水泵层标高、中心等位置性标记的标示应清晰、牢靠，且进行有效防护。

4.2.6 吊装转轮室导叶体与泵座前，应对起重机械和吊具进行全面检查，制动系统应重新进行调整试验。吊装过程中应控制下降速度和采取相应稳定措施。转轮室导叶体与泵座组装完成后，穿入螺栓，应对称紧固。采用锤击法紧固时，锤击人员与扶扳手的人员应错开角度。高处作业时，应搭设牢固的工作平台，扳手及工器具应用绳索系住。

4.2.7 伸缩节、进水锥管、底座安装时，应保证充足照明，千斤顶、拉伸器等应固定牢靠。

4.2.8 吊装出水弯管时，应先检查吊装工具。吊钩应缓慢下降，连接前应清除泵座法兰面上的杂物。

4.2.9 用电气法测量调整水泵填料函座及水导轴窝的垂直同轴度时，部件表面及上层孔边口应清理干净。

4.3 水泵转动部分安装

4.3.1 使用脱漆剂等清扫水泵主轴法兰、轴颈时，应符合

4.1.3 条的规定。

4.3.2 吊装水泵主轴时，应采取防止主轴起吊时发生旋转措施，在主轴下法兰处垫设方木加以防护，人员撤离至安全位置。

4.3.3 水泵主轴吊装接近填料函法兰口处，在法兰四周应采用合适的橡胶板或纸质板条导向防护，并保证四周间隙均匀。

4.3.4 联接主轴和叶轮时，应有专人指挥。楔紧螺栓连接时应使用配套的力矩扳手或专用工具。叶轮定位时，楔子板应对称、均匀楔紧。确认支承平稳后，方可松去吊钩。在四周应设置防护栏，并悬挂警示标志。

4.4 主轴密封安装

4.4.1 空气围带在装配前，应做充气、排气试验和保压试验。通气时应派专人看管空压机。排气时排气口不应正对人和设备。

4.4.2 空气围带安装后，径向间隙应符合设计要求。

4.4.3 密封件应与转环密封面接触良好，供排水管路应畅通。

4.4.4 密封装置安装应排除作业部位的积水、油污及杂物。与其他工作上下交叉作业时，应设防护板。

4.4.5 使用手拉葫芦，在支持盖（或顶盖）内部安装导轴承或密封装置时，手拉葫芦应固定牢靠，部件绑扎应牢靠，吊装应平稳，并应有专人指挥。

4.5 水导轴承（筒式轴瓦）安装

4.5.1 预装配水导轴承前，大轴应用钢支架水平放好，同时应计算和验算钢支架强度和稳定性，然后进行组装。

4.5.2 使用脱漆剂等清扫导轴瓦时，应符合 4.1.3 条的规定。

4.5.3 导轴瓦进行研刮时，导轴承、轴颈磨擦面应用无水酒精擦拭干净。轴瓦研刮现场应通风良好，防尘、消防设施齐全。

4.5.4 进行轴颈及轴瓦的研磨、刮削，所使用的研磨剂应进行过滤检查，刮刀使用应由专人管理。

4.5.5 导轴瓦安装前应对油槽进行清扫，擦拭油污时不宜使用

易留有线头等残留物的材料。

4.5.6 导轴承油槽做渗漏试验时，应做好防漏、防火安全保护，不得将任何火种带入工作场所。

4.5.7 轴瓦吊装方法应稳妥可靠，单块瓦重在 40kg 以上，应采用手拉葫芦等机械方法吊运。

4.5.8 导轴承油槽上端盖安装完成后，应对密封间隙进行临时防护。

4.6 水泵主轴与电机主轴连接

4.6.1 使用脱漆剂等化学溶剂清扫水泵、电机主轴法兰、轴颈时，应符合 4.1.3 条的规定。

4.6.2 吊装时，应对起重机械和专用吊具进行全面检查，制动系统应重新进行调整试验。应有专人指挥，指挥人员和操作人员应配备专用通信设备。

4.6.3 当电机主轴完成试吊并提升到一定高度后，可清扫电机主轴法兰和水泵主轴等部位，如需用扁铲或平光机打磨时，应戴防护眼镜。需要采用电焊、气焊作业时，应及时清除化学溶剂、抹布等易燃物后再进行作业，并有专人监护。

4.6.4 电机主轴应缓慢穿过定子和下机架中心，定子周围应采用合适的导向橡胶板或纸质板条导向防护，保证四周间隙均匀。站在定子上方的人员应选择合适的站立位置，不得踩踏定子绕组。

4.6.5 联轴采用锤击法紧固螺栓时，扳手应靠紧，与螺母配合尺寸应一致。锤击人员与扶扳手的人员应错开角度。高处作业时，应搭设牢固的工作平台，扳手及工器具应用绳索系住。

4.7 电机设备的清扫与检查

4.7.1 设备清扫时，应根据设备特点，选择合适的清扫工具及清洗溶剂。

4.7.2 使用脱漆剂等化学溶剂清扫电机设备时，应符合 4.1.3

条的规定。

4.7.3 安装场地应满足设备清扫组装时的防雨、防尘及消防等要求；清扫现场应配备足量的通风设施和消防器材。

4.8 电机基础埋设

4.8.1 在电机机坑内工作，除应符合本标准规定外，尚应符合SL 714有关安全防护的规定。

4.8.2 定子、下机架基础埋设时，应搭设安全防护设施。

4.8.3 在机坑中进行电焊、气割作业时，应有防火措施，作业前应检查机坑周边及以下是否有油污、抹布和其他易燃物，并在水泵层设专人监护，作业完成后应检查水泵层有无高温残留物，监护人员应彻底检查作业面下层，确认无隐患后，方可撤离。

4.8.4 修凿混凝土时，应戴防护眼镜，手锤、钢钎应拿牢，不得戴手套工作，并应做好设备防护措施。

4.9 电机导轴瓦、推力瓦研刮及安装

4.9.1 镜板、轴瓦开箱后，包装废弃物应堆放整齐，铁钉应拔下或打弯，所有镜板的包装布（纸）及清扫用的白布、酒精等，应集中按防火要求堆放，并远离火源。

4.9.2 使用脱漆剂等清扫导轴瓦时，应符合4.1.3条的规定。

4.9.3 吊运推力瓦、导轴瓦时，应使用吊带或软布包扎的钢丝绳，吊耳应安全可靠。

4.9.4 轴、瓦研刮应符合下列规定：

1 轴、瓦研刮场地应防尘、清洁干燥、通风照明良好，其上方不应进行其他作业，15m范围内不得有明火。

2 推力瓦和导轴瓦进行研刮时，无水酒精及擦拭的白布等材料应按防火要求妥善保管，废旧材料应及时处理，不得乱堆乱放。

3 导轴瓦研刮时，轴颈处应搭设工作平台，且平台四周应设置栏杆，并留有不小于1m的通道。

4 镜板和轴在轴瓦的研磨部位，应设限位装置，严防轴瓦滑下，人工刮瓦时应有两人以上工作，机械研磨时，事先应对机械进行检验，确认可靠后方可进行。

5 研磨部位，宜有灵活的起吊轴瓦装置。

4.9.5 推力瓦、导轴瓦就位后，在机组转动部件上进行电焊作业时，焊接部位应采用专用地线引接至电焊机；若采用直流焊接，应负极接地，且地线绝缘良好，并做好防护措施。

4.9.6 有绝缘要求的导轴瓦或上端轴，安装前后应对绝缘进行检查。试验时应在试验场设置安全警戒线和警示标志。

4.10 下机架安装

4.10.1 机架吊装前应清除支腿上的杂物及临时支撑，所有焊缝的药皮等氧化物应敲打干净，并用压缩空气将金属微粒及尘土等彻底吹净。

4.10.2 下机架中心应采用千斤顶调整，不得用锤击法调整。

4.10.3 制动器安装前应按要求进行分解、清扫、检查和压力试验。

4.11 定子安装

4.11.1 起吊定子前，应对桥机及轨道进行检查、维护和保养。

4.11.2 起吊平衡梁与定子组装时，连接螺栓应用专用扳手紧固。

4.11.3 应核对定子吊装方位，清除障碍物，检查、测量吊钩的提升高度是否满足起吊要求。

4.11.4 起重指挥、操作人员及其他相关人员应明确分工，各司其责。吊运中，噪声较大的施工应暂停作业。

4.11.5 定子安装调整时，应在对称、均布的八个方向各放置一个千斤顶，配以钢支墩进行定子径向调整，严禁超负荷使用千斤顶，同时应检测定子局部变形。

4.11.6 测量和调整电机定子、水导轴窝的垂直同心度，符合要

求后，应将基础螺栓与预埋钢筋焊接牢固，并应将定子基础调整垫片点焊固定。

4.12 转子吊装

4.12.1 转子吊装准备工作应符合下列规定：

1 吊装前，应对起重机械和吊具进行全面检查，制动系统应重新进行调整试验。采用两台桥机吊装时，应制定专项吊装方案，进行并车试验，并保证起吊电源可靠。两台桥机吊装除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 6067.1 的要求。

2 应对桥机轨道及压紧螺栓进行认真的清扫、检查；应布置桥机梁的变形观测装置。

3 吊装前，应制定安全技术措施和应急预案，并进行安全技术交底，指定专人统一指挥。

4 转子吊装前应计算好起吊高度，制定好起吊转运路线，并应清理路线内妨碍吊装的障碍物。

5 吊具安装完后，应经过认真检查，确认连接正确到位无误后，方可进行吊装。

6 吊转子使用的导向橡胶板或纸质板条、对讲机等有关工器具均应准备就绪。

4.12.2 转子吊装应符合下列规定：

1 电机转子翻转前应有方案措施及各吊点受力计算，起重设备承载能力应满足负载要求。

2 应缓慢起升转子，原位进行 3 次起落试验，检查桥机主钩制动情况，必要时进行调整。

3 当转子完成试吊并提升到一定高度后，可清扫法兰、制动环等转子底部各部位，用扁铲或砂轮机打磨时，应戴防护眼镜。

4 当转子吊进定子时，应缓慢下降。应在定子上方周围派人手持导向橡胶板或纸质板条插入定子、转子空气间隙中，并不停上下抽动，预防定子、转子碰撞挤伤。定子上方宜采用专用工

作平台，供人员站立，不得踩踏定子绕组。

5 应利用起重机械配合进行转子下法兰与下端轴上法兰对正调整。采用锤击法紧固螺栓时，扳手应靠紧，与螺母配合尺寸应一致。锤击人员与扶扳手的人员应错开角度。高处作业时，应搭设牢固的工作平台，扳手应用绳索系住。

6 吊装过程中严禁将手伸入组合面之间。

4.13 上机架安装

4.13.1 吊装前，起重机械和吊具应进行全面检查，制动系统应重新进行调整试验。上机架底面和定子上平面应清理干净，焊渣和铁屑不得落入设备里。进行上盖板及其基础的安装、调整时应搭设工作平台，做好防护措施。

4.13.2 安装推力瓦时，应检查推力瓦和镜板工作面。调整镜板水平时，抗重螺栓应均匀受力。镜板背面高程和水平度符合要求后，应锁紧支撑镜板的抗重螺栓。

4.13.3 推力头加热时应根据加热方式做好相应的安全及防火措施。热套推力头检查测量时应戴防护手套。

4.14 机组盘车及轴线调整

4.14.1 机组盘车前应对机组转动部位进行全面清理。

4.14.2 采用机械盘车，选用滑轮、钢丝绳及预埋的地锚，应制定施工方案，进行详细的受力计算，经审核后方可实施，盘车前还应对盘车系统进行检查确认。

4.14.3 机组盘车应由专人统一指挥，分工明确，确定联络方式、统一信号。

4.14.4 地锚、钢丝绳及滑车附近，严禁人员站立或停留。

4.14.5 单盘车调整电机轴线应使用细砂纸研磨绝缘垫方法。

4.14.6 整体盘车调整机组转动部分总轴线，处理水泵联轴器靠背轮面时，应保证结合面的间隙，距离足够，同时应保证制动闸顶转子安全可靠。采用锤击法紧固时，锤击人员与扶扳手的人员

应错开角度。高处作业时，应搭设牢固的工作平台，扳手及工器具应用绳索系住。

4.15 水泵机组整体清扫、喷漆

4.15.1 清扫水泵壳体和电机时，应做好空气压缩机开机前的准备工作，保证各连接部位紧固，各部位阀门应开闭灵活，安全防护装置应齐全可靠。

4.15.2 清扫、喷漆时，作业人员应配戴口罩或防毒面具。

4.15.3 工作场地应配备充足的消防器材。施工场地应通风良好，必要时设置通风设施加强通风。

4.15.4 喷漆时 15m 范围内严禁有明火作业。

4.15.5 所用的溶剂、油漆取用后，容器应及时盖严。油漆、汽油、酒精、香蕉水等以及其他易燃有毒材料，应分别设储藏室密封存放，专人保管，严禁烟火。

4.15.6 工作结束后，应整理工器具，将工作场地散落的危险物品清理干净。

5 水电站水轮机安装

5.1 水轮机设备的清扫与组合

5.1.1 设备清扫时，应根据设备特点，选择合适的清扫工具及清洗溶剂。使用脱漆剂等清扫设备时，应符合 4.1.3 的规定。

5.1.2 露天场所清扫组装设备，应搭设临时工棚。工棚应满足设备清扫组装时的防雨、防尘及消防等要求。

5.1.3 组合分瓣大件和拧紧组合螺栓时，应符合 4.1.6 的规定。

5.1.4 设备翻身时，应符合 4.1.7 的规定。

5.1.5 使用锤击法及在高空作业时，应符合 4.6.5 的相关规定。

5.1.6 用加热法紧固组合螺栓时，作业人员应戴防护手套，防止烫伤。直接用加热棒加热螺栓时，工件应做好接地保护，加热所用的电源应配备漏电保护开关，作业人员应穿绝缘鞋、佩戴绝缘手套。

5.1.7 进入转轮体内或轴孔内等封闭空间清扫时，不应单独作业，且连续作业时间不宜过长，应配备符合要求通风设备和个人防护用品，转轮体内或轴孔内存在可燃气体及粉尘时，应使用防爆器具，并设专人监护。职业危害防护除应符合本标准规定外，尚应符合 GBZ/T 205 的规定。

5.1.8 用液压拉伸工具紧固组合螺栓时，操作前应检查液压泵、高压软管及接头是否完好。升压应缓慢，如发现渗漏，应立即停止作业，操作人员应避开喷射方向。升压过程中，严防活塞超过工作行程；操作人员应站在安全位置，严禁将头手伸到拉伸器上方。

5.1.9 有力矩要求的螺栓连接时，应使用配套的力矩扳手或专用工具进行连接，不得使用呆扳手或配以加长杆的方法进行拧紧。

5.1.10 应定期对起吊设备的吊钩、钢丝绳、限位器进行检查，

确定系统是否可靠；班前、班后应做好设备常规检查、设备运行记录和交班记录；使用过程中应经常保养，避免碰撞。

5.2 尾水管安装

5.2.1 尾水管安装前，应对施工现场的杂物、积水进行清理排除，并设置机坑排水设施。

5.2.2 潮湿部位应使用不大于 24V 照明设备和灯具，尾水管里衬内应使用不大于 12V 照明设备和灯具，不应将行灯变压器带入尾水管内使用。

5.2.3 在安装部位应设置必要的人行通道、工作平台及爬梯，爬梯应设扶手，通道及工作临边应设置护栏和 safety 网等设施。安全网的设置除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 5725 的相关要求。设施基础应固定牢靠，并满足承载要求。

5.2.4 机组标高、中心等位置性标记的标示应清晰、牢靠，且进行有效防护。

5.2.5 在尾水管内作业，使用电焊机、角磨机等电气设备时，应对设备电缆（线）进行检查，不得有破损现象。电缆（线）应悬挂布置，不得随意拖拽，避免损坏电缆（线）造成漏电。

5.2.6 肘管及锥管安装前，应检查各部件支撑架固定是否牢固。安装过程中，楔子板、千斤顶、拉伸器等应放置或固定安全可靠。

5.2.7 安装在肘管、锥管上的补气管、测压管等管口应采取可靠的封堵保护措施。

5.2.8 拆除工作平台、爬梯等设施时，应采取可靠的防倾覆、防坠落安全措施。

5.2.9 尾水管内支撑拆除应符合下列规定：

1 拆除前，除拆除工作所用的跳板外，其他可燃材料应全部清理出去，并确保尾水管内通风良好。

2 内支撑拆除前应制定拆除方案，并进行安全技术交底。

3 内支撑拆除应从上向下逐层拆除。

4 爬梯应固定牢固，并设有护笼。爬梯的设计、安装除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 4053.1 的要求。

5 内支撑拆除平台应采用防火材料，并配有消防器材，平台上不得存放拆除的内支撑。以尾水管内支撑作为施工平台时，应对内支撑的强度进行验算，并对内支撑焊缝进行检查。

6 不得将拆除的内支撑直接丢入尾水管下部。

7 内支撑吊出前，应对绳索绑扎情况进行检查；吊出机坑时，施工人员应及时撤离。

5.2.10 尾水管防腐涂漆应符合下列规定：

1 尾水管里衬防腐涂漆时，应使用不大于 12V 的照明设备和灯具。

2 尾水管里衬防腐涂漆时，现场严禁有明火作业。

3 防腐涂漆现场应布置足够的消防设施。

4 涂漆工作平台及脚手架应经联合验收，并悬挂验收合格证书方可投入使用。

5 防腐施工时，施工人员应配备防毒面具及其他防护用具，现场应设置通风及除尘等设施。

5.3 座环安装

5.3.1 施工部位应按 SL 714 的相关规定架设牢固的工作平台和脚手架。在平台和脚手架上工作除应符合本标准规定外，尚应符合 JGJ 80 高处作业的有关规定。

5.3.2 分瓣座环组装时，组装支墩应稳固。首瓣座环就位调平后，应采取防倾覆措施。第二瓣就位后应先调平、固定。其余各瓣应按照同样方法就位。

5.3.3 使用电动工具对分瓣座环焊接坡口进行打磨处理时，应遵循有关安全操作规程要求。

5.3.4 采用双机抬吊或土法等非常规手段吊装座环时，应编制起重专项方案。专项方案应按程序经审批后实施。

5.3.5 座环吊装就位时，应将座环平稳地落于基础支承上，确

认支承平稳后，方可松去吊钩。需要进行焊接作业时，应有防止焊接电流通过钢丝绳的措施。座环起吊用吊钩、钢丝绳等检查和保养应符合 5.1.10 条的规定。

5.4 蜗壳安装

5.4.1 安装蜗壳时，焊在蜗壳环节上的吊环位置应合适，吊环应采用双面焊接且强度满足起吊要求。蜗壳各环节就位后，应用临时拉紧工具固定，下部用千斤顶支牢，然后方可松去吊钩。蜗壳挂装时，当班应按要求完成加固工作。

5.4.2 蜗壳各焊缝的压板等调整工具，应焊接牢固。

5.4.3 蜗壳管节在调整过程中，斜楔与压卡板工作面应经过加工，压卡板的焊缝高度应与蜗壳钢板厚度及两节错位情况相适应。

5.4.4 制作、安装施工平台，应先编制施工方案，并经批准后实施。施工平台组装后，应经相关部门检查验收，合格后方可使用。

5.4.5 在蜗壳内进行防腐、环氧灌浆或打磨作业时，应配备相应的照明、防火、防毒、通风及除尘等设施。

5.4.6 埋件焊缝探伤时，应采取必要的安全防护措施。探伤除应符合本标准规定外，尚应符合 GB/T 5616 的有关规定。探伤作业应设置警戒线和警示标志，进行射线探伤时，作业部位周围施工人员应撤离。

5.4.7 埋件需在现场机加工时，应遵守机加工设备的相关安全规程。

5.4.8 蜗壳内支撑拆除应符合 5.2.9 的相关规定。

5.5 蜗壳水压试验

5.5.1 蜗壳进行水压试验前，监测部位应配备充足的照明。

5.5.2 试压闷头吊装就位后，应进行可靠连接、支撑。

5.5.3 试压环吊装应平稳就位，严禁将手指伸入组合面内。

5.5.4 蜗壳做水压试验或蜗壳保压浇筑混凝土时，其混凝土支墩强度应满足设计要求或钢支墩应与蜗壳支撑良好，必要时采取临时支撑加固措施。

5.5.5 蜗壳水压试验期间，应设专人对各试压停留点的水压、水温、蜗壳变形及位移进行监测和记录。水压试验过程中，严禁监测人员在试验闷头后方及法兰面两侧逗留，若发现渗漏、变形等异常情况，应立即停止试压。

5.5.6 对蜗壳、固定导叶等部件进行应力测量时，各测点的设备及导线应固定牢靠。

5.5.7 蜗壳保压浇筑混凝土之前，应对加压设备进行彻底检查，保压浇筑混凝土期间，水压应保持在设计要求范围内，并设专人监测。

5.5.8 蜗壳水压试验的监测压力表计及超压泄水安全阀等应经相关检测部门检测合格，并粘贴合格标示方可使用。

5.6 机坑里衬及接力器基础安装

5.6.1 机坑里衬安装时应搭设可靠的施工平台，机坑里衬内外应设置安全爬梯；施工平台及爬梯应经过验收，并悬挂验收合格标示方可投入使用。以内支撑作为内部施工平台时，应对内支撑焊缝进行检查、补焊，并经验收合格后方可使用。

5.6.2 机坑里衬焊后应按设计要求进行无损探伤，探伤时应采取必要的劳动保护措施。探伤作业应设置警戒线和警示标志。

5.6.3 机坑里衬内支撑应固定牢靠，防止浇混凝土时里衬发生变形或位移。

5.7 座环现场机加工

5.7.1 座环加工机床安装前应先布置水轮机尾水防护平台，防护平台宜用钢平台铺设花纹板，用竹搭板则应铺设防火布。现场应配备消防器材。机坑里衬上部应设置安全防护平台。

5.7.2 加工现场应设置机床使用安全操作规程标牌，操作人员

应按安全操作规程操作机床，加工机具未停稳，操作人员不得离开操作部位。

5.7.3 机床固定应牢固可靠。

5.7.4 机床在工作过程中操作人员应佩戴安全防护用品，并不得站在铁屑飞出的方向。

5.7.5 加工时产生的铁屑应及时清理，清理时应佩戴安全防护手套。

5.7.6 机加工完成后拆除机床前应先断开电源。

5.8 导水机构安装

5.8.1 机坑清扫、测定和导水机构预装时，机坑内应搭设牢固的工作平台。

5.8.2 导叶吊装时，作业人员注意力应集中，严禁站在固定导叶与活动导叶之间，防止挤伤。

5.8.3 吊装顶盖等大件前，组合面应清扫干净、磨平高点，吊至安装位置 0.4~0.5m 处，再次检查清扫安装面，此时吊物应停稳，桥机司机和起重人员应坚守岗位。

5.8.4 导叶轴套、拐臂安装时，头、手严禁伸入轴套、拐臂下方。调整导叶端部间隙时，导叶处与水轮机室应有可靠的信号联系。转轮四周应设置防护网，人员通道应规范畅通。

5.8.5 在蜗壳内工作时，应随身携带便携式照明设备。

5.8.6 导叶工作高度超过 2m 时，研磨立面间隙和安装导叶密封应在牢固的工作平台上进行。

5.8.7 水轮机室和蜗壳内，应设置通风设施。在尾水管、蜗壳内进行环氧砂浆作业时，水轮机室和蜗壳内的其他安装工作应停止。

5.8.8 水轮机室和蜗壳内的通道应保持畅通，不得将吊物孔作为交通通道或排水通道。

5.8.9 导叶进行动作试验应符合下列规定：

1 导叶进行动作试验前，应对水轮机室和座环导叶部位进

行检查，并通告相关人员撤离，试验时应在水轮机室、蜗壳进人门处悬挂警示标志，并设专人监护，无关人员不得进入。

2 操作人员与水轮机室、蜗壳内检查人员应有可靠的信号联系，每次操作前应与检查人员联系确认。

3 试验时，检查人员不得靠近导叶及导叶操作机构；检查人员检查测量工作，应在确认操作人员做好安全防护措施后方可进行。

4 试验过程中，如遇问题应与操作人员联系，等操作人员将保护投入后方可处理。

5.8.10 采用电镀或刷镀对工件缺陷进行处理时，作业人员应做好安全防护。采用金属喷涂法处理工件缺陷时，应做好防护，防止高温灼伤。

5.9 转轮安装

5.9.1 转浆式转轮组装应符合下列规定：

1 使用制造厂提供的专用工具安装部件时，应首先了解其使用方法，并检查有无缺陷和损坏情况。

2 转轮各部件装配时，吊点应选择合适，吊装应平稳，速度应缓慢均匀。作业人员应服从统一指挥。

3 装配叶片传动机构时，每吊装一件都应临时固定牢靠。

4 用桥机紧固螺栓时，应事先计算出紧固力矩，选好匹配的钢丝绳和卡扣。紧固过程中，应设置有效的监控手段，扳手与钢丝绳夹角宜为 $75^{\circ} \sim 105^{\circ}$ 。导向滑轮位置应合适，并应采取防止扳手滑出或钢丝绳绷出的措施。

5 使用电加热器紧固螺栓时，应事先检查加热器与加热装置绝缘是否良好。作业人员应戴绝缘手套，并遵守操作规程。

6 使用液压拉伸器紧固螺栓时，应符合 11.2 的有关要求。

7 转浆式转轮油压试验时，应符合下列规定：

1) 叶片上和场地应清扫干净无杂物，附近不得进行动火及打磨作业。现场应配备相应消防器材。

- 2) 油压试验装置的管路应完好，接头、法兰连接应牢固、无渗漏，压力表应检验合格，灵敏可靠。使用电动油泵时，应装设检验合格的安全阀，防止油压过高。
- 3) 油压装置操作时应分级缓慢升压，停泵稳压后，方可进行检查。叶片转动时，工作人员不得站在叶片上或进入其转动范围。
- 4) 试验中如发现缺陷，应将油压降到零，切断油压装置电源后进行处理。需补焊处理时，应先排油和清理，并设专人监护。
- 5) 工作人员不得站在堵板、法兰、焊口等处。

8 转轮体翻身前，应将转轮的活塞、支架等活动部件进行可靠的固定；应事先对桥机起升机构、制动系统进行检查，确保安全可靠。

9 转轮体翻身时，应做好钢丝绳的防护工作，防止钢丝绳损伤。

10 进行静平衡试验时，应在转轮下方设置方木垫或钢支墩。焊接转轮配重块时，应将平衡球与平衡板脱离或连接专用接地线。

5.9.2 混流式转轮组装应符合下列规定：

1 分瓣转轮组装时，应预先将支墩调平固定。卡栓烘烤时应派专人对烘箱温度进行监测，卡栓安装时应佩戴防护手套。

2 混流式分瓣转轮刚度试验时，力源应安全可靠，支承块焊接应牢固，工作人员应站在安全位置，服从统一指挥。

3 在专用临时棚内焊接分瓣转轮时，应有专门的通风排烟及消防措施。当连续焊接超过 8h 时，作业人员应轮流休息。

4 进行静平衡试验时，应在转轮下方设置方木垫或钢支墩。焊接转轮配重块时，应将平衡球与平衡板脱离或连接专用接地线。

5.9.3 连轴组装应符合下列规定：

1 转轮与主轴连接前，转轮应固定并处于水平位置。连接

时，转轮应设置可靠支撑。

2 使用脱漆剂等清扫主轴法兰、轴颈时，应符合 4.1.3 的规定。

3 研磨主轴法兰时，研磨平台应由两人以上操作，平台应扶稳，并用绳索系住。

4 主轴竖立起吊时，下方法兰处应垫设木方加以防护，尺寸及重量较大的主轴宜采用专用的翻身工具进行翻身。

5 用提升机械穿入联轴螺栓时，螺栓下方不得站人，不得用身体托抬螺栓。

6 使用液氮冷冻零件时，应用杜拉容器盛装和运送，被冷却零件置于防护容器内，缓缓注入液氮，严防飞溅冻伤皮肤。操作人员应穿防护服，佩戴防护眼镜。宜选干冰冷冻。

7 测量主轴水平度、垂直度时，在主轴法兰上的人员必须系安全带。

5.9.4 转轮吊装应符合下列规定：

1 轴流式机组安装时，转轮室内应清理干净。混流式机组安装时，应在基础环下搭设工作平台，直到充水前拆除，平台应将锥管完全封闭。

2 水轮机转轮吊装前，应对机坑杂物进行全面清理。

3 轴流式转轮吊入前，叶片上应清理干净无油垢杂物，叶片与叶片间应设安全保护网且绑扎牢固，将叶片处于全关状态，并固定牢靠。

4 轴流式转轮吊入机坑后，如需用悬吊工具悬挂转轮，悬挂应可靠，并经检查验收后，方可继续施工。

5 贯流式转轮操作油管安装好后进行动作试验时，转轮室内应派专人监护。

6 大型水轮机转轮在机坑内调整，宜采用桥机辅助和专用工具进行调整的方法，应避免强制顶靠或锤击造成设备的损伤，甚至损坏。

7 在机坑内进行主轴水平度、垂直度测量时，在主轴法兰

上的人员应系安全带。

8 使用楔子板对转轮进行定位时，楔子板应对称、均匀楔紧，不应采用重力锤击而造成设备损伤。

9 混流式转轮调整合格并固定后，应对下止漏环缝隙进行遮盖。

10 进入主轴内部进行清扫、焊接、设备安装等作业，应设置通风、照明、消防等设施，焊接应设专用接地线。

11 水轮机转轮起吊前，应对起吊设备进行检查确认，且应遵循起重作业有关操作要求。

12 转轮吊装时机坑及转轮室应有充足安全照明。

13 转轮室工作人员应不少于 3 人，并配备便携式照明器具，不得一人单独工作。

5.10 水导轴承与主轴密封安装

5.10.1 使用脱漆剂等清扫导轴瓦时，应符合 4.1.3 的规定。

5.10.2 导轴瓦进行研刮时，导轴承、轴颈磨擦面应用无水酒精擦拭干净。轴瓦研刮现场应通风良好，防尘、消防设备应齐全。

5.10.3 导轴承和密封件吊放于支持盖（或顶盖）内时，应按安装顺序排列整齐、放平、垫稳。

5.10.4 零部件存放及安装地点，应有充足照明，并配备必要的电压不大于 36V 的安全行灯。

5.10.5 导轴瓦安装前应对油槽进行清扫，擦拭油污时不宜使用易留有线头等残留物的材料。

5.10.6 导轴承油槽做煤油渗漏试验时，应有防漏、防火的安全措施，不得将任何火种带入工作场所，机坑内不得进行电焊或电气试验。

5.10.7 轴瓦吊装方法应稳妥可靠，单块瓦重 40kg 以上应采用手拉葫芦等机械方法吊运。

5.10.8 导轴承油槽上端盖安装完成后，应对密封间隙进行防护。

5.10.9 在水轮机转动部分进行电焊作业时，应安装专用接地线，以保证转动部分处于良好的接地状态。

5.10.10 密封装置安装应排除作业部位的积水、油污及杂物。与其他工作上下交叉作业时，中间应设防护板。

5.10.11 使用手拉葫芦安装导轴承或密封装置时，手拉葫芦应固定牢靠，部件绑扎应牢靠，吊装应平稳，工作人员应服从统一指挥。

5.11 接力器安装

5.11.1 现场分解接力器，应有厂家技术人员指导；抽出或安装活塞时，吊装应平衡，不得碰撞，活塞不得强行抽出（或安装）；拆装有弹簧预压力的零件时，应防止弹簧突然弹出伤人；拆装活塞涨圈时，应使用专用工具。

5.11.2 接力器安装时，吊装应平衡，不得碰撞。

5.11.3 油压试验应符合下列规定：

1 接力器应支垫稳固；试压区域应设置警戒线。

2 应使用校验合格的压力表，管路应完好，接头、法兰连接应牢固、无渗漏。

3 使用电动油泵加压时，应装设经相关检测单位检验合格的安全阀，以防止油压过高。

4 操作时应分级缓慢升压，停泵稳压后，方可进行检查。

5 遇有缺陷需拆卸处理时，应将油压降到零并排油后进行。补焊处理时，应有专人监护。

6 工作人员不得站在堵板、法兰、焊口、丝扣处对面，或在其附近停留。

7 试验场地应配置消防器材，试验区不得进行动火及打磨作业。

5.11.4 进入回油箱及压油罐内清扫时，应采取充足的供氧、通风措施，施工照明应采用 12V 低压照明灯具。

5.11.5 调速器调试阶段，应成立专门的指挥领导小组，负责协

调统一。导水机构动作前，相关部位应停止其他一切工作，人员撤离，并设专人监护。

5.11.6 调速器无水调试完成后，应投入机械锁定，关闭系统主供油阀，并悬挂“禁止操作，有人工作”标志牌。

5.11.7 调速器有水调试应按厂家相关安全规定进行，并服从机组启动试运行委员会统一指挥。

5.12 进水阀及筒形阀安装

5.12.1 蝴蝶阀和球阀安装应符合下列规定：

1 组装蝴蝶阀活门用的方木支墩应牢靠，并相互连成整体。

2 蝴蝶阀和球阀平压阀、排气阀等操作阀门安装前应进行密封试验。试验时阀门应支撑牢固。

3 真空破坏阀进行压力检查时，应固定好弹簧，防止弹簧弹出伤人。操作过程中应防止手或杂物进入密封面之间。

4 伸缩节安装时，钢管与活动法兰之间配合间隙应保持均匀。密封压环应均匀、对称压紧。

5 蝴蝶阀和球阀动作试验前，应检查钢管内和活门附近有无障碍物及人员。试验时应在进入门处挂“禁止入内”警示标志，并设专人监护。

6 进入蝴蝶阀和球阀、钢管内检查或工作时，应关闭油源，投入机械锁锭，并挂上“有人工作，禁止操作”警示标志，并设专人监护。

7 进入回油箱及压油罐内清扫时，应符合 5.11.4 条的规定。

8 进水阀试验前，油压装置安全阀应由具备相应资质的单位进行压力整定试验合格。调试阶段及进水阀动作前，应符合 5.11.5 条的规定。

9 进水阀无水调试完成后，应符合 5.11.6 条的规定。

10 进水阀有水调试应按厂家相关安全规定进行，并服从机组启动试运行委员会统一指挥。

5.12.2 筒形阀安装应符合下列规定：

- 1 筒体组装时，组装支墩应与基础固定牢靠。
- 2 筒体组装后，应对其水平及圆度进行检查。当圆度超差时，应按设计要求进行处理，不宜采用火焰校正。
- 3 接力器清扫检查时，应做好人员、设备安全防护，零部件组装前应对清扫好的精密部件进行防尘保护。
- 4 活塞杆与筒体连接后应进行垂直度测量，需在活塞杆底部加设垫片时，垫片应进行可靠固定。
- 5 单个接力器进行油压和动作试验时，压力接头及表计应连接牢靠。
- 6 机坑内工作部位应设置防护栏及防护网，并布置充足的安全照明。
- 7 导向板等部件打磨时，操作人员应戴防护镜，使用电气设备应做好触电防护措施。
- 8 进入回油箱及压油罐内清扫时，应符合 5.11.4 条的规定。
- 9 筒形阀试验前，油压装置安全阀应由具备相应资质的单位进行压力整定试验合格。调试阶段及筒形阀动作前，应符合 5.11.5 条的规定。
- 10 筒形阀动作试验前，应对筒形阀及其导向板等进行彻底清扫，避免有硬物、毛刺等卡阻筒形阀动作。
- 11 筒形阀在无动作试验期间，应统一指挥、设专人监护，保持通信畅通。监测人员严禁将头、手伸入筒体下方。
- 12 动作试验过程中，如筒阀出现卡阻或抖动，应立即停止试验，查明原因，消除问题。
- 13 筒形阀无水调试完毕，在蜗壳内进行导水机构安装工作前，应将筒形阀置全开位置，安装机械锁定螺栓，撤除系统油压，关闭筒形阀系统主供油阀并悬挂“禁止操作，有人工作”标志牌。
- 14 筒形阀有水调试期间，每次调试工作完成后，应将筒形阀关闭，并切换至“切除”控制方式，挂“禁止操作”的安全标志。

6 水电站发电机安装

6.1 发电机设备清扫与检查

- 6.1.1** 设备清扫时，应根据设备特点，选择合适的清扫工具及清扫液，防止损坏设备。
- 6.1.2** 使用脱漆剂等化学溶剂清扫设备时，应符合 4.1.3 的规定。
- 6.1.3** 清扫连续作业时间不宜过长，应配备符合要求的通风设备和个人防护用品，密闭空间内存在可燃气体及粉尘时，应使用防爆器具，设专人监护。职业危害防护除应符合本标准规定外，尚应符合 GBZ/T 205 的规定。
- 6.1.4** 清扫现场应配备足量的消防器材。消防器材的配备标准应符合 GB 50720 的规定。
- 6.1.5** 露天场所清扫设备，应搭设临时工棚。工棚应满足防雨、防尘及消防等要求。

6.2 基础埋设

- 6.2.1** 在发电机机坑内工作，应符合高处作业有关安全技术规定。
- 6.2.2** 下部风洞盖板、下机架及风闸基础埋设时，应架设脚手架、工作平台及安全防护栏杆，并应与水轮机室有隔离防护措施，不得将工具、混凝土渣等杂物掉入水轮机室。
- 6.2.3** 向机坑中传送材料或工具时，应用绳子或吊篮传送，不得抛掷传送。
- 6.2.4** 上层排水不得影响水轮机设备和工作。
- 6.2.5** 在机坑中进行电焊、气割作业时，应有防火措施，作业前应检查水轮机室及以下是否有汽油、抹布和其他易燃物，并在水轮机室设专人监护，作业完成后应检查水轮机室有无高温残留

物，监护人员应彻底检查作业面下层，确认无隐患后，方可撤离。

6.2.6 修凿混凝土时，作业人员应戴防护眼镜，手锤、钢钎应拿牢，不得戴手套工作，并应做好周围设备的防护工作。

6.3 定子组装及安装

6.3.1 分瓣定子组装应符合下列规定：

1 定子基础清扫及测定时，应制定防止落物或坠落的安全措施，遵守机坑作业安全技术要求。

2 定子在安装间进行组装时，组装场地应整洁干净。临时支墩应平稳牢固，调整用楔子板应有 2/3 的接触面。测圆架的中心基础板应埋设牢靠。

3 定子 in 机坑内组装时，机坑外围应设置安全栏杆和警示标志，栏杆高度应满足安全要求。

4 机坑内工作平台应牢固，孔洞应封堵，并设置安全网和警示标志。使用测圆架调整定子中心和圆度时，测圆架的基础应有足够的刚度，并与工作平台分开设置，工作平台应有可靠的梯子和栏杆。

5 分瓣定子起吊前应确保起吊工具安全可靠，钢丝绳无断丝、磨损，吊运应有专人负责和专人指挥。

6 分瓣定子组合，第一瓣定子就位时，应临时固定牢靠，经检查确认垫稳后，方可松开吊钩。此后应每吊一瓣定子与前一瓣定子组合成整体，组合螺栓全部套上，均匀地拧紧 1/3 以上的螺栓，并支垫稳妥后，方可松开吊钩，直到组合成整体。

7 定子组合时，作业人员的手严禁伸进组合面之间。上下定子应设置爬梯，不得踩踏线圈，紧固组合螺栓时，应有可靠的工作平台和栏杆。

8 对定子机座组合缝进行打磨时，作业人员应戴防护镜和口罩。

9 在定子的任何部位施焊或气割时，应遵守焊接安全操作

规程并派专人监护，严防火灾。

6.3.2 铁芯叠装应符合下列规定：

1 定位筋安装调整过程中，千斤顶、C形夹等调整工具及工作平台应固定靠牢，工作平台应连接成整体。

2 定子铁芯叠装及整形时，工作人员应戴防护手套。

3 定子铁芯叠装时，应搭设牢固的工作平台，工作平台内侧应有栏杆，在工作平台上压紧铁芯，如使用扳手时，扳手的手把上应系有安全绳。使用液压压紧工具应遵循 11.2 节的相关规定。

4 定子铁芯组装完成后，在定子连接件上进行焊接作业时，焊接件应设置专用接地线，对铁芯进行接地保护。

5 有热压要求的定子铁芯，加热设备及电缆应固定牢靠，加热前应进行检查，铁芯应设接地保护。并应制定相应的热压措施，经审查批准后遵照执行。

6.3.3 定子磁化试验应符合下列规定：

1 铁芯磁化试验时，现场应配备足够的消防器材；定子周围应设临时围栏，悬挂警示标志，并派专人警戒，非试验人员不得进入试验区。定子机座、测温电阻接地应可靠，接地线截面积应符合规范要求。

2 励磁电源、开关柜、电缆应经核算满足试验容量要求；励磁电缆与铁芯凸棱之间应可靠衬垫，衬垫物应采用橡皮，且其厚度不应小于 10mm；励磁电缆应无破损，试验前应进行交流耐压检查。

3 铁芯磁化试验时，现场试验人员应服从统一指挥和安排，应穿绝缘鞋。不得将金属物品遗留在铁芯上或在定子内膛造成铁芯短接。不得用手触摸穿芯螺杆，不得用双手同时触摸定子铁芯。

4 应遵守安全用电规程，并派专人看守试验电源。

5 参与试验人员应佩戴耳塞，严禁高血压、心脏病等对噪声敏感的人参与试验。

6.3.4 定子下线应符合下列规定：

1 线棒到货应存储在恒温、干燥的保温仓库内，线棒箱上方不得压重物或吊运设备。

2 搬运线棒时应避免磕碰，以免造成绝缘缺陷；线棒较长时应采用三点支撑存放，搬运时三点受力。

3 使用机械手下线时，机械手应固定可靠，经试验可靠后，方可使用；用手工下线时，工作平台内侧应设有扶手栏杆。线棒推入时，线棒上下端应均匀同时推入，不得强行推入。

4 采用无尘下线时，宜采用防尘工作棚。工作棚内应有防潮设施及通风设备，保持工作棚内温度及湿度符合要求。

5 易燃化学品应单独存放，并由专人保管。库房应保持通风并配有消防器材。

6 定子下线过程中使用的环氧胶、油漆、丙酮、酒精等有可能造成职业危害的化学物质接触限值除应符合本标准规定外，尚应符合 GBZ 2.1 的规定。

7 配制环氧复合物时，场地应通风良好。环氧树脂等化学材料不得用明火直接加温。工作中使用化学物品时应戴上手套、防护镜、防护衣和防护鞋。工作完成后应及时洗手。

8 打槽楔时，应集中注意力，防止伤手或手锤脱落伤人，不得击伤线圈及铁芯。

9 定子线棒端部钎焊前，应戴防护眼镜、手套和脚盖。中频焊接时，应使用硬云母片将感应圈和电接头隔离开。焊接时应采取良好的降温措施对线棒降温，避免损坏线棒绝缘。

10 定子的端部绝缘盒灌注时应严格按照厂家规定的温度和配比调制环氧树脂，不得明火加热，并应有消防设施。多余的环氧树脂应按照化工产品防护要求专门处置，不得随意倾倒或丢弃。作业人员应佩戴防护设施。

11 喷漆作业周围严禁有明火作业，施工场地应通风良好。

12 定子内部介质冷却的线棒，在与冷却介质的管路连接以前，在线棒两端应临时密封，严防杂物进入内冷线棒和管道。

13 发电机定子线圈干燥时，应按下列措施进行：

- 1) 定子线圈的上、下端部，铁芯的每个通风墙（孔）应经专人分段负责检查，并经复查无金属及其他杂物后，方可用无水、无油污的压缩空气进行彻底清扫。
- 2) 采用定子线圈内部通电并辅以电热器辅助配合干燥时，保温用的篷布应与电热器保持一定的安全距离。
- 3) 采用温度计测温时，应使用酒精温度计，不得使用水银温度计。
- 4) 加温过程中，不应在发电机风洞内各基础面进行任何工作。
- 5) 应配备相应灭火器。

6.3.5 定子耐压试验应符合下列规定：

1 定子耐压试验应制定相应的试验措施经审查批准后遵照执行。定子耐压试验前，应对定子进行彻底清扫，清除定子上的金属；定子机座、测温计应接地。

2 耐压试验时，应有专人指挥，升压操作应有专人监护。操作人员应穿绝缘鞋。现场应设临时围栏隔离，并悬挂警示标志。

3 使用高压试验设备时，外壳应接地。接地线应采用截面积不小于 4mm^2 的多股软铜线，接地应良好可靠。

6.3.6 定子安装与调整应符合下列规定：

1 定子吊装应编制专项安全技术措施及应急预案，并成立专门的组织机构。

2 定子吊装前应对桥机进行全面检查，逐项确认。应确保桥机电源正常可靠。

3 定子吊装时，应由专人负责统一指挥；定子起吊前应检查桥机起升制动器。

4 定子安装调整时，测量中心的求心器装置，应装在发电机层。测量人员在机坑内的工作平台，应有一定的刚度要求，且应有上下梯子、走道及栏杆等。

5 使用千斤顶调整定子高程、中心时，应选择机座上合适的受力部位，使机座受力均匀，调整量较大时，应逐步小量调整。

6 定子调整过程中，对定子上下端绕组应进行防尘、防止杂物进入绕组之间和采取防止电焊或气割飞溅烧伤绕组绝缘的保护措施。电焊应设置专用接地线。

7 定子在机坑调整过程中，应在孔洞部位搭设安全网，高处作业人员必须系安全带。

6.3.7 定子冷却系统安装应符合下列规定：

1 发电机冷却系统空气冷却器、加压循环设备、膨胀水箱、循环水管、热交换器设备、冷凝器、循环管等设备进场道路应畅通；作业区正上方应无其他工种作业。

2 施工现场应清理干净；安装部位应有防尘措施；安装时温度不宜低于 5℃，空气相对湿度应在 80% 以下。

3 空气冷却器、热交换器、冷凝器安装前必须进行水压检查，不得有渗漏；水压试验后应立即放尽存水；试验完毕后各接口应妥善封闭。温度低于 5℃ 时应考虑保温措施防冻。

4 管道安装组合前应将内部清理干净，管道内不得留有任何杂物；管道不得强行对接；管道开孔、切割宜采用机械方式，不得采用火焰或电焊切割。

5 安装过程中严禁在安装管道内存放工具或材料，管口应及时加塞或加盖。

6.3.8 空冷式定子冷却系统安装完成后，应按 GB/T 8564 的规定进行水压试验及密封试验。管路应可靠固定，管路与电气设备距离应满足安全距离要求。

6.4 发电机上、下机架安装

6.4.1 机架组装应符合下列规定：

1 上、下机架各部件应摆放平稳有序。

2 组装场地应平整，支撑基础应稳固可靠。

3 上、下机架组装时，中心体应支撑稳定牢固后调平。机架支腿应对称挂装。待支臂垫平、放稳，并把合 4 个以上螺栓后（或焊接 4 个把合块，用螺栓把合后），方可松去吊钩。

4 上、下机架支臂上不应有人行走，在支臂上作业时应采取防滑和防坠落措施。

5 对机架组合缝进行打磨时，作业人员应戴防护镜和手套。焊接时，应遵循焊接有关规定。

6.4.2 机架安装调整应符合下列规定：

1 上、下机架吊装前应清除支腿上的杂物及临时支撑，所有焊缝的药皮等氧化物应敲打干净，并用压缩空气将金属微粒及尘土等彻底吹净，按要求对焊缝部位进行防腐工作。

2 上、下机架应在焊接与气割工作完成后再吊装，必须在机坑内进行焊接与气割时，应采取相应保护措施，并派专人监护，防止火花或废料等掉入机组内部。

3 上机架盖板、上挡风板、灭火水管等，应在上机架吊装前组装焊接完毕。

4 上机架吊装后，在转子上方施工时应做好防止杂物掉入发电机空气间隙的保护措施。

6.5 转子组装

6.5.1 转子支架组装和焊接应符合下列规定：

1 转子支架组焊场地应通风良好，配备灭火器材。

2 中心体、轮臂或圆盘支架焊缝坡口打磨时，操作人员应配戴口罩、防护镜等防护用品。

3 轮臂或圆盘支架挂装时，中心体应先调平并支撑平稳牢固。轮臂或圆盘支架应对称挂装，垫平、放稳后，应穿入 4 个以上螺栓，并初步拧紧后方可松去吊钩。

4 作业人员上下转子支架应设置爬梯。

5 在专用临时棚内焊接转子支架时，应有专门的通风排烟及消防措施。

6 轮臂连接或圆盘组装时，轮臂或圆盘支架的扇形体与中心体应连接可靠并垫平稳后，方可松开吊钩。

7 转子焊接时，应设置专用引弧板，引弧部位材质应与母材相同。不应在工件上引弧。焊接完成后，应割除引弧板并对焊接接口部位进行打磨。

8 对焊缝进行探伤检查时，应设置警戒线和警示标志。

6.5.2 转子轮毂热套应符合下列规定：

1 采用轮毂套轴时，主轴垂直度找正后应用螺栓将主轴紧固在基础上，轮毂的起重绳应有足够的安全裕度。当采用轴插轮毂时，轮毂找正后，应采取措施将轮毂固定在基础地面混凝土上。

2 采用电热器或涡流铁损法加热时，瓷套管与铁支撑架间应有良好的绝缘。轮毂下部的各个电热器，应按圆周排列顺序编号，其电气接线应分组，分别控制加温。

3 保温箱（棚）应采用钢结构制作，周围应用阻燃材料隔热，同时应配备足够数量的灭火器。一旦发生意外，应先切断电源，再进行灭火，灭火器的类型应与配备场所可能发生的火灾类型相匹配。

4 控制总电源的导线应有足够的截面积，以保持送电安全可靠，并应由专业维护电工作业。

5 采用涡流铁损法加温时，所用的通电裸导线与轮毂间应垫以耐高温绝缘材料。控制线与电热器的电源线，均应采用绝缘导线。绝缘导线在保温箱（棚）内的部分应有良好的隔热层覆盖。

6 操作闸刀开关应戴绝缘手套，穿绝缘胶鞋，不得正对电源开关操作。

7 加温过程中应有两名电工值班，监视控制温升。值班人员不得擅离职守。

8 进入保温箱（棚）内校核轮毂孔径实际膨胀量时，应切断箱内电源，进入箱内的测量人员应穿戴防高温灼伤的防护用

品，进入箱内做短时间的测量工作，并应指定专人监护。

6.5.3 转子磁轭堆积应符合下列规定：

1 转子铁片清扫场地应地面平整，照明适宜，通风良好，并设围栏及配置消防器材。

2 铁片清扫时，作业人员应戴口罩及手套。

3 使用铁片清洗机工作时，操作人员应遵守铁片清洗机安全操作规程。

4 铁片堆放应整齐，不得歪斜，堆放高度不得大于 1.2m，底部应有足够的支撑点，各堆之间应有不小于 0.5m 的通道。铁片吊装或运输前，应重新装箱（或固定），防止铁片侧滑散落。

5 转子铁片堆积，应有可靠的专用钢支墩，钢支墩应能承受转子重量与安装可能出现的最大负荷。

6 铁片堆积时应沿转子外围搭设宽度不小于 1.2m 的工作平台，外侧应设有栏杆，上下应有牢固的梯子。如为轮臂结构，轮臂上平面之间应用木板或钢板铺平。

7 使用铁片堆积机堆积铁片时，应制定相应安全技术操作规程；作业人员应做好个人防护，防止压伤手脚。

8 堆积铁片用的扳手、垫圈、套管、螺栓等工具及零件，应放在工具箱内指定地点，不得随便乱放。

9 磁轭铁片的压紧和压紧力应遵守制造厂的规定。使用风动扳手、电动扳手、液压拉伸器紧固铁片螺栓时，应遵守安全操作规定。

10 转子周围宜设围栏，非工作人员不得进入；对带入的扁平工具应清点检查，出入登记；不得携带钥匙、硬币等物品进入施工区域。

11 参加铣孔的作业人员应戴安全帽及配戴防护眼镜。铣孔时应按铣削量逐步加大铣刀等级。使用气锤铣孔时，气锤应悬吊平稳，不得用手直接扶持接力冲杆；用桥机对 T 形槽或轮环螺孔拉铣时，钢丝绳应对正垂直，不得歪斜，提升应缓慢。

12 磁轭热套（热打键）应采取下列安全措施：

- 1) 转子磁轭热套应符合 6.5.2 的规定。
- 2) 在转子磁轭上布置的热电耦、电线及测量元件应固定牢靠，并进行对地绝缘电阻测量，做好安全防护。
- 3) 在磁轭上布置电加热器、加热风机时，应采取防止与磁轭直接接触的保护措施。
- 4) 工作人员严禁直接用手触摸高温磁轭。
- 5) 热打键或安装胀量垫片前，应对胀量进行测量。
- 6) 用锤击法锤击时不得戴手套，应防止打偏，周围不得站人。

6.5.4 磁极挂装及试验应符合下列规定：

1 磁极竖立与挂装应使用专用工具。磁极挂装时，磁极下部 T 形槽内应用千斤顶撑牢，磁极中心找正后，将磁极键打紧，方可松开专用工具与吊钩。

2 使用锤击法打键时，作业人员不应戴手套。当两人操作时，不得面对面操作。

3 使用拔键器拔磁极键时，桥机吊钩中心应与键中心保持一致，应将拔键器用钢丝绳拴牢，做好防止拔键器滑脱、弹起伤人或损坏设备的措施。

4 拔键时应将转子施工区域进行隔离，无关人员不得靠近；作业人员在拔键器受力后，应离开拔键器 3~5m 观察，遇异常情况应卸去拔键器上的受力，再进行处理。

5 拔键时应设专人监视桥机起重量监测仪，桥机起重量不宜大于 8t，避免将磁极键拔断。

6 磁极干燥应采用下列措施：

- 1) 磁极线圈周围及轮环上下部、通风洞等处应无金属工器具、铁屑及其他杂物，并用干燥的压缩空气彻底清扫后，方可开始加温工作。
- 2) 用直流电焊机或硅整流屏直接对磁极线圈通电加温时，裸露母线应与磁轭垫有良好的绝缘。
- 3) 以电热器作辅助配合磁极通电加温时，应符合 6.5.2

条的规定。

- 4) 磁极通电后，转子周围应划分有磁场区域的界限，并设置围栏，悬挂“带电”警示标志。
- 5) 加温过程中，应有相应的防火措施，并配备充足的消防器材。发生意外火灾时，应先切断电源，再用相应的灭火器灭火。
- 6) 磁极线圈通电加热后，不得将磁极存放在有铁屑的部位。

7 磁极试验应采取下列措施：

- 1) 试验区域应设置围栏隔离，挂警示标志，并有专人巡视，无关人员不得进入试验区域。
- 2) 所有试验设备外壳应可靠接地，所有非被试磁极也应可靠接地。
- 3) 电源开关应设专人值守，遇紧急情况时，应立即跳闸断电。
- 4) 在试验接线过程中，严禁合上电源开关。在进行高压线接线操作时，应将主电源及控制电源全部断开，并在高压端挂临时接地线，待操作完毕后，再取下临时接地线。

6.5.5 喷漆应符合下列规定：

1 转子喷漆前应对转子进行彻底清扫，转子上不得有任何灰尘、油污或金属颗粒。对非喷漆部位应进行防护。

2 涂料存放场、喷漆场地应通风良好，并配备相应的灭火器材，设置明显的防火安全警示标志，喷漆场地应隔离。

3 操作人员应穿戴工作服、防护眼镜、防毒口罩或防毒面具，并应符合 6.11 的规定。

6.6 主要部件吊装

6.6.1 当定子、转子等部件吊装时，应编制专项安全技术措施，经审批组织交底后实施，并成立临时专门组织机构负责统一

指挥。

6.6.2 吊装前应对桥机和吊具进行全面检查，制动系统应重新进行调整试验。采用两台桥机或两台小车进行吊装时，应进行并车试验，检查桥机的同步性。起吊时电源应可靠。

6.6.3 主要部件吊装前，应将部件本身和即将吊入的部位彻底清扫干净。

6.6.4 定子在非自身机坑中组装，在定子吊装时，应采用专用吊具。吊具安装完毕后，应经过检查，确认安全后，方可进行吊装。

6.6.5 主要部件起吊时，应检查桥式起重机起升和下降、大车和小车行走和制动器试验情况。起升的刹车制动试验应在部件起升 100~300mm 时进行，确认制动器工作正常后，再正式起吊。

6.6.6 定子吊装就位时，水轮机机坑中应暂时停止作业，撤离人员。

6.6.7 转子吊装应符合下列要求：

1 转子吊装应计算好起吊高度，并使转子吊装的平衡梁推力轴承中心，与转子中心基本同心。

2 吊装过程中起升制动器应派专人监护。

3 当转子完成试吊并提升到一定高度后，可清扫法兰、制动环等转子底部各部位，如需用扁铲或砂轮机打磨时，应戴防护眼镜。

4 当转子吊进定子时，应缓慢下降。应在定子上方周围派人手持导向橡胶板或纸质板条插入定子、转子空气间隙中，并不停上下抽动，预防定子、转子碰撞挤伤。定子上方宜采用专用工作平台，供人员站立，不得踩踏定子绕组。

5 转子未落到安装位置时，除指挥者外，其他人员不得在转子上走动或工作。

6 当转子靠近法兰止口时，应派专人进行检查。检查人员严禁将身体伸入组合面之间。

6.7 轴瓦清扫及研刮

6.7.1 镜板、轴瓦开箱后，铁钉应拔下或打弯，包装废弃物应堆放整齐，所有镜板的包装布（纸）及清扫用的白布、酒精等，应按防火要求集中堆放，并远离火源。

6.7.2 镜板、轴瓦的吊运翻身应平稳可靠，放置时瓦面应垫毛毡或耐油橡胶板防护，镜板面应从上至下铺设绸子、毛毡或耐油橡胶板、木板进行保护。

6.7.3 使用脱漆剂等清扫导轴瓦时，应符合 4.1.3 的规定。

6.7.4 吊运推力瓦、导轴瓦时，应使用软绳或软布包扎的钢丝绳，吊耳应安全可靠。

6.7.5 轴瓦研刮应符合下列规定：

1 轴瓦研刮场地应防尘、干燥，通风、照明良好，其上方不得进行其他作业，周围 15m 内不得有明火。

2 推力瓦和导轴瓦进行研刮时，镜板、推力瓦、导轴瓦、轴颈磨擦面应用无水酒精擦拭干净。无水酒精以及擦拭的白布及其他材料应妥善保管，废旧材料应集中处理，不得乱堆乱放。

3 导轴瓦研刮时，主轴应放置平稳，轴颈处应设工作平台，且平台四周应搭设栏杆，并有宽度不小于 1m 的通道。

4 镜板和轴在轴瓦的研磨部位，应设限位装置，人工刮瓦时应有两人以上工作，严防轴瓦滑下，机械研磨时，应事先对机械进行检验，确认可靠后方可进行研磨。

5 研磨部位宜有灵活的起吊轴瓦装置。

6.8 推力轴承及导轴承安装

6.8.1 油槽做渗漏试验时，附近严禁有明火作业，作业人员应穿防静电工作服，现场应有专人值班负责监护，并配有相匹配的消防器材。

6.8.2 在油槽内工作的人员，应正确穿戴专用工作服、工作鞋、工作帽及口罩等。

6.8.3 油槽内各部件表面应用酒精、面团等清扫干净。轴承安装期间，无人工作时油槽应临时封闭。油槽封闭前，应全面清扫，检查确认油槽清洁、无杂物后方可封闭油槽。

6.8.4 推力头热套应符合下列规定：

1 推力头热套前，应校核轴承部件安装高度满足热套要求。

2 套装过程中，若发生卡阻现象，应果断拔除，查明原因后再进行套装。

3 卡环安装应在推力头温度降至室温后进行，卡环与推力头之间间隙不得进行加垫处理。

6.8.5 推力轴承强迫建立油膜的高压油顶起装置的油系统管路装配好后，应经检查、确认接头和法兰已连接牢靠，止回阀已做耐压试验后，方可充油，油质应满足设计要求；应经检查无渗漏现象后，方可进行高压油顶起试验。高压油顶起试验前应将安全阀调至最低，试验过程中应逐步提高安全阀压力。

6.8.6 安装与试验用的压力表，应经校验合格。

6.8.7 推力瓦或导轴瓦就位后，在机组内进行电焊工作时，焊接部位应搭设专用地线，不得在没有专用地线的情况下进行电焊作业；若采用直流焊接应负极接地，且地线绝缘良好，并做好防护措施。

6.8.8 在机组内部采用盘车方法刮推力瓦时，推入与拉出推力瓦应小心，手不得放进瓦架滚轮与推力瓦之间。两人以上作业时，动作应协调。

6.8.9 有绝缘要求的导轴瓦或上端轴，安装前后应对绝缘进行检查。试验时应对试验场所进行安全防护，设置安全警戒线和警示标志。

6.8.10 导轴承油槽上端盖安装完成后，应对密封间隙进行防护。

6.9 制动闸安装与试验

6.9.1 制动闸分解清扫时，各零部件应垫平放稳。皮碗、压环

应调整到与活塞保持同心，并将压环紧固螺丝垫片锁牢。

6.9.2 耐压试验工具应经计算和试验。

6.9.3 制动闸安装后进行耐压试验时，如果发现有缺陷，应在撤掉压力后方可进行处理，不得在有压力的情况下处理缺陷。试验用油油质应满足设计要求。

6.10 机组总装与轴线调整

6.10.1 机组盘车前应对机组转动部位进行全面清理，对定子、转子气隙，转轮迷宫环及轴密封装置等部位，均应进行认真检查，确认无异物后，方可进行盘车。

6.10.2 有高压油减载装置的机组在盘车前应具备下列条件：

- 1 高压油减载装置已清扫干净。
- 2 油槽已经渗漏试验检查合格。
- 3 高压油减载装置已具备充油升压条件。

6.10.3 采用电动盘车，应采用合适的电气装置和材料，并由电气工作人员安装、维护和操作，所有电气设备应设围栏，并悬挂安全标志。盘车前定子机座应固定牢靠。

6.10.4 采用机械盘车，选用滑轮、钢丝绳及预埋的地锚，应进行详细计算，经审核后方可实施，盘车前还应对盘车系统进行检查确认；采用电动盘车装置盘车，盘车装置与上机架、上端轴的连接螺栓应可靠紧固。

6.10.5 机组盘车应在统一指挥下进行。应设置专用电话、电铃或对讲机进行联系。联络、信号、操作和记录等均应分工明确。

6.10.6 机组盘车时，地锚、钢丝绳及滑车附近，严禁站人或停留。

6.10.7 制动闸使用前，应进行检查，管道系统应试验完毕，油泵压力表应经校验合格，安全阀应经调试动作可靠，并有专人操作，油泵电源闸刀应有专人监护。

6.10.8 发电机风洞等重点部位必须有两人值班，对所有进入工作人员携带的工器具及材料、随身金属制品进行检查和出入登

记，对撤出工作部位的人员应逐件核对登记物品，确保工作现场不留异物。

6.10.9 在机组内动火应执行动火工作票制度，动火前应清除机组内的汽油、酒精、油漆及擦拭过的棉纱头、抹布等易燃物品，并做好消防措施。

6.10.10 在发电机转动部分或固定部分进行电焊作业时，应在焊接部位搭接专用地线。

6.10.11 在发电机内进行钻孔、铣孔工作时，工作场所应配备充足的照明。电器设备的电线、电缆应绝缘良好。铁屑应及时清理。

6.10.12 发电机内应始终保持清洁，每班作业应将杂物清理干净，做到工完场清。

6.11 机组整体清扫、喷漆

6.11.1 转子、定子喷漆前应将定子上、下通风沟槽（孔）内用干燥无油的压缩空气清扫干净。油漆不得堵塞定子、转子通风槽或减小通风槽的截面积。

6.11.2 喷漆前应了解所用材料、设备对油漆的要求、油漆性能等。

6.11.3 喷漆时应戴口罩或防毒面具。

6.11.4 工作场地应配备有灭火器等消防器材，并保持通风良好，必要时应设置通风设施加强通风。

6.11.5 喷漆时附近严禁有明火作业。

6.11.6 工作时照明应装防爆灯，开关的带电部分不得裸露。

6.11.7 所用的溶剂、油漆取用后应将容器及时盖严。油漆、汽油、酒精、香蕉水等以及其他易燃有毒材料，应分别密封存放，专人保管，附近不得有明火作业。

6.11.8 剩余的油漆应分类收集，密闭存放，妥善处理。

6.11.9 工作结束后，应整理工器具，将工作场地及储藏室清理干净，如发现遗留或散落的危险易燃品，应及时清除干净。

7 辅助设备安装

7.1 调速系统安装

7.1.1 调速系统安装与调试应符合下列规定：

1 调速系统设备具备安装条件时，应将施工部位周围建筑垃圾清理干净，运输道路应清理畅通，施工照明应按使用要求进行布置。

2 根据设备布置，应先在一期混凝土浇筑时埋设吊装、转运锚钩，锚钩材质、规格应按设备重量的 5 倍进行强度计算和选择。

3 设备吊装时应按设备重量、外形尺寸以及现场条件选择吊装设备及吊装器具。

4 在回油箱、压力油罐内部清扫、补漆时，应派专人在罐外监护；罐内作业人员应经常轮换，并戴专用防毒面具，穿专用工作服和工作鞋，并采取通风措施。

5 调速系统设备需分解清扫时应征得厂家同意，分解清扫应在专用房间或场地内进行。拆装应小心，零件应放平垫稳。

6 调速系统各部的调整试验，应有专项安全技术措施。作业人员应熟悉调速系统动作原理，并了解设备布置情况。

7 压力油罐安全阀、压力表计、压力传感器等应经质量技术监督部门按要求进行校验后安装。调速系统充油、充气前，各部阀门应处于正确位置，漏油装置应具备自动运行条件。

8 调速系统充气、充油前，施工部位应无杂物，现场用围栏隔离，并悬挂警示标志。

9 压力油罐耐压试验前，应将油罐上安全阀、压力变送器等全部拆除后利用标准堵板封堵，罐顶应留待罐内试验介质注满后封堵。耐压试验时应分阶段平稳缓慢地上升至试验压力，严禁使用永久电动油泵直接升压。

10 调速系统调整试验前，油压装置应调试完毕，并投入自动运行状态。调速系统调试时，应派专人监视压力油罐油位。

11 调速系统调试动作时，应装设专用电铃和电话，各部位联系应畅通及时，应接受统一指挥，各活动部位（活动导叶之间、控制环、双联臂、拐臂等处）严禁有人工作或穿行。水轮机室和蜗壳内应有足够的照明，严禁将头、手、脚伸入活动导叶间，各活动部位应有专人监护并悬挂警示标志。水轮机室和蜗壳进入门应安排专人守护，无关人员不得进入施工部位。

12 调速系统和自动化液压系统充油时，压力升高应逐段缓慢进行，只有在低压阶段一切正常的情况下，才允许继续升压。升压过程中，严禁工作人员站在阀门或堵板对面。

13 调试过程中，个别零件需检修时，应在降压和排油后进行。在有压力存储时，不得乱动或随意拆除阀门和零部件。

14 测绘接力器行程与导叶开度关系曲线时，调速器操作及监护人员应坚守岗位，认真监护设备。操作前应与导叶开度测量人员电话联系，确认他们也撤到安全位置后，方可操作。

15 调试中断或需离开工作岗位时，应切除油压，并中断电源，挂上“有人工作，禁止操作”警示标志。在试验过程中，工作人员不得擅离岗位。

16 压油装置油泵试运转时，应逐级升压，无异常情况时，才允许升到额定压力。需检修或调试阀组时，应停泵将压力降为零后方可进行。

7.1.2 透平油过滤应符合下列规定：

1 油罐清扫刷漆应执行容器内部施工的安全技术规定。

2 滤油场地应设置防火设备，严禁吸烟。地面应保持干净，无易燃物，滤油纸等材料应存放在小库房内，设备布置应有条理，通道应畅通。

3 工作人员应穿专用工作服和耐油工作鞋。

4 使用电热鼓风干燥箱，应符合下列规定：

1) 干燥箱应安放在室内干燥处，水平放置。

- 2) 供电线路中，应装专用闸刀开关，并用比电源线截面积大一倍的导线作接地线。
- 3) 通电前应检查干燥箱的电气性能，绝缘应良好，炉丝应摆放整齐。
- 4) 应待一切准备就绪后，放入试品，关上箱门，在箱顶排气孔内插入温度计，并将排气阀旋开约 10mm，然后通电工作。在干燥滤油纸过程中，应定期检查温度变化情况，一旦箱内着火时，应首先切断电源，进行灭火。
- 5) 不得任意卸下侧门，扰乱或改变线路。发生故障时，应由电气维修工进行检查。
- 6) 严禁将易燃、易挥发的物品放入干燥箱内。

5 滤油机的电动机绝缘应良好，供电线路中应接启动器和闸刀开关。油路接通前，电动机转向应正确，外壳应接地。

6 滤油用管路和管件应完好，不得漏油。

7 在滤油过程中，工作人员应坚守岗位，加强巡视。如有漏油，应停机断电、关闭阀门后进行处理。

7.2 供排气系统设备安装

7.2.1 设备安装前，应将施工部位清理干净，保证运输道路畅通和足够的施工照明以及必要的消防设施，并使施工区符合环保要求。

7.2.2 应根据设备布置事先在二期混凝土浇筑时埋设吊装、转运锚钩，锚钩材质、规格应按设备重量的 5 倍进行强度计算后选择。

7.2.3 设备吊装时应按设备重量和设备尺寸选择吊装工具。

7.2.4 检查设备内部，应用安全行灯或手电筒，不得使用明火。拆卸设备部件应放置稳固，装配时不得用手插入连接面或探摸螺孔，取放垫铁时应防止手指被压伤和切断。

7.2.5 设备清扫分解时，场地应清洁，并有良好的通风，使用

的清洗有机溶剂应妥善保管，使用后的溶剂应立即回收，用过的棉纱、布头、油纸等应收集在有盖的金属容器中。清扫区域应设置警示标志，严禁有明火作业。

7.2.6 拆卸部分的部件应放平放稳，对精密易损件应加以保护。

7.2.7 设备试运转应按照单项安全技术措施或作业指导书进行。运转时，不得擦洗和修理。

7.2.8 压力气罐安全阀应送到工程所在地的质量技术监督部门按设计要求进行校验，然后进行安装。

7.2.9 气罐上压力表计、压力传感器以及控制盘柜上的自动化组件等应经具有校验资质的单位和人员校验合格并加贴合格标签后方可使用。

7.2.10 空压机试运行时，试验人员至少应两人。

7.2.11 空压机试运转前，应检查系统设备和管路以及系统阀门开启或关闭的正确性，并将空压机安全卸载阀调至卸荷状态。应将空压机控制状态切换在手动状态，点动检查空压机电机转动方向，方向准确后方可继续进行。空压机启动后，应使其在空载状态下运转正常后再逐步调整使其缓慢上升至额定压力，试验过程中应派专人对气罐和控制盘柜上的仪表及自动化组件进行监护。

7.3 供排油系统设备安装

7.3.1 供排油系统设备安装应符合 7.2.1~7.2.6 的相关规定。

7.3.2 油系统管路焊接宜采用氩弧焊封底，手工电弧焊盖面。在打磨钼、钨棒的地点，应保持有良好的通风，打磨时应戴口罩、手套等个人防护用品。

7.3.3 油系统管路需酸洗时，在配制酸洗和钝化液时应戴口罩、防护镜、防酸手套，穿好防酸胶鞋等防护用品。配方时，应先加清水后加酸。用酸清洗管子时，应穿戴好防护用品，酸、碱液槽应加盖，并设明显的警示标志，用警示带将其与其他部位隔离开。

7.3.4 油罐内部清扫、刷漆应符合下列规定：

1 施工前应编写专项安全技术措施或作业指导书，并对作业人员进行安全技术交底。

2 油罐内应配备相应气体检测、报警仪器、通风换气设备设施，使用的照明电压应不大于 12V，电动工具应符合Ⅲ类电动工具要求。

3 每天作业前应办理安全施工作业票（填写、审查、签发应规范），检查其内部是否有可燃、有毒有害气体，符合要求后方可进入。

4 作业时应在入口处设专人监护，电源开关应放在监护人伸手可操作位置。作业人员不得工作时间过长，应适时轮换休息，并戴专用防毒面具，穿专用工作服和工作鞋。

7.3.5 油处理设备试运转前，首先应调整安全卸载阀至卸荷状态，使设备在空载状态下运转正常后，再逐步调整使其缓慢上升至额定压力，升压过程中应派专人进行监护。

7.3.6 系统充油前，应检查系统各阀门开启或关闭位置的正确性，并准备漏油处理时必需的容器、工具和易吸油材料。充油时应统一指挥，沿线应派专人进行监护，出现漏油时应立刻停止充油。

7.3.7 管路循环冲洗应派专人巡回监护，冲洗区应设明显警示标志，不得在油冲洗区进行电焊作业，并配备足量的消防器材。

7.4 供排水系统设备安装

7.4.1 供排水系统设备安装应符合 7.2.1～7.2.6 条的相关规定。

7.4.2 设备运输至厂房后，应用厂内桥机将设备从发电机吊物孔吊至设备安装层，吊装时吊点应选择合适，吊装器具应符合设备重量要求。设备从安装层用运输小车转运至安装部位时，装车重量不得超过小车的运输载荷。设备在运输车上应放置平稳，绑扎牢固，运输途中人员不得站在小车的侧面。

7.4.3 对泵类、滤水器、电动阀、减压阀、管件等，其重量超

过 80kg 以上的可采用三角扒杆配合手拉葫芦进行吊装。三角扒杆底座应稳，应有安全装置，应对三角扒杆和手拉葫芦等进行定期和不定期检查，吊装过程中三角扒杆扒角应符合安全吊装要求。

7.4.4 排水盘形阀类设备在二期混凝土浇筑时，应在盘形阀接力器操作坑顶部埋设吊装锚钩，吊装锚钩的材质、规格应按盘形阀的最大吊装重量的 5 倍核算强度后进行选择。

7.4.5 盘形阀操作杆的吊装专用工具和卡具应按最大吊装重量的 5 倍核算强度后进行加工，吊装过程中应随时进行检查，吊具的操作应由专业起重人员实施。

7.4.6 排水深井泵吊装前应检查起吊专用设备和器具，检查和核对厂家到货的专用工具及夹具，泵组及扬水管吊装组对时，手拉葫芦链条应锁死，吊具的操作应由专业起重人员实施。

7.4.7 潜水排污泵泵座安装时应将集水井底部积水抽干，并将建筑垃圾清理干净；潜水排污泵导向装置应在泵座安装合格后自下而上进行安装。搭设的脚手架应固定牢靠，侧面应有栏杆，脚手架铺设的跳板应绑扎牢固。在井内施工时，应设置专用通风排烟装置。

7.4.8 集水井底部作业，应使用不大于 36V 带保护罩的安全照明灯。

7.4.9 泵类设备试运转前应检查泵润滑油是否充足、转动部分是否灵活，电动机转向是否与泵的转向一致，试运转过程中调试人员应至少两人，并派专人对各指示仪表、安全保护装置以及电控装置进行监护。

7.5 水力量测仪表安装

7.5.1 仪表安装前，应将施工部位清理干净，保证通道畅通和足够的施工照明以及必要的消防设施。

7.5.2 仪表进行检验时应严格按照检验规程执行，防止因操作不当造成仪表的损坏。检验完成后用泡沫和塑料薄膜进行包装防

止损坏受潮，搬运时不得挤压，仪表运到安装部位后方可拆开使用。

7.5.3 高处仪表进行安装时，应搭设牢固脚手架，安装人员应系安全带。在安装区域应设置警戒线，测量仪表与安装工器具应分开摆放。

7.5.4 仪表安装完成通电试验前应检查仪表的线路是否接对，接头是否包扎完好。仪表通电试验完成后应重新对其进行防护。

7.6 暖通空调系统设备安装

7.6.1 暖通空调系统设备安装应符合 7.2.1~7.2.6 条的相关规定。

7.6.2 通风机的搬运和吊装应符合下列规定：

1 整体安装的风机，搬运和吊装的绳索不得捆绑在转子和机壳或轴承盖的吊环上。

2 现场组装的风机，绳索的捆绑不得损伤机件表面，转子、轴颈和轴封等处均不应作为捆绑部位。

3 输送特殊介质的通风机转子和机壳内涂有保护层，应严加保护，不得损伤。

7.6.3 无吊装手段就位时，可利用千斤顶将设备四周对称顶升至略高于安装基础平面，顶升时千斤顶应同时均匀上升，保持高度一致。底部枕木应垫平、垫稳后方可拆除千斤顶。

7.6.4 风机底部需要加垫调整时，严禁将手伸入风机底部。

7.6.5 皮带传动的风机应在风机和电机安装调整符合要求后，及时安装皮带罩。

7.6.6 通风设备安装时作业平台应搭设牢固，并有安全防护措施，设备的支架、吊架应按设计要求固定牢靠后方可吊装通风设备。个人防护用品应配戴齐全；安全带、安全绳应挂在安全可靠的固定物体上。

7.6.7 用在建筑物顶部平台的组合式空调机组，起吊设施的选择应根据设备的吊装重量、高度、安装位置进行选择 and 布置。

7.6.8 室外机安装时，作业起升吊篮机构应经有关部门审批后使用，作业过程中使用的电动工具及绝缘等级除应符合本标准规定外，尚应符合 JGJ 46 的相关要求；安装支架、吊架应按设计要求固定牢靠后方可进行室外机安装。

7.6.9 用手拉葫芦吊起设备清洗时，应将链条锁死。

7.6.10 暖通设备试运转过程中，调试人员应至少两人，并派专人对各指示仪表、安全保护装置以及电控装置进行监护。

7.6.11 通风系统管路检漏时应使用不大于 36V 带保护罩的安全照明灯。

7.7 消防系统设备安装

7.7.1 消防系统设备安装应符合 7.2.1~7.2.6 的相关规定。

7.7.2 消防给水设备安装采用三角扒杆配合手拉葫芦进行吊装时，三角扒杆支撑夹角应符合安全吊装要求。

7.7.3 消防给水设备启动试运行前应对转动部分进行手动盘车，检查消防管路系统各控制阀门的正确性。首次启动试运行时，调试人员应至少两人，并派专人对各指示仪表、安全保护装置以及电控装置进行监护。

7.7.4 消防喷嘴应等系统管路冲洗合格后方可进行安装，喷嘴安装高度高于 2.5m 以上时应搭设临时脚手架平台，脚手架平台应搭设牢固。在高凳或梯子上作业时，高凳或梯子应放稳，梯脚应有防滑装置。

7.7.5 消防给水系统通水试验应通知消防主管部门参加。试验时，应统一指挥，安排专人监护。

7.7.6 消防灭火器材应按设计要求高度进行安装，移动式消防灭火器材待工程完工具备移交条件时按设计布置要求进行摆放。移交前应做好消防灭火器材设备的保管措施。

7.7.7 气体消防灭火系统设备安装时应对钢瓶、钢瓶阀组及自动控制组件进行保护。

7.7.8 气体消防灭火系统管路压力试验前应制定详细的单项安

全技术措施，应对参加试验人员进行安全技术交底，做好记录，规定试验人员服从统一指挥，并通知现场监理工程师参加。压力试验过程中，试验区应用警示带与其他区域隔开，悬挂警示牌，试验区内不得站人，试压应分阶段缓慢升压。检查时检查人员严禁正对管道连接、焊缝、堵板等部位；发现渗漏应立即卸压，将试验介质排尽后进行处理。

7.7.9 管路焊缝进行射线探伤检查时，应设置警界线，作业人员应穿戴好防护用品，非工作人员不得进入射线探伤区。探伤检查除应符合本标准规定外，尚应符合 GB/T 5616 的相关规定。

7.7.10 消防系统安装前应向当地消防部门进行申请备案，安装、试验完工后，应报请现场监理和当地消防部门检查验收。

7.8 管路安装

7.8.1 架空管路安装应符合下列规定：

1 应符合 7.2.1~7.2.3 条的相关规定。

2 管道吊入作业时，管道吊装的吊点应绑扎牢固，起吊时应统一指挥，动作协调一致。非作业人员不得进入作业区域。

3 吊入作业部位的管材，不应超高堆放，底部管材应垫牢固，不得随意踩蹬。

4 作业平台应搭设牢固，应定期和不定期进行检查。发现材料腐朽、绑扎松动时，应及时加固处理。

5 高处作业时应检查脚手架及跳板是否牢固，并应装设护栏。

6 搬运器材和使用工具时，应注意自身和四周人员的安全，传送器材或工具时，不得投掷。

7 高处作业使用的工具、材料等，不得使用抛掷方法传送。小型材料或工具应放在工具箱或工具袋内。高处作业使用的材料应随用随吊，脚手架或其他物架上临时放置的物品应稳固，不得超过允许负荷。

8 高处作业下方应设专人监护，人员不得通行。高处作业

人员必须系安全带，不得打闹。

9 管道支架、吊架安装时若为焊接方式，应与一期埋板焊接牢固，除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 9448 的规定。

10 管道就位于管架上后，应及时将其固定牢靠。

11 移动管子或进行管子对口时，动作应协调，操作人员不得将手放在管口连接处。

12 阀门吊装时，绳索应栓在法兰上，不得栓在手轮或阀件上。

13 管道用玻璃棉保温时，操作者应穿戴防护用品，并戴长筒手套、口罩，同时将衣领、袖口和裤脚扎紧。

14 在高凳或梯子上作业，高凳或梯子应放置稳固，梯脚应有防滑装置，并配专人监护。

7.8.2 廊道及井下管路安装应符合下列规定：

1 在管井施工时，应盖好上层井口的防护板，安装立管时应将管子绑扎牢固。支架安装时，上下应配合好，当天完工后，应及时盖好井口。

2 在光线暗淡的地方施工时，应设置局部照明，照明应使用不大于 36V 带保护罩的安全照明灯。

3 廊道及井下施工使用的电动工具和焊接设备应接漏电保护装置，电源线不得破损、芯线裸露、接触潮湿地面以及直接绑挂在金属构件上。

4 廊道及井下施工应设置专用通风排烟装置。

5 在潮湿部位作业，应采取相应的防护措施，穿戴专用防护用品。

7.8.3 管路试验应符合下列规定：

1 管道进行压力试验时，应制定可靠的安全技术措施，对参加试验人员进行安全技术交底，做好记录，在试验区悬挂警示标志并设专人巡视。

2 管道压力试验时应分阶段缓慢升压，在各级压力下按规范规定时间进行保压，检查无异常后，继续升压，直至压力达到

试验压力。检查人员应等停泵稳压后方可进行检查。检查时，检查人员不得对着管道盲板、堵头、焊缝等处站立。处理管道泄漏等缺陷时，应在泄压后进行，不得带压处理。

3 压力气罐严密性试验合格后即可对系统管路充气。充气时应缓慢调整减压阀，使减压阀后压力符合设计要求。沿线应派专人进行巡视，发现漏气，应立即停止充气。

4 系统管路吹扫的排气压力应符合设计要求，排出的废气应接到室外指定的安全地点。

7.8.4 管路刷漆应符合下列规定：

1 管路刷漆使用的各类油漆和其他易燃、有毒材料应存放在专用库房内，不得与其他材料混放。在施工部位的临时配料间，不得储存大量油漆及易燃、易挥发的有机溶剂。库房及配漆间应配备足量的消防器材，并悬挂“严禁烟火”的警示牌。

2 管路刷漆部位应有良好的照明，并设置专用通风设备，油漆工应穿戴劳保防护用品。高处作业部位应搭设临时脚手架，脚手架搭设应固定牢靠。在高凳或梯子上作业，高凳或梯子应放置稳固，梯脚应有防滑装置，并设专人监护。

3 管路刷漆时同一工作区不得少于两人。

4 刷漆和配漆时使用过的沾染油漆的棉纱、抹布、油纸等不得随意乱丢，应收集存放在有盖的金属容器内，并及时进行处理。

5 调制、操作有毒性的和挥发性强的材料时，应根据材料性质配戴相应的防护用品。室内应保持通风或经常换气，不得吸烟和饮食。

8 电气设备安装

8.1 一般规定

- 8.1.1 作业人员应熟悉设备结构与安全操作规程。
- 8.1.2 施工现场的孔洞、电缆沟应装有嵌入式盖板或防护网罩。上下层交叉作业时，应设置保护平台及安全网。
- 8.1.3 高处、竖井作业部位应搭设操作平台和脚手架，并设有安全防护栏杆，爬梯、安全绳、安全带、安全网等，走道、爬梯应牢靠。吊物孔周围应设有防护栏杆和踢脚板。
- 8.1.4 雷雨、暴雨、浓雾、冰雪及六级以上的大风天气不得进行室外构架的吊装和高处作业。
- 8.1.5 进行电气设备安装的高处作业人员，应将衣袖、裤脚扎紧，正确使用安全带，穿防滑鞋。
- 8.1.6 地下厂房、电缆夹层、竖井、洞室作业，安装时应配备充足的照明，通风良好，竖井作业应保持通信畅通。
- 8.1.7 施工现场用电部位，应设带有漏电保护器的低压配电箱，带电调试时设备外壳应可靠接地。
- 8.1.8 高压试验时应采取隔离和监护措施，悬挂明显警示标志。

8.2 发电机电压设备安装

- 8.2.1 基础埋设应符合下列规定：
 - 1 埋件作业时应穿绝缘鞋，戴防护手套，以防焊接时发生触电危险。
 - 2 在进行洞室顶部或墙上埋件安装时，不得有交叉作业。
 - 3 向上运送预埋件、工具、辅助材料应绑扎牢固，使用的绳索应满足运送重量的要求，并有 5 倍以上的安全系数；下部作业人员应离开运送范围，以防高空坠物打击受伤。
 - 4 支吊架的焊接应由持有焊接资格证的焊工操作。

8.2.2 封闭母线安装应符合下列规定：

1 封闭母线转运、吊装时应捆绑牢固，应按生产厂家规定的吊点及起吊方法进行吊装，母线筒体及钢丝绳应采取防滑措施。

2 进入封闭母线筒内清扫、检查时，应使用安全行灯照明，通风应良好，作业人员应戴防尘口罩，母线筒外应设专人监护。

3 封闭母线吊装到位后，应及时安装支吊架固定。采用手动导链就位时，应具有锁定功能。

4 安装在同一区域的瓷件，应按自上而下的顺序进行。

5 竖井内自上而下吊装封闭母线时，下层作业人员应全部撤出；待下落到位，确认安全后方可进入作业区作业。

6 母线焊接时，设备应可靠接地。

7 母线与母线、母线与设备对接时，作业人员应与对接位置保持安全距离，防止手指和身体其他部位被挤伤。

8.2.3 发电机出口断路器、电制动开关、隔离开关安装应符合下列规定：

1 起吊时，应按照设备制造厂标识的吊点挂装吊具，捆绑牢靠，确认无误后，方可起吊。

2 起吊时应有专人指挥，指挥信号应清晰、明确。起吊就位时，作业人员身体的任何部位均严禁进入设备下方。

3 在地面用滚杠拖运时，作业、监护人员应与滚杠边沿保持一定距离。

4 安装上部组件时，应采取措施防止扳手滑脱发生事故。

5 对液压、气动及弹簧操作机构，不得在存有应力及弹簧储能的状态下进行拆装检修工作。

6 对 SF₆ 开关进行充气时，应使用减压装置充气，管道连接应紧密，同时应开启通风系统，避免 SF₆ 气体泄漏到工作区。回收 SF₆ 气体时，应使用专用的气体回收装置。

7 试验区域应有安全警戒线和明显的安全警示标志。被试物的金属外壳应可靠接地。

8 试验接线应经检查无误后，方可开始试验，未经监护人同意不得任意拆线。雷雨时，应停止高压试验。

9 操作试验时，设备内部不得有人作业。

8.2.4 PT 柜、PT 避雷器柜安装应符合下列规定：

1 运输途中应将手车锁住，防止手车滑出撞人或挤伤人。

2 移动盘柜就位时，应防止倾倒伤人，位置狭窄处应防止挤伤人。

3 盘底加垫时，不得将手、脚伸入盘底。

4 对重心偏移一侧的盘，在未固定以前，应有防止倾倒的措施。

8.2.5 励磁变设备安装应符合 8.7.3 条的相关规定。

8.3 主变压器和并联电抗器安装

8.3.1 基础埋设应符合下列规定：

1 在进行设备受力基础埋件（如基础板、拉锚）和油池内排油管道安装前，应对埋件安装点及施工现场进行清理、检查，以符合安装要求。

2 埋件安装过程中，应先初定位，待检查方位、高程、中心符合要求后，最终用钢筋加固焊牢。

3 作业人员应戴防护手套，电焊作业人员应按焊接安全要求进行防护。

4 埋件浇筑完成并待全部模板拆完后再进行检查，检查时应戴防护手套。

5 在钢筋网上作业时，应在作业区架设临时通道。

8.3.2 主变压器、并联电抗器现场搬运、就位应符合下列规定：

1 主变压器、并联电抗器的装卸及运输，应对运输路况及两端的装卸条件进行调查，制定相应的安全技术措施，并经批准后执行。工作前，应向作业人员进行安全技术交底。

2 搬运工作应有专人统一指挥，指挥信号应清晰明确，不得跨越钢丝绳和用手接触绳索及传动机械，搬运中途暂停时，应

有专人监护，并采取停止牵引装置、卡牢钢丝绳、楔住滚轮等安全措施。

3 轨道运输时，应检查变压器轨道两侧空间有无障碍物。变压器在轨道上行走时，应至少有两人对运输情况进行监视。

4 主变压器、并联电抗器本体起吊时，应采用专用吊具，并按设备厂家标识的吊点及吊装方法进行吊装，起吊设备下方严禁站人。

5 主变压器、并联电抗器在运输过程中的速度（包括加速度）、倾斜度均应限制在允许的范围内，运输道路上如有带电裸导线，应采取相应安全措施。

6 利用机械方法牵引主变压器、并联电抗器本体时，牵引点的布置和牵引的坡度均应满足设备运输要求。当坡度不能满足要求时应采取相应的措施。

7 使用滚杠运输时，道木接缝应错开，搬动滚杠、道木时，不得用手直接调整滚杠，滚动前方不得有人，防止碾压手脚。

8 搭设卸车（卸船）平台时应考虑车、船卸载时上浮或下沉的位差情况及船体的倾斜情况。

9 主变压器在运输过程中应有防冲击振动的措施，应安装冲击记录仪，记录沿途受振情况。

10 应使用螺旋千斤顶顶起或降落主变压器、并联电抗器本体，并辅以油压千斤顶同步跟随保护，所有千斤顶应同步操作，操作速率应一致。

11 安装运输轮时，应在主变压器、并联电抗器本体下部设置有足够强度的钢支墩。

12 主变压器安装调整定位后，应及时安装前后的卡轨器或焊接档块，并将外壳进行可靠接地。

8.3.3 变压器油卸车、倒运应符合下列规定：

1 变压器油桶采用吊车卸车时，应使用油桶专用吊具起吊，油桶下严禁站人。

2 在地面搬运或滚动油桶时，应避让行人。

3 配电开关应使用空气断路器；不得使用电炉等加热电器。

4 进入空油罐清扫作业，应打开下部排油孔和上部进入孔，并应采取充足的供氧、通风措施，作业时入口处应有专人监护，防止作业人员缺氧窒息。罐内照明应采用 12V 低压灯具。

8.3.4 主变压器、并联电抗器器身检查应符合下列规定：

1 外罩起吊前应事先由专业技术人员编制安全技术措施，并进行安全技术交底。

2 起吊前应检查吊车、起吊工具及限位，有缺陷的不得使用。吊运工作应有专人统一指挥，指挥信号应清晰明确。

3 在变压器顶部捆绑钢丝绳时，作业人员应穿防滑鞋，站位正确可靠。

4 起吊时绑扎应正确牢固。起吊后，变压器外罩吊离底座近 10cm 时，应停机复查，确认安全可靠后，方可继续起吊。

5 充氮变压器或电抗器应在充分排氮、通入干燥空气，并测定含氧量达到要求值后，作业人员方可进入变压器箱体内。作业人员进入变压器箱内时，变压器箱外应有人员监护。

6 吊罩检查时，在未做可靠支撑前，不得在铁芯上进行任何工作。

7 进入主变压器、并联电抗器内检查工作时，应穿戴无扣及金属制品的耐油工作服、耐油鞋、戴头套，袖口、裤脚应扎紧。对工作人员带入的所有工器具、材料等应登记，工作完后应全部带出并检查核实，不得将任何物品遗留在设备内。

8 检查主变压器铁芯时，使用的梯子应安全可靠。梯子宜采用木梯，当采用金属铝梯时，上下端头应有可靠的绝缘垫块。

9 主变压器铁芯（或变压器罩、上盖）吊离箱体后，应用干净结实的专用枕木垫块垫平、放稳。

10 处理引线时，应采取绝热和隔离措施。

11 设备检查现场，应消除一切火源，并配备相应的消防器材。

12 进行各项电气试验时，应设置警戒线，并悬挂警示

标志。

8.3.5 附件安装及电气试验应符合下列规定：

1 应检查起重机械是否灵活、可靠，绳索是否牢固，检查固定式吊锚、吊筋、吊具是否牢固可靠。

2 吊装高压套管时，应绑扎正确、牢固，对套管瓷质部件应采取防护措施。套管吊装应缓慢垂直起降。

3 套管与引线连接时，负责安装引线的高处作业人员应系好安全带，穿防滑软底鞋，在箱体内配合人员应防止挤手。

4 在变压器顶部安装附件时，随身不得携带任何无关物品，使用的工具应用白布带系在变压器外壳上。

5 变压器附件需进行焊接时，应运至安全地点焊接。

6 在进入变压器内部工作之前，应测量变压器内部含氧量，以防缺氧窒息，进入门处应有专人监护。

7 在变压器顶部工作人员，应穿防滑鞋，必须系安全带。

8 使用高压试验设备时，外壳应接地，接地线应采用截面不小于 4mm^2 的多股软铜线，接地应符合安全要求。

9 现场高压试验区应设遮栏，并悬挂警示标志，设置警戒线，派专人监护。

10 高压试验受试设备通电前，应复查接线是否正确，调压器应置于零位。

11 做完直流高压试验后，应先用带电阻的接地棒放电，然后再直接接地。

8.3.6 主变压器、并联电抗器干燥应符合下列规定：

1 变压器干燥前，应制定安全技术措施。

2 干燥用的电源、导线和设备的容量应满足干燥要求，并设置负荷保护和温度报警装置。

3 干燥过程中，应设值班人员。操作时应戴绝缘手套，并设专人监护。

4 用热油循环干燥时，应控制加热温度不超过 60°C 。

5 用抽真空干燥时，对被抽壳体应采取可靠的安全监视

措施。

6 干燥现场不得放置易燃物品，并应备有相应的消防器材。

7 变压器干燥现场周围应设遮栏，并悬挂警示标志。

8 干燥过程中的温度监视装置，应齐全、可靠，并装设在便于观察的位置。

8.3.7 绝缘油过滤应符合下列规定：

1 滤油机应接地良好，滤油现场应使用防爆灯具。

2 滤油机开机前应检查电气部分工作状态，其主电源导线应满足负荷值，并设置过负荷保护。

3 滤油场地应采取防雨、防雷措施。

4 进行热油过滤或用热油循环加热器身时，应先开启油泵，后投入加热器。停机时，操作程序应相反。

5 滤油现场严禁有明火作业，火源及烘箱应和滤油设备隔离，并配备相应的消防器材。

6 滤油纸烘干过程中应经常检查，严防温升过高起火。

7 滤油场地应保持清洁，废弃物应及时清理。严禁吸烟及明火作业。出现漏油或其他异常现象时应及时处理。

8.4 封闭组合电器安装

8.4.1 作业面的孔洞应用盖板封闭，盖板的强度应满足要求。

8.4.2 吊物孔的临空边应设置防护栏杆，底部应设置踢脚板。

8.4.3 GIS室内应配置排风扇，排风扇安装位置应不高于地面20cm，以保证通风良好。

8.4.4 进入GIS、GIL内部作业应检测含氧量，照明灯具应使用不大于12V的行灯。

8.4.5 GIS室桥机操作人员应经培训合格后，持证上岗。

8.4.6 GIS、GIL设备吊装应采用尼龙吊带，吊点应按照制造厂标示的吊点悬挂。

8.4.7 GIS、GIL设备连接时，操作应平稳、缓慢，法兰面连接时，手指严禁伸入接触面中。

- 8.4.8** 垂直段或竖井从上往下吊装 GIL 时，下层作业人员必须全部撤离到安全位置；待下落到位，确认安全后方可进入作业区作业。
- 8.4.9** 用于爬高的梯子应使用铝合金或木制梯子，铝合金梯脚应有防滑橡胶套。
- 8.4.10** 用于登高作业的移动平台应结构牢固，能够承载作业人员和工器具重量。
- 8.4.11** 设备表面不得有人行走或直接作为脚手平台。
- 8.4.12** SF₆ 气体的充装和回收除应符合 8.2.3 的规定外，尚应符合 GB 26860 的相关规定。
- 8.4.13** 接地铜排焊接或钻孔连接时，作业人员应戴护目镜和手套。
- 8.4.14** 调整设备水平、垂直度加装垫铁时，严禁将手直接伸入接触面中，应使用工具安装。
- 8.4.15** 开关操作调试时应先手动慢速操作，合格后再电动操作。开关分合闸时，作业人员应离开传动机构。
- 8.4.16** 操作试验接线应经过检查无误后，方可合闸。未经监护人员同意不得任意拆线。
- 8.4.17** 开关操作调试时，调试人员和其他作业人员应与操作结构和联杆保持一定距离，以防操作机构和联杆伤人。
- 8.4.18** 断路器分合闸试验时，试验人员应佩戴防护耳塞或耳罩，其他作业人员或无关人员应远离。

8.5 敞开式开关站设备安装

- 8.5.1** 高压开关安装应符合下列规定：
- 1** 分解、清扫应符合下列规定：
 - 1) 瓷质件吊装时应按设备厂家标识的吊装点使用专用的配套工具进行吊装。
 - 2) 组件翻身、移位时，应有专人统一指挥。
 - 3) 应检查作业现场，确保无杂物、无积水，具备安装

条件。

2 安装、调试应符合下列规定：

- 1) 使用的吊具，应经检查无误后方可使用，通常应优先使用设备厂家提供的专用吊具。
- 2) 进入运行区域内施工的作业人员应办理工作票，并应采取安全措施。工作票除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 26860 的相关规定。
- 3) 在调整、检修开关设备及传动装置时，应有防止开关意外脱扣伤人的安全措施，工作人员应避开开关可动部分的动作空间。
- 4) 安装瓷件时，法兰螺栓应按对称受力顺序均匀多次拧紧。有力矩要求时，应使用力矩扳手，并应防止扳手滑脱。
- 5) 对于液压、气动及弹簧操作机构，严禁在存有应力及储能状态下进行拆装检修工作。
- 6) 放松、拉紧开关的返回弹簧及自动释放机构的弹簧时，应用专用工具，不应快速释放。
- 7) 在运行中的变电所及室内高压配电间搬动梯子、升降式作业车、线材等长物时，应放倒搬运或降至最低，且应与带电设备保持安全距离。
- 8) 两人不得同时上下使用一个梯子，梯子上有人时，不得移动。
- 9) 高度在 4m 以内的工作可使用靠梯，超过 4m 时，应采取辅助措施固定。梯子应结实，不缺档，底部应有防滑措施，放置角度宜为 $75^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ，人字梯应有限制张开角度的拉绳。
- 10) 不得攀登和在互感器、断路器、避雷器等电气设备上作业。
- 11) 测量开关的分合闸时间，应有专人指挥。开关分合闸时，作业人员应离开传动机构。

12) 试验接线应经过检查无误后方可合闸。未经监护人员同意不得任意拆线。

13) 隔离开关采用三相组合吊装时，应检查基础框架是否符合起吊要求，否则应加固。

8.5.2 出线构架及设备安装应符合下列规定：

1 构架的安装应制定专项的安全技术措施，并经过安全验算，经批准后执行；超过一定规模的非常规吊装方法还应经过专家论证；施工前应进行安全技术交底。

2 构架未形成整体，基础尚未浇筑或还未达到凝期的情况下，应安装缆风绳临时固定，缆风绳应专门设计，以确保构架的稳定。

3 构架安装使用的安全保护用具应经检验合格，且在有效期内。

4 高处作业应派专人现场监护，使用的工具应用绳子拴住，绳子另一端应固定在构架上。

5 构架竖立后尚未固定前，不得攀登。

6 设备上的爬梯、步道应一次安装焊接完毕，经检查验收，挂牌使用。

7 构架上的垂直爬梯，应设扶手。使用时，单人顺序上下，不得多人同时上下。

8 高处作业区附近有带电体时，构架应可靠接地，传递绳应用干燥麻绳或尼龙绳，不得使用金属线；传递绳上、下端应临时固定。

8.5.3 阻波器、避雷器、CVT 安装应符合下列规定：

1 使用的吊具应符合制造厂技术要求，经检查无误后方可使用，应优先使用设备厂家提供的专用吊具。

2 现场立放设备时，应选择平整、结实的地面放置，防止因地面不平或沉陷引起设备倾倒。

3 设备支架起吊翻身应平稳、缓慢，吊车扒杆在起吊翻身过程中随支架重心移动，支架脱离地面时应防止支架受力突然变

化失衡摆动伤人。

4 吊装就位后，设备支架应与基础焊接固定后方可取下吊绳。

5 起吊时应有专人指挥，信号应清晰明确。起吊组件时，应捆绑牢靠，确认无误。

6 安装瓷件时，法兰螺栓应按对称受力顺序均匀反复拧紧；有力矩要求时，应使用力矩扳手，并应防止扳手滑脱。

7 安装过程中使用的梯子应符合 8.5.1 条的相关规定。

8 在出线设备顶部接线作业应使用作业车或吊篮，不得徒手攀爬。

8.5.4 跳线安装应符合下列规定：

1 在与高电压工程或在与带高电压的导线相邻近区域施工时，应在规定的安全距离设安全防护栏栅，作业区内的金属设备均应接地，应防止绳或长物件超过安全距离电击伤人。

2 骑行在软母线上工作时，应系安全带，并应检查母线及金具连接是否良好，横梁是否牢固。

3 母线架设前，应检查金具材料是否符合要求，构架横梁是否牢固。

4 母线安装时，作业区下方不得有人站立或行走。

5 紧线时应缓慢升起，并观察导线有无碰挂现象。作业人员不得跨越正在拉紧的导线。

6 切割导线时，两侧应固定，作业人员应佩戴护目镜，并做好个人防护。

7 液压压接母线用的油压机应有完好灵敏的压力表，油压机不得超负荷使用，在夹盖卸下的状态下不得加压。

8 跳线安装使用吊篮时，吊篮应专门设计，其强度、结构应满足跳线安装要求。

9 跳线高处作业人员应无不适宜从事高处作业的疾病，在吊篮内作业必须系安全带，工具应用绳索系牢，另一端固定在吊篮上。

8.6 高压电缆安装

- 8.6.1 电缆盘存放应立放，电缆盘底部应使用楔子板楔紧，以防电缆盘滚动伤人。
- 8.6.2 电缆盘起吊应使用强度足够的穿芯杠，不得直接穿钢丝绳起吊。
- 8.6.3 电缆盘采用汽车运输时，应用钢丝绳、导链固定在运输车上，且应固定牢靠。
- 8.6.4 电缆竖井内施工时，上下作业面不应有交叉作业，作业面上的门、洞应封闭或悬挂警示标志，所使用的工具、材料应用绳索系牢，防止掉落。
- 8.6.5 电缆竖井内作业人员必须系安全带。
- 8.6.6 竖井内照明应充足，满足作业和行走安全要求，潮湿环境中的作业面应使用安全电压照明。
- 8.6.7 敷设工装应固定牢靠，受力支架应经强度验算，以防工装崩塌伤人。
- 8.6.8 电缆盘应放置在强度足够、带刹车的专用电缆支架上，电缆支架应固定在地面，沿电缆出线方向的反方向应加装平衡拉力的固定钢丝绳，电缆解缆时在电缆盘下应布置胶皮垫。
- 8.6.9 电缆出线方向应在电缆盘的上部。
- 8.6.10 高压电缆的敷设应制定专门的施工措施经审查批准后执行。
- 8.6.11 竖井敷设电缆应采用从上往下敷设，敷设方案应计算整个敷设过程中电缆、电缆盘、电缆支架、机具、刹车的受力，防止过载失控，引发安全事故。
- 8.6.12 电缆牵引机应配置过牵引保护装置，在地面固定牢靠。
- 8.6.13 电缆牵引速度应匀速、慢速，敷设路径沿线监护人员应配置对讲机联络，牵引过程中监护人员应与电缆保持一定距离。
- 8.6.14 竖井电缆应从下往上进行固定，固定过程中电缆裕量不

宜过多。

8.7 厂用电系统设备安装

8.7.1 设备基础处理应符合下列规定：

1 在墙面或地板上开沟或打孔时，应采取措施，防止工具、杂物等掉入孔洞内。

2 开凿孔洞时，施工人员应戴防护眼镜，把握凿子的手应戴手套。

8.7.2 设备开箱、检查、搬运应符合下列规定：

1 设备开箱时，撬棍不宜插入过深，撬开的箱体应将钉子或尖锐物打弯，并及时清理。

2 设备开箱后，应检查其元器件固定有无松动。

3 搬运设备时，应找出重心，防止倾倒；起吊和运输过程中，应用绳索绑扎牢固；行走应平稳、缓慢，放置应平稳。

8.7.3 厂用变压器安装应符合下列规定：

1 带包装箱起吊时，应按照包装箱标识的吊点挂装钢丝绳，钢丝绳应对称，捆绑牢靠，确认无误后，方可起吊。

2 变压器本体吊装时，应按设备厂家规定的吊点及吊装方法进行吊装，以防受力不当，损坏变压器。

3 在狭小空间起吊时，作业人员应与变压器保持一定距离，以防因为重心偏移挤伤身体。

4 利用锚钩作为吊装支点时，锚钩应经过安全验算，吊具应有5倍安全系数以上。

5 利用液压叉车搬运时，叉车应对准变压器重心，搬运速度应缓慢，以防止变压器倾倒。

6 利用滚杠和卷扬机搬运时，搬运速度应缓慢，作业人员应在滚杠运动范围以外，以防止压伤脚部。

7 干式变压器干燥应使用没有明火的加热器或红外灯，加热装置应与设备保持一定安全距离，干燥现场周围应清理干净，没有可燃、易燃物品。

8 干式变压器外罩上应加跳板后方可在上部工作，工作人员必须系安全带。

9 干式变压器带电后，不得打开干式变压器的外壳检修门，以防发生触电。

10 油浸变压器吊芯检查现场严禁烟火。

11 吊芯应严格按照制造厂说明书要求进行，起吊速度平稳缓慢，吊具应安全可靠。

12 变压器铁芯（或变压器罩、上盖）吊离箱体后，应用枕木垫平、放稳，防止设备倾倒损坏和伤人。

13 铁芯回装进入油箱时，应小心谨慎，防止挤伤手指。

14 上变压器顶部作业应使用结构完好、结实的木梯或铝合金梯，梯子应有人帮扶或固定；作业人员应穿防滑鞋。

8.7.4 开关柜安装应符合下列规定：

1 盘柜安装应符合下列规定：

- 1) 移动盘柜就位时，应防止倾倒伤人，位置狭窄处应防止挤伤人。
- 2) 盘底加垫时，严禁将手、脚伸入盘底。多面盘并列安装时，应防止挤手。
- 3) 对重心偏移一侧的盘柜，在未固定以前，应有防止倾倒的措施。
- 4) 装于墙上的箱体，应做好临时支撑，埋入混凝土的基础螺丝，待二期混凝土强度达到标准后方可紧固并拆除临时支撑。
- 5) 在已装仪表的盘上补开孔时，应先将精密仪表卸下，并应防止铁屑散落到其他设备及端子上。

2 元器件安装及配线应符合下列规定：

- 1) 安装盘面及安装盘内较大、较重的零部件时，应有人扶持，待固定好后，方可松手。
- 2) 屏盘内的熔断器，凡竖立布置的，应一律上端连接电源，下端连接负荷。

- 3) 盘上小母线在未与运行盘上的小母线接通前，应有隔离措施。在配电盘上工作时，配电盘应有可靠的接地措施。
 - 4) 在带电盘上工作时，应符合下列规定：
 - 由工作负责人办理工作票后，方可工作。工作票的填写、使用程序等应符合 GB 26860 的相关规定。
 - 应了解盘内带电的情况，并做好有效隔离。
 - 应穿绝缘鞋，必要时戴绝缘手套。
 - 使用的工具应有绝缘手柄。
- 3 设备间配线及连线应符合下列规定：
 - 1) 设备间配线及连线时应按实际需要设专人配合。
 - 2) 在有电区间或房间施工前应做好带电的隔离措施，即将施工的设备基架应可靠接地。
 - 3) 盘上小母线在未与运行盘上的小母线接通前，应有隔离措施。在配电盘上工作时，配电盘应有可靠的接地措施。
 - 4 硬母线安装应符合下列规定：
 - 1) 母线切割时应戴防护眼罩，搬运时应戴防护手套。
 - 2) 母线焊接时，设备应可靠接地。
 - 3) 安装在同一区域的瓷件，应按自上而下的顺序进行。
 - 4) 安装母线时，有力矩要求的，应使用力矩扳手，并应采取防止扳手滑脱的措施。
 - 5) 母线与母线、母线与设备对接时应防止手指挤伤。
 - 6) 在高空安装硬母线时，工作人员必须系好安全带，并设置安全警戒线及警示标志。

8.8 直流系统设备安装

8.8.1 盘柜安装应符合 8.7.4 的相关规定。

8.8.2 蓄电池安装应符合下列规定：

1 蓄电池搬运、安装过程中，应小心轻放，不得碰撞蓄电池，不得将导电物置于蓄电池上，以防正、负极短路，损坏蓄电池，伤及作业人员。

2 蓄电池运输时应慢速平稳，人工搬运应采取防护措施，防止衣服或皮肤接触到漏液。

3 若腐蚀性液体沾上衣服或皮肤，应立即用清水冲洗。

4 蓄电池安装后，任何施工均应符合防爆场所的有关安全规定。室内不得有明火作业，不得装电炉及其他可能产生火花的电器。蓄电池充电时，严禁明火。

5 安装过程中所使用的工具应用绝缘带将其操作手柄部位包扎起来，以防操作时工具滑落在蓄电池上造成短路。

6 配液、注液操作人员应穿戴防腐蚀衣服和手套，佩戴口罩，通风良好。

7 在进行蓄电池之间连接时，作业人员应戴手套，将扳手或专用工具保护好，防止接地。

8 蓄电池充放电试验时宜使用专用充放电装置，放电电能可通过逆变送回电网，如现场条件有限，使用电热装置放电时，电热装置应放置到蓄电池室外面，并采取隔离措施。

9 蓄电池室的设备安装应保证通风设施良好，排风扇打开，防爆照明灯具规范、齐全。

10 消防设施应齐全，易燃、易爆物品应专人专库保管，严防烟火。

8.9 励磁、控制保护、计算机监控系统设备安装

8.9.1 盘柜安装应符合 8.7.4 的相关规定。

8.9.2 二次接线应符合下列规定：

1 电流互感器二次侧严禁开路。

2 电压互感器二次侧严禁短路。

3 现场元件接线应符合相应区域施工项目（包括高处、临

边、交叉等作业)的安全技术要求。

4 对带电的盘柜,不得带电接线,应切断电源,接线作业前应确认无电,做好安全措施后方可进行作业。

5 控制、保护电缆的屏蔽线接地应采用铜线引出至专用铜排统一接地,接地线不得悬空。

6 剥电缆外皮、铠装应戴手套作业,以防刀具、铠装皮割伤手。

7 盘柜内使用临时照明的应使用安全电源,电压应不大于36V。

8 盘柜内使用电动工具钻孔、切割作业时,作业人员应佩戴护目镜,盘柜外壳应可靠接地。

8.9.3 励磁设备安装应符合下列规定:

1 设备开箱后暂不安装的设备应妥善保管,放置在符合贮藏环境要求的库房内。

2 对励磁设备或回路进行绝缘电阻测试或交流耐压试验时,应先清洁设备,断开无关回路,按不同电压等级分别进行。非被试回路及设备应可靠短接并接地,被试电子元件、电容器的各电极在试验前应短接。

3 励磁设备带电后应关好柜门、做好安全隔离,进行灭磁开关及磁场断路器操作时,工作人员应保持安全距离。

8.9.4 控制保护设备安装应符合下列规定:

1 电流互感器、电压互感器的二次回路应只有一点接地,电压互感器的中性线不得接有可能断开的开关或熔断器。

2 微机型继电保护装置柜屏内的交流供电电源的中性线(零线)不应接入等电位接地网。

3 电流互感器的二次回路不宜进行切换。当需要切换时,应采取防止开路的措施。

4 电压互感器二次回路中,除开口三角线圈和另有规定者外,应装设自动开关或熔断器。

8.9.5 计算机监控系统设备安装应符合下列规定:

- 1 盘柜、电缆屏蔽应按要求接入等电位接地体及主接地网。
- 2 中控室及计算机室应装设抗静电地板，插拔监控模块时应佩戴防静电手套。
- 3 中控室及现场“紧急停机按钮”应设明显标志，并设置保护罩。
- 4 计算机监控系统网络接入、数据库程序修改、模拟调试应设专人指挥、统一协调。

8.9.6 带电调试应符合下列规定：

- 1 盘柜及自动化元件送电前应检查绝缘，检查合格后方可送电。
- 2 送电应填写操作票，并由专业调试人员操作。
- 3 与其他安装、运行设备有联系的，应做好隔离措施，以防串电，引起触电事故和误动作。
- 4 盘柜带电后应将柜门锁住，钥匙由运行人员保管。

8.9.7 监视屏、监视器、其他终端设备安装应符合下列规定：

- 1 设备安装前应对其安装部位、区域或房间依据设备安装的要求进行检查。
- 2 移动设备就位时，防止倾倒伤人；位置狭窄处应防止挤伤人。
- 3 设备加垫时，不得将手、脚伸入盘底。多面盘并列安装时，应防止挤手。
- 4 对重心偏移一侧的盘，在未固定以前，应有防止倾倒的措施。
- 5 装于墙上或抬架上的设备（如监视器），应做好临时支撑。埋入混凝土的基础螺丝，应待二期混凝土强度达到标准后方可紧固并拆除临时支撑。

8.10 电 缆 安 装

8.10.1 电缆管、电缆架基础埋设应符合下列规定：

- 1 电缆架去锈、刷漆时，应戴口罩、手套等劳动保护用品。

2 弯制电缆管时，应正确使用弯管机。

3 高处作业应搭设脚手架，使用高处作业平台或采用其他可靠的安全措施。

4 电缆管的吊装就位应有专人指挥，管子安装合格后应立即电焊牢固，在高空作业时，应正确使用安全带。

8.10.2 敷设电缆应符合下列规定：

1 电缆的敷设通道，应保持畅通并应有照明设施。通道沿线的沟坎孔洞应设围栏，并悬挂警示标志。

2 各锚固装置在使用前应按使用要求做试验，试验合格后方可投入使用。

3 放电缆时，应有专人指挥。

4 由高处向低处部位敷设电缆时，应采取防下滑措施。

5 不宜从车上直接推下电缆盘。破损的电缆盘不宜滚运。

6 参加敷设电缆的工作人员应戴手套，穿绝缘鞋。

7 应选用合适的电缆放线架，并架设在稳固的位置。

8 电线、电缆通过孔洞、管子时，对侧应设监护人，无关人员不得接近洞口、管口，头部严禁接近洞口、管口。

9 电缆拐弯处，作业人员应站在外侧，手不得放在拐弯的尖角处。

10 在路口、过道敷设电缆时，应及时整理排列并设警示标志。

11 电缆敷设完毕，端头应妥善处理。

12 电缆穿入带电的盘柜时，应办理工作票，做好安全措施。

13 在已经投入运行的电缆沟或廊道内敷设电缆时，应采取安全措施，防止运行电缆损伤。

8.10.3 电缆头制作应符合下列规定：

1 制作电缆头时，作业人员应戴手套，防止刀具和电缆铠装皮割伤手。

2 熔化焊锡的容器和工具应干燥，严防水滴带入熔锅引起

爆溅伤人。

3 搪锡的作业人员，应戴防护眼镜、手套、鞋盖，并穿长袖工作服及其他必要防护用品。

4 制作环氧树脂电缆头时，应在通风良好的地方进行，操作人员应戴防毒口罩、手套。环氧树脂应采用电吹风间接加温，不得用明火直接加温。

5 高压电缆头的制作场地应清洁、无尘，环境温度及空气湿度等应满足制造厂技术文件的要求，作业人员应戴乳胶手套，防止材料腐蚀人手。

6 现场高压试验区应设围栏，悬挂警示标志，并设专人监护。

7 用兆欧表测定绝缘电阻时，应采取措施防止人体与被试物接触，试验后被试物应放电。

8.11 电气试验

8.11.1 电气试验应符合下列规定：

1 现场的试验工作应至少由两人进行，并指定一人负责。

2 每次试验开始前，工作负责人应向全体试验人员详细说明注意事项，根据试验内容与环境采取必要的安全措施，并与现场其他人员取得联系，工作人员应戴好绝缘护具。

3 试验接线中的高压连线，宜缩短，与其他用电部分及地面之间的距离，应保证不致产生放电现象，必要时应用绝缘材料隔离、固定。

4 使用梯子登高作业时，应按高处作业规定进行。未经工作负责人允许，不得拆卸试验装置和仪表。

5 试验完毕，应拆除全部试验接线和所布置的安全措施，恢复正常状态。

6 对大容量的设备（电机、变压器）和电容器、电缆在试验前应充分放电后，方可接线、拆卸和试验。

8.11.2 高压试验应符合下列规定：

1 进行高压试验时，在试验地点和高压联线所通过的地段均应设围栏或采取其他安全措施，严防触电，必要时应派专人看守。

2 在对设备加压前，工作负责人应详细检查接线是否正确，并通知全部人员离开加压范围后，方可进行加压，并在加压过程中不得接近被试物。

3 每次试验完毕，应断开电源，被试验设备放电并接地后，方可接触试验设备及接线。

4 在加压试验升压过程中，如出现电压表指针摆动很大，电流表指示急剧增加，绝缘烧焦或冒烟现象，被试物放电和不正常的音响问题，均应停止试验。

8.11.3 继电保护试验应符合下列规定：

1 在继电保护试验中，对不熟悉回路和无关的设备，严禁乱动，以防止发生触电事故，发现异常现象应报告。

2 在继电保护盘上工作时，对被试盘及邻近的运行设备，应悬挂明显标志或隔离。试验人员与高压带电部分的距离应符合规范要求。

3 继电保护试验开始前，应由工作负责人复查接线无误后方可工作。试验电源不得接地或短路，以免引起误操作。

4 进行开关合拉闸试验时，任何人不得在开关上及其周围工作或停留，以免传动机构伤人。

5 用外来电源试验电压互感器二次回路时，电压互感器应与二次回路断开。

6 在带负荷的电流互感器二次侧设备上，短接线应牢固，接地良好，不得开路，不得用保险丝和螺丝刀去短接二次回路。

8.11.4 电缆绝缘试验应符合下列规定：

1 试验电缆时，被试电缆上一切工作应停止，电缆两端与设备解开，在被试电缆的端部周围应设置围栏，另一端应悬挂标志牌并派专人监护，防止人员接近该处。

2 与架空线连接的电缆，应与架空线路断开后进行试验。

在拆接线前，应进行验电放电，并在可能来电的各端悬挂接地线，拆接电缆时应保证无误。

3 对电缆进行绝缘耐压试验或用摇表检测其绝缘时，应将被试线芯以外的线芯全部短路接地可靠后方可进行试验，试验完毕后，应断开电源。恢复电缆接线后，应及时拆除试验中所用的各种临时接地线，恢复线路试验前的状态。

8.12 全厂接地系统测试

8.12.1 试验区应设围栏或拉警戒线，悬挂警示标志，将有关路口和有可能进入试验区域的通道临时封闭，并安排专人看守。

8.12.2 涉及其他施工面或带电区域的试验应执行工作票制度，采取可靠的安全措施，并在试验期间与其他施工面保持及时联系。工作票除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 26860 的相关规定。

8.12.3 带电试验前，应检查试验设备是否符合要求，试验接线是否正确，应特别注意有无串电和短路情况。

8.12.4 进行系统接地电阻测量需打接地极时，打桩人员不得戴手套，铁锤抡转半径内不得站人，防止铁锤伤人。

8.12.5 借用高压架空线（或新装架空线）进行测量，应对高压架空线进行检查和验电，确认无电后方可开始作业，作业时应将未使用的导线接地，高处作业时应执行高处作业的安全规定。

8.12.6 在对系统进行接地电阻测量或对区域或设备进行跨步电压测量、接触电压测量，以及进行试验和试送电时，应由一人统一指挥，并派专人监护。

8.12.7 试验结束以后，设备及线路应进行充分的放电，并及时拆除试验中所用的各种临时接线、绝缘物等，恢复线路试验前的状态。

9 机组启动试运行

9.1 一般规定

9.1.1 机组启动试运行前，应成立机组启动试运行委员会，各部门、岗位人员应配备到位，职责应分工明确，运行操作人员应熟悉设备结构及安全操作规程。

9.1.2 试运行期间应严格执行工作票、操作票制度，区域内应统一封闭管理，无关人员不得入内。

9.1.3 试运行现场应干净整洁、照明充足、道路畅通。各部位通信应顺畅。应急照明应投运，方向指示清晰，区域内应备有足够的消防器材。

9.1.4 机组及机电设备、管路的永久标志应安装完成，设备应可靠接地。试验区域应设置警示围栏，高压及带电部位应悬挂警示标志。

9.1.5 机组启动试运行工程应为已经通过水库蓄水前的验收、具备下闸蓄水条件的工程。

9.1.6 机组启动试运行过程中，应考虑上、下游水位变化对水工建筑物、周围边坡稳定及库区河道环境影响，保证试运行工作的正常进行。

9.2 充水前检查

9.2.1 引水及尾水系统检查应符合下列规定：

1 电站引水及尾水系统应通过验收及安全鉴定。

2 检查应有3人以上参加，并应配备通信及便携式照明器具。进入引水及尾水流道、压力管道、尾水管、蜗壳内部时，应留一人在入口处守候。

3 利用软梯上下时，软梯应固定牢靠，并设专人把扶。

4 非本期发电管道及闸（阀）门应可靠封堵隔离，所有进

人孔（门）应严密封闭。

9.2.2 水轮机检查应符合下列规定：

1 进入转轮室检查时，应按高处作业规定进行，检查应有3人以上参加。

2 水轮机过水部分的进人门封堵，应经机组启动试运行委员会审批，统一安排进行。封堵前应由两名工作人员进入内部检查，确认尾水管及蜗壳排水阀关闭严密并确认无人后，方可封堵。

3 水轮机的密封装置和顶盖排水泵应进行试验，运行应良好；临时布置的排水泵应固定可靠，运转良好。

4 导水机构应经检验合格并处于关闭状态。

5 水车室应清扫干净无油污，行走通道应稳固，防护栏杆应牢靠，通信应畅通，信号装置应可靠。

9.2.3 调速系统检查应符合下列规定：

1 操作调速系统时应设专人指挥，在蜗壳进人门、水车室、油压装置处应设专人值守。

2 监测油泵电机及调速器、接力器、导水机构运转时应保持一定的安全距离，严禁站在转动部位测量。

3 调速系统压力油罐及管路检查应执行压力容器、压力管道检查的安全技术规定。

4 调速系统应悬挂标牌，标志应清晰，栏杆、隔离措施应可靠，通信应畅通，信号装置及紧急停机按钮应动作可靠。

9.2.4 水轮发电机检查应符合下列规定：

1 进入发电机内部应执行重点部位登记制度，发电机风洞口应设专人值班，对进出人员所带工器具等物品应进行出入登记，并应核对签字确认。

2 进入风洞检查应走专用通道，不得随意攀爬踩踏。

3 发电机机械制动系统应检验合格、动作正常。

4 发电机灭火管路应经压力试验无渗漏，水喷雾灭火装置应经模拟试验，动作准确。

5 定子绕组为蒸发冷却的发电机，安装时应设通风装置。风洞进入前应经专业人员检测介质无泄漏。

9.2.5 励磁系统检查应符合下列规定：

1 励磁回路试验时，应断开可能反送到一次设备的所有回路。

2 调节器单独通电检查时，应断开与功率柜的连线，盘前盘后均应悬挂警示标志。

3 功率柜的临时交流电源及直流侧负载电阻上的接线应固定牢靠。交流电源应经开关接入功率柜。

4 灭磁开关主触头应接触良好、动作可靠，灭磁柜柜体应接地良好，柜门应关闭并锁好。

9.2.6 电气设备检查应符合下列规定：

1 对电气一次设备、二次设备应进行全面检查，杂物应清理干净，所缺零件应配齐，操作回路完善、可靠，并悬挂警示标志，高压带电区、运行区应可靠隔离。

2 配电装置的前后两侧通道上不应堆放其他物品，前后两侧的操作维护通道上，均应铺设绝缘垫，工作照明及事故照明应齐全完好。

3 对电压互感器、电流互感器的二次回路做通电试验时，二次回路应与互感器本体断开。电流互感器二次回路严禁开路，电压互感器二次回路严禁短路。

4 配电设备及母线送电以前，应将该段母线的回路断开，再接通所需回路。

5 带电调试时应采取安全措施，进行开停机模拟试验时，应由专人统一指挥。

9.2.7 消防系统检查应符合下列规定：

1 全厂消防系统应经全面检查试验合格，机旁盘、开关室、附属设备等处应备有足量的消防器材。

2 消防供水水源、气源应可靠，管道畅通，压力应满足设计要求。

9.2.8 机组充水前状态检查应符合下列规定：

1 应检查尾水及进水口启闭设备工作正常，尾水门、工作门应处于关闭状态。

2 应检查制动闸处于制动状态，油、气系统压力应正常，管路无渗漏。

3 应检查活动导叶处于关闭状态，接力器锁定应处于投入状态。

4 应检查确认电站机组检修排水系统、厂房渗漏排水系统和厂房抽排系统已投入正常运行。

5 所有轴承应已注入合格的透平油，油位应符合要求。

9.3 充水试验

9.3.1 机组充水应明确相关人员安全职责。试验过程应统一指挥，严密观测，出现异常情况时应立即通知试验指挥。所有试验指令应由试验指挥下达。

9.3.2 机组充水应按规定的程序和操作票执行。各部运行和检修人员应坚守岗位，发现问题应及时报告、处理。

9.3.3 尾水充水前水轮机检修密封应充气，机组制动器应处于“投入”状态，应将导叶开启4%~5%开度排气。尾水充水完后应立即关闭导叶，动作前，检测人员应远离导水机构。

9.3.4 尾水充水过程中应密切监视各部位渗、漏水情况，确保厂房及其机组设备安全。发现漏水、漏气等异常现象时，应立即停止充水并进行处理，必要时应将尾水管排空。

9.3.5 压力钢管及蜗壳充水前应关闭导叶，投入接力器锁锭装置及制动器。运行人员对设备工作状态进行检查时，应两人同行。

9.3.6 压力钢管及蜗壳充水前应再次对机组各系统进行全面检查，并确认机组处于可以随时启动状态后，方可进行蜗壳充水。

9.3.7 充水过程中，应检查过水流道各部进入门、蜗壳盘形阀、

尾水盘形阀、水轮机顶盖、导叶轴密封、各测压表计及管路等部位渗漏水情况，发现渗、漏水情况应立即停止充水。

9.3.8 压力钢管充水后，应对厂房混凝土结构等水工建筑物进行全面检查，观察是否有渗漏、裂缝和变形情况。渗漏集水井、检修集水井水位不应有明显变化。

9.3.9 提升尾水门时，尾水平台应设置安全围栏，工作人员应做好安全防护。

9.3.10 提升闸门时，应安排专人观测起重机械的起重量变化，出现异常情况时应及时通知起重机械操作人员停止闸门提升操作，查明原因，消除问题。

9.4 空载运行

9.4.1 工作人员着装应整齐，并应与机组转动部分保持一定的安全距离。

9.4.2 各部通道、梯子、脚踏板等处应清洁、无杂物、无油垢、畅通无阻。

9.4.3 试验信号应明确，指挥应统一；通信（对讲机、电话、电铃）应可靠；各部位运行和检修人员应坚守岗位；其他无关人员不得进入工作区域。

9.4.4 机组运转时，严禁有人站在活动的部件上或在其上行走。

9.4.5 运行试验项目应按操作票或工作票进行，不得随意变动设备。

9.4.6 检修工作应签发工作票，明确安全措施，并在安全措施落实后，方可进行检修。检修完毕，应将场地清理干净。在检修过程中，试运行值班人员应坚守岗位，监护设备状态。

9.4.7 机组启动前，应对机组进行一次全面系统的检查，工作票应全部收回，确认机组内部无人后，派专人监护各进入门，无关人员不得进入。

9.4.8 机组进行超速试验时应密切监视各转动部位的振动、摆度，以及水轮室的异常情况。超速后应进行全面检查，检查无问

题后方可进行下步试验。

9.4.9 在停机状态下导叶锁锭应投入。投入机组检修密封时，应安排专人观察顶盖水位及排水泵的运行情况。

9.4.10 与空载运行有关的部位，应设围栏隔离，无关人员不得进入；重要部位应悬挂警示标志，安排专人监护。

9.5 负载运行

9.5.1 倒闸操作应符合下列规定：

1 操作应实行工作票制度，并安排专人监护操作。

2 操作人员与带电体应保持安全距离，并应穿长袖衣服和长裤。

3 分、合开关及隔离开关时，应戴绝缘手套；操作室外设备时，应穿绝缘靴。

4 雨天操作室外高压设备时，使用的绝缘杆应带防雨罩。雷雨时，应停止室外的正常倒闸操作。

9.5.2 远程操作机组进行开机与停机时，现场应有专人监护。

9.5.3 值班人员应注意防火，发现变压器的异常状态应及时报告值班长。未经允许不得攀登变压器。

9.5.4 冬季运行需取暖时，不得使用明火，使用电热器取暖时，应有可靠的防火措施。

9.5.5 进入机组内部对机组技术参数进行测量时，应防止触摸、碰撞运行设备。使用的仪表、仪器应采取绝缘措施。

9.5.6 当机组带额定负荷下调速器低油压关闭导叶试验时应统一指挥，监护到位，通信畅通，启动事故停机流程。

9.5.7 当机组带额定负荷下动水关进水口快速门试验时应统一指挥，监护到位，通信畅通，启动正常停机流程。

9.5.8 当机组带额定负荷下动水关闭筒形阀停机试验时应统一指挥，监护到位，通信畅通，按紧急停机按钮停机。

9.5.9 同一引水系统中各台机组甩负荷试验和多台机组同时甩负荷试验应按有关规定进行。

9.6 72h 试运行

- 9.6.1 72h 试运行应执行值班制度，记录运行参数。
- 9.6.2 72h 试运行区域应封闭并隔离，应执行工作票制度及巡检制度，发现问题应及时报告并采取相应的措施。
- 9.6.3 72h 试运行中应监测发电机封闭母线外壳、接头、屏蔽板、基础构架、主变低压侧套管基座等处温度。
- 9.6.4 当进入机组内部进行设备巡检时，不得触摸、碰撞运行设备，不得操作任何设备。
- 9.6.5 机组经过 72h 试运行后进行维修处理时，应做好相关的安全预防措施。

10 桥式起重机安装

10.1 清扫与组装

10.1.1 清扫锈蚀和保护漆时，作业人员应戴防护眼镜和防尘口罩。

10.1.2 清洗设备部件时，工作部位应备有消防器材，并悬挂明显防火警示标志。工作完后清洗剂、抹布等应及时回收，妥善处理。用柴油、煤油等易燃物清洗设备部件时，应有专项安全防火措施。

10.1.3 清扫与组装齿轮箱时，作业人员动作应统一协调，以防碰撞伤手。

10.1.4 在桥式起重机（以下简称桥机）主梁底部焊接电动葫芦行走轨道，或在地面组装小车架时，搭设的支撑构架应固定牢靠，地面支撑点应防止沉陷。

10.1.5 清扫检查桥机各组合面把合板，应无油污、锈蚀、毛刺、高点及变形。把合板粗糙度应满足设计要求。

10.2 轨道、滑触线安装与调整

10.2.1 用轨道校正器或千斤顶校正轨道时，应使用夹具。夹具应调整找正，不得偏斜。支撑受力点应牢固可靠。

10.2.2 在轨道梁上靠近厂房边墙侧应设置安全防护绳，在轨道梁上转移轨道和作业时，作业人员应穿戴好安全带（绳），临空面应布设临时安全防护网架。

10.2.3 滑触线安装搭设悬空工作吊架的固定端应固定牢靠，转移工作部位时应有安全可靠的施工措施。

10.2.4 滑触线安装如采用在桥机检修吊架上布置工作平台时，应固定牢靠；距桥机轨道梁及滑线支架应有安全距离。

10.2.5 滑线支架、滑线安装采用绳索传递工件、工具时，应在

确定对方接稳或捆绑牢固后方可松手。

10.2.6 轨道、滑触线安装作业时，作业区下方应无人员作业，并派专人监护。

10.2.7 厂房轨道、滑线分段安装投运，应在运行段末端设置临时运行极限位置限制器、临时车挡或夹轨器，并在运行区段与安装段位置设置醒目的标志牌。

10.3 结构、机械和电气设备安装与调试

10.3.1 起重设备安装前，应编制专项安全技术方案，并按规定进行专家论证，经企业技术负责人审批后，报监理批准。

10.3.2 起重设备安装，施工单位应在施工前，将起重设备安装情况书面告知当地质量技术监督部门。

10.3.3 采用埋设锚杆吊装桥机构件时，埋件应进行校核计算；起吊前应对起吊系统按设计起重量的 50%、75%、100%、110% 做全起吊高度动负荷试验；并按设计起重量的 125% 做静载荷试验，荷载起吊至离地面 10cm，悬挂时间不少于 30min。起升过程应平稳，钢丝绳应无抖动。每次试验完成后，全面检查起吊系统，起吊系统焊缝应无裂纹，锚杆应无变形和位移。

10.3.4 采用起重机吊装时，起吊地面强度应满足吊装要求，吊装时地面不得有沉降，如无法满足，应编制地面处理措施，对地面进行处理；起吊时应平稳；两台起重机抬吊时，两台起重机的升降速度应一致，吊钩与吊点应保持垂直，应合理分配载荷，起重机械荷载不得超过额定起重量的 75%（考虑了动载荷和不平衡系数）。

10.3.5 采用桅杆或厂房构筑物吊装时，应验算吊装系统的刚度、强度和稳定性。原则上不得采用厂房构筑物吊装，必须采用厂房构筑物吊装的部位，应征得原设计同意。

10.3.6 设备起吊所用的钢丝绳安全系数不应小于 8，钢丝绳捆绑应牢固，不得在起吊过程中滑移。设备棱角处应垫木块或橡皮等柔软的材料，防止损坏钢丝绳。

10.3.7 设备起吊前，应对吊耳板、焊缝等进行检查。设备在现场组装后再吊装的，应对吊耳进行强度验算。

10.3.8 单吊点起吊主梁、小车架等大件时，应在其端部系缆风绳索，防止设备在吊装过程中转动。

10.3.9 大车行走轮支承架吊上轨道后，应用木方、钢索将其垫稳拉紧，或用型钢焊接支撑。

10.3.10 传动轴及齿轮安装对位应遵守工艺规程，工作人员应相互有效配合。

10.3.11 安装时应对制动器进行检查调整。应查看全部构件是否正常，有无卡阻，调整螺母是否坚固，使用前应进行重物起吊检验。

10.3.12 桥机起升机构使用油泵式制动器，应检查制动器注油的油质是否符合要求；加注的油位应使制动器动作灵敏、可靠。

10.3.13 桥机主钩、副钩、动滑轮组未采取防止自由下坠措施前，不得拆卸起升机构减速箱盖、调整制动闸、松动制动轮轴的止退螺母及制动轮与后传动轮法兰连接螺栓。

10.3.14 高处电焊作业时，应遵守高处作业安全技术规定，焊把线应固定牢靠。应采取防止火花焊渣引起火灾，并派专人监护。

10.3.15 钢丝绳穿绕作业时应戴手套，施工现场应进行隔离，地面作业人员不得在定滑轮组及卷筒下方作业，安装范围内不得进行电焊作业。

10.3.16 钢丝绳清扫涂油应用毛刷或涂油机具，不得用钢丝刷清扫和用手直接涂油。

10.3.17 小型施工机具、焊把线、割刀、部分机件可用绳索上下传递，重物上下桥机应使用机械起吊，任何物品不得上下抛掷。

10.3.18 桥机主梁内施工作业时，照明电压不得大于 12V。

10.4 负 荷 试 验

10.4.1 各电气系统均应经试验合格，各保护装置、声光信号装

置、闭锁回路，限位装置动作应正确无误。机械系统用手盘动应无卡阻现象，油质应符合规定，油位应满足要求，钢丝绳穿绕及端头紧固应符合设计要求，主副制动应可靠，并经检查及监理验收签字后，方可进行负荷试验。

10.4.2 桥机试验区域应设置警戒线，并设置明显的警示标志，非工作人员不得进入。试验时桥机下面严禁有人逗留。

10.4.3 轨道附近不得有杂物，不得有人逗留，应安排专人监护。试验中对主梁小车轨道进行测量时，作业人员应系好安全带。

10.4.4 桥机滑线（或临时电缆）应有人监视并悬挂警示标志。采用临时电缆供电，拖拉作业人员应戴高压绝缘手套和穿绝缘鞋。

10.4.5 桥机静载试验时，应根据厂房结构及现场条件布置起吊部位。如没有特定要求，桥机大车行走轮不应选择在同一跨轨道梁上。

10.4.6 桥机供电电源应符合产品说明书规定，在试验期间，应保证正常供电。

10.4.7 制动闸脚踏开关应设警示标志，不得乱动，并应有专人监护。

10.4.8 试验时，桥机应按操作规程进行控制，并将运行速度、加速度、减速度限制在桥机正常工作的范围内。

10.4.9 负荷试验前应先进行无负荷试车。试车时，应先开动起重机各种机构，使其进行空负荷运行，检查其运行情况及安全装置是否符合要求。

10.5 使用与维护

10.5.1 使用桥机除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 6067.5、GB/T 23723.1、GB/T 23724.1 的规定。桥机使用单位应取得主管部门颁发的《特种设备使用登记证》，操作人员应经过培训，考核合格，取得特种作业资格证后，持证上岗。

10.5.2 每次使用桥机前，应对桥机的安全装置、电气设备及主要零部件进行检查，启动时应先发出信号。

10.5.3 设备起吊时，应先进行试吊，确认制动器工作可靠时，方可继续起吊重物。桥机减速器上的变速转换装置，应在吊钩（包括滑轮组）着地后进行转换操作。

10.5.4 桥机上不得存放易燃、易爆等危险品，操作室及电气设备安装箱梁内应配备灭火器。

10.5.5 桥机司机应按照指挥人员的指挥信号进行操作。对于紧急停车信号，无论何人发出，都应立即执行。

10.5.6 起吊重量不得超过桥机额定起重量，起吊大吨位重物时，应严格按照安全技术措施执行，制动器应安排专人监护。

10.5.7 桥机悬吊重物时，操作人员不得离开操作岗位。

10.5.8 桥机使用单位应建立使用及检修安全技术档案，定期自检和维护保养。

10.5.9 桥机进行维护保养时，应切断主电源并设警示标志，同时做好记录。桥机应每月进行一次常规检查，一年进行一次定期检查。

11 施工用具及专用工具

11.1 电动工具

11.1.1 电动工具检查应符合下列规定：

- 1 电动工具使用前应进行外观检查，确保完好、无污物。
- 2 绝缘应良好，电源引线及插头应无破损伤痕。
- 3 零部件应无松动；带电体应清洁、干燥；防护罩应完好，且安装正确。
- 4 转动轮、转动片应完好、紧固，转动体与非转动体之间应有间隙，无卡阻现象。

11.1.2 手持式电动工具的使用应符合 GB/T 3787 的相关要求，并应符合下列规定：

- 1 在一般场所，应选用Ⅱ类电动工具。如使用Ⅰ类电动工具，应采取装设漏电保护器、安全隔离变压器等安全保护措施。
- 2 在潮湿环境或电阻率偏低的作业场应使用Ⅱ类或Ⅲ类电动工具。如使用Ⅰ类电动工具，应装设额定漏电电流不大于30mA、动作时间不大于0.1s的漏电保护器。
- 3 在狭窄场所，如锅炉、金属容器、管道内等应使用Ⅲ类电动工具，如使用Ⅱ类电动工具，应装设动作电流不大于15mA、动作时间不大于0.1s的漏电保护器。

11.1.3 在管道内或通风不良部位使用打磨电动工具时，应设置专用通风设施，并有专人监护。

11.1.4 电动工具使用中如有过热现象，应停止作业。

11.1.5 高处作业时，操作人员应选择较安全的位置，并佩戴个人防护用品；工器具应用安全绳拴牢，防止坠落；下层应安排专人监护。

11.1.6 使用角磨机、砂轮机时，应配戴防护眼镜，旋转方向不应对着人员、设备及通道。

11.1.7 使用电钻应符合下列规定：

1 应先启动后再接触工件，钻斜孔应防止滑钻，运转时不得用手直接清除铁屑。

2 操作时可用手和杠杆加压，但严禁坐于其上，并应视钻屑厚度，适当增减压力。

3 使用磁力电钻，应按产品说明书操作，侧面和顶面作业时，应使用安全箱或其他防止断电的措施，安全箱应事先进行检查。

11.1.8 使用电动砂轮机应符合下列规定：

1 砂轮机首次启动时，应点启动，检查电机旋转方向是否正确，工作时旋转方向不应对着设备及通道。

2 使用砂轮机时应先启动，达到正常转速后，再接触工件。

3 工件托架应安装牢固，托架平台应平整，防护罩应安装完好。应及时调整托架与砂轮外围间隙，间隙不宜大于5mm。

4 作业人员应戴防护眼镜，站在砂轮机的侧面，且用力不应过猛。

5 大型或重量达到5kg以上的物件，不得在固定砂轮机上磨削，砂轮片形状不圆、有裂纹或磨损接近固定夹板时，应及时更换。

11.1.9 使用砂轮切割机应符合下列规定：

1 砂轮切割机应放置平稳，紧固件应无松动。

2 电机及其操作回路绝缘应良好；电机应空转检查转向正确后方可装砂轮片。

3 磨切工件应使用夹具夹牢放稳，严禁手拿工件打磨、切割。

4 砂轮片接触工件应缓慢，用力不得过猛。

5 砂轮片应符合该机的规格以及质量要求。

11.1.10 使用电锤应符合下列规定：

1 操作前应检查各连接部位螺钉有无松动，外壳体应无裂纹及缺损，电源线绝缘应良好，且确认钻头已经夹在正确位置上。

2 操作时，操作人员应戴好安全帽，穿绝缘工作鞋，并应佩戴口罩和防护目镜。

3 高处使用电锤时，操作人员应选择较安全的位置，并系好安全带，下层应安排专人监护。

4 钻孔位置应注意避开煤气、液化气或自来水管等金属部件和电源线。

5 操作时，不得让电缆触及钻头周围部位以及高热物体、尖锐金属边缘和油脂。

11.2 螺栓拉伸器

11.2.1 使用螺栓拉伸器前应检查螺栓拉伸器各部零件和密封是否良好。

11.2.2 气压胶管应完好，接头应牢固密封。

11.2.3 油管应采用无缝钢管或专用高压软管，接头应焊牢或密封，若发现有渗油现象，应及时更换。

11.2.4 油泵放置应稳固，升压应缓慢。在升压过程中应认真观察螺栓伸长值和油泵压力，不得超过设计值。

11.2.5 拉伸器应放平，不得歪斜，拉伸器底座与部件应充分接触。在升压过程中，应观察活塞行程，不得超过工作行程。

11.2.6 被紧固的螺栓，连续拉伸次数不得超过4次。

11.2.7 工作人员不得站在拉伸器上方，应选择安全位置。

11.2.8 拉伸器工作完毕，应先将压力降为零，再拆除拉伸工具螺栓。

11.3 起吊工具

11.3.1 厂内起吊机具应集中保管，并健全检查、试验、保养、更新制度，不符合安全要求的工具不得使用。使用起重吊装工具除应符合本标准规定外，尚应符合 GB 6067.1 和 SL 398 的相关规定。

11.3.2 钢丝绳使用应符合下列规定：

1 起吊用钢丝绳应定期检查，不得超负荷使用，当钢丝绳径向磨损、断丝、腐蚀造成直径变小，松股、打结、绳蕊外露、整股断裂以及其他损坏达到规定报废标准的应立即报废。

2 钢丝绳绳套（又称吊头、八股头）索扣编插，在单根吊索中，每一端索扣的插编部分的最小长度不得小于钢丝绳公称直径的 15 倍，并不小于 300mm。手工插编操作对每一股应至少穿插 5 次，而且 5 次中至少有 3 次应整股穿插。机械操作应 3 股穿插 4 次，另外 3 股穿插 5 次而成。

3 吊装时应根据重物尺寸及重量大小选择合适的钢丝绳，并进行校核计算，钢丝绳安全系数除应符合本标准规定外，尚应符合 GB/T 3811 的规定。

11.3.3 卸扣（卡环）使用应符合下列规定：

1 卸扣使用前应进行检查，存在变形、裂纹的卸扣不得使用。

2 卸扣使用时，应与所起吊物体的重量对照合理选用；起吊时应检查卸扣的受力方向是否正确，应为销轴与弯环部位受拉，不得横向受拉，起吊前应检查卸扣轴销是否旋转到位。

3 卸扣不得由高处往下摔抛，造成碰撞变形，使内部产生损伤和裂纹。

11.3.4 手拉葫芦使用应符合下列规定：

1 手拉葫芦使用前应进行检查，检查吊钩、链条、轴是否变形损坏；栓挂手拉葫芦时应牢靠，所吊物的重量不得超过葫芦标定安全承载能力。

2 操作时应先慢慢起升，待受力确认可靠后方可继续工作。拉链人数应根据葫芦起重能力大小决定，起重能力小于 50kN 时，拉链人数宜为 1 人，起重能力不小于 50kN 时，拉链人数宜为 2 人，不得随意增加拉链人数。如遇拉不动时，应检查是否有损坏。

3 已吊装重物需停留时间稍长时，应将手拉链栓在起重链上。

11.3.5 绳卡使用应符合下列规定：

1 绳卡用于固定钢丝绳头，为保证安全，每个绳卡都应拧至卡子内的钢丝绳被压扁 1/3 时为止。

2 应根据钢丝绳直径大小选用绳卡，绳卡之间的排列间距应为钢丝绳直径的 8 倍左右。钢丝绳直径不同，绳卡的间距及数量也不同，但至少不应少于 3 个绳卡，见表 11.3.5。

表 11.3.5 钢丝绳绳卡的间距及数量

钢丝绳直径 /mm	绳卡个数 (骑马式)	绳卡间距 /mm	钢丝绳直径 /mm	绳卡个数 (骑马式)	绳卡间距 /mm
13	3	120	28	4	230
15	3	120	32	5	250
18	3	150	35	5	280
21	4	150	37	5	300
24	4	200	42	6	330

3 绳卡 U 形环应卡在绳头（即活头）一边。为便于检查钢丝绳受力后是否有滑移，应将绳头放出一段安全弯段后与主绳卡紧。

11.3.6 吊钩使用应符合下列规定：

1 吊钩每年应至少检查一次。检查时应用煤油清洗，除去污垢，用 10~20 倍放大镜细心观察起重钩及其紧固件。

2 吊钩表面应光洁，无剥裂、锐角、毛刺、裂纹等。吊钩出现裂纹、危险断面，磨损达原尺寸的 10% 或开口度比原尺寸增加 15% 时，应予以报废。

3 严禁在吊钩上焊补、填补或钻孔。

4 吊钩强度试验时，应用额定载荷的 125% 的荷重，历时 10min。负荷卸去后，用放大镜或其他可靠方法（如 X 射线、 γ 射线探伤）检验，发现残余变形或裂纹，应予以报废。

11.3.7 滑车与滑车组使用应符合下列规定：

1 应按滑车出厂安全起重负荷使用，不得超载。

2 使用前应检查各部分是否良好、可靠，不得有变形裂痕和轴的定位装置不完善情况，如滑轮柄转动有卡阻时，不得使用。

3 选用时，钢丝绳直径大小应与配用的滑轮柄绳槽相适应，拴挂滑车应固定牢靠。

4 起吊前，应检查滑轮组钢丝绳的穿绕方式是否正确，如发现绳股之间有交叉、缠绕，应立即纠正，并检查钢丝绳尾端固定是否可靠。

5 应定期保养润滑，减少轴承磨损。

11.3.8 卷扬机使用应符合下列规定：

1 使用前应检查卷扬机锚固装置是否牢固，检查离合器、制动器是否灵敏、可靠，检查电气设备绝缘是否良好，接地接零应完好正确。

2 钢丝绳在卷筒上应排列整齐，放出时，卷筒上至少应保留 3 圈。

3 工作中应注意监视运转情况，如发现电压下降、触点冒火、温度过高、响声不正常或制动不灵、钢丝绳发生抖动等情况，应立即停车检修。

4 不得将钢丝绳与带电电线接触，应防止钢丝绳扭结。

11.4 压 线 钳

11.4.1 使用压线钳前，应选取合适的模具或压口。

11.4.2 使用压线钳时，钳头部位及压接模具不得敲击。

11.4.3 压线钳不得随意加长手柄使用。

11.5 千 斤 顶

11.5.1 千斤顶使用前应检查各部件是否完好，丝杆和螺母磨损超过 20% 的应报废，机壳和底座有裂缝的不得使用。液压千斤顶的活塞、阀门应良好无损。

11.5.2 千斤顶不得加长摇柄长度和超负荷使用。

11.5.3 千斤顶顶升工件的最大行程不应超过该产品规定值（当套筒出现红色警戒线时，表示已升至额定高度），或丝杆、活塞高度的 3/4。

11.5.4 操作时，千斤顶应放在坚实的基础上，用枕木支垫千斤顶时应与载荷作用线对正，不得歪斜。必要时底部和顶部可同时加垫木防滑。应先将重物稍稍顶起，检查无异常现象，再继续顶升。

11.5.5 使用油压千斤顶时，应检查油箱油位线，液压油应干净无杂质。顶升前应检查换向阀开关是否到位。

11.5.6 使用油压千斤顶时，作业人员不得站在保险塞对面，重物顶升后，应用木方将其垫实。

11.5.7 用两台及两台以上千斤顶合抬一重物时，应符合下列规定：

1 宜选用同一规格、型号的千斤顶。考虑动载情况下的不均载系数，按总负荷留 20% 备用容量，并事先检查和试验所用千斤顶，确认合格后方可投入使用。

2 顶升作业时，应受力均匀，顶点布置合理，力矩对称，顶升速度宜同步，由专人指挥和监护，使重物平行上升，发现上升不一致时，应及时调整重物水平。宜采用分离式液压千斤顶，由一个油泵同时向几个千斤顶供油，避免受力不均。

11.5.8 高处使用千斤顶，应用绳索系牢，操作人员严禁在千斤顶两侧或下方。

11.5.9 顶升重物时，应掌握重物重心，防止倾倒。重物顶起应采取保护措施，随起随垫，保证安全。

11.5.10 大型油压千斤顶的油泵站工作时，使用前应经检查和试运行合格。

11.6 机组安装专用工具

11.6.1 拉刀及铣刀的使用应符合下列规定：

1 使用铣刀时，应分清拉刀或铣刀的等级，按拉削、铣削

量逐步增大拉刀或铣刀的等级。

2 用拉刀和铣刀对 T 形槽或轮环螺孔铣孔时，如用桥机拉铣，钢丝绳或拉杆应对正垂直，不得歪斜，且应缓慢地提升。

11.6.2 平衡梁的使用应符合下列规定：

1 当吊装定子或转子需要使用平衡梁时，应了解平衡梁的结构特点及起吊部件的连接方式，在对平衡梁进行全面清扫干净后，应对各条焊缝和转动部分轴承进行检查和换加新润滑油。

2 应将平衡梁与吊物连接在一起，然后用桥机对平衡梁进行起升试验。

3 平衡梁使用后，应涂油保护并妥善保管。

11.6.3 盘车工具的使用应符合下列规定：

1 机械盘车的使用应符合下列规定：

1) 机械盘车时，应计算钢丝绳、滑车及地锚能否满足起重力矩的要求。

2) 盘车时，钢丝绳、滑车及地锚附近不得站人或停留。

3) 用桥机拉动时，应在专人指挥下进行操作，且信号联络应清晰明确。

2 电动盘车的使用应符合下列规定：

1) 当使用电动盘车时，所用电源应精确计算。电气设备的安装接线，应由持证电工操作。所用电气设备应设围栏并悬挂警示标志。

2) 电动盘车装置应按操作规程操作，防止出现反转现象。

3) 电动盘车装置的电气回路中，应设有防止误动作装置。

3 利用高压油减载装置顶起转子盘车时，应在推力轴承和高压油顶起系统安装完毕并清扫检查合格后进行。

11.6.4 定子下线机的使用应符合下列规定：

1 定子下线机的使用，应了解下线机的工作原理，掌握下线机的安装、使用程序和操作规程等。

2 定子下线机安装基础应牢靠，机械手动动作应灵活、准确。

3 操作定子下机线的人员应经过培训，方可上岗。

11.6.5 转子铁片清洗机的使用应符合下列规定：

1 使用清洗机清扫转子铁片时，应按照铁片清洗机的操作规程操作。作业人员应穿防护服，戴防护眼镜及工作手套。

2 清扫区域不得有明火作业。

11.6.6 推力瓦研磨机的使用应符合下列规定：

1 采用推力瓦研磨机刮瓦，应了解研磨机的性能，掌握安全操作规程及使用方法。

2 使用研磨机时，所用的酒精、抹布、油脂等应有专人保管，分类存放。

3 作业现场应保持干燥整洁，不得吸烟及明火作业，附近不应有电焊、气割作业。

4 作业现场照明应充足，周围应有围栏，并悬挂安全警示标志。

11.6.7 定子中心测圆架的使用应符合下列规定：

1 装配场地应清洁、干净，布置整齐，通风良好。

2 中心测圆架的安装位置应按支墩块的分布中心定出，其底座与基础应按调整要求固定牢靠，应锁紧全部调节螺栓钉，使用中不得松动。

3 中心测圆架使用过程中，应轻轻启动，上下作业时应避免碰撞障碍物而导致基准破坏。

4 中心测圆架上下起落过程应均匀用力，缓慢而行，严禁用力过猛，导致垂直度超标。

11.6.8 大型机加工工具的使用应符合下列规定：

1 大型机加工工具使用前，工作人员应熟悉图纸，掌握大型机加工工具的规格、性能、安装调试及使用方法。

2 大型机加工工具的安装基础应固定牢靠，并满足承载要求。

3 大型机加工工具运转前应制定运转方案，运转时应从无负荷到有负荷，从单体运转到联合运转，保证机床运行平稳。

4 施工现场应配备运转专用的工具、材料以及风、水、电

和现场照明。

5 施工现场的废旧棉纱、抹布、铁屑应集中存放，及时妥善处理。

11.7 机组吊装专用工具

11.7.1 清扫专用工具锈蚀和保护漆时，应戴防护眼镜和防尘眼罩。用稀释剂浸泡专用工具丝扣时，严禁烟火，作业现场应配置足量的灭火器材。

11.7.2 组装专用工具时，应按供货厂家规定的设计值紧固螺栓。

11.7.3 专用工具与桥机（单台或两台）动滑轮组吊耳板组合后，销轴、止退板应安装到位，螺栓应紧固可靠。

11.7.4 螺杆环形专用工具安装时除应压紧螺母外，还应压紧安全背帽。不带螺母的，应将丝杆全部旋入。

11.7.5 桥机吊具拴挂钢丝绳连接专用工具吊环时，应按被起吊设备的重量配用起吊钢丝绳，其安全系数应不小于 8，并应考虑绳索间夹角张力。

11.7.6 用桥机起吊发电机定子时，应对吊具、吊耳及连接处的焊缝进行检查，确认安全可靠后投入使用。

11.7.7 桥机（单台或两台）连接专用工具起吊发电机转子时，应检查、清洗推力轴承，并涂润滑油脂；与转子起吊轴连接后应检查锁卡装置是否到位，定位螺母紧固是否可靠。

11.7.8 专用工具与设备组合时应使用桥机低速挡，不得碰撞定子、转子线棒、导体等被起吊设备。

11.7.9 桥机起吊机组设备时，桥机小车中心线应与被起吊设备重心在同一条垂直线上，并应检查专用工具与桥机及被起吊设备连接是否正确，然后将设备吊离地面 10~30cm 停车，再次检查连接部位是否有异常，确认可靠后方可继续起升。采用抬吊方式起吊时，应注意两台机吊钩的起升同步性。

11.7.10 设备吊装到位后，拆除专用工具与设备连接件时，不

得碰撞设备，防止轴销、螺栓、螺母、连接板、定位板等坠落。

11.7.11 专用工具存放前应进行清理、保养，并对加工面、轴承涂油、贴蜡光纸进行保护。存放时应用枕木支垫平稳，并做好防尘、防潮措施。

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

标准历次版本编写者信息

SD 267—88

本标准主编单位：原中华人民共和国水利电力部劳资司

本标准参编单位：原中华人民共和国水利电力部第二、三、四、六、十二工程局、葛洲坝、闽江工程局、富春江水工机械厂

SL 400—2007

本标准主编单位：中国水利水电建设集团公司
三峡大学

本标准参编单位：葛洲坝集团机电建设有限公司
中国水利水电第八工程局
中国水利学会

本标准主要起草人：郑霞忠 徐广涛 楚跃先 张为明
马照云 李齐放 李京林 郑根宝
梅 骏 张西安 乔新义 陈训耀
李 波 李启义 程振时 朱少沛
刘 洋 郑悦林 王 亮

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程机电设备安装安全技术规程

SL 400—2016

条文说明

目 次

1	总则	113
3	基本规定	114
4	泵站主机泵安装	120
5	水电站水轮机安装	124
6	水电站发电机安装	132
7	辅助设备安装	138
8	电气设备安装	143
9	机组启动试运行	156
10	桥式起重机安装.....	162
11	施工用具及专用工具.....	164

1 总 则

1.0.1 本条明确了制定本标准的目的。遵照《中华人民共和国安全生产法》“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产方针，尽力控制和消除水利水电工程机电设备安装过程中的重大风险，保障人的安全健康及设备安全，促进行业健康发展，是本标准追求的主要目标。

1.0.2 本条明确了本标准的适用范围。本次修订对本标准的适用范围予以适度拓宽，将大中型水利水电工程机电设备的调试、试运行及维修纳入。本标准泵站主机泵安装以立式机组为主，水电站水轮发电机安装以混流式机组为主。大、中、小型水利水电工程的划分标准按 SL 252《水利水电工程等级划分及洪水标准》的规定执行。

3 基本规定

3.1 安全管理要求

3.1.1 参建各方首先要设立安全生产管理机构，配备安全生产管理人员。然后建立安全生产责任制，明确各级生产管理人员的安全职责，并建立考核制度，确保责任制落实。

3.1.3 安全生产教育培训是提高员工安全意识和安全技能的有效手段，也是《中华人民共和国安全生产法》的要求，不仅要做好管理人员和作业人员的安全教育培训，更要加强特种作业人员的安全生产教育培训，防止发生人身安全事故。

3.1.4 本条根据财政部、国家安全生产监督管理总局《企业安全生产费用提取和使用管理办法》（财企〔2012〕16号）制定。

3.1.7 “危险场所”是指变压器室、控制室、油库、炸药库、仓库等易燃易爆的场所；“危险部位”是指起重、电气焊、高处、受限空间等高危作业区域。本条强调要设置安全警示标牌，告之危险和控制措施，且标牌的制作和设置要符合规范要求。

3.1.10 危险性较大的单项工程分类参照《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》（建质〔2009〕87号）制定。超过一定规模的危险性较大的单项工程专项方案应由施工单位组织召开专家论证会。实行施工总承包的，应由施工总承包单位组织召开专家论证会。

3.1.11 本条明确了施工前必须进行安全技术交底等作业程序和相关要求。

3.2 施工现场安全防护

3.2.1 根据安装间、定子组装下线、机组内部安装、GIS设备安装等施工需要，为隔离土建、装修等施工影响，可采取封闭管理，是为了减少干扰，消除隐患，预防事故，便于标准化、区域

化管理。

3.2.2 结合目前水电施工现场标准化、区域化管理及本质安全管理要求，结合实际情况推行定置化管理。定置化管理有利于提高整体文明施工形象和安全生产管理水平，也是本质安全化的要求。

3.2.3 为提高现场整体文明施工形象，对现场设备、材料存放、通道，结合标准化、区域化管理要求，增加隔离设施，保证安全通道畅通。

3.2.7 参照 SL 398《水利水电工程施工通用安全技术规程》的规定，对高处施工通道、作业平台搭设提出要求，明确临空面安全防护栏杆、挡脚板高度。结合水电施工的特点，挡脚板的高度为 0.2m，严于国标 0.1m 的规定，已在工程领域推广普及，以增加安全系数，因 0.2m 较符合水电施工现场的实际情况，能更有效地阻挡滚滑的物体，预防物体打击事故。

3.2.8 脚手架和作业平台搭设前，要根据施工特点确定搭设方案，其基础的稳定性和承载力要满足使用要求。基础的稳定性直接关系到脚手架和作业平台的稳定性，脚手架和作业平台的拆除比搭设的危险性更大，所以对此提出了明确的要求。

3.2.10 要结合现场安全设施标准化要求进行统一布置。活动板式结构要采用防火性能较好的岩棉等材料，严禁使用聚苯乙烯等易燃材料作为芯材。

3.3 施工现场用电与照明

3.3.1 本条按照 GB 50150《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》、SL 398 和 JGJ 46《施工现场临时用电安全技术规范》的规定编制，对施工现场用电管理提出了具体要求，明确施工现场用电组织设计编制、审核、批准等环节的工作职责和要求。

3.3.2

12 本款是参照 GB 50169《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》的规定制定的。接地保护是在电气设备和设施

外壳与大地之间设置电阻小的金属接地体，当绝缘损坏时，电流经接地极入地，不会对人体造成危害。接零保护是将接地的中心线（零线）与非带电的结构和设备外壳相接，当绝缘体损坏时，由于中心线路电阻很小，短路电流很大，会使电气线路中的保护开关、保险器和熔断器动作，从而避免人身触电事故。

13 零线连接不符合规定，引起零线的电阻增大，会影响保护接零的效果。

3.3.3

1 厂房、机组坑洞、廊道内采光条件很差，作业时要设置施工照明。廊道等狭窄部位内的照明灯具和线路悬挂高度一般不低于 2.5m，以防碰头。对于岔道多且有竖井的廊道，需规划安全疏散通道并按规定装设应急照明或指示路标，以免迷路发生坠落井内的伤亡事故。此类事故已在个别工程中发生过。

6 本条对室内外照明灯具的高度要求参照 JGJ 46—2005 第 10.3 节的相关规定制定。

9 结合水利水电施工特点对地下厂房、机坑、廊道和蜗壳内不同作业场所照明电压提出管理要求。在狭小潮湿的空间或金属容器内作业，照明用电安全尤为突出，所以规定要求要使用低压照明；同时在狭小潮湿的空间或金属容器内作业，一旦突然停电，人员行动很不安全，故要有应急备用的照明灯具。

3.4 施工现场消防

3.4.1

1 结合安装过程划分消防危险等级，采用分级管理，严格执行动火申报审批制度。

2、3 施工现场要根据设备设施的特性和环境情况，配备足够的扑灭不同性质火灾的消防器材，并由专人负责管理和维护，做好日常检查维护记录，以保持其始终处于完好状态。

3.4.3 使用过的油布、棉纱等易燃物品如随处存放在施工现场，遇到电焊或气焊等作业的火星或焊渣可能会引起火灾事故，因此

要求及时回收，妥善保管和处置。

3.4.4 参照《公共场所卫生管理条例实施细则》（卫生部令第80号）的规定，加强现场禁烟力度，严格管理。

3.5 职业健康与环境保护

3.5.1

1 本款按《中华人民共和国职业病防治法》（主席令第52号）、《中华人民共和国安全生产法》（主席令第13号）、《工作场所职业卫生监督管理规定》（安监总局令第47号）等法律、行政法规和国务院有关职业健康监督检查职责的规定提出基本要求。

2 对作业环境实行评价监测和定期监测，对超标的作业环境及时治理，减少粉尘、噪声、毒物等危害因素的产生，提高安装施工作业环境。

3 本款按《中华人民共和国职业病防治法》（主席令第52号）、《中华人民共和国安全生产法》（主席令第13号）、《工作场所职业卫生监督管理规定》（安监总局令第47号）等法律、行政法规和国务院有关职业健康监督检查职责的规定提出基本要求。

4 喷漆作业是经常性项目，要尽量减少喷漆作业影响的人数，并注意防爆。

5 地下洞室施工存在大量土建施工粉尘、电焊烟尘及车辆废气，强制通风是保护作业人员人身健康的有效手段。

3.5.2

1 安装焊接、清洗、刷漆作业存在较多密闭、半密闭、狭窄等部位施工，电焊烟尘、清洗液和油漆中挥发性物质如果不能及时排除，将严重危及作业人员健康。

2 施工单位需根据现场作业环境发放防护用品，并监督检查作业人员使用情况。

3.6 防洪度汛

3.6.1 本条对建设单位提出汛期水情预报的要求。建设单位要

加强与地方水文气象单位联系，及时向各施工单位发布水情预报工作。

3.6.3 施工单位在防洪度汛期间要根据辨识、评价情况，组织专人对重点防汛部位巡视检查，及时发现险情。

3.6.4 本条对施工单位汛期信息沟通提出要求，要主动加强与各级主管部门及政府有关部门的沟通联系。

3.7 廊道、洞室及有限空间作业

3.7.1

2 部分建筑物的廊道内或地下洞室内会设置电梯井、电缆井或深排水井等，照明条件不好时可能发生人员坠落事故，因此对这些部位的井口（或孔洞口）要敷设防护盖板以及防护栏杆等安全设施，并在附近洞壁悬挂安全警示标志。

4 地下洞室内由于围岩的地质条件复杂，存在塌方等安全隐患，对尚未采取可靠支护或排险措施的，要悬挂醒目的安全警示标志。

3.7.2 本条按照《有限空间安全作业五条规定》（安监总局令第69号）的规定对有限空间作业提出要求。

3.8 底层作业

3.8.1~3.8.3 在地下洞室或大坝深井（引水斜竖井、通风竖井、电梯井、闸门井等）、厂房机坑内进行底层作业时，容易发生上层坠物伤害事故，因此要在合适高度处敷设用以挡渣及防止坠物的安全防护隔离层。对于存在上层与底层交叉施工的，在井口还要设置围栏、盖板、安全网等防护设施，以及上、下作业的安全梯道等。

3.8.4 封闭环境的底层作业场所，会出现空气流动差、排水不畅，部分地质条件差的洞室底层还可能出现透水和有害气体等现象，因此规定应设置有效而可靠的照明、通风、排水和消防等设施。

3.8.5 底层作业场所一般阴暗、潮湿，对电器设备、电动工具及其线路有防潮（或防水）的要求。

3.10 起重运输作业

3.10.1 机电设备安装中的起重吊装、运输作业属危险性较大工程，大件的运输、吊装是保证设备安装施工安全的重要环节。安装前要结合安装程序，制定合理的运输方案，对吊装和运输手段的选取、运输路线的拟定、吊具的设计以及起重运输组织与人员配备都要做详细的规划，并报有关主管部门审批后实施。机电设备吊装和运输中超过一定规模的危险性较大的单项工程主要有转轮、转子、定子、主轴、机架、变压器、GIS等重大件和精密设备的吊装和运输。

4 泵站主机泵安装

原标准无泵站主机泵安装内容，考虑泵站主机泵安装是水利水电工程机电设备安装的一项重要工作，故增加了此章内容，泵站的辅机设备、电气设备、起重设备安装及联合调试等可参照第7~11章的规定执行。泵站安装泵型主要指立式轴流泵和立式混流泵，其他泵型如抽芯式混流泵、竖井贯流泵、灯泡式贯流泵等虽未涵盖，但其他类型的机组有特殊要求的列入了相关条款。

4.1 水泵部件拆装检查

4.1.1 本条提示设备拆装检查和清扫时选用的清扫工具及清扫液是否符合设备技术要求，防止拆装和清扫过程损坏设备。

4.1.3 制定本条目的在于针对主泵零部件清理要求，对设备及个人采取必要防护。施工场地动火作业参照了AQ 3022《化学品生产单位动火作业安全规范》的相关规定，明确15m范围内不得动火，同时参照GB 50720《建设工程施工现场消防安全技术规范》的相关规定，明确清扫现场的防火范围及应配备足够数量的灭火器。

4.1.4 本条针对精密部件表面的保护而言。

4.1.6 本条针对组合分瓣大件时需考虑防护平稳要求而言。

4.1.7 设备翻身时，设备下方要设置方木或软质垫层予以保护，翻身副钩起吊能力要足够。

4.1.8 制定本条主要目的是保证安全文明施工。

4.2 水泵固定部分安装

4.2.3 本条安全电压参照JGJ 46—2005第10.2节的相关规定制定。

4.2.6 设备吊装前，要对桥机和吊具进行全面检查，制动系统

要重新进行调整试验。吊装过程中要注意下降速度和采取相应稳固措施。

4.2.7 考虑到安装空间狭小且调整连接螺栓较多，要具备充足照明和固定牢靠的防护措施。

4.3 水泵转动部分安装

4.3.1~4.3.4 水泵转动部件安装前清理时，工作人员要佩戴防护镜、防护手套，工作区域不应有动火作业，并设置警戒线及警示标志。

4.4 主轴密封安装

4.4.2、4.4.3 安装时要注意设计要求，避免摩擦起火。

4.4.5 使用手拉葫芦时，在支持盖（或顶盖）内部安装导轴承或密封装置时，手拉葫芦要固定牢靠，部件绑扎要牢靠，吊装要平稳，工作人员要服从指挥。

4.5 水导轴承（筒式轴瓦）安装

4.5.1~4.5.3 制定这三条的目的在于针对设备组装技术要求，对设备进行必要防护。同时考虑施工场地消防及工作人员人身安全。

4.5.6 导轴承油槽在安装和进行煤油试验时，其内部有油或其他易燃物品，要做好防火安全措施，防止火灾发生。

4.5.7 人工搬运较重轴瓦时易发生人身安全事故或造成设备损伤事故。

4.6 水泵主轴与电机主轴连接

4.6.2 对大件吊装，要求对吊装工具进行系统的检查和验算，并要有专人指挥，相关人员配备对讲机等。

4.6.4 电机主轴穿过定子时，要防止主轴碰撞定子线圈，损伤绕组。

4.6.5 连接螺栓采用锤击法紧固时，要防止误伤扶扳手的人，在高处作业时，扳手要防脱落。

4.7 电机设备的清扫与检查

4.7.1~4.7.3 这三条提示设备清扫时选用的清扫工具及清洗溶剂是否符合设备技术要求，防止清扫过程损坏设备，并参照了GB 50720的相关规定，明确了清扫现场应配备足量的通风设施和消防器材，同时考虑可能存在密闭空间内作业的安全措施。

4.8 电机基础埋设

4.8.1、4.8.2 施工部位临空作业，且水泵层一般有作业人员工作，设置工作平台和安全防护栏杆，旨在防止物件及工作人员坠落造成安全事故。采取安全防护措施主要是防止物件坠落造成水泵设备损坏和作业人员人身伤害。

4.8.3 现场经常出现施工人员离开后才出现明火的情况，所以在此除了做好作业时的防火外，还要求监护人员在作业完成后彻底检查水泵层有无高温残留物。

4.9 电机导轴瓦、推力瓦研刮及安装

4.9.4

4 防止轴瓦研磨时滑脱造成设备损坏和作业人员人身伤害。

4.11 定子安装

4.11.1~4.11.3 吊装工具要进行系统的检查和组装，核对定子吊装方位，吊钩提升高度要满足定子吊装要求。

4.11.4 考虑吊装安全，对起重指挥、操作人员及其他相关人员进行明确分工。

4.12 转子吊装

4.12.1 建设期间厂房内存在交叉作业，各种设备、材料堆放较

多，在吊装前要对起吊机具进行全面检查，对转子吊运路线进行清理，避免碰撞。

4.13 上机架安装

4.13.1 上机架安装是在已经安装好的定子等设备上面进行作业，部件安装时要考虑搭设工作平台，做好防护措施。

4.14 机组盘车及轴线调整

4.14.1 机组盘车时要避免转动部件与固定部件结合面间因有杂物而影响盘车数据的真实性。

4.14.2 本条对盘车工具的使用及验算做出了规定，要防止受力不满足安全要求而发生设备损坏和作业人员人身伤害。

4.14.6 机组盘车时要防止转动部件转动过程中发生设备损坏和作业人员人身伤害。

4.15 水泵机组整体清扫、喷漆

4.15.1~4.15.6 考虑溶剂、油漆为易燃品，且气味对人体有伤害，在使用过程中要做好防护措施；在工作结束后，要及时清理干净。

5 水电站水轮机安装

5.1 水轮机设备的清扫与组合

5.1.1 本条提示设备清扫时选用的清扫工具及清洗溶剂是否符合设备技术要求，防止清扫过程损坏设备，并参照 GB 50720 的相关规定，明确了清扫现场的防火范围及应配备足够数量的灭火器，同时考虑可能存在密闭空间内作业的安全措施。本条删除了原标准中用汽油作为清洗溶液的规定，是考虑汽油易挥发，极易引起火灾，且对作业人员的健康有伤害，一般不要使用。

5.1.2 制定本条目的在于针对设备组装技术要求，对设备进行必要防护。同时考虑施工场地消防及工作人员的人身安全。

5.1.5 本条主要是防止工具脱落造成工作面下方设备损坏及交叉作业人员人身伤害。

5.1.7 在转轮体或轴孔内工作时，由于施工空间狭小，设备安装高程较低，空气较稀薄，当施工人员发生意外时救助较为困难。因此，工作部位要做好通风及防触电安全防护。

5.1.9 本条主要目的是保证设备连接件安全，同时防止设备及工具突然损坏时，致使工作人员失去重心而造成人身伤害。

5.2 尾水管安装

5.2.2 本条参照 JGJ 46 的规定，明确了尾水管施工现场照明设备要求。

5.2.3 尾水管安装场地复杂，涉及多个工种交叉作业，而且多属高处作业，设置通畅的人行通道，配置安全护栏、安全网等安全设施，可以有效地防止对施工人员和施工设备造成意外伤害。

5.2.5 考虑到尾水管扩散段施工部位环境潮湿，可能存在积水

现象，所以强调尾水管内作业时电气设备附带电缆的安全保护是重点。

5.2.6 设备安装前，要对设备支撑件、吊具、吊耳及固定部件进行检查，防止设备坠落、倾覆造成人身伤害。

5.2.7 为了防止管道进入异物堵塞。

5.2.9 本条针对危险性较大的尾水管内支撑拆除工作提出了具体要求，防止施工过程中发生安全事故。

5.2.10 在尾水管防腐涂漆时，要注意防火、防止人员中毒，工作平台要经验收合格后才能使用，并挂验收牌。

5.3 座环安装

5.3.1 凡是施工部位作业通道距基准面 2m（含 2m）以上者，视为高处作业通道。通道要设置安全护栏和脚踏板，防止物件及工作人员坠落造成安全事故。

5.4 蜗壳安装

5.4.1 考虑到蜗壳挂装施工中可能存在交接班情况，为了防止交接班时出现加固情况交接不明而造成事故，要求当班应按要求完成加固工作后才能进行交接班。

5.4.2 防止压缝过程中崩脱伤人。

5.4.3 在某电站蜗壳节安装调整中，曾遇到斜楔与压码配合面粗糙而造成崩裂伤人事件。为此本条要求斜楔与压码配合粗糙度应满足要求，以利于保护设备及施工人员人身安全。

5.4.5 防腐材料含有对人体产生伤害的气体，工作人员及工作环境要切实做好防火、防毒、通风及除尘等防护措施。

5.5 蜗壳水压试验

5.5.4 蜗壳应与支墩接触良好，这是为了保证在受到外力时蜗壳平稳。

5.5.8 按照规定，压力表计、安全阀等设备应经过质检局检测

合格，才能使用。

5.6 机坑里衬及接力器基础安装

5.6.1 一般情况下基坑里衬在基坑内对接安装，可能与土建浇混凝土同期施工，存在较多交叉作业，因此施工过程中要有安全可靠的施工平台及通道，供作业人员使用。

5.7 座环现场机加工

5.7.1 交叉施工需设置安全防护平台，防止物件及工作人员坠落造成安全事故。

5.7.2 机床操作人员按操作规程操作，一是可以保证机床不产生损坏，二是保证操作人员不因为误操作发生危险。

5.7.3 为了防止机床固定不稳发生人员伤害及设备损坏。

5.7.4 为了防止铁屑飞出发生意外伤害。

5.7.5 为了防止铁屑因尖角和高温发生人员伤害。

5.7.6 为了防止触电伤人。

5.8 导水机构安装

5.8.1 安全防护平台需牢靠，防止掉落伤人。

5.8.2 由于活动导叶和固定导叶中间空间有限，活动导叶吊装时指挥人员和辅助人员要配合好，辅助人员要选择好站位，避免被导叶挤伤。

5.8.3 当需要较长时间对吊装设备进行清扫检查时，要对吊件进行支撑防护，防止误操作或意外使设备滑落而造成人员、设备伤害。

5.8.4 水轮机导水机构部件装置高程较低，部件重量轻，起重司机距工作面距离较大，起重信号与司机操作之间存在时间差异，经常发生配合不当而造成人身伤害事件。本条要求吊装导水机构零星部件时，应保证信号畅通。导叶吊装时，工作人员需在底环上工作。转轮部位要设置安全网，防止工作人员意外滑落到

尾水管内。

5.8.8 进入水轮机室和蜗壳内的工作人员，需走专门设置的行人通道，吊物孔不得作为行人通道或排污、排水通道，以防止吊物意外坠落而造成人身伤害。

5.8.9

1 对水轮机室和座环导叶部位进行检查，一是确认无关人员撤离，二是确认无遗留设备材料阻碍动作试验。

2 不仅要有可靠联系，还要联系确认检查人员的位置。

5.8.10 主要考虑当使用电镀或刷镀对工件缺陷进行处理时，需使用腐蚀性较强的电镀液。采用金属喷涂时，溶沸金属温度较高，这些溶液都会对人体造成巨大损伤。使用前要做好可靠的安全防护。

5.9 转轮安装

5.9.1

1 在使用厂家供货的专用工具前，要了解其使用性能及方法，防止盲目操作造成设备损坏及人身伤害。

2 对轴流转浆式转轮而言，其组装件较多，机加工精度高，部分组件结构形状复杂，部件组装空间较小，设备吊装时要保证起吊平稳，防止倾翻、脱钩等不安全状况发生。

3 在装配叶片转动机构时，由于转轮体内部空间狭小且工作人员需要在其中工作，所以每装一件都需用厂家提供的专用工具及其他适用工具进行临时固定牢靠，以确保工作人员能安全施工且不损伤设备。

4 在利用桥机紧固螺栓时，在钢丝绳与扳手夹角小于 75° 时，其向心分力（针对该螺栓而言）较大，容易损伤扳手和钢丝绳；在钢丝绳与扳手夹角大于 105° 时，其离心分力较大，容易造成扳手滑脱和钢丝绳拉断。导向滑轮位置应与扳手运动线路在同一直线上，否则会造成扳手滑出、钢丝绳蹩劲或钢丝绳崩出的事件，易伤害工作人员及损伤设备。

- 1) 转浆式转轮油压试验场地布置有油罐、油泵及油管路等易燃物品，所以要采取严格有效的防火安全措施，防止火灾事故发生。
- 2) 本项规定目的是防止在油压试验的过程中管路、接头、法兰、压力表等处发生压力油泄漏并伤害工作人员。
- 3) 考虑到转浆式转轮的机械传动系统及各部轴承、导向瓦、叶片与转轮体间隙等装配是否符合设计要求，是否能够灵活动作，所以油压装置的操作、试验、测量，应统一安排，进行操作时应分级缓慢升压，停泵稳压后，方可进行检查。叶片转动时，工作人员不得站在叶片上或在转动范围内停留，防止受到伤害。
- 4) 按防火安全要求做了规定。
- 5) 防止在油压试验的过程中堵板、法兰、焊口等处压力油泄漏伤害工作人员。

8 转轮体翻身前，要对转轮体内活动部分进行固定，防止翻身时动作造成设备损坏。

9 转轮体翻身时，起吊用的钢丝绳可能会接触到设备棱角等尖锐部分，因此要做好钢丝绳的防护工作。

5.9.2

1 部分分瓣转轮采用卡栓组合结构。在施工现场组装转轮时，需对卡栓进行烘箱烘烤，使卡栓伸长后再进行安装。此时卡栓温度较高，施工人员要切实做好安全防护，防止被高温灼伤。

5.9.3 本条明确规定了转轮与主轴连接时的安全技术要求。

3 主轴法兰面进行研磨时，要采取可靠措施，防止研磨平台滑落造成人身伤害。

4 主轴加工法兰面采取可靠的防护措施，以防止精加工面损坏，对于尺寸及重量较大的主轴推荐采用专用的翻身工具进行翻身。

6 部分水轮机零部件如固定部分止漏环、导叶抗磨件等，

需在施工现场进行冷套。本款规定的目的主要是防止部件进行冷却时，由于操作不当造成人身伤害。

5.9.4

1 机组安装时转轮室（或基础环）距尾水管底部一般都有2m以上的垂直高度。为防止施工人员坠入尾水管，所以要设置安全防护平台，平台要将锥管完全封闭。此平台还可以作为机组安装施工的工作平台。

3 因为转轮叶片较光滑，且叶片与叶片间缝隙较大，为防止施工人员滑落，要设置安全保护网。如果是轴流转浆式转轮叶片，一定要处于全关状态，并固定牢固，以防吊装时叶片动作。某电站曾经发生过人员由此处坠落至尾水管的伤害事故。

6 转轮在机坑内调整，避免强制顶靠或锤击造成设备的损伤，甚至损坏。

7 在机坑内进行主轴水平度、垂直度测量时，在主轴法兰上的人员应系安全带，防止发生事故。

10 本款对进入主轴内部进行清扫、焊接、设备安装等作业，提出了通风、照明、消防等设施要求，主轴安装后，在转动部件上的所有焊接工作要接专用地线，是为了防止焊接电流通过推力瓦与镜板、导轴瓦与轴承形成回路而损伤设备。

13 转轮室工作人员不少于三人，是在危险部位和较隐蔽部位的工作人员发生事故或险情时，有人及时救援或报警的一项安全措施。

5.10 水导轴承与主轴密封安装

5.10.1、5.10.2 这两条制定目的在于针对设备组装技术要求，对设备安全进行必要防护，同时考虑施工场地消防及工作人员人身安全。

5.10.3 因为导轴承和密封装置的安装须在机组盘车合格后才能进行正式安装，其零部件需要先行放置在支持盖（或顶盖）内，所以应按安装顺序排列整齐、放平、垫稳，防止零部件滑落造成

挤伤或压伤工作人员。

5.10.6 导轴承油槽在安装和进行煤油试验时，其内部有油或其他易燃物品，要做好防火安全措施，防止火灾发生。

5.10.7 考虑到油槽内空间较小，且地面较滑，人工搬运较重轴瓦时易发生人身安全事故或造成设备损伤事故。

5.11 接力器安装

5.11.1 现场分解接力器时，需按安装设备技术要求，在厂家技术人员的指导下进行操作。直缸接力器一般设计成圆柱体，所以在分解接力器时，为防止其转动，应垫稳。考虑到接力器设备上弹簧的预压力一般较大，所以需要采取相应的防护措施。活塞涨圈的弹性较大，与缸体之间间隙很小，在拆装时需采用专用导向器具或其他适用工具，防止挤手。

5.11.3

2 为了防止在油压试验的过程中管路、接头、法兰、压力表等处压力油泄漏并伤害工作人员。

3 使用电动油泵加压时，为防止接力器缸体与活塞动作时憋劲而使油压突然升高，所以应装设防止油压过高的保护阀组。

4 考虑到接力器缸体与活塞等装配，是否符合设计要求，能否灵活动作，所以油压装置的操作、试验、测量，要统一安排，进行操作时要分级缓慢升压，停泵稳压后，方可进行检查。

5 本款按防火安全要求做了规定。

6 为了防止在油压试验的过程中堵板、法兰、焊口、丝扣等处压力油泄漏伤害工作人员。

7 油压试验场地布置有油罐、油泵及油管路等易燃物品，所以要采取严格有效的防火安全措施，防止火灾事故发生。

5.12 进水阀及筒形阀安装

5.12.1

5 为了防止人员进入试验区域受到伤害。

6 为了防止其他人员误操作，伤害到进入试验区域检查的工作人员。

5.12.2

11 为了防止人员进入危险区域受到伤害，同时为了防止其他人员误操作，伤害到进入试验区域检查的工作人员。

6 水电站发电机安装

6.1 发电机设备清扫与检查

6.1.1~6.1.4 这四条提示设备清扫时选用的清扫工具及清扫液是否符合设备技术要求，防止清扫过程损坏设备，并参照 GB 50720 的相关规定，明确了清扫现场的防火范围及应配备足够数量的灭火器，同时考虑可能存在密闭空间内作业的安全措施。

6.1.5 制定本条目的在于针对设备组装技术要求，对设备安全进行必要防护。同时考虑施工场地消防及工作人员的人身安全。

6.2 基础埋设

6.2.2 由于施工部位临空作业，且水轮机室一般有作业人员工作，设置工作平台和安全防护栏杆，旨在防止物件及工作人员坠落造成安全事故。采取隔离防护措施主要是防止物件坠落造成水轮机室设备损坏和作业人员人身伤害。

6.2.3 机坑内为主要作业场所，设备和人员高度密集，且场地狭小，基础埋设阶段大部分工作面临空作业。本条主要是防止传送物件脱落造成机坑作业人员人身伤害和设备损坏。

6.2.5 现场经常出现施工人员离开后才出现明火的情况，所以在此除了做好作业时的防火外，还要求监护人员在作业完成后彻底检查作业面下层，确认无隐患后，方可撤离。

6.2.6 主要是防止混凝土渣飞溅和工作人员工具滑脱造成水轮机设备损坏及机坑作业人员人身伤害。

6.3 定子组装及安装

6.3.1

4 定子机坑组装属高处临空作业，结合现场实际情况做好临空面、孔洞的安全防护，测圆架基础要牢固，一是保证测量数

据的真实可靠，二是防止倾倒伤人。

6 主要是为了防止分瓣定子因稳定性不足致使倾覆造成设备损坏和作业人员人身伤害。

7 为了防止设备损坏，同时考虑施工场地工作人员人身安全。

9 定子为重点防火部位，需严防火灾，防止因火灾损伤定子线棒而造成重大设备安全事故。

6.3.2 本条明确规定了铁芯叠装作业的安全技术要求。

2 为了防止工作人员受到挤伤、划伤和定子铁芯损伤。

4 按要求设置专用接地线，是为了防止在定子连接件上进行焊接作业时焊接电流直接通过定子铁芯造成局部过热损伤铁芯，同时避免焊渣进入铁芯内部造成铁芯内部损坏。

5 设置接地防止漏电产生电火花损坏铁芯。

6.3.3 本条对定子磁化试验做出了规定。

1 主要是对定子磁化试验现场进行封闭管理，无关人员不得进入试验区域。

6.3.4 本条明确规定了定子下线作业的安全技术要求。

1 线棒应按厂家要求存放，设备仓库的防潮措施应齐全，线棒箱尽量平铺一层摆放，避免因叠放压坏设备。

2 线棒搬运过程中要注意保护线棒绝缘不受损坏，较长线棒采用三点受力，避免受力不均折弯变形。

7 定子线棒绝缘材料采用腐蚀性较强和有毒化学品配置而成，对人体易造成伤害，使用时应做好可靠的安全防护。

6.3.5 本条对定子耐压试验做出了规定。

3 使用高压试验设备存在触电风险，本款对高压试验接地措施做出规定。

6.3.7 本条明确规定了定子冷却系统安装的一般安全技术要求。

2 明确规定了施工现场防尘措施和温度、相对湿度要求。

3 明确规定了空气冷却器水压检查要求，并提出冬季施工保温措施。

4 本款对管道安装时对接、开孔、切割要求采用机械方式。

6.3.8 本条明确规定了空冷式定子冷却系统安装完成后水压试验及密封试验要求。管路与电气设备距离要满足安全距离要求。

6.4 发电机上、下机架安装

6.4.1 本条对机架组装做出了规定。

3 机架支撑要稳当，防止机架不稳向一侧倾倒造成人员和设备损伤。

4 机架组装离地约 1.0~1.5m，机架支臂较为狭窄，需采取必要的防护措施，除非工作需要不应在支臂上行走。

6.4.2 本条对机架安装调整做出了规定。

1 为了防止将金属物件带入机组内部影响机组运行安全。

3 要尽量减少机坑焊接工作量和动火频次，防止焊渣飞溅损伤设备和发生火灾事故。

6.5 转子组装

6.5.1 本条明确规定了转子支架组装和焊接作业的安全技术要求。

3 为了防止转子支架失稳倾覆造成设备损坏和作业人员人身伤害。

7 转子焊接时，设置专用引弧板目的是防止焊接件损坏。引弧板材质要与焊接件材质相同，以避免焊接件材质组成成分发生破坏。

6.5.2 本条明确规定了转子轮毂热套作业的安全技术要求。

8 转子轮毂热套恒温阶段温度达 80℃ 以上，施工人员应切实做好安全防护，防止被高温灼伤。

6.5.3 本条明确规定了转子铁片清扫、堆积、压紧，磁轭热套作业的安全技术要求。

1 转子铁片清洗使用溶剂一般为挥发性较强的易燃品。本款规定主要是防止火灾和因通风不良造成作业人员窒息。

6 转子铁片堆积时，工作部位高度一般大于 2m，转子轮臂之间多孔洞，应用木板或钢板铺平，以防止作业人员滑跌和坠落造成人身伤害。

6.5.4 本条明确规定了磁极挂装、干燥、试验等作业的安全技术要求。

4 使用桥机提升拔键器时力量较大，所以人要在 3~5m 外观察，防止拔键器意外弹起伤人，并且不能持续加力，发现异常情况要及时处理，避免损坏设备。

6.6 主要部件吊装

6.6.1 为了保证在主要部件吊装过程中不出现安全事故的有效安全技术措施。

6.6.2 为了预防在主要部件吊装过程中，出现高空坠物事故或因断电，造成人员和设备损伤。

6.6.4 采用专用吊具吊装定子是为了保证定子在吊装过程中不会出现有害变形。吊具安装完后认真检查，是为了消除定子吊具的安全隐患。

6.6.6 为了预防定子吊装过程中出现意外情况，避免造成更为严重的人员伤亡事故。

6.6.7 本条明确规定了转子吊装作业的安全技术要求。

1~3 为了保证在转子吊装过程中能跨越所有障碍物，安全顺利吊入机坑；同时在转子吊装过程中，随时调整平衡梁推力轴承中心，与转子中心基本同心是为了保证平衡梁受力均匀，不至于出现转子过于倾斜，对平衡梁造成有害伤害或其他意外安全事故。

4 为了预防转子吊进定子后碰伤定子。不得踩踏定子绕组是为了避免对定子绕组绝缘造成损伤。

5 在转子吊装过程中，如果工作人员过多、随意走动，易造成转子晃动，影响转子对中调整。

6 为了防止转子与发电机轴上法兰止口碰撞，造成设备损

伤。同时检查人员将手伸入组合面之间，易造成挤压伤害。

6.7 轴瓦清扫及研刮

6.7.5

4 为了防止轴瓦研磨时滑脱造成设备损坏和作业人员人身伤害。

5 为了防止轴瓦瓦面受到损坏。

6.8 推力轴承及导轴承安装

6.8.1 油槽在安装和煤油试验时，其内部有油或其他易燃物品，要做好防火安全措施，防止火灾发生。

6.8.4

3 为了防止加垫不均影响机组轴线。

6.8.5 为了防止高压油顶起装置的油系统管路造成压力油泄漏并伤害工作人员。

6.8.7 为了防止焊接电流通过推力瓦与镜板、导轴瓦与轴承形成回路而损伤设备。

6.9 制动闸安装与试验

6.9.3 本条对制动闸耐压试验发现缺陷时的处理程序做出了规定，这是为了防止制动闸在压力作用下误动作造成设备损坏和作业人员人身伤害。

6.10 机组总装与轴线调整

6.10.1 机组盘车时要防止转动部件转动过程中发生设备损坏和作业人员人身伤害，并要避免转动部件与固定部件结合面间因有杂物而影响盘车数据的真实性。

6.10.2 为了与制动器的高压油顶转子区别开，习惯叫高压油卸载装置。

6.10.8 为了防止机组内部遗留物危害机组安全运行。

6.10.10 在发电机转动部分或固定部分进行电焊作业搭接专用地线，是为了防止电击穿定、转子线圈绝缘和损伤推力瓦、镜板、导轴瓦等设备。

6.11 机组整体清扫、喷漆

6.11.1 为了避免杂物残留在转子、定子内，对机组安全运行造成隐患；同时要求使用的压缩空气应是经油、水分离器后的压缩空气，是为了保证转子、定子干燥，绝缘满足设计要求。

6.11.6 为了避免照明灯爆后不易清扫、检查，对机组安全运行造成隐患；同时闸刀及开关的带电部分不能裸露以防漏电伤人。

7 辅助设备安装

7.1 调速系统安装

7.1.1 本条明确规定了调速系统安装与调试作业的安全技术要求。

1 设备安装时要有一个好的施工环境，同时要具有良好的施工照明。

2 调整器通常一般布置在电站厂房水轮机层，厂房桥机不能一次吊装就位，需要二次转运。因此为考虑调速系统设备的吊装，一般要事先预埋锚钩。为考虑设备的吊装和工作人员的人身安全，锚钩应按设备重量的5倍进行强度计算和选择。

3 为了设备的吊装和工作人员的人身安全，设备吊装前应按规定选择吊装设备及吊装器具。

9 设备进行耐压试验时，安全阀有可能误动，压力变送器表计等自动化元件在耐压试验时容易损坏。需将安全阀、压力变送器等拆除后并利用标准堵板封堵后才能升压，以保证设备和试压人员的安全。

11 调速系统调试动作时，为保证各部位联系畅通，要装设专用电铃和电话，同时为防止人员随意进入活动部位，要设专人守护。

12 调速系统充油要严格按照规范逐步进行，升压过快可能造成部件损坏。因此在阀门、堵板、焊缝和管道连接处对面不得站人，防止迸裂伤人。

7.2 供排气系统设备安装

7.2.1 设备安装时要有一个好的施工环境，同时具有良好的施工照明。

7.2.2 调整器通常布置在电站厂房水轮机层，厂房桥机不能一

次吊装就位，需要二次转运。因此为考虑调速系统设备的吊装，一般要事先预埋锚钩。为考虑设备的吊装和工作人员的人身安全，锚钩应按设备重量的 5 倍进行强度计算后选择。

7.2.3 为了设备的吊装和工作人员的人身安全，设备吊装时要按规定选择吊装设备及吊装器具。

7.2.4 设备内部检查时，主要强调使用低压安全灯和用手电筒进行检查，防触电事故发生。设备装配时作业人员不要将手插入连接面或探摸螺孔，取放垫铁时手指要放在垫铁的两侧，防止手指被压伤和切断。

7.2.5 设备清扫分解时，主要强调要有良好的通风；清扫中的溶剂要妥善保管，及时回收；使用过的棉纱、抹布、油纸等应存放在有盖的金属容器中，清扫区域应设置警戒区等，其目的是为了预防发生火灾。

7.2.7 按要求编制试验安全技术措施或作业指导书，并通过进行安全技术交底，让所有参加人员了解设备布置情况及调试原理。

7.2.8、7.2.9 主要强调设备运转前要对安全阀、压力表计以及自动化元件等进行调整 and 校验，确保设备及运行安全。设备进行耐压试验时，安全阀有可能误动，变送器表计等自动化元件在耐压试验时容易损坏，要将安全阀和变送器等拆除后并利用标准堵板封堵后才能升压，以保证设备和试压人员的安全。

7.3 供排油系统设备安装

7.3.2 本条强调在作业过程中要注意加强自我保护意识。

7.3.3 油管酸洗时和在配制酸碱液时要严格劳保着装，重点强调酸碱液配方时先加清水后加酸。管子酸洗完后，要及时将酸洗槽盖板盖上，并在有盖的地方设警示标志，防止意外事故发生。

7.3.4 在油罐内的作业按照安全生产标准化规范属于特殊作业、危险作业、受限空间作业，因此要按相关安全要求进行控制。并

参照 JGJ 46 的相关规定对罐内照明电压、电动工具类别提出了明确要求。

7.3.5 设备运转前，要首先检查系统各控制阀门开启和关闭的正确性，强调安全卸载阀要调整在卸载状态，保证设备首次运转的安全。设备启动后，调整安全卸载阀使其缓慢升压，升压过程中要有专人监护，保证设备不过载运行。系统管路充油过程中要有专人巡回监视，发现漏油应停止充油，待系统管路无压时进行处理，防止有压处理造成事故发生。

7.3.7 管路循环冲洗时要派专人巡回监护，主要是为了防止漏油。循环冲洗区内严禁电焊作业，其目的是防止发生火灾。

7.4 供排水系统设备安装

7.4.2 本条提示作业人员在设备吊装时，应了解设备的吊起重量，并根据设备的形体选择合理的吊装方式。运输设备时要了解小车的装载性能，运输过程中要防止设备倾倒伤人。

7.4.3 使用自制的三角扒杆要符合吊装重量要求，并对三角扒杆和手拉葫芦等进行定期或不定期检查，以防发生三角扒杆焊缝开裂和其他缺陷引起的安全事故。

7.4.6 排水深井泵泵组和扬水管吊装前要核算厂家提供的专用吊具和夹具的强度是否符合设备吊装重量要求。泵组和扬水管吊装组对时手拉葫芦链条应锁死，主要是防止手拉葫芦误动伤人。

7.4.7 因潜水排污泵设备一般安装在集水井底部，作业环境湿度较大，又属于高处作业，使用的照明灯要选择低压安全灯，脚手架搭设要符合排架搭设规范要求，井内施工需考虑通风排烟装置。

7.4.8 本条参照 JGJ 46 的相关规定对安全电压提出了明确要求。

7.4.9 设备运行时试验人员至少要有两人，保证一个人操作，一个人监护。

7.5 水力量测仪表安装

7.5.2 本条主要是为了保护仪表安装时不受损坏，提出采用泡沫和塑料薄膜包装防护的要求。

7.6 暖通空调系统设备安装

7.6.2 本条对通风设备搬运和吊装时设备的捆绑提出了严格的要求，避免吊装位置选择不当造成设备的损坏。

7.6.5 风机安装完后，启动运行前要将风机皮带罩装好，主要是为了避免运转时发生事故。

7.6.7 在高层建筑物屋顶吊装空调设备时，起吊设备要严格按设备的吊装重量、高度、位置进行选择，以保证吊装安全。

7.6.8 安装空调室外机时，作业起升吊篮结构需经相关部门批准后使用，作业过程中使用的电动工具及电源线绝缘等级要符合规定要求，避免触电造成人身伤害。

7.6.9 设备拆卸使用手拉葫芦时，清扫过程中链条要锁死，主要是为了防止手拉葫芦误动伤人。

7.6.10 设备运行时试验人员应至少两人，保证一个人操作，一个人监护。

7.6.11 参照 JGJ 46 的相关规定，通风系统管路检漏时，应使用带罩的低压安全照明灯，避免触电造成人身安全事故。

7.7 消防系统设备安装

7.7.2 使用自制的三角扒杆应符合吊装重量要求，并对三角扒杆和手拉葫芦等进行定期或不定期检查，以防发生三角扒杆焊缝开裂和其他缺陷引起的安全事故。

7.7.3 设备运行时试验人员应至少两人，保证一个人操作，一个人监护。

7.7.4 作业时高凳或梯子应放稳放牢，防止滑倒伤人。

7.7.5 消防给水系统水压试验时应有消防主管部门参加，试压

过程中统一指挥，派专人进行监护，防止压力过高损坏设备。

7.7.6 消防设备要严格按设计图纸和规范要求进行安装。

7.7.7 对气体消防灭火系统设备钢瓶、阀组、自动化元件等进行保护，以防止因物体打击使设备损坏发生泄漏伤人。

7.7.8 气体消防灭火系统管压力试验属高压试验，试验时应缓慢升压，试验区设警示标志，检查时人严禁正对焊缝、接头和封堵部位，以防发生泄漏伤人。

7.7.9 管路进行射线探伤检查时，要设置警界线，防止非作业人员进入射线区。

8 电气设备安装

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.8 这八条是针对电气设备安装施工现场不同环境下的安全防护设施而做出的一般规定。

8.2 发电机电压设备安装

8.2.2 本条对封闭母线吊装、清扫、就位、焊接作业提出了安全技术要求。

1 一般封闭母线生产厂家都明确规定封闭母线的吊装点或吊装方式，因此施工前必需先仔细查看安装指导手册。

2 在封闭母线安装期间，母线焊接或进入母线筒内检查是较频繁的工作，保证照明充足、通风良好除了安全的需要外，对本作业的质量也是必需的。进入母线筒内检查或工作时，母线筒外要有专人监视或配合，以防万一。

3 主要是为了防止手拉葫芦误动伤人。

4 瓷件按自上而下的顺序进行安装，是为了防止万一物件滑脱引起事故。

5 为了防止高处坠物伤人。

6 母线焊接时，设备接地除了工作的需求外，也是保障安全所必需的。

7 母线与母线、母线与设备对接时，最容易出现手指挤伤事故，本款仅作提示，防范办法要依不同情况采取相应的安全措施。

8.2.3 本条明确规定了发电机出口断路器、电制动开关、隔离开关安装作业的安全技术要求。

1 捆绑牢靠并确认捆绑是否在设备吊点，是防止在起吊组件时发生事故的必要措施。

2 起吊时应有专人指挥，信号清晰、明确是保障安全所必需的。

4 在设备或部件上端作业时，防止扳手滑脱是保障安全的需要，采用力矩扳手作业，一般不容易出现滑脱事故。

5 对液压、气动及弹簧操作机构，严禁在存有应力及弹簧储能的状态下进行拆装检修工作，这是因为此时开关处于非静止状态，作业时容易出现伤害人和设备的事故。

6 尤其是经过电弧燃烧过的 SF₆ 气体具有毒性，人体接触会受到直接伤害。

7 要使被试物的金属外壳可靠接地，加压引线应牢固，并尽量短一些，除了试验需要外，对安全也是必需的。

8 试验接线应经检查无误是保障正常试验和安全的前提，未经监护人同意，任意拆线可能导致试验无效。试验途中遇雷雨停止高压试验是保障安全所必需的。

9 为了避免误伤。

8.3 主变压器和并联电抗器安装

8.3.1 本条明确规定了主变压器和并联电抗器基础埋设作业的安全技术要求。

3 在埋件安装过程中，容易发生碰伤、刺伤，因此，作业人员应戴防护手套。

4 本款规定了基础受力埋件应在土建工程完成后进行检查，对检查人员提出了相应的安全要求。

5 为了防止作业人员不慎脚下踩空摔伤。

8.3.2 本条明确规定了主变压器、并联电抗器现场搬运、就位作业的安全技术要求。

1 主变压器、并联电抗器的装卸及运输工作是一项涉及多单位、多部门的工作，因此做好调查、了解是保障安全的前提，在调查、了解的基础上制定详细的安全措施后，要全面向所有参与作业人员进行安全技术交底。

2 主变压器的搬运工作包括机械搬运、土法搬运及就位时的调整等工作，由于工作性质要求一致性，因此应有专人统一指挥，指挥信号清晰明确。在运行中的钢丝绳一般处于受力状态，意外的过载情况或钢丝绳检查不细有可能造成钢丝绳断股或全部拉断，如作业人员靠近是危险的。在主变压器本体运输途中暂停时，除了设置相应的安全措施外，还应设置专人监视，以防万一。

3 经验证明变压器在现场轨道运输时发生卡轨的几率较大，因此运输时，设置专人监视是必需的。

4 要避免吊装方式不当损坏设备。

5 主变压器、并联电抗器在运输过程中的速度（包括加速度）、倾斜度都要限制在允许的范围内，当生产厂家有规定时按设备厂家规定值执行。

6 有坡度运输时，必须设置防滑措施。

8 设备卸船时上浮或下沉的位差值可从船主方取得。

10 要防止受力不均造成主变压器、并联电抗器本体重心倾斜导致倾倒。

12 变压器定位后的固定方式一般按生产厂家规定方式和要求进行固定。

8.3.3 本条明确规定了变压器油卸车、倒运作业的安全技术要求。

4 作业人员进入油罐前，需打开下部排油孔和上部进人孔进行通风后再进入，必要时采取强制通风。

8.3.4 本条明确规定了主变压器、并联电抗器器身检查的安全技术要求。

1 安全技术交底的对象是所有参加作业的工作人员、检查人员、试验人员。

2 吊运工作应有专人统一指挥，指挥信号清晰明确是保障安全的基本条件。

4 生产厂家提供的专用吊具要优先采用。

5 “充分排氮”是指变压器箱内经排氮并经测氮仪进行测量确定含氮量浓度为安全值。

6 “可靠支撑”是变压器罩在无法移开的特殊场合而采用的，一般不可采用临时支撑，除非变压器生产厂家有特殊说明和相应的安全措施。

7 在壳式变压器内工作或内检查时，还必须在工作区域下方设置防掉安全布，以防止物件掉入变压器内。某电站从日本进口的 500kV 壳式变压器检查时有类似教训。

9 对特殊变压器上盖与下盖为焊接结构时（如某电站从日本进口的 500kV 壳式变压器），切割时也要对称进行或按生产厂家规定进行。

10 处理引线时，要采取绝热和隔离措施，除了防火外，还有防损伤邻近绝缘的作用。

12 本款中规定设置警戒线，悬挂警示标志要采用符合安全要求的色调。

8.3.5 本条明确规定了附件安装及电气试验的安全技术要求。

1 检查中还包括方位、吊点中心、高程的检查与复核。

2 尤其是高压套管开箱后翻身吊立时更要注意对套管瓷质部件采取防护。

3 在套管的吊装与引线的连接工作中，进行此项作业时，在箱体内配合的人员除了防止挤手外，还要加强注意套管在插入变压器箱内时与箱壁碰撞。

4 实践证明在变压器箱内作业，用白布带将扳手类工具系在手上是有效的防滑脱事故的办法。

5 当无法将被焊件运至安全地点时，焊接前要采取相应的防火措施。

7 当安全带无挂靠点时，需设专人监护。

8 接地线截面也可采用生产厂家的要求截面。

9 所设遮栏、悬挂警示标志、设置警戒线要采用符合安全要求的色调。

10 一般变压器高压试验都有试验大纲和操作规程，应严格按照试验大纲和操作规程进行作业。

11 做完直流高压试验后立即进行放电工作，以免漏掉。

8.3.6 本条明确规定了主变压器、并联电抗器干燥时的安全技术要求。

1 由于变压器现场干燥的方法有多种，因此安全技术措施应与干燥的方法相对应。

2 电源及导线计算为干燥工作所必需，负荷保护和温度报警装置设置是安全的前提。

3 经验表明，事故多出在深夜，因此应加强深夜人员值班。

4 油温过高，一是可能造成绝缘油老化，降低绝缘性能，二是可能损坏器身内部绝缘，因此要严格控制油温。

5 一般 220~500kV 级变压器抽真空干燥时，变压器箱体均能满足抽真空条件。对 110kV 级及以下变压器要特别注意。

6 本款主要是适用于现场或车间用涡流干燥或油加热干燥的情况。

7 所设遮栏，悬挂警示标志要采用符合安全要求的色调。

8 要参照生产厂家的指导文件布置温度监视装置及设置的位置。

8.3.7 本条明确规定了绝缘油过滤时的安全技术要求。

2 滤油机最大负荷值出现在加热器的投入最大值，因此在电源导线选择、计算时要有一定的裕量。

3 本款多指室外滤油作业，室内依据具体情况相应设置防尘、防雨等措施。

4 一般滤油机对加热器的投入和切除都有明确的规定，要参照执行。

5 在滤油期间火源及烤箱尽可能不设在工作区域内，当无法远离时，必须与滤油设备隔离，并配备相应的消防器材。

6 滤油纸烘干过程中温升按要求设置。

7 场地清洁是工作所必需的，不得吸烟与不得使用明火是

保障安全的需要。

8.4 封闭组合电器安装

8.4.1、8.4.2 施工前要完善所有基本的安全防护设施。

8.4.3 SF₆ 气体相对空气密度大，一旦泄露会沉积在房间底部，如无法排出会造成人员重大安全隐患。

8.4.4 为了防止冒然进入造成窒息，金属容器内要使用安全电压的照明灯具。

8.4.5 特种设备需要持相应操作证的人员进行操作。

8.4.6 采用尼龙吊带并按照制造厂标示的吊点悬挂，是为了保护设备不受损伤。

8.4.8 为了避免意外坠落砸伤下层作业人员。

8.4.11 为了防止踩滑摔伤或者设备受损。

8.4.12 为了避免污染大气，在一定空间内可能造成人员窒息。

8.4.13 为了防止烧伤或飞溅物刺伤眼睛。

8.4.14 因为接触面容易压伤手指。

8.4.18 空气开关的分合闸一般噪声很大，在近处极容易伤耳，作业人员戴防护耳塞或耳罩并通知附近其他的工作人员是完全必需的。

8.5 敞开式开关站设备安装

8.5.1 本条明确规定了高压开关安装作业的安全技术要求。

1 本款对分解、清扫做出了规定。

1) 高压开关安装前是否分解、清扫应按开关制造厂说明书要求确定，目前一般高压开关如 SF₆ 开关现场不得分解。

2) 组件翻身、移位时容易出现挤手、压脚事故，因此作业时要有专人统一指挥。

2 本款对安装、调试做出了规定。

1) 吊具的检查内容包括吊具试用，尤其是第一次使用的

吊具，使用前必须先进行试用，试用的结果要符合要求。

- 2) 进入运行区域内施工，其安全的管理、防范及注意事项均要按运行的安全管理条例执行。
- 3) 尤其是老式开关在调整、检修开关设备及传动装置时，开关意外脱扣伤人的可能性较大，因此作业时要引起注意。一般开关的安装、调整、检修操作手册都有明确的安全规定。
- 4) 要求在安装瓷件时对称、均匀、反复拧紧法兰螺栓，是因为瓷件表面光滑，紧固件较容易松动滑脱。尤其是在安装瓷件时扳手滑脱，可能损伤到瓷件表面而导致安装质量下降或完全不能承受额定电压。
- 5) 弹簧操作机构在储能状态下，是一非静止状态，此时严禁进行拆装检修工作。
- 6) 开关检查时可能要调整弹簧及自动释放机构等，由于弹簧弹力存在，有时自动释放机构的机关失灵等，如果用手去操作时非常容易打伤手指，因此必须用厂家配套的专用工具进行，而且严禁快速释放，以免损坏部件或伤人。
- 7) 保持一定的安全距离是安全保障的首要条件，离带电体的距离要按相应的电压及环境参照相应的标准进行确定。在移动物件时需有一人作监视。
- 8) 梯子的设计承载能力和宽度一般是按一人设计的，所以两人不得合用一梯。梯子本身要依靠物体才能保持平衡与稳定，当梯上有人时移动梯子，就会完全破坏梯子的平衡与稳定，必将造成事故。
- 9) 经验表明在使用梯子时违反本项规定就容易出事故。从本质上讲，本项内容是对施工教训的提示。
- 10) 组合式阀型避雷器结构本身和固定，在设计上并没有考虑施工或检修人员的攀登或在避雷器工作的荷载。

- 11) 专人指挥是保证测量安全的必需，开关分合闸时让工作人员离开传动机构，是为了防止传动机构或杆件意外伤人。
- 12) 未经检查接线合闸会出事故。未经监护人同意拆线或改接线会导致试验结果无效。
- 13) 隔离开关采用三相组合吊装时，基础框架必须符合起吊要求，一般设备生产厂家均有明文规定，作业时应参照规定进行吊装，无规定时应做相应加固后再进行吊装。

8.5.2 本条明确了出线构架及设备安装作业的安全技术要求。

1 施工前进行安全技术交底的对象是所有参加本项作业的全部人员。

2 缆风绳的安全系数要符合要求。

3 安全保护用具定期检查或试验，是指由专业部门进行检查或试验。

4 设置专职安全监护人员是保障安全的需要。

6 设备上的爬梯、步道要一次安装焊接完毕。因结构原因或设计要求如一次不能焊接完毕，需做明显的标记，以防误入。

8 传递绳优先选用尼龙绳。

8.5.3 本条明确规定了阻波器、避雷器、CVT 安装作业的安全技术要求。

6 在设备或部件上端作业时，防止扳手滑脱是保障安全的需要，采用力矩扳手作业，一般不容易出现滑脱事故。

8 高处作业要借助专用设备，徒手攀爬容易发生坠落事故。

8.5.4 本条明确规定了跳线安装作业的安全技术要求。

1 因为在高电压工程或在与带高电压的导线相邻近区域施工时容易出现因绳、尺带电体而伤人。

2 骑行在软母线上工作系好安全带是最基本的安全保障手段。除了系好安全带外，检查母线及金具的固定情况也是必需的。

3 考虑到在母线上工作大都在高空，因金具材料不符合要求或构架横梁不牢固易出事故，虽然事故的几率很小，但一旦出事故对人的损伤是致命的。目前市场上劣制材料很多，使人防不胜防，虽有检验、检查、验收程序，但难免有漏检的，因此作业前有必要进行仔细检查。

4 高空接线时，由于作业受条件限制和不方便，有可能失手掉落物件而伤人，因此作业的下方不得有人站立或行走。

5 紧线时的速度慢些是工作安全的需要。

6 “切割导线”是切割多股导线，在切割导线的两侧用细铁丝进行捆绑牢固，是为了防止在切断时导线松股弹起伤人。

7 母线搭接所使用的油压机的工作压力一般都在几十吨到上百吨。在夹盖卸下的状态加压，一是容易损坏设备，二是容易伤人。

8 高处作业要借助专用设备，不得冒险作业。

9 患有高血压、恐高症、心脏病等禁忌症人员不得从事高处作业，作业人员、工器具要有防止高处坠落措施。

8.6 高压电缆安装

8.6.2 电缆盘架边缘容易割伤钢丝绳，因此应借助穿芯杠起吊。

8.6.3 为了避免汽车走动、转向时电缆盘滚动发生危险。

8.6.4 主要是为了防止坠物伤人。

8.6.5 按高处作业安全技术要求，作业人员系安全带是必需的。

8.6.8 为了防止电缆盘受力太大倾覆砸伤作业人员。

8.7 厂用电系统设备安装

8.7.1 本条明确规定了设备基础处理作业的安全技术要求。

2 混凝土硬而脆，用锤子和钢钎开凿孔洞时，凿出来的小块混凝土有棱有角，四处飞射，很容易伤人，尤其是容易刺伤眼睛，因此施工时需戴防护眼镜。另外，用锤子锤击钢钎，稍不注意，锤子就会误锤击到手上，造成皮开肉绽。若把握凿子的手戴

着手套，就可避免流血事件。

8.7.2 本条明确规定了设备开箱、检查、搬运作业的安全技术要求。

2 电气二次设备在包装运输前，厂家预料在运输途中会出现碰坏或脱落的部件、元器件，往往会在试组装后将它固定在设备内，或者将容易松动的部件、元器件（如变压器、继电器等）作临时固定。但由于长途运输中的颠簸和振动，可能会松动而脱落。因此，设备开箱后，应先检查并做固定处理，这样就可以防止搬运过程中脱落伤人。

8.7.4 本条明确规定了开关柜安装作业的安全技术要求。

1 本款对盘柜安装做出了规定。

1) 一般盘柜重几百公斤，竖立搬运，重心较高；多人搬运，用力可能出现不平衡，容易造成倾斜翻倒。所以移动盘柜就位时，要有足够的人力，保证其平稳，防止倾倒伤人。

5) 盘上开孔，通常将设备卧放进行，即使是将设备立放开孔，也会有铁屑溅落到其他设备及接线端子上。所以应先将精密仪表卸下或采取相应措施，以绝安全后患。

2 本款对元器件安装及配线做出了规定。

1) 元器件安装及配线通常是工作位置狭小，一般仅供1~2人施工，元器件安装会出现安装不牢固掉下来砸伤人的情况。所以安装盘面及安装盘内较大较重的零部件时，待固定好后，方可松手。

4) 在带电盘上工作时，要办理工作票，经批准后实施。否则，运行人员不知道施工人员的情况，容易造成触电事故。

4 本款对硬母线安装做出了规定。

1) 母线切割时会产生高速金属粉状物容易伤眼，因此母线切割时必需戴防护眼罩。

- 2) 母线焊接时，设备接地除了工作的需求外，也是保障安全所必需的。
- 3) 按自上而下的顺序进行安装瓷件是为了防止万一掉落物件或滑脱引起事故。
- 4) 在使用扳手时扳手较容易滑脱，因此工作前应事先检查扳手或做好相应的安全措施。
- 5) 母线与母线、母线与设备对接时，最容易出现手指挤压事故，本项在此仅作提示，防范办法要依不同情况采取相应的安全措施。
- 6) 是为了保障安全的需要。

8.8 直流系统设备安装

8.8.2 蓄电池内有腐蚀性液体，搬运、安装过程要采取防护措施，小心轻放。本条对蓄电池安装作业做出了规定。

8.9 励磁、控制保护、计算机监控系统设备安装

8.9.2 本条明确规定了二次接线作业的安全技术要求。

- 1 以防电流回路出现高压伤人和损坏设备。
- 2 以防电压回路出现短路电流伤人和损坏设备。

8 使用电动工具钻孔、切割作业时飞溅物容易刺伤眼睛，所有作业人员应佩戴护目镜，盘柜外壳可靠接地是为了防止意外漏电伤人。

8.9.3 本条明确规定了励磁设备安装作业的安全技术要求。

1 励磁设备中的电气元器件易受潮，不能淋雨，要放置在符合储藏环境要求的库房内。

2 对励磁设备或回路进行绝缘电阻测试或交流耐压试验时，要防止测试回路击穿后，非测试回路被损坏。被试电子元件、电容器的各电极在实验前需短接，使其上所充电荷释放。

8.9.6 本条明确规定了带电调试的安全技术要求。

1 为了防止漏电伤人。

4 为了防止误操作。

8.9.7 本条明确规定了监视屏、监视器、其他终端设备安装作业的安全技术要求。

1 监视屏、监视器及其他终端设备安装对环境要求高，对安装部位、区域或房间进行检查是为了避免与土建施工交叉作业造成设备损坏。

8.10 电 缆 安 装

8.10.3 本条明确规定了电缆头制作的安全技术要求。

2、3 电缆头搪锡时，焊锡熔化器皿中温度较高，如遇水滴，定有焊锡溅出。所以施工人员要戴防护眼镜、手套、鞋盖，并穿长袖工作服及其他必要防护用品，以避免焊锡溅出伤人。

8.11 电 气 试 验

8.11.1 本条对电气试验作业提出相应的安全技术要求。

1 参照 GB 26860 的相关规定，带电作业、电气维护工作均要有两人以上参加，一人工作，一人负责监护。

6 为了防止触电。

8.11.2 本条对高压试验作业提出相应的安全技术要求。

1 注意保持一定的安全距离。

2 详细检查接线是否正确是应采取的安全措施，以避免接线错误导致设备损坏。

3 为了防止触电。

4 如发现异常，要查明原因，避免造成更大损失。

8.12 全厂接地系统测试

8.12.5 系统接地电阻测量如借用高架线（或新装高架线），需在高处作业前检查和验电，确认无电后进行，作业时还需对线路

进行接地；高处作业应按高处作业的安全规范要求作业。

8.12.7 试验结束以后，设备及线路（包括长距离测试架空线）应进行充分的放电处理，及时拆除试验中所用的各种临时短路接线、绝缘物等，恢复设备试验前的正常状态。

9 机组启动试运行

9.1 一般规定

9.1.1 启动试运行前，成立组织机构、配备人员、明确职责分工，是保证机组及电站试运行安全的组织保障措施。

9.1.2 试运行期间要严格按照正式运行进行统一管理，执行工作票、操作票制度。

9.1.3 为预防水淹、火灾等意外发生，要投运事故应急照明、备有足够的消防器材，并保持通道顺畅。

9.1.4 投入试运行的机组及机电设备、管路要按规定编号，安装永久标识。为防止过电压，设备应可靠接地。机组及机电设备涉及范围广，试运行区域要设置警示带或围栏。为保障人身安全，高压及带电等重要部位要悬挂醒目的警示标志。

9.1.6 机组启动试运行期间要考虑水库初期蓄水及上、下游水位变化对水工建筑物、周围边坡稳定及库区河道的环境和安全性影响。

9.2 充水前检查

9.2.1 本条对引水及尾水系统检查做出了规定。

2 要求三人以上，目的在于针对大、中型机组的检查，为了检查人员人身安全，守候人员与进入内部检查人员之间要保证通信联系畅通。对于钢管、蜗壳和发电机风洞门口已设专人看护的，进入前应严格执行登记和工作票制度。

4 非本期发电管道及闸（阀）门是针对“一洞多机”或“一管多机”情况，为了保证水工建筑物及人身、设备安全，要采取封堵隔离措施。

9.2.2 本条对水轮机检查做出了规定。

1 转轮室内属于临空作业且环境湿滑，需按高处作业规定

进行必要的安全防护。

2 封堵要按已审批的机组启动试运行大纲要求，在检查确认临时排架拆除、人员撤出完毕后进行。

3 为保证充水过程中水轮机的安全，密封装置和顶盖排水系统要能可靠投入运行，排水管路要畅通。考虑到首次充水时的机组安全性，还可增设临时排水泵和排水管路，临时排水泵要经检查运行情况良好。

4 为保障机组及厂房安全，充水前，导水机构要处于关闭状态，接力器锁锭已投入。

9.2.3 本条对调速系统检查做出了规定。

2 调速器操作接力器及导水机构联合运转时，为避免挤伤压伤，工作人员要与运转机构保持一定的安全距离。

3 调速系统压力油罐及压力管路属于中压系统，要执行压力容器、压力管道检查的相关规定。

4 紧急停机按钮作为突发紧急情况时的应急措施，其控制回路要动作可靠。

9.2.4 本条对水轮发电机检查做出了规定。

1 发电机风洞门口要设专人专职检查登记，出来后要逐件检查清点。

3 为了防止机组发生蠕动，充水前发电机机械制动系统要投入运行。

4 机组火灾报警及水喷雾灭火装置要经模拟试验，动作准确，方可投入运行。

5 因为蒸发冷却介质密度大于空气，安装时要设通风装置。

9.2.5 本条对励磁系统检查做出了规定。

1 励磁回路高压侧与一次母线设备相连，直流输出与发电机转子回路相连，试验时不仅要做好励磁盘柜侧的安全措施，还要做好与之相连回路的安全隔离措施，并悬挂带电警示标志，防止反送电，危及相连工作面的人身与设备安全。

2 励磁功率柜输出经灭磁开关与发电机转子回路相连，调

节器单独通电检查时，为了避免影响相关工作面，要断开与功率柜的连线。

3 针对功率柜回路有大电流通过，其接线要可靠。为了保证投、切电源的快速性及保护功能，交流电源要经开关接入功率柜。

4 励磁系统灭磁时，易产生过电压，灭磁柜门要关闭并锁好，作业人员要与之保持安全距离。

9.2.6 本条对电气设备检查做出了规定。

1 对于机组设备及辅助设备、管路、阀门、操作手柄、电气一次设备、二次设备要按规定标明颜色，对照运行图册悬挂运行编号；对于带电、运行设备要悬挂高压带电、止步警示标志，并设置警示带或围栏。

2 考虑到室外高压配电装置和高压开关室内存在高压感应电和操作火花、拉弧现象，因此区内除放置专用灭火器外，不能堆放易燃、易爆物品及其他杂物；考虑到运行检修、工作人员在操作、维护、抄表记录时的人身安全，低压配电装置的前后两侧操作维护通道上均要铺设绝缘垫；照明控制开关要设在配电装置的出入口处，便于出入时操作，事故照明电源及应急灯系统要经切换试验验收合格后投入运行。

3 在电压互感器二次侧绕组通电时，一次侧绕组内感应有高压电。电流互感器通电后，二次侧开路时会产生高压电。考虑人身及设备安全，对电压互感器的二次回路做通电试验时，二次回路要与电压互感器绕组断开。电压互感器二次侧不能短路。电流互感器二次回路不能开路。

5 开停机模拟试验时，因涉及范围广，包括水轮机、发电机、调速器、电气设备、计算机监控、油、水、气等的联合调试等，要办理工作票，服从统一指挥，并设专人监护，出现异常应及时报告并处理。

9.2.7 本条对消防系统检查做出了规定。

1 配备消防器材时要根据现场环境和潜在火源选用对应的

泡沫、干粉、气体或其他专用灭火器材。

2 消防系统检查包括消防供水水源和管道检查。

9.2.8 本条对机组充水前状态检查做出了规定。

1 本款考虑电站设置有进水球阀、蝴蝶阀，以及两台或多台机共用进口门和压力钢管，共用尾水管或尾水门情况。要检查电站充水前已对工作范围内所有可能进水的孔洞进行封堵，且关闭相应的闸门、阀门，与相邻机组部位及管道已采取隔离措施。在检查本机组闸门关闭状态时，还要检查共用机组的水道隔离措施，避免检查漏项、水淹厂房。

2 考虑机组安全，机组制动闸应处于制动状态，在试验或开机时撤除。

3 考虑活动导叶的微小间隙和漏水量，防止机组蠕动，接力器锁锭应处于投入状态。

9.3 充水试验

9.3.1 机组充水前需成立充水试验领导小组或试运行领导小组，统一指挥协调相关运行、检修、检查工作。“出现异常情况”是指按规定程序试验时，出现非正常的渗、漏水或油，以及异常声响或蠕动、振动、变形情况。出现异常情况时应立即报告值班长或试验、试运行指挥，及时处理。

9.3.3 机组尾水充水应将机组制动器处于“投入”状态，防止转动部分转动。尾水充水时，水道内气体会经尾水管进入转轮室和导叶间。为满足排气要求，将导叶开启4%~5%开度，具体开度可视机型不同和排气量大小而定。开启导叶时，检查观测人员要与导水机构运动部分保持安全距离，与操作人员通信畅通。

9.3.5 压力钢管及蜗壳充水时机组处于停机静止状态，应关闭导叶，投入接力器锁锭装置及制动器。运行人员对设备工作状态进行检查、巡视时，应两人同行，发现异常情况应迅速上报，并及时做出相应处理措施。

9.3.6 压力钢管及蜗壳充水时，由于水量大、流道长，机组在

充水前要检查具备开机条件，当渗漏水量大、检修渗漏排水系统不能满足排水要求时，可通过机组过流道快速排水，以确保机组及厂房、设备、人身安全。

9.3.8 观察厂房内渗漏水情况，包括观察记录压力表指示、水泵起动次数、折算水量大小，检查渗漏、检修集水井水位不应有明显上升。

9.3.9 提升尾水门时，工作部位要通信畅通、照明充足，操作、监护、检查人员要做好防潮、防滑、防坠落、防溺水安全措施。

9.3.10 通过观察起重机械的起重量变化，可以判断闸门提升过程可能出现的卡阻、故障等问题。

9.4 空载运行

9.4.1 工作人员要按规定要求的工作服、帽、鞋整齐着装，与机组转动部分保持规定的安全距离，避免机组移动或转动部件危害人身安全，严格执行工作票制度，并设专人监护。

9.4.3 试验前应规定统一的试验信号，指令明确、表述清楚，接到指令要复述并做好记录。电话、电铃应预先试听可靠，电话数量和电铃声响要满足要求。

9.4.6 检修工作需在按工作票规定做好安全隔离措施并经确认后开始，检修工作完成后应需工作票规定逐项恢复安全措施。

9.4.7 工作票的收回包括检查各项工作应完成，安全措施应恢复，工作票已办理销票手续。

9.4.9 机组在停机静止状态时，导叶锁锭应在投入状态，操作导叶锁锭应依据操作票或工作票规定的开机流程进行。投入机组检修密封，防止水浸出水导轴承。

9.4.10 运行区域应采取安全隔离防护，防止无关人员误入。

9.5 负载运行

9.5.1 本条对倒闸操作做出了规定。

1 倒闸操作应严格执行操作票制度，一人操作，一人监护，

执行唱票制度。

9.5.2 “远程操作”是指不在设备现场进行的操作，包括中控室、计算机监控、上位机操作，操作时设备现场要有人监视，发现异常及时通知报告。

10 桥式起重机安装

10.1 清扫与组装

10.1.4 桥机主梁、小车梁在地面搭设的构架上进行组装作业时，支撑构架要能满足承载及作业的稳定需要，对于较松软的地面要有防止沉陷的措施。

10.2 轨道、滑触线安装与调整

10.2.2 在轨道梁上进行轨道安装作业为高处作业，本条提出要加设安全绳，并按高处作业有关规定执行。

10.2.3 滑触线安装一般采用搭设排架或悬空吊架作业，如采用悬空吊架作业，则要根据现场具体情况，采取可靠的安全技术措施。

10.2.6 在进行轨道、滑线安装作业时，由于在机坑内有土建作业同时进行，为多层交叉作业。需协调安排，划分各自作业区域，预防安全事故发生。

10.3 结构、机械和电气设备安装与调试

10.3.1 起重机械设备安装属于达到一定规模的危险性较大的单项工程，要编制安全专项施工方案，超过一定规模的单项工程安全专项施工方案要经专家论证、审查。

10.3.3 在地下厂房拱顶埋设锚杆（或钢绞线锚束）配合卷扬起升机构起吊桥机构件较为常见，使用前应按设计起重量对锚杆（钢绞线锚束）进行试验，依次确定其可靠性，确保吊装工作安全。在正式吊装前均应试吊并全面检查起吊系统。

10.3.4 采用起重机进行吊装时，除了要考虑两台起重机抬吊时动载荷和不平衡系数满足要求外，还要保证地基满足承载要求。

10.3.5 无法采用移动吊车进行吊装作业，选用桅杆或厂房构筑物起吊桥机构件时，要对桅杆或厂房构筑物的起吊部位进行受力分析，并进行演算，满足吊装条件或经厂房构筑物原设计单位同意，才能进行施工。

10.3.7 有的吊耳只可作为部件吊装用，组装后由于重量增加需进行校核计算。

10.3.12 使用油泵式制动器，注油的油质一般为 10 号或 20 号变压油，低温地区选用仪表油。

10.3.15 不得在定滑轮组及卷筒下方施工作业，是为了防止钢丝绳坠落伤人。钢丝绳穿绕或在运转作业中，被电击火花损伤较为常见，需采取防范措施。

10.3.18 参照 JGJ 46 的相关规定，桥机主梁内的照明电压不得大于 12V。

10.4 负 荷 试 验

10.4.1 桥机试验前先进行分布系统调试，各安全保护装置动作应正确无误，并按试验申报程序获准后才能进行桥机负荷试验。

10.4.2 桥机试验警戒区域包括轨道、桥机及厂房内桥机移动所能覆盖的所有部位。

10.4.6 桥机试验前需提前告之当地供电部门，其中包括所用电流、电压、试验日期及试验时段，以防试验期间断电造成事故。

10.5 使用与维护

10.5.3 重要设备（机件）起吊前，司机需了解起吊物件的重量、外型尺寸、放置位置、起吊运转路线，以及有关安全起吊要求；起吊前应先进行试吊，确认桥机抱闸制动的可靠性。

10.5.8 桥机要制定维护保养的规章制度，定期加注润滑油。加强班中巡视检查、发现故障及时通知，如需检修需按要求切断主电源并悬挂标示牌。

11 施工用具及专用工具

11.1 电动工具

11.1.1 本条对电动工具使用前的检查做出了规定，主要是为了防止触电伤人或转动部分飞出伤人。

11.1.2 电击持续时间越长，则电击危险性越大。心电图上心脏收缩与舒张之间约 0.2s 的 T 波，是对电流最为敏感的易损期（易激期）。电流持续时间延长，必然重合心脏易损期，电击危险性增大。随着电击持续时间的延长，人体电阻由于出汗、击穿、电解而下降。如接触电压不变，流经人体的电流增加，电击危险性则随之增大。电击持续时间延长，中枢神经反射越强烈，电击危险性越大。出于安全性考虑，参照 GB/T 3787《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》的规定，动作时间定为不大于 0.1s，电流不大于 15mA。

11.1.6 为了防止使用角磨机、砂轮机时，产生的金属屑飞溅易入人眼，造成伤害，或反弹造成伤害，特别是对人眼睛造成伤害，故要佩戴防护眼镜。

11.1.7 本条对使用电钻做出了规定。

2 一味加压，容易造成卡钻而导致事故。

11.1.8 本条对使用电动砂轮机做出了规定。

4 主要是为了防止砂轮片或部件因松动、砂轮片破损后飞出伤人，戴防护眼镜是为了防止砂轮机工作时产生的细小飞溅物飞入眼睛。

11.1.10 本条是使用电锤的一般安全规定，主要是为了防止触电及物体打击事故的发生。

4 在钻孔位置有煤气、液化气或自来水管等金属部件和电源线时，应该避让，以防止中毒、触电事故的发生。

11.2 螺栓拉伸器

11.2.1~11.2.3 使用螺栓拉伸器前的检查主要是为了防止螺栓拉伸器在使用后因自身故障失效而导致事故发生。

11.2.7 主要是为了防止拉伸器崩裂伤人。

11.3 起吊工具

11.3.4 超过手拉葫芦起重能力会导致葫芦失灵，无法工作，同时会导致起重链条断裂而发生起重事故。本条第3款的规定是为了防止起重链因机械结构失灵倒转导致重物下落而发生事故。

11.3.5 参照 GB 6067.1《起重机械安全规程 第1部分：总则》的相关规定，本条对使用绳卡的数量做出规定。加装安全绳卡是为了方便检查绳头是否移动，当绳头移动时能及时处理防止事故的发生。

11.3.6 吊钩是起重设备中重要的起重工具，本条重点是要求加强检查，防止吊钩在使用过程中因出现缺陷而发生事故。

11.3.7 滑车是起重作业中一种简易起重工具。组装成滑车组后，起重能力加大，并可以改变力的方向。滑车组中可以分为定滑车（可改变力的方向，但不省力）和动滑车（不能改变力的方向，但可以省力）。

11.3.8 本条对卷扬机使用做出了规定。

1 要防止因制动失灵、漏电而导致起重事故、触电事故。

2 钢丝绳放出时，卷筒上至少要保留三圈，是为了防止卷筒上的绳头因受力过大脱出造成事故。在使用卷扬机时，还要特别注意在排钢丝绳入卷筒的时候不能用手，以防止手被卷入卷筒造成事故。

11.4 压线钳

11.4.1~11.4.3 要正确使用压线钳。压线钳的不正确使用，第一会导致压出的线头不符合安全使用标准导致间接伤害，如漏

电、结合不好导致熔断、火灾；第二直接导致人身伤害。

11.5 千斤顶

千斤顶为简易起重工具。千斤顶升距不高、常用于短距离位移和升高。按结构分为螺旋千斤顶、液压千斤顶、齿条千斤顶。

11.5.1~11.5.3 这三条规定是为了防止在使用千斤顶时，在顶升重物时顶升突然失效，重物落下造成事故。

11.5.4 为了防止千斤顶因偏心受力飞出造成事故。

11.5.6 保险塞是为了防止油压过高致使千斤顶损坏而设置的保护装置。当油压过高时，保险塞会飞出，降压保护千斤顶。本条规定是为了防止在保险塞飞出时造成伤人事故。

11.6 机组安装专用工具

11.6.2 平衡梁主要是针对被吊物件尺寸过大，采用钢丝绳不能保证夹角小于 120° 而采用的一种吊装工具。

11.6.3 本条对盘车工具的使用做出了规定。

1 为了防止机械盘车时钢丝绳、滑车及地锚因受力过大被破坏而飞出伤人。

2 为了防止电动盘车时发生触电，或因误操作而导致事故。

11.6.7 本条对定子中心测圆架的使用做出了规定。

2 本款明确提出中心测圆架的安装位置和底座固定要求。要防止中心测圆架基础因固定不牢倾倒，导致发生事故。

3 本款对中心测圆架的使用提出了相应的保护措施。

11.6.8 本条对大型机加工工具的使用做出了规定。

5 为了保证大型机加工工具安全运转，预防机械事故发生。对棉纱、抹布、铁屑的集中存放，及时处理，是文明施工的要求，也是防止火灾事故、铁屑伤人事故所应采取的措施。

11.7 机组吊装专用工具

11.7.4 安全背帽的作用是防止螺帽松动脱落。

11.7.6~11.7.10 定子、转子等吨位较大，尺寸较大，又属于重要机组设备，为了确保人身及设备安全，特做出了这些安全规定。在抬吊过程中，吊钩的同步性很重要。