



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



小水电技术导则 施工

第2部分：机电设备安装

SHP/TG 004-2: 2019



免责声明

本导则未经联合国正式编辑。本导则内采用的名称和资料并不代表联合国工业发展组织的秘书处关于各国、领土、城市、地区或其当局的合法地位，以及关于国土、边界的界定、或对经济体系及其发展程度等问题的任何意见和立场。例如“发达的”、“工业化的”和“发展中”等一类词汇只为方便统计，未必表示一个国家或者地区的真实发展程度。本导则中提及的公司名称或者商业产品并非联合国工业发展组织为其代言。本导则尽可能保持内容的准确性，但联合国工业发展组织及其成员国均不对使用本导则可能产生的结果承担任何责任。本导则可被自由引用或转载，但需注明出处。

© 2019 UNIDO/INSHP – 版权所有

小水电技术导则 施工

第 2 部分：机电设备安装

鸣谢

本导则是联合国工业发展组织（UNIDO）和国际小水电联合会（INSHP）共同合作努力的成果，约 80 名国际专家和 40 家国际机构参与了导则的编制、同行审查，并提出了具体意见和建议，使导则更具实用性和专业性。

UNIDO 和 INSHP 非常感谢许多机构在制定本导则期间作出的贡献，特别是以下国际组织：

——东南部非洲共同市场（COMESA）

——全球区域可持续能源中心网（GN-SEC），特别是西非国家经济共同体可再生能源和能源效率中心（ECREEE）、东非可再生能源和能源效率中心（EACREE）、太平洋可再生能源和能源效率中心（PCREEE）和加勒比可再生能源和能源效率中心（CCREEE）。

中国政府推动了本导则的最终定稿，对其完成具有重要意义。

以下人士为编制本导则作出了贡献，包括有价值的投入、审查和提供建设性意见：Mr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Mr. Adoyi John Ochigbo, Mr. Arun Kumar, Mr. Atul Sarthak, Mr. Bassey Edet Nkposong, Mr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Ms. Chang Fangyuan, Mr. Chen Changjun, Ms. Chen Hongying, Mr. Chen Xiaodong, Ms. Chen Yan, Ms. Chen Yueqing, Ms. Cheng Xiaolei, Ms. Chileshe Kapaya Matantilo, Ms. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Mr. Deogratias Kamweya, Mr. Dolwin Khan, Mr. Dong Guofeng, Mr. Ejaz Hussain Butt, Ms. Eva Kremere, Ms. Fang Lin, Mr. Fu Liangliang, Mr. Garaio Donald Gafiye, Mr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Mr. Guo Chenguang, Mr. Guo Hongyou, Mr. Harold John Annegam, Ms. Hou ling, Mr. Hu Jianwei, Ms. Hu Xiaobo, Mr. Hu Yunchu, Mr. Huang Haiyang, Mr. Huang Zhengmin, Ms. Januka Gyawali, Mr. Jiang Songkun, Mr. K. M. Dharesan Unnithan, Mr. Kipyego Cheluget, Mr. Kolade Esan, Mr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Mr. Li Zhiwu, Ms. Li Hui, Mr. Li Xiaoyong, Ms. Li Jingjing, Ms. Li Sa, Mr. Li Zhenggui, Ms. Liang Hong, Mr. Liang Yong, Mr. Lin Xuxin, Mr. Liu Deyou, Mr. Liu Heng, Mr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Ms. Lu Xiaoyan, Mr. Lv Jianping, Mr. Manuel Mattiat, Mr. Martin Lugmayr, Mr. Mohamedain Seif Elnasr, Mr. Mundia Simainga, Mr. Mukayi Musarurwa, Mr. Olumide TaiwoAlade, Mr. Ou Chuanqi, Ms. Pan Meiting, Mr. Pan Weiping, Mr. Ralf Steffen Kaeser, Mr. Rudolf Hüpfel, Mr. Rui Jun, Mr. Rao Dayi, Mr. Sandeep Kher, Mr. Sergio Armando Trelles Jasso, Mr. Sindiso Ngwenga, Mr. Sidney Kilmete, Ms. Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, Mr. Shang Zhihong, Mr. Shen Cunke, Mr. Shi Rongqing, Ms. Sanja Komadina, Mr. Tareqemtairah, Mr. Tokihiko Fujimoto, Mr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Mr. Tan Xiangqing, Mr. Tong Leyi, Mr. Wang Xinliang, Mr. Wang Fuyun, Mr. Wang Baoluo, Mr. Wei Jianghui, Mr. WU Cong, Ms. Xie Lihua, Mr. Xiong Jie, Ms. Xu Jie, Ms. Xu Xiaoyan, Mr. XuWei, Mr. Yohane Mukabe, Mr. Yan Wenjiao, Mr. Yang Weijun, Ms. Yan Li, Mr. Yao Shenghong, Mr. ZengJingnian, Mr. Zhao Guojun, Mr. Zhang Min, Mr. Zhang Liansheng, Mr. Zhang Zhenzhong, Mr. Zhang Xiaowen, Ms. Zhang Yingnan, Mr. Zheng Liang, Mr. Zheng Yu, Mr. Zhou Shuhua, Ms. Zhu Mingjuan.

使用中如有其他意见和建议，欢迎提供，以便再版更新。

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 水轮发电机组及水力机械辅助设备安装	1
4.1 基本规定	1
4.2 水轮机	3
4.3 发电机	11
4.4 水力机械辅助设备	19
4.5 系统管路	24
5 电气设备安装	27
5.1 基本规定	27
5.2 盘、柜及二次回路接线	27
5.3 变压器	29
5.4 高压电气设备	31
5.5 母线装置	33
5.6 电缆	34
5.7 辅机系统电机	37
5.8 计算机监控系统	37
5.9 视频监视系统	38
5.10 防雷接地	38
6 水情自动测报系统设备安装	41
7 安全监测设备安装	42

前 言

联合国工业发展组织(UNIDO)是旨在促进全球包容和可持续工业发展(ISID)的联合国专门机构。为联合国和各国未来 15 年可持续发展提供框架的《2030 年可持续发展议程》和联合国可持续发展目标,已将 ISID 列为其可持续发展的三大支柱之一。能源对经济、社会发展和提高生活质量不可或缺,UNIDO 的 ISID 任务明确将支持建立可持续能源体系。过去 20 年里,国际社会对能源的关注和讨论越来越多,扶贫、环境风险和气候变化等问题正成为焦点。

国际小水电联合会(INSHP)是一个协调和促进全球小水电发展的国际组织,各区域、次区域和国家对口单位、相关机构、公共单位和企业自愿加入,以社会效益为其主要目标。INSHP 旨在通过发达国家、发展中国家和国际组织间的三方经济技术合作促进全球小水电发展,为广大发展中国家的农村提供环保、负担得起、充足的能源,从而增加就业机会、改善生态环境、减少贫困、提高农村生活文化水平和经济发展水平。

UNIDO 和 INSHP 自 2010 年起合作编制的《世界小水电发展报告》显示,全球对小水电的需求和其发展程度并不匹配,技术缺乏是大多数国家发展小水电的主要障碍之一。UNIDO 和 INSHP 决定基于成功发展经验并通过全球专家合作,共同编制《小水电技术导则》(简称导则)以满足各成员国的需求。

本导则根据 ISO/IEC 指令第二部分(详见 www.iso.org/directives)的编制规则起草。

提请注意,本导则中的一些内容可能涉及专利权问题。UNIDO 和 INSHP 不负责识别任何此类专利权问题。

引 言

小水电是广泛认可的解决偏远农村地区电气化问题的重要可再生能源。尽管欧洲、北美、南美和中国等大多数国家都拥有很高的装机容量,但许多发展中国家受到许多因素的阻碍(包括缺乏全球认可的小水电好案例或标准),仍有大量小水电资源未得到开发。

本导则将通过应用全球现有的专门知识和最佳实践,解决目前缺乏适用于小型水电站的技术导则的问题,让各国利用这些达成共识的导则来支持他们目前的政策、技术和生态环境。对于机构和技术能力有限的国家,将夯实他们发展小水电的知识基础,从而制定鼓励小水电发展的优惠政策和吸引更多的小水电投资,以促进国家经济发展。本导则对所有国家都是有益的,特别是在技术知识比较缺乏的国家中分享经验和最佳实践。

本导则适用于装机容量 30 MW 及以下的小型水电站,可作为小型水电站规划、设计、建设和管理的技术性指导文件。

- 《小水电技术导则 术语》给出了小型水电站常用的专业技术术语和定义。
- 《小水电技术导则 设计》给出了小型水电站设计的基本技术要求、方法学和程序,专业涵盖了电站选址规划、水文、工程地质、工程布置、动能计算、水工、机电设备选型、施工、工程造价估算、经济评价、投资、社会与环境评价等。
- 《小水电技术导则 机组》对小型水电站水轮机、发电机、调速系统、励磁系统、主阀和监控保护及直流电源系统设备提出了具体的技术要求。
- 《小水电技术导则 施工》对小型水电站施工技术提出了规范性指导意见。
- 《小水电技术导则 管理》对小型水电站项目管理、运行维护、技术改造和工程验收等技术方面提出了规范性指导意见。

小水电技术导则 施工

第 2 部分:机电设备安装

1 范围

本部分根据小型水电站工程的施工特点,规定了机电设备安装的基本规定和技术要求。

本部分适用于下列条件的水轮发电机组:

- a) 单机容量为 10 MW 以下。
- b) 混流式、冲击式水轮机,转轮公称直径 1.0 m 以下。
- c) 轴流式、斜流式、贯流式水轮机,转轮公称直径 3.3 m 以下。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改)适用于本文件。

SHP/TG 001 小水电技术导则 术语和定义

3 术语和定义

SHP/TG 001 界定的术语和定义适用于本文件。

4 水轮发电机组及水力机械辅助设备安装

4.1 基本规定

4.1.1 水轮发电机组及主要附属设备在电站组合安装时,应根据制造厂已审批的安装图样及有关技术文件的要求及本文件进行。

4.1.2 水轮发电机组安装应符合下列要求:

- a) 水轮发电机组设备,应符合相关技术标准和订货合同规定,重要部件应进行出厂验收,并随机提供出厂检验记录和合格证件。设备到达接收地点后,应在与制造厂商定的期限内组织有关人员进行开箱验收,清点、检查设备供货清单及随机装箱单。
- b) 水轮发电机组安装所用的全部材料,应符合设计要求。对主要部位的主要材料,应有检验或出厂合格证明书。
- c) 水电站机组安装应结合具体情况制定安全和环境保护细则。
- d) 安装场地应防风、防雨、防尘、防火,具有足够的照明和符合要求的施工安全防护设施。安装场地的温度宜不低于 5℃,空气相对湿度宜不高于 85%;对温度、湿度和其他特殊条件有要求的设备、部件的安装按设计规定执行。
- e) 设备在安装前应进行全面清扫、检查。对重要部件的主要尺寸及配合公差应进行校核,具有制造厂保证的整装到货设备可不分解。
- f) 设备基础垫板的埋设,其高程偏差宜不超过 $-5\text{ mm}\sim 0\text{ mm}$,中心和分布位置偏差宜不大于

- 10 mm, 水平偏差宜不大于 1 mm/m。
- g) 埋设部件安装后应加固牢靠。基础螺栓、千斤顶、拉紧器、楔子板、基础板等应点焊固定。埋设部件与混凝土结合面,应无油污和严重锈蚀。
 - h) 调整用的楔子板应成对使用,搭接长度应在 2/3 以上。对承受重要部件的楔子板,安装后应用 0.05 mm 塞尺检查接触情况,每侧接触长度应大于 70%。
 - i) 设备安装应在基础混凝土强度至少达到设计值的 70%后进行。基础板二期混凝土应浇筑密实,宜使用微膨胀水泥。
 - j) 设备组合面应光洁无毛刺,并满足下列要求:
 - 1) 合缝间隙用 0.05 mm 塞尺检查,应不能通过;
 - 2) 允许有局部间隙,用 0.1 mm 塞尺检查,深度应不超过组合面宽度的 1/3,总长应不超过周长的 20%;
 - 3) 组合螺栓及销钉周围应没有间隙;
 - 4) 组合缝处的安装面错牙宜不超过 0.10 mm。
 - k) 部件的装配应标记。多台机组在安装时,每台机组应用标有同一系列号码的部件进行装配。同类部件或测点在安装记录里的顺序编号应满足下列要求:
 - 1) 固定部件应从 +Y 开始,顺时针编号(从发电机端视,下同);
 - 2) 转动部件应从转子 1 号磁极的位置开始,轴上盘车测点为逆时针编号,其余均为顺时针编号;
 - 3) 与上述规定不一致的制造厂编号应注明。
 - l) 螺栓连接应满足下列要求:
 - 1) 细牙连接螺栓安装时应涂润滑剂;
 - 2) 连接螺栓应分次均匀紧固;
 - 3) 有预紧力要求的连接螺栓,预应力偏差不得超过规定值的 $\pm 10\%$;
 - 4) 采用热态拧紧的螺栓,紧固后应在室温下抽查 20%螺栓的预紧度;
 - 5) 各部件安装定位后,应按设计要求钻铰销钉孔并装配销钉;
 - 6) 螺栓、螺母、销钉均应按设计要求锁紧或点焊牢固。
 - m) 机组安装用的 X、Y 基准线标点及高程点,测量误差应不超过 ± 1 mm;各部位高程差的测量误差应不超过 ± 0.5 mm;水平测量误差应不超过 0.02 mm/m;中心测量所使用的钢丝线直径宜为 0.3 mm~0.4 mm,其屈服强度应不小于 1 200 MPa。
 - n) 现场制造的承压设备及连接件进行强度耐压试验时,试验压力应为 1.5 倍额定工作压力,最低压力应不小于 0.4 MPa,保持 10 min,应无渗漏及裂纹等异常现象;设备及其连接件进行严密性耐压试验时,试验压力应为 1.25 倍额定工作压力,保持 30 min,应无渗漏现象;冷却器应按设计要求的试验压力进行耐压试验,设计无规定时,试验压力应为工作压力的 2 倍,应不小于 0.40 MPa,保持 30 min,应无渗漏现象。
 - o) 设备容器进行煤油渗漏试验时,至少保持 4 h,应无渗漏现象,试验后不宜再拆卸;阀门进行煤油渗漏试验时,至少保持 5 min,应无渗漏现象。
 - p) 单根键应与键槽配合检查,其公差应符合设计要求;成对键配合后,平行度应符合设计要求。
 - q) 轴承安装后,在转动部件上进行电焊时,应把电焊机地线直接联接到要焊的零件上,并采取安全保护措施,保证电焊飞溅物不掉入轴承。
 - r) 水轮发电机组的部件组装和总装配时以及安装后都应保持清洁,机组安装后应对机组内、外部仔细清扫和检查,不允许有任何杂物和不清洁之处。
 - s) 水轮发电机组所有部件,应按要求涂漆防护。

4.2 水轮机

4.2.1 立式反击式水轮机安装应符合下列要求：

- a) 埋入部件安装应符合下列要求：
- 1) 尾水管里衬安装其允许偏差应符合表 1 的要求。
 - 2) 转轮室、基础环、座环安装的允许偏差应符合表 2 的要求。
 - 3) 蜗壳的安装与焊接应符合设计要求。
 - 4) 埋设件与混凝土过流表面应平滑过渡。
 - 5) 机坑里衬、接力器基础安装允许偏差应符合表 3 的要求。

表 1 尾水管里衬安装允许偏差

单位：mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	管口直径	$\pm 0.001\ 5D$	D -管口直径设计值,至少等分测 8 点
2	相邻管口内壁周长差	$0.001\ 5L$	L -管口周长
3	上管口中心及方位	4	测量管口上 X、Y 标记与机组 X、Y 基准线间距离
4	上管口高程	0~+8	—
5	下管口中心	10	吊线锤测量

表 2 转轮室、基础环、座环安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	中心及方位	2 mm	测量埋件上 X、Y 标记与机组 X、Y 基准线间距离
2	高程	$\pm 3\ \text{mm}$	—
3	水平	径向测 0.05 mm/m,最大值不超过 0.6 mm	最高点与最低点高程差
4	转轮室圆度	各半径与平均半径之差,不应超过叶片与转轮室设计平均间隙的 $\pm 10\%$	轴流式测量上、中、下 3 个断面;斜流式测量上止口和下口,至少测 8 等分点
5	基础环、座环圆度	1.0 mm	至少等分 8 点测,混流式机组以下部固定止漏环中心为准;轴流式机组以转轮室中心为准

表 3 机坑里衬、接力器基础安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	机坑里衬中心	5 mm	测量里衬法兰与座环上部法兰镗口间距离,等分 8 点测
2	机坑里衬上口直径	$\pm 5\ \text{mm}$	等分 8 点测
3	机坑里衬上口高程	$\pm 3\ \text{mm}$	等分 8 点测
4	机坑里衬上口水平	6 mm	等分 8 点测
5	接力器基础法兰垂直度	0.30 mm/m	—
6	接力器基础中心及高程	$\pm 1.0\ \text{mm}$	从座环上法兰面测量
7	接力器基础与机组坐标基准线平行度	1.0 mm	—
8	接力器基础至机组基准线距离	$\pm 3\ \text{mm}$	与设计值的偏差

b) 转轮装配应符合下列要求:

- 1) 转轮应无裂缝等缺陷,必要时用超声波检查。叶型应符合设计要求。
- 2) 主轴与转轮联结后,应无间隙。转轮各部位的同轴度和圆度,以主轴为中心进行检查,各半径与平均半径之差应符合表 4 要求。

表 4 转轮各部位的同轴度及圆度允许偏差

工作水头	部位	允许偏差	说明
<200 m	止漏环	±10%设计间隙值	—
	浆叶外缘	±10%设计间隙值	—
	引水板止漏圈	±15%设计间隙值	—
	兼作检修密封的法兰保护罩	±15%设计间隙值	—
≥200 m	上冠外缘、下冠外缘	±5%设计间隙值	对应固定部位为顶盖及底环
	止漏环	±0.10 mm	—

c) 导水机构及接力器安装应符合下列要求:

- 1) 导水机构预装前,复测座环上平面高程、水平、镗口圆度,应符合表 2 的要求。
- 2) 导叶机构安装允许偏差应符合表 5 的要求。
- 3) 导水机构装配后,动作应平稳灵活。
- 4) 接力器应进行分解、清洗、检查各配合间隙和行程应符合设计要求。活塞移动平稳灵活。组装后按 4.1.2 条的规定进行严密性耐压试验。接力器安装的水平偏差不应大于 0.10 mm/m,压紧行程应符合制造厂设计要求,制造厂无要求时,应为 3 mm~6 mm。
- 5) 调速轴垂直误差不应大于 1 mm/m。上、下轴颈与轴套和配合间隙符合设计要求。调速轴应转动灵活。

表 5 导水机构安装允许偏差

单位:mm

序号	项目	允许偏差		说明
1	各组合缝间隙	符合 4.1.2 条要求		—
2	各止漏环圆度及同轴度	符合 4.2.1 条要求		—
3	下锥体法兰止口与转轮室同轴度	0.25		—
4	导叶端面总间隙	不超过设计间隙		—
5	导叶局部 立面间隙	导叶高度	≤600 >600 且 ≤1 200	间隙总长度,不应超过导叶高度的 25%
		无密封条导叶	0.05 0.10	—
		带密封条导叶(不装)	0.15	

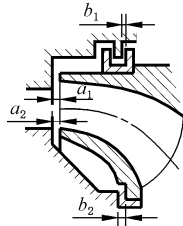
d) 转动部件就位安装应符合下列要求:

- 1) 主轴和转轮吊装的放置高程,宜略低于设计高程,主轴顶面与吊装后的发电机轴下法兰止口底面,应有 2 mm~6 mm 的间隙。对于推力头装在水轮机轴上的机组,应较设计高程略高,使推力头套装后与镜板背面有 2 mm~5 mm 的间隙。主轴垂直度偏差不宜大于 0.05 mm/m。当水轮机或发电机按实物找正安装时,应调整转轮中心和主轴垂直,使其止漏环间隙符合表 6 的要求,其主轴垂直度偏差不应大于 0.02 mm/m。

- 2) 转轮安装的最终高程,各止漏环间隙或浆叶与转轮室间隙的允许偏差,当制造厂无规定时应符合表 6 的要求。
- 3) 机组联轴后两法兰组合缝应无间隙,用 0.03 mm 塞尺检查,不能塞入。
- e) 水导及主轴密封安装应符合下列要求:
 - 1) 轴瓦应符合下列要求:
 - 橡胶轴瓦表面应平整,无裂纹及脱壳等缺陷。巴氏合金轴瓦应无密集气孔、裂纹、硬点及脱壳等缺陷,瓦面粗糙度应小于 $0.8 \mu\text{m}$ 。
 - 橡胶瓦和筒式瓦应与轴试装,总间隙应符合设计要求。每端最大与最小总间隙之差及同一方位的上下端总间隙之差,不应大于实测平均总间隙的 10%。

表 6 转轮安装高程及间隙允许偏差

单位:mm

序号	项目		允许偏差	说明	
1	高程	混流式	± 1.5	测固定与转动止漏环高低错牙	
		轴流式	$0 \sim +2.0$	测底环至转轮顶面距离	
		斜流式	$0 \sim +0.8$	测叶片与转轮室间隙	
2	间隙	额定水头 $< 200 \text{ m}$	各间隙与实际平均间隙之差不应超过平均间隙值的 $\pm 20\%$		
		额定水头 $\geq 200 \text{ m}$	a_1		各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计间隙值的 $\pm 10\%$
			a_2		各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计平均间隙值的 $\pm 10\%$
		b_1	各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计平均间隙值的 $\pm 10\%$		
b_2	各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计平均间隙值的 $\pm 10\%$				

- 筒式瓦符合上述两点要求时,不再进行研刮。分块轴瓦按设计要求确定是否研刮。轴瓦研刮后,瓦面接触应均匀,每平方厘米面积上至少有一个接触点;每块瓦的局部不接触面积每处不应大于 5%,其总和不应超过轴瓦总面积的 15%。
- 轴瓦的抗重垫块与轴瓦背面垫块座,抗重螺母与螺母支座之间应接触严密。
- 2) 轴瓦安装应符合下列要求:
 - 轴瓦安装应在机组轴线及推力瓦受力调整合格、水轮机止漏环间隙及发电机空气间隙符合要求的条件下进行。
 - 轴瓦安装时,宜根据主轴中心位置并考虑盘车的摆度方位和大小进行间隙调整,安装总间隙应符合设计要求,但对只有两部导轴承的机组,可不考虑摆度而调间隙。
 - 分块式导轴瓦间隙允许偏差不应超过 $\pm 0.02 \text{ mm}$ 。筒式导轴瓦间隙允许偏差,应在分配间隙值的 $\pm 10\%$ 以内,瓦面应保持垂直。
- 3) 轴承安装应符合下列要求:
 - 稀油轴承油箱,不允许漏油,宜按 4.1.2 条的规定作煤油渗透试验。
 - 轴承冷却器应按 4.1.2 条的规定作耐压试验。
 - 油质应合格,油位高度应符合设计要求,偏差不宜超过 $\pm 10 \text{ mm}$ 。
- 4) 主轴检修密封应符合下列要求:
 - 空气围带在装配前,应通 0.05 MPa 的压缩空气,在水中做漏气试验,应无漏气现象。
 - 安装后,径向间隙应符合设计要求,偏差不应超过设计间隙值的 $\pm 20\%$ 。

5) 主轴工作密封安装应符合下列要求:

- 工作密封安装的轴向、径向间隙应符合设计要求,允许偏差不应超过实际平均间隙值的 $\pm 20\%$ 。
- 密封件应能上下自由移动,与转环密封面接触良好;供排水管路应畅通。

f) 附件安装应符合下列要求:

- 1) 真空破坏阀和补气阀应做动作试验和渗漏试验,其起始动作压力和最大开度值应符合设计要求。
- 2) 蜗壳及尾水管排水闸阀或盘形阀的阀座安装,其水平偏差不应大于 0.2 mm/m 。盘形阀安装后,检查密封面应无间隙,阀组动作应灵活。

4.2.2 卧式水轮机安装应符合下列要求:

a) 安装前应检查一期混凝土基础预留孔,位置、高程、尺寸应符合设计要求。

b) 设备安装应符合下列要求:

- 1) 蜗壳垂直度偏差不超过 0.06 mm/m ,偏斜小于 0.5 mm/m 。
- 2) 水轮机主轴水平度允许偏差不应超过 0.02 mm/m 。转轮端面跳动量不应超过 0.05 mm/m 。
- 3) 转轮与转轮室间隙应符合设计要求,其偏差不应超过设计间隙 10% 。
- 4) 导水机构全关闭后,导叶密封面局部间隙不应超过 0.08 mm 。
- 5) 导叶密封与前后盖板之间的端面间隙不应超过 0.25 mm 。

c) 轴瓦检查与研刮,应符合 4.3.2 条的规定。

d) 轴瓦与轴承外壳的配合应符合 4.3.2 条的规定。

e) 轴瓦间隙应符合设计要求,密封良好,回油畅通。

4.2.3 贯流水轮机安装应符合下列要求:

a) 现场预装的部件,翻转 90° 吊装时应防止变形和倾覆。埋设部件安装调整后应加固牢靠。混凝土应分层浇筑,控制上升速度以防止部件变形。

b) 有配合关系的部件吊装前应进行预装或配合尺寸检查,超过允许的偏差应在安装前修正。

c) 尾水管安装允许偏差应符合表 7 的要求。

d) 座环(管形壳)安装允许偏差应符合表 8 的要求。

e) 轴承安装允许偏差应符合表 9 的要求。

表 7 尾水管安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	管口法兰最大与最小直径差	3.0 mm	有基础环的结构,指基础环上法兰
2	中心及高程	$\pm 1.5 \text{ mm}$	测管口水平标记的高程和垂直标记的左右偏差
3	管口法兰至转轮中心线距离	$\pm 2.0 \text{ mm}$	(1) 若先装座环,应以座环法兰面位置为基准 (2) 测上、下、左、右 4 点
4	法兰面垂直度	0.4 mm/m	—
5	相邻两节管口内壁周长	$\leq 10 \text{ mm}$	—
6	各大节同心度	$0.002D$	D 为管内径设计值

表 8 座环(管形壳)安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	中心及方位	±2.0 mm	(1) 上、下游法兰水平标记的高程 (2) 测部件上 X、Y 标记与相应基准线之距离
2	法兰至转轮中心线距离	±2.0 mm	(1) 若先装尾水管或基础环,应以其法兰为基准; (2) 测上、下、左、右 4 点
3	前锥体法兰垂直度	0.8 mm/m	—
4	法兰圆度	1.0 mm	—
5	内管形壳组合面高程	±0.8 mm	—
6	流道盖板基础框架中心至机组中心距	±2 mm	—
7	接力器基础至基准线距离	±3 mm	—

f) 导水机构安装应符合下列要求:

- 1) 内配水环(也称底环)与主轴距离应考虑主轴承受转轮重量后引起的变化,宜上部较下部小,两侧相等。
- 2) 导叶端部间隙调整,在关闭位置时测量,内外端间隙分配应符合设计要求,导叶每端两边间隙要基本相等,转动灵活。

表 9 轴承安装允许偏差

单位:mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	镜板与主轴垂直度	0.05	—
2	分瓣推力盘组合缝	局部间隙不超过 0.05,错牙不超过 0.02	按机组旋转方向检查
3	轴瓦与轴承座配合承力面	大于 60%接触面积	—
4	轴瓦与轴颈端面间隙	符合设计要求	—
5	轴瓦间隙	符合设计要求	—
6	下轴瓦与轴颈接触角	不大于 60°	—
7	下轴瓦与轴颈接触点	1~3 点/100 mm ²	—
8	轴承体各组合缝间隙	符合本标准 4.1.2 条的规定	—
9	轴承体对地绝缘	不低于 1 MΩ	—

3) 导叶立面间隙允许局部最大不应超过 0.25 mm,其总长度不应超过导叶高度的 25%。

g) 主轴和转轮安装应符合下列要求:

- 1) 主轴及转轮安装允许偏差应符合表 10 的要求。
- 2) 主轴水平度不应大于 0.04 mm/m。

表 10 主轴及转轮安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	转轮与主轴法兰组合缝	无间隙	—
2	转轮与转轮室间隙	符合设计要求	—
3	主轴密封间隙	符合本文件 4.2.1 的规定	—

4.2.4 冲击式水轮机安装应符合下列要求:

- a) 引水管路的进口中心线与机组坐标线的距离偏差不应大于 $\pm 2\%$ 。
- b) 机壳安装应符合下列要求:
 - 1) 分瓣组合的机壳应符合 4.1.2 条的规定。对于没有密封或不加垫的组合面应涂密封胶。
 - 2) 机壳安装时,与机组 X、Y 基准线偏差不应大于 1 mm,高程偏差应不超过 ± 2 mm,机壳上法兰面水平偏差应不大于 0.04 mm/m。对于立式机组,焊接在机壳上的各喷嘴法兰,高程应一致,其偏差应不大于 1.0 mm;各法兰垂直度不应大于 0.30 mm/m,与机组坐标基准线的距离应符合设计要求。
- c) 轴承装配应符合下列要求:
 - 1) 立式水轮机轴承装配,应符合下列要求:
 - 轴承法兰的高程偏差应不大于 2 mm,水平偏差应不大于 0.04 mm/m。
 - 水导轴承与其支架应进行预装配,轴承支架的中心与机组中心偏差不应大于 0.40 mm。预装定位后,应与机壳钻铰定位孔并装配定位销。
 - 机组轴线检查合格后安装水导轴承,并按 4.1.2 条的规定进行渗漏、耐压等试验,应符合设计要求。
 - 2) 卧式水轮机轴承装配,应符合 4.3.2 条的规定。
- d) 水轮机轴安装应符合下列要求:
 - 1) 水轮机轴在安装前,应检查组合法兰的平面度和光洁度。
 - 2) 对于立式机组,水轮机轴的上法兰面安装应较设计高程低 20 mm~25 mm,对于水轮机轴直接与发电机转子相连接的结构,应找正发电机转子法兰与水轮机轴法兰的同轴度、平行度,发电机转子法兰相对于喷嘴轴线的高程。
 - 3) 主轴水平或垂直偏差不应大于 0.02 mm/m。
 - 4) 在水导轴承安装前,应进行机组轴线的检查,机组轴线应符合设计要求。
- e) 喷嘴及其接力器安装应符合下列要求:
 - 1) 喷嘴、接力器在安装前应按制造厂要求做严密性耐压试验。
 - 2) 喷嘴和接力器组装后,在 16% 额定工作压力的作用下,喷针及接力器的动作应灵活。在接力器关闭腔通入额定压力油,喷针头与喷针口间应无间隙。
 - 3) 喷嘴的安装,应符合下列要求:
 - 喷嘴中心线应与转轮节圆相切,径向偏差不应大于 $\pm 2\% d_1$ (d_1 为转轮节圆直径),与水斗分水刃的轴向偏差不应大于 $\pm 0.5\% W$ (W 为水斗内侧的最大宽度)。
 - 折向器中心与喷嘴中心偏差,宜不大于 4 mm。
 - 缓冲弹簧压缩长度对设计值的偏差,应不超过 ± 1 mm。
 - 各喷嘴的喷针行程的同步偏差,应不大于设计行程的 2%。
 - 反向制动喷嘴中心线的轴向和径向偏差,应不大于 ± 5 mm。
- f) 转轮安装应符合下列要求:
 - 1) 转轮水斗分水刃旋转平面应通过机壳上装喷管的法兰中心,偏差应不大于 $\pm 0.5\% W$ 。
 - 2) 转轮端面跳动量不应大于 0.05 mm/m。
 - 3) 转轮与挡水板间隙应符合设计要求。
- g) 主轴密封应符合 4.2.1 条的规定。
- h) 控制机构的安装与调整应符合下列要求:
 - 1) 控制机构各元件的中心偏差,应不大于 2 mm,高程偏差应不超过 ± 1.5 mm,水平或垂直偏差应不大于 0.10 mm/m,安装后动作应灵活。
 - 2) 折向器开口都大于该行程时射流半径 3 mm,但不超过 6 mm。各折向器动作应同步,偏

差应不超过设计值的 2%。

4.2.5 调速系统的安装应符合下列要求：

- a) 油压装置的安装允许偏差应符合表 11 的要求。渗漏试验和压力罐严密性耐压试验应符合 4.1.2 条的规定。

表 11 回油箱(调速器油箱)、压力罐安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	中心	5.0 mm	测量设备上标记与机组 X、Y 基准的距离
2	高程	±5 mm	—
3	水平度	1.0 mm/m	测量回油箱(调速器油箱)四角高程
4	压油罐垂直度	1.0 mm/m	X、Y 方向挂线测量

- b) 油泵、电动机弹性联轴节安装找正,偏心和倾斜值不应大于 0.08 mm。油泵轴向电动机侧轴向窜动量为零的情况下,联轴节间应有 1 mm~3 mm 间隙。全部柱销装入后,联轴节应能有稍许相对转动。油泵腔体内应注入合格的汽轮机油。
- c) 调速系统所用透平油的牌号和质量应符合设计规定,各项指标符合规定,使用油温范围为 10 ℃~50 ℃。
- d) 油泵电动机试运转,应符合下列要求：
 - 1) 电动机的检查、试验,应符合有关要求。
 - 2) 油泵空载运行 1 h,无异常现象后分别在 25%、50%、75%、100%的额定压力下各连续运行 15 min,应无异常现象。
 - 3) 运行时,油温不应超过 50 ℃,轴承温度不应超过 60 ℃,外壳双向振幅不应超过 0.05 mm,并无异常噪声。
 - 4) 在额定压力下,测量油泵输油量不应小于设计值。
- e) 油压装置各部件的调整,应符合下列要求：
 - 1) 安全阀、压力信号器的调整,设计无规定时应符合表 12 的要求,压力信号器的动作偏差不应超过整定值的±1%,其返回值不应超过设计要求。

表 12 安全阀、油泵压力信号器整定值

单位:MPa

额定油压	整定值						
	安全阀			工作油泵		备用油泵	
	开始排油压力	全部开放压力	全部关闭压力	启动压力	复归压力	启动压力	复归压力
2.50	≥2.55	≤2.90	≥2.30	2.20~2.30	2.50	2.05~2.15	2.50
4.00	≥4.08	≤4.64	≥3.80	3.70~3.80	4.00	3.55~3.65	4.00
6.30	≥6.43	≤7.30	≥6.10	6.00~6.10	6.30	5.85~5.95	6.30
16.00	≥16.42	≤17.60	≥15.20	14.00~14.50	16.00	13.00~13.50	16.00

- 2) 安全阀动作时,应无剧烈振动和噪声。
- 3) 事故低油压的整定值应符合设计要求,其动作偏差不应超过整定值的±2%。
- 4) 连续运转的油泵,其溢流阀的动作压力,设计无规定时应符合表 12 中工作油泵整定值的要求。

- 5) 压力油罐的自动补气装置和回油箱的油位发讯装置动作,应准确可靠。
- 6) 压力油泵及漏油泵的起动和停止动作应正确可靠,不应有反转现象。
- 7) 压力油罐在工作压力下,油位处于正常位置时,关闭各连通阀门,保持 8 h,油压下降值不应大于额定工作压力的 4.0%,并记录油位下降值。
- f) 调速器机械柜、电气柜、事故配压阀安装允许偏差应符合表 13 的规定。

表 13 调速器机械柜、电气柜、事故配压阀安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	中心	5.0 mm	测量设备上标记与机组 X、Y 基准线距离
2	高程	±5.0 mm	—
3	机械柜水平度	0.15 mm/m	电液型测量电液转换装置底座;机械液型测量飞摆电动机底板(上隔板)
4	事故配压阀垂直度或水平度	0.15 mm/m	测量事故配压阀基础板
5	电气柜垂直度	1.0 mm/m	X、Y 方向挂线测量
注: 组合式调速器的安装以调速轴传动机构支架为基准,其偏差应符合设计要求。			

- g) 需进行分解的调速器应符合下列要求:
- 1) 电液调速器需要解体的机械液压件,其元部件的清洗、组装、调整应符合制造厂图纸要求。
 - 2) 调速柜内各指示器及杠杆,应按图纸尺寸进行调整,各机构位置误差应不大于 1 mm。
 - 3) 导叶和转轮接力器处于中间位置时(相当于 50%开度),回复机构各拐臂和连杆的位置,应符合设计要求,其垂直或水平偏差不应大于 1 mm/m;回复机构的联接应牢固并按设计要求做负载试验。
- h) 调速系统充油调整试验应符合下列要求:
- 1) 接入振荡电流,检查电液转换装置的振荡值应符合设计要求。
 - 2) 检查电液转换装置的零偏和压力零漂。其零偏应不大于其输出量(电流、电压)额定值的 5%;在工作油压力范围内,其压力零漂不应引起接力器明显的移动。
 - 3) 录制输入频率与电—液或电—机转换装置输出位移关系的静特性曲线,其死区和放大系数应符合设计要求。
 - 4) 测定反馈传感器输出电压(电流)与接力器行程关系曲线,在接力器全行程范围内应为线性,其特性应符合设计要求。
 - 5) 调速系统第一次充油应缓慢进行,充油压力应不超过额定压力的 50%;接力器全行程动作数次,应无异常现象。调速器应进行手动、自动及各种控制方式的切换试验,其动作应正常,接力器应无明显摆动。油管路及承压元件应按 4.1.2 条的规定作严密性试验。
 - 6) 手动操作导叶接力器开度限制,检查机械柜上指示器的指示值,应与导叶接力器和轮叶接力器的行程一致。其偏差前者不应大于活塞全行程的 1%,后者不应大于 0.5°。
 - 7) 导叶、轮叶的紧急关闭、开启时间及导叶分段关闭行程、时间与设计值的偏差,不应超过设计值的 ±5%,最终应满足调节保证计算的要求。关闭与开启时间,宜取开度 75%~25%之间所需时间的 2 倍。
 - 8) 事故配压阀关闭导叶的时间与设计值的偏差,不应超过设计值的 ±5%;但最终应满足调节保证计算的要求。
 - 9) 检查回复机构死行程,其值应不大于接力器全行程的 0.2%。
 - 10) 从开、关两个方向,测绘导叶接力器行程与导叶开度的关系曲线。每点应测 4~8 个导叶

- 开度,取其平均值;在导叶全开时,应测量全部导叶的开度值,其偏差宜不超过设计值的 $\pm 2\%$ 。
- 11) 从开、关两个方向,测绘在不同水头协联关系下的导叶接力器行程与轮叶接力器行程的关系曲线及开关规律,应符合设计要求;其轮叶随动系统的不准确度,应小于全行程的 1.5% 。
 - 12) 随动系统实用开环增益整定:接力器开启、关闭时间已调整,符合设计要求。置放大系数和杠杆比为设计最大值,向随动系统输入相当于接力器全行程 10% 的阶跃信号,观察接力器运动情况;能使随动系统保持稳定且不超调的最大的放大系数和杠杆比,便为其实用开环增益。
 - 13) 录制永态转差系数 $b_p = 6\%$ 时调速系统的静态特性曲线,其静态特性曲线应近似为直线,转速死区不大于 0.04% ;转桨式水轮机调速系统,其轮叶随动系统的不准确度不大于 1.5% 。
 - 14) 蜗壳无水时,应记录事故低油压关机压力罐的压力和油位下降值。
 - 15) 蜗壳无水时,测量导叶和轮叶操作机构的最低操作油压,不宜大于额定油压的 16% 。
- i) 调速器电气部分的检查与调整应符合下列要求:
- 1) 检查电气部分各系统回路接线,应符合设计要求。
 - 2) 电气部分稳压电源装置的输出电压,应符合设计要求。其输出电压变化,不宜超过设计值的 $\pm 1\%$ 。
 - 3) 检查电气部分各单元回路的特性及其可调参数:永态转差系数 b_p 、转差率 e_p 、比例增益 K_p 、积分增益 K_i 、微分增益 K_d (或暂态转差系数 b_t 、缓冲时间常数 T_d 、加速时间常数 T_n)等调节范围,均应符合设计要求。
 - 4) 检测开度给定、频率给定、功率给定的调整范围,应符合设计要求。
 - 5) 录制调速装置输入信号量与输出量(电流、电压)的关系曲线,在额定转速 $\pm 10\%$ 的范围内,静态特性曲线应近似为直线,其转速死区应符合设计规定值;在额定转速 $\pm 2\%$ 的范围内,其放大系数的实测值偏差不超过设计值的 $\pm 5\%$ 。
- j) 调速系统模拟试验应符合下列要求:
- 1) 模拟调速系统的各种故障,保护装置应可靠动作,报警信号应正确。
 - 2) 以手动、自动方式进行机组的开机、停机和紧急停机模拟试验,调速系统的动作应正常,报警信号应正确。

4.3 发电机

4.3.1 立式水轮发电机安装应符合下列要求:

- a) 轴瓦研刮应遵守下列规定:
- 1) 推力轴瓦应无裂纹、夹渣及密集气孔等缺陷。轴瓦的瓦面材料与金属底坯的局部脱壳面积总和不应超过瓦面的 5% ,必要时可用超声波检查;镜板工作面应无伤痕和锈蚀,粗糙度和硬度应符合设计要求,必要时应按图纸检查两平面的平行度和工作面的平面度。
 - 2) 制造厂要求在工地研刮的推力瓦,研刮后应符合下列要求:
 - 瓦面每 100 mm^2 内应有 $1\sim 3$ 个接触点。
 - 瓦面局部不接触面积,每处不应大于轴瓦面积的 2% ,其总和不应超过轴瓦面积的 5% 。
 - 进油边应按制造厂要求刮削。
 - 无托盘的支柱螺钉式推力轴承的轴瓦,应达到本条上述要求后,再将瓦面中部刮低,可在支柱螺钉周围以瓦长的 $2/3$ 为直径的圆形部位,先破除接触点(轻微接触点可保留)、排刀花一遍,然后再缩小范围,在支柱螺钉周围以瓦长的 $1/3$ 为直径的圆形部

位,与原刮低刀花成 90°方向再排刀花一遍。

——机组盘车后,应抽出推力瓦检查其接触情况,如发生磨平及连点现象,应加以修刮。

- 3) 导轴瓦的研制应符合 4.2.1 条的规定。
- b) 定子安装允许偏差应符合表 14 的要求。

表 14 定子安装允许偏差

单位:mm

序号	项目	允许偏差
1	定子机座组合缝间隙	局部不超过 0.10,螺栓周围不超过 0.05。
2	定子铁芯合缝间隙	加垫后无间隙,线槽底部径向错牙不超过 0.30。 槽宽应符合设计要求。
3	机架与基础板组合缝	符合 4.1.2 条的规定
4	定子圆度(各半径与平均半径之差)	±4%设计空气间隙
5	定子铁芯中心高程	0~+0.4%铁芯有效长度值,且不超过 6.0

- c) 定子绕组对地和绕组间绝缘电阻测量应符合下列要求:

1) 定子绕组的每相绝缘电阻值,在换算至 100 °C 时,不应低于公式(1)计算的数值 R:

$$R = \frac{U_N}{1\,000 + \frac{S_N}{100}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

U_N ——水轮发电机额定线电压,V;

S_N ——水轮发电机额定容量,kVA。

对于干燥清洁的水轮发电机,在室温 t (°C) 的定子绕组绝缘电阻 R_t (MΩ),按公式(2)修正:

$$R_t = R \times 1.6^{(100-t)/10} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

R ——对温度为 100 °C 的绕组热态绝缘电阻计算值,MΩ。

2) 在 40 °C 以下时,环氧粉云母绝缘的绝缘电阻吸收比 R_{60}/R_{15} 不小于 1.6 或极化指数 $R_{10\ min}/1\ min$ 不小于 2.0。

- d) 转子装配应符合设计要求:检查转子圆度,各半径与平均半径之差不应大于设计空气间隙的 ±4%。转子吊入机坑前,应按 4.4.1 条的规定检查试验项目,进行逐项试验。
- e) 上下机架安装允许偏差应符合表 15 的要求。

表 15 上下机架安装允许偏差

单位:mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	各组合缝间隙	符合 4.1.2 条的规定	—
2	挡风板、消火水管与定子线圈及转子风扇距离	0~+20%设计值	—
3	机架中心	0.5	—
4	机架水平	不超过 0.10 mm/m	—
5	机架高程	±1.5	—
6	机架与基础板组合缝	符合 4.1.2 条的规定	—

f) 制动器安装允许偏差应符合表 16 的要求。

表 16 制动器安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	制动器严密性耐压试验	持续 30 min 压力降不超过 3%	—
2	制动器顶面高程	±1.0	—
3	制动器与转子制动环板间隙	±20%设计间隙	—
4	制动器径向位置	±3.0	—
5	制动系统管路严密性耐压试验	无渗漏	—

g) 转子安装允许偏差应符合表 17 的要求。

表 17 转子吊装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	镜板水平度	不超过 0.02 mm/m	—
2	推力头卡环轴向间隙	小于 0.02	卡环受力后检查
3	空气间隙	±8%平均间隙	—

h) 检查调整机组轴线,应符合下列要求:

- 1) 应用盘车方法检查调整轴线。盘车前,机组转动部分处于中心位置,大轴处于自由状态并垂直。
- 2) 推力轴承刚性盘车,各推力轴瓦受力应调整均匀,镜板水平度偏差应在 0.02 mm/m 以内,并调整靠近推力头的导轴瓦单侧间隙为 0.03 mm~0.05 mm,同时其他导轴承瓦不应与主轴接触。轴线调整完毕后,机组各部摆度值不应超过表 18 的要求。

表 18 机组轴线的允许摆度值(双振幅)

轴名	测量单位	摆度类别	轴转速(n) r/min				
			$n < 150$	$150 \leq n < 300$	$300 \leq n < 500$	$500 \leq n < 750$	$n \geq 750$
发电机轴	上、下轴承处轴颈及法兰	相对摆度 mm/m	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
水轮机轴	导轴承处轴颈	相对摆度 mm/m	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02
发电机轴	集电环	绝对摆度 mm	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10

注 1: 绝对摆度:指在测量部位测出的实际摆度值。
 注 2: 相对摆度:绝对摆度(mm)与测量部位至镜板距离(m)之比值。
 注 3: 以上均指机组盘车摆度,并非运行摆度。

3) 在任何情况下,水轮机导轴承处的绝对摆度不应超过表 19 的规定。

表 19 水轮机导轴承处的绝对摆度允许值

轴转速(r/min)	$n < 250$	$250 \leq n < 600$	$n \geq 600$
绝对摆度允许值(mm)	0.35	0.25	0.20

- i) 轴线摆度调整合格后,应复查镜板水平度、推力瓦受力,定转子圆度及空气间隙等应符合要求。
- j) 推力油槽安装应符合下列要求:
- 1) 推力油槽应按 4.1.2 条的规定进行煤油渗漏试验。
 - 2) 油槽冷却器应按 4.1.2 条的规定进行耐压试验。
 - 3) 油槽内转动部分与固定部分的轴向间隙,应满足顶转子的要求,其径向间隙应符合设计规定,沟槽式密封毛毡装入槽内应有 1 mm 左右的压缩量,密封毛毡与转轴不应紧密接触。
 - 4) 挡油圈外圆应与机组同心,中心偏差不大于 1.0 mm,并满足挡油圈外圆与轴颈内圆的径向距离与平均距离的偏差不大于 $\pm 10\%$ 。
 - 5) 油槽油面高度应符合设计要求,偏差不宜大于 ± 5 mm。润滑油牌号应符合设计要求,注油前检查油质,应符合规定。
 - 6) 悬吊式机组推力轴承各部绝缘电阻应不小于表 20 的规定。

表 20 悬吊式机组推力轴承各部绝缘电阻限值

序号	推力轴承部件	绝缘电阻 (M Ω)	绝缘电阻 测量仪器	说明
1	推力轴承底座及支架	5	500 V	在底座及支架安装后测量
2	推力轴承总体	1	500 V	轴承总装完毕,顶起转子,注入润滑油前,温度在 10 $^{\circ}\text{C}$ ~30 $^{\circ}\text{C}$
3	埋入式温度计	50	250 V	注入润滑油前,测每个温度计芯线对推力轴瓦的绝缘电阻

- k) 导轴承安装应符合下列要求:
- 1) 机组轴线及推力瓦受力应调整合格。
 - 2) 水轮机止漏环间隙和发电机空气间隙应合格。
 - 3) 有绝缘要求的分块式导轴瓦在最终安装时,绝缘电阻应在 50 M Ω 以上。
 - 4) 轴瓦安装应根据主轴中心位置并考虑盘车的摆度方向和大小进行间隙调整,安装总间隙应符合设计要求。
 - 5) 分块式导轴瓦间隙允许偏差不应大于 ± 0.02 mm,但相邻两块瓦的间隙与要求值的偏差不应大于 0.02 mm。间隙调整后,应可靠锁定。
- l) 发电机测温装置的安装应符合下列要求:
- 1) 测温装置的总绝缘电阻,不应小于 0.5 M Ω ,有绝缘要求的轴承,在每个温度计安装后,对轴瓦的绝缘电阻应符合表 20 的要求。
 - 2) 定子线圈测温装置的端子板,如有放电间隙,间隙应为 0.3 mm~0.5 mm。
 - 3) 轴承油槽封闭前,应检查测温装置,各电阻温度计电阻相互差应不大于 1.5%,对地绝缘应良好。信号温度计指示应接近当时轴瓦温度。测温引线应固定牢靠。
 - 4) 温度计及测温开关标号应与瓦号、冷却器号、线圈槽号一致。
- m) 励磁系统及装置安装应符合下列要求:
- 1) 励磁系统及装置的安装应在室内建筑施工全部完工,室内湿度达到要求后才可进行。
 - 2) 对励磁系统盘、柜的接插式抽屉的接插触头应按设计要求进行检查。
 - 3) 灭磁开关安装应符合下列要求:
 - 应对开关的传动机构分、合闸线圈及锁扣机构分别进行检查,并做动作试验,动作的可靠性和动作时间应符合产品标准。

- 检查灭弧触头 and 主触头动作顺序应正确,常闭触头动作应超前于常开触头,常闭触头断开后的间距应符合设计要求。
 - 用 DM 型灭磁开关时,应检查灭弧栅栅片数量、配置、形状、安装位置、分流电阻的连接及其电阻值、灭弧触头的开距等,均应符合产品及订货要求。
- 4) 励磁系统电缆的敷设与配线应符合下列要求:
- 励磁变与功率柜间连接的动力电缆其三相电缆长度应相等。
 - 电缆敷设及盘内配线应符合设计要求。
- 4.3.2 卧式水轮发电机安装应符合下列要求:
- a) 轴瓦研刮应符合下列要求:
- 1) 轴瓦和镜板应按 4.3.1 条的规定进行检查。制造厂要求在工地研刮的轴瓦,应分初刮和精刮两次进行。初刮应在转子穿入定子前进行,精刮应在转子中心找正后进行。
 - 2) 座式轴承轴瓦研刮,应符合下列要求:
 - 轴瓦与轴颈的间隙应符合设计要求。两侧的间隙应为顶部间隙的一半,两侧间隙差不应超过间隙值的 10%。
 - 轴瓦下部与轴颈的接触角应符合设计要求,但不应超过 60° ,沿轴瓦长度应全部均匀接触,在接触范围内每平方厘米应有 1 个~3 个接触点。
 - 采用压力油循环润滑系统的轴承,油沟尺寸应符合设计要求,合缝处纵向油沟两端的封头长度不应小于 15 mm。
 - 3) 推力瓦研刮应符合下列要求:
 - 推力瓦与推力盘的接触面积应达到 75%,每平方厘米应有 1 个~3 个接触点。
 - 无调节结构的推力瓦,其厚度应一致。同一组各块瓦的厚度差不应大于 0.02 mm。
- b) 轴承座安装允许偏差应符合表 21 的要求。

表 21 卧式水轮发电机轴承座安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	轴承座油室应作煤油渗漏试验	符合 4.1.2 条相关要求	—
2	轴承座中心同轴度	0.10	—
3	轴承座横向水平度	0.20 mm/m	—
4	轴承座轴向水平度	0.10 mm/m	—
5	轴承座与基础板组合缝	符合 4.1.2 条相关要求	—

- c) 同轴水轮机和发电机的主轴应一次找正。水轮机和发电机单独设轴的机组,发电机转子主轴法兰按水轮机主轴法兰找正,对于刚性连接同轴度偏差不应大于 0.04 mm,两法兰面倾斜不应大于 0.02 mm;对于齿轮连接同轴度偏差不应大于 0.08 mm;对于弹性连接,径向和轴向同轴度偏差均不应大于 0.05 mm,两法兰之间的间隙在 3 mm~5 mm。
- d) 定子与转子空气间隙应均匀,每个磁极的间隙值应取 4 次(每次将转子旋转 90°)测量值的算术平均值;各磁极的间隙值与平均间隙值之差,不应超过平均间隙值的 $\pm 8\%$ 。
- e) 定子与转子的轴向中心调整,应使定子相对于转子向后轴承侧偏移,偏移值应符合制造厂规定,宜取 1.0 mm~1.5 mm 或取发电机满负荷运行时发电机轴的热膨胀伸长量的一半考虑。
- f) 主轴联接后,盘车检查各部分摆度,应符合表 22 的要求。

表 22 各部分摆度值

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	各轴颈处	0.03	—
2	推力盘端面跳动量	0.02	—
3	联轴法兰处	0.10	—
4	滑环处	0.20	—

g) 轴承各部分检查及间隙调整应符合下列要求:

- 1) 轴线调整后,盘车检查主轴与下轴瓦的接触面及推力瓦与推力盘的接触面的接触情况,应符合本条 a) 的要求。
- 2) 轴瓦两端与轴肩的轴向间隙,应考虑在转子最高运行温升时,主轴以 $0.011 \text{ mm}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 的膨胀量,保持足够的间隙,运行时转子应能自由膨胀。
- 3) 推力轴承的轴向间隙(主轴窜动量)宜为 $0.3 \text{ mm} \sim 0.6 \text{ mm}$ (较大值适用于较大的轴径)。
- 4) 轴瓦与轴承外壳的配合应符合下列要求:
 - 对于圆柱形轴瓦,上轴瓦与轴承盖间应无间隙,且应有 0.05 mm 紧量;下轴瓦与轴承座接触严密,承力面应达 60% 以上。
 - 对于球形轴瓦,球面与球面座的接触面积应为整个球面的 75% 左右,且分布均匀,轴承盖把紧后,瓦与球面座之间的间隙应符合制造厂要求。
- 5) 密封环与转轴间隙,应符合设计图纸规定,应为 0.2 mm 左右;安装时,其分半对口间隙不应大于 0.1 mm ,且无错牙。

h) 风扇安装应符合下列要求:

- 1) 风扇表面应光洁,无裂纹和其他机械损伤。
- 2) 在现场安装的风扇,应按制造厂要求紧固螺栓,并应锁紧。不应使用弹簧垫圈和风扇上气割和电焊。
- 3) 风扇片和导风装置的间隙应均匀,其偏差不应超过实际平均间隙值的 $\pm 20\%$;
- 4) 风扇端面和导风装置的端面距离,应符合设计要求。设计无规定时,不宜小于 5 mm 。

4.3.3 轴伸贯流水轮发电机安装应符合下列要求:

a) 主要部件的组合允许偏差应符合表 23 的要求。

表 23 主要部件组合允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	定子铁芯组合缝间隙	加垫后应无间隙,铁芯线槽底部径向错牙不大于 0.3	—
2	定子机座组合缝间隙	局部不超过 0.10 ,螺栓周围不超过 0.05	—
3	定子铁芯圆度	设计空气间隙的 $\pm 4\%$	—
4	机壳、顶罩各法兰圆度	$\pm 0.1\%$ 设计直径且最大不超过 5.0	—
5	顶罩各组合缝间隙	符合 4.1.2 条的规定	—

b) 发电机总装应符合下列要求:

- 1) 轴承装配应符合表 21 的要求。
- 2) 主轴联接后,应盘车检查各部分摆度,并应符合下列要求:

- 各轴颈处的摆度应小于 0.03 mm；
- 镜板的端面跳动量不应大于 0.05 mm；
- 联轴法兰的摆度不应大于 0.10 mm；
- 滑环处的摆度不应大于 0.20 mm。

3) 定子安装时应仔细清扫定子与基础座组合面,并严格按设计要求安放密封盘根;应调整定子与转子之间的空气间隙,使各间隙与平均间隙之差不超过平均间隙的 $\pm 8\%$ 。

4.3.4 管道及附件安装应符合下列要求:

- a) 管道弯制后的质量应符合下列要求:
 - 1) 应无裂纹、分层、过烧等缺陷。
 - 2) 管道截面的最大与最小外径差,不宜超过管径的 8%。
 - 3) 弯曲角度应与样板相符。
 - 4) 弯管内侧波纹褶皱高度不宜大于管径的 3%,波距应不小于 4 倍波纹高度。
 - 5) 环形管弯制后,应进行预装,其半径偏差不应大于设计值的 2%;管道应在同一平面上,其偏差应不大于 40 mm。
- b) 焊接三通的支管垂直偏差不应大于其高度的 2%。
- c) 管道安装时,焊缝位置应符合下列要求:
 - 1) 直管段两环缝间距不应小于 100 mm,且应大于 2 倍管道的外径。
 - 2) 对接焊缝距弯管起弯点不应小于 100 mm,且应不小于管外径。
 - 3) 焊缝距支、吊架净距不应小于 50 mm;穿过隔墙和楼板的管道,在隔墙和楼板内不应有焊口。
 - 4) 在管道焊缝上不宜开孔。开孔时,焊缝应经无损探伤检查合格。
- d) 焊接弯管的弯曲半径,应不小于管径的 1.5 倍。90°弯头的分节数,不宜小于 4 节;焊后弯头轴线角度应与样板相符。
- e) 埋设管路应符合下列要求:
 - 1) 管路不宜采用螺纹和法兰联接。
 - 2) 油、气管路应采用埋设套管的办法。
 - 3) 管路过伸缩缝时,其过缝措施应符合设计要求。
- f) 明管安装位置应符合下列要求:
 - 1) 安装位置(坐标及标高)的偏差,不宜大于 10 mm。
 - 2) 水平管弯曲和水平偏差,不宜超过 0.15%,且不宜超过 20 mm;立管垂直度偏差,不宜超过 0.2%,且不宜超过 15 mm。
 - 3) 成排管应在同一平面上,偏差应不大于 5 mm,管间间距偏差应在 0 mm~+5 mm 范围内。
 - 4) 自流排水管和排油管的坡度应与液流方向一致,坡度应在 0.2%~0.3% 范围内。
- g) 法兰密封垫的材质应与工作介质及压力要求相符。
- h) 油、水、气系统管道和调速系统管道使用前,应按设计要求和相关标准进行冲洗、检验。
- i) 管道及管件试验应符合下列要求:
 - 1) 工地自行加工的承压容器和工作压力在 1 MPa 及以上的管件,应按 4.1.2 条的要求作强度耐压试验。工地自行加工的无压容器应按 4.1.2 条的要求作渗漏试验。
 - 2) 工作压力在 1 MPa 及以上的阀门和 1 MPa 以下的重要部位的阀门,应按 4.1.2 条的要求作严密性耐压试验。
 - 3) 埋设的压力管道及管件,在混凝土浇筑前,应按 4.1.2 条的要求作严密性耐压试验。
 - 4) 油、水、气系统管道及管件安装后,宜进行充油、通水或通气试验,试验时逐步升至额定工

作压力,应无渗漏现象。

4.3.5 蝶阀、球阀及伸缩节安装应符合下列要求:

- a) 蝶阀安装应符合下列要求:
- 1) 蝶阀上、下游侧的压力钢管或蜗壳管口露出混凝土墙面的长度,应保证部件安装和焊接时有足够的操作空间。
 - 2) 蝶阀安装时,沿水流方向的中心线,应根据蜗壳及钢管的实际中心确定,与设计位置的偏差不宜大于 3 mm;横向中心线(上、下游位置)与设计中心线的偏差,不宜大于 10 mm;蝶阀的水平度和垂直度,在法兰焊接后测量,其偏差不应大于 1 mm/m,对直径大于 4.0 m 的蝶阀不应大于 0.5 mm/m;
 - 3) 基础螺栓与螺孔间应有足够距离,其值不应小于法兰之间橡胶盘根的直径。
 - 4) 蝶阀组装允许偏差应符合表 24 的要求。

表 24 蝶阀组装允许偏差

单位:mm

序号	项目		允许偏差	说明
1	阀座与基础板组合缝		符合 4.1.2 条的规定	—
2	阀壳各组合缝		符合 4.1.2 条的规定	—
3	橡胶水封充气试验		通 0.05 MPa 压气无漏气	—
4	活门关闭时间隙	水封充气状态	无间隙	—
		水封未充气状态	±20%设计值	—
5	静水密封性试验		保持 30 min 漏水量不超过设计值	—

b) 球阀安装应符合下列要求:

- 1) 允许偏差应符合表 25 的要求。
- 2) 球阀的活门转动应灵活,与固定部件应有足够间隙,不宜小于 2 mm。

表 25 球阀安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	阀座与基础板组合缝	符合 4.1.2 条相关要求	—
2	阀体中心	±3 mm	—
3	阀体横向中心	10 mm	—
4	阀体水平度及垂直度	1.0 mm/m	—
5	阀体各组合缝	符合 4.1.2 条的要求	—
6	活门与阀体间隙	符合设计要求	—
7	工作与检修密封间隙	不超过 0.05 mm	—
8	密封盖行程	不小于设计值的 80%,动作应灵活	—
9	静水严密性试验	保持 30 min 漏水量不超过设计值	—

c) 伸缩节安装应符合下列要求:

- 1) 内外套管间隙,应调整均匀,不应有卡阻现象。
- 2) 伸缩节与内外套管的伸缩距离,应符合设计要求,其偏差不宜超过±6 mm,并应考虑凑合节焊接的收缩尺寸。

- 3) 波纹管式伸缩节安装前应按设计要求对波纹管段进行检查;凑合节焊接后,检查装焊波纹管段的距离、两侧管口圆度和错牙,均应符合设计要求。
- 4) 凑合节和波纹管焊接后,应按设计要求对焊缝作无损探伤检查。

4.4 水力机械辅助设备

4.4.1 辅助设备安装应符合下列要求:

- a) 辅助设备基础的质量要求,应符合设计规定。
- b) 设备就位前,应将设备底座面的油污、泥土等脏物清理干净。
- c) 地脚螺栓预留孔尺寸应符合设计要求,无横穿的钢筋和遗留物,浇注基础二期混凝土浇注部位应对一期混凝土表面凿毛并清洗洁净。二期混凝土宜用细石混凝土(或水泥砂浆),其强度等级应比基础混凝土强度等级高一级;当其要求较高时,应采用膨胀水泥拌制的混凝土(或水泥砂浆)。
- d) 地脚螺栓固定应符合下列要求:
 - 1) 地脚螺栓的不垂直度应小于 1/100。
 - 2) 地脚螺栓离孔壁的距离应大于 15 mm。
 - 3) 地脚螺栓上的油脂和污垢应清除干净,但螺纹部分应涂油脂。
 - 4) 螺母与垫圈间和垫圈与设备底座间的接触应良好。
 - 5) 拧紧地脚螺栓应在混凝土达到规定强度的 80%后进行。待拧紧螺母后,螺纹应露出 2~5 扣。
 - 6) 辅助设备安装位置允许偏差应符合表 26 的规定。

表 26 辅助设备安装位置允许偏差

单位:mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	设备平面位置	±10	
2	高程	-10~+20	

4.4.2 空气压缩机安装应符合下列要求:

- a) 安装前应对机体进行检查和更换润滑油,必要时进行拆卸检查。
- b) 整体安装空气压缩机的允许偏差按表 27 的规定。

表 27 整体安装空气压缩机的允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	机身纵、横向水平度	0.1 mm/m	
2	皮带轮端面垂直度	0.5 mm/m	
3	两皮带轮端面在同一平面内	0.50 mm	

- c) 空气压缩机的附属设备(如冷却器、气水分离器、储气罐)就位前,应按施工图核对管口方位,地脚螺栓孔和基础的位置应符合设计要求。
- d) 承受压力的附属设备应按设备图纸或技术文件规定的压力进行强度和严密性试验。无规定时,强度和严密性试验应按 4.1.2 条的规定进行。
- e) 空气压缩机试运转前应符合下列要求:
 - 1) 气缸盖、气缸、机身、十字头、连杆、轴承盖等的紧固件,应全面复查是否紧固。

- 2) 仪表和电气设备应调整正确,电动机的转向应符合空气压缩机的要求。
- 3) 润滑油脂的规格数量,应符合设备技术文件的规定,供油情况应正常。
- 4) 进、排气管路应清洁。
- 5) 进、排水管路应畅通。
- 6) 盘动压缩机数转,应灵活无阻滞现象。
- 7) 各级安全阀应灵敏。
- f) 空气压缩机无负荷试运转 4 h~8 h,应符合下列要求:
 - 1) 润滑油压不低于 0.1 MPa。
 - 2) 曲轴箱油温不超过 70 ℃。
 - 3) 运转部件声音正常,无较大振动。
 - 4) 各连接部件无松动。
- g) 空气压缩机带负荷试运转应按额定压力 25% 运转 1 h,50%、75% 各运转 2 h,额定压力下运转 3 h。除达到无负荷运转的要求外,还应符合下列要求:
 - 1) 无渗油、漏气、漏水等现象。
 - 2) 冷却水排水温度不超过 40℃。
 - 3) 各级排气温度和压力符合设计规定。
 - 4) 各级安全阀动作压力正确,动作灵敏。
 - 5) 自动控制装置灵敏可靠。
- h) 空气压缩机试运转合格后,应换润滑油。

4.4.3 水泵安装应符合下列要求:

- a) 水泵设备完整,不应有缺件、损坏和锈蚀等情况,管口保护物和堵盖应完好。
- b) 离心水泵允许偏差应符合表 28 的要求。
- c) 深井水泵允许偏差应符合表 29 的规定。

表 28 离心水泵允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	泵体纵、横向水平度	0.1 mm/m	—
2	叶轮和密封环间隙	符合设计规定	—
3	多级泵叶轮轴向间隙	大于推力头轴向间隙	—
4	主、从动轴中心	0.10 mm	—
5	主、从动轴中心倾斜	0.2 mm/m	—

表 29 深井水泵允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	各级叶轮与密封环间隙	符合设计规定	—
2	叶轮轴向间隙	符合设计规定	—
3	泵轴提升量	符合设计规定	—
4	泵轴与电动机轴线偏心	0.15 mm	—
5	泵轴与电动机轴线倾斜	0.5 mm/m	—
6	泵座水平度	0.1 mm/m	—

- d) 离心水泵就位应符合下列要求：
- 1) 电动机与泵连接前,应先单独试验电动机的转向,确认无误后再连接。
 - 2) 主动轴与从动轴找正、连接后,应盘车灵活。
 - 3) 管路与泵连接时,法兰中心应对准,联接法面应平行并垂直管路中心线。
- e) 深井水泵就位应作下列检查：
- 1) 井管内径和不垂直度应符合泵入井部分外形尺寸的要求;井管内径应比泵入井部分的最大外形尺寸大 50 mm 左右,使泵体在井内能自由上下。
 - 2) 井管管口伸出基础相应平面不应小于 25 mm,井管与基础间应放软质隔离层。
 - 3) 井管内应无露出的钢管头和杂物。
 - 4) 泵的动轴端面应平整,传动轴在两端支承的情况下,中部的径向跳动不应大于 0.2 mm。螺纹应光洁、无损坏。
 - 5) 轴承支座和橡胶轴承应完好无损。橡胶轴承不应沾染油脂。
- f) 水泵试运转前应作下列检查：
- 1) 电动机的转向应符合泵的转向要求。
 - 2) 各紧固连接部位不应松动。
 - 3) 润滑油脂的规格、质量和数量应符合设备技术文件的规定。
 - 4) 橡胶轴承应按设备技术文件的规定用水预润滑。
 - 5) 管路应冲洗干净,保持畅通。
 - 6) 安全、保护装置应灵敏、可靠。
 - 7) 深井水泵应按设备技术文件的规定调整叶轮与导流壳之间的轴向间隙。
 - 8) 深井水泵止退机构应灵活、可靠。
 - 9) 水泵出口阀门应处于开启位置(离心水泵出口处于关阀位置,先充水至泵壳顶以上)。
 - 10) 盘车应灵活、正常。
 - 11) 水泵试运转应在各独立的附属系统运转正常后进行。
- g) 水泵在额定负荷下试运转不小于 2 h,并应符合下列要求：
- 1) 填料函压盖松紧适当,只有滴状泄漏。
 - 2) 运转中无异常振动和响声,各连接部分不应松动及渗漏。
 - 3) 滚动轴承温度不超过 70 ℃,滑动轴承不超过 80 ℃。
 - 4) 电动机电流不超过额定值。
 - 5) 水泵压力、流量符合设计规定。
 - 6) 水泵轴的径向振动振幅应不超过表 30 的规定。
- h) 深井水泵试运转后 20 min,应停泵再次调整叶轮与导流壳之间的轴向间隙。
- i) 离心水泵不应在出口阀门全关情况下长期运转。
- j) 水泵试运转结束后,应作好下列工作：
- 1) 关闭出口阀门。
 - 2) 放净泵内积水,防止锈蚀和冻裂。

表 30 水泵径向振动允许值

转速(r/min)	>750~1 000	>1 000~1 500	>1 500~3 000
径向振幅(双向)(mm)	不超过 0.10	不超过 0.08	不超过 0.06

4.4.4 齿轮油泵安装应符合下列要求：

- a) 齿轮油泵安装允许偏差应符合表 31 的规定。

表 31 齿轮油泵安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	泵体水平度	0.20 mm/m	
2	齿轮与泵体径向间隙	0.13 mm~0.16 mm	
3	齿轮与泵体轴向间隙	0.02 mm~0.03 mm	
4	主、从动轴中心	0.10 mm	
5	主、从动轴中心倾斜	0.20 mm/m	

- b) 齿轮油泵在无压情况下运行 1 h 及额定负荷的 25%、50%、75%、100% 各运行 30 min 时,应符合下列要求：

- 1) 运转中无异常振动及响声,各连接部分不应松动及渗漏,
- 2) 齿轮油泵外壳振动不大于 0.05 mm,油泵轴承处外壳温升不应高于 35 °C 或不应比油温高 20 °C。
- 3) 齿轮油泵的压力波动小于设计值的 ±1.5%。
- 4) 齿轮油泵输油量不小于设计值。
- 5) 齿轮油泵电动机电流不超过额定值。

4.4.5 水力量测仪表安装允许偏差应符合表 32 的规定。

4.4.6 油箱、气罐等容器安装应符合下列要求：

- a) 箱、罐等容器上附件齐备,型号、规格符合设计要求。
- b) 箱、罐等容器进、出口规格、位置应符合设计要求。
- c) 油箱出厂前应作渗漏试验,具有合格证。
- d) 气罐出厂前应按设备技术要求作渗漏试验和耐压试验,具有合格证。
- e) 箱、罐等容器就位前内部应清洗干净,无杂物。
- f) 箱、罐等容器安装允许偏差应符合表 33 的规定。

表 32 水力量测仪表安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	仪表安装位置	10 mm	—
2	仪表盘安装位置	20 mm	—
3	仪表盘垂直度	3 mm/m	—
4	仪表盘水平度	3 mm/m	—
5	仪表盘高程	±5 mm	—
6	取压管位置	±10 mm	—

表 33 箱、罐等容器安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	卧式容器水平度	$\leq 1/1000L$	L-容器长度
2	立式容器垂直度	$\leq 1/1000H$, 且不超过 10	H-容器高度
3	高程	± 10	—
4	中心线位置	10	—

4.4.7 通风机安装应符合下列要求:

a) 通风机安装前应作下列检查:

- 1) 核对叶轮机壳和其他部位(如地脚孔中心距,进、排气口法兰孔径和方位及中心距、轴的中心、标高等)的主要安装尺寸应与设计相符。
- 2) 进、排风口应有盖板严密遮盖,防止尘土和杂物进入。
- 3) 叶轮旋转方向应符合设备技术文件的规定。
- 4) 检查通风机转子不应发生明显的变形或严重锈蚀、碰伤。

b) 离心通风机安装允许偏差应符合表 34 的规定。

表 34 离心通风机安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	轴承纵横向水平度	0.20 mm/m	—
2	机壳与转子同轴度	2 mm	D-叶轮直径
3	叶轮与机壳轴向间隙	符合设计规定或 $1/100D$	—
4	叶轮与机壳径向间隙	符合设计规定或 $1.5 \sim 3/100D$	—
5	主、从动轴中心	0.05 mm	—
6	主、从动轴中心倾斜	0.20 mm/m	—
7	皮带轮端面垂直度	0.50 mm/m	—
8	两皮带轮端面在同一平面内	0.50 mm	—

c) 轴流式通风机安装允许偏差应符合表 35 的规定。

表 35 轴流式通风机安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	机身纵、横向水平度	0.20 mm/m	—
2	叶轮与主体风筒间隙或对应两侧间隙差	符合设计要求或 $D \leq 600$ mm 不大于 ± 0.5 mm, $D > 600$ mm ~ 1200 mm, 不大于 ± 1.0 mm	D 叶轮直径

d) 通风机安装完毕应作下列检查:

- 1) 风机的进、排风管, 阀件、调节装置等均应有单独的支撑并与基础或其他建筑物牢固联接, 各管路与风机联接法面应平行并与管路中心线垂直。
- 2) 风机机壳不应承受其他机件的重量。

- e) 通风机试运转应不少于 2 h, 并应符合下列要求:
- 1) 叶轮旋转方向正确, 运行平稳, 转子与机壳无摩擦声音。
 - 2) 转动部分径向振动振幅应不超过表 36 的规定。

表 36 风机径向振动允许值

转速(r/min)	>750~1 000	>1 000~1 450	>1 450~3 000
径向振幅(双向)(mm)	不超过 0.10	不超过 0.08	不超过 0.05

- 3) 试运行中, 离心通风机轴承温度对滑动轴承不应超过 65 °C, 滚动轴承不应超过环境温度 40 °C。轴流通风机滚动轴承正常工作温度不应大于 70 °C, 瞬时最高温度不应大于 95 °C, 温升不应超过 55 °C; 滑动轴承的正常工作温度不应大于 75 °C。
- 4) 电动机电流不超过额定值。

4.4.8 消防管道安装应满足下列要求:

- a) 消防管道与定子线圈及转动部件的距离不宜小于设计尺寸, 一般不大于设计值的 20%。
- b) 消防管道喷射孔(喷水或 CO₂ 气体等)方向应正确, 根据不同的结构型式按制造厂要求的方式进行检查, 必要时可采用通气的方法检查。

4.5 系统管路

4.5.1 管道材料应符合设计规定, 无明确规定时, 工作压力在 1.6 MPa 以上的管路应采用无缝钢管。

4.5.2 管路制作应符合下列要求:

- a) 系统管路的管件制作允许偏差应符合表 37 的要求。
- b) 管路冷弯时, 弯曲半径应不小于管径的 4 倍, 热弯时则应不小于 3.5 倍。热弯应用木炭、焦炭、石油或煤气加热, 不应使用煤炭加热, 加热温度不应超过 850 °C。
- c) 通风管制作安装允许偏差应符合表 38 的要求。

表 37 管件制作允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	管截面最大与最小管径差	≤8%	—
2	弯曲角度	±3 mm/m, 且全长≤10	—
3	折皱不平度	≤3%D	D-管道、锥形管公称直径
4	环形管半径	≤±2%R	R-环管曲率半径
5	环形管平面度	≤±20	—
6	Ω形伸缩节尺寸	±10	—
7	Ω形伸缩节平直度	3 mm/m, 且全长≤10	—
8	三通主管与支管垂直度	≤2%H	H-三通支管高度
9	锥形管两端直径	≤±1%D 且≤±2 mm	D-锥形管公称直径
10	卷制焊管端面倾斜	≤1/1 000D	D-管道公称直径
11	卷制焊管周长	≤±1/1 000L	L-焊管设计周长

表 38 通风管路制作安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	风管直径或边长	-2	—
2	风管法兰直径或边长	+2	—
3	风管与法兰垂直度	2	—
4	横管水平度	3 mm/m, 且全长 \leq 20	—
5	立管垂直度	2 mm/m, 且全长 \leq 20	—

4.5.3 焊接应符合下列要求:

- a) 管路与管件焊接应符合表 39 的规定。
- b) 焊接后法兰盘与管道中心线应垂直, 偏斜值不大于表 40 的规定。

表 39 焊接规定

序号	项目	允许偏差
1	焊缝外观检查	表面应无裂纹、夹渣和气孔等缺陷
2	重要焊缝无损检查(工作压力 \geq 6 MPa)	符合要求

表 40 法兰盘与管道中心线垂直允许偏斜值

管道公称直径(mm)	<100	<250	<300	<350	<400	>400
法兰盘外沿最大偏斜(mm)	± 1.5	± 2	± 2.5	± 2.5	± 2.5	± 3

4.5.4 管路安装应符合下列要求:

- a) 管路及管件安装前, 内部应清洗干净。
- b) 埋于混凝土内的管路, 管口端部露出的中心与标高应符合设计要求, 并设置临时管口封堵, 浇筑过程中不应有杂物进入。
- c) 允许偏差应符合表 41 的要求。

表 41 管路安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	明管平面位置(每 10 m 内)	± 10 , 且全长 \leq 20	—
2	明管高程	± 5	—
3	立管垂直度	2 mm/m, 且全长 \leq 15	—
4	排管平面度	≤ 5	—
5	排管间距	0~+5	—
6	与设备连接的预埋管出口位置	± 10	—

- d) 安装后的管路内不应有任何杂物和阻塞情况。
- e) 埋设管路安装完毕, 应进行规定的压力试验合格后才允许进行浇筑混凝土。
- f) 发电机风洞内部水管路应该用白布带缠绕两层, 外壁不应有凝水和滴水现象。

4.5.5 管路支架的设置,在管道转弯处应增设一支架,在建筑物的每个间隔内至少应设一个支架。管路支架间距不应小于表 42 的规定。

表 42 管道支架最小间距

管道公称直径(mm)	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
支架间距(m)	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0

4.5.6 管件、阀门及管路系统水压试验应符合表 43 的规定。

表 43 水压试验标准

序号	试验项目	试验性质	试验压力(MPa)	试压时间(min)	要求标准	备注
1	1.0 MPa 以上阀门	严密性	1.25P	10	无渗漏	P-额定工作压力
2	自制有压力容器及管件	强度	1.5P 并大于 0.4	10	无渗漏	—
3	自制有压力容器及管件	严密性	1.25P 1P	30 12 h	无渗漏 且压降小于 5%P	—
4	无压力容器	渗漏	注水	24 h	无渗漏	—
5	系统管道	强度	1.25P 并大于 0.4	10	无渗漏	—
6	系统管道	严密性	1.25P 并大于 0.4	30	无渗漏	—
7	通风系统	漏风率	额定风压		不大于设计风量 10%	—

4.5.7 管路和管路支架安装完成后,应按表 44 规定的颜色涂漆。

4.5.8 建筑物每个单独间隔内的管段和每个分支管段,应用黑色磁漆标明管中介质的规定流动方向,在有两个相反流动方向时,应标注两个相反方向的箭头。介质流动方向的箭头后面应该用文字注明管路的去向。字体尺寸为管道外径的 0.6 倍。阀门的手轮上应标明开关的方向。

表 44 规定涂漆颜色

序号	管路名称	管路颜色
1	操作系统压力油及净润滑油管路	红色
2	操作系统排油及污润滑油管路	黄色
3	净绝缘油管路	红色
4	污绝缘油管路	黄色
5	技术用水供水管路	天蓝色
6	技术用水排水管及排水泵管路	绿色
7	技术用水及消防用水合用管	天蓝色
8	消防水管	橙黄色
9	卫生用上下水管	银色
10	厂房下水道及排污泵管路	黑色
11	压缩空气管路及其他空气管路	白色
12	管道支架及阀门	浅灰色

5 电气设备安装

5.1 基本规定

5.1.1 电气设备安装应按已批准的设计图纸和产品技术文件进行施工。

5.1.2 设备及器材在安装前的保管,其保管期限应符合产品技术文件要求,在产品技术文件没有规定时应不超过1年。当需长期保管时,应通知设备制造厂并征求其意见。

5.1.3 设备及器材应符合技术标准的规定,同时应满足所签订的订货技术条件的要求,并应有铭牌、安装使用说明书、出厂试验报告及合格证明文件等资料。

5.1.4 设备及器材到达现场后应及时作下列检查:

- a) 包装及密封应良好。
- b) 开箱检查清点,规格应符合设计要求,附件、备件应齐全。
- c) 产品的技术资料应齐全。
- d) 按本规范要求检查设备外观。

5.1.5 与电气设备安装有关的建筑工程施工应符合下列规定:

- a) 应符合设计及设备的要求。
- b) 设备安装前,建筑工程应具备下列条件:
 - 1) 屋顶、楼板应已施工完毕,不得渗漏。
 - 2) 门、窗应安装完毕;室内地面基层应施工完毕,并应在墙上标出地面标高;室内接地应按设计施工完毕。
 - 3) 预埋件及预留孔应符合设计要求,预埋件应牢固。
 - 4) 混凝土基础及构支架应达到允许安装的强度和刚度。
 - 5) 施工设施及杂物应清除干净,并应有足够的安装场地,施工道路应通畅。
 - 6) 建筑物、混凝土基础及构支架等建筑工程应通过初步验收合格。

5.2 盘、柜及二次回路接线

5.2.1 盘、柜及二次接线施工除按本节规定执行外,还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。

5.2.2 盘、柜及二次回路接线施工应符合下列要求:

- a) 基础型钢的安装应符合下列要求:
 - 1) 基础型钢应设计图纸或设备尺寸制作,其尺寸应与盘、柜相符,允许偏差应符合表45。

表 45 基础型钢表允许偏差

项目	允许偏差	
	mm/m	mm/全长
不直度	1	5
水平度	1	5
位置误差及不平衡度	—	5
注: 环形布置按设计要求。		

- 2) 基础型钢安装后,其顶部宜高出最终地面 10 mm~20 mm;手车式成套柜应按产品技术要求执行。
- 3) 基础型钢应有明显可见且不少于两处的可靠接地。

- b) 盘、柜间及盘、柜上的设备与各构件间连接应牢固。控制、保护盘和自动装置盘等不宜与基础型钢焊接固定。
- c) 盘、柜单独或成列安装时,其垂直、水平偏差以及盘、柜面偏差和盘、柜间接缝等的允许偏差应符合表 46 的规定。

表 46 柜安装的允许偏差表

项目		允许偏差(mm)
垂直度(每米)		1.5
水平偏差	相邻两盘顶部	2
	成列盘顶部	5
盘面偏差	相邻两盘边	1
	成列盘面	5
盘间接缝	—	2

- d) 盘、柜、台、箱的接地应牢固良好。成列开关柜的接地母线应有两处明显的与接地网可靠连接点。金属柜门应铜软线与接地的金属框构架可靠连接。成套柜应装有供检修用的接地装置。
- e) 成套柜的安装应符合下列要求：
- 1) 机械闭锁、电气闭锁应动作准确、可靠。
 - 2) 动触头与静触头的中心线应一致,触头接触紧密。
 - 3) 二次回路辅助开关的切换接点应动作准确,接触可靠。
 - 4) 柜内照明应齐全。
- f) 抽屉式配电柜的安装应符合下列要求：
- 1) 抽屉推拉应灵活轻便,并应无卡阻、碰撞现象,同型号、规格的抽屉应能互换。
 - 2) 抽屉的机械闭锁或电气闭锁装置应动作可靠。
 - 3) 抽屉与柜体间的二次回路连接插件应接触良好。
 - 4) 抽屉内主回路在合闸状态下,抽屉不应能抽出。
 - 5) 抽屉内需要接地的电器金属外壳、框架应可靠接地,抽屉与柜体间的接触及柜体、框架的接地应良好。
- g) 手车式柜的安装尚应符合下列要求：
- 1) 机械闭锁、电气闭锁应动作准确、可靠,具备防止电气误操作的联锁功能。
 - 2) 手车推拉应轻便灵活,并应无卡阻、碰撞现象,相同型号、规格的手车应能互换。
 - 3) 手车推入工作位置后,动触头顶部与静触头底部的间隙应符合产品技术要求。
 - 4) 手车和柜体间的二次回路连接插件应接触良好,并应有锁紧措施;同一功能单元、同一种型式的高压电器组件插头的接线应相同、能互换使用。
 - 5) 安全隔离板应开启灵活,随手车的进出而相应动作。
 - 6) 柜内控制电缆的位置不应妨碍手车的进出,并应固定牢固。
 - 7) 手车与柜体间的接地触头应接触紧密,当手车推入柜内时,其接地触头应比主触头先接触,拉出时接地触头比主触头后断开。
 - 8) 仪表、继电器等二次元件的防震措施应可靠。控制和信号回路应正确。
- h) 盘、柜的漆层应完整,无损伤。固定电器的支架等应刷漆。安装于同一室内的盘、柜,其盘面颜色应一致。
- i) 盘上装有装置性设备或其他有接地要求的电器应可靠接地。

- j) 引入盘、柜内的电缆及其芯线应符合下列要求：
- 1) 电缆、导线不应有中间接头，必要时，接头应接触良好、牢固，不承受机械应力，并应保证原有绝缘水平；屏蔽电缆应保证其原有的屏蔽电气连接作用。
 - 2) 引入盘、柜的电缆应排列整齐，编号清晰，避免交叉，并应固定牢固，不应使所接的端子排受到机械应力。
 - 3) 铠装电缆在进入盘、柜后，应将铠装层切断，切断处应扎紧，铠装层应在盘、柜侧一点钢带接地。
 - 4) 屏蔽电缆的屏蔽层应接地良好。
 - 5) 盘、柜内的电缆芯线接线应牢固、排列整齐，并应留有适当裕度；备用芯线应引至盘、柜顶部或线槽末端，并应标明备用标识，芯线导体不应外露。
 - 6) 强弱电回路不应使用同一根电缆，线芯应分别成束排列。
 - 7) 电缆接线、固定时应保证电缆芯线及绝缘不受损伤。
- k) 用于高温湿热地区盘、柜应具有防潮、抗霉和耐热性能。
- l) 盘、柜及电缆管道安装完成后，应做好封堵，管路连接温差大位置应做好防止管内有凝结水的措施。

5.3 变压器

5.3.1 变压器的安装施工除按本节规定执行外，还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。

5.3.2 变压器在装卸、运输过程中不应有严重冲击和振动。

5.3.3 变压器安装前的建筑工程施工及质量应满足设计规定。

5.3.4 利用机械牵引变压器，牵引着力点应在设备重心以下并符合制造厂规定，且搬运倾斜角不应超过 15° 。变压器、电抗器在装卸、就位时应使用产品设计的专用受力点，并应采取防滑、防溜措施，牵引速度不应超过 2 m/min 。

5.3.5 钟罩式变压器整体起吊时，应将钢丝绳系在专供整体起吊的吊耳上。

5.3.6 变压器本体就位时应符合下列规定：

- a) 装有气体继电器的变压器，除制造厂规定不需要设置安装坡度者外，应使其顶盖沿气体继电器气流方向有 $1\% \sim 1.5\%$ 的升高坡度。当与封闭母线连接时，其套管中心线应与封闭母线的中心线相符。
- b) 变压器基础的轨道应水平，轨距与轮距应相符；装有滚轮的变压器，其滚轮应转动灵活，设备就位后，应将滚轮用可拆卸的制动装置加以固定。
- c) 变压器直接就位于基础上时，应符合设计、制造厂的要求。

5.3.7 变压器附件的安装应符合下列规定：

- a) 有载调压切换装置：
 - 1) 传动机构中的操作机构、电动机、传动齿轮、杠杆等应固定牢固，连接位置正确，操作灵活，无卡阻；传动机构润滑应满足当地气候条件和产品技术文件的规定。
 - 2) 切换开关的触头及其连接线应完好，且接触可靠；其限流电阻应完好。
 - 3) 切换装置的工作顺序应符合产品技术要求；切换装置在极限位置时，机械连锁和与极限开关的电气连锁动作应正确；位置指示器动作应可靠正确。
 - 4) 切换开关油箱内应清洁，油箱应做密封试验，且密封良好，注入油箱中的绝缘油绝缘强度应符合产品的技术要求。
- b) 冷却装置：
 - 1) 冷却装置在安装前应按产品技术文件规定的压力值用气压或油压进行密封试验。冷却器、强迫油循环风冷却器持续 30 min 应无渗漏；强迫油循环水冷却器持续 1 h 应无渗漏，水、油系统应分别检查渗漏。

- 2) 冷却装置安装前应应用合格的绝缘油经净油机冲洗干净,并将残油排尽。
 - 3) 风扇电机及叶片安装应牢固,转动应灵活,旋转方向正确,无卡阻。试转时应无震动、过热,叶片应无扭曲变形或与风筒碰擦等情况,转向应正确;电动机的电源配线应采用具有耐油性能的绝缘导线。
 - 4) 管路中的阀门应操作灵活,开闭位置正确;阀门法兰连接处密封应良好。
 - 5) 外接油管路安装前应进行除锈并清洗干净;水冷却装置管道安装后,油管应涂黄漆,水管应涂黑漆,并指明流向。
 - 6) 油泵密封良好,无渗油或进气现象,旋转方向正确;无异常噪音、振动和过热现象。
 - 7) 油、水管路上的示流信号器、压力继电器应密封良好,动作可靠。
 - 8) 水冷却装置停用时,应将水排尽。
 - 9) 冷却装置安装完毕后应即注满油。
- c) 储油柜:
- 1) 储油柜应按产品技术文件要求进行检查和安装。
 - 2) 油位表动作应灵活准确,指示应与储油柜实际油位相符;油位表信号接点位置正确,绝缘完好。
 - 3) 储油柜安装方向正确并进行位置复核。
- d) 套管:
- 1) 套管采用瓷外套时,外观不应有裂纹、损伤,瓷套管与金属法兰胶装部位应牢固密实并涂有性能良好的防水胶;套管采用硅橡胶外套时,外观不应有裂纹、损伤、变形;套管的金属法兰结合面应平整、无外伤或铸造砂眼。
 - 2) 套管的竖立和吊装应符合产品技术文件要求。
 - 3) 套管顶部结构的密封垫应安装正确,密封良好,连接引线时不应使顶部连接松扣。
 - 4) 均压环表面应光滑无划痕,安装牢固且方向正确;均压环易积水部位最低点应有排水孔。
- e) 气体继电器:
- 1) 气体继电器安装前应经检验合格,动作整定值符合要求,并解除运输用的固定措施。
 - 2) 继电器应水平安装,顶盖上方向标志应指向储油柜,连接可靠,密封完好。
 - 3) 集气盒内应充满绝缘油,且密封严密。
 - 4) 继电器应具备防潮、防进水的功能,并加装防雨罩。
 - 5) 电缆引线在接入继电器处应有滴水弯,进线孔封堵严密。
 - 6) 观察窗的挡板应处理打开位置。
- f) 压力释放阀安装方向应正确,密封严密,电接点动作准确,绝缘性能、动作压力值应符合产品技术文件要求。
- g) 吸湿器与储油柜间连接管的密封应严密,吸湿剂应干燥,油封油位应在油面线上。
- h) 测温装置:
- 1) 温度计安装前应校验,信号接点动作应准确,导通良好。
 - 2) 温度计应按制造厂的规定进行整定。
 - 3) 顶盖上的温度计座应严密无渗油现象,温度计座内应注以绝缘油;闲置的温度计座也应进行密封。
 - 4) 膨胀式信号温度计的细金属软管不应压扁和急剧扭曲,其弯曲半径不应小于 50 mm。
- 5.3.8 变压器注油应符合下列规定:
- a) 绝缘油应检验合格后方可注入变压器。
 - b) 不同牌号的绝缘油或同牌号的新油与运行过的油混合使用前,应做混油试验。新安装的变压器不宜使用混合油。

- c) 变压器真空注油不宜在阴雨天和雾天进行。注油和真空处理应按产品技术要求,并符合下列规定:
- 1) 抽真空时应监测油箱的变形,其最大值不应超过壁厚最大值的两倍。
 - 2) 注油全过程应保持真空。注入油的温度应高于器身温度。注油速度不宜大于 100 L/min。
 - 3) 在抽真空时,应将不能承受真空下机械强度的附件与油箱隔离;对允许同样抽真空的部件应同时抽真空;真空泵或真空机组应有防止突然停机或因误操作引起的真空泵油倒灌的措施。
 - 4) 注油时宜从变压器下部油阀进油。对导向强油循环的变压器,注油应按产品技术文件的要求执行。
 - 5) 变压器本体及各侧绕组、滤油机及管道等在注油期间均应可靠接地。

5.4 高压电气设备

5.4.1 高压电气设备安装应符合下列规定:

- a) 高压电气设备的安装施工除按本节规定执行外,还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。
- b) 高压电气设备安装交接试验技术要求按规定执行。

5.4.2 六氟化硫断路器的安装应遵守下列规定:

- a) 六氟化硫断路器的基础或支架的应符合产品技术文件要求,并符合下列要求:
 - 1) 混凝土强度应达到设备安装要求。
 - 2) 基础的中心距离和高度偏差不应大于 10 mm。
 - 3) 预留孔或预埋件中心线偏差不应大于 10 mm;基础预埋件上端应高出混凝土表面 1 mm~10 mm。
 - 4) 预埋螺栓中心线的偏差不应大于 2 mm。
- b) 六氟化硫断路器的安装应在制造厂技术人员的指导下进行,安装应满足产品技术文件要求,且应符合下列要求:
 - 1) 安装环境的气象条件应满足产品要求,防潮、防尘措施完备。应在无风沙、无雨雪天气下进行;灭弧室检查组装时,空气相对湿度应小于 80%。
 - 2) 吊装器具、吊点及吊装程序应符合产品技术文件要求;安装应按制造厂的部件编号和规定顺序进行组装,不应混装。
 - 3) 断路器的固定应符合产品技术文件要求且牢固可靠,螺栓紧固力矩应符合产品技术文件要求。支架或底架与基础的垫片不宜超过 3 片,其总厚度不应大于 10 mm,各垫片尺寸应与基座相符且连接牢固。
 - 4) 同相各支柱瓷套的法兰面宜在同一水平面上,各支柱中心线间距离的偏差不应大于 5 mm,相间中心距离的偏差不应大于 5 mm。
 - 5) 所有部件的安装位置应正确,其水平度、垂直度符合产品技术文件的要求。
 - 6) 密封槽面应完好清洁,无划伤痕迹,密封圈应采用新品,涂抹的密封脂不应与六氟化硫气体接触;应按产品技术文件要求更换吸附剂和涂抹防水胶。
 - 7) 密封部位的螺栓应使用力矩扳手紧固,其力矩值应符合产品的技术规定。
- c) 六氟化硫断路器安装后的调整应符合下列要求:
 - 1) 六氟化硫断路器和操动机构的联合动作,应按照产品技术文件要求进行,并应符合下列规定:
 - 在联合动作前,断路器内应充有额定压力的六氟化硫气体;首次联合动作宜在制造厂技术人员指导下进行。

- 位置指示器动作正确可靠,其分、合位置应符合断路器实际分、合状态。
- 具有慢分、慢合装置者,在进行快速分、合闸前,应先进行慢分、慢合操作。
- 2) 设备载流部分检查以及引下线连接应符合下列规定:
 - 设备载流部分的可挠连接不得有折损、表面凹陷及锈蚀。
 - 设备接线端子的接触表面应平整、清洁、无氧化膜,镀银部分不得挫磨。
 - 设备接线端子连接面应涂以薄层电力复合脂。
 - 连接螺栓应齐全、紧固,紧固力矩符合规定。
 - 引下线的连接不应使设备接线端子受到超过允许的承受应力。
- 3) 均压环应无划痕、毛刺,安装应牢固、平整、无变形;均压环宜在最低处打排水孔。
- 4) 设备接地线连接应符合设计和产品技术文件要求,且应无锈蚀、损伤,连接牢靠。
- d) 安装并调整完毕后的六氟化硫断路器各项性能参数应达到设计要求,并符合产品技术文件的要求。

5.4.3 气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)安装应符合下列要求:

- a) GIS设备基础混凝土强度应达到设备安装要求,预埋件接地良好,符合设计要求。GIS设备基础及预埋件的允许偏差除产品技术文件另有要求外,应符合表47要求。
- b) GIS元件的安装应在制造厂技术人员指导下按产品技术文件要求进行,并应符合下列要求:
 - 1) GIS装配安装环境的气象条件应满足产品要求,防潮、防尘措施完备。
 - 2) 吊装器具、吊点及吊装程序应符合产品技术文件要求;安装应按制造厂的部件编号和规定顺序进行组装,不应混装。
 - 3) 预充氮气的箱体应首先排氮,再充干燥空气,箱体内空气中氧含量达应到18%以上时,允许安装人员进入内部进行检查和安装。
 - 4) 连接插件的触头中心应对准插口,不应卡阻,插入深度应符合产品技术文件的要求;接触电阻应符合产品技术文件要求,不宜超过产品技术文件规定值的1.1倍。
 - 5) 所有部件的安装位置应正确,其水平度、垂直度应符合产品技术文件的要求。
 - 6) 密封槽面应完好清洁,密封圈应采用新品,涂抹的密封脂不应与六氟化硫气体接触;应按产品技术文件要求更换吸附剂、除尘和进行密封防水处理。
 - 7) 伸缩节、套管的安装应符合产品技术文件要求。
 - 8) 气体配管内部应清洁,气管的现场加工工艺、曲率半径及支架布置应符合产品技术文件要求;气管之间的连接接头应设置在易于观察维护的地方。
 - 9) 设备接地线的连接应符合产品技术文件要求,无锈蚀、损伤,连接牢固可靠。

表 47 GIS 设备基础及预埋件的允许偏差

项目	基础标高允许偏差(mm)			预埋件允许偏差(mm)				轴线(mm)	
	基础标高	同相	相间	相邻埋件	全部埋件	高于基础表面	中心线	与其他设备 x, y	y 轴线
三相共一基础	≤2	—	—	—	—	—	—	—	—
每相独立基础时	—	≤2	≤2	—	—	—	—	—	—
相邻间隔基础	≤5	—	—	—	—	—	—	—	—
同组间	—	—	—	—	—	—	≤1	—	—
预埋件表面标高	—	—	—	≤2	—	≤1~10	—	—	—
预埋螺栓	—	—	—	—	—	—	≤2	—	—

表 47 (续)

项目	基础标高允许偏差(mm)			预埋件允许偏差(mm)				轴线(mm)	
	基础 标高	同相	相间	相邻埋件	全部埋件	高于基础 表面	中心线	与其他 设备 x, y	y 轴线
室内安装时									
断路器各组中相	—	—	—	—	—	—	—	≤5	—
220 kV 以下室内、 外设备基础	≤5	—	—	—	—	—	—	—	—
室内、外设备基础	—	—	—	—	—	—	—	—	≤5

5.4.4 真空断路器和高压开关柜安装应符合下列要求：

- a) 真空断路器的安装与调整应符合产品技术文件要求,并应符合下列要求：
 - 1) 安装应垂直,固定应牢固,相间支持瓷套应在同一水平面上。
 - 2) 三相联动连杆的拐臂应在同一水平面上,拐臂角度应一致。
 - 3) 三相同期性、导电回路接触电阻值、合闸时间、合闸速度、分闸时间、分闸速度等性能参数应符合产品技术文件要求。
- b) 高压开关柜内配置六氟化硫断路器时,其安装与调整应符合 5.4.2 的要求。

5.5 母线装置

5.5.1 母线装置的安装施工除按本节规定执行外,还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。

5.5.2 母线装置安装应符合下列要求：

- a) 安装前应按施工安装图纸要求,对母线本体、附件及固定用构件等进行加工或配置。
- b) 成套供应的封闭母线、插接母线槽的各段应标志清晰、附件齐全、外壳无变形、内部无损伤。
- c) 支座应安装牢固,母线应严格按照安装分段图、相序、编号、方向和标志正确放置,纵向间隙应分配均匀。各段母线安装后,母线和外壳上均不应产生机械应力。
- d) 硬母线安装应符合下列要求：
 - 1) 硬母线的连接应采用焊接、贯穿螺栓连接或夹板及夹持螺栓搭接。管形和棒形母线应用专用线夹连接,不应用内螺纹管接头或锡焊连接。
 - 2) 母线与母线或母线与电器接线端子的螺栓搭接面的安装,应符合下列要求：
 - 母线接触面加工后应保持清洁,并涂以电力复合脂。
 - 母线平置时,贯穿螺栓应由下往上穿,其余情况下,螺母应置于维护侧,螺栓长度宜露出螺母 2 扣~3 扣。
 - 贯穿螺栓连接的母线两外侧均应有平垫圈,相邻螺栓垫圈间应有 3 mm 以上的净距,螺母侧应装有弹簧垫圈或锁紧螺母。
 - 螺栓受力应均匀,不应使电器的接线端子受到额外应力。
 - 母线的接触面应连接紧密,连接螺栓应用力矩扳手紧固。
 - 3) 母线与螺杆形接线端子连接时,母线的孔径不应大于螺杆形接线端子直径 1 mm。丝扣的氧化膜应刷净,螺母接触面应平整,螺母与母线间应加铜质搪锡平垫圈,并应有锁紧螺母,但不应加弹簧垫。
 - 4) 母线在支柱绝缘子上固定时应符合下列要求：
 - 母线固定金具与支柱绝缘子间的固定应平整牢固,不应使其所支持的母线受到额外

应力。

——交流母线的固定金具或其他支持金具不应成闭合磁路。

——当母线平置时,母线支持夹板的上部压板应与母线保持 1 mm~1.5 mm 的间隙,当母线立置时,上部压板应与母线保持 1.5 mm~2 mm 的间隙。

——母线在支柱绝缘子上的固定死点,每一段应设置一个,并宜位于全长或两母线伸缩节中点。

——管形母线安装在滑动式支持器上时,支持器的轴座与管母线之间应有 1 mm~2 mm 的间隙。

——母线固定装置应无棱角和毛刺。

5) 母线伸缩节不应有裂纹、断股和折皱现象;其总截面不应小于母线截面的 1.2 倍。

e) 绝缘子与穿墙套管应符合下列要求:

1) 绝缘子与穿墙套管安装前应进行检查,瓷件法兰应完整无裂纹,胶合处填料完整,结合牢固。

2) 绝缘子与穿墙套管安装前应按规定试验合格。

3) 安装在同一平面或垂直面上的支柱绝缘子或穿墙套管的顶面,应位于同一平面上;其中心线位置应符合设计要求。母线直线段的支柱绝缘子的安装中心线应在同一直线上。

4) 支柱绝缘子和穿墙套管安装时,其底座或法兰盘不应埋入混凝土或抹灰层内。

5) 无底座和顶帽的内胶装式的低压支柱绝缘子与金属固定件的接触面之间应垫以厚度不小于 1.5 mm 的橡胶或石棉纸等缓冲垫圈。

6) 穿墙套管的安装应符合下列要求:

——安装穿墙套管的孔径应比套管的嵌入部分大 5 mm 以上,混凝土安装板的最大厚度不应超过 50 mm。

——额定电流在 1 500 A 及以上的穿墙套管直接固定在钢板上时,套管周围不应成闭合磁路。

——穿墙套管垂直安装时,法兰应向上,水平安装时,法兰应在外。

——600 A 及以上母线穿墙套管端部的金属夹板(紧固件除外)应采用非磁性材料,其与母线之间应有金属相连,接触应稳固,金属夹板厚度不应小于 3 mm,当母线为两片及以上时,母线本身间应予固定。

——套管接地端子及未使用的电压抽取端子应可靠接地。

f) 支柱绝缘子底座、套管的法兰、保护网(罩)等不带电的金属构件应接地。接地线宜排列整齐,方向一致。

g) 封闭母线不应用裸钢丝绳起吊和绑扎,严防任何机械损伤。在安装和调整过程中,应保持壳内外的干净。连接部分应防止灰尘和其他杂物侵入。外壳内和绝缘子应擦拭干净,外壳内不应有任何遗留物。与封闭母线连接的设备装配与接线,应在封闭母线就位调整完毕后进行。封闭母线的外壳及支持结构的金属部分应可靠接地。

5.6 电缆

5.6.1 电缆的安装施工除按本节规定执行外,还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。

5.6.2 电缆施工应符合下列要求:

a) 基本规定:

1) 电缆管及支架的加工、安装、电缆敷设及电缆终端头与接头制作,应满足施工安装图纸定。

2) 敷设前应检查电缆型号、电压、规格是否符合设计,电缆外观应无损伤、绝缘良好。直埋电缆应经试验合格。

- 3) 敷设前应按设计和实际路径计算每根电缆的长度,合理安排每盘电缆,尽量减少电缆接头。
- 4) 电力电缆在终端头与接头附近宜留有备用长度。
- 5) 电缆敷设时,电缆应从盘的上端引出,不应使电缆在支架上及地面摩擦拖拉。电缆上不应有铠装压扁、电缆绞拧、护层折裂等未消除的机械损伤。
- 6) 用机械敷设电缆时的最大牵引强度宜符合表 48 的规定。

表 48 电缆最大牵引强度

单位: N/mm²

牵引方式	牵引头		钢丝网套		
	铜芯	铝芯	铅套	铝套	塑料护套
允许牵引强度	70	40	10	40	7

- 7) 机械敷设电缆的速度不宜超过 15 m/min,110 kV 及以上电缆或在较复杂路径上敷设时,其速度应适当放慢。
 - 8) 110 kV 及以上电缆敷设时,转弯处的侧压力不应大于 3 kN/m。
- b) 电缆各支持点间距离应符合设计规定。当设计无规定时,不应大于表 49 中所列数值。

表 49 电缆各支持点间的距离

单位: mm

电缆种类		敷设方式	
		水平	垂直
电力电缆	全塑型	400	1 000
	除全塑型外的中、低压电缆	800	1 500
	35 kV 及以上高压电缆	1 500	2 000
控制电缆		800	1 000

注: 全塑电力电缆水平敷设沿支架能将电缆固定时,支持点间距离允许为 800 mm,切断后应有可靠的防潮封端,敷设温度应在 0℃ 以上。

- c) 电缆的最小弯曲半径应符合表 50 的规定。

表 50 电缆最小弯曲半径

电缆型式		多芯	单芯
控制电缆	非铠装型、屏蔽型软电缆	6D	—
	铠装型、铜屏蔽型	12D	
	其他	10D	
橡皮绝缘电力电缆	无铅包、钢铠护套	10D	
	裸铅包护套	15D	
	钢铠护套	20D	
塑料绝缘电缆	无铠装	15D	20D
	有铠装	12D	15D

表 50 (续)

电缆型式		多芯	单芯	
油浸纸绝缘电缆	铝套	30D		
	铅套	有铠装		15D
		无铠装		20D
自容式充油(铅包)电缆		—	20D	

注：表中 D 为电缆外径。

- d) 电力电缆接头应符合下列要求：
- 1) 并列敷设的电缆,其接头的位置宜相互错开。
 - 2) 电缆明敷时的接头,应用托板托置固定。
 - 3) 直埋电缆接头盒外面应有防止机械损伤的保护盒(环氧树脂接头盒除外)。位于冻土层内的保护盒,盒内宜注以沥青。
- e) 电缆敷设时应排列整齐,不宜交叉,加以固定,并在电缆终端头、电缆接头、拐弯处、夹层内、隧道及竖井的两端、人井内等地方及时装设标志牌。标志牌应满足下列要求：
- 1) 标志牌上应注明线路编号。无编号时应写明电缆型号、规格、及起迄地点；
 - 2) 标志牌应能防腐,且规格统一、字迹清晰不易脱落,挂装应牢固。
- f) 电缆的固定应符合下列要求：
- 1) 垂直敷设或超过 45° 倾斜敷设的电缆应在每个支架上、桥架上间隔 2 m 处。
 - 2) 水平敷设的电缆,应在电缆首尾两端及转弯、电缆接头的两端处;当对电缆间距有要求时,应每隔 5 m~10 m 处。
- g) 电缆进入电缆沟、竖井、建筑物、盘(柜)以及穿入管道时,出入口应封闭,管口应密封。
- h) 电缆在变电所及主、副厂房内的排列应符合下列要求：
- 1) 电力电缆和控制电缆不应配置在同一层支架上。
 - 2) 高低压电力电缆,强电、弱电控制电缆应按顺序分层布放,宜按电压等级从高到低由下至上布放。
 - 3) 控制电缆在普通支架上,不宜超过 1 层;桥架上不宜超过 3 层。
 - 4) 交流三芯电力电缆,在普通支吊架上不宜超过 1 层。桥架上不宜超过 2 层。
 - 5) 电缆敷设完毕后,应及时清除杂物,盖好盖板。必要时,应将盖板缝隙密封。
- i) 电缆的防火阻燃应采取下列措施：
- 1) 在电缆穿过竖井、墙壁、楼板或进入电气盘、柜的孔洞处,应用防火堵料密实封堵。
 - 2) 在重要的电缆沟中,应按要求分段或用软质耐火材料设置阻火墙。
 - 3) 对重要回路的电缆,可单独敷设于专门的沟道中或耐火封闭槽盒内,或对其施加防火涂料、防火包带。
 - 4) 在电力电缆接头两侧及相邻电缆 2 m~3 m 长的区段应施加防火涂料或防火包带。
 - 5) 防火涂料应按厂家说明书规定施工,每隔 8 小时再涂一次,涂刷 5 次,防火涂料的厚度不小于 1.2 mm。堵料施工中,应先用有机堵料裹住电缆,然后在其周围塞满无机堵料,堵料的厚度应不小于 100 mm。对于较大的电缆孔洞,在满足以上施工要求时,孔洞的中间部位可用阻火包配合使用。
 - 6) 阻燃的材料产品应满足有效自熄性。耐火的材料产品应满足使用条件下耐火极限不低于 1 h 的要求,且耐火温度不低于 1 000 °C。

- j) 在封堵电缆孔洞时,封堵应严实可靠,不应有明显的裂缝和可见的孔隙,孔洞较大者应加耐火衬板后再进行封堵。

5.7 辅机系统电机

5.7.1 辅机系统电机的安装施工除按本节规定执行外,还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。

5.7.2 电机基础、地脚螺栓孔、沟道、孔洞、预埋件及电缆管位置、尺寸和质量应符合产品技术文件 and 设计要求。

5.7.3 电机安装时,电机的检查应符合下列要求:

- a) 盘动转子应灵活,无碰卡声。
- b) 润滑脂的情况正常,无变色、变质及变硬等现象。其性能应符合电机的工作条件。
- c) 可测量空气间隙的电机,其间隙的不均匀度应符合产品技术条件的规定,当无规定时,各点空气间隙与平均空气间隙之差与平均空气间隙之比宜为 $\pm 5\%$ 。
- d) 电机的引出线鼻子焊接或压接应良好,编号齐全,裸露带电部分的电气间隙应符合产品标准的规定。
- e) 绕线式电机应检查电刷的提升装置,提升装置应有“起动”、“运行”的标志,动作顺序应是先短路集电环,后提起电刷。

5.7.4 当电机有下列情况之一时,应作抽芯检查:

- a) 出厂日期超过制造厂保证期限。
- b) 制造厂无保证期限,且出厂日期已超过一年。
- c) 经外观检查或电气试验,质量可疑时。
- d) 开启式电机经端部检查可疑时。
- e) 试运转时有异常情况。

5.7.5 多速电机的安装,应符合下列要求:

- a) 电机的接线方式、极性应正确。
- b) 联锁切换装置应动作可靠。
- c) 电机的操作程序应符合产品技术条件的规定。

5.7.6 有固定转向要求的电机,试车前应检查电机与电源的相序并应一致。

5.8 计算机监控系统

5.8.1 计算机监控系统的安装施工除按本节规定执行外,还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。

5.8.2 现地自动化仪表的安装应符合下列要求:

- a) 仪表安装位置应符合设计文件的规定,当设计文件未作规定时,应符合下列规定:
 - 1) 安装位置应光线应充足,操作维护方便。
 - 2) 仪表的中心距操作地面的高度宜为 1.20 m~1.50 m。
 - 3) 显示仪表应安装在便于观察示值的位置。
 - 4) 仪表不应安装在有振动、潮湿、易受机械损伤、有强电磁场干扰、高温、温度变化剧烈和有腐蚀性气体的位置。
 - 5) 检测元件应安装在能真实反映输入变量的位置。
- b) 仪表安装过程中不应敲击、震动仪表。仪表安装应牢固、平整,与设备、管道、或构件的连接及

固定部位应受力均匀,不应承受非正常的外力。

- c) 直接安装在管道上仪表,宜在管道吹扫后安装;当与管道同时安装时,在管道吹扫前应将仪表拆下。直接安装在设备或管道上的仪表安装完毕应做压力试验。
- d) 仪表接线箱(盒)在在施工过程中应及时封闭盖及入口,线缆引入口不宜朝上,施工完毕后引入口应采取密封措施。
- e) 对仪表和仪表电源设备进行绝缘电阻测量时,应有防止弱电设备及电子元件被损坏的措施。
- f) 现场总线式仪表的线路连接应为并联方式,每条总线上的仪表数量、总线的最大距离应符合设计文件规定。
- g) 仪表盘、柜、箱的安装应满足规定。

5.8.3 现地控制单元(LCU)屏、网络设备机架、服务器机架、中控室操作台及模拟屏等设备的安装应满足规定。

5.9 视频监视系统

5.9.1 视频监视系统的安装施工除按本节规定执行外,还应执行设计单位、设备制造厂的安装技术要求。

5.9.2 摄像机应安装在监视区域附近不易受损伤、维护方便且能避开强电磁干扰的地方,其位置应不影响现场设备运行和人员的正常活动,同时保证摄像机的视野范围满足监视的需要。

5.9.3 摄像机在室内安装高度距离地面不宜低于 2.5 m;在室外安装高度距离地面不宜低于 3.5 m。室外摄像机如采用立杆安装,立杆的强度和稳度应满足摄像机使用要求。

5.9.4 摄像机镜头安装宜顺光源方向对准监视目标,并宜避免逆光安装;当必须逆光安装时,宜降低监视区域的光照对比度或选用帘栅作用等具有逆光补偿作用的摄像机。

5.9.5 监视多场景或变化场景的照度有要求时,辅助照明灯具宜安装在配有电动云台的摄像机防护罩外顶上或安装在与电动云台同方向转动的其他装置上。

5.9.6 水电站主控级监控中心控制台、机架等设备的安装应满足规定;监视显示屏屏幕应避免外来光的直射。

5.10 防雷接地

5.10.1 防雷接地装置的施工应按已批准的设计文件进行。

5.10.2 接地装置的安装应配合建筑工程的施工,隐蔽部分在覆盖前应做检查及验收并形成纪录。

5.10.3 电气装置的下列金属部分均应接地:

- a) 电气设备的金属底座、框架及外壳和传动装置。
- b) 携带式或移动式用电器具的金属底座和外壳。
- c) 箱式变电站的箱体。
- d) 互感器的二次侧绕组。
- e) 配电、保护、控制用的屏(柜、箱)及操作台的金属框架和底座。
- f) 电力电缆的金属护层、接头盒、终端头和金属保护管及二次电缆的屏蔽层。
- g) 电缆桥架、支架、井架。
- h) 变电站构、支架。
- i) 装有架空地线或电气设备的电力线路杆塔。
- j) 配电装置的金属遮栏。
- k) 电热设备的金属外壳。

- l) 旋转电机的金属底座及外壳。
- m) 电动葫芦、桥机、门机轨道和电气装置的金属底座及外壳。

5.10.4 接地线不应作其他用途。

5.10.5 发电厂、变电站等接地装置除应利用自然接地极外,还应敷设以水平人工接地极为主的接地网,并应设置将自然接地极和人工接地极分开的测量井。

5.10.6 接地装置材料选择应符合下列规定:

- a) 除临时接地装置外,接地装置采用钢材时均应热镀锌,水平敷设的应采用热镀锌的圆钢和扁钢,垂直敷设的应采用热镀锌的角钢、钢管或圆钢。
- b) 当采用扁铜带、铜绞线、铜棒、铜覆钢(圆线、绞线)、锌覆钢等材料作为接地装置时,其选择应符合设计要求。
- c) 不应采用铝导体作为接地极或接地线。

5.10.7 接地装置的人工接地极,导体截面应符合热稳定、均压、机械强度及耐腐蚀的要求,水平接地极的截面不应小于连接至该接地装置接地线截面的 75%,且钢接地极和接地线的最小规格不应小于表 51 和表 52 所列规格,电力线路杆塔的接地极引出线的截面积不应小于 50 mm²。

表 51 钢接地极和接地线的最小规格

种类、规格及单位		地上	地下
圆钢直径(mm)		8	8/10
扁钢	截面积(mm ²)	48	48
	厚度(mm)	4	4
角钢厚度(mm)		2.5	4
钢管管壁厚度(mm)		2.5	3.5/2.5
注 1: 地下部分圆钢的直径,其分子、分母数据分别对应于架空线路和发电厂、变电站的接地网;			
注 2: 地下部分钢管的壁厚,其分子、分母数据分别对应于埋于土壤和埋于室内混凝土地坪中。			

表 52 铜及铜覆钢接地极的最小规格

种类、规格及单位	地上	地下
铜棒直径(mm)	8	水平接地极 8
		垂直接地极 15
铜排截面积(mm ²)/厚度(mm)	50/2	50/2
铜管管壁厚度(mm)	2	3
铜绞线截面积(mm ²)	50	50
铜覆圆钢直径(mm)	8	10
铜覆钢绞线直径(mm)	8	10
铜覆扁钢截面积(mm ²)/厚度(mm)	48/4	48/4
注 1: 裸铜绞线不宜作为小型接地装置的接地极用,当作为接地网的接地极时,截面积应满足设计要求;		
注 2: 铜绞线单股直径不应小于 1.7 mm;		
注 3: 铜覆钢规格为钢材的尺寸,其铜层厚度不应小于 0.25 mm。		

5.10.8 低压电气设备地面上外露的连接至接地极或保护线(PE)的接地线最小截面积,应符合表 53 的规定。

表 53 低压电气设备地面上外露的铜接地线的最小截面积

名称	最小截面积(mm ²)
明敷的裸导体	4
绝缘导体	1.5
电缆的接地芯或与相线包在同一保护外壳内的多芯导线的接地芯	1

5.10.9 严禁利用金属软管、管道保温层的金属外皮或金属网、低压照明网络的导线铅皮以及电缆金属护层作为接地线。

5.10.10 接地网的埋设深度与间距应符合设计要求。当无具体规定时,接地极顶面埋设深度不宜小于 0.8 m;水平接地极的间距不宜小于 5 m,垂直接地极的间距不宜小于其长度的 2 倍。

5.10.11 电气装置的接地应单独与接地母线或接地网相连接,严禁在一条接地线中串接两个及两个以上需要接地的电气装置。

5.10.12 通信机房内应围绕机房敷设环形接地母线,铜排截面积不应小于 90 mm²,镀锌扁钢截面积不应小于 120 mm²;通信机房建筑周围应敷设闭合环形接地装置。

5.10.13 主控级机房和中控室区域内外露的不带电的金属物应与建筑物进行等电位连接。等电位接地端子板及其相互连接导体的最小截面积应分别满足表 54、表 55 要求。

表 54 各类等电位接地端子板最小截面积

名称	材料	最小截面积(mm ²)
总等电位接地端子板	铜带	150
楼层等电位接地端子板	铜带	100
机房局部等电位接地端子板(排)	铜带	50

表 55 各类等电位连接导体最小截面积

名称	材料	最小截面积(mm ²)
垂直接地干线	多股铜芯导线或铜带	50
楼层端子板与机房局部端子板之间的连接导体	多股铜芯导线或铜带	25
机房局部端子板之间的连接导体	多股铜芯导线	16
设备与机房等电位连接网络之间的连接导体	多股铜芯导线	6
机房网格	铜箔或多股铜芯导线	25

5.10.14 水电厂计算机监控系统接地应使用公用接地网接地。设备的外壳、交流电源、逻辑回路、信号回路和电缆屏蔽层接地应符合下列要求:

- a) 设备外壳或裸露的非载流的金属部分应接地。
- b) 经过隔离的交直流电源电压超过 150 V 时应接地。
- c) 未隔离的所有计算机直流回路(包括直流电源、逻辑回路、信号回路)中宜有一个接地点。
- d) 未隔离的所有计算直流电路中共地回路如有两点或多点接地时,其任意两接地点的地电位

差在任何时候均不能大于设备所允许的噪声。

- e) 任一机柜(或一套装置)内全部对外接口设备有隔离时,机柜外壳、交流电源、计算机直流电路和电缆屏蔽层应在机柜内共一点接地。计算机逻辑回路在机柜内应只有一点同机柜的公共接地点连接。
- f) 在任一个设备中,或临近设备中的接地不应有两个独立的接地网。
- g) 信号和电缆屏蔽层的接地应考虑相应传感器或其他连接设备的接地点,避免两点接地,并且尽可能选择计算机监控接收设备端一点接地。

5.10.15 电源线路的和电涌保护器应分别安装在被保护设备电源线路的前端,电涌保护器各接线端应分别与配电箱内线路的同名端相线连接。电涌保护器的接地端应与配电箱的保护线(PE)接地端子板连接,配电箱接地端子板应与所处防雷区域的等电位接地端子板连接。各级电涌保护器连接导线应整齐,其长度不宜超过 0.5 m。

5.10.16 带有接线端子的电涌保护器与导线连接时应采用压接,带有接线柱的电涌保护器宜采用线鼻子与接线柱连接。

5.10.17 电涌保护器的连接导线最小截面积宜符合表 56 的规定。

表 56 电涌保护器连接线最小截面积

防护等级	电涌保护器类型	导线截面积(mm ²)	
		电涌保护器连接相线铜导线	电涌保护器接地端连接铜导线
一级	开关型或限压型	16	25
二级	限压型	10	16
三级	限压型	6	10
四级	限压型	4	6

注:组合型电涌保护器参照相应保护级别的截面积选择。

6 水情自动测报系统设备安装

6.1 水情自动测报系统主要设备应符合相关行业技术标准和产品质量要求,并取得工业产品生产许可证。

6.2 设备安装调试前应具备下列条件:

- a) 应按设计及采购清单对设备进行数量和品质的初验。
- b) 关键设备应检查是否具备必要的质量标志。
- c) 安装设备的土建设施,应按设计通过初验或单项验收。
- d) 采用公共通信资源组网的系统,应提前开通相关的遥测站、中心站通信业务。
- e) 蓄电池应按规定程序完成充电和放电过程,并按规定充足电。
- f) 安装调试应由经过培训的技术人员完成。

6.3 设备安装应满足下列要求:

- a) 设备安装前应预先规划不同设备安装的顺序和计划。系统宜按照中心站、中继站、遥测站的顺序安装。
- b) 设备安装应严格按产品说明书和设计技术文件的要求进行。遥测终端机、传感器等设备还应按设计要求进行配置。
- c) 对于焊接、机械固定等需现场处理的安装工艺,应严格执行相关工艺标准和要求,并进行必要

的检验或测试。

- d) 连接线的走线线路和安装方式应充分考虑避免机械损伤、防水防潮、防电磁干扰、动物啃咬、防偷盗等因素。应具有必要的护套等保护措施。设备连接涉及室内外互联时,应防止雨水引入室内。

6.4 安装固定等工作完成后,应进行下列重点检查和调试:

- a) 检查设备之间连接线是否牢固可靠。对需要接地的设备应检查是否符合安装要求。
- b) 蓄电池电压及充电电流是否符合要求。
- c) 太阳能板开路电压和短路电流是否符合要求。
- d) 在设计传感器量程范围内,模拟实际情况,检查和调试各类设备是否按预期要求工作,包括通信、显示、按键、存储等各项功能是否正常。

6.5 安装完成后,应将设备安装调试的基本配置信息记录、整理完整。

6.6 系统联调应符合下列要求:

- a) 中心站、遥测站等设备安装完成后,应通过系统联调完成整体衔接和配合。按系统设计和软件要求,配置和设定各项参数进行系统功能联合测试,检测系统各项功能和指标。系统联调应包括下列几个方面:
 - 1) 在传感器设计范围内,模拟实际运行参数。
 - 2) 触发启动传输条件,宜包括时间触发、参量触发等。
 - 3) 数据上传及响应过程。
 - 4) 数据接收过程检查,重点包括参数准确性、传输速度及时间、全部遥测站数据汇集完成时间等。
 - 5) 中心控制指令下达,检查遥测站是否按预定要求动作。如时钟校准、遥测终端配置等。
 - 6) 遥测站其他功能。如现场数据下载、人工置数和设置等功能。
 - 7) 中心站图表显示、存储、查询、打印等其他功能。
- b) 设备整个系统安装结束后,应根据设计要求,考核采集数据的正确性和系统通畅率等。
- c) 安装过程中出现的问题和处理结果应详细记录、备查。

7 安全监测设备安装

7.1 安全监测仪器的采购应符合下列要求:

- a) 在满足设计要求的型号、规格、量程、精度等要求前提下,综合考虑产品的性能、质量、耐用等特性,选择不少于3家生产厂家,编制仪器采购计划并经批准。
- b) 按照批准的采购计划进行仪器采购,如有更换需重新报批。

7.2 安全监测仪器的验收应符合下列要求:

- a) 在仪器设备出厂前,生产厂家应检验全部仪器设备,并提供检验合格证书。如有必要时,应赴厂家参加主要仪器设备的检验和验收。
- b) 仪器运至现场后,应对厂家提供的全部仪器设备进行检查和验收,并按要求进行测试、校正和率定,验收合格后方可使用。
- c) 对合格仪器应及时建立考证表。

7.3 安全监测仪器的安装与埋设应符合下列要求:

- a) 安装与埋设前的准备工作应符合下列要求:
 - 1) 应根据观测设计图纸要求,完成埋设部位预留孔槽、导管及各种预埋件施工,进行埋设点测量放线。
 - 2) 各种电缆型号应符合设计要求,电缆连接应符合规范要求。

b) 安装与埋设施工应符合下列要求:

- 1) 安装与埋设前应再次复查设计编号、出厂编号、自由状态测值。
- 2) 应按照各类仪器各自要求与步骤进行安装与埋设,确保位置正确。
- 3) 引出电缆线应在仪器埋设点附近绕圈预留一定富裕度,避免施工过程中牵引拉动电缆时改变仪器方向、位置。
- 4) 基岩中埋设仪器,槽孔应清洗干净,回填砂浆宜采用微膨胀水泥拌制。
- 5) 仪器周围回填混凝土时,应人工分层振捣密实。混凝土下料时应距仪器 1.5 m 以上,振捣时振捣器与仪器的距离应大于振动半径,宜不小于 1.0 m。
- 6) 仪器埋设后应及时做好标记。
- 7) 埋设过程中应经常监测仪器工作状态,发现异常情况及时采取补救措施或更换仪器。
- 8) 应建立监测设施埋设记录和考证资料,及时取得初始(基准)值。
- 9) 应及时绘制竣工图和编制竣工报告。

7.4 施工期安全监测应符合下列要求:

- a) 施工期安全监测应安排专职观测人员负责监测。
 - b) 专业观测人员应根据批准的观测规程和观测频率要求,定期对观测仪器进行观测、维护,保证监测设施完好和监测数据连续、可靠和完整,发现数据异常应增加观测次数并报有关部门研究处理。
 - c) 应做好观测原始记录,及时进行整编、分析,并按期编制施工期工程安全监测报告,评价施工期大坝安全状况,为施工提供决策依据。
-



**UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

Vienna International Centre
P.O. Box 300 · 1400 Vienna · Austria
Tel.: (+43-1) 26026-0
E-mail: info@unido.org
www.unido.org



**INTERNATIONAL NETWORK
ON SMALL HYDROPOWER**

136 Nanshan Road
Hangzhou · 310002 · P.R.China
Tel.: (+86-571)87132793
E-mail: secretariat@inshp.org
www.inshp.org