



中华人民共和国国家标准

GB/T8564—2003

代替 GB8564—1988

水轮发电机组安装技术规范

Specification installation of hydraulic turbine generator units

20 - - 发布

20 - - 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布

目 次

前言.....	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 总则	2
4 一般规定	2
5 立式反击式水轮机安装	5
6 贯流式水轮机安装	13
7 冲击式水轮机安装	15
8 调速系统的安装与调试	17
9 立式水轮发电机安装	20
10 卧式水轮发电机安装	36
11 灯泡式水轮发电机安装	38
12 管道及附件安装	40
13 蝴蝶阀及球阀安装	43
14 水轮发电机组电气试验	45
15 水轮发电机组试运行.....	47
附录 A (资料性附录) 移交资料目录.....	53
附录 B (规范性附录) 机械液压型调速器安装要求.....	56
附录 C (规范性附录) 对水轮发电机定子干燥的要求.....	57
附录 D (资料性附录) 管道的酸洗、钝化和冲洗.....	58
附录 E (资料性附录) 有关焊接无损探伤检验的标准.....	60
附录 F (资料性附录) GB 11120—1989 对汽轮机油的要求.....	62
附录 G (规范性附录) 规范用词说明.....	63

前 言

本标准是水轮发电机组及其附属设备安装、调试和试验的依据，也是机组验收和考核的主要内容，可适用于各类水轮发电机组及其附属设备的安装。

本标准是对 GB 8564—1988《水轮发电机组安装技术规范》（以下简称原标准）的修订。原标准是 1988 年及以前我国水轮发电机组及其附属设备安装技术的总结。本标准在原标准的基础上根据 1989 年以来包括进口大型水电机组在内的新投产的大批大中型水轮发电机组及其附属设备安装技术的要求进行了补充、删减和修改，同时参考吸取了国外有关标准的部分内容。

本标准与 GB 8564—1988 年版比较有以下一些主要变化：

- 将标准明确为推荐性标准；
- 修改了标准的适用范围，并单列了“范围”和“规范性引用文件”两章；
- 增加了筒形阀安装、冲击式水轮机的引水管安装和轴承装配、焊接式发电机机架组装、发电机定子机座和铁心现场装配、圆盘式转子支架组焊、励磁系统安装、可逆式抽水蓄能机组试运行等有关内容；
- 补充了调速器安装、调速系统充油调整试验、管道焊接工艺要求和质量检查等部分内容；
- 在正文中删除了机械液压型调速器、励磁机和永磁机安装等内容，将机械液压型调速器安装和定子绕组干燥的内容列入附录；
- 对一些条文的指标和限值作了部分调整和提高。

虽然水内冷和蒸发冷却定子绕组在我国部分机组中已应用，但是由于这种冷却方式的设计和施工经验都不成熟，今后推广的可能性也不大，暂不将这两部分内容列入本标准中。

本标准实施之日起代替 GB 8564—1988。

本标准附录 B、附录 C、附录 G 为规范性附录。

本标准附录 A、附录 D、附录 E、附录 F 为资料性附录。

本标准所代替标准发布时间：1988 年 4 月 12 日。

本标准由中国电力企业联合会标准化中心提出并归口。

本标准主要起草单位：中国葛洲坝集团公司、中国水利水电建设集团公司、中国长江三峡工程开发总公司、哈尔滨电机厂有限责任公司。

本标准主要起草人：付元初、张晔、王泉龙、秦锡翔、刘永东、赵仕儒、李正安、张耀忠、杜其辰、张连彬、赵贵山、徐广涛、龚德萍、王田、杨玺印、黄宏勇、张成平、刘炎华、江小兵、殷龙生、刘灿学、唐万斌。

本标准由中国电力企业联合会标准化中心负责解释。

水轮发电机组安装技术规范

1 范围

本标准规定了水轮发电机组及其附属设备的安装、调试和试验的要求。适用于符合下列条件之一的水轮发电机组的安装及验收：

- a) 单机容量为 15MW 及以上；
- b) 冲击式水轮机，转轮名义直径 1.5m 及以上；
- c) 混流式水轮机，转轮名义直径 2.0m 及以上；
- d) 轴流式、斜流式、贯流式水轮机，转轮名义直径 3.0m 及以上。

单机容量小于 15MW 的水轮发电机组和水轮机转轮的名义直径小于 b)、c)、d) 项规定的机组可参照执行。

本标准也适用于可逆式抽水蓄能机组的安装及验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB /T 3323 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级
- GB/T 7409.3 同步电机励磁系统 大中型同步发电机励磁系统技术要求
- GB/T 10969 水轮机通流部件技术条件
- GB 11120 L-TSA 汽轮机油
- GB/T 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级
- GB/T 18482 可逆式抽水蓄能机组启动试验规程
- GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
- GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
- GB 50171 电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范
- DL/T 507 水轮发电机组启动试验规程
- DL/T 679 焊工技术考核规程
- DL/T 827 灯泡贯流式水轮发电机组启动试验规程
- JB/T 4709 钢制压力容器焊接规程
- JB/T 6204 大型高压交流电机定子绝缘耐电压试验规范
- JB/T 8439 高压电机使用于高海拔地区的防电晕技术要求
- JB/T 8660 水电机组包装、运输和保管规范

3 总则

3.1 水轮发电机组的安装应根据设计单位和制造厂已审定的机组安装图及有关技术文件，按本规范要求进行。制造厂有特殊要求的，应按制造厂有关技术文件的要求进行。凡本规范和制造厂技术文件均未涉及者，应拟定补充规定。当制造厂的技术要求与本规范有矛盾时，一般按制造厂要求进行或与制造厂协商解决。

3.2 发电机组及其附属设备的安装工程，除应执行本标准外，还应遵守国家及有关部门颁发的现行安全防护、环境保护、消防等规程的有关要求。

3.3 水轮发电机组设备，应符合国家现行的技术标准和订货合同规定。设备到达接受地点后，安装单位可应业主要求，参与设备开箱、清点，检查设备供货清单及随机装箱单，并按 JB/T 8660 执行。

以下文件，应同时作为机组及其附属设备安装及质量验收的重要依据：

- a) 设备的安装、运行及维护说明书和技术文件；
- b) 全部随机图纸资料（包括设备装配图和零部件结构图）；
- c) 设备出厂合格证，检查、试验记录；
- d) 主要零部件材料的材质性能证明。

3.4 机组安装前应认真阅读并熟悉制造厂的设计图纸、出厂检验记录和有关技术文件，并作出符合施工实际及合理的施工组织设计。

3.5 机组安装前，应阅读与安装有关的土建设计图纸，并参与对交付安装的土建部位验收。对有缺陷的部位应处理后才能安装。

3.6 水轮发电机组安装所用的全部材料，应符合设计要求。对主要材料，必须有检验和出厂合格证明书。

3.7 安装场地应统一规划。并应符合下列要求：

- a) 安装场地应能防风、防雨、防尘。机组安装应在本机组段和相邻的机组段厂房屋顶封闭完成后进行；
- b) 安装场地的温度一般不低于 5℃，空气相对湿度不高于 85%；对温度、湿度和其它特殊条件有要求的设备、部件的安装按设计规定执行；
- c) 施工现场应有足够的照明；
- d) 施工现场必须具有符合要求的施工安全防护设施。放置易燃、易爆物品的场所，必须有相应的安全规定；
- e) 应文明生产，安装设备、工器具和施工材料堆放整齐，场地保持清洁，通道畅通，工完场清。

3.8 水轮发电机组安装完成后，应按本标准及 DL/T507 的要求进行启动试运行，综合检验设计、机组制造和安装质量。试运行合格后，进行该机组启动阶段的验收，并参照附录 A 的要求，移交有关资料。

4 一般规定

4.1 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根据图纸要求

并对照出厂记录进行校核。

设备检查和缺陷处理应有记录和签证。

制造厂质量保证的整装到货设备在保证期内可不分解。

4.2 设备基础垫板的埋设，其高程偏差一般不超过 $-5\text{ mm} \sim 0\text{ mm}$ ，中心和分布位置偏差一般不大于 10 mm ，水平偏差一般不大于 1 mm/m 。

4.3 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、基础板等均应点焊固定。埋设部件与混凝土结合面，应无油污和严重锈蚀。

4.4 地脚螺栓的安装，应符合下列要求：

- a) 检查地脚螺栓孔位应正确，孔内壁应凿毛并清扫干净。螺孔中心线与基础中心线偏差不大于 10 mm ；高程和螺栓孔深度符合设计要求；螺栓孔壁的垂直度偏差不大于 $L/200$ (L 为地脚螺栓的长度 mm ，下同)，且小于 10 mm ；
- b) 二期混凝土直埋式和套管埋入式地脚螺栓的中心、高程应符合设计要求，其中心偏差不大于 2 mm ，高程偏差不大于 $0\text{ mm} \sim +3\text{ mm}$ ，垂直度偏差应小于 $L/450$ ；
- c) 地脚螺栓采用预埋钢筋、在其上焊接螺杆时，应符合以下要求：
 - 1) 预埋钢筋的材质应与地脚螺栓的材质基本一致；
 - 2) 预埋钢筋的断面积应大于螺栓的断面积，且预埋钢筋应垂直；
 - 3) 螺栓与预埋钢筋采用双面焊接时，其焊接长度不应小于 5 倍地脚螺栓的直径；采用单面焊接时，其焊接长度不应小于 10 倍地脚螺栓的直径。

4.5 楔子板应成对使用，搭接长度在 $2/3$ 以上。对于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% 。

4.6 设备安装应在基础混凝土强度达到设计值的 70% 后进行。基础板二期混凝土应浇筑密实。

4.7 设备组合面应光洁无毛刺。合缝间隙用 0.05 mm 塞尺检查，不能通过；允许有局部间隙，用 0.10 mm 塞尺检查，深度不应超过组合面宽度的 $1/3$ ，总长不应超过周长的 20% ；组合螺栓及销钉周围不应有间隙。组合缝处安装面错牙一般不超过 0.10 mm 。

4.8 部件的装配应注意配合标记。多台机组在安装时，每台机组应用标有同一系列标号的部件进行装配。

同类部件或测点在安装记录里的顺序编号，对固定部件，应从 $+Y$ 开始，顺时针编号（从发电机端视，下同）；对转动部件，应从转子 1 号磁极的位置开始，除轴上盘车测点为逆时针编号外，其余均为顺时针编号；应注意制造厂的编号规定是否与上述一致。

4.9 有预紧力要求的连接螺栓，其预应力偏差不超过规定值的 $\pm 10\%$ 。制造厂无明确要求时，预紧力不小于设计工作压力的 2 倍，且不超过材料屈服强度的 $3/4$ 。

安装细牙连接螺栓时，螺纹应涂润滑剂；连接螺栓应分次均匀紧固；采用热态拧紧的螺栓，紧固后应在室温下抽查 20% 左右螺栓的预紧度。

各部件安装定位后，应按设计要求钻铰销钉孔并配装销钉。

螺栓、螺母、销钉均应按设计要求锁定牢固。

4.10 机组的一般性测量应符合下列要求：

- a) 所有测量工具应定期在有资质的计量检验部门检验、校正合格;
- b) 机组安装用的 X、Y 基准线标点及高程点, 相对于厂房基准点的误差不应超过 $\pm 1\text{mm}$;
- c) 各部位高程差的测量误差不应超过 $\pm 0.5\text{mm}$;
- d) 水平测量误差不应超过 0.02mm/m ;
- e) 中心测量所使用的钢丝线直径一般为 $0.3\text{mm} \sim 0.4\text{mm}$, 其拉应力应不小于 1200MPa ;
- f) 无论用何种方法测量机组中心或圆度, 其测量误差一般应不大于 0.05mm ;
- g) 应注意温度变化对测量精度的影响, 测量时应根据温度的变化对测量数值进行修正。

4.11 现场制造的承压设备及连接件进行强度耐水压试验时, 试验压力为 1.5 倍额定工作压力, 但最低压力不得小于 0.4MPa , 保持 10min , 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, 试验压力为 1.25 倍实际工作压力, 保持 30min , 无渗漏现象; 进行严密性试验时, 试验压力为实际工作压力, 保持 8h , 无渗漏现象。

单个冷却器应按设计要求的试验压力进行耐水压试验, 设计无规定时, 试验压力一般为工作压力的 2 倍, 但不低于 0.4MPa , 保持 30min , 无渗漏现象。

4.12 设备容器进行煤油渗漏试验时, 至少保持 4h , 应无渗漏现象, 容器作完渗漏试验后一般不宜再拆卸。

4.13 单根键应与键槽配合检查, 其公差应符合设计要求。成对键应配对检查, 平行度应符合设计要求。

4.14 机组及其附属设备的焊接应符合下列要求:

- a) 参加机组及其附属设备各部件焊接的焊工应按 DL/T 679 或制造厂规定的要求进行定期专项培训和考核, 考试合格后持证上岗;
- b) 所有焊接焊缝的长度和高度应符合图纸要求, 焊接质量应按设计图纸要求进行检验;
- c) 对于重要部件的焊接, 应按焊接工艺评定后制定的焊接工艺程序或制造厂规定的焊接工艺规程进行。

4.15 机组和调速系统所用透平油的牌号应符合设计规定, 各项指标符合 GB 11120 的规定, 见附录 F。

4.16 机组所有的监测装置和自动化元件应按出厂技术条件检查试验合格。

4.17 水轮发电机组的部件组装和总装配时以及安装后都必须保持清洁, 机组安装后必须对机组内、外部仔细清扫和检查, 不允许有任何杂物和不清洁之处。

4.18 水轮发电机组各部件的防腐涂漆应满足下列要求:

- a) 机组各部件, 均应按设计图纸要求在制造厂内进行表面预处理和涂漆防护;
- b) 需要在工地喷涂表层面漆的部件(包括工地焊缝)应按设计要求进行, 若喷涂的颜色与厂房装饰不协调时, 除管道颜色外, 可作适当变动;
- c) 在安装过程中部件表面涂层局部损伤时, 应按部件原涂层的要求进行修补;
- d) 现场施工的涂层应均匀、无起泡、无皱纹, 颜色应一致;
- e) 合同规定或有特殊要求需在工地涂漆的部件, 应符合规定。

5 立式反击式水轮机安装

5.1 埋入部件安装

5.1.1 尾水管中墩鼻端钢衬安装，应符合下列要求：

- a) 鼻端钢衬顶端到机组 X 轴线距离偏差 ± 30 mm；
- b) 鼻端钢衬侧面到机组 Y 轴线距离偏差 ± 15 mm；
- c) 鼻端钢衬顶部 (或底部) 高程偏差 ± 10 mm；
- d) 鼻端钢衬垂直度偏差 10 mm。

5.1.2 尾水管里衬安装，允许偏差应符合表 1 的要求。

表 1 尾水管里衬安装允许偏差

单位为毫米

序号	项目	转轮直径 D					说明
		D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000	
1	肘管断面尺寸	$\pm 0.0015H (B,r)$		$\pm 0.001H (B,r)$			H-断面高度，B-断面长度，r-断面弧段半径
2	肘管下管口	与混凝土管口平滑过渡					
3	肘管、锥管上管口中心及方位	4	6	8	10	12	测量管口上 X、Y 标记与机组 X、Y 基准线间距离
4	肘管、锥管上管口高程	0~+8	0~+12	0~+15	0~+18	0~+20	等分 8~24 点测量
5	锥管管口直径	$\pm 0.0015D$					D-管口直径设计值，等分 8~24 点测量带法兰及插入式尾水管应符合表 17 要求
6	锥管相邻管口内壁周长之差	0.0015L		0.001L			L-管口周长
7	无肘管里衬的锥管下管口中心	10	15	20	25	30	吊线锤测量或检查与混凝土管口平滑过渡

5.1.3 转轮室、基础环、座环安装的允许偏差应符合表 2 要求。设计有特殊要求时应符合设计要求。

表 2 转轮室、基础环、座环安装允许偏差

单位为毫米

序号	项目		转轮直径 D					说明
			D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000	
1	中心及方位		2	3	4	5	6	测量埋件上 X、Y 标记与机组 X、Y 基准线间距离
2	高程		± 3					
3	安装顶盖和底环的法兰面平面度	径向测量	0.05mm/m，最大不超过 0.60					最高点与最低点高程差
		现场不机加工	0.25					
		周向测量	0.30	0.40	0.60			
		现场机加工	0.35					
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、下三个断面 斜流式测量上止口和下止口， 等分 8~64 测点
5	基础环、座环圆度及与转轮室同轴度		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	等分 8~32 测点，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

5.1.4 螺栓把合结构的分瓣转轮室、基础环、座环组合面应涂密封胶，组合缝间隙应符合 4.7 条的要求。为防止漏水，过流面组合缝可封焊，焊缝表面应打磨光滑。组焊结构的转轮室、基础环和座环的组合应符合设计要求。

5.1.5 支柱式座环的上环和固定导叶安装时，座环与基础环的方位偏差方向应一致。为保证导叶端部间隙符合设计要求，应严格控制基础环上平面至座环上平面高度尺寸，考虑混凝土浇筑引起座环的变形、测量工具的误差、以及运行中顶盖的变形引起导叶端面间隙的减小值。为减小座环在混凝土浇筑过程中的变形，座环应有可靠的加固措施。

5.1.6 蜗壳拼装的允许偏差应符合表 3 要求。

表 3 蜗壳拼装允许偏差

单位为毫米

序号	项目	允许偏差	说 明
1	G	+2~+6	
2	K_1-K_2	± 10	
3	e_1-e_2	$\pm 0.002e$	
4	L	$\pm 0.001L$, 最大不超过 ± 9	
5	D	$\pm 0.002D$	
6	管口平面度	3	在钢平台上拼装或拉线检查管口，应在同一平面上（属核对检查项目）

5.1.7 蜗壳安装的允许偏差应符合表 4 要求。

表 4 蜗壳安装允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	允许偏差	说 明
1	直管段中心	到机组 Y 轴线的距离	D-蜗壳进口直径。若钢管已安装好，则以钢管管口为基准，中心偏差不应超过蜗壳板厚的 15%。
		高程	
2	最远点高程	± 15	
3	定位节管口倾斜值	5	
4	定位节管口与基准线偏差	± 5	
5	最远点半径	$\pm 0.004R$	R-最远点半径设计值
6	管口节高	$\pm 0.002H$	H-管口节高 (断面直径) (属核对项目)

5.1.8 蜗壳焊接应符合下列要求：

- a) 焊接应符合 4.14 条的规定；
- b) 各节间、蜗壳与座环连接的对接焊缝间隙一般为 2mm~4mm，过流面错牙不应超过板厚的 10%，但纵缝最大错牙不应大于 2mm，环缝最大错牙不应大于 3mm；
- c) 坡口局部间隙超过 5mm 处，其长度不超过焊缝长度 10%，允许在坡口处作堆焊处理。

5.1.9 蜗壳焊缝应进行外观检查 and 无损探伤检查，制造厂无规定时应符合下列要求：

- a) 焊缝外观检查，应符合表 5 的规定；

表5 蜗壳焊缝外观检查

单位为毫米

序号	项目		允许缺陷尺寸
1	裂纹		不允许
2	表面夹渣		不允许
3	咬边		深度不超过 0.5, 连续长度不超过 100, 两侧咬边累计长度不大于 10% 全长焊缝
4	未焊满		不允许
5	表面气孔		不允许
6	焊缝余高 Δh	手工焊	$12 < \delta \leq 25, \Delta h = 0 \sim 2.5$ $25 < \delta < 80, \Delta h = 0 \sim 5$ δ -钢板厚度
		埋弧焊	0~4
7	对接焊缝宽度	手工焊	盖过每边坡口宽度 2~4, 且平滑过渡
		埋弧焊	盖过每边坡口宽度 2~7, 且平滑过渡
8	飞溅		清除干净
9	焊瘤		不允许

b) 焊缝无损探伤

采用射线探伤时, 检查长度: 环缝为 10%, 纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝为 20%; 焊缝质量, 按 GB/T 3323 规定的标准, 环缝应达到 III 级, 纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝应达到 II 级的要求。

采用超声波探伤时, 检查长度: 环缝、纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝均为 100%; 焊缝质量, 按 GB/T 11345 规定的标准, 环缝应达到 B_{II} 级, 纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝应达到 B_I 级的要求。对有怀疑的部位, 应用射线探伤复核;

c) 混凝土蜗壳的钢衬, 一般作煤油渗透试验检查, 焊缝应无贯穿性缺陷。

5.1.10 蜗壳工地水压试验或保压浇筑蜗壳层混凝土时, 按设计要求进行。

5.1.11 浇筑混凝土前, 蜗壳表面应将角铁、压板等清除干净。焊疤应磨平, 伤及母材者应补焊后磨平, 并作磁粉探伤检查。

5.1.12 蜗壳安装、焊接及浇筑混凝土时, 应有防止座环变形的措施。混凝土浇筑上升速度不超过 300mm/h, 每层浇高一般为 1m~2 m, 浇筑应对称分层分块。液态混凝土的高度一般控制在 0.6m 左右。在浇筑过程中应监测座环变形, 并按实际情况随时调整混凝土浇筑顺序。

5.1.13 埋设件过流表面粗糙度应符合 GB/T 10969 的规定, 尾水管里衬、转轮室、蜗壳(或蜗壳衬板)的过流面焊缝应磨平, 埋设件与混凝土的过流表面应平滑过渡。

5.1.14 机坑里衬安装的允许偏差应符合表 6 要求。

表6 机坑里衬安装允许偏差

单位为毫米

序号	项目	转 轮 直 径					说 明
		D<300	3000≤D	6000≤D	8000≤D	D≥1000	
		0	<6000	<8000	<10000	00	
1	中心	5	10	15	20		测量里衬法兰与座环上部法兰镗口间距离, 等分 8~16 点
2	上口直径	±5	±8	±10	±12		
3	上口高程	±3					等分 8~16 点
4	上口水平	6					等分 8~16 点

5.1.15 接力器基础安装的允许偏差应符合表 7 要求。

表7 接力器基础安装允许偏差

序号	项 目	转 轮 直 径					说 明
		mm					
		D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000	
1	垂直度 mm/m	0.30			0.25		
2	中心及高程 mm	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0	从座环上法兰面测量
3	至机组坐标基准线平行度 mm	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
4	至机组坐标基准线距离 mm	±3.0					

5.2 转轮装配

5.2.1 混流式水轮机分瓣转轮应按专门制定的组焊工艺进行组装、焊接及热处理，并符合下列要求：

- 转轮下环的焊缝不允许有咬边现象，按制造厂规定进行探伤检查，应符合要求；
- 上冠组合缝间隙符合 4.7 要求；
- 上冠法兰下凹值不大于 0.07mm/m，上凸值不应大于 0.03mm/m，最大不得超过 0.06mm。对于主轴采用摩擦传递力矩的结构，一般不允许上凸；
- 下环焊缝处错牙不应大于 0.5mm；
- 分瓣叶片及叶片填补块安装焊接后，叶型应符合设计要求。

5.2.2 止漏环在工地装焊前，安装止漏环处的转轮圆度应符合 5.2.8 的要求；装焊后，止漏环应贴合严密，焊缝质量符合设计要求。止漏环需热套时，应符合设计要求。

5.2.3 分瓣转轮止漏环磨圆时，测点不应少于 32 点，尺寸应符合设计要求，圆度应符合 5.2.8 的要求。

5.2.4 分瓣转轮应在磨圆后按 5.2.5 要求作静平衡试验。试验时应带引水板，配重块应焊在引水板下面的上冠顶面上，焊接应牢固。

5.2.5 转轮静平衡试验应符合下列要求：

- 静平衡工具应与转轮同心，偏差不大于 0.07mm，支持座水平偏差不应大于 0.02mm/m；
- 采用钢球、镜板式平衡法时，静平衡工具的灵敏度，应符合表 8 要求；

表8 球面中心到转轮重心距离

转轮质量(t) kg	最大距离 mm	最小距离 mm
t<5000	40	20
5000≤t<10000	50	30
10000≤t<50000	60	40
50000≤t<100000	80	50
100000≤t<200000	100	70
t≥200000	120	90

- 采用测杆应变法或静压球轴承法时，按制造厂提供的工艺与要求进行；

- d) 残留不平衡力矩,应符合设计要求。设计无要求时,应符合表 9 要求;

表 9 转轮单位质量的许用不平衡量值 e_{per}

最大工作转速 r/min	125	150	200	250	300	400
转轮单位质量的允许不平衡量值 e_{per} g·mm/kg	550	450	330	270	220	170

5.2.6 转桨式水轮机转轮叶片操作试验和严密性耐压试验应符合下列要求:

- 试验用油的油质应合格,油温不应低于 5°C;
- 在最大试验压力下,保持 16h;
- 在试验过程中,每小时操作叶片全行程开关 2 次~3 次;
- 各组合缝不应有渗漏现象,单个叶片密封装置在加与未加试验压力情况下的漏油限量,不超过表 10 规定,且不大于出厂试验时的漏油量;

表 10 每小时单个桨叶密封装置漏油限量

转轮直径 D mm	D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000
每小时单个桨叶密封漏油限量 ml/h	5	7	10	12	15

- 转轮接力器动作应平稳,开启和关闭的最低油压一般不大于额定工作压力的 15%;
- 绘制转轮接力器行程与叶片转角的关系曲线。

5.2.7 主轴与转轮连接,应符合下列要求:

- 法兰组合面应无间隙,用 0.03mm 塞尺检查,不能塞入;
- 法兰护罩的螺栓凹坑应填平;
- 泄水锥螺栓应点焊牢固,护板焊接应采取防止变形措施,焊缝应磨平。

5.2.8 转轮各部位的同轴度及圆度,以主轴为中心进行检查,各半径与平均半径之差,应符合表 11 的要求。

表 11 转轮各部位的同轴度及圆度允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明	
1	额定水头<200m	1) 止漏环	±10%设计间隙	叶片外缘只有认为必要时,并在外窜量等于零时测量
		2) 止漏环安装面		
		3) 叶片外缘		
		4) 引水板止漏圈	±15%设计间隙	
		5) 兼作检修密封的法兰保护罩		
2	额定水头≥200m	1) 上冠外缘	±5%设计间隙	对应固定部分为顶盖及底环
		2) 下环外缘		
		3) 上梳齿止漏环	±0.10 mm	
		4) 下止漏环		

5.3 导水机构预装

5.3.1 导水机构预装前,进行机坑测定,测定座环镗口圆度以确定机组中心;测量座环和基础环上平面高程和水平,并计算高差,应符合 5.1.3 条和图纸要求。

设计有筒形阀的水轮机，筒形阀应参加导水机构预装。

5.3.2 分瓣底环、顶盖、支持盖等组合面应涂密封胶，组合面间隙应符合 4.7 条要求。止漏环需冷缩或机械压入时，应符合设计要求。

5.3.3 导水机构预装应符合下列要求：

- a) 混流式水轮机按机坑测定后给出的中心测点安装下固定止漏环。下固定止漏环的中心作为机组基准中心。按机组基准中心线检查各固定止漏环的同轴度和圆度，各半径与平均半径之差，应符合表 11 中相应部位的允许偏差要求。止漏环工作面高度超过 200mm 时，应检查上、下两圈；
- b) 轴流式水轮机，转轮室中心作为机组基准中心。按机组基准中心线检查密封座和轴承座法兰止口的同轴度，允许偏差应符合表 12 的要求；

表 12 密封座和轴承座法兰止口的同轴度允许偏差

单位为毫米

转轮直径 D	D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000	说明
允许偏差	0.25	0.50	0.75	1.00		均布 8~24 点

- c) 斜流式水轮机，转轮室上止口中心作为机组基准中心；
- d) 导叶的预装数量，一般不少于总数的 1/3；
- e) 底环、顶盖调整后，对称拧紧的安装螺栓的数量一般不少于 50%，并应符合表 13 的要求。检查导叶端面间隙，各导叶头部和尾部两边间隙应一致，不允许有规律的倾斜；总间隙，最大不超过设计间隙，并应考虑承载后顶盖的变形值。

表 13 底环和顶盖调整允许偏差

单位为毫米

项目	转轮直径 D					说明
	D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000	
止漏环圆度	5%转轮止漏环设计间隙					均布 8~24 测点
止漏环同心度	0.15		0.20			均布 8~24 测点
检查底环上平面水平	0.35	0.45		0.60		周向测点数不少于导叶数，取最高点与最低点高程差
导叶轴套孔同轴度	符合设计要求					

5.3.4 不进行预装而直接正式安装的导水机构，也应符合 5.3.1~5.3.3 有关规定的要求。

5.3.5 筒形阀安装应符合下列要求：

- a) 筒体组焊后，在自由状态下筒体圆度应符合设计要求；
- b) 接力器和管路安装调整应符合设计要求，并保证各接力器动作时间的一致性；
- c) 筒体的焊接应符合 JB/T 4709 和 4.14 的规定；
- d) 同步机构和行程指示器的安装应符合设计要求，全行程动作应平稳。

5.4 转动部件就位安装

5.4.1 主轴和转轮吊入机坑后的放置高程，一般应较设计高程略低，其主轴上部法兰面与吊装后的发电机轴下法兰止口底面，应有 2mm~6mm 间隙。对于推力头装在水轮机主轴上的机组，主轴和转轮吊入机坑后的放置高程，应较设计高程略高，以使推力头套装后与镜板有 2mm~5mm

的间隙。主轴垂直度偏差一般不大于 0.05mm/m。

当水轮机或发电机按实物找正时,应调整转轮的中心及主轴垂直,使其止漏环间隙符合 5.4.2 条要求, 主轴垂直度偏差不应大于 0.02mm/m。

5.4.2 转轮安装的最高程、各止漏环间隙或叶片与转轮室的间隙的允许偏差, 当制造厂无规定时应符合表 14 的要求。

表 14 转轮安装高程及间隙允许偏差

单位为毫米

项 目		转轮直径 D					说 明
		D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000	
高 程	混流式	±1.5	±2	±2.5	±3		测量固定与转动止漏环高低错牙
	轴流式	0~+2	0~+3	0~+4	0~+5		测量底环至转轮体顶面距离
	斜流式	0~+0.8	0~+1.0	—			测量叶片与转轮室间隙
间 隙	额定水头 <200m	各间隙与实际平均间隙之差不应超过平均间隙的±20%。					叶片与转轮室间隙, 在全关位置测进水、出水和中间三处
	额定水头 ≥200m	a ₁	各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计间隙的±10%				
		a ₂					
	b ₁	各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计间隙的±10%					
b ₂							
注: 表中的转轮安装高程是考虑了由于水推力造成的转轮下沉后的实际高程值							

5.4.3 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。

5.4.4 操作油管 and 受油器安装应符合下列要求:

- 操作油管应严格清洗, 连接可靠, 不漏油; 螺纹连接的操作油管, 应有锁紧措施;
- 操作油管的摆度, 对固定瓦结构, 一般不大于 0.20mm; 对浮动瓦结构, 一般不大于 0.30mm;
- 受油器水平偏差, 在受油器座的平面上测量, 不应大于 0.05mm/m;
- 旋转油盆与受油器座的挡油环间隙应均匀, 且不小于设计值的 70%;
- 受油器对地绝缘电阻, 在尾水管无水时测量, 一般不小于 0.5MΩ。

5.5 导叶及接力器安装调整

5.5.1 导叶端面间隙应符合设计要求。导叶止推环轴向间隙不应大于该导叶上部间隙值的 50%, 导叶应转动灵活。

5.5.2 在最大开度位置时, 导叶与挡块之间距离应符合设计要求, 无规定时应留 5mm~10mm。

连杆应在导叶和控制环位于某一小开度位置的情况下进行连接和调整, 在全关位置下进行导叶立面间隙检查。连杆的连接也可在导叶用钢丝绳捆紧及控制环在全关位置的情况下进行。导叶关闭圆偏差应符合设计要求。连杆应调水平, 两端高低差不大于 1mm。测量并记录两轴孔

间的距离。

5.5.3 导叶立面间隙，在用钢丝绳捆紧的情况下，用 0.05mm 塞尺检查，不能通过；局部间隙不超过表 15 的要求。其间隙的总长度，不超过导叶高度的 25%。当设计有特殊要求时，应符合设计要求。

表 15 导叶允许局部立面间隙

单位为毫米

项 目	导 叶 高 度 h					说 明
	h<600	600≤h<1200	1200≤h<2000	2000≤h<4000	h≥4000	
不带密封条的导叶	0.05	0.10	0.13	0.15	0.20	
带密封条的导叶	0.15		0.20			在密封条装入后检查导叶立面，应无间隙

5.5.4 接力器安装应符合下列要求：

- a) 需在工地分解的接力器进行分解、清洗、检查和装配后，各配合间隙应符合设计要求，各组合面间隙应符合 4.7 条的要求；
- b) 接力器应按 4.11 条的要求作严密性耐压试验。摇摆式接力器在试验时，分油器套应来回转动 3 次~5 次；
- c) 接力器安装的水平偏差，在活塞处于全关、中间、全开位置时，测套筒或活塞杆水平不应大于 0.10mm/m；
- d) 接力器的压紧行程应符合制造厂设计要求，制造厂无要求时，按表 16 要求确定；

表 16 接力器压紧行程值

单位为毫米

项 目		转 轮 直 径 D					说 明
		D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	8000≤D<10000	D≥10000	
直缸式 接力器	带密封条的导叶	4~7	6~8	7~10	8~13	10~15	撤除接力器油压，测量活塞返回距离的行程值
	不带密封条的导叶	3~6	5~7	6~9	7~12	9~14	
摇摆式接力器		导叶在全关位置，当接力器自无压升至工作油压的 50% 时，其活塞移动值，即为压紧行程。					如限位装置调整方便，也可按直缸接力器要求来确定。

- e) 节流装置的位置及开度大小应符合设计要求；
- f) 接力器活塞移动应平稳灵活，活塞行程应符合设计要求。直缸接力器两活塞行程偏差不应大于 1mm；
- g) 摇摆式接力器的分油器配管后，接力器动作应灵活。

5.6 水导及主轴密封安装

5.6.1 轴瓦应符合下列要求：

- a) 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 μm 的要求；
- b) 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，均不应大于实测平均总间隙的 10%；
- c) 筒式瓦符合 a)、b) 两项要求时，可不再研刮；分块瓦按设计要求确定是否研刮；

- d) 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%。

5.6.2 导轴瓦安装应符合下列要求：

- a) 导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。为便于复查转轴的中心位置，应在轴承固定部分合适部位建立中心测点，测量并记录有关数据；
- b) 导轴瓦安装时，一般应根据主轴中心位置，并考虑盘车的摆度方向及大小进行间隙调整，安装总间隙应符合设计要求。但对只有两部导轴承的机组，调整间隙时，可不考虑摆度；
- c) 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 $\pm 20\%$ 以内，瓦面应保持垂直。

5.6.3 轴承安装应符合下列要求：

- a) 稀油轴承油箱，不允许漏油，一般要按 4.12 条要求作煤油渗漏试验；
- b) 轴承冷却器应按 4.11 条要求作耐压试验；
- c) 油质应合格，油位高度应符合设计要求，偏差一般不超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

5.6.4 主轴检修密封安装应符合下列要求：

- a) 空气围带在装配前，通 0.05MPa 的压缩空气，在水中作漏气试验，应无漏气现象；
- b) 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 $\pm 20\%$ ；
- c) 安装后，应作充、排气试验和保压试验，压降应符合要求，一般在 1.5 倍工作压力下保压 1h，压降不宜超过额定工作压力的 10%。

5.6.5 主轴工作密封安装应符合下列要求：

- a) 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 $\pm 20\%$ ；
- b) 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。

5.7 附件安装

5.7.1 真空破坏阀和补气阀应作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。

5.7.2 蜗壳及尾水管排水闸阀或盘形阀的接力器，均应按 4.11 条要求作严密性耐压试验。

5.7.3 盘形阀的阀座安装，其水平偏差不应大于 0.20 mm/m 。

盘形阀安装后，检查密封面应无间隙，阀组动作应灵活，阀杆密封应可靠。

5.7.4 主轴中心孔补气装置安装，应符合设计要求。如设计有要求，主轴中心补气管应参加盘车检查，摆度值不应超过其密封间隙实际平均值的 20%，最大不超过 0.30 mm 。连接螺栓应可靠锁定。支承座安装后应测对地绝缘电阻，一般不小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。裸露的管路应有防结露设施。

6 贯流式水轮机安装

6.1 埋入部件安装

6.1.1 贯流式水轮机尾水管安装，其允许偏差应符合表 17 的要求。

表 17 贯流式水轮机尾水管安装允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	转 轮 直 径 D			说 明
		D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	
1	管口法兰最大与最小直径差	3.0	4.0	5.0	有基础环的结构，指基础环上法兰
2	中心及高程	±1.5	±2.0	±2.5	管口水平标记的高程和垂直标记的左、右偏差
3	法兰面与转轮中心线距离	±2.0	±2.5	±3.0	(1)若先装管型座，应以其下游侧法兰为基准； (2)测上、下、左、右 4 点
4	法兰面垂直平面度	0.8	1.0	1.2	测法兰面对机组中心线的垂直度

6.1.2 贯流式水轮机管型座安装，其允许偏差应符合表 18 的要求。

表 18 贯流式水轮机管型座安装允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	转 轮 直 径 D			说 明
		D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	
1	方位及高程	±2.0	±3.0	±4.0	(1)上、下游法兰水平标记的高程 (2)部件上 X、Y 标记与相应基准线之距离
2	法兰面与转轮中心线距离	±2.0	±2.5	±3.0	(1)若先装尾水管，应以其法兰为基准； (2)测上、下、左、右 4 点
3	最大尺寸法兰面垂直平面度	0.8	1.0	1.2	其它法兰面垂直及平面度应以此偏差为基础换算
4	圆度	1.0	1.5	2.0	
5	下游侧内、外法兰面间的距离	0.6	1.0	1.2	

6.1.3 贯流式水轮机流道盖板安装，其允许偏差应符合表 19 的要求。

表 19 贯流式水轮机流道盖板安装允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	转 轮 直 径 D			说 明
		D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000	
1	流道盖板竖井孔中心及位置	±2	±3	±4	框架中心线与设计中心线偏差
2	基础框架高程	±5.0			
3	基础框架四角高差	4.0	5.0	6.0	
4	流道盖板竖井孔法兰水平度 mm/m	0.8			

6.1.4 贯流式水轮机接力器基础安装，其允许偏差应符合表 7 的要求。

6.1.5 管型座安装验收后，应按 5.1.11、5.1.12 条进行混凝土浇筑。

6.2 主轴装配

6.2.1 主轴装配一般在安装间进行，主轴放置到装配用的支撑架上后，调整其水平度，一般不应大于 0.5mm/m。

6.2.2 操作油管应严格清洗，连接可靠，不漏油，且保证内操作油管在外操作油管内滑动灵活。

6.2.3 水导轴瓦装配前的检查应符合 5.6.1 要求；装配到主轴上时，轴瓦间隙应符合设计要求，轴瓦两端密封应良好，回油畅通。

6.2.4 水导轴瓦与轴承壳的配合应符合 10.4.4 条的要求；轴承壳、支持环及导水锥之间的组合面间隙应符合 4.7 条的要求。

6.2.5 水导轴承安装时应考虑转动部分的挠曲引起的变化。

6.2.6 有对地绝缘要求的轴承，充油前用 1000V 兆欧表检查其绝缘，不应低于 $1M\Omega$ 。

6.3 导水机构装配

6.3.1 分瓣外导水环、内导水环和控制环组合面应按设计要求涂密封胶或安装密封条，组合缝应符合 4.7 条的要求。装配密封条时其两端露出量一般为 1mm~2mm。

6.3.2 导水机构装配应符合下列要求：

- a) 内、外导水环应调整同轴度，其偏差不大于 0.5mm；
- b) 导水机构上游侧内、外法兰间距离应符合设计要求，其偏差不应大于 0.4mm；
- c) 导叶端面间隙调整，在关闭位置时测量，内、外端面间隙分配应符合设计要求，导叶头、尾部端面间隙应基本相等，转动应灵活；
- d) 导叶立面间隙允许局部最大不超过 0.25mm，其长度不超过导叶高度的 25%。

6.4 导水机构安装

6.4.1 内、外导水环和活动导叶整体吊入机坑时，应将内导水环和导水锥与管型座的同轴度调整到不大于 0.5mm。

6.4.2 控制环与外导水环吊入机坑后，测量或调整控制环与外导水环之间的间隙，应符合设计要求。

6.5 主轴、转轮和转轮室安装

6.5.1 转轮装配后，进行严密性耐压试验和动作试验应符合 5.2.6 要求。

6.5.2 轴线调整时，应考虑运行时所引起的轴线的变化，以及管型座法兰面的实际倾斜值，并符合设计要求。

6.5.3 转轮和主轴连接后，组合面用 0.03 mm 塞尺检查，不得通过。

6.5.4 受油器操作油管应参加盘车检查，其摆度值不大于 0.1 mm。受油器瓦座与操作油管同轴度，对固定瓦不大于 0.15mm，对浮动瓦不大于 0.2mm。

6.5.5 转轮室以转轮为中心进行调整与安装，转轮室与叶片间隙值应符合设计要求。

6.5.6 主轴密封安装应符合 5.6.4 和 5.6.5 要求。

6.5.7 伸缩节安装后，伸缩预留间隙应符合设计要求，其偏差值不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

6.6 过流面和组合面应按设计要求安装密封件和涂密封胶，并进行密封严密性检查，不得渗漏。

6.7 对带有重锤的导水机构，在水轮机总装完成和导水机构操作系统形成后，应按设计要求在机组无水或静水情况下进行重锤关闭试验，并记录关闭时间。

7 冲击式水轮机安装

7.1 引水管路安装

7.1.1 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进口直径的 $\pm 2\%$ 。

7.1.2 分流管的法兰焊接时，应控制和检查法兰的变形情况，不应产生有害变形。

7.1.3 分流管焊接后,对于每一个法兰及喷嘴支撑面,应检查高程、相对于机组坐标线的水平距离、每个法兰相互之间的距离、垂直度、孔的角度位置,使其偏差符合设计要求。

7.1.4 分流管与叉管应作水压试验,试验压力应按制造厂的规定进行。分流管及叉管的焊缝应无渗漏现象,叉管法兰不应产生有害变形。

7.1.5 分流管和叉管如带压浇筑混凝土,分流管内的水压按设计要求控制。

7.2 机壳安装

7.2.1 分瓣组合的机壳应符合 4.7 条要求。对于没有密封或不加垫的组合面,应涂密封胶。

7.2.2 机壳安装时,与机组 X、Y 基准线的偏差不应大于 1mm,高程偏差不应超过 $\pm 2\text{mm}$,机壳上法兰面水平偏差不应大于 0.04mm/m。

对于立式机组,焊接在机壳上的各喷嘴法兰,高程应一致,其高差不应大于 1mm;各法兰垂直度不应大于 0.30mm/m,与机组坐标基准线的距离应符合设计要求。

7.2.3 对布置在发电机两端的双轮卧式机组,两机壳的相对高差不应大于 1mm;中心距应以推力盘位置、发电机转子和轴的实测长度并加上发电机转子热膨胀伸长值为准,其偏差不应超过 0mm~+1mm。

7.3 水轮机轴承装配

7.3.1 立式水轮机轴承装配,应符合下列要求:

- a) 检查轴承法兰的高程和水平,其高程偏差不应大于 2mm,水平偏差一般小于 0.04mm/m;
- b) 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 0.40mm。
预装定位后,应与机壳钻铰定位孔,并配装定位销;
- c) 在机组轴线检查合格后安装水导轴承,应符合下列要求:
 - 1) 稀油轴承油箱,不允许渗漏,应按 4.12 条的要求做煤油渗透试验;
 - 2) 轴承冷却器应按 4.11 条的要求作耐压试验;
 - 3) 油质应合格,油位高度应符合设计要求,偏差一般不超过 $\pm 6\text{mm}$ 。

7.3.2 卧式水轮机轴承的装配应符合下列要求:

- a) 卧式水导轴承如需要在工地研刮,应符合 10.1.1 和 10.1.2 要求;
- b) 轴承间隙调整应符合 10.4 要求。

7.4 水轮机轴安装

7.4.1 水轮机轴在安装前,应检查组合法兰的平面度、光洁度等。

7.4.2 对于立式机组,水轮机轴的上法兰面安装应较设计高程低 20mm~25mm,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。

7.4.3 主轴水平或垂直偏差不应大于 0.02mm/m。

7.4.4 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。

7.5 喷嘴及接力器安装

7.5.1 喷嘴、接力器在安装前应按制造厂要求作严密性耐压试验。

7.5.2 喷嘴和接力器组装后,在 16%额定压力的作用下,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，喷针头与喷嘴口应无间隙。喷针的接力器为内置式接力器时，应检查油、水混合排污腔的漏油、漏水情况，不得渗漏。

7.5.3 喷嘴的安装应符合下列要求：

- a) 喷嘴中心线应与转轮节圆相切，径向偏差不应大于 $\pm 0.2\% d_1$ (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)；
- b) 折向器中心与喷嘴中心偏差，一般不大于 4mm；
- c) 缓冲弹簧压缩长度对设计值的偏差，不应超过 $\pm 1\text{mm}$ ；
- d) 各喷嘴的喷针行程的同步偏差，不应大于设计行程的 2%；
- e) 反向制动喷嘴中心线的轴向和径向偏差不应大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

7.6 转轮安装

7.6.1 转轮安装应符合下列要求：

- a) 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，其偏差不大于 $\pm 0.5\% W$ ；
- b) 转轮端面跳动量不应大于 0.05mm/m；
- c) 转轮与挡水板间隙应符合设计要求。

7.6.2 主轴密封应符合 5.6.5 条的规定。

7.7 控制机构的安装和调整

7.7.1 控制机构各元件的中心偏差，不应大于 2mm，高程偏差不应超过 $\pm 1.5\text{mm}$ ，水平或垂直偏差不应大于 0.10mm/m。安装后动作应灵活。

7.7.2 折向器开口应大于射流半径 3mm，但不超过 6mm。各折向器动作应同步，偏差不超过设计值的 2%。

8 调速系统的安装与调试

8.1 油压装置的安装与调试

8.1.1 回油箱、压力罐基础件和设备的安装，其允许偏差应符合表 20 的要求。

8.1.2 调速系统所用油的牌号和应符合 4.15 条的规定，使用油温范围为 $10^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 。

表 20 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 mm	5	测量设备上标记与机组 X、Y 基准的距离
2	高程 mm	± 5	
3	水平度 mm/m	1	测量回油箱(调速器油箱)四角高程
4	压力罐垂直 mm/m	1	X、Y 方向挂线测量

8.1.3 压力罐、油管路及承压元件使用前，应用合格的汽轮机油，按 4.11 条规定作严密性耐压试验。

8.1.4 卧式油泵、电动机弹性联轴节安装找正，其偏心和倾斜值不应大于 0.08mm。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 1mm~3mm 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。

8.1.5 油压装置各部油位，应符合设计要求。

8.1.6 油泵、电动机试运转，应符合下列要求：

- a) 电动机的检查、试验，应符合 GB 50150 的有关要求；
- b) 油泵一般空载运行 1h，并分别在 25%、50%、75%、100% 的额定压力下各运行 15min，应无异常现象；
- c) 运行时，油泵外壳振动不应大于 0.05mm，轴承外壳温度不应大于 60℃；
- d) 在额定压力下，测量油泵输油量不应小于设计值。

8.1.7 油压装置各部件的调整，应符合下列要求：

- a) 检查压力、油位传感器的输出电压(电流)与油压、油位变化的关系曲线，在工作油压、油位可能变化的范围内应为线性，其特性应符合设计要求；
- b) 安全阀、工作油泵压力信号器和备用油泵压力信号器的调整，设计无规定时应符合表 21 的要求，压力信号器的动作偏差不得超过整定值的±1%，其返回值不应超过设计要求；
- c) 连续运转的油泵，其溢流阀动作压力设计无规定时，应符合表 21 中工作油泵整定值的要求；

表 21 安全阀、油泵压力信号器整定值

单位为兆帕

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

- d) 安全阀动作时，应无剧烈的振动和噪声；
- e) 事故低油压的整定值应符合设计要求，其动作偏差不得超过整定值的 ±2%；
- f) 压力罐的自动补气装置及回油箱的油位发讯装置动作，应准确可靠；
- g) 压力油泵及漏油泵启动和停止动作应正确可靠，不应有反转现象。

8.1.8 压力罐在工作压力下，油位处于正常位置时关闭各连通阀门，保持 8h，油压下降值不应大于额定工作压力的 4%，并记录油位下降值。

8.2 调速器安装

8.2.1 调速器机械柜、电气柜、事故配压阀安装应符合下列要求：

- a) 电液调速器机械柜、电气柜、事故配压阀安装偏差应符合表 22 要求；

表 22 电液调速器机械柜、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 mm	5	测量设备上标记与机组 X、Y 基准线距离
2	高程 mm	±5	
3	机械柜水平 mm/m	0.15	测量电液转换装置底座
4	事故配压阀垂直度或水平 mm/m	0.15	测量事故配压阀基础板
5	电气柜垂直度 mm/m	1	X、Y 方向挂线测量

- b) 组合式电液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；
c) 机械液压型调速器安装见附录 B。

8.2.2 必须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。

8.2.3 调速器机械柜内各指示器、杠杆，应按图纸尺寸进行调整，各机构位置偏差一般不大于 1mm。

8.2.4 导叶和轮叶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 1mm/m；回复机构的联接应牢固，并按设计要求做负载试验。

8.2.5 检查电气部分各系统回路接线，应符合设计要求。其绝缘电阻测定和耐电压试验，应按 GB 50150 中的电气设备交接试验标准的有关要求进行。

8.2.6 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，一般不应超过设计值的 ±1%。

8.2.7 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，应符合设计要求。

8.2.8 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。

8.2.9 录制测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 ±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 ±2% 的范围内，其放大系数的实测值偏差不超过设计值的 ±5%。

8.3 调速系统充油调整试验

8.3.1 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。

8.3.2 检查电液转换装置的零偏和压力零漂。其零偏一般不大于其输出量（电流、电压）额定值的 5%；在工作油压力范围内，其压力零漂一般不应引起接力器明显的移动。

8.3.3 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。

8.3.4 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。

8.3.5 调速系统第一次充油应缓慢进行，充油压力一般不超过额定压力的 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 4.11 规定作严密性试验。

8.3.6 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°。

8.3.7 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%，但最终应满足调节保证计算的要求。

关闭与开启时间，一般取开度 75%~25%之间所需时间的二倍。

8.3.8 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。

8.3.9 检查回复机构死行程，其值一般不大于接力器全行程的 0.2%。

8.3.10 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，其偏差一般不超过设计值的±2%。

8.3.11 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%。

8.3.12 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。

8.3.13 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%。

8.3.14 在蜗壳无水时，记录事故低油压关机压力罐的压力和油位下降值。

8.3.15 在蜗壳无水时，测量导叶和轮叶操作机构的最低操作油压，一般不大于额定油压的 16%。

8.3.16 冲击式水轮机调速系统应根据 8.3 条的有关试验项目和标准进行充油调整试验。

8.4 调速系统模拟试验

8.4.1 模拟调速系统的各种故障，保护装置应可靠动作，报警信号正确。

8.4.2 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，报警信号正确。

9 立式水轮发电机安装

9.1 机架组合

9.1.1 组合式机架的支臂组合后，检查组合缝的间隙，应符合 4.7 条的要求。

承重机架，支臂组合缝的顶端用 0.05mm 塞尺检查，局部不接触长度不应超过顶端总长度的 10%。

9.1.2 焊接式机架组合应符合下列要求：

- a) 在中心体支承牢固后，调整其水平，在上组合面上测量水平度不应大于 0.04mm/m；
- b) 支臂与中心体联接后，检查以下各项应符合设计要求：
 - 1) 各支臂与中心体连接面的错牙；
 - 2) 各支臂的扭斜(即垂直度)；
 - 3) 各支臂基础板的接触面与中心体上组合面的高差；
 - 4) 各支臂外缘的弦距；
- c) 按照制造厂要求进行焊接，若制造厂无明确要求，应符合 4.14 的规定；
- d) 按制造厂图纸或技术文件要求对焊缝进行外观和无损探伤检查，制造厂无明确要求时应按表 5 的要求进行焊缝外观检查，并按以下标准进行无损探伤检查评定：
 - 1) 当采用射线探伤时，按 GB/T 3323 标准评定。受力对接焊缝不低于 II 级，射线探伤焊缝比例为 50%；一般对接焊缝不低于 III 级，射线探伤焊缝比例为 25%；
 - 2) 当采用超声波探伤时，按 GB/T 11345 标准评定。受力对接焊缝不低于 B_I 级，超声波探伤比例为 100%；一般对接焊缝不低于 B_{II} 级，超声波探伤比例为 50%；
- e) 支臂焊接后，在中心体保持 0.04mm/m 的水平状态下，检查各支臂外缘键槽的弦距和各支臂的基础板接触面与中心体上平面的高差应符合设计图纸要求。

9.1.3 分瓣式推力轴承支座组合后，检查轴承安装面的平面度，偏差不应超过 0.2mm。合缝面间隙应符合 4.7 条要求。

9.1.4 分瓣式承重机架组合，其中心体与支臂的组焊要求可按照 9.1.3 和 9.1.2 要求进行。

9.2 轴瓦研刮

9.2.1 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超过瓦面的 5%，必要时可用超声波或其它方式检查。

轴瓦温度计、高压油顶起管道应与轴瓦试装检查。

9.2.2 镜板工作面应无伤痕和锈蚀，其粗糙度和硬度应符合要求。必要时应按图纸检查两平面的平行度和工作面的平面度。

9.2.3 制造厂要求在工地研刮的推力轴瓦，研刮后应符合下列要求：

- a) 瓦面每 1cm² 内应有 1 个~3 个接触点；
- b) 瓦面局部不接触面积，每处不应大于轴瓦面积的 2%，但最大不超过 16cm²，其总和不应超过轴瓦面积的 5%；
- c) 进油边按制造厂要求刮削；
- d) 无托盘的支柱螺钉式推力轴承的轴瓦，应在达到本条 a)、b) 的要求后，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；

- e) 机组盘车后，应抽出推力瓦检查其接触状况，应符合本条 a)、b)的要求；
- f) 高压油顶起油室，按设计要求检查或研刮；
- g) 双层瓦结构的推力轴承，薄瓦与托瓦之间的接触面应符合设计要求。若设计无明确要求，薄瓦与托瓦的接触面应达到 70%以上，接触面应分布均匀。在推力瓦受力状态时用 0.02mm 塞尺检查薄瓦与托瓦之间应无间隙。

9.2.4 需在工地研刮的导轴瓦，应符合 5.6.1 条的有关要求。

9.3 定子装配

9.3.1 制造厂内叠片的分瓣定子组合后，应符合下列要求：

- a) 机座组合缝间隙用 0.05mm 塞尺检查，在螺栓及定位销周围不应通过；
- b) 铁心合缝处按设计要求加垫，加垫后铁心合缝处不应有间隙；
- c) 铁心合缝处槽底部的径向错牙不应大于 0.3mm；
- d) 合缝处线槽宽度应符合设计要求；
- e) 定子机座与基础板的组合应符合 4.7 条要求。

9.3.2 制造厂内叠片的分瓣组合的定子圆度，各实测半径与平均半径之差不应大于设计空气间隙值的 $\pm 4\%$ 。一般沿铁心高度方向每隔 1m 距离选择一个测量断面，每个断面不少于 12 个测点，每瓣每个断面不少于 3 点，合缝处应有测点。

整体定子铁心的圆度，也应符合上述要求。

9.3.3 在工地叠片的定子机座组装，按制造厂规定进行，如制造厂无明确规定，应符合下列要求：

- a) 按分度方位和分布半径布置调整组装支墩和楔子板，组装支墩应临时固定稳固，各楔子板顶面高差在 2mm 以内；
- b) 中心测圆架安装应稳固，测圆时应避免各种外因的影响。
测圆架中心柱的垂直度不大于 0.02mm/m，在测量范围内的最大倾斜不超过 0.05mm。
应检查测圆架中心柱的实际直径和测臂的静平衡情况；
- c) 在机座组合的工艺合缝中按制造厂要求加垫片。当环板为对接焊缝时垫片厚度一般为 2mm~3mm，当环板为搭接焊缝时垫片厚度一般为 1mm。

对于定位筋在制造厂已焊接的机座，应根据机座结构计算焊缝的收缩量、必要时进行模拟焊接试验并作工艺评定，以确定合缝处加垫的厚度。一般推荐：对接焊缝为 2.5mm，搭接焊缝为 1mm；

- d) 定子机座组合调整后，焊接前应符合如下要求：
 - 1) 机座下环板圆周上固定下齿压板的螺孔中心（对有穿芯螺杆孔的机座，为穿芯螺杆中心）的半径与设计半径之差不大于 $\pm 1.5\text{mm}$ ；
 - 2) 各环板内圆绝对半径的平均值与设计值的偏差应符合制造厂要求。一般推荐，对接焊缝结构见表 23，搭接焊缝结构见表 24；

表 23 对接焊缝结构机座的各环板内圆绝对半径平均值与设计值的偏差 单位为毫米

机座分瓣数	3	4	5	6	8
各环板内圆绝对半径偏差	+1.0~+2.0	+1.5~+2.5	+2.0~+3.0	+2.5~+3.5	+3.0~+4.0

表 24 搭接焊缝结构机座的各环板内圆绝对半径平均值与设计值的偏差 单位为毫米

机座分瓣数	≤5	≥6
各环板内圆绝对半径偏差	+0.5~+1.5	+1.0~+2.0

- 3) 在制造厂内焊接定位筋的机座，定位筋的内圆半径与设计半径之差不大于空气间隙的 $\pm 1\%$ 。

9.3.4 焊接后检查、调整机座，应符合 9.3.3 d) 1)、2)项的要求，各半径的绝对尺寸偏差不大于 $\pm 2\text{mm}$ 。

定位筋在制造厂焊接的机座在工地组焊后，在各环板处测量定位筋的半径与设计值的偏差应在空气间隙值的 $\pm 2\%$ 以内，但最大允许偏差不得超过设计值的 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

9.3.5 定位筋安装，应符合下列要求：

- 定位筋在安装前应校直。用不短于 1.5m 的平尺检查，定位筋在径向和周向的直线度不大于 0.1mm。定位筋长度小于 1.5m 的，用不短于定位筋长度的平尺检查；
- 定位筋的基准筋定位(或搭焊)后，其半径与设计值的偏差应在设计空气间隙值的 $\pm 0.8\%$ 以内，周向及径向倾斜不大于 0.15 mm；
- 定位筋全部焊接后，定位筋的半径与设计值的偏差，应在设计空气间隙值的 $\pm 2\%$ 以内，最大偏差数值不超过设计值的 $\pm 0.5\text{mm}$ ；相邻两定位筋在同一高度上的半径偏差不大于设计空气间隙值的 0.6%；同一根定位筋在同一高度上因表面扭斜而造成的半径差不大于 0.10mm；
- 定位筋在同一高度上的弦距与平均值的偏差不大于 $\pm 0.25\text{mm}$ ，但累积偏差不超过 0.4mm；
- 周向倾斜布置的定位筋安装的倾斜方向和倾斜值应符合设计要求；
- 定位筋托板与机座环板间一般无间隙；
- 如果定位筋已在制造厂焊接，在工地也需按上述要求检查，超标处应进行处理；

9.3.6 下齿压板安装，应符合以下要求：

- 各齿压板的相互高差不大于 2mm，相邻两块齿压板压指的高差不大于 1mm。对于小齿压板结构，各齿压板压指同断面的内圆一般比外圆高 1mm~3.5mm，根据铁心堆积高度和下齿压板结构及联接方式而定，一般定子铁心高度越高，下齿压板内侧比外侧要高得越多，铁心高度超过 2.5m 时应取上限值；
- 用短齿冲片作样板，调整压指中心和冲片齿中心偏差不大于 2mm，压指齿端和冲片齿端径向距离应符合图纸要求。

9.3.7 定子铁心叠片应符合下列要求：

- 铁心冲片应清洁、无损、平整、漆膜完好；
- 按制造厂要求的程序叠装定子铁心冲片，并控制不同冲片段和每一小段的叠装高度，根据制造厂要求在叠片的上下端部的冲片间涂刷粘合剂；

- c) 按制造厂要求，叠片应紧靠定位筋或留有径向间隙，若有间隙，所留间隙应均匀；
- d) 铁心叠片过程中应按每张冲片均匀布置不少于 2 根槽样棒和制造厂要求的槽楔槽样棒定位，并用整形棒整形；
- e) 根据叠片分段压紧后测量的铁心高度和波浪度的偏差，在每段叠片中按偏差值不大于 $0\text{mm}\sim+1\text{mm}$ ，用制造厂指定的方法进行高度补偿；
- f) 铁心的叠片高度应考虑整体压紧和热压的压缩量，一般热压的压缩量宜根据铁心高度的 $0.2\%\sim0.3\%$ 考虑，并且平均分配到每一叠片段中；
- g) 铁心叠压过程中，应经常检查并调整其圆度。

9.3.8 定子铁心压紧应符合下列要求：

- a) 铁心外侧的压紧螺栓应按设计要求安装，与铁心应保持 2mm 以上的间距。
穿心压紧螺栓应保持绝缘无损、可靠，蝶形弹簧垫圈良好；
- b) 铁心应进行分段和整体压紧，分段压紧高度和次数应符合制造厂规定，在制造厂无明确规定时，应根据铁心结构确定分段压紧高度，一般每段不宜超过 600mm；
- c) 铁心分段压紧和整体压紧的压紧力应符合制造厂要求；
- d) 铁心压紧按序分次增加压紧力，直至达到制造厂规定的数值。也可用测量均匀分布的压紧螺杆伸长的方法核对压紧的平均压力，整个圆周上测量的螺杆数不得少于 10 根；
- e) 有热态压紧要求的定子铁心，在铁心整体压紧后、铁心磁化试验前进行。按制造厂的规定加热，然后自然冷却至环境温度时，按本条 c)、d) 的要求压紧；
- f) 铁心磁化试验后按本条 d) 要求进行压紧检查；
- g) 铁心试验前、后应检查穿心螺杆对地绝缘，绝缘值应符合制造厂要求。

9.3.9 在叠片完成并分段压紧后进行上齿压板安装，在压紧螺杆全部安装就位后，调整上齿压板压指中心与冲片齿中心偏差不大于 2mm，压指齿端和冲片齿端径向距离应符合图纸要求。

9.3.10 定子铁心组装后应符合下列要求：

- a) 铁心圆度测量：按铁心高度方向每隔 1m 左右，分多个断面测量，每断面不少于 16 个测点。定子铁心直径较大时，每个断面的测点应适当增加，各半径与设计半径之差不超过发电机设计空气间隙的 $\pm 4\%$ ；
- b) 在铁心槽底和背部均布的不少于 16 个测点上测量铁心高度，各点测量值与设计值的偏差不应超过表 25 的规定。一般取正偏差；

表 25 定子铁心各测点高度的允许偏差 单位为毫米

铁心高度 h	$h < 1000$	$1000 \leq h < 1500$	$1500 \leq h < 2000$	$2000 \leq h < 2500$	$h \geq 2500$
偏差	-2~+4	-2~+5	-2~+6	-2~+7	-2~+8

- c) 铁心上端槽口齿尖的波浪度不大于表 26 的规定；

表 26 铁心上端波浪度允许值 单位为毫米

铁心长度 l	$l < 1000$	$1000 \leq l < 1500$	$1500 \leq l < 2000$	$2000 \leq l < 2500$	$l \geq 2500$
波浪度	6	7	9	10	11

- d) 用通槽棒对铁心的槽形逐槽检查应全部通过，槽深和槽宽与设计值相符。

9.3.11 支持环装配应按制造厂规定进行；金属支持环接头焊接，应用非磁性材料；绝缘支持环连接应符合制造厂要求。绝缘包扎须紧密，原有绝缘与新绝缘搭接处应削成斜坡，搭接长度一般不小于表 27 的规定。

表 27 支持环绝缘包扎搭接长度

发电机额定电压 kV	6.3	10.5	13.8	15.75	18.0
搭接长度 mm	25	30	40	45	50

9.3.12 线圈嵌装前应作下列检查：

- a) 检查单个定子线圈在冷态下的直线段宽度尺寸，应符合设计规定；
- b) 按 14.1 要求对线圈作电气试验；

9.3.13 定子线圈的嵌装应符合下列要求：

- a) 线圈与铁心及支持环应靠实，上下端部线圈标高应一致，斜边间隙符合设计规定，线圈固定牢靠；
- b) 上下层线圈接头相互错位超过 5mm 处应进行整形处理，不应影响接头的可靠施焊。前后距离偏差应在连接套长度范围内；
- c) 线圈直线部分嵌入线槽后，单侧间隙超过 0.3mm、连续长度大于 100mm 时，可用半导体垫条塞实，塞入深度应尽量与线圈嵌入深度相等。采用半导体槽衬结构的定子线圈，单侧间隙应符合制造厂的规定；
- d) 上、下层线圈嵌装后，应按 14.1 的规定进行耐电压试验；
- e) 线圈主绝缘采用环氧粉云母，电压等级在 10.5kV 及以上的机组，线圈嵌装后一般应在额定相电压下测定表面槽电位或槽电阻，槽电位一般小于 10V 或槽电阻应符合制造厂要求。

9.3.14 槽楔应与线圈及铁心齿槽配合紧密。槽楔打入后按制造厂规定的方法检查槽楔紧度，每块槽楔允许空隙的长度，不应超过槽楔长度的 1/3。槽楔不应凸出铁心，槽楔的通风口应与铁心通风沟的中心对齐，偏差不大于 3mm。其伸出铁心槽口的长度及固定方式应符合设计要求。

9.3.15 线圈接头焊接，应符合下列要求：

- a) 参加钎焊操作人员必须经专业培训，考试合格后上岗；
- b) 钎焊前，线棒接头和被钎焊的零件应按制造厂要求清理干净，露出金属光泽；
- c) 使用锡钎焊料并头套结构的钎焊接头，接头铜线、并头套、铜楔等应搪锡。并头套、铜楔和铜线导电部分，应结合紧密，不得强行夹紧；铜线与并头套之间的间隙，一般不大于 0.3mm，局部间隙允许 0.5mm；
- d) 使用磷铜钎料股线搭接结构的钎焊接头，股线搭接长度不应小于股线厚度的 5 倍；
- e) 使用磷银铜钎料搭板结构的钎焊接头，接头装配后的填料间隙一般小于 0.25mm；
- f) 接头钎焊时，应按制造厂规定的加热方法和工艺进行。

9.3.16 对线圈接头绝缘的要求：

- a) 对采用云母带包扎的绝缘，包扎前应将原绝缘削成斜坡，其搭接长度一般应符合表 27

的要求；绝缘包扎层间应刷胶、包扎应密实，包扎层数应符合设计要求；

- b) 对采用环氧树脂浇注的绝缘，环氧树脂的配比混合应符合设计要求；接头四周与绝缘盒间隙应均匀，线圈端头绝缘与盒的搭接长度应符合设计要求；浇灌饱满，无贯穿性气孔和裂纹。

9.3.17 汇流母线安装应符合下列要求：

- a) 螺栓连接接头应搪锡或镀银，接头接触面应平整，接头接触面的平直度不应超过 0.03mm 或接头接触面用 0.05mm 塞尺检查应符合要求。连接螺栓用力矩扳手按设计要求的螺栓预紧力拧紧；
- b) 焊接接头应无气孔、夹渣，表面应光滑，焊料应饱满。

9.3.18 定子绕组对地和绕组间绝缘电阻测量：

- a) 定子绕组的每相绝缘电阻值，在换算至 100℃ 时，不得低于按下式计算的数值：

$$R = \frac{U_N}{1000 + \frac{S_N}{100}} \quad (\text{M}\Omega)$$

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)，可按下式修正：

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

式中：

R — 对应温度为 100℃ 的绕组热态绝缘电阻计算值， MΩ。

- b) 在 40℃ 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 $R_{10\text{min}/1\text{min}}$ 不小于 2.0。

9.4 转子装配

9.4.1 轮毂热套应符合下列要求：

- a) 轮毂的膨胀量，除考虑过盈量外，还应加上套装工艺要求的间隙值，以及套入过程中轮毂降温引起的收缩值。过盈量以热套前检查实测的数值并参考制造厂提供的数值计算，而套装工艺要求间隙值，一般取轴径的 1/1000，轮毂降温引起的收缩值，视轴径大小，在 0.5mm~1.0mm 间选取；
- b) 轮毂加热前应调整主轴的垂直度和在起吊受力状态下轮毂的水平度，宜控制在 0.05mm/m 以内。加热时应监视并控制温度使上下膨胀均匀。加热后应仔细检查轮毂的膨胀量，其值须满足本条 a) 的计算要求；
- c) 轮毂热套后，主轴凸台处应先行冷却。冷却过程中，轮毂上下端温差一般不超过 40℃。

9.4.2 轮臂组装前，应对中心体作如下检查和调整：

- a) 按图纸要求检查各部尺寸；
- b) 转子中心体应支撑牢靠，并调整中心体水平，其水平度不应大于 0.03mm/m。

9.4.3 轮臂组合后进行检查，应符合下列要求：

- a) 组合缝间隙符合 4.7 条的要求，
- b) 轮臂下端各挂钩高程差，当轮臂外缘直径小于 8m 时不应大于 1mm，轮臂外缘直径为 8m 及以上时不应大于 1.5mm；
- c) 轮臂外缘圆度及垂直度，各键槽上、下端弦长，键槽深度和宽度，均应符合设计要求；
- d) 轮臂键槽的切向和径向的倾斜度不应大于 0.25mm/m，最大不超过 0.5mm。

9.4.4 圆盘式结构转子支架的组装应符合下列要求：

- a) 转子中心体应支撑牢靠，调整中心体水平，在上法兰面上测量水平度不应大于 0.03mm/m；
- b) 对称挂装转子支架的扇形瓣，转子支架与中心体组合后，应符合如下要求：
 - 1) 轮臂挂钩上平面的高程差为 1.5mm，相邻两个挂钩上平面的高差不超过 1mm；
 - 2) 立筋板的半径应根据焊缝的收缩量决定，一般比设计值大 2mm~5mm。如果立筋板外表面需要刨、铣时，在考虑焊缝的收缩量后再增加适当的刨、铣余量；
 - 3) 立筋板的垂直度不大于 0.15mm/m；
 - 4) 轮臂在焊接前的活动弦长的尺寸应考虑焊接的收缩量。

9.4.5 转子圆盘支架焊接过程中应监视支架尺寸的变化，并采取纠偏措施。焊接完成后必须根据制造厂的图纸和技术文件的要求进行外观和无损探伤检查。若制造厂无明确要求时，对焊接焊缝的质量评定方法同 9.1.2 d) 的要求。焊接完成后在中心体水平满足 9.4.4 a) 要求时，检查圆盘支架的尺寸应符合以下要求：

- a) 影响转子圆度的立筋板外平面的半径与设计值的偏差不应超过空气间隙的 $\pm 1.5\%$ 。对配制立筋垫板或副立筋板的转子支架，其立筋板的半径应在立筋垫板或副立筋板已焊完、并经修磨处理后的尺寸符合此要求。当立筋垫板在焊接后再刨、铣加工时，其加工后的半径与设计值的偏差不应超过空气间隙的 $\pm 1\%$ ；
- b) 立筋板的垂直度不大于 0.2 mm/m；
- c) 轮臂外缘上下端的弦长应符合设计要求；
- d) 立筋板的挂钩高程偏差不大于 2 mm，但相邻两挂钩高程差不大于 1mm；
- e) 制动环板连接面的平面度不超过 2.5mm。

9.4.6 对磁轭冲片和通风槽片检查应符合下列要求：

- a) 磁轭冲片和通风槽片表面应平整，无油污，无锈蚀，无毛刺；
- b) 磁轭冲片宜在制造厂内称重分组。若制造厂内未对磁轭冲片按质量分组，应按表 28 要求过秤、分组，每组抽出 3 张~5 张测量厚度，堆放时正反面应一致；
- c) 根据冲片过秤、分组、厚度记录及磁轭装配图，计算并列磁轭堆积配重表。通风槽片也应参加配重；
- d) 通风槽片的导风带与衬口环的高度和位置应符合设计要求。检查衬口环之间的高差，一般不大于 0.2mm。导风带、衬口环与冲片贴合紧密并点焊牢固。

表 28 磁轭冲片质量分组

单位为千克

每张磁轭冲片质量 (t)	转速(n) r/min		
	n<100	100≤n<300	n≥300
t<20	0.3	0.2	0.1
20≤t<40	0.4	0.3	0.2
t≥40	0.5	0.4	0.3

9.4.7 制动环板安装应符合下列要求:

- a) 制动环板按编号装配, 无编号时按质量对称布置;
- b) 对于装焊结构的制动环板, 制动环板的制动面的平面度应小于 2.5mm, 径向焊缝不允许下凸, 允许上凹值不大于 0.5mm;
- c) 对于装配式结构的制动环板:
 - 1) 环板径向应水平, 其偏差应在 0.5mm 以内, 沿整个圆周的波浪度应不大于 2mm;
 - 2) 接缝处应有 2mm 以上的间隙。按机组旋转方向检查闸板接缝, 后一块不应凸出前一块;
 - 3) 环板部位的螺栓应凹进摩擦面 2mm 以上。

9.4.8 磁轭冲片的叠装, 应符合下列要求:

- a) 磁轭冲片应先试叠 100mm 高度、检查各部尺寸符合要求后, 再正式叠装;
- b) 冲片一般由磁轭键和销钉定位。无定位结构的磁轭, 可均匀穿入 20% 以上的永久螺杆定位, 且每张冲片不少于 3 根;
- c) 磁轭冲片由临时导向键作切向和径向定位的结构, 导向键的安装按制造厂规定进行;
- d) 叠片过程中, 冲片与转子支架立筋外圆的间隙应均匀, 冲片正反面应一致。叠片方式和叠片高度应符合设计要求;
- e) 磁轭压紧用力矩扳手对称、有序进行, 逐次增大压紧力直至达到要求预紧力。宜在圆周方向均匀抽查不少于 10 根螺杆的伸长值, 以校核预紧力。永久螺杆的应力和伸长值应符合制造厂规定;
- f) 磁轭压紧后, 按重量法计算磁轭的叠压系数不应小于 0.99。分段压紧高度应按制造厂要求进行。制造厂没有明确要求时, 分段压紧高度一般不大于 800mm。但对于冲片质量较差或冲片叠压阻力较大的磁轭的分段压紧高度应降低;
- g) 磁轭叠装过程中, 应经常检查和调整其圆度;
- h) 布置在磁轭下部的制动闸板, 其径向水平和波浪度的调整, 一般与每次压紧工作同时进行, 并符合 9.4.7 c) 的要求;
- i) 磁轭全部压紧后, 磁轭的平均高度不得低于磁轭设计高度。同一纵截面上的高度偏差不应大于 5mm。沿圆周方向的高度相对于设计高度的偏差不超过表 29 的规定;

表 29 磁轭圆周方向各测点高度允许偏差

单位为毫米

磁轭高度 h	h<1000	1000≤h<1500	1500≤h<2000	2000≤h<2500	h≥2500
允许偏差	-1~+5	-1~+7	-1~+8	0~+10	0~+11

- j) 磁轭与轮臂挂钩一般无间隙, 个别的不应大于 0.5mm;
- k) 通风沟、鸽尾槽、弹簧槽等位置尺寸, 应符合设计要求;

- l) 磁轭压板应过秤，按质量对称布置；
- m) 磁轭与磁极的接触面，用不短于 1m 的平尺检查应平直，个别高点应磨平；
- n) 对分段磁轭的叠装也应符合上述规定及图纸的要求。

9.4.9 径向磁轭键安装应满足下列要求：

- a) 在冷状态下对称地打紧磁轭键，冷打键时转子支臂与磁轭间在半径方向产生的相对位移应符合制造厂的推荐值。制造厂无明确规定时，一般可根据转子磁轭的残余变形的大小，控制其在半径方向的相对位移的平均值为 0.08 mm ~ 0.25 mm；
- b) 对有热打键要求的磁轭，磁轭键上端露出的长度，必须满足热打键的要求；
- c) 磁轭热打键 (或热加垫) 加温时，磁轭应有良好的保温并采取与支臂形成温差的措施；
- d) 磁轭热打键 (或热加垫) 的紧量必须符合设计要求；
- e) 磁轭热打键后冷却至室温，检查磁轭圆度合格后，磁轭键下端按轮臂挂钩切割平齐，上端应留出 150 mm ~ 200 mm，但必须与上机架或挡风板保持足够的距离；
- f) 无轴结构的转子，热打键 (或热加垫) 后应检查转子中心体上、下止口处的变形情况；
- g) 对具有磁轭横向键、周向定位键、副定位键和叠片键等多种组合键的安装按制造厂要求进行。

9.4.10 测量磁轭圆度，各半径与设计半径之差不应大于设计空气间隙值的 $\pm 3.5\%$ 。

9.4.11 磁极安装前应作下列检查：

- a) 磁极线圈在压紧情况下，其压板与铁心的高度差，应符合设计要求，无规定时不应超过 $-1\text{mm} \sim 0\text{mm}$ ；
- b) 磁极挂装前、后，应按 14.4 条规定进行电气检查和试验；
- c) 按磁极号检查极性及装配质量，并按制造厂编号顺序挂装磁极。制造厂无规定时，应满足在磁极挂装后任意 $22.5^\circ \sim 45^\circ$ 角度范围内，对称方向不平衡质量不应超过表 30 的要求，配重时一般计入引线及附件的质量。

表 30 磁极挂装不平衡质量允许偏差

磁轭与磁极 的质量之和 t	不同转速 (r/min) 下的磁极挂装不平衡质量允许偏差		
	kg		
	<200	$\geq 200 \sim < 500$	≥ 500
t < 200	6	3	2
$200 \leq t < 400$	8	4	2
$400 \leq t < 600$	10	5	3
$600 \leq t < 800$	12	6	4
t ≥ 800	14	7	4

9.4.12 磁极挂装应满足下列要求：

- a) 磁极中心挂装高程偏差应符合表 31 的要求；

表 31 磁极中心挂装高程偏差

磁极铁心长度 m	高程允许偏差 mm
≤1.5	± 1.0
1.5~2.0	± 1.5
>2.0	± 2.0

- b) 额定转速在 300r/min 及以上的转子，对称方向磁极挂装高程差不大于 1.5mm；
- c) 磁极键打入前，应在斜面上涂润滑剂，打入后，接触应紧密。检查合格后的磁极键，其下端按鸽尾槽底切割平齐，上端留出约 200mm，但也应与上机架或挡风板保持足够的距离；
- d) 磁极挡块应紧靠磁极鸽尾底部，并焊接牢固；
- e) 极间撑块应安装正确、支撑紧固并可可靠锁定。

9.4.13 磁极挂装后检查转子圆度，各半径与设计半径之差不应大于设计空气间隙值的 ±4%。转子的整体偏心值应满足表 32 的要求，但最大不应大于设计空气间隙的 1.5%。

表 32 转子整体偏心的允许值

机组转速 (n) r/min	n<100	100≤n<200	200≤n<300	300≤n<500
偏心允许值 mm	0.50	0.40	0.30	0.15

9.4.14 磁极接头连接和励磁引线安装，应符合下列要求：

- a) 接头错位不应超过接头宽度的 10%，接触面电流密度应符合设计要求；
- b) 焊接接头焊接应饱满，外觀光洁，并具有一定弹性。
螺栓连接接头，接触应严密，并按 9.3.17 a) 的要求进行连接；
- c) 接头绝缘包扎应符合设计要求。接头与接地导体之间应有不小于 8mm 的安全距离。绝缘卡板卡紧后，两块卡板端头应有 1 mm ~ 2 mm 间隙；
- d) 转子励磁引线排列应整齐，固定应牢靠。端部接头应按设计要求连接。螺栓连接的接头应搪锡或镀银，镀层应平整，并按 9.3.17 a) 的要求进行连接。螺栓应锁定可靠。

9.4.15 风扇应无裂纹等缺陷，安装应牢固、锁定可靠。严禁对风扇进行气割或电焊作业。其金属部分与磁极接头及线圈的距离一般不小于 10mm。

9.4.16 阻尼环接头的接触面，用 0.05mm 塞尺检查，塞入深度不应超过 5mm。阻尼环接头的连接螺栓应按制造厂规定的扭矩紧固、锁定可靠。

9.4.17 转子吊入机坑前，按 14.5 条检查试验项目进行逐项试验。

9.5 总体安装

9.5.1 机架安装应符合下列要求：

- a) 机架安装的中心偏差不应大于 1mm, 转速高于 200r/min 的机组宜以挡油圈外圆定中心, 中心偏差数值符合制造厂要求, 挡油圈的圆度应符合设计规定;
- b) 机架上的推力轴承座的中心偏差应不大于 1.5mm, 水平偏差应不大于 0.04mm/m。对于无支柱螺钉支撑的弹性油箱推力轴承和多弹簧支撑结构的推力轴承的机架的水平偏差不应大于 0.02mm/m;
- c) 机架安装的高程偏差一般不应超过 $\pm 1.5\text{mm}$;
- d) 机架径向支撑千斤顶宜水平, 受力应一致。其安装高程偏差一般不超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

9.5.2 制动器安装应符合下列要求:

- a) 制动器应按设计要求进行严密性耐压试验, 保持 30min, 压力下降不超过 3%。弹簧复位结构的制动器, 在卸压后活塞应能自动复位;
- b) 制动器顶面安装高程偏差不应超过 $\pm 1\text{mm}$ 。与转子制动环板之间的间隙偏差, 应在设计值的 $\pm 20\%$ 范围内;
- c) 制动系统管路应按设计要求进行严密性耐压试验;
- d) 制动器应通入压缩空气作起落试验, 检查制动器动作的灵活性及制动器的行程是否符合要求。

9.5.3 定子安装应符合下列要求:

- a) 定子安装方位应与发电机引出线位置相符, 保证发电机引出线的正常连接;
- b) 定子按水轮机实际中心线找正时, 在组装时的相同断面测量, 各半径与平均半径之差不应超过设计空气间隙的 $\pm 4\%$, 定子按转子找正时, 应符合本条 d) 的要求;
- c) 按水轮机主轴法兰盘高程及各部件实测尺寸核对定子安装高程, 应使定子铁心平均中心高程与转子磁极平均中心高程一致, 其偏差值不应超过定子铁心有效长度的 $\pm 0.15\%$, 但最大不超过 $\pm 4\text{mm}$;
- d) 当转子位于机组中心时, 检查定、转子间上、下端空气间隙, 各间隙与平均间隙之差不应超过平均间隙值的 $\pm 8\%$ 。

9.5.4 转子吊装应符合下列要求:

- a) 对悬吊式机组转子吊装前调整制动器顶面的高程, 使转子吊入后推力头套装时, 与镜板保持 4mm~8mm 间隙;
- b) 无轴结构的伞式或半伞式水轮发电机, 其制动器顶面高程的调整, 只需考虑水轮机与发电机间的联轴间隙。转子吊入时也可通过导向件将转子直接落在推力轴承上;
- c) 转子吊装时, 彻底清理转子下部。并在磁轭下部检查测量转子的挠度;
- d) 若发电机定子按转子找正时, 转子应按合格的水轮机轴找正, 两法兰面中心偏差应小于 0.04mm, 法兰盘之间平行度应小于 0.02mm。并校核发电机轴垂直度或转子中心体上法兰面的水平;
- e) 若发电机定子中心已按水轮机固定部分找正, 则转子吊入后, 按空气间隙调整中心, 测量检查定子与转子上、下端的空气间隙, 各间隙与平均间隙之差不应超过平均间隙值的 $\pm 8\%$ 。

9.5.5 推力头安装应符合下列要求:

- a) 推力头套入前调整镜板的高程和水平。在推力瓦面不涂润滑油的情况下测量其水平偏差应在 0.02mm/m 以内。高程应考虑在承重时机架的挠度值和弹性推力轴承的压缩值;
- b) 推力头热套前, 调整其在起吊状态下的水平。过度配合的推力头热套时, 推力头的加热温度以不超过 100℃ 为宜;
- c) 推力头热套后, 降至室温时才能安装卡环。卡环受力后, 应检查卡环上、下受力面的间隙, 用 0.02mm 塞尺检查不能通过。否则, 应抽出处理, 不得加垫;
- d) 推力头与轴螺栓连接时, 连接螺栓的预紧力应符合 4.9 要求。组合面不应有间隙, 用 0.03mm 塞尺检查, 不能通过。带导轴颈的推力头中心偏差不得超过 0.03 mm。

9.5.6 推力轴瓦调整应符合下列要求:

- a) 推力瓦受力应在大轴处于垂直、镜板的高程和水平符合要求、转子和转轮处于中心位置时进行调整;
- b) 一般用测量轴瓦托盘变形的的方法调整刚性支撑推力轴承的受力。起落转子, 各托盘变形值与平均变形值之差不超过平均变形值的 $\pm 10\%$;
- c) 采用锤击抗重螺钉的方法调整刚性支撑推力轴承受力时, 在水轮机轴承处, 用百分表监视大轴, 锤击力应使大轴平均约有 0.05mm~0.10mm 的倾斜, 在相同锤击力下大轴倾斜的变化值与平均变化值之差不超过平均变化值的 $\pm 10\%$;
- d) 对于液压支柱式推力轴承, 在靠近推力轴承的上、下两部导轴瓦抱紧情况下, 起落转子, 落下转子后松开导轴瓦时各弹性油箱压缩量偏差不大于 0.2mm;
- e) 对于无支柱螺钉的液压推力轴承, 各弹性油箱的压缩量, 应符合设计规定。
- f) 对于平衡块式推力轴承, 应在平衡块固定的情况下, 起落转子, 测量托瓦或上平衡块的变形, 其变形值应符合设计要求。设计无要求时, 各托瓦或上平衡块的变形值与平均变形值之差, 不超过平均变形值的 $\pm 10\%$;
- g) 对于弹性梁双支点结构的推力轴承, 在镜板吊至推力瓦上后, 调整镜板水平不大于 0.02mm/m。检查各推力瓦出油边与镜板应无间隙, 各块瓦进油边两角与镜板的平均间隙之差不大于 $\pm 20\%$;
- h) 多弹簧支撑结构的推力轴承安装按制造厂要求进行;
- i) 推力轴瓦最终调整定位后, 推力瓦压板及挡板与瓦的轴向、切向间隙, 推力瓦与镜板的径向相对位置, 液压轴承的钢套与油箱底盘的轴向间隙值均应符合设计要求;
- j) 为便于检查弹性油箱有无渗漏, 当推力轴承已调整合格、机组转动部分落于推力轴承上时, 须按十字线方向测量推力轴承座的上表面至镜板间的距离, 并作记录;

9.5.7 检查调整机组轴线, 应符合下列要求:

- a) 一般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;
- b) 如采用高压油顶起装置盘车, 推力瓦及高压油顶起装置系统应清扫干净。当不采用高压油顶起装置盘车时, 推力瓦面应涂上无杂质的清洁的润滑剂;

- c) 推力轴承刚性盘车, 各瓦受力应初调均匀, 镜板水平符合 9.5.5 a) 要求。并调整靠近推力头的导轴瓦或临时导轴瓦的单侧间隙, 一般为 0.03 mm ~ 0.05 mm。轴线调整完毕后, 机组各部摆度值, 应不超过表 33 的要求。

在条件许可时, 弹性推力轴承也应按刚性方式盘车检查机组轴线各处摆度, 同时按本条 d 款要求进行弹性盘车, 检查镜板外缘轴向摆度;

表 33 机组轴线的允许摆度值(双振幅)

轴名	测量部位	摆度类别	轴转速 (n) r/min				
			n<150	150≤n<300	300≤n<500	500≤n<750	n≥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: 在任何情况下, 水轮机导轴承处的绝对摆度不得超过以下值:
 转速在 250 r/min 以下的机组为 0.35mm。
 转速在 250~600 r/min 以下的机组为 0.25mm。
 转速在 600 r/min 及以上的机组为 0.20mm。
 注 4: 以上均指机组盘车摆度, 并非运行摆度。

- d) 液压支柱式推力轴承的弹性盘车, 应在弹性油箱受力调整合格后进行。靠近推力轴承上部和下部的导轴瓦间隙调整至 0.03 mm ~ 0.05 mm, 盘车时镜板边缘处的轴向摆度应不超过表 34 的要求。

轴线检查调整合格后, 应复查弹性油箱受力, 符合 9.5.6 d) 要求;

表 34 镜板允许的轴向摆度(端面跳动)

镜板直径 m	轴向摆度 mm
<2.0	≤0.10
2.0~3.5	≤0.15
>3.5	≤0.20

- e) 多段轴结构的机组, 在盘车时应检查各段轴线的折弯情况, 偏差一般不宜大于 0.04mm/m。机组盘车前应查阅轴线在厂内的加工记录以及热打键(或热加垫)后转子与上、下轴止口的间隙变化情况, 以在盘车时检查轴线的变化;
- f) 转子处于中心位置时, 用盘车方式, 每旋转 90°检查空气间隙, 其值应符合 9.5.3 d) 要求;
- g) 在转子处于中心位置时, 宜用空气间隙监测装置配合盘车方式核对定子圆度、转子圆度, 并分别符合 9.3.10 a)和 9.4.13 要求;
- h) 宜用在十字方向挂钢丝线或轴孔中心挂钢丝线或其它方法核对轴线的折弯和垂直度。

9.5.8 推力轴承高压油顶起装置和外循环冷却装置的安装, 应符合下列要求:

- a) 系统油管路应清扫干净，用油泵向油系统连续打油，直至出油油质合格为止。按设计要求作耐油压试验；
- b) 溢流阀的开启压力应符合设计规定。各单向阀应在承受反向压力时作严密性耐油压试验，在 0.5、0.75、1.0 及 1.25 倍反向工作压力下各停留 10min，均不得渗漏；
- c) 在工作压力下，调整各节流阀油量，使各瓦的油膜厚度相互差不大于 0.02mm；
- d) 推力轴承外循环冷却装置和管路，应清扫干净，并按设计要求作耐水压试验。

9.5.9 悬吊式机组推力轴承各部绝缘电阻应不小于表 35 的规定。

表 35 悬吊式机组推力轴承各部绝缘

序号	推力轴承部件	绝缘电阻 MΩ	兆欧表电压 V	备注
1	推力轴承底座及支架	5	500	在底座及支架安装后测量
2	高压油顶起压油管路	10	500	与推力瓦的接头联接前，单根测试
3	推力轴承总体	1	500	轴承总装完毕，顶起转子，注入润滑油前，温度在 10~30°C
4	推力轴承总体	0.5	500	轴承总装完毕，顶起转子，注入润滑油后，温度在 10~30°C
5	推力轴承总体	0.02	500	转子落在推力轴承上，转动部分与固定部分的所有联接件暂拆除
6	埋入式检温计	50	250	注入润滑油前，测每个温度计心线对推力轴瓦的绝缘电阻

注：序 3、序 4、序 5 三项，可测其中一项。

9.5.10 导轴承安装应符合下列要求：

- a) 机组轴线及推力瓦受力调整合格；
- b) 水轮机止漏环间隙及发电机空气间隙合格；
- c) 有绝缘要求的分块式导轴瓦在最终安装时，绝缘电阻一般在 50MΩ 以上；
- d) 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；
- e) 分块式导轴瓦间隙允许偏差不应大于 ±0.02mm，但相邻两块瓦的间隙与要求值的偏差不大于 0.02mm。间隙调整后，应可靠锁定；
- f) 主轴处于中心位置时，在 X、Y 十字方向，测量轴颈与瓦架加工面处的距离，并作记录。

9.5.11 油槽安装，应符合下列要求：

- a) 油槽应按 4.12 要求作煤油渗漏试验；
- b) 油槽冷却器，安装前应按设计要求进行耐水压试验，安装后按 4.11 要求进行严密性试验；
- c) 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图纸规定，沟槽式密封毛毡装入槽内应有 1mm 左右的压缩量，密封毛毡与转轴不应紧密接触；
- d) 油槽内应清洁，并按设计要求保证油循环线路流畅；
- e) 挡油圈外圆应与机组同心，中心偏差不大于 1.0mm，并应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 ±10%；
- f) 油槽油面高度应符合设计要求，偏差一般不大于 ±5mm；
润滑油的牌号应符合设计要求，注油前检查油质，应符合 GB 11120 中的规定；

- g) 在转动部件上进行电焊作业时，应把电焊机地线直接联接到需焊接的零件上。并采取安全保护措施，以保证电焊的焊渣不溅入油槽和轴承。

9.5.12 盖板、挡风板和消防管道安装

- a) 挡风板、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（喷水或喷 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；
- c) 上、下盖板和上、下挡风板应严格按设计要求组装，焊接可靠，螺栓紧固，锁定牢靠。上、下盖板应保持其严密性。

9.5.13 空气冷却器的安装，应符合下列要求：

- a) 单个冷却器在安装前应按 4.11 要求作耐水压试验；
- b) 空气冷却器的支架安装，在高度方向允许偏差 $\pm 10\text{mm}$ ，圆周方向允许偏差 $\pm 6\text{mm}$ 。按设计要求进行焊接或连接；
- c) 机组内部容易产生冷凝水的管路，应采取防结露措施。

9.5.14 发电机测温装置的安装，应符合下列要求：

- a) 测温装置的绝缘电阻，一般不小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。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 35 中序号 6 的要求；
- b) 定子线圈测温装置的端子板，如有放电间隙，间隙一般为 $0.3\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$ ；
- c) 轴承油槽密封前，测温装置应进行检查。各电阻温度计电阻值相互差不大于 1.5%，对地绝缘良好。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；
- d) 温度计和测温开关标号，应与瓦号、冷却器号、线圈槽号一致。

9.5.15 集电环安装应符合下列要求：

- a) 集电环安装的水平偏差一般不超过 2mm ；
- b) 集电环的有关电气试验应符合 14.4 的规定；
- c) 集电环的电刷在刷握内滑动应灵活，无卡阻现象；刷握距集电环表面应有 $2\text{mm} \sim 3\text{mm}$ 间隙；电刷与集电环的接触面，不应小于电刷截面的 75%；弹簧压力应均匀。

9.6 励磁系统及装置安装

9.6.1 励磁系统及装置的安装应符合 GB/T 7409.3 的规定。并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。

9.6.2 励磁系统的盘、柜安装的特殊要求

- a) 使用一次通风或密闭循环式空冷的整流功率柜、滤尘器不应堵塞，热交换器的冷却水路应畅通；
- b) 对接插式抽屉的接插触头应按设计要求进行检查。

9.6.3 灭磁开关安装

- a) 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；

- b) 检查灭弧触头和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；
- c) 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。

9.6.4 励磁系统电缆的敷设与配线

励磁变与功率柜间连接的动力电缆，其长度应相等。

电缆敷设及盘内配线应符合 GB 50168 和 GB 50171 的要求。

10 卧式水轮发电机安装

10.1 轴瓦研刮

10.1.1 轴瓦和镜板的检查按 9.2.1 条和 9.2.2 条要求进行。制造厂要求在工地研刮的轴瓦，一般分初刮和精刮两次进行。初刮在转子穿入定子前进行，精刮在转子中心找正后进行。

10.1.2 座式轴承的研刮，应符合下列要求：

- a) 轴瓦与轴颈间的间隙应符合设计要求，两侧的间隙为顶部间隙的一半，两侧间隙差不应超过间隙值的 10%；
- b) 轴瓦下部与轴颈的接触角应符合设计要求，但不超过 60°。沿轴瓦长度应全部均匀接触，在接触角范围内每平方厘米应有 1 个~3 个接触点；
- c) 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 15mm。

10.1.3 推力瓦研刮应符合下列要求：

- a) 推力瓦与推力盘的接触面应达到 75%，每平方厘米应有 1 个~3 个接触点；
- b) 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 0.02mm。

10.2 轴承座安装

10.2.1 轴承座的油室应清洁，油路畅通，并按 4.12 条要求做煤油渗漏试验。

10.2.2 根据水轮机固定部件的实际中心，初调两轴承孔中心，其同轴度的偏差不应大于 0.1mm；轴承座的水平偏差，横向一般不超过 0.2mm/m，轴向一般不超过 0.1mm/m。

10.2.3 轴承座的安装，除应按水轮机固定部件的实际中心调整轴承孔的中心外，还应考虑转子就位后，主轴的挠曲变形值及轴承座的压缩值。

- a) 将转子分别起、落在轴承座上，测量轴承座压缩值，以相同厚度的垫片加于轴承座底部；
- b) 根据转子主轴的挠曲变形值，调整发电机后轴承座的上扬值，使水轮机的法兰能与发电机的法兰平行对中连接。

10.2.4 在需要加垫调整轴承座时，所加垫片不应超过 3 片，且垫片应穿过基础螺栓。

10.2.5 有绝缘要求的轴承，安装完毕并连接好所有管路后，用 1000V 兆欧表检查轴承座对地绝缘电阻值一般不小于 0.5MΩ。绝缘垫应清洁，并应整张使用，四周宽度应大于轴承座 10mm~15mm。销钉和基础螺栓应加绝缘。

10.2.6 预装轴承盖时，检查轴承座与轴承盖的水平结合面，紧好螺栓后用 0.05mm 塞尺检查应无间隙。轴承盖结合面、油挡与轴瓦座结合处应按制造厂要求安装密封件或涂密封涂料。

10.2.7 轴承座与基础板间各组合面的间隙及楔形板的安装应符合 4.7 条和 4.5 条的要求。

10.3 定子、转子及附件安装

10.3.1 对需要在现场组装的定子和转子应符合 9.3 和 9.4 的有关条文要求。

10.3.2 同轴水轮机和发电机的主轴一次找正。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，同轴度偏差不应大于 0.04mm，两法兰面倾斜不应大于 0.02mm。

10.3.3 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 $\pm 8\%$ 。

10.3.4 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，一般可取 1.0mm~1.5mm 或按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。

10.3.5 主轴联接后，盘车检查各部分摆度，应符合下列要求：

- a) 各轴颈处的摆度应不大于 0.03mm；
- b) 推力盘的端面跳动量应不大于 0.02mm；
- c) 联轴法兰的摆度应不大于 0.1mm；
- d) 滑环处的摆度应不大于 0.2mm。

10.3.6 风扇安装

- a) 风扇表面应光洁，无裂纹和其它机械损伤；
- b) 在现场安装的风扇，应按制造厂要求紧固螺栓，并应锁紧。严禁使用弹簧垫圈和在风扇上气割和电焊；
- c) 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 $\pm 20\%$ ；
- d) 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，一般不小于 5mm。

10.3.7 发电机端盖安装，应在发电机内部清洁无杂物、端盖内各部件安装完毕、各配合间隙符合要求后进行。端盖与机壳间的结合面的密封应符合设计要求。

10.4 轴承各部分检查及间隙调整

10.4.1 轴线调整后，盘车检查轴瓦的接触情况，并符合下列要求：

- a) 主轴与下轴瓦的接触面，应符合 10.1.2 b) 的要求；
- b) 推力瓦与推力盘的接触面，应符合 10.1.3 a) 的要求。

10.4.2 轴承的间隙应符合下列要求：

- a) 轴颈与轴瓦的顶部间隙和侧面间隙应符合 10.1.2 a) 要求；
- b) 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，主轴以每米、每摄氏度膨胀 0.011mm 时，保持足够的间隙，以保证运行时转子能自由膨胀。

10.4.3 推力轴瓦的轴向间隙（主轴窜动量），一般为 0.3mm~0.6mm（较大值适用于较大的轴径）。

10.4.4 轴瓦与轴承外壳的配合应符合下列要求：

- a) 对于圆柱形轴瓦，上轴瓦与轴承盖间应无间隙，且应有 0.05mm 紧量；下轴瓦与轴承座

接触严密，承力面应达 60% 以上；

- b) 对于球形轴瓦，球面与球面座的接触面积为整个球面的 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。

10.4.5 密封环与转轴间隙，应符合设计图纸规定，一般为 0.2mm 左右；安装时，其分半对口间隙不应大于 0.1mm，且无错牙。

11 灯泡式水轮发电机安装

11.1 定子装配

11.1.1 整体到货的定子应满足下列要求：

- a) 测量定子圆度，应符合 9.3.2 条的要求；

b) 测量定子下游侧管形座把合孔分布圆与定子铁心的同心度，对无倾斜和偏心结构的定子，两者的中心偏差不大于 1mm；对于有倾斜和偏心结构的定子，定子下游侧管形座把合孔分布圆与定子中心线的偏心及倾斜角应符合图纸要求。

11.1.2 工地整圆叠片的定子，参照 9.3 相关的要求进行定子机座组合、定子铁心叠压及定子绕组装配，对于有倾斜和偏心结构的定子应按制造厂的技术文件要求进行定子铁心装配。

11.2 转子装配

11.2.1 转子支架竖立后，调整中心体水平度不大于 0.03mm/m。

11.2.2 参照 9.4.11、9.4.12 的要求安装磁极。磁极安装后检查磁极两端极距应符合设计图纸和技术文件要求。

11.2.3 按 9.4.7 要求安装制动环。

11.2.4 测量转子圆度，转子各半径与平均半径之差不大于空气间隙的 $\pm 4\%$ 。转子的整体偏心应符合 9.4.13 的规定。

11.2.5 转子引出线、极间连接线及阻尼环连接线安装参照 9.4 的有关要求进行。

11.3 主轴及组合轴承装配

11.3.1 主轴在安装场就位后，调整主轴水平不应大于 0.05mm/m。

11.3.2 正、反向推力瓦的检查和研刮应符合 9.2 的有关条文的要求。

11.3.3 分瓣镜板或推力环装配到主轴上后，检查和测量镜板或推力环与主轴止口两侧及镜板或推力环组合面应无间隙，用 0.05mm 塞尺检查不得通过；分瓣镜板工作面在合缝处的错牙应小于 0.02mm，沿旋转方向后一块不得凸出前一块。

11.3.4 调整正向推力瓦与镜板间隙，各正向推力瓦与镜板的间隙应在平均间隙的 $\pm 0.03\text{mm}$ 以内。

11.3.5 调整反向推力瓦与镜板间隙，各反向推力瓦与镜板的间隙应在平均间隙的 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内。

11.3.6 正、反向推力瓦与主轴装配后，正、反向推力瓦与镜板的总间隙一般为 0.3mm~0.6mm。如制造厂有规定应按制造厂要求调整，调整偏差不超过 0.10mm。

11.3.7 径向轴承装配应符合下列要求：

- a) 径向轴瓦按 5.6.1 a) 要求进行检查, 如需研刮, 应按 10.1.2 条的要求进行;
- b) 轴瓦与轴颈间隙应符合制造厂设计要求;
- c) 球面支撑的径向轴承, 球面与轴承壳、轴承壳球面与球面座之间的间隙应符合制造厂设计的要求。

11.3.8 组合轴承端面密封间隙按设计要求进行调整。

11.4 发电机总装

11.4.1 主轴及组合轴承安装应符合下列要求:

- a) 轴线位置确定后, 按设计要求调整轴承支架中心; 轴承支架与径向轴承球面座之间的间隙应符合设计要求;
- b) 镜板与正、反向推力瓦总间隙应符合 11.3.6 条的要求。径向轴承间隙符合设计要求;
- c) 受油器或轴承绝缘应符合 10.2.5 条的要求。

11.4.2 径向轴承的高压油顶起装置的安装、调整, 参照 9.5.8 条的要求进行。

11.4.3 主轴与转子联接后, 盘车检查各部位摆度, 应符合下列要求:

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

11.4.4 定子安装时应仔细清扫定子与管形座组合面, 并严格按设计要求安放密封盘根; 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 $\pm 8\%$ 。

11.4.5 以水轮机转轮与转轮室之间的轴向中心线为基准, 调整定、转子轴向磁力中心。当定子铁心长度小于 1.5m 时, 定、转子的磁力中心偏差应小于 $\pm 1\text{mm}$; 当定子铁心长度大于 1.5m 时, 定、转子磁力中心偏差应小于 $\pm 2\text{mm}$ 。

11.4.6 灯泡头与冷却锥安装时应仔细清扫灯泡头、冷却锥与定子间组合面, 并严格按设计要求安装密封盘根; 灯泡头如需焊接, 应采取严格的工艺措施, 保证焊缝质量。

11.4.7 支承结构的安装, 应根据不同结构型式按制造厂要求进行。应测量并记录由于灯泡体重量引起定子上游侧的下沉值。

11.4.8 高压油系统、润滑油系统、冷却水系统、通风系统及制动系统的管路布置、安装及试验参照第 9 章的相关技术要求进行。

11.4.9 挡风板与转动部分的径向和轴向间隙应符合设计要求, 其偏差不应大于设计值的 20%。

11.4.10 所有密封件按制造厂要求安装, 安装完毕后, 所有组合面按制造厂要求进行严密性耐压试验。

12 管道及附件安装

12.1 管件及管道附件制作

12.1.1 管子的弯曲半径, 热弯管时一般不小于管径的 3.5 倍; 冷弯管时一般不小于管径的 4 倍; 采用弯管机热弯时, 一般不小于管径的 1.5 倍。

12.1.2 热弯管时，加热应均匀，升温应缓慢，加温次数一般不超过 3 次。常用管子热弯温度及热处理条件一般按表 36 的规定进行。

表 36 常用管子热弯温度及热处理条件

材质	钢号	热弯温度区间 °C	热处理条件		
			热处理温度	恒温时间	冷却方式
碳素钢	10、20	750~1050	不处理	不处理	不处理
不锈钢	1Cr18Ni9Ti	900~1200	(1050~1100)°C 淬火	每毫米壁厚 0.8min	水急冷
有色 金属	铜	500~600	不处理		
	铜合金	600~700			

12.1.3 弯制有缝管时，其纵缝位置应置于水平与垂直之间的 45°处。

12.1.4 管子弯制后的质量应符合下列要求：

- a) 无裂纹、分层，过烧等缺陷；
- b) 管子截面的最大与最小的径差，一般不超过管径的 8%；
- c) 弯曲角度应与样板相符；
- d) 弯管内侧波纹褶皱高度一般不大于管径的 3%，波距不小于 4 倍波纹高度；
- e) 环形管弯制后，应进行预装，其半径偏差一般不大于设计值的 2%；管子应在同一平面上，其偏差不大于 40 mm。

12.1.5 管子切口质量应符合下列要求：

- a) 切口表面应平整，局部凸凹一般不大于 3 mm。
- b) 管端切口平面与中心线的垂直偏差一般不大于管子外径的 2%，且不大于 3 mm。

12.1.6 Ω形伸缩节，一般用一根管子煨成，并保持在同一平面。

12.1.7 焊接弯头的曲率半径，一般不小于管径的 1.5 倍；90°弯头的分节数，一般不少于 4 节；焊后弯头轴线角度应与样板相符。

12.1.8 焊制三通的支管垂直偏差一般不大于其高度的 2%。

12.1.9 锥形管制作，其长度一般不小于两管外径差的 3 倍，两端直径及圆度应符合设计要求，偏差不得超过设计直径的 ±1%，且不超过 ±2 mm。

12.1.10 支、吊架的制作形式、材质、尺寸及精度应符合设计图纸的规定，支、吊架结构上的孔应采用机械钻孔。

12.1.11 制作法兰垫片时，应根据管道输送介质和压力选用垫片材料，垫片宜切成整圆，避免接口。当大口径垫片需要拼接时，应采用斜口搭接或迷宫式嵌接，不得平口对接。垫片尺寸应与法兰密封面相符，内径允许大 2mm~3 mm，外径允许小 1.5mm~2.5 mm。

12.2 管道焊接

12.2.1 管子接头应根据管壁厚度选择适当的坡口型式和尺寸，一般壁厚不大于 4 mm 时，选用 I 型坡口，对口间隙 1mm~2 mm；壁厚大于 4 mm 时，采用 70°角的 V 型坡口，对口间隙及钝边均为 0 mm~2 mm。管子对口错边应不超过壁厚的 20%，但最大不超过 2 mm。

12.2.2 油、气系统及有特殊要求的水系统管道中的钢管对口焊接时，应采用氩弧焊封底，电弧焊盖面的焊接工艺；管子的外径 $D \leq 50\text{mm}$ 的对口焊接宜采用全氩弧焊。

12.2.3 铜管的对口焊接和铜管与碳钢管接头的焊接，宜采用承插口插入焊接。

12.2.4 管道焊接的工艺要求

a) 焊条的选用，应按照母材的化学成分、力学性能、焊接接头的抗裂性、使用条件及施工条件等确定，且焊接工艺性能良好；

b) 焊接定位焊缝时，应采用与根部焊道相同的焊接材料和焊接工艺，定位焊缝的长度、厚度和间距，应能保证焊缝在正式焊接过程中不致开裂；

c) 严禁在坡口之外的母材表面引弧和试验电流，并应防止电弧损伤母材；

d) 不锈钢管对口焊接用氩弧焊打底时，焊缝内侧应充氩气或其它保护气体，或采取其它防止内侧焊缝金属被氧化的措施；

e) 焊接时应采取合理施焊方法和施焊顺序，焊接过程中应保证起弧和收弧处的质量，收弧时应将弧坑填满。多层焊的层间接头应错开；

f) 应在焊接作业指导书规定的范围内，在保证焊透和熔合良好的条件下，采用小电流、短电弧、快速焊和多层多道焊工艺，并应控制层间温度。

12.2.5 焊缝质量检查

a) 焊缝表面加强高度，其值为 1mm~2mm；遮盖面宽度，I型坡口为 5mm~6mm，V型坡口盖过每边坡口约 2mm；

b) 焊缝表面应无裂纹、夹渣和气孔等缺陷。咬边深度应小于 0.5mm；长度不超过焊缝长的 10%，且小于 100mm；

c) 除自流排放介质的管道外，管道的焊缝均应在介质为水的强度耐压试验中进行检查，不得有渗漏及裂纹现象。强度耐压试验按 4.11 条要求进行；

d) 额定工作压力大于 8MPa 的管道对接焊缝，除进行介质为水的强度耐压试验外，还应进行射线探伤的抽样检验。抽检比例和质量等级应符合设计要求，设计无要求时抽检比例不得低于 5%，其质量不得低于 III 级。

12.3 管道安装

12.3.1 管道安装时，焊缝位置应符合下列规定：

a) 直管段两环缝间距不小于 100mm，且应大于 2 倍管子外径；

b) 对接焊缝距离弯管起弯点不得小于 100mm，且不小于管子外径；

c) 环焊缝距支、吊架净距不应小于 50mm，穿过隔墙和楼板的管道，在隔墙和楼板内，不得有焊口；

d) 在管道焊缝上不得开孔，如必须开孔时，焊缝应经无损探伤检查合格。

12.3.2 管子对口检查平直度，在距接口中心 200mm 处测量允许偏差 1mm；全长允许偏差不超过 10mm。

12.3.3 管道的埋设，应符合下列规定：

a) 管道的出口位置偏差，一般不大于 10mm，管口伸出混凝土面一般不小于 300mm，管子距混凝土墙面，一般不小于法兰的安装尺寸，管口应可靠封堵；

b) 管道不宜采用螺纹和法兰连接；

- c) 测压管道，应尽可能减少拐弯，曲率半径要大，并应考虑排空，测压孔应符合设计要求；
- d) 排水、排油管道应有与流向一致的坡度，其坡度应符合设计要求。无设计要求时，一般按 2%~3%的坡度施工；
- e) 油管道一般采用埋设套管的办法；
- f) 管道过混凝土伸缩缝时，其过缝措施应符合设计要求。

12.3.4 明管安装位置应符合下列规定：

- a) 管子安装位置 (坐标及标高) 的偏差一般室外不大于 15mm，室内不大于 10mm；
- b) 水平管弯曲和水平偏差，一般不超过 0.15%，且不超过 20mm；立管垂直度偏差，一般不超过 0.2%，且不超过 15mm；
- c) 排管安装应在同一平面上。偏差不大于 5mm，管间间距偏差应在 0mm~+5mm 范围内；
- d) 自流排水管和排油管坡度应与液流方向一致，坡度一般在 0.2%~0.3%。

12.3.5 法兰连接应符合下列规定：

- a) 法兰密封面及密封垫不得有影响密封性能的缺陷存在。垫片厚度，除低压水管用橡胶板可达 4mm 外，其它一般为 1 mm~2 mm，垫片不得超过两层；
- b) 法兰把合后应平行，偏差不大于法兰外径的 1.5 / 1000，且不大于 2mm。紧固螺栓的规格尺寸、安装方向应一致，螺栓压紧力应均匀，螺栓应露出螺母 2 个~3 个螺距；
- c) 管子与平法兰焊接时，应采取内外焊接，内焊缝不得高出法兰工作面，所有法兰与管子焊接后应垂直，一般偏差不超过 1%；
- d) 压力管道弯头处，不应设置法兰；
- e) 焊接在主管上的支管，与主管的贯穿部位应有补强法兰或采取其它的补强措施。

12.3.6 油系统管道，不得采用焊接弯头。采用热压制弯头时，弯头的壁厚应不小于直管壁厚。

12.3.7 卡箍式和卡套式管接头的安装位置距支吊架的距离，应符合设计要求。

12.3.8 使用卡套式管接头的管道，其管道的材质、圆度、外径偏差及伸出卡套的长度应符合设计要求。压紧螺母紧固后，管子顶端不得与管接头体接触，对接管接头管口中心偏差不大于管径的 2%。

12.3.9 管螺纹接头的密封材料，宜采用聚四氟乙烯带或密封胶。拧紧螺纹时，不得将密封材料挤入管内。

12.3.10 管子、管件及阀门安装前，内部应清理干净。安装时，应保证不落入脏物。

12.3.11 管道安装时，应及时进行支、吊架的固定和调整。支、吊架位置应正确，安装应整齐、牢固，并与管子接触良好。

12.3.12 管道隔热使用的材料，其强度、容重、导热系数、耐热性、含水率和品种规格均应符合设计要求。

12.4 管道内壁处理

12.4.1 油系统管道和调速系统管道安装前，其内壁可按设计要求进行酸洗、中和及钝化处理。设计无要求时，可参考附录 D 执行。

12.4.2 油、水、气系统管道和调速系统管道使用前，其内壁应按设计要求和标准进行冲洗、检验。设计无要求时，可参考附录 D 执行。

12.5 管道及管件的试验

12.5.1 工地自行加工的承压容器和工作压力在 1MPa 及以上的管件，应按 4.11 条的要求作强度耐压试验。工地自行加工的无压力容器按 4.12 条的要求作渗漏试验。

12.5.2 工作压力在 1MPa 及以上的阀门和 1MPa 以下的重要部位的阀门，应按 4.11 条的要求作严密性耐压试验。

12.5.3 埋设的压力管道及管件，在混凝土浇筑前，应按 4.11 条的要求作严密性耐压试验。

12.5.4 油、水、气系统管道及管件安装后，一般应进行充油、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。

13 蝴蝶阀及球阀安装

13.1 蝴蝶阀安装

13.1.1 蝴蝶阀的密封在安装前应作检查。充气式橡胶密封，通压力为 0.05MPa 压缩空气，在水中作漏气试验，应不漏气；实心式橡胶密封和金属密封，应按照规定要求进行检查。

13.1.2 需要在现场分解、清扫和组装的蝴蝶阀，组装后应符合下列要求：

- a) 轴承间隙应符合设计要求，轴承密封处不允许渗漏。
- b) 各组合面间隙，应符合 4.7 条要求；

阀体分瓣组合面橡胶盘根的两端，应露出阀体上、下游法兰的盘根槽底面 1mm~2mm。

13.1.3 阀体与活门组装后，应符合下列要求：

- a) 在密封未装之前，检查活门在关闭位置与阀体间的间隙应均匀，偏差不应超过实际平均间隙值的 $\pm 20\%$ ；
- b) 在活门关闭位置，充气式橡胶密封在未充气状态下，其密封间隙应符合设计要求，偏差不应超过设计间隙值的 $\pm 20\%$ ；在工作气压下，橡胶密封应无间隙；
- c) 在活门关闭位置，实心式橡胶密封和金属密封与阀体密封面不得有间隙，调整密封紧量，使其符合设计要求。

13.1.4 蝴蝶阀安装位置的偏差，应符合下列要求：

- a) 蝴蝶阀上、下游侧的压力钢管或蜗壳管口露出混凝土墙面的长度，必须保证部件安装和焊接时有足够的操作空间；
- b) 蝴蝶阀安装时，沿水流方向的中心线，应根据蜗壳及钢管的实际中心确定，与设计位置的偏差一般不大于 3mm；横向中心线(上、下游位置)与设计中心线的偏差，一般不大于 10mm；蝴蝶阀的水平和垂直度，在法兰焊接后测量，其偏差不应大于 1mm/m，对直径大于 4m 的蝴蝶阀不应大于 0.5mm/m；
- c) 为便于检修时将蝴蝶阀向伸缩节方向移动，基础螺钉和螺孔间应留有足够距离，其值不应小于法兰之间橡胶盘根的直径。

13.1.5 蝴蝶阀安装后应作如下检查：

- a) 蝴蝶阀阀门的开度，在全开位置时，偏差不大于 $\pm 1^\circ$ ；
- b) 在最高静水头下作蝴蝶阀的严密性试验，保持 30min，其前后密封的漏水量不应超过设计允许值。当无法在最高静水头下试验时，可在实际水头下试验，其漏水量折算到最高静水头时的漏水量应符合设计要求；
- c) 检查机械锁定和液压锁定以及行程开关的正确性。

13.2 球阀安装

13.2.1 需要在现场分解、清扫和组装的球阀，组装后除应满足 13.1.2 规定外，还应符合下列要求：

- a) 工作密封及检修密封的止水面接触应严密，用 0.05mm 塞尺检查，不能通过，否则应研磨处理；
- b) 密封环行程及配合尺寸，应符合设计要求，其实际行程一般不小于设计值的 80%，动作应灵活。

13.2.2 球阀的活门转动应灵活，与固定部件应有足够间隙，一般不小于 2mm。

密封环与密封圈之间的最大间隙，应小于密封盖的实际行程。

13.2.3 球阀安装位置的允许偏差，应符合 13.1.4 条的有关规定。

13.2.4 作球阀的严密性试验，应符合 13.1.5 b) 的要求。

13.3 伸缩节安装

13.3.1 填料式伸缩节的内、外套管间隙应调整均匀，不应有卡阻现象；填料槽宽度的允许偏差不得大于密封盖与外套管的间隙值。

13.3.2 填料式伸缩节的伸缩距离，应符合设计要求。凑合节焊接时应考虑焊缝的收缩量，焊后应检查伸缩节伸缩距离，其偏差一般不超过设计伸缩值的 30%。

13.3.3 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。

13.3.4 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；设计无规定时，应按照 5.1.8 a)、b) 的要求检查。

13.4 液压操作阀、空气阀的安装

13.4.1 液压操作阀的动作应灵活，密封良好，行程符合设计要求，且不漏油。

13.4.2 旁通管应设计凑合段；液压操作阀、手动闸阀和旁通弯管等连接在一起时，应按 4.11 要求作严密性耐压试验。

13.4.3 空气阀的动作应正确。当蜗壳内无水时，在全开位置，充水后应能自行关闭，且不漏水。

空气阀的止水面，应按 4.12 条作煤油渗漏试验。

13.5 操作机构安装

13.5.1 操作系统油压装置的安装，应符合 8.1.1~8.1.8 有关要求。

13.5.2 操作阀门的接力器安装，除应符合 5.5.4 有关要求外，还应符合下列要求：

- a) 摇摆式接力器的基础板和底座安装，应根据活门在全关位置时，拐臂连接销孔的实际位置来确定；基础板的位置偏差不应大于 3mm。接力器安装后水平或垂直度偏差不应

大于 1mm/m，底座高程偏差不得超过±1.5mm，销轴连接应灵活；

b) 环形接力器应调整其限位装置，使阀门全开、全关位置时偏差小于 1.5mm。

13.5.3 在压力钢管无水情况下，用油压设备操作活门及旁通阀，其动作应平稳，并记录动作油压值，开关时间应符合设计要求。

13.5.4 对带有关闭重锤的阀门应按设计要求在压力钢管无水或静水情况下，进行重锤关闭试验，并记录关闭时间。

14 水轮发电机组电气试验

14.1 定子线圈现场嵌装前对单根线棒进行抽查试验，抽试率应为每箱线棒总数的 5%，如抽查中发现不合格的线棒，则相应提高该线棒所在箱的抽试率。试验内容如下：

a) 绝缘电阻试验，用 2500V 兆欧表，绝缘电阻一般不应低于 5000MΩ；

b) 单根线棒起晕试验，起晕电压不应低于 1.5U_N，小于此值时应重新进行防晕处理，当海拔高度超过 1000m 时，电晕起始电压试验值参照 JB/T 8439 进行修正；

c) 交流耐电压试验，试验标准按表 37 要求进行。

14.2 定子线圈安装过程中，应参照 JB/T6204 的规定，按表 37 的标准进行交流耐电压试验。

表 37 定子线圈工艺过程中交流耐压标准 单位为千伏

绕组型式	试验阶段	额定电压	
		2≤U _N ≤6.3	6.3<U _N ≤24
试验标准			
圈式	1.嵌装前	2.75U _N +1.0	2.75U _N +2.5
	2.嵌装后(打完槽楔)	2.5U _N +0.5	2.5U _N +2.5
条式	1.嵌装前	2.75U _N +1.0	2.75U _N +2.5
	2.下层线圈嵌装后	2.5U _N +1.0	2.5U _N +2.0
	3.上层线圈嵌装后(打完槽楔)	2.5U _N +0.5	2.5U _N +1.0
注：U _N 为发电机额定线电压，kV 加至额定试验电压后的持续时间，凡无特殊说明者均为 1min。			

14.3 定子的试验项目、标准，应符合表 38 的要求。

表 38 定子试验项目及标准

序号	项目	标准	说明
1	单个定子线圈交流耐电压	应符合表 37 要求	
2	测量定子绕组的绝缘电阻和吸收比或极化指数	(1)绝缘电阻值、吸收比或极化指数应符合 9.3.18 规定； (2)各相绝缘电阻不平衡系数不应大于 2。	用 2500V 及以上兆欧表
	测量定子绕组	各相、各分支的直流电阻，校正由于引线	(1)在冷态下测量，绕组表面温度与周围空气温度之差不应大于 3K；

3	的直流电阻	长度不同而引起的误差后,相互间差别不应大于最小值的2%	(2)当采用降压法时,通入电流不应大于额定电流的20%; (3)超过标准者,应查明原因。
4	定子绕组的直流耐电压试验并测量泄漏电流	(1)试验电压为3.0倍额定线电压值; (2)泄漏电流不随时间延长而增大; (3)在规定的试验电压下,各相泄漏电流的差别不应大于最小值的50%。	(1)一般在冷态下进行; (2)试验电压按每级0.5倍额定电压分阶段升高,每阶段停留1min,读取泄漏电流值; (3)不符合标准(2)、(3)之一者,应尽可能找出原因,并将其消除。
5	定子绕组的交流耐电压试验	(1)对于整体到货的定子,定子绕组的交流耐电压试验电压应为出厂试验电压的0.8倍; (2)对于在工地装配的定子,当额定线电压为20kV及以下时,试验电压为2倍额定线电压加3kV; (3)整机起晕电压应不小于1.0倍额定线电压。	转子吊入前,按本标准进行耐电压试验;机组升压前,不再进行交流耐电压试验 (1)交流耐电压试验应分相进行,升压时起始电压一般不超过试验电压值的1/3,然后逐步升至试验电压值,一般历时10s~15s为宜; (2)试验前应将定子绕组内所有的测温电阻短接接地; (3)耐压前,必须测量绝缘电阻及极化指数,并先进行直流耐电压试验; (4)耐电压时,在额定线电压下,端部应无明显的金黄色亮点和连续晕带。当海拔高度超过1000m时,电晕起始试验电压值应按JB/T8439进行修定
6	定子铁心磁化试验	磁感应强度按1T折算,持续时间为90min (1)铁心最高温升不得超过25K;相互间最大温差,不得超过15K; (2)铁心与机座的温差应符合制造厂规定; (3)单位铁损应符合制造厂规定; (4)定子铁心无异常情况。	(1)工地叠片的定子,应进行此项试验;制造厂叠片的定子,有出厂试验记录者,可以不做; (2)对直径较大的水轮发电机定子进行试验时,应注意校正由于磁通密度分布不均匀所引起的误差。

14.4 在工地组装的转子,其单个磁极及集电环、引线、刷架均应按表39规定的标准进行交流耐电压试验和绝缘电阻检查。

表39 单个磁极、集电环、引线、刷架交流耐电压标准及绝缘要求

部件名称		耐电压标准 V	绝缘电阻 MΩ
单个磁极	挂装前	$10U_r+1500$,但不得低于3000	≥5
	挂装后	$10U_r+1000$,但不得低于2500	
集电环、引线、刷架		$10U_r+1000$,但不得低于3000	≥5

注: U_r 为发电机转子额定励磁电压, V

14.5 转子绕组的试验项目及标准,应符合表40的要求。

表40 转子绕组试验项目及标准

序号	项目	标准	说明
1	测量转子绕组的绝缘电阻	一般不小于0.5MΩ	(1)当转子绕组额定电压为200V以上,应采用2500V兆欧表 (2)当转子绕组额定电压为200V以下,应采用1000V兆欧表
2	测量单个磁极的	相互比较,其差别一般不超过2%	通入电流不超过额定电流的20%

	直流电阻		
3	测量转子绕组的直流电阻	测得值与产品出厂计算数值换算至同温度下的数值比较	应在冷态下进行，绕组表面温度与周围环境温度之差应不大于 3K；
4	测量单个磁极线圈的交流阻抗	相互比较不应有显著差别	挂装前和挂装后，应分别进行测量
5	转子绕组交流耐电压试验	(1) 整体到货的转子，试验电压为额定励磁电压的 8 倍，且不低于 1200V (2) 现场组装的转子： 额定励磁电压≤500 时为 10U _r ，但不低于 1500V 额定励磁电压>500 时为 2U _r +4000V	(1)现场组装的转子，在全部组装完吊入机坑前进行 (2)转子吊入后或机组升压前，一般不再进行交流耐电压试验
注：U _r 为发电机转子额定励磁电压，V。			

15 水轮发电机组试运行

15.1 一般规定

15.1.1 试运行前应根据 DL/T507、DL/T827、GB/T18482 和本规范的规定，结合电站具体情况，编制机组试运行程序或大纲、试验检查项目和安全措施。

需要进行型式试验的机组，其试验内容和项目应在特定的技术协议中规定。

15.1.2 对机组及有关辅助设备，应进行全面清理、检查，其安装质量应合格，并经验收。

水轮机、发电机、调速系统、励磁系统及其有关的附属设备系统，必须处于可以随时起动的状态。

15.1.3 输水及尾水系统（含尾调室）的闸门、阀门均应试验合格，处于关闭位置，进人孔、闷头等应可靠封堵。

15.1.4 水轮发电机组继电保护、自动控制、测量仪表及机组有关电气设备均应根据相应的规程规范进行试验合格。

有关机组启动的各项安全措施应准备就绪，以确保机组安全运行。

15.2 机组充水试验

15.2.1 向尾水调压室、尾水管及蜗壳充水平压，检查各部位，应无异常现象。

15.2.2 根据设计要求分阶段向引水、输水系统充水，监视、检查各部位变化情况，应无异常现象。

15.2.3 平压后在静水下进行进水口检修闸门或工作闸门或蝴蝶阀、球阀、筒形阀的手动、自动启闭试验，启闭时间应符合设计要求。

15.2.4 检查和调试机组蜗壳取水系统及尾水管取水系统，其工作应正常。机组技术供水系统各部水压、流量正常。

15.3 机组空载试运行

15.3.1 机组机械运行检查：

- a) 机组启动过程中，监视各部位，应无异常现象；
- b) 测量并记录上下游水位及在该水头下机组的空载开度；

- c) 观察轴承油面，应处于正常位置，油槽无甩油现象。监视各部位轴承温度，不应有急剧升高现象。运行至温度稳定，其稳定温度不应超过设计规定值；
- d) 测量机组运行摆度（双幅值），其值应不大于 75% 的轴承总间隙；
- e) 测量机组振动，其值不应超过表 41 的规定，如果机组的振动超过表 41 的规定值，应进行动平衡试验；
- f) 测量发电机残压及相序，相序应正确；
- g) 清扫滑环表面。

表 41 水轮发电机组各部位振动允许值

单位为毫米

机组型式	项 目		额定转速(n)			
			r/min			
			n<100	100≤n<250	250≤n<375	375≤n<750
立式机组	水轮机	顶盖水平振动	0.09	0.07	0.05	0.03
		顶盖垂直振动	0.11	0.09	0.06	0.03
	水轮发电机	带推力轴承支架的垂直振动	0.08	0.07	0.05	0.04
		带导轴承支架的水平振动	0.11	0.09	0.07	0.05
		定子铁心部位机座水平振动	0.04	0.03	0.02	0.02
		定子铁心振动(100Hz 双振幅值)	0.03	0.03	0.03	0.03
卧式机组	各部轴承垂直振动	0.11	0.09	0.07	0.05	
灯泡贯流式机组	推力支架的轴向振动	0.10	0.08			
	各导轴承的径向振动	0.12	0.10			
	灯泡头的径向振动	0.12	0.10			

注：振动值系指机组在除过速运行以外的各种稳定运行工况下的双振幅值

15.3.2 调速器调整、试验：

- a) 检查电液转换器或电液伺服阀活塞的振动应正常；
- b) 机组在手动方式下运行时，检测机组在 3min 内转速摆动值，取三次平均值不应超过额定值的 $\pm 0.2\%$ ；
- c) 调速器应进行手动、自动切换试验，其动作应正常，接力器应无明显的摆动；
- d) 调速器空载扰动试验：

机组空载工况自动运行，施加额定转速 $\pm 8\%$ 阶跃扰动信号，录制机组转速、接力器行程等的过渡过程，转速最大超调量，不应超过转速扰动量的 30%；超调次数不超过 2 次；从扰动开始到不超过机组转速摆动规定值为止的调节时间应符合设计规定。选取一组调节参数，供机组空载运行使用；

- e) 在选取的参数下，机组空载工况自动运行时，转速相对摆动值不应超过额定转速值的 $\pm 0.15\%$ 。

15.3.3 停机过程及停机后应检查下列各项：

- a) 录制停机转速和时间关系曲线；
- b) 检查转速继电器的动作情况；
- c) 监视各部轴承温度情况，机组各部应无异常现象；
- d) 停机后检查机组各部位，应无异常现象。

15.3.4 机组过速试验，应按设计规定以过速保护装置整定值进行，并检查下列各项：

- a) 测量各部运行摆度及振动值；
- b) 监视并记录各部轴承温度；
- c) 油槽无甩油；
- d) 整定过速保护装置的动作值；
- e) 过速试验后对机组内部进行检查。

15.3.5 机组自动起动，应检查下列各项：

- a) 录制自发出开机脉冲至机组升至额定转速时，转速和时间的关系曲线；
- b) 检查推力轴承高压油顶起装置的动作和油压应正常；
- c) 机组开机程序和自动化元件的动作情况应正常。

15.3.6 机组自动停机，应检查下列各项：

- a) 录制自发出停机脉冲至机组转速降至零时，转速和时间的关系曲线；
- b) 当机组转速降至规定转速时，轴承高压油顶起装置应能自动投入；
- c) 当机组转速降至规定制动转速时，转速继电器的动作情况应正常，并检查机组制动情况；
- d) 停机过程中，调速器及各自动化元件的动作应正常。

15.3.7 在发电机稳态短路升流情况下，应检查试验下列各项：

- a) 发电机逐级升流，各电流二次回路不应开路，各继电保护装置接线及工作情况和电气测量仪表指示应正确；
- b) 录制发电机短路特性曲线；
- c) 在发电机额定电流下，跳开灭磁开关，其灭磁情况应正常。录取发电机灭磁示波图，并求取时间常数；
- d) 进行励磁装置 CT 的调差极性检查及手动单元转子电流部分的调整试验。

15.3.8 发电机的升压试验应符合下列要求：

- a) 分阶段升压至额定电压、发电机及发电机电压设备带电情况均应正常；
- b) 电压互感器二次回路的电压、相序及仪表指示应正确。继电保护装置工作应正常；
- c) 在 50% 及 100% 额定电压下，跳开灭磁开关，其灭磁情况应正常。录取发电机在额定电压下的灭磁示波图，并求取时间常数；
- d) 在额定电压下测量发电机轴电压；
- e) 机组运行摆度、振动值应符合表 15.3.1 的规定。

15.3.9 在额定转速下，录制发电机空载特性，当发电机的励磁电流升至额定值时，测量发电机定子最高电压。对有匝间绝缘的电机，最高电压下持续时间为 5min。进行此项试验时，定子电压以不超过 1.3 倍额定电压为限。

15.3.10 发电机空载工况下励磁装置的调整试验，应符合下列要求：

- a) 励磁装置起励试验正常；
- b) 检查励磁装置系统的电压调整范围，应符合设计要求；

- c) 检查励磁调节器投入，上下限调节，手动和自动相互转换，通道切换，10%阶跃量扰动，带励磁调节器开、停机等情况下的稳定性和超调量。其摆动次数一般不超过2次，电压超调量一般不应超过10%，调节时间一般不超过5s；
- d) 改变机组转速，测得发电机机端电压的变化。频率每变化1%时，自动励磁调节系统应保证发电机电压变化不超过额定电压的 $\pm 0.25\%$ ；
- e) 可控硅励磁调节器应进行断线、过电压等保护的调整及模拟动作试验，其动作应正确；
- f) 可控硅励磁应在发电机带负荷及额定转子电流下，检查整流桥的均流系数和均压系数，其值应符合设计要求。设计无规定时，均流系数一般不小于0.85；均压系数一般不小于0.9。进行低励磁、过励磁和均流等保护的调整和检查，动作应正确。

15.3.11 根据中性点接地方式不同，发电机应作单相接地试验，进行消弧线圈补偿或保护动作正确性校验。

15.3.12 如机组设计有电气制动，则应进行电气制动试验。投入电气制动的转速、投入混合制动的转速、总制动时间应符合设计要求。

15.4 机组并网及负载下的试验

15.4.1 机组并列试验应具备下列条件：

- a) 发电机对主变压器高压侧经稳态短路升流试验应正常；
- b) 发电机对主变压器递升加压及系统对主变压器冲击合闸试验应正常，检查同期回路接线应正确；
- c) 与机组投入有关的电气一次和二次设备均已试验合格。

15.4.2 机组带负荷试验，有功负荷应逐步增加，各仪表指示正确，机组各部温度、振动、摆度符合要求，运转应正常。观察在各种工况下尾水管补气装置的工作情况、在当时水头下的机组振动区及最大负荷值。

15.4.3 机组负载下励磁装置试验，应符合下列要求：

- a) 在各种负荷下，调节过程应稳定；
- b) 在有条件时，测定并计算发电机电压调差率应符合设计要求；测定并计算发电机电压静差率，其值应符合设计要求；
- c) 可控硅励磁调节器应分别进行各种限制器及保护的试验和整定；
- d) 在小负荷下进行电力系统稳定器装置 (PSS) 试验。

15.4.4 机组负载下调速器试验，应满足下列要求：

- a) 在自动运行时进行各种控制方式转换试验，机组的负荷、接力器行程摆动应满足设计要求；
- b) 在小负荷下检查不同的调节参数组合下，机组速增或速减10%额定负荷，录制机组转速、水压、功率和接力器行程等参数的过渡过程，选定负载工况时的调节参数，应满足设计要求。进行此项试验时，应避开机组的振动区。

15.4.5 机组甩负荷试验，应在额定负荷的25%、50%、75%、100%下分别进行，并记录有关参数值。

观察自动励磁调节器的稳定性，甩 100% 负荷时，发电机电压超调量不大于 15% 额定值，调节时间不大于 5s，电压摆动次数不超过 3 次。

调速器的调节性能，应符合下列要求：

- a) 甩 25% 额定负荷时，录制自动调节的过渡过程。测定接力器不动时间，应不大于 0.2s；
- b) 甩 100% 额定负荷时，校核导叶接力器关闭规律和时间，记录蜗壳水压上升率及机组转速上升率，均不应超过设计值；
- c) 甩 100% 额定负荷时，录制自动调节的过渡过程，检查导叶分段关闭情况。在转速的变化过程中，超过稳态转速 3% 以上的波峰不超过两次；
- d) 甩 100% 额定负荷后，记录接力器从第一次向开启方向移动起，到机组转速摆动值不超过 $\pm 0.5\%$ 为止所经历的时间，应不大于 40s；
- e) 检查甩负荷过程中，转桨式或冲击式水轮机协联关系应符合设计要求。

15.4.6 在额定负载下一般应进行下列试验：

- a) 低油压关闭导叶试验；
- b) 事故配压阀关闭导叶试验；
- c) 根据设计要求和电站具体情况，进行动水关闭工作闸门或主阀（筒阀）试验；
- d) 无事故配压阀的电站进行硬关机试验；
- e) 灯泡贯流式机组的重锤关机试验。

受电站水头和电力系统条件限制，机组不能带额定负载时，可按当时条件在尽可能大的负载下进行上述试验。

15.4.7 在额定负载下，机组应进行 72h 连续运行。

受电站水头和电力系统条件限制，机组不能带额定负载时，可按当时条件在尽可能大的负载下进行 72h 连续运行。

15.4.8 按合同规定有 30d 考核试运行要求的机组，应在通过 72h 连续试运行并经停机检查处理发现的所有缺陷后，立即进行 30d 考核试运行。机组 30d 考核试运行期间，由于机组及其附属设备故障或因设备制造安装质量原因引起中断，应及时处理，合格后继续进行 30d 运行，若中断运行时间少于 24h，且中断次数不超过三次，则中断前后运行时间可以累加；否则，中断前后时间不得累加计算，应重新开始 30d 考核试运行。

15.4.9 按设计要求进行机组的进相试验，进相深度和相关保护整定应符合要求。

15.4.10 机组调相运行试验，应检查、记录下列各项：

- a) 记录关闭导叶后，转轮在水中运行时，机组所消耗的有功功率；
- b) 检查压水充气情况及补气装置动作情况应正常。记录吸出管内水位压至转轮以下后机组所消耗的有功功率；
- c) 发电与调相工况相互切换时，自动控制程序及自动化元件的动作应正确；
- d) 发电机无功功率在设计范围内的调节应平稳，记录转子电流为额定值时的最大无功功率输出。

15.4.11 对于抽水蓄能可逆式机组，除了应满足上述要求外，一般还应满足下列要求：

- a) 检查充气压水及自动补气动作情况，记录充气压水过程时间及压气罐压力下降差值，其值应满足设计要求；
- b) 检查顶盖排气阀动作情况，观察排气管振动及排气管出口处排气和排水情况应正常，记录整个排气过程的时间，其值应满足设计要求；
- c) 录制机组在变频和背靠背方式下起动过程曲线。对变频起动方式，在机组起动过程中应测定主变压器高压侧线电压谐波因数不应超过规定值。对异步起动方式，在机组起动时应录取系统电压、发电/电动机定子电压和定子电流等参数，应符合设计要求；
- d) 进行水泵工况零流量试验，观察转轮室造压过程，录取造压过程中转轮与导叶间压力、蜗壳和尾水管压力及测定机组各部位振动，确定导叶开启最佳时机。从零流量工况到抽水工况过渡过程应正常；
- e) 机组应在规定的扬程范围内，进行不同扬程下的抽水试验。实测的扬程、流量、输入功率和导叶开度应与制造厂提供的水泵/水轮机综合特性曲线一致。机组运行摆度、振动值应符合 15.3.1 d)、e) 的规定；
- f) 录制机组在水泵工况下的正常停机和紧急停机曲线，停机过程应正确；
- g) 进行发电转抽水、抽水转发电等各种运行工况的转换试验，过渡过程参数应符合设计要求，转换程序应正确可靠；
- h) 进行机组 30 天考核试运行，其发电和抽水按电力系统要求进行。对于水库需进行初充水的电站，在 30 天试运行期间，应与水库初充水的各项要求相结合。

附录 A
(资料性附录)
移交资料目录

A.1 竣工图及资料

- a) 本标准安装范围内的安装竣工图；
- b) 随设备到货的出厂记录、证明书、技术说明书等；
- c) 设计修改文件；
- d) 主要设备缺陷处理一览表及有关设备缺陷处理的技术资料。

A.2 安装及试验记录

- a) 水轮机部分
 - 1) 尾水管(肘管和锥管)里衬安装记录；
 - 2) 座环安装记录；
 - 3) 蜗壳安装记录；
 - 4) 蜗壳焊缝探伤检查记录；
 - 5) 蜗壳工地水压试验记录；
 - 6) 接力器安装记录；
 - 7) 分瓣转轮焊缝热处理和探伤记录；
 - 8) 分瓣转轮组合记录(热处理后)；

- 9) 转轮静平衡试验记录;
 - 10) 整体转轮上下止漏环圆度记录;
 - 11) 现场组焊整体转轮焊接, 热处理及加工验收记录;
 - 12) 底环组合和安装记录;
 - 13) 顶盖组合和安装记录;
 - 14) 导叶上下端部及立面间隙记录;
 - 15) 导叶连杆两轴孔距离记录;
 - 16) 导叶接力器压紧行程记录;
 - 17) 导叶最大开度记录, 桨叶转角范围记录;
 - 18) 水轮机各部止漏环间隙记录;
 - 19) 水导轴承安装间隙记录;
 - 20) 筒形阀安装记录;
 - 21) 主轴中心孔补气装置安装记录;
 - 22) 转桨式水轮机转轮室安装记录;
 - 23) 转桨式水轮机转轮动作与耐压试验记录;
 - 24) 转桨式水轮机叶片转角与接力器行程的关系曲线;
 - 25) 转桨式水轮机叶片与转轮室间隙记录;
 - 26) 受油器安装记录;
 - 27) 冲击式水轮机机壳安装记录;
 - 28) 冲击式水轮机喷嘴安装记录;
 - 29) 冲击式水轮机喷针行程与折向器开口关系记录;
 - 30) 斜流式水轮机转轮耐压与动作试验记录;
 - 31) 斜流式水轮机转轮叶片与转轮室间隙记录;
 - 32) 斜流式水轮机的叶片转角及接力器行程关系曲线。
- b) 调速系统部分
- 1) 压力罐、油管路及承压元件严密性耐压试验记录;
 - 2) 油压装置试运转记录;
 - 3) 导叶紧急关闭、开启时间记录;
 - 4) 导叶分段关闭行程、时间记录;
 - 5) 轮叶紧急关闭、开启时间记录;
 - 6) 事故配压阀关闭导叶时间记录;
 - 7) 综合漂移试验记录;
 - 8) 导叶开度与接力器行程关系曲线, 桨叶角度与接力器行程关系曲线;
 - 9) 设计水头导叶接力器与轮叶接力器行程关系曲线;
 - 10) 测速装置输入转速与输出电压、电流关系曲线;
 - 11) 电液或电-机转换装置静特性曲线;
 - 12) 调速系统静特性曲线。
- c) 发电机部分
- 1) 机架组装记录;

- 2) 机架焊接检验记录;
- 3) 机架安装记录;
- 4) 定子机座及铁心合缝间隙记录;
- 5) 定子安装记录;
- 6) 定子现场叠片组装记录;
- 7) 转子支架组装记录;
- 8) 转子支架焊接检验记录;
- 9) 转子磁轭装配记录;
- 10) 制动环板安装记录;
- 11) 磁极安装记录;
- 12) 转子配重记录;
- 13) 推力轴瓦装配间隙记录;
- 14) 推力轴承受力调整记录;
- 15) 弹性轴承座与镜板的距离记录;
- 16) 轴颈与导轴瓦瓦架的距离记录;
- 17) 定子、转子的空气间隙记录;
- 18) 机组轴线调整记录;
- 19) 导轴瓦间隙记录;
- 20) 制动器耐压试验记录;
- 21) 制动器安装高程记录;
- 22) 轴承绝缘电阻测量记录;
- 23) 冷却器耐压试验记录;
- 24) 高压油顶起装置耐压及试验记录;
- 25) 卧式机座轴承安装记录;
- 26) 灯泡式机组的管形座安装记录;
- 27) 灯泡式机组的垂直及水平支撑安装记录。

d) 励磁系统部分

- 1) 励磁系统盘柜安装记录;
- 2) 励磁变压器安装及试验记录;
- 3) 励磁断路器灭磁开关安装及试验记录;
- 4) 大功率整流器安装及试验记录;
- 5) 脉冲变压器安装及试验记录;
- 6) 非线性电阻试验记录;
- 7) 可控硅跨接器安装及试验记录;
- 8) 励磁系统各盘柜及部件电缆敷设及配线记录;
- 9) 励磁系统操作、保护、监测、信号及接口等回路的元器件检查记录;
- 10) 励磁系统操作、保护、监测、信号及接口等回路试验记录;
- 11) 励磁系统一、二次回路绝缘检查记录;
- 12) 励磁系统各部件介电强度试验记录;

- 13) 自动励磁调节器各基本单元试验记录;
 - 14) 自动励磁调节器各辅助单元试验记录;
 - 15) 自动励磁调节器的总体静态特性试验记录;
 - 16) 励磁系统试运行的记录见 A.2.h)。
- e) 蝴蝶阀及球阀部分
- 1) 阀体安装记录;
 - 2) 橡胶水封耐压试验记录;
 - 3) 止水装置间隙记录;
 - 4) 旁通阀水压试验记录;
 - 5) 继电器行程记录;
 - 6) 继电器安装记录 ;
 - 7) 无水及静水下操作记录;
 - 8) 伸缩节焊缝检查记录。
- f) 其它
- 1) 有紧度要求的螺栓伸长值记录;
 - 2) 油质化验记录;
 - 3) 气、水、油系统试验记录。
- g) 机组电气部分
按本标准要求进行电气试验记录。
- h) 试运行部分
按本标准要求进行试验记录。

附录 B
(规范性附录)
机械液压型调速器安装要求

B.1 调速器柜安装偏差应符合表 B.1 的要求。

表 B.1 调速器柜安装允许偏差

序号	项 目	允许偏差	说 明
1	中心 mm	5	测量设备上标记与机组 X、Y 基准线距离
2	高程 mm	±5	
3	机械柜水平 mm/m	0.15	测量飞摆电动机底座(上隔板)
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。			

B.2 调速器部件的清洗、组装、调整, 应符合下列要求:

- a) 飞摆电动机和离心飞摆联接应同心, 转动应灵活。菱形离心飞摆弹簧底座相对于钢带上端支座的摆度, 其径向和轴向均不应大于 0.04mm;
- b) 缓冲器活塞上下动作时, 回复到中间位置最后 1mm 所需时间, 应符合设计要求; 上下两回复时间之差, 一般不大于时间整定值的 10%。

测量调速器的缓冲托板位于中间及两端三个位置时的回复时间。缓冲器支持螺钉与托板间应无间隙。

缓冲器从动活塞动作应平稳, 其回复到中间位置的偏差一般不应大于 1mm。

- c) 调速器机械柜内各指示器、杠杆, 应按图纸进行调整, 其机构位置偏差一般不大于 1mm;
- d) 当永态转差系数 (残留不平衡度) 指示为零时, 回复机构动作全行程, 转差机构的行程应为零, 其最大偏差不应大于 0.05mm。

B.3 其它参照第 8 章有关内容。

附录 C
(规范性附录)
对水轮发电机定子干燥的要求

C.1 定子线圈在满足下列条件时，可不进行干燥：

- a) 绕组每相绝缘电阻应符合 9.3.18 条 a) 的规定；
- b) 在 40°C 以下时，测得的绝缘电阻吸收比 R_{60}/R_{15} ，对沥青云母绝缘不小于 1.3，对环氧粉云母绝缘不小于 1.6；测得绝缘的极化指数 $R_{10\min}/R_{1\min}$ 不小于 2。

C.2 对需要干燥的定子，在干燥时应注意以下事项：

- a) 组装后的定子一般用外加热表面烘烤法进行干燥；
- b) 定子绕组干燥时，温度应逐步上升，每小时温升为 5K ~ 8K；
- c) 线圈最高温度，用酒精温度计测量时，不应超过 70°C；用埋入式电阻温度计测量时，不应超过 80°C；
- d) 绝缘电阻一般稳定 4h ~ 8h。

附录 D
(资料性附录)
管道的酸洗、钝化和管道冲洗

D.1 管道的酸洗、钝化

- a) 管道安装前，其内壁可采用槽浸法或系统循环法进行酸洗、钝化；
- b) 管道内壁的酸洗，应消除其锈蚀部分，并保证不损坏金属的未锈蚀表面(即过酸洗)；
- c) 当管道内壁有明显油斑时，无论采用何种酸洗方法，酸洗前应将管道进行脱脂处理；管道可采用有机溶剂(二氯乙烷、三氯乙烷、四氯化碳、工业酒精等)、浓硝酸或碱液进行脱脂；
- d) 采用系统循环酸洗前，管道系统应作空气试漏或水压试漏；
- e) 采用系统循环酸洗时，一般应按试漏、脱脂(如需要)、冲洗、酸洗、中和、钝化、冲洗、干燥、涂油、复位等工序的要求；
- f) 酸洗时应保持酸液的浓度及温度；
- g) 钢管酸洗、中和及钝化液的配方，当设计无明确规定时，可采用经过鉴定，并经实际使用证明有效和可靠的配方；
- h) 酸洗后的管道以目测检查，内壁呈金属光泽为合格。
- i) 钢管在酸洗、中和及钝化作业时，操作人员应着专门防护服装，佩戴护目镜、耐酸手套等防护用具；
- j) 酸洗、中和和钝化合格后的管道，当不能及时回装和投入运行时，应进行封闭保护；
- k) 酸洗后的废水、废液，排放前应经处理，符合国家有关的环保规定，防止污染环境。

D.2 管道冲洗

D.2.1 水系统管道的冲洗

- a) 冲洗前，应将管道系统内的流量孔板、滤网、温度计、止回阀阀芯等拆除，待清洗合格后再重新装配；
- b) 冲洗时，以系统内可能达到的最大压力和流量进行，直到出口处的水色和透明度与入口处目测一致为合格。

D.2.2 气系统管道的冲洗

- a) 气系统管道一般采用压缩空气吹洗，压缩空气的流速为 5m/s~10m/s。用一块贴有白纸或白布的板，在气体排出口处放置 3min~5min，如纸上未发现脏物和水分即为合格；
- b) 气系统管道也可采用流速为 0.8m/s 的清水冲洗，至排出口的水洁净为合格。用水冲洗后，必须用空气将管道吹干才能投入使用。

D.2.3 油系统管道的冲洗

- a) 油管道在酸洗合格后、系统注油前，可用经过压力式滤油机过滤和经油泵打压的油冲洗；
- b) 油冲洗以油循环的方式进行。循环过程中，每 8h 内宜在温度为 40°C~70°C 的范围内反复升降油温 2 次~3 次；

- c) 管道油冲洗后，用 200 目的滤网检查，目测每平方厘米内残存的污物不多于 3 颗粒为合格；
- d) 冲洗用油应与系统用油的牌号相同。冲洗合格、将冲洗用油排出后，方可向系统注入新油。

D.2.4 调速系统管道的冲洗，应按设计要求进行。

附录 E
(资料性附录)
有关焊接无损探伤检验的标准

E.1 GB/T 3323—1987 标准《钢溶化焊对接接头射线照相和质量分级》摘要

E.1.1 根据焊缝质量的性质和数量，分为 4 级：

- a) I 级焊缝内应无裂纹、未熔合、未焊透和条状夹液；
- b) II 级焊缝内应无裂纹、未熔合和未焊透；
- c) III 级焊缝内应无裂纹、未熔合以及双面焊和加垫板的单面焊中的未焊透。不加垫板的单面焊中的未焊透允许长度按表 E.5 条状夹渣长度的 III 级评定；
- d) 焊缝缺陷超过 III 级者为 IV 级。

E.1.2 焊接缺陷可能是圆形缺陷或是条状夹渣。

E.1.3 缺陷的长宽比小于或等于 3 的，为圆型缺陷。可能是圆形、椭圆形、锥形或带有尾巴(在测定尺寸时应包括尾部)等不规则的形状，包括气孔、夹渣和夹钨。

E.1.3.1 圆形缺陷用评定区进行评定，评定区应选在缺陷最严重的部位。评定区域的大小见表 E.1。

表 E.1 圆形缺陷评定区 单位为毫米

母材厚度 T	T < 25	25 ≤ t < 100	t > 100
评定区尺寸	10 × 10	10 × 20	10 × 30

E.1.3.2 评定圆形缺陷时应将缺陷尺寸按表 E.2 换算成缺陷点数。

表 E.2 缺陷点数换算表 单位为点

缺陷长径 mm	< 1	> 1 ~ 2	> 2 ~ 3	> 3 ~ 4	> 4 ~ 6	> 4 ~ 8	> 8
点 数	1	2	3	6	10	15	25

E.1.3.3 不计点数的缺陷尺寸见表 E.3。

表 E.3 不计点数的缺陷尺寸 单位为毫米

母材厚度 T	缺陷长径
≤ 25	< 0.5
> 25 ~ 50	< 0.7
> 50	< 1.4%T

E.1.3.4 当圆形缺陷与评定区边界线相接时，应把它划为该评定区内计算点数。

E.1.3.5 当评定区附近缺陷较少，且认为只用该评定区大小划分级别不适当时，经协商，可将评定区沿焊缝方向扩大到 3 倍，求出缺陷总数，用此值的 1/3 进行评定。

E.1.3.6 圆形缺陷的分级见表 E.4。

表 E.4 圆形缺陷的分级 (按缺陷点数的上限数) 单位为点

评定区 mm		10×10			10×20		10×30
母材厚度 mm		< 10	>10~15	>15~25	>25~50	>50~100	>100
质量 等级	I	1	2	3	4	5	6
	II	3	6	9	12	15	18
	III	6	12	18	24	30	36
	IV	缺陷点数 大于 III 级者					

E.1.4 缺陷的长宽比大于 3 的夹渣为条状夹渣。

条状夹渣的分级见表 E.5。

表 E.5 条状夹渣的分级 单位为毫米

质量等级	单个条状夹渣长度	条状夹渣总长
II	T ≤ 12 为 4 12 < T < 60 为 1/3T T ≥ 60 为 20	在任意直线上, 相邻两夹渣间距均不超过 6L 的任何一组夹渣, 其累计长度在 12T 焊缝长度内不超过 T
III	T ≤ 9 为 6 9 < T < 45 为 2/3 T T ≥ 45 为 30	在任意直线上, 相邻两夹渣间距均不超过 3L 的任何一组夹渣, 其累计长度在 6T 焊缝长度内不超过 T
IV	大于 III 级者	
注 1: 表中“L”为该组夹渣中最长者的长度。 注 2: 长宽比大于 3 的长气孔的评级与条状夹渣相同。 注 3: 当被检焊缝长度小于 12T(II 级)或 6T(III 级)时, 可按比例折算。 当折算的条状夹渣总长小于单个条状夹渣长度时, 以单个条状夹渣长度为允许值。		

E.1.5 在圆形缺陷评定区内, 同时存在圆形缺陷和条状夹渣(或未焊透)时, 应各自评级, 将级别之和减 1 作为最终级别。

E.2. GB/T 11345—1989 标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级》摘要
根据缺陷指示长度按表 E.6 的规定进行评级。

表 E.6 缺陷的等级分类 单位为毫米

检验等级		A	B	C
板厚		8 ~ 15	8 ~ 300	8 ~ 300
评 定 等 级	I	2/3 δ, 最小 12	δ/2, 最小 10, 最大 30	δ/3, 最小 10, 最大 20
	II	3/4 δ, 最小 12	2/3 δ, 最小 12, 最大 50	δ/2, 最小 10, 最大 30
	III	< δ, 最小 20	3/4 δ, 最小 16, 最大 75	2/3 δ, 最小 12, 最大 50
	IV	超过 III 级者		
注 1: δ为坡口加工侧母材板厚, 母材板后不同时, 以较薄板厚为准。 注 2: 管座角焊缝δ为焊缝截面中心线高度。				

附录 F
(资料性附录)
GB 11120—1989 对汽轮机油的要求

表 F.1 GB 11120—1989 对汽轮机油的要求

项目	质量指标						试验方法
	优级品		一级品		合格品		
粘度等级 (按 GB 3141)	32	46	32	46	32	46	
运动粘度(40°C), mm ² /s	28.8~35.2	41.4~50.6	28.8~35.2	41.4~50.6	28.8~35.2	41.4~50.6	GB265
粘度指数 ^a 不小于	90		90		90		GB1995
倾点 ^b °C 不高于	-7		-7		-7		GB3535
闪点 (开口), °C 不低于	180		180		180		GB3536
密度 (20°C), kg/m ³	报告		报告		报告		GB1884 GB1885
酸值, mgKOH/g 不大于	—		—		0.3		GB264
中和值, mgKOH/g 不大于	报告		报告		—		GB4945
机械杂质	无		无		无		GB511
水分	无		无		无		GB260
破乳化值 ^c , (40-37-3) L 54°C, min 不大于	15		15		15		GB7305
气泡性试验 ^d , ml/ml 24°C 不大于 93°C 不大于 后 24°C 不大于	450/0 100/0 450/0		450/0 100/0 450/0		600/0 100/0 600/0		SY2669
氧化安定性 ^e a. 总氧化产物, % 沉淀物, % b. 氧化后酸值达 2.0mgKOH/g 时, h 不小于	报告 报告 3000		报告 报告 2000		报告 报告 1500		GB8119 SY2680
液相锈蚀试验 (合成海水)	无锈		无锈		无锈		GB11143
铜片试验(100°C,3h) 级不大于	1		1		1		GB5096
空气释放值 ^f (50°C) min 不大于	5	6	5	6	—		SY2693

^a 对中间基原油生产的汽轮机油, L-TSA 合格品粘度指数允许不低于 70; 一级品粘度指数允许不低于 80。
根据生产和使用实际, 经与用户协商, 可不受本标准限制。

^b 倾点指标, 根据生产和使用实际, 经与用户协商, 可不受本标准限制。

^c 作为军用时, 破乳化值由部队和生产厂双方协商。

^d 测气泡性试验时, 只要泡沫未完全盖住油的表面, 结果报告为 "0"。

^e 氧化安定性为保证项目, 一年抽查一次。

^f 对一级品中空气释放值根据生产和使用实际, 经与用户协商可不受本标准限制。

附录 G
(规范性附录)
规范用词说明

本标准按要求严格程度分别使用的词汇

- G.1 表示对标准要严格遵从，不允许偏离标准要求的用词
正面词采用“应”；反面词采用“不应”。
- G.2 表示在正常情况下首先应这样做的用词
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
- G.3 表示在标准规定的范围内允许稍有选择的用词
正面词采用“可以”；反面词采用“不必”。
- G.4 表示事物因果关系的可能性和潜在能力的用词
正面词采用“能”；反面词采用“不能”。