



中华人民共和国国家标准

GB/T 8564—2003
代替 GB 8564—1988

水轮发电机组安装技术规范

Specification installation of hydraulic turbine generator units

2003-09-15 发布

2004-03-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

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。

本标准的附录 B、附录 C、附录 G 为规范性附录。

本标准的附录 A、附录 D、附录 E、附录 F 为资料性附录。

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

单机容量小于 15 MW 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、湿度和其他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,其预应力偏差不得超过规定值的 $\pm 10\%$ 。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 ± 1 mm;
- c) 各部位高程差的测量误差不应超过 ± 0.5 mm;
- d) 水平测量误差不应超过0.02 mm/m;
- e) 中心测量所使用的钢丝线直径一般为0.3 mm~0.4 mm,其拉应力应不小于1 200 MPa;
- 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0.05 mm;
- 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0.4 MPa,保持10 min,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30 min,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8 h,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0.4 Mpa,保持30 min,无渗漏现象。

4.12 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,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
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	$8\ 000 \leq D < 10\ 000$	$D \geq 10\ 000$	
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	
			$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	$8\ 000 \leq D < 10\ 000$	$D \geq 10\ 000$		
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	现场不机加工	0.05 mm/m, 最大不超过 0.60					最高点与最低点高程差
			现场机加工	0.25					
		周向测量	现场不机加工	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 ±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	

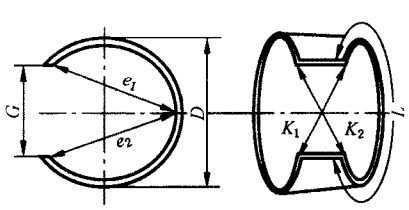
5.1.4 螺栓把合结构的分瓣转轮室、基础环、座环组合面应涂密封胶, 组合缝间隙应符合 4.7 条的要求。为防止漏水, 过流面组合缝可封焊, 焊缝表面应打磨光滑。组焊结构的转轮室、基础环和座环的组合应符合设计要求。

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。为保证导叶端面间隙符合设计要求, 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	$e_1 - e_2$	±0.002e	
4	L	±0.001L, 最大不超过 ±9	
5	D	±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	$0.003D$	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	± 5	
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 2 mm~4 mm,过流面错牙不应超过板厚的 10%,但纵缝最大错牙不应大于 2 mm,环缝最大错牙不应大于 3 mm;
- c) 坡口局部间隙超过 5 mm 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和无损探伤检查,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 300 mm/h,每层浇高一般为 1 m~2 m,浇筑应对称分层分块。液态混凝土的高度一般控制在 0.6 m 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
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	$8\ 000 \leq D < 10\ 000$	$D \geq 10\ 000$	
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 mm					说 明
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	$8\ 000 \leq D < 10\ 000$	$D \geq 10\ 000$	
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 0.07 mm/m,上凸值不应大于 0.03 mm/m,最大不得超过 0.06 mm。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 0.5 mm;
- 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:

- a) 静平衡工具应与转轮同心,偏差不大于 0.07 mm,支持座水平偏差不应大于 0.02 mm/m;
- b) 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
$t < 5\,000$	40	20
$5\,000 \leq t < 10\,000$	50	30
$10\,000 \leq t < 50\,000$	60	40
$50\,000 \leq t < 100\,000$	80	50
$100\,000 \leq t < 200\,000$	100	70
$t \geq 200\,000$	120	90

- c) 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} $g \cdot mm/kg$	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:

- a) 试验用油的油质应合格,油温不应低于 5℃;
- b) 在最大试验压力下,保持 16 h;
- c) 在试验过程中,每小时操作叶片全行程开关 2 次~3 次;
- d) 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	$D < 3\,000$	$3\,000 \leq D < 6\,000$	$6\,000 \leq D < 8\,000$	$8\,000 \leq D < 10\,000$	$D \geq 10\,000$
每小时单个桨叶密封漏油限量 mL/h	5	7	10	12	15

- e) 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%;
- f) 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:

- a) 法兰组合面应无间隙,用 0.03 mm 塞尺检查,不能塞入;
- b) 法兰护罩的螺栓凹坑应填平;
- c) 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 < 200 m	1) 止漏环 2) 止漏环安装面 3) 叶片外缘	±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
		4) 引水板止漏圈 5) 兼作检修密封的法兰保护罩	
2	额定水头 ≥ 200 m	1) 上冠外缘 2) 下环外缘	±5%设计间隙 对应固定部分为顶盖及底环
		3) 上梳齿止漏环 4) 下止漏环	±0.10 mm

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:

- 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 200 mm 时,应检查上、下两圈;
- 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	$D < 3\,000$	$3\,000 \leq D < 6\,000$	$6\,000 \leq D < 8\,000$	$8\,000 \leq D < 10\,000$	$D \geq 10\,000$	说 明
允许偏差	0.25	0.50	0.75	1.00		均布 8~24 点

- 斜流式水轮机,转轮室上止口中心作为机组基准中心;
- 导叶的预装数量,一般不少于总数的 1/3;
- 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
	$D < 3\,000$	$3\,000 \leq D < 6\,000$	$6\,000 \leq D < 8\,000$	$8\,000 \leq D < 10\,000$	$D \geq 10\,000$	
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

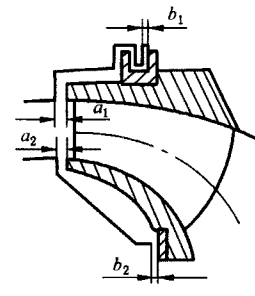
5.4.1 主轴和转轮吊入机坑后的放置高程,一般应较设计高程略低,其主轴上部法兰面与吊装后的发电机轴下法兰止口底面,应有 2 mm~6 mm 间隙。对于推力头装在水轮机主轴上的机组,主轴和转轮吊入机坑后的放置高程,应较设计高程略高,以使推力头套装后与镜板有 2 mm~5 mm 的间隙。主轴垂直度偏差一般不大于 0.05 mm/m。

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 0.02 mm/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
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	$8\ 000 \leq D < 10\ 000$	$D \geq 10\ 000$	
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	$0 \sim +2$	$0 \sim +3$	$0 \sim +4$	$0 \sim +5$		测量底环至转轮体顶面距离
	斜流式	$0 \sim +0.8$	$0 \sim +1.0$	—			测量叶片与转轮室间隙
间隙	额定水头 $< 200\ m$	各间隙与实际平均间隙之差不应超过平均间隙的 $\pm 20\%$					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 $\geq 200\ m$	a_1	各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计间隙的 $\pm 10\%$				
		b_1 b_2	各间隙与实际平均间隙之差不应超过设计间隙的 $\pm 10\%$				
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：

- a) 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；
- b) 操作油管的摆度,对固定瓦结构,一般不大于 0.20 mm;对浮动瓦结构,一般不大于 0.30 mm；
- c) 受油器水平偏差,在受油器座的平面上测量,不应大于 0.05 mm/m；
- d) 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%；
- e) 受油器对地绝缘电阻,在尾水管无水时测量,一般不小于 0.5 M Ω 。

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 5 mm~10 mm。

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 1 mm。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 0.05 mm 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
	$h < 600$	$600 \leq h < 1\ 200$	$1\ 200 \leq h < 2\ 000$	$2\ 000 \leq h < 4\ 000$	$h \geq 4\ 000$	
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:

- 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;
- 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;
- 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 0.10 mm/m;
- 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
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	$8\ 000 \leq D < 10\ 000$	$D \geq 10\ 000$	
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。

- 节流装置的位置及开度大小应符合设计要求;
- 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 1 mm;
- 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:

- 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 $0.8\ \mu\text{m}$ 的要求;
- 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%;
- 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;
- 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 ± 0.02 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,一般应按 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 ± 10 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 0.05 MPa 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 1 h,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 M Ω 。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
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	
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

表 17(续)

单位为毫米

序号	项目	转轮直径 D			说 明
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	
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
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	
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	其他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
		$D < 3\ 000$	$3\ 000 \leq D < 6\ 000$	$6\ 000 \leq D < 8\ 000$	
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 0.5 mm/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 1 000 V 兆欧表检查其绝缘,不应低于 1 M Ω 。
- 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 1 mm~2 mm。
- 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 0.5 mm;
 - 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 0.4 mm;
 - 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 0.25 mm,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 0.5 mm。
- 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 0.15 mm,对浮动瓦不大于 0.2 mm。
- 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 ± 3 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 1 mm,高程偏差不应超过 ± 2 mm,机壳上法兰面水平偏差不应大于 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,其高差不应大于 1 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。

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 1 mm;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 0 mm~+1 mm。

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 2 mm,水平偏差一般小于 0.04 mm/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 0.40 mm。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 ± 6 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 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。

7.4.3 主轴水平或垂直偏差不应大于 0.02 mm/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 4 mm;
- c) 缓冲弹簧压缩长度对设计值的偏差,不应超过 ± 1 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 ± 5 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 0.05 mm/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 2 mm,高程偏差不应超过 ±1.5mm,水平或垂直偏差不应大于 0.10 mm/m。安装后动作应灵活。

7.7.2 折向器开口应大于射流半径 3 mm,但不超过 6 mm。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重量应符合 4.15 条的规定,使用油温范围为 10℃~50℃。

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 and 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,联轴节应能有少许相对转动。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 15 min,应无异常现象;
- c) 运行时,油泵外壳振动不应大于 0.05 mm,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 $\pm 2\%$;

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 8 h,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 1 mm。

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 1 mm/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。

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 $\pm 1\%$ 。

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_a) 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 $\pm 5\%$ 。

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 $\pm 5\%$,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 $75\% \sim 25\%$ 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 $\pm 5\%$;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 $4 \sim 8$ 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 $\pm 2\%$ 。

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 0.05 mm 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 0.04 mm/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 0.04 mm/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 0.2 mm。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他方式检查。

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 1 cm² 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 16 cm²,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 0.02 mm 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 0.05 mm 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 0.3 mm;
- 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 ±4%。一般沿铁心高度方向每隔 1 m 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 2 mm 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 0.02 mm/m,在测量范围内的最大倾斜不超过 0.05 mm。

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 2 mm ~ 3 mm,当环板为搭接焊缝时垫片厚度一般为 1 mm。

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 2.5 mm,搭接焊缝为 1 mm;

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 ±1.5mm;

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 ±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 ±2 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 ±2% 以内,但最大允许偏差不超过设计值的 ±0.5 mm。

9.3.5 定位筋安装,应符合下列要求:

- a) 定位筋在安装前应校直。用不短于 1.5 m 的平尺检查,定位筋在径向和周向的直线度不大于 0.1 mm。定位筋长度小于 1.5 m 的,用不短于定位筋长度的平尺检查;
- b) 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;
- c) 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 ± 0.5 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 0.10 mm;
- d) 定位筋在同一高度上的弦距与平均值的偏差不大于 ± 0.25 mm,但累积偏差不超过 0.4 mm;
- e) 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;
- f) 定位筋托板与机座环板间一般无间隙;
- g) 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:

- a) 各齿压板的相互高差不大于 2 mm,相邻两块齿压板压指的高差不大于 1 mm。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 1 mm~3.5 mm,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 2.5 m 时应取上限值;
- b) 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 2 mm,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:

- a) 铁心冲片应清洁、无损、平整、漆膜完好;
- b) 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 mm~+1 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%~0.3%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 2 mm 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 600 mm;
- 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 2 mm,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 1 m 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±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	$h < 1\,000$	$1\,000 \leq h < 1\,500$	$1\,500 \leq h < 2\,000$	$2\,000 \leq h < 2\,500$	$h \geq 2\,500$
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	$l < 1\,000$	$1\,000 \leq l < 1\,500$	$1\,500 \leq l < 2\,000$	$2\,000 \leq l < 2\,500$	$l \geq 2\,500$
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 5 mm 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 0.3 mm、连续长度大于 100 mm 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 10.5 kV 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 10 V 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 3 mm。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 0.3 mm,局部间隙允许 0.5 mm;
- 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 0.25 mm;
- 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 0.03 mm 或接头接触面用 0.05 mm 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:

$$R = \frac{U_N}{1\,000 + S_N/100} \quad (\text{M}\Omega)$$

式中:

U_N ——水轮发电机额定线电压,单位为伏(V);

S_N ——水轮发电机额定容量,单位为千伏安(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,单位为兆欧 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 $R_{10\text{min}}/R_{1\text{min}}$ 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 1/1 000,轮毂降温引起的收缩值,视轴径大小,在 0.5 mm ~ 1.0 mm 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 0.05 mm/m 以内。加温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 0.03 mm/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 8 m 时不应大于 1 mm,轮臂外缘直径为 8 m 及以上时不应大于 1.5 mm;
- 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 0.25 mm/m,最大不超过 0.5 mm。

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 0.03 mm/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 1 mm;
 - 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 2 mm~5 mm。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 0.15 mm/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 1 mm;
- e) 制动环板连接面的平面度不超过 2.5 mm。

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 0.2 mm。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

每张磁轭冲片质量 t kg	转速 n r/min		
	$n < 100$	$100 \leq n < 300$	$n \geq 300$
$t < 20$	0.3	0.2	0.1
$20 \leq t < 40$	0.4	0.3	0.2
$t \geq 40$	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 2.5 mm,径向焊缝不允许下凸,允许上凹值不大于 0.5 mm;
- 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 0.5 mm 以内,沿整个圆周的波浪度应不大于 2 mm;
 - 2) 接缝处应有 2 mm 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 2 mm 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 100 mm 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 800 mm。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 5 mm。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	$h < 1\ 000$	$1\ 000 \leq h < 1\ 500$	$1\ 500 \leq h < 2\ 000$	$2\ 000 \leq h < 2\ 500$	$h \geq 2\ 500$
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 0.5 mm;
- 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 1 m 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±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 mm~0 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 & 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°~45°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 & 附件的质量。

表 30 磁极挂装不平衡质量允许偏差

单位为千克

磁轭与磁极的质量之和 <i>t</i>	不同转速(r/min)下的磁极挂装不平衡质量允许偏差		
	<200	≥200~<500	≥500
<i>t</i> <200	6	3	2
200≤ <i>t</i> <400	8	4	2
400≤ <i>t</i> <600	10	5	3
600≤ <i>t</i> <800	12	6	4
<i>t</i> ≥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 <i>m</i>	高程允许偏差 <i>mm</i>
≤1.5	±1.0
1.5~2.0	±1.5
>2.0	±2.0

- b) 额定转速在 300 r/min 及以上的转子,对称方向磁极挂装高程差不大于 1.5 mm;
- 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 200 mm,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%。