

中小型水电站 施工质量 控制指南

孙觅博 主编



 黄河水利出版社

中小型水电站施工质量控制指南

孙觅博 主编

龙振球 主审

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书依据国家及部颁有关水利电力的标准和规范规程,并结合工程特点和实践经验,总结了中小型水电工程的土建工程中施工测量、导流、土石方开挖与填筑、地基处理、混凝土砌石工程及金属结构和水轮发电机组安装中水工金属结构、水轮发电机、电气设备安装制造,水力机械辅助设备和系统管路制造、安装等的质量控制要点。全书层次清晰,内容翔实,重点、要点明确,知识性、技术性强并具有可操作性,是从事水利水电工程建设、监理、施工、质量监督等人员的一部工具参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中小型水电站施工质量控制指南 / 孙觅博主编.
郑州:黄河水利出版社,2006.3
ISBN 7-80734-000-2

I.水… II.孙… III.水力发电站-工程质量-质量控制-指南 IV.TV73-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 130861 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1 / 16

印张:18.5

字数:425 千字

印数:1—2 000

版次:2006 年 3 月第 1 版

印次:2006 年 3 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-000-2 / TV · 433

定价:36.00 元

《中小型水电站施工质量控制指南》

编 委 会

主 编：孙觅博

副 主 编：戚世森 王延清

编写人员：(按姓氏笔画排列)

王延清 王银山 申来宾

孙觅博 吕仲祥 严 实

易善亮 高 翔 戚世森

魏扬顺

前 言

2001年1月国务院发布《建设工程质量管理条例》，要求水利工程质量实行项目法人（建设单位）负责、监理单位控制、施工单位保证和政府监督相结合的质量管理体制，各方按照合同管理及有关规定对各自承担的工作负责。在这种新的建设体制中，监理单位根据建设监理制，受业主委托担负着工程项目建设的“三控制、两管理、一协调”的重任，以合同和相关规范为依据，运用经济、技术标准和法律条款确保工程项目承包合同的顺利实施。在监理工程师的“三控制”中，工程质量是根本，也是最重要的一环。为了使广大水利水电工程的建设管理人员、监理人员、设计人员、施工人员全面掌握中小型水电站施工中的国家质量标准、规范规程的要求，更好地控制工程质量，河南省水利水电工程建设质量监测监督站根据水利电力方面国家及有关部委颁布的相关规范和标准并结合工程实践的经验，编制了这本中小型水电站施工质量控制指南，作为监理工程师和从事施工管理的科技工作者参考，也可供广大工程技术人员使用。希望本书的出版能进一步推动我们讲科学、求质量，不断提高主动控制工程质量的自觉性和主观能动性，并能解决实际施工中遇到的问题。

编 者

2005年10月

目 录

第一章 水电站施工工程建设标准的《强制性条文》(水利工程部分)等规范要求	(1)
第一节 水工隧洞洞室开挖	(1)
第二节 调压井(竖井、斜井)开挖	(1)
第三节 钢管的安装及预制钢筋混凝土管	(2)
第四节 厂房开挖与混凝土工程	(4)
第五节 水电站机电设备的安全要求	(7)
第六节 水轮发电机组压力容器试验的安全要求	(9)
第七节 水轮发电机组运行技术要求	(9)
第八节 机电设备安装场所的安全要求	(11)
第九节 水泵安装的技术要求	(12)
第十节 有关水轮发电机组设备的质量与安全要求的其他标准	(13)
第二章 施工测量	(14)
第一节 一般要求	(14)
第二节 控制测量	(15)
第三节 施工放样	(20)
第三章 施工导流	(32)
第一节 一般规定	(32)
第二节 围堰的施工	(32)
第三节 截流及安全度汛	(38)
第四节 导流建筑物封堵施工及基坑排水	(39)
第四章 土石方开挖、填筑与基础处理	(42)
第一节 软基开挖	(42)
第二节 岩石基础开挖	(43)
第三节 土石方填筑	(49)
第四节 基础处理	(50)
第五章 混凝土工程	(63)
第一节 对模板及支架的技术要求	(63)
第二节 钢筋的质量控制要点	(65)
第三节 混凝土施工的质量控制要点	(67)
第四节 特殊气候条件下混凝土施工的质量控制要点	(80)
第五节 面板混凝土防裂措施的要求	(85)
第六节 混凝土构件的预制与吊装的要求	(87)
第六章 厂房的施工质量控制	(91)
第一节 厂房混凝土的分层分块原则及形式要求	(91)

第二节	钢筋混凝土蜗壳及尾水管模板	(92)
第三节	厂房上、下部二期混凝土的施工要点	(97)
第四节	调压井施工的质量控制	(98)
第五节	进水口及明渠的施工质量控制	(101)
第六节	砌石工程的施工质量控制	(105)
第七章	金属结构的制作和安装的质量控制	(113)
第一节	钢管的制作和安装的质量控制	(113)
第二节	闸门和埋件制造与安装的质量控制	(125)
第三节	拦污栅制造和安装的质量控制	(147)
第四节	起重设备及启闭机安装的质量控制	(148)
第八章	水轮发电机组制造与安装的质量控制	(163)
第一节	水轮发电机组安装时的注意事项	(165)
第二节	水轮机组设备制造质量出厂检验依据与检查项目	(166)
第三节	各式水轮机组安装的质量控制	(169)
第四节	水轮发电机制造出厂质量验收的依据与项目	(179)
第五节	水轮发电机组安装的质量控制	(186)
第六节	管路及附件制造及安装的质量控制要点	(197)
第七节	蝴蝶阀及球阀安装的质量控制要点	(199)
第八节	水轮发电机组试运行的技术要求	(202)
第九节	工程验收	(206)
第十节	实 例	(208)
第九章	发电电气设备安装与制造的质量控制	(230)
第一节	电气设备出厂检验的一般规定	(230)
第二节	电气设备安装的质量控制	(234)
第三节	升压变电电气设备安装工程的质量控制	(254)
第四节	电气装置、盘柜及二次回路路线施工安装的质量控制	(267)
第十章	水力机械辅助设备及系统管路制作与安装的质量控制	(272)
第一节	空气压缩机安装的质量控制	(272)
第二节	水泵安装的质量控制	(273)
第三节	油泵安装的质量控制	(275)
第四节	水力量测仪表及箱、缸等容器安装的质量控制	(276)
第五节	通风机安装的质量控制	(277)
第六节	系统管路安装与制作的质量控制	(278)
第七节	盘石头水库电站的辅助设备技术	(281)
参考文献		(287)

第一章 水电站施工工程建设标准的 《强制性条文》(水利工程部分)等规范要求

为加强小型水电站的施工技术管理,加快施工速度,达到优质、安全、经济的目的,小型水电站在施工前,应根据批准的设计文件编制施工组织设计。施工中应建立施工质量保证体系,加强质量控制,必须按设计图纸施工,如需修改,应有设计单位的修改补充图及修改通知单。因此,为确保小型水电站的质量,一定要依据工程建设标准《强制性条文》(水利工程部分)(以下简称《强制性条文》)的有关条文对所属的单位工程、分部工程、单元工程分别进行质量控制。

第一节 水工隧洞洞室开挖

在洞室开挖作业时,洞口开挖是一个关键部位。因为洞室的洞口部分均处在山坡上,洞脸部位的岩体稳定与否是洞口可否开挖作业的前提,故施工前须对洞脸岩体进行鉴定,当确认稳定后,方可开挖洞口。如果鉴定结果发现洞脸岩体不稳定,应及时认真采取处理措施。在确认这些措施能保证洞脸岩体稳定的情况下,才能开始洞口开挖作业,并要适当做好排水措施,阻止地表水或雨水沿山体坡面倒流进洞室,以防止冲塌洞口和附近的路基,影响洞室开挖作业的质量和进度。因此,《强制性条文》根据 SDJ212—83《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》第 4.2.1 条、第 4.2.4 条和第 10.2.5 条的规定,对洞室开挖提出以下三点要求:

(1)洞口削坡开挖应自上而下进行,严禁上、下垂直作业。同时,应做好危石清理、坡面加固、马道开挖及排水等工作。

(2)进洞前,须对洞脸岩体进行鉴定,确认稳定或采取措施后,方可开挖洞口。

(3)洞口应根据地形和水文条件,采用经济合理的排水设施,不得使地表水流倒灌入洞和冲塌洞口及附近路基。

第二节 调压井(竖井、斜井)开挖

调压井(竖井)通过不良地质的大断面或因施工需要,可在上室开挖完成后,先进行混凝土衬砌。导井内自下向上钻辐射孔进行扩大开挖,此时需要封闭导井上口,防止物体坠落伤人,同时处理上部围岩。施工程序为:先导井开挖,根据地质条件分段开挖,上部挖一段先行衬砌,待围岩稳定后自下而上扩挖。

竖井、闸门等混凝土衬砌采用滑动模板,可以提高机械化程度、加快施工进度、减轻劳动强度、节约木材。

因此,《强制性条文》根据 SDJ212—83《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》

第 4.4.2 条及 SL172—96《小型水电站施工技术规范》第 15.1 条、第 15.6.1 条、第 16.1.1 条的规定,对调压井、竖井及斜井开挖提出了以下要求。

一、竖井的开挖方法

竖井采用自上而下全断面开挖方法时,应遵守下列规定:

- (1)必须锁好井口,确保井口稳定,防止井口上杂物坠入井内。
- (2)提升设施应有专门设计。
- (3)井深超过 15 m 时,人员上下宜采用提升设备。
- (4)涌水和淋水地段,应有防水设施和排水设施。
- (5)对 IV 类和 V 类围岩地段,应及时支护,挖一段衬砌一段,或采用预灌浆方法加固岩体。
- (6)井壁有不利的节理裂隙组合时,应及时进行锚固。

二、调压井的施工方法

调压井(竖井)的施工方法应根据围岩的稳定条件、衬砌结构的型式及混凝土的浇筑方法来确定。另外,施工方法与开挖断面尺寸,竖井上、下通道情况,顶部的结构型式,下部扩大开挖后对上部结构施工的影响以及施工设备等因素有关。

竖井混凝土衬砌分段高度应按下述原则确定:①围岩稳定性差的竖井宜分段开挖、分段衬砌。②衬砌结构型式有变化时,变动处宜分段浇筑。③大断面的竖井采用普通模板浇筑时,浇筑混凝土可根据模板结构型式、拌和及运输能力,分成对称的偶数块浇筑。

三、斜井的开挖方法

斜井的开挖方法应遵守下列规定:

- (1)可根据其断面尺寸、深度、倾角、围岩特性及施工设备等条件选定。
- (2)倾角为 $6^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的斜井,可采用自上而下的全断面开挖方法。
- (3)倾角为 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的斜井,可采用自下而上挖通导井,自上而下扩大开挖的方法,并应有扒渣或溜渣措施。
- (4)洞的倾角小于 6° 时,可按平洞开挖的规定执行;倾角大于 45° 时,可按竖井开挖的规定执行。

第三节 钢管的安装及预制钢筋混凝土管

一、钢管的安装程序与要求

(1)在制造及安装的运输过程中,为使钢管不发生变形和破损,当管径较大时,可使用适当的支撑和真圆保持器(如屋形撑架)等进行认真加固。

(2)安装时,将管中心线和中心高程在附近结构物上划出正确的对照点,据此来定中心。先安装弯管,将其固定于镇墩上,并按伸缩节的位置,确定钢管安装顺序。安装时

应采取措施保持钢管的真圆，定出中心线后顺次进行单位管段的临时安装和焊接，此时，应注意因焊接顺序的差错和焊缝歪斜造成中心线的偏离。

(3)压力钢管的温度，在过水时会受水及日光直照的影响而发生变形。伸缩节的主要功能，是适应这些温度变化在管轴方面可能伸缩时而不会产生显著的压力。另外，还可调整安装钢管的长度。

(4)钢管的焊接可采用单面焊接，单面焊接有以下优点：①可以减少开挖断面，减小开挖与混凝土的工程量。斜井开挖周边与钢管间距为 40 cm，底部为 50 cm。②单面焊免除了钢管外壁的岩弧气和焊接工作，改善了焊工工作条件，保证了焊接质量。③钢管管槽周边采用预裂爆破，使超挖减少，如有危岩，为了人身安全必须消除，做好排水，以使施工人员有良好的施工环境。

因此《强制性条文》规定，钢管安装前应具备以下条件：

(1)洞内岩石开挖完毕，水平管顶部及两侧宜留 40 cm 净空，底部宜留 50 cm 净空。斜井钢管四周应留有 40 cm 净空，管径小的净空应适当加大。

(2)支持钢管的混凝土支墩或墙具有 70%以上的强度。

(3)钢管四周埋设的锚筋直径不小于 20 mm，埋设孔内的砂浆应具有 70%以上的强度。

(4)钢管管线开挖应符合设计，管槽周边应采用预裂爆破，清除危岩，做好排水和边坡处理措施。

二、预制钢筋混凝土管

考虑到管道运输和安装，预制钢筋混凝土管一般长度不超过 5 m。管节的接头型式优先采用承插式管，这种接头型式施工方便，能保证接头封堵严密。管道安装后，每段进行压水试验，以确保无渗漏现象。因此，《强制性条文》规定：预制钢筋混凝土管管节长度应根据制作、运输和安装条件具体确定，一般不宜超过 5 m。管节的接头型式应优先采用承插式管。管节吊装时，混凝土强度应符合设计要求。设计无规定时，应不低于设计强度的 70%。沉陷缝和伸缩缝的位置、形式、止水材料以及管节接头止水材料均应符合设计要求，止水材料应黏结牢固，封堵严密，无渗漏现象。预制管节安装允许偏差应符合表 1-1 规定。

表 1-1 预制管节安装允许偏差

(单位：mm)

项次	项目	允许偏差
1	管节安装轴线偏移	± 5
2	相邻两管内表面高差	3
3	沉陷缝与伸缩缝宽度	± 5
4	承插管同一接头缝隙差值	± 5

三、明钢管的安装程序

明钢管安装程序为：管槽及镇墩、支墩开挖→镇墩及支座一期混凝土浇筑→厂房处理管安装→厂房处理管二期混凝土浇筑→厂房处至前池或调压井进水口建筑物间明管安装→镇墩及支座二期混凝土浇筑。

第四节 厂房开挖与混凝土工程

一、厂房开挖

水电站的厂房可分为地下厂房和地面厂房。

地下厂房开挖断面实属特大断面,一般应先开挖和衬砌顶拱(I、II类及III类围岩)或先开挖和衬砌边墙(由下而上),后再开挖和衬砌顶拱,然后用台阶法开挖剩余部分。中、下部分可采用大台阶、小台阶、多导洞辐射孔法,视围岩稳定条件、施工条件等决定。对于平行洞室的岩墙,由于作用在其上的平均压力及洞室周边切向压力增大,相应降低了岩墙的稳定性。岩墙两侧均受到开挖洞带来的扰动,在较大的切向应力作用下,松弛区会较大幅度增大。当岩墙内存在有受控制的软弱结构面时,容易产生沿软弱结构面滑动,因此应采取预应力锚索、锚杆等加固措施以保证围岩的稳定。

岩柱较岩墙开挖扰动更多,周侧都出现松弛区,稳定易遭破坏,施工中要及时加固。

对于交叉洞室,当控制软弱面倾向岩体时,平洞与主洞室的交叉段承受较大荷载,需要同时加固平洞与主洞室;当控制软弱面倾向主洞室时,边墙可能产生滑动,要加固边墙。所以对厂房开挖,《强制性条文》根据 SL172—96《小型水电站施工技术规范》的规定提出了如下要求:

(1)地面厂房开挖宜结合尾水渠开挖进行布置,开挖及地基处理按规范规定进行。

(2)地下厂房开挖:①应合理布置施工支洞,并充分利用永久洞作为施工通道;②应首先开挖导洞,其位置可按采用的施工方法确定。

地下厂房开挖一般可采用下列方法施工:①对于I~III类围岩可采用先拱后墙法。②对于III~IV类围岩可采用先墙后拱法,如采用先拱后墙法,应注意保护和加固拱座岩体。③对于IV~V类围岩,宜采用肋墙法或肋拱法,必要时应预先加固围岩。中间岩体可采用分层开挖或全断面开挖的方法。④施工期间应做好施工观测,了解岩体和支护结构的应力、围岩破坏区的范围、量测岩体及支护中的位移及变形。⑤当有相邻平行洞室,应先加固岩墙再往下挖。⑥在厂房交叉部位施工时,应先对交叉部位进行加固,加固长度应结合围岩条件,控制住软弱面的延伸范围,一般不短于5m。

二、厂房混凝土工程

(一)厂房混凝土的分块分层

基础的约束区分层厚度一般在1.0m左右,考虑到尾水管底板厚度一般大于1.0m,因此规定施工时基础约束区不应大于2.0m。混凝土厚度大于2.0m时,分层基础约束区以上部位在施工中一般控制在2.4m左右。

块体的长宽比一般以2.5:1为宜,由于小型水电站厂房面积较小,故对其长度不作限制。

通仓浇筑一般适用于顺水流向厂房尺寸为25m以内的中小型水电站,混凝土浇筑宜安排在低温季节,或虽不在低温季节但有必要的温控措施。分缝形式中,还有错缝、

预留宽槽、封闭块和灌浆缝等，均用于大型电站的厂房。

立式机组厂房，贯流式和冲击式机组厂房可进行分层，并可对分层次数适当进行增减。

纵向(沿厂房长度方向)分缝宜根据施工能力、其他建筑物施工等因素以单台或多台机组为单元分缝，一般以单台机组为单元分缝。可增加工作面，以减轻对混凝土施工能力的要求。

为防止垂直缝面张开向上延伸，在混凝土蜗壳、进水口底板顺水流设缝时，可设置骑缝钢筋。

故《强制性条文》根据 SL172—96《小型水电站施工技术规范》的规定，对厂房混凝土工程提出以下要求：

(1)厂房下部结构分层分块一般采用通仓、错缝等形式，小型水电站厂房宜采用通仓浇筑。

(2)宜按底板、尾水管、蜗壳、水轮机层、机墩和发电机层进行分层施工。贯流式和冲击式机组厂房可以参照分层。

(3)错缝分块的上、下层浇筑块搭接长度一般取浇筑厚度的 $1/3 \sim 1/2$ ，且不宜小于 50 cm，错缝施工应采取措施防止施工缝继续延伸。

(4)相邻块应均匀上升，当采用台阶缝施工时，相邻块高差一般不得超过 4~5 m。

(二)尾水管模板

小型水电站结构较小，尾水管直段采用木模与钢模成型，应注意木模与钢模结合部位必须有可靠的连接措施，以保证模板安装和混凝土施工不发生较大的误差。尾水管直段侧墙可采用砖砌、砌石或预制混凝土模板代替钢木模板。

尽量采用整体模板，可减少施工偏差、缩短施工期。蜗壳锥体按 $1/4$ 圆锥面制作，有利于模板安拆，施工时应注意模板间的连接和固定，不能产生超过规定的偏差，不然会发生气蚀等。

尾水管模板放样可采用图解法和数解法。图解法是运用画法几何的原理，计算尾水管各部分尺寸，这种方法简便易行，但须做图精细。数解法是运用初等数学和解析几何的原理，计算尾水管各部分尺寸，其优点是计算精确，便于测量施工，但计算工作烦琐，花费时间较多。

因此，《强制性条文》规定：

(1)尾水管模板放样可采用图解法、数解法或放大样制作。采用图解法应做图精细，误差精度能满足工程设计和表 1-2 的要求。

表 1-2 蜗壳及尾水管模板制作的允许误差

(单位：mm)

项次	偏差名称	蜗壳	尾水管
1	模板的长度和宽度	± 5	± 5
2	相邻两板面高差	3	2
3	局部不平	5	3
4	面板缝隙	2	2

注：局部不平指曲面模板与设计尺寸的误差，平面模板用 2 m 直尺检查所得的误差。

(2)模板就位后应测量复核与机组纵横轴线、安装高程的吻合精度，其安装误差不得超过表 1-3 的要求。

表 1-3 蜗壳及尾水管模板安装的允许误差

(单位: mm)

项次	偏差名称	蜗壳	尾水管
1	模板平整度: 相邻两面板高差 局部不平	3	3
2		5	5
3	轴线位移	± 5	± 5
4	模板标高	± 5	± 5
5	截面尺寸	± 10	± 10
6	预埋件		5
7	预留孔洞尺寸及位置	5	10

注: 蜗壳内部尺寸指径向断面尺寸。

(三)下部混凝土施工

主厂房混凝土施工, 通常以发电机层楼板顶面为界分为上部结构和下部结构。厂房结构复杂, 孔洞、板、墩、墙等较多, 暴露面积大, 虽有利于散热, 但不利于防裂。尾水管等基础底板浇筑后受基岩面的约束, 顶面在施工期间暴露于空气中, 运行期处于水下, 其温度应力较坝块更大。尾水管、蜗壳等立面框架结构, 施工期温度应力状态复杂, 因此厂房下部混凝土施工必须充分重视温度控制。因此, 《强制性条文》规定: 下部混凝土的施工应以浇筑混凝土为主, 机电安装配合; 上部混凝土施工则应以机电安装为主, 土建施工配合。

(四)厂房二期混凝土施工

为了机电埋设安装和加快土建施工, 通常把埋件周围的混凝土分为二期施工。二期混凝土并不是一次浇筑施工的, 包括二期以后各期的混凝土。二期混凝土等土建施工和机电安装通常交叉或平行作业。厂房二期混凝土结构尺寸较小, 其强度宜高于一期混凝土 5 MPa, 整个结构断面均作二期混凝土进行施工时, 二期混凝土强度不需提高。厂房未封顶时机组二期混凝土与一期混凝土相同, 已封顶的机组可采用以下方式: ①厂房屋顶预留进料孔, 或由邻近未封顶的机组段进料, 混凝土料罐不能直接入仓的部位, 用料斗和滑槽转料入仓。②机车或汽车将混凝土运至厂用桥吊下, 用桥吊转运入仓。③胶带输送机通过厂房上下游门窗或吊物孔运进混凝土, 再用胶带分料机或手推车入仓。④混凝土泵直接入仓。⑤混凝土搅拌车供料, 再用其他形式入仓。

小型水电站水轮机尺寸较小, 其锥管里衬转轮室和座环预埋件所在混凝土结构断面也小, 安装和混凝土施工均可一次进行。

预填骨料压浆混凝土法系先用骨料进行填充, 再进行回填灌浆以代替混凝土浇筑的施工方法, 此法可用于座环等阴角带部位的施工。

对厂房二期混凝土施工, 《强制性条文》规定还应满足下列要求:

- (1)二期混凝土的强度要高于一期混凝土强度 5 MPa。
- (2)二期混凝土的骨料不得大于二期混凝土最小结构厚度的 1/4 或钢筋(或预埋件)最小净间距的 1/2。
- (3)当二期混凝土最小结构厚度小于 30 cm 时, 与原一期混凝土相邻的二期混凝土最

小结构应设置接连钢筋并以之固定二期混凝土预埋件。

(4)二期混凝土浇筑前所有的预埋件应按设计和有关规定埋设完毕,其浇筑仓面应按规范做有效处理。

(5)在进行二期混凝土浇筑时,混凝土入仓不得冲击预埋件和模板,尽量避免冲击钢筋。混凝土振捣机械机头不得在与模板、预埋件及支撑的距离为振捣器有效半径的 $1/2$ 范围内振捣,并不得触动预埋件、止水片以及与预埋件、止水片相接的钢筋等。无法使用振捣器的部位应进行人工捣实。

(五)上部混凝土施工

机电安装通常从远离安装间的机组开始,上部混凝土完成才能保证行车的正常运行。

小型水电站行车梁宜用预制吊装施工,可以加大施工进度,因此行车梁按简支梁设计。

主力性骨架自承法:系利用型钢代替部分大梁钢筋,形成主力性骨架,利用主力性骨架作为大梁施工的承重构架进行混凝土施工的方法,代替后应进行截面校核。一般主力性骨架钢材用量约大于设计钢材用量 $15\% \sim 20\%$,对大梁的承载能力更为有利。该方法也称钢骨架自体支承法。

上承式承重构架法:系利用置于准备施工大梁上部的承重结构悬吊大梁自重混凝土及临时施工荷载的方法,亦称反吊法,构架为钢构架、木构架或钢木构架,构架一般为桁架。

下承式承重构架法:系利用置于准备施工的大梁下部的构架支承大梁自重混凝土及临时施工荷载的方法,由于构架一般为桁架,亦称桁架支承法。

屋顶大梁和行车梁:梁在施工中亦可采用分层浇筑的施工方法,一般分两次浇筑,分层位置在中和轴或中和轴下 $h/8$ (h 为梁高)。在第一层混凝土达到设计强度后,再浇筑第二层,但由于施工期较长,故规范未推荐分层法。采用分层法施工应考虑施工期是否允许且应征得设计部门同意。

选择施工方法时有必要进行技术经济比较。

浇筑大梁时,在施工过程中和拆模后,大梁发生一定的下沉和产生一定的挠度,为使大梁在拆模后能获得设计规定的外形,须在施工时设置一定数值的施工预拱度。施工预拱度为梁在工作荷载(包括大梁自重)下的挠度。

小型水电站机组较小,其屋面宜采用预制混凝土板,有利于缩短施工工期和施工方便,对工程质量也无影响,但应做好屋面防水。

第五节 水电站机电设备的安要求

水电站的机电设备(主要包括水轮机、水泵、水轮发电机、电动机阀门、变压器、调速器、自动化元件及装置等主辅机),特别是水电设备的设计制造,从新中国成立到现在,从无到有,从小到大,如今已形成了一个比较完整的科研、试验、设计、制造、安装、运行管理系统,为发展我国的国民经济做出了很大贡献。但由于种种因素的影响,从安

全经济运行的整体要求来看,同国外水电设备相比还存在一定的差距,如质量差、性能低、事故多、寿命短等。例如:①由于材质机械性能和化学成分达不到设计要求而造成损坏。②由于加工工艺粗糙、水轮机叶片表面粗糙度和波浪度超差大,使水轮机转轮叶片型线偏差过大,有的叶片出水边最薄和最厚差很大,严重影响机组性能,使水轮机达不到保证效率和铭牌功率,并出现严重的空蚀和磨损,稳定性差,导致大修、小修频繁。③由于制造质量问题,发电机轴承(特别是推力轴承)经常发生温度高和烧瓦事故;转桨式水轮机转轮运行中,经常出现叶片拐臂断裂事故,被迫改为定桨运行;调速器配套的阀门常常动作不灵、卡涩、漏油、磨损,使安全阀成了不安全阀;事故配压阀有事故时不动,无事故时乱动,成了事故发生器;自动化水平低,大多数自动化元件动作不灵、事故频繁,不少都变成人工手动操作监护运行。

总之,水电站的机电设备所造成的质量事故,不仅影响水电站的安全运行,而且频繁的停机检修影响工农业和生活正常供电,造成直接经济损失,影响国民经济的发展。因此,为了保证水电站的安全经济运行,就必须对水电站机电设备的设计、制造、安装和运行等不同阶段,通过《强制性条文》提出安全要求和质量技术要求,以确保机电设备质量。《强制性条文》是施工质量控制的依据和指南。

一、对技术供水系统的要求

技术供水系统和辅助设备其他各系统一样,是保证水电站安全、经济运行不可缺少的组成部分。因此,设计任务就要求供水系统既要技术可靠又要经济合理,并且在运行中能正确、有效地工作,保证满足用水设备的技术要求如水量、水质、水压等。为此,要求系统要有较高的自动化水平,启动、停止以及事故显示防范均实现自动化。同时,设有可靠的备用水量,一旦水源发生故障时,仍能正常地提供合乎要求的水量、水源和水压。因此,《强制性条文》根据 SDJ173—85《水力发电厂机电设计技术规范》(试行)第 2.4.6 条规定:技术供水系统应能自动操作,并有可靠的备用水源。

二、对油系统设备布置的防火要求

水电站的机电设备在运行中,由于设备的特性要求和工作条件不同,需要使用各种性能的油品种,大致有润滑油和绝缘油两大类。润滑油分透平油、机械油、压缩机油、润滑脂(黄油)等。绝缘油分为变压器油、开关油、电缆油等。其中,用量最大的是透平油和变压器油。绝缘油的作用是绝缘、散热和灭弧。透平油的作用是润滑、散热和液压操作。中小型水电站每年用油有数十吨到百余吨,为了保证大量的油经常处于良好状态,以保证完成各项任务,需要有油供应维修设备组成的油系统。

水电站的油系统对安全运行有着重要的意义。它是用管网将油设备与储油设备、油处理设备连接成的一个油系统,不仅能提高水电站运行的可靠性、经济性和缩短检修期,而且运行灵活、管理方便。

油品是极易着火的物质,着火、燃烧、爆炸的敏感性使得油在储运、使用和再生过程中,需要特别注意防火。为此,针对油系统主要设备、设施彼此间以及其周围环境(包括水、油排出措施,通风系统等),《强制性条文》根据 SDJ173—85《水力发电厂机电

设计技术规范》(试行)第 2.6.6 条规定油系统设备布置应符合如下防火要求:

(1)厂内单个油库的油罐总容积不宜超过 200 m^3 。当油库布置在厂外时,油库与周围建筑物之间应满足防火安全间距。

(2)油库、油处理室宜各自设有安全出口,安全出口应设向外开启的防火门。

(3)油库与油处理室之间以及与其他房间之间应有防火墙隔开,并装设灭火设施。油库应设防火堤及挡油坎,并应有油、水排出设施。油、水排出系统应符合环境保护的有关规定。

(4)油罐及其管路均应安全接地。

(5)滤纸烘箱应布置在专设的小间里。

(6)油库和油处理室应有独立的通风系统。

三、对电缆布置的防火要求

不论是动力电缆还是控制电缆,在水电站内都是重要的设备、设施,它们是否处于良性工作状态,直接影响到水电站能否正常安全运行。故《强制性条文》根据 SDJ173—85《水力发电厂机电设计技术规范》(试行)第 3.14.3 条规定:

(1)电缆隧道与电缆室之间以及电缆隧道、电缆间由厂外进入厂房的入口处,均应设置防火隔断。

(2)长电缆道内,每隔 60 m 宜设一防火隔断。电缆着火时,应有能及时隔断通风的措施。

(3)电缆穿入控制室、配电装置以及有防火要求房间的墙壁、楼板的孔洞均应用耐火材料堵塞。

第六节 水轮发电机组压力容器试验的安全要求

水轮发电机组的压力容器试验是用来检测压力容器(承压设备)及其连接装置的制造和安装质量,一般是用其承压能力来表征,而承压能力大小又是通过耐压试验来确定的。为此,《强制性条文》根据 GB8564—88《水轮发电机组安装技术规范》第 2.0.10 条和第 2.0.11 条分别做出如下规定:

(1)现场制造的承压设备及连接件进行强度耐压试验时,试验压力为 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。

(2)设备及其连接件进行严密性耐压试验时,试验压力为 1.25 倍实用额定工作压力,保持 30 min,无渗漏现象。

(3)单个冷却器应按设计要求的试验压力进行耐压试验。设计无规定时,试验压力一般为额定工作压力的两倍,但不得低于 0.4 MPa,保持 60 min,无渗漏现象。

(4)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;阀门进行煤油渗漏试验时,至少保持 5 min,应无渗漏现象。

第七节 水轮发电机组运行技术要求

水轮发电机组具有很重要的转动部件,且运行转速偏低,故必须充分保证轴承的良

好润滑条件。润滑油的油面位置和温度是反映润滑条件的两个关键参数，必须保证在规定值的范围之内。所以，《强制性条文》根据 GB8564—88《水轮发电机组安装技术规范》第 13.3.1 条、第 13.4.8 条和第 13.4.9 条对水轮发电机组 3 种运行状况作出如下技术规定。

一、对机组首次启动的要求

机组首次手动启动应进行下列工作：

- (1)观察轴承油面，其应处于正常位置；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。
- (2)测量机组运行摆度(双幅值)，其值应小于轴承间隙。
- (3)测量机组振动，其各部位振动允许值应不超过表 1-4 的规定。

表 1-4 水轮发电机组各部位振动允许值

(单位：mm)

序号	项目		额定转速(r/min)			
			≤ 100	100 ~ 250	250 ~ 375	375 ~ 750
			振动允许值(双振幅)			
1	立式机组	带推力轴承的支架垂直振动	0.10	0.08	0.07	0.06
2		带导轴承的支架水平振动	0.14	0.12	0.10	0.07
3		定子铁芯机座水平振动	0.04	0.03	0.02	0.02
4	卧式机组各部轴承垂直振动		0.14	0.12	0.10	0.07

注：振动值系指机组在各种正常运行工况下的测量值。

二、对机组试运行的要求

水轮机组在机组试运行，影响机组运行性能的因素除设计水平和制造质量外，还与安装质量和运行条件密切相关。所以，《强制性条文》根据 GB8564—88《水轮发电机组安装技术规范》第 13.4.8 条规定：在额定负载下，机组应进行 72 h 连续试运行，通过 72 h 连续试运行，全面了解机组运行的状态、特性和规律，发现隐患应查明原因，并采取有效措施加以消除，为投入系统安全运行提供可靠的保证。

当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。

三、机组调相运行试验的要求

水轮发电机组基于启动快、运转灵活、调相性能好的特点，因此可作为整个电网调相的主力。机组调相运行时，消耗功率的多少取决于充气压水效果，转轮带水调相不但要消耗大量有功功率，而且可促使机组振动加剧、摆度加大，严重影响机组使用期限。因此，《强制性条文》根据 GB8564—88《水轮发电机组安装技术规范》规定机组调相