

# 水电站土建工程施工质量控制要点

付 强

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘 要：**水电站土建工程质量管控是保障工程安全运行的核心环节，涉及基础、主体、地下工程及各类关键工序，受多种因素影响易产生质量隐患。本文从基础土建、主体土建、地下土建及关键工序四个维度，明确各环节施工质量控制要点，涵盖基坑开挖、地基处理、混凝土施工、钢筋加工、地下洞室支护等关键内容，规范施工操作流程，强化各工序质量管控，及时防范质量问题，为水电站土建工程施工质量提升提供全面的管控方向，保障工程结构安全与使用寿命。

**关键词：**水电站；土建工程；施工质量；质量控制；关键工序

引言：水电站土建工程结构复杂、施工难度高，涉及基础、主体、地下工程及各类关键工序，施工质量直接关联工程安全稳定运行与使用寿命。施工过程中，受地质条件、施工工艺、材料性能等多种因素影响，易出现各类质量隐患。因此，需针对水电站土建施工的特殊性，明确各环节质量控制要点，规范施工操作流程，强化各工序质量管控，及时防范质量问题，为水电站安全高效运行筑牢土建基础。

## 1 水电站基础土建工程施工质量控制要点

### 1.1 基坑开挖施工控制

水电站基础土建工程中基坑开挖属于先导性工序，开挖质量直接关系到后续地基处理与基础浇筑能否顺利推进<sup>[1]</sup>。施工团队需依据地质勘探资料与设计图纸对开挖边线、底标高及边坡坡比进行精确放样，采用分层分段的方式逐步下挖，每层开挖深度应结合岩土类别与支护方案加以确定。对于岩质地基，爆破开挖时须严格控制单段最大装药量与起爆顺序，降低爆破振动对保留岩体的扰动程度，避免超挖或欠挖现象发生。土质基坑开挖则应重点关注边坡稳定性，必要时设置临时支护结构防止坍塌。开挖至设计标高后，需组织地质人员与监理方对基坑底面进行联合验槽，确认岩土状况与勘察报告一致方可进入下一道工序。基坑内积水与松散物应彻底清除，为地基处理创造干燥整洁的作业面。

### 1.2 地基处理施工控制

地基处理是保障水电站基础承载力与抗渗性能的关键环节。岩基处理常采用固结灌浆与帷幕灌浆相结合的方式，灌浆施工前须开展现场灌浆试验，确定合理的灌浆压力、浆液配比与注入速率等参数。帷幕灌浆孔位偏差应控制在允许范围之内，灌浆过程中需实时记录灌入量与压力变化曲线，当注入率降至终孔标准时方可结束

灌浆。对于软弱地基或覆盖层较厚的区域，可采用置换法、桩基法或强夯法进行加固处理，施工中应对桩身完整性与地基密实度进行检测。防渗处理还涉及防渗墙、混凝土防渗齿墙等结构的施工，墙体厚度与嵌入基岩深度须满足设计要求，墙体搭接部位应确保连续性与密封性。地基处理完成后需通过压水试验或物探手段对处理范围与质量进行全面检查，确认达到设计指标后方可浇筑基础混凝土。

### 1.3 基础浇筑施工控制

基础混凝土浇筑属于大体量混凝土施工，质量控制重点在于原材料把关、配合比优化与温控防裂。水泥、砂石骨料、外加剂等原材料进场后须逐批检验，不合格材料严禁使用。配合比设计应兼顾强度、抗渗与和易性要求，通过试验确定最优水胶比与砂率。浇筑过程中采用分层浇筑、分层振捣的方式，每层厚度依据振捣器有效作用深度确定，振捣应做到不漏振、不过振，确保混凝土密实均匀。大体积基础混凝土还须埋设冷却水管，通过通水循环带走水化热，将混凝土内外温差控制在允许范围内，防止温度裂缝产生<sup>[2]</sup>。浇筑完成后应及时覆盖保湿养护，养护时间与方式须严格执行技术规范，保证混凝土强度稳步增长并达到设计等级要求。

## 2 水电站主体土建工程施工质量控制要点

### 2.1 挡水建筑物施工控制

挡水建筑物作为水电站枢纽的承重主体，施工质量优劣直接决定整座工程的安全运行水平。混凝土坝施工中，模板体系的刚度与拼缝密封性须满足设计要求，浇筑前应对模板内壁涂刷脱模剂并清除浮浆，确保拆模后混凝土表面光洁平整。大体积坝段浇筑需严格执行分层分块方案，层间间歇时间应控制在初凝之前，避免形成冷缝。碾压混凝土坝则侧重于VC值、碾压遍数与层厚

的动态调整,每层碾压完成后须进行密度检测,合格后方可铺筑上一层。土石坝填筑应严格管控坝料含水率与干密度,黏性土心墙或斜墙的填筑须在非雨季节进行,层间结合面需刨毛处理以增强咬合力。坝体与岸坡接合部位是防渗薄弱环节,施工中应加强该区域的碾压或振捣,确保填料密实度与周边结构紧密衔接。

### 2.2 泄水建筑物施工控制

泄水建筑物承担着水库调洪与安全泄洪的重要职能,对混凝土强度、抗冲耐磨性及过流面平整度均有较高要求。溢洪道开挖应严格按照设计断面进行控制,边坡开挖后须及时实施锚喷支护,防止岩体松弛坍塌。混凝土衬砌施工中,过流面模板安装精度直接影响水流流态与空蚀风险,模板拼缝处应采用密封条或填缝剂处理,避免漏浆导致表面蜂窝麻面。挑流鼻坎与消力池属于高流速冲磨区域,混凝土配合比中宜掺入硅灰或粉煤灰以提升抗冲性能,浇筑时应采用高频振捣器确保底部密实。导流洞封堵施工须在库水位满足条件后实施,封堵混凝土应具有微膨胀特性,封堵体与洞壁之间应设置键槽以增强抗剪能力。

### 2.3 引水建筑物施工控制

引水系统包括压力管道、调压井与引水隧洞等结构,施工质量控制的重心在于洞室开挖轮廓精度与衬砌结构密实度。隧洞掘进应采用光面爆破或全断面掘进机施工,超挖量须控制在规范允许范围内,欠挖部分严禁采用回填方式处理。压力钢管安装前应对钢管壁厚、焊缝质量与椭圆度进行逐项检查,钢管回填混凝土须从两侧均匀上升,防止钢管受力不均产生变形。调压井施工中,井壁混凝土浇筑宜采用滑模或翻模工艺,每节浇筑高度应结合混凝土初凝时间合理确定。引水隧洞衬砌混凝土应采用泵送入仓,振捣时注意避免触碰防水板,确保防渗体系完整无损。

### 2.4 厂房及升压站土建施工控制

地下厂房开挖跨度大、结构复杂,围岩稳定与支护质量是施工控制的重中之重。厂房顶拱与边墙开挖应遵循短进尺、弱爆破、强支护的原则,爆破后立即架设钢拱架并喷射混凝土封闭岩面。主厂房混凝土浇筑涉及蜗壳、尾水管等异形结构,模板制作与安装须经过专项设计与验收,浇筑过程中安排专人监控模板变形情况。升压站土建工程虽体量相对较小,但设备基础预埋件精度要求严格,基础浇筑前应对预埋螺栓位置与标高进行反复校核,混凝土浇筑时采用二次振捣工艺提高基础密实度。地面建筑部分应注重结构柱与屋面梁的几何尺寸控制,确保后续机电设备安装具备可靠的土建条件。

## 3 水电站地下土建工程施工质量控制要点

### 3.1 地下洞室开挖施工控制

地下洞室开挖是水电站土建工程中技术难度较高的工序,开挖质量直接影响围岩稳定状态与后续支护衬砌的施工条件<sup>[3]</sup>。施工前须依据地质勘察报告与设计图纸对洞室轴线、断面尺寸及开挖标高进行精确放样,采用全站仪与水准仪联合测量,确保放样精度满足规范要求。钻孔爆破施工中,周边孔应采用光面爆破或预裂爆破技术,严格控制单孔装药量与起爆顺序,将超欠挖量控制在允许范围内。对于大跨度洞室,宜采用分部开挖法或全断面掘进机施工,减少对围岩的扰动次数。开挖过程中须持续监测洞顶收敛与围岩变形数据,一旦变形速率超过预警值应立即停止掘进并采取加固措施。洞室轮廓成型后须对开挖面进行地质素描与拍照记录,核对实际揭露的岩性与地质预报是否一致,为支护方案调整提供依据。

### 3.2 地下洞室支护施工控制

地下洞室支护质量关乎施工安全与洞室长期稳定,支护形式的选择须结合围岩类别、地应力条件及洞室跨度综合确定。锚杆支护施工中,钻孔角度与深度须严格按设计执行,锚杆注浆应采用由孔底向孔口的灌注方式,确保浆液饱满无空洞,锚杆抗拔力检测须逐根进行。喷射混凝土支护应分层施喷,每层厚度控制在合理区间,喷射作业面与受喷面之间的距离及喷射角度需根据回弹量动态调整,降低材料损耗并保证喷射密实度。钢拱架安装须与岩面紧贴,架间距与连接螺栓数量应满足设计要求,拱架背后如有空隙须用混凝土或砂浆充填密实。对于软弱破碎围岩地段,可采用超前小导管或管棚预支护,注浆压力与浆液配比须通过现场试验确定,注浆结束标准以达到设计压力并稳定持压一段时间为准。

### 3.3 地下洞室衬砌施工控制

衬砌施工是地下洞室成型的最终工序,混凝土衬砌质量直接决定过流面平整度与结构防渗性能。模板台车或钢模板安装前须进行除锈与涂刷脱模剂处理,模板拼缝处应加设密封条防止漏浆。混凝土浇筑采用泵送入仓,浇筑速度与振捣频率须相互匹配,振捣棒插入深度应进入下层混凝土一定距离,确保层间结合紧密。拱顶部位是衬砌施工的难点,应采用附着式振捣器辅助振捣,避免出现拱顶空洞。衬砌混凝土配合比须兼顾强度与抗渗要求,水胶比不宜过大,宜掺加粉煤灰或硅灰以改善和易性与耐久性。混凝土浇筑完成后须及时洒水养护或覆盖保湿材料,养护周期不得低于技术规范规定的最短天数,防止因早期失水导致表面开裂,保证衬砌结

构强度持续增长并达到设计等级。

#### 4 水电站土建关键工序施工质量控制要点

##### 4.1 混凝土搅拌、运输及浇筑控制

混凝土搅拌环节须严格把控原材料计量精度与投料顺序,每盘搅拌时间应满足充分混合的最低要求,外加剂溶液应预先配置并校准浓度<sup>[4]</sup>。拌和楼自动化系统需定期校验传感器与控制程序,确保配合比执行偏差处于允许范围内。混凝土运输应根据浇筑点距离与气候条件选择适宜的运输方式,运输过程中搅拌筒应保持慢速转动防止离析,到达浇筑现场后须检测坍落度与含气量,不满足入仓要求的混凝土应予以退回。浇筑施工中应合理安排布料路线与振捣点位,避免堆积过高造成骨料下沉。分层浇筑厚度须与振捣棒有效作用深度相匹配,每层浇筑间歇应控制在前层混凝土初凝之前,杜绝冷缝产生。水下混凝土浇筑须采用导管法,导管埋入深度应随浇筑面升高及时调整,保证混凝土连续供应不中断。

##### 4.2 混凝土养护及缺陷处理控制

混凝土浇筑完成后的养护作业对强度发展与抗裂性能具有决定性作用。大体积混凝土宜采用蓄水养护或覆盖保湿膜的方式,养护用水温度与混凝土表面温差不宜过大,防止因急冷急热引发温度应力裂缝。普通混凝土结构可采用洒水或喷涂养护剂的方式,养护持续时间须满足规范最低要求。养护期间应安排专人巡查,发现表面干燥或开裂迹象应立即采取补救措施。对于已出现的蜂窝、麻面、露筋等表面缺陷,应在混凝土达到一定强度后进行凿除清理,修补材料宜选用比原设计强度高一等级的砂浆或细石混凝土,修补面应与原混凝土紧密结合。深层裂缝须经灌浆处理,环氧树脂或水泥浆液的选择应视裂缝宽度与深度而定,灌浆压力须缓慢升高防止二次破坏。

##### 4.3 钢筋加工、连接及安装控制

钢筋进场须核查出厂合格证与力学性能检验报告,按批次抽取试样进行拉伸与弯曲试验,不合格品不得用于工程。钢筋加工应在专用场地进行,弯折角度与弯弧内直径须满足设计与规范要求,加工后的钢筋应分类堆放并设置标识牌。钢筋连接方式包括机械连接、焊接与绑扎搭接,机械连接接头须逐个进行抗拉强度检测,焊接接头须进行拉伸与弯曲试验,连接位置应避开构件最

大弯矩处。钢筋安装过程中应重点控制保护层厚度,垫块间距与数量须满足要求,绑扎丝头不得伸入保护层以内<sup>[5]</sup>。复杂节点部位钢筋密集,应提前进行排布模拟,确保混凝土浇筑时振捣棒能够顺利插入,钢筋骨架在浇筑期间须设置支撑架固定,防止移位或变形。

##### 4.4 砌体施工及收尾清理控制

砌体施工中砂浆强度等级须严格按设计要求配制,砂浆应随拌随用,超过初凝时间的砂浆严禁继续使用。块石砌筑应采用错缝搭接方式,缝宽均匀一致,砂浆饱满度应达到规范规定的最低标准。砌筑过程中应随时用靠尺检查墙面平整度与垂直度,偏差超标处应立即拆除重砌。挡土墙与护坡砌体应设置泄水孔,孔位与坡度须满足排水设计要求。收尾清理阶段须对施工现场进行全面检查,拆除的模板、脚手架与废弃材料应及时清运,预留孔洞应封堵密实。混凝土表面的浮浆、油污与铁锈须在装饰或安装前彻底清除,外露钢筋头部应按设计要求进行防锈处理。最终交工前应对所有土建分项工程进行外观质量与尺寸偏差的逐项复核,确认全部满足验收标准后方可进入下一阶段施工。

#### 结束语

水电站土建工程施工质量控制涵盖基础处理、主体结构、地下洞室及关键工序等多个技术层面,各环节须严格执行原材料检验、工艺参数管控与成品检测验收标准。通过分层开挖、温控防裂、灌浆加固及支护衬砌等技术手段,可有效保障结构承载力与防渗性能。持续强化施工全过程质量管理,将推动水电土建工程建设水平不断提升,为电力行业高质量发展提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]金娟.强化现场管理对提升土建工程施工质量的重要性[J].中国建筑金属结构,2021(8):56-57.
- [2]王艳.建筑工程施工质量管理存在的问题及优化对策[J].工程管理,2024(12):67-69.
- [3]张宇.BIM技术在土建工程施工质量管控中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2021(05):45-47.
- [4]沈焕杰.土建工程混凝土施工质量控制要点分析[J].工程技术研究,2024,9(03):162-164.
- [5]刘宇田.土建工程施工质量控制管理研究[J].中国建筑金属结构,2022,(01):146-147.