

地下连续墙拦沙坎在某水电站的应用 及施工技术研究

汪烺, 薛守宁, 刘钊, 申智明

(国电大渡河流域水电开发有限公司枕沙水电建设管理分公司, 四川省 金口河 614700)

摘要:为解决河床式水电站厂房上游拦沙坎水下施工的质量、安全和进度控制的问题,某水电站创新采用了地下连续墙拦沙坎替代原重力式挡墙拦沙坎,并在施工过程中严格按质量控制要点做好过程质量控制,卓有成效的解决了砼重力式挡墙结构拦沙坎施工存在的水下基础情况不明、水下模板及砼浇筑工艺控制难度大、砼浇筑质量难以保证等问题。该创新方案的经济、安全、质量等效益明显,直接节约投资约20%,节约工期75%,砼用量为原方案的15%,实现节能减排、文明环保等社会效益,可为同类工程提供借鉴。

关键词:水电站;河床式;地下连续墙;拦沙坎;施工技术

中图分类号: **文献标识码:** A

1 工程概况

某水电站位于四川省峨边县境内,为河床式开发电站,总装机容量348MW。河床式开发水电站厂房进水口拦沙坎往往设在进水渠上游,而为了减小基坑面积,上游围堰一般布置在拦沙坎的下游,因此拦沙坎便位于基坑外部,导致拦沙坎施工为水下施工。因此解决水下施工的质量、安全和进度问题成为重中之重。目前,拦沙坎一般采用砼重力式挡墙结构,存在水下基础情况不明、水下模板及砼浇筑工艺控制难度大、砼浇筑质量难以保证等问题。为解决以上问题,沙坪公司经研究采用地下连续墙替代重力式挡墙的方案,取得了良好的综合效益。

本次施工范围为上游拦沙坎地下连续墙。因上游发电导致水位变幅较快的影响,原设计中挡墙式拦沙坎施工方案失效,现实施地下连续墙式拦沙坎施工。拦沙坎地下连续墙轴线与挡墙式拦沙坎轴线一致,由L1至L2轴线长约85.0m。本次拦沙坎地下连续墙施工采用“钻劈法”,槽孔分为一、二期槽,均为四主三副;墙段连接采用“钻凿法”。

2 地下连续墙拦沙坎设计

某水电站厂房上游拦沙坎采用地下连续墙设计方案主要基于在满足结构功能要求的前提下解决重力式挡墙拦沙坎难以在水下施工的问题,通过将地下连续墙设计思路及施工技术与拦沙坎的功能要求完美结合,解决了工程实际问题。

作者简介:汪烺(1990-),男,四川,助理工程师,学士学位,主要从事水电工程管理。263695128@qq.com。地址:四川省乐山市金口河区永和镇滨河路四段。手机:13540522990。

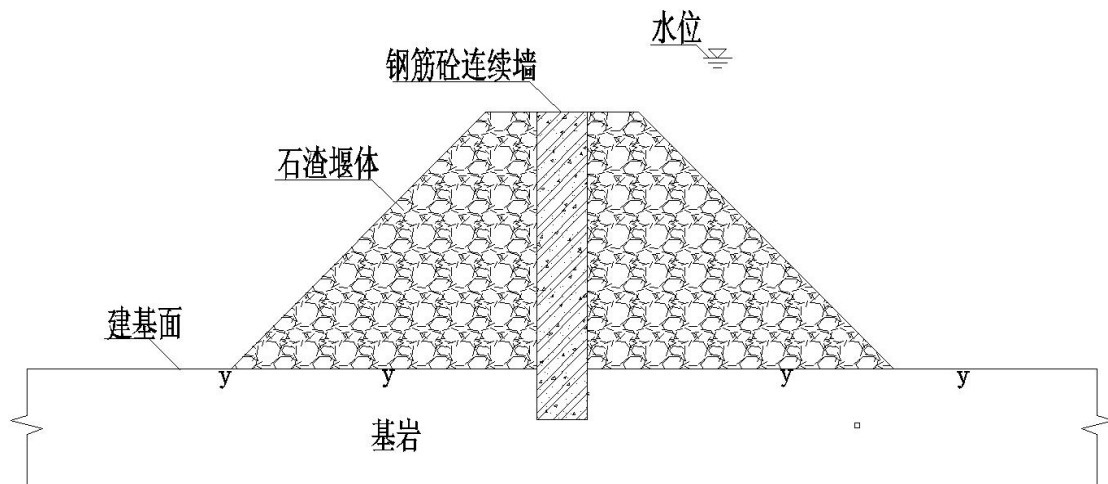


图 1 地下连续墙式拦沙坎横断面示意图

地下连续墙设计施工程序为：①以拦沙坎轴线为轴线填筑施工平台，填筑料采用小粒径的砂砾石料，施工平台需高出施工期水面高程；②在施工平台上进行钻孔成槽作业，槽宽一般1m左右，槽底一般深入基岩1m左右即可；③在所成槽内下钢筋笼，浇筑砼，从而形成钢筋砼连续墙，连续墙墙顶高程与原设计相同；④待砼达到一定龄期后，挖除墙顶以上回填料及堰体上下游多余回填料。

3 施工工艺及质量控制要点

地下连续墙拦沙坎本质上就是用地下连续墙替代重力式挡墙，起到承受侧向土压力的作用，该方案实施与地下连续墙施工类似。主要包含施工平台建造、冲击钻造孔、成槽、下设钢筋桁架、浇筑砼等工序。

3.1 施工平台建造

混凝土地下连续墙施工平台沿拦沙坎轴线通长布置，下游侧布置钻机行走轨道，宽 6.5m；地下连续墙上游区域为倒浆平台和排浆沟，宽 3.0m，排浆沟上游侧设 2 个 2.0m×2.0m×2.0m 沉淀池。

钻机行走轨道由四道钢轨组成，其下按 80cm 左右的间距铺设 15cm×15cm×450cm 的枕木，钢轨固定于枕木之上。枕木铺设前对场地进行平整和夯实，并与地下连续墙轴线平行埋设 3 道卧木，经测量平整度满足要求后，方可铺设；倒浆平台和排浆沟采用 C20 混凝土浇筑，厚度为 30cm；倒浆平台至排浆沟为 3% 的斜坡，以便于浆液自流。

3.2 造孔成槽施工

I 期槽孔造孔采用冲击钻机配十字钻头、抽砂筒等机具。先钻主孔，再劈打副孔，最后“找小墙”。

钻进主孔时特别要求孔位准确，垂直度符合规范要求，因为槽孔的两端主孔的垂直度将直接影响与 II 期槽段的连接，影响整个地下连续墙的连接性。

混凝土地下连续墙底线深度要求深入弱风化基岩 1.0m。成槽过程中，根据先期勘探地质资料，在接近基岩面时，开始采取基岩样品，并由现场地质工程师会同监理工程师和设计工程师进行岩样鉴定，经监理工程师批准终孔。

副孔采用“劈打法”，由于副孔相邻的均为已经钻进的主孔，有两个自由面，因此成孔速度较快。劈打副孔时的岩渣，利用接渣斗直接捞出孔外。

副孔全部终孔后，需要找主副孔之间的“小墙”。最终造出符合设计和规范要求的规整槽孔。

成槽质量标准不低于如下设计要求：孔位偏差不大于 3cm；孔斜率不大于 0.4%，遇有含孤石、漂石的地层及基岩面倾斜度较大等特殊情况下，孔斜率应控制在 0.6% 以内。对于 I、II 期槽孔接头，

要求套接孔的两次孔位中心任一深度的偏差值应不大于施工图纸规定墙厚的 1/3，并采取措施保证设计厚度。

槽孔终孔后，报告现场监理工程师进行孔位、孔形及孔斜全面检查验收，合格后进行清孔换浆。孔斜检查可采用重锤法进行，通过孔口偏差值计算孔斜率。

在 I 期槽孔施工时，如果出现其中一台钻机无空位停等时，就可按排此钻机施工 II 期槽中间孔。在 I 期槽孔浇筑砼完毕后待凝 12~24h 后就可进行套打接头孔施工，接头孔套打施工完毕就可全面施工 II 期槽孔，余下施工同前述 I 期槽孔施工方法。

造孔成槽主要质量要求如下：

(1) 各单孔开孔中心线位置在设计连续墙中心线径向内外误差不大于 3cm。

(2) 连续墙槽壁及接头开挖均应保持平整垂直，对其质量要求为：

① 槽孔偏斜率不大于 0.4%；遇有含孤石、漂石的地层及基岩面倾斜度较大等特殊情况时，槽孔偏斜率应控制在 0.6% 以内；② 槽段厚度方向允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ ；③ 槽段长度方向允许偏差 $\pm 50\text{mm}$ ，两相邻槽段接头处中心线在任意深度处的偏差 $\leq 60\text{mm}$ 。

3.3 钢筋桁架制安装

3.3.1 桁架制作

用于地下连续墙施工的钢筋均应附有产品质量证明书及出厂检验单，在使用前，应分批进行钢筋机械性能试验，检验合格后方能用于工程施工。

钢筋表面应洁净，粘着的油污、泥土、浮锈使用前必须清理干净；钢筋调直尽量使用机械调直机，经调直后的钢筋不得有局部弯曲、死弯、小波浪型，其表面伤痕不大于钢筋截面的 5%；钢筋切断应根据钢筋号、直径、长度和数量、长短搭配，先断长料后断短料，尽量减少和缩短钢筋短头，以节约钢材。

地下连续墙钢筋桁架钢筋搭接采用双面焊缝，其搭接长度不小于 5d，d 为钢筋直径。

每段钢筋桁架高度应据槽孔孔深分段制作，其两侧采用定位钢筋固定，定位钢筋采用单面焊接，确保钢筋保护层厚度为 5cm。

3.3.2 桁架安装

因为每段钢筋桁架长度均比较长（9 米），为避免起吊时桁架变形，一方面要选好起吊位置，另一方面，加设临时槽钢、钢管等刚性体，以增加钢筋桁架的整体起吊刚度，起吊完毕后于槽孔孔口将临时刚性体除去。

本工程地下连续墙采用焊接法的连接方式进行钢筋桁架的下设，即钢筋桁架底段先期入槽，并稳妥地架立于孔口，其余段利用吊车起吊，与底段进行逐段对接。当全部钢筋桁架对接完毕后，利用吊车进行整体下设。下设时一定安全、平稳，对应好钢筋桁架在槽中的位置。遇到阻力时不得强行下放，以免钢筋桁架变形，造成管体移位，影响下设精度。钢筋桁架接头处利用电焊机牢靠的进行焊接连接。并在每一接头处竖向焊设 2~3 根钢筋加劲肋，以确保接头处强度。其优点是允许钢管有一定的变形，并且连接可靠，连接强度高。缺点是焊接时间长，耗费时间，会使槽孔底部的淤积增加，加大混凝土浇注的难度。

3.4 混凝土浇筑

3.4.1 墙体材料物理力学性能指标

本次地下连续墙墙体材料为 C25 二级配混凝土，混凝土施工物理特性指标按下列要求进行控制：

(1) 入槽坍落度：18~22cm，扩散度：34~40cm；

(3) 坍落度保持 15cm 以上时间不小于 1h；

(4) 初凝时间： $\geq 6\text{h}$ ；

(5) 终凝时间： $\leq 24\text{h}$ ；

混凝土密度： $\geq 2.1\text{g/cm}^3$ 。

3.4.2 混凝土拌和及运输

地下连续墙混凝土由集中拌和系统拌制提供，拌好的混凝土采用混凝土搅拌车运至现场入槽浇筑。

3.4.3 混凝土浇筑

与防渗墙混凝土浇筑工艺基本类似，采取拔管水下混凝土浇筑方案。

(1) 浇筑导管及安装要求

① 混凝土浇筑导管采用快速丝扣连接的 $\Phi 250\text{mm}$ 的钢管，导管接头设有悬挂设施；② 导管使用前做调直检查、压水试验、圆度检验、磨损度检验和焊接检验，检验合格的导管做上醒目的标识，不合格的导管不予使用；③ 导管在孔口的支撑架用型钢制作，其承载力大于混凝土充满导管时总重量的2.5倍以上。

(2) 导管下设

① 导管下设前需进行配管和作配管图，配管应符合规范要求；② 导管按照配管图依次下设，导管距槽孔端部或接头孔壁距离保持在 $1.0\sim 1.5\text{m}$ ，导管间距不得大于 4.0m ，当孔底高差大于 25cm 时，导管中心置放在该导管控制范围内的最低处。导管底口距槽底距离控制在 $15\text{cm}\sim 25\text{cm}$ 。

(3) 混凝土入仓及控制要点

混凝土入仓程序如下：

① 混凝土搅拌车运送混凝土进槽孔前储料罐，再分流到各溜槽进入导管；② 混凝土开浇时采用压球法开浇，每个导管均下入隔离塞球。开始浇筑混凝土前，先在导管内注入适量的水泥砂浆，并准备好足够数量的混凝土，以使隔离的球塞被挤出后，能将导管底端埋入混凝土内；③ 混凝土必须连续浇筑，槽孔内混凝土上升速度不得小于 2m/h ，并连续上升至高于设计规定的墙顶高程以上 0.50m ；④必要时，采用天泵直接入导管进行浇筑。

混凝土入仓质量控制要点如下：

① 导管埋入混凝土内的深度保持在 $1\text{m}\sim 6\text{m}$ 之间，以免泥浆进入导管内；② 槽孔内混凝土面应均匀上升，其高差控制在 0.5m 以内，每 30min 测量一次混凝土面，每 2h 测定一次导管内混凝土面，在开浇和结束时适当增加测量次数；③ 严禁不合格的混凝土进入槽孔内；④ 浇筑混凝土时，孔口设置盖板，防止混凝土散落槽孔内。槽孔底部高低不平时，从低处浇起；⑤ 混凝土浇筑时，在机口或槽孔口入口处随机取样，检验混凝土的物理力学性能指标；⑥ 为保证地下连续墙槽段浇筑混凝土质量，各槽段浇筑混凝土超浇高度不小于 0.5m 。超浇混凝土须凿除，并保证槽浇混凝土墙顶部密度大于 2100kg/m^3 为止；⑦ 混凝土浇筑顶高程为 535.3m ，钢筋笼设置顶高程为 534.8m 。

4 新技术应用优势

水下浇筑砼重力式挡墙拦沙坎存在较多施工难点和质量控制难点，主要不利可总结为：①重力式挡墙基础在水下，难以控制基础高程及平整度；②模板在水下难以架立及拼接，安全和质量均难以保证。且模板下口与基础面无法保证紧贴，浇筑过程中容易造成砼外露和浪费；③砼水下浇筑容易导致离析，且基本无法振捣，砼浇筑质量无法保证；④模板无法拆除及回收，增加施工成本。

地下连续墙的特性及结构形式能够满足拦沙要求，从功能上讲可以替代重力式挡墙拦沙坎的作用，相对于水下浇筑砼重力式挡墙拦沙坎存在的不利因素，地下连续墙施工可参照防冲墙施工、防渗墙施工等类似施工，有较为成熟的质量控制标准，从而实现质量可控、安全可控、进度可控、投资可控。

5 结语

某水电站发电厂房上游拦沙坎采用地下连续墙型式替代原重力式挡墙形式，在满足功能要求的基础上克服了混凝土水下施工存在的问题，实现质量可控、安全可控、进度超前、投资节省的工程管

目标。该新方案最终节约工期 75%，节约投资约 20%，该方案的砼用量为原方案的 15%，实现节能减排、文明环保等社会效益，可为同类工程提供借鉴。

参 考 文 献：

- [1] 水电水利工程混凝土防渗墙施工规范.DL/T 5199-2004.
- [2] 国电大渡河沙坪水电建设有限公司，一种拦沙坎及其施工方法：中国，CN201610264189.4[P].2016-07-06.
- [3] 宗敦峰,刘建发,肖恩尚,陈祖煜. 水工建筑物防渗墙技术60年 I :成墙技术和工艺[M].2016: 455-462.
- [4] 陈灯霞. 水利水电工程建筑中混凝土防渗墙施工技术的运用[J], 工程技术研究, 2017,41.
- [5] 张长志.防渗处理技术在水利施工中的应用分析[J].河南科技2016(01): 124-125.