

深厚覆盖层交叉部位基础处理群施工关键技术分析

周 建¹, 何英建¹, 柏纪锋², 喻 健¹

(1. 中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213; 2. 四川华能泸定水电有限公司, 四川 泸定 626100)

摘 要:硬梁包水电站首部枢纽工程覆盖层深厚,地质条件复杂,地层分布不均与,地基地层为含孤(漂)、块(卵)碎砾石层。首部枢纽工程基础处理方式多且各个施工交叉影响大,存在各工序组织不利影响施工工期、交叉施工影响施工质量等问题。如何在规定时间内合理组织各基础处理施工顺序,同时消除各工序相互影响,确保工程施工质量,是该工程需要突破的关键技术难点。研究结果表明:交叉部位基础处理群施工时,应优先进行振冲碎石桩施工;在防渗体连接部位增加高喷桩有助于提升结构防渗功效;现场大功率振冲及引孔设备应与防渗墙施工场地至少保持 10 m 距离。以上经验可为后续类似深厚覆盖层基础处理群施工提供借鉴。

关键词:深厚覆盖层;基础处理群;施工关键技术

中图分类号:P631.4+23 文献标识码: B 文章编号:1001-2184(2023)01-0039-05

Key Technologies for the Construction of the Foundation Treatments
at the Intersection of the Deep Overburden Layer

ZHOU Jian¹, HE Yingjian¹, BAI Jifeng², YU Jian¹

(1. Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610213;

2. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co., Ltd., Luding Sichuan 626100)

Abstract: The head hub of Yingliangbao Hydropower Project has deep overburden layer, complex geological conditions and uneven stratigraphic distribution. The ground base is composed of boulders(floats), blocks(pebbles) and gravels. There are many foundation treatments that exist mutual interference for the head hub. There are problems such as adverse impact on the construction period of each process organization, and impact on the construction quality of cross construction. How to reasonably organize the construction sequence of each foundation treatment within the specified time, eliminate the mutual influence of each process and ensure the construction quality is the key technical difficulty in this project. The results show that the construction of vibrating crushed stone piles should be prioritized during the construction of the foundation treatments of the intersection. Adding high-pressure rotating piles to the connection of impermeable bodies can help improve the anti-seepage effect of the structure; the on-site high-power vibrating and piloting equipment should be kept at least 10 m away from the cut-off wall construction site. The experience mentioned above can provide reference for the construction of similar deep overburden foundation treatments.

Key words: Deep overburden layer; Foundation treatments; Key construction technologies

1 工程概况

硬梁包水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内大渡河干流上,上游为泸定水电站,下游接大岗山水电站。首部枢纽工程分三期进行施工,一期施工导流明渠;二期施工基坑闸坝、生态厂房及进水口;三期施工面板堆石坝。一期导流明渠于 2019 年 10 月开工,2020 年汛前导流明渠需具备度汛条件,为此导流明渠进出口围堰及纵

向围堰施工至关重要。

导流明渠及纵向围堰交叉部位基础处理包含振冲碎石桩施工、进口围堰防渗墙施工、主坝悬挂式防渗墙施工、高喷防渗墙施工、高喷桩施工等。鉴于导流明渠纵向围堰基础处理种类繁多,交叉作业影响大,如不能合理组织安排,将影响纵向围堰防渗功能,造成后期施工巨大经济损失及工期损失。

2 工程地质情况

收稿日期:2022-07-22

根据首部枢纽工程河床覆盖层区勘探钻孔揭示,河床覆盖层最大厚度为129.7 m,分布有两层连续性较好的堰塞沉积细粒土层,以此为界,其余

为粗粒土层。由老到新,从下至上大致可分为5层,地质分层剖面图见图1。

①、③、⑤层总体为含漂砂卵石粗粒土层,

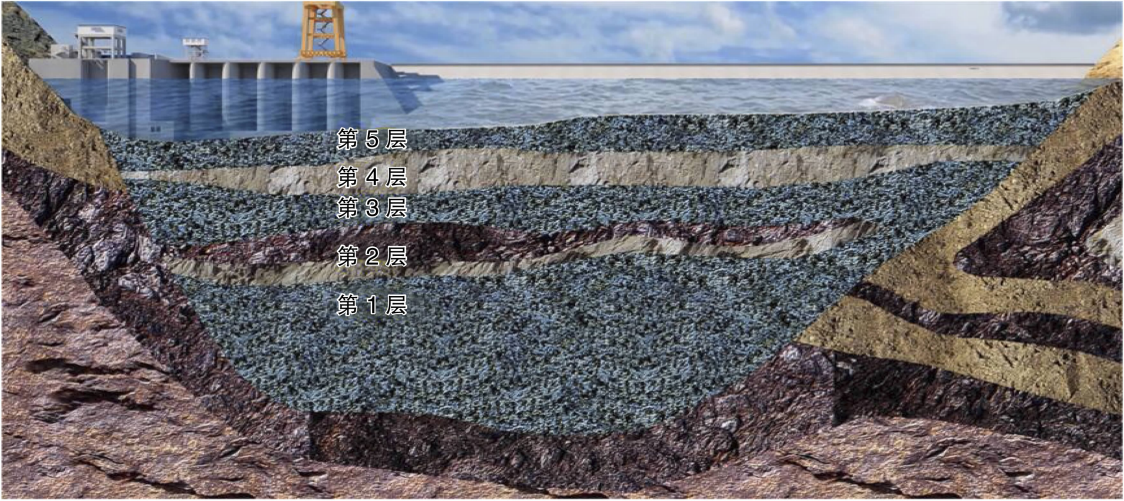


图1 地质分层剖面图

块(卵)碎砾石磨圆度差,呈次圆状、次棱角状,局部存在大粒径孤石、卵石。⑤层层承载力和变形均难满足设计要求,且存在一定不均匀沉降变形问题。③层埋深较大,承载力较高,模量大,压缩性小,承载力和变形满足设计要求。①、③、⑤层粗粒土层透水性较强,允许坡降小,抗渗稳定性差,存在管涌破坏。为此在进行①、③、⑤层防渗墙造孔及振冲桩造孔时存在极大困难,高喷防渗墙成墙难度大,振冲碎石桩在穿过④进入③时可能存在涌水现象。

②、④层为堰塞沉积细粒土层,②层又可细分为上部的中细砂层(②-2)和下部的粉土、粉质黏土层(②-1),④层以粉土、粉质黏土为主,含细砂、中细砂透镜体。②、④层粉土、粉细砂层力学强度低,是抗滑稳定的控制性软弱土层。可能潜在滑移。

②、④层细粒土层透水性较弱,为弱~微透水层,允许坡降较小,抗渗稳定性较差,钻探揭示,该层土沿坝轴线左右岸坡一定范围内存在局部缺失,无承压水现象,分析认为该两层土不构成完整的相对隔水层。

第②层埋藏较深,在8度设防条件下地震液化可能性小;第④层埋藏浅,在8度设防条件下存在地震液化的可能,综合考虑第④层力学性质差,其承载力低、变形较大,不能满足设计要求,且存

在一定不均匀沉降变形问题,同时可能存在抗滑稳定问题。

3 导流明渠与纵向围堰交叉部位基础处理方式

主坝悬挂式防渗墙基本垂直纵向围堰并向左岸延伸,主坝悬挂式防渗墙以垂直点为界上接进口围堰防渗墙,下接纵向围堰高喷防渗墙,纵向围堰施工布置图见图2。导流明渠与纵向围堰交叉部位基础处理方式有混凝土防渗墙、高喷桩、振冲碎石桩、高喷防渗墙、悬挂式防渗墙^[1]。以防洪度汛为前提的情况下,按照时间先后顺序进行了进口围堰防渗墙施工、振冲碎石桩施工、高喷防渗墙施工、主坝悬挂式防渗墙施工、高喷桩施工。

4 主要施工方法

导流明渠及纵向围堰交叉部位基础处理种类多,施工空间狭窄,不具备同时施工条件。同时结合现场实际情况,2020年年初受疫情及振冲碎石桩试验影响(施工参数尚未确定),若按照正常程序施工,将不能满足防洪度汛要求。为此经讨论采取了错开施工时段,合理衔接各基础处理施工顺序的方式,保证了防渗体施工质量同时按期完成了度汛目标。

4.1 围堰混凝土防渗墙施工

按正常施工程序,振冲碎石桩施工完成后进行围堰混凝土防渗墙施工,但由于振冲碎石桩施工参数未确定,在保证现场施工进度的前提下优

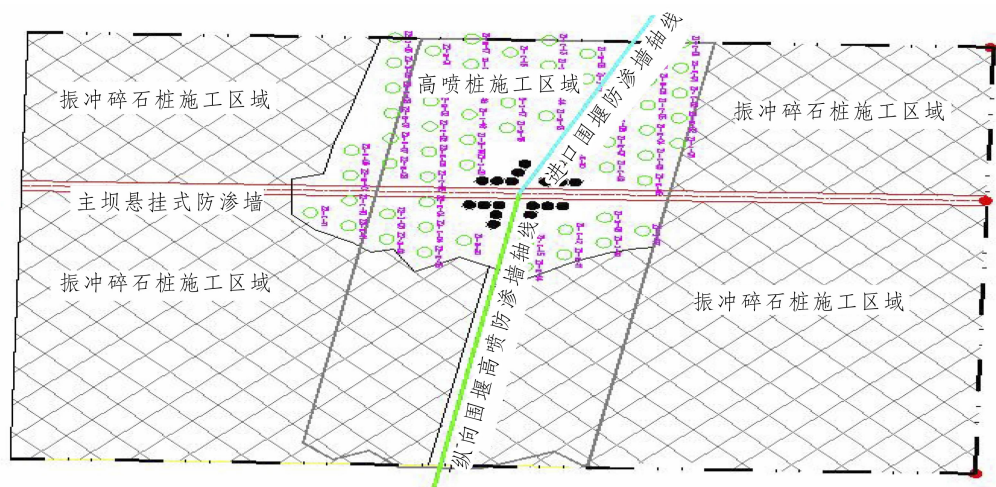


图 2 纵向围堰施工布置图

先进行了围堰混凝土防渗墙施工。

围堰混凝土防渗墙施工平台 EL1 228, 墙底深入第四层不小于 4 m, 防渗墙墙厚 0.8 m, 分 2 序槽进行施工, 每个槽段长 6.4 m。造孔钻机为 75 kW 功率的 CZ-9D 冲击钻机, “两钻一劈法”和“平行钻进法”成槽工艺。成槽后采用抽桶抽渣及气举反循环法进行清孔。清孔完毕后进行接头管下设及二期槽段的槽孔清理。混凝土采用直升导管法进行混凝土浇筑, 槽孔内混凝土上升速度均不小于 2 m/h, 并连续上升至高于设计规定的墙顶高程以上 0.5 m^[2]。

4.2 振冲碎石桩施工

振冲碎石桩试验完成后, 优先进行了导流明渠与纵向围堰交叉部位的振冲碎石桩施工, 此时进口围堰防渗墙已施工完成。结合振冲碎石桩试验技术要求, 振冲施工离已施工的防渗墙等的净距大于 8 m, 为此在已完成进口围堰防渗墙 8 m 范围以外进行了振冲碎石桩施工。

根据现场实际地形纵向围堰振冲碎石桩施工平台高程为 EL1 228, 对比招投标阶段碎石桩施工长度, 实际施工碎石桩工程将超合同工程量, 为此现场施工将施工平台降低至 EL1 225。振冲碎石桩按等边三角形布置、桩中心距为 2.6 m、桩径 1.3 m, 桩深深入第 3 层 1 m。

振冲碎石桩引孔施工采用空气潜孔锤(锤头直接 800 mm)同步根管钻进, 参考地质资料第五层含漂砂卵石层厚度为 10~15 m, 在根据现场实际引孔情况, 现有引孔设备引孔深度超 12 m 后引孔效果下降。为保证施工质量, 现场共同商

议将施工平台降至 EL1 221。在降低过程中边坡按 1:1 坡比进行了开挖, 开挖完成后进口围堰防渗墙局部外露, 形成临空面。

振冲碎石桩施工平台降至 EL1 221 后, 碎石桩引孔效果得到有效提高。引孔完成后采用 90 t 履带吊配合 200 kW 振冲器造孔成桩。振冲器对准桩位, 先开启压力水泵, 造孔水压 0.4 MPa, 待振冲器末端出水口喷水后, 再启动振冲器, 待振冲器运行正常开始造孔, 使振冲器缓慢贯入土中, 直至设计深度。造孔过程中振冲器处于悬垂状态。

清孔完成后, 将振冲器放入孔底填入部分骨料后开启振冲器进行加密, 使用 200 kW 振冲器施工。采用加密电流、留振时间、加密段长作为控制标准。加密自孔底开始, 逐段向上, 按确定的施工参数, 逐段做好振密搭接^[3]。

振冲碎石桩施工完成后对地基进行了静载试验, 地基承载力与模量大大提升。为此表面采用大功率引孔及振冲设备成孔后将石料送到底部, 使底部达到密实的状态且大功率振冲器激振力增强, 有效地减少洗孔的次数, 更好地保证了施工的效率。表明了大功率振冲器对桩周土体的挤密与碎石桩的加密效果较为显著, 有效地提升了地基的承载能力^[4]。

在振冲碎石桩施工过程中, 上游围堰防渗墙桩号(JW) 0+312.763~(JW) 0+317.983 范围内混凝土表面出现 2 条贯穿性裂缝。初步判定防渗墙施工结束后, 振冲施工前将原始地层开挖至 EL1 221 高程实施振冲施工, 由于素混凝土防渗墙形成临空面, 加之振冲碎石桩施工过程中的高

频率震动从而产生墙体拉裂。振冲碎石桩施工完成后对裂缝进行了取芯,1号裂缝3.2 m以下无裂纹,2号裂缝2.8 m以下无裂纹,随后进行了灌浆封孔处理。

4.3 高喷防渗墙施工

占压段高喷防渗墙为汛前施工关键项目,但考虑到振冲碎石桩施工对其影响,为此采取了先进行振冲碎石桩施工后进行高喷防渗墙施工的方式。

为保证高喷防渗墙施工质量,优先进行高喷防渗墙轴线10 m范围内振冲碎石桩施工,将防渗墙轴线预留。振冲碎石桩施工完成后将高喷防渗墙施工平台回填至EL1 228。高喷防渗墙施工完成后在其轴线10 m范围以外进行了振冲碎石桩施工。

高喷灌浆钻孔采用阿特拉斯 A66CBT 履带式全液压钻机,钻头采用 $\phi 146$ 同心球齿合金钻头,跟进套管采用 $\phi 146$ 套管,螺纹连接,钻孔施工分Ⅲ序进行。钻孔结束后在起拔护壁套管前下设PVC管进行固壁,钻孔验收合格后进行高喷灌浆,高喷灌浆分Ⅲ序进行,自孔底部自下而上喷射成墙。高喷灌浆采用旋喷两重管法^[5]。

高喷灌浆孔距0.6 m,单排孔布置;灌浆风压按0.6~0.8 MPa控制,风量按0.8~1.2 m³/min控制。

灌浆压力采用37 MPa,进浆流量控制在70~100 L/min,进浆水灰比1:1,进浆比重1.52 g/cm³,返浆比重未小于1.25 g/cm³;喷具提升速度:粉质黏土层(第④层)按15 cm/min控制,砂卵砾石层(第⑤层)按8~12 cm/min控制;旋喷旋转速度控制在0.8~1 r/min。

4.4 主坝悬挂式防渗墙施工

由于受时间限制,在2020年汛前错开了主坝悬挂式防渗墙施工时段,在汛后对进口围堰防渗墙及高喷防渗墙影响主坝悬挂式防渗墙影响部位进行了挖除,主坝防渗墙施工完成后采用1 m厚的混凝土墙对防渗体进行了恢复。

纵向围堰占压段主坝悬挂式防渗墙施工平台EL1 223,墙底高程为1146 m,防渗墙墙厚1 m,分2序槽进行施工,1序槽长4.5 m,2序槽长6.6 m。造孔钻机为75 kW功率的ZZ-6A冲击钻机,“两钻一劈法”和“平行钻进法”成槽工艺。成槽后采用抽桶抽渣及气举反循环法进行清孔。清

孔完毕后进行接头管下设及二期槽段的槽孔清理。槽孔终孔检查合格后,参建四方现场进行孔深、孔斜及泥浆等相关参数检测。

槽孔验收后将提前制安完成的钢筋笼下设,钢筋笼两侧焊接定位钢板,钢筋笼采用25 t自卸汽车吊装,起吊点用 $\Phi 30$ 钢筋制作为U型环。

混凝土采用直升导管法进行混凝土浇筑,槽孔内混凝土上升速度均不小于3 m/h,并连续上升至高于设计规定的墙顶高程以上0.5 m。

4.5 高喷桩施工

主坝悬挂式防渗墙与导流明渠纵向围堰交接区,因纵向围堰占压影响,部分振冲碎石桩没有在防渗墙施工前完成。由于主坝防渗墙已施工至上述范围,为减小对主坝防渗墙孔壁稳定及已浇筑防渗墙结构的不利影响,未施工的振冲碎石桩采用高喷桩代替(进口围堰防渗墙及高喷防渗墙轴线10 m范围)。同时为保证恢复的纵向围堰1 m厚防渗体能与主坝悬挂式防渗墙更好结合,在主坝悬挂式防渗墙与纵向围堰防渗体“十字交叉”部位新增高喷桩^[6]。

纵向围堰Z1区占压段部分高喷桩按等边三角形布置、桩中心距为2.6 m、桩径1.0 m,在纵向围堰与主坝防渗墙“十字交叉”部位高喷桩直径1.0 m、桩中心距0.6 m的高喷桩,施工平台高程EL1 230.00 m,桩顶高程EL1 219.00 m,桩底高程为EL1 205.00 m。

高喷灌浆钻孔采用阿特拉斯 A66CBT 履带式全液压钻机,钻头采用 $\phi 146$ 同心球齿合金钻头,跟进套管采用 $\phi 146$ 套管,螺纹连接,钻孔施工分Ⅱ序进行。钻孔结束后在起拔护壁套管前下设PVC管进行固壁,钻孔验收合格后进行高喷灌浆,高喷灌浆分Ⅱ序进行,自孔底部自下而上喷射成墙。高喷灌浆采用旋喷两重管法。

高喷灌浆孔距0.6 m,单排孔布置;灌浆风压按0.6~0.8 MPa控制,风量按0.8~1.2 m³/min控制。

灌浆压力纵向围堰采用37 MPa,进浆流量控制在70~100 L/min,进浆水灰比1:1,进浆比重1.52 g/cm³,返浆比重未小于1.25 g/cm³;喷具提升速度:粉质黏土层(第④层)按15 cm/min控制,砂卵砾石层(第⑤层)按8~12 cm/min控制;旋喷旋转速度控制在0.8~1 r/min。

5 结 语

在进行交叉部位基础处理群施工时,应优先进行振冲碎石桩施工,若工期不允许或存在其他特殊情况下,可调整施工工序,施工质量不会受到影响。混凝土防渗墙施工完成后不宜开挖裸露形成临空面,易造成墙体拉裂。实践证明:大功率振冲设备及引孔设备距防渗墙施工距离应保持在 10 m 范围以外。在含漂砂卵砾石层进行振冲碎石桩施工时,采用大直径(800 mm)潜孔锤引孔深度小于 8 m 可不用跟管护壁;在采用根管护壁的情况下,大直径(800 mm)潜孔锤引孔有效深度可达 12 m,12 m 后引孔效率有所下降。截至目前,导流明渠占压段处理未出现渗水情况,说明在防渗体连接部位增加高喷桩是有必要的。采用大功率振冲设备(200 kW)对桩周土体的挤密与碎石桩的加密效果较为显著,有效提升了地基承载能力。

参考文献:

[1] 肖飞. 多种地基处理方法在复杂地基加固中的综合运用[J]. 水运工程, 2008 (12):139-145.

(上接第 38 页)

度大。大江截流前围堰必须拆除干净,确保分流效果。截流过程中根据现场情况及时调整方案,丁坝长度增加至 100 m,经现场测算,导流明渠的分流比已超过 80%,为大江截流创造了良好的条件;根据河床流量由单向进占调整为双向进占方式,达到了快速合龙条件,确保硬梁包水电站安全圆满完成大江截流。研究成果足以证明采取“见机行事”是必要的,可为同类工程提供一定参考。

参考文献:

[1] 左军. 水电站施工截流方式分析[J]. 中国管理信息化, 2015,18(14):144-145.
[2] 陈仁峰. 金沙水电站导流明渠截流施工技术研究[J]. 人民长江,2022,53(06):159-162.
[3] 于广斌,双学珍. 单戗单向立堵截流在巴塘水电站截流施工

[2] 李伟,杨振岐. 水利工程施工中混凝土防渗墙施工工艺研究[J]. 装饰装修天地,2022(17):202-204.
[3] 胡贵良,魏永新,刘保柱,等. 超深振冲碎石桩施工技术及应用[J]. 水力发电, 2020, 46(11):76-80.
[4] 刘梦捷,常光磊. 碎石桩与包裹碎石桩复合地基现场静载试验对比研究[J]. 公路,2022,67(9):61-69.
[5] 王新民,朱顺强,周腾飞,等. 前坪水库高喷防渗墙施工技术探讨[J]. 人民黄河, 2020, (1):188-190.
[6] 马世茂,黄鹏,凌广峰. 高喷桩防渗墙施工方案[J]. 工业, 2016(4): 236-237.

作者简介:

周 建(1990-),男,重庆合川人,中国水利水电第七工程局有限公司,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理
作;
何英建(1994-),男,重庆荣昌人,中国水利水电第七工程局有限公司,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理
工作;
柏纪锋(1975-),男,四川开江人,四川华能泸定水电有限公司,高级经济师,学士,从事水电工程建设管理工作;
喻 健(1990-),男,四川眉山人,中国水利水电第七工程局有限公司,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理
工作.

(责任编辑:吴永红)

中的应用分析[J]. 四川水利,2021,42(03):36-39.

[4] 孙志禹,陈先明,朱红兵. 三峡工程截流技术[J]. 中国科学, 2017,47(08):785-795.
[5] 龙军飞,马旭东,周顺文. 山区河道截流中分流丁坝布置方案研究[J]. 水电能源科学,2016,34(12):94-96.

作者简介:

徐 池(1978-),男,四川仁寿人,中国水利水电第七工程局有限公司,高级工程师,硕士,从事建筑工程市场营销与市政工
程施工技术与管理
工作;
郭志忠(1968-),男,青海西宁人,四川华能泸定水电有限公司,正高级工程师,学士,从事水利水电工程管理工作;
吴新泽(1998-),男,山西临汾人,中国水利水电第七工程局有限公司,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理
工作;
周 建(1990-),男,重庆合川人,中国水利水电第七工程局有限公司,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理
工作.

(责任编辑:吴永红)

本 刊 启 事

《四川水力发电》杂志系国内外公开发行的中文期刊,《四川水力发电》编辑部是唯一的编辑出版单位。本刊从未委托任何中介公司代理稿件推荐工作,更未委托其代收稿件版面费,特此声明。恭请广大作者注意,以免上当受骗,造成不必要的损失。

《四川水力发电》投稿邮箱:scsld50@163.com。 《四川水力发电》编辑部地址:四川省成都市青羊区浣花北路 1 号
官 网:http://www.scsldf.com 电 话:028—62009589 邮 编:610072

《四川水力发电》编辑部