

深峡谷下戗堤单向立堵截流施工技术研究

陈 军

中国水利水电第四工程局有限公司, 青海 西宁 810000

[摘要] 水利水电工程建设中, 截流是工程建设的重要里程碑, 截流施工的成败直接影响到工程总体施工进度。截流方法的选择, 是截流成功的重要先决条件。经过多年施工实践和总结, 本工程采用单戗立堵截流法施工, 通过利用特大块石 (70 cm ~ 100cm)、大块石 (0.4~0.7m)、混凝土四面体 (边长 2.5m)、混凝土四面体 (3.76 m× 3.76 m× 3.76 m)、混凝土四面体 (3.96 m× 3.96 m× 3.96 m)、钢筋石笼 (1m×1m×2m)、柔性防护网袋等材料抛投堵塞、防护性进占等技术措施, 加快了截流工程进度, 节约了投资, 确保了在流量 361m³/s 工况条件下高效、优质、安全的合龙, 深峡谷下戗堤单向立堵截流施工技术研究着力解决了在深峡谷下戗堤单向立堵截流中无法高强度抛投等施工中存在的各种技术难题, 为以后类似工程施工提供可借鉴理论支持、实践经验与指导意义, 有着广泛的应用前景, 影响及意义深远。通过深峡谷下戗堤单向立堵截流施工技术研究, 希望能在一定程度上提升水利水电工程建设管的整体水平, 确保建设效果, 发挥最大的经济效益和社会效益。

[关键词] 水利水电; 深峡谷; 截流; 下戗堤; 立堵; 大落差; 龙口合龙

DOI: 10.33142/hst.v7i1.11193

中图分类号: TV52

文献标识码: A

Study on Construction Technology of One-way Vertical Interception of Dike under Deep Canyons

CHEN Jun

Sinohydro Engineering Bureau 4 Co., Ltd., Xining, Qinghai, 810000, China

Abstract: In the construction of water conservancy and hydropower projects, river closure is an important milestone in the project construction, and the success or failure of river closure construction directly affects the overall construction progress of the project. The choice of river closure method is an important prerequisite for successful river closure. After many years of construction practice and summary, this project adopts the method of single-bucket vertical interception. By using extra-large boulder (70 cm ~ 100cm), boulder (0.4 ~ 0.7 m), concrete tetrahedron (2.5m in side length), concrete tetrahedron (3.76 m× 3.76 m× 3.76 m), concrete tetrahedron (3.96 m× 3.96 m× 3.96 m) and reinforced gabion (1m×1m×2m). Technical measures, such as protective occupation, have accelerated the progress of river closure project, saved investment, and ensured efficient, high-quality and safe closure under the working condition of flow rate of 361m³/s. The research on the construction technology of one-way vertical interception of river embankment under deep canyon has made great efforts to solve various technical problems existing in the construction of one-way vertical interception of river embankment under deep canyon, which can provide theoretical support, practical experience and guidance for similar projects in the future. Through the research on the construction technology of one-way vertical blocking flow under the dike in deep canyon, it is hoped that the overall level of the construction pipe of water conservancy and hydropower projects can be improved to a certain extent, the construction effect can be ensured, and the maximum economic and social benefits can be exerted.

Keywords: water conservancy and hydropower; deep canyons; interception; lower the embankment; vertical plugging; big gap; Longkou Helong

1 概述

根据黄河羊曲水电站截流期间的水位、流量、水力计算参数和导流洞布置情况, 结合现场实际地形情况, 确定黄河羊曲水电站河道截流采用上游围堰下戗堤、从左岸至右岸、单戗堤、单头进占的立堵截流方式, 龙口设在河床右岸。龙口合龙段戗堤全断面进占。龙口截流抛投量为 63750m³, 截流工程总历时为 70h, 最大抛投强度 1247m³/小时, 截流龙口流量选用羊曲坝址 10 年一遇月平均流量 354m³/s 作为截流设计流量。

2 适用范围

主要适用于龙口上下游落差大、水流速快、龙口周围

场地狭窄, 流量 400m³/s~300m³/s 之间深峡谷河道、单戗立堵及机械设备工作、截流运输及材料的堆放不便, 不具备高强度抛投条件的大江大河截流工程施工。

3 地质条件

上游围堰位于河流转弯的上游, 枯水期谷宽 25m~30m, 河道顺直, 岸坡高陡, 岩石裸露。岩性为千枚状板岩, 表层岩体卸荷较强烈, 岩体较破碎。左岸为顺层坡, 发育 Sd1 松动体, 表层稳定性较差; 右岸为反向坡, 发育 Sd2 松动体, 岩体破碎, 表层有明显倾倒变形现象。河床覆盖层厚约 10m~15m, 为冲积砂卵砾石, 结构松散, 透水性强。

4 导流建筑物特征

4.1 围堰位置及堰顶高程

上游围堰布置在羊曲峡峡谷内,根玛龙洼沟上游,轴线位于坝轴线上游约 400m 处,上游围堰挡水标准为 10 年一遇洪水 $Q=3470\text{m}^3/\text{s}$,堰顶高程 2645.70m。考虑到上游围堰堰体壅水可能导致的 H1 滑坡体、1 号变形体局部失稳塌滑可能引起的涌浪高度,围堰顶高程加高至 2650.00m。

4.2 上游围堰防渗

采用堰基混凝土防渗墙+堰体土工膜心墙的防渗型式。防渗平台以下最大深度 32.7m,采用混凝土防渗墙防渗,防渗平台以上堰体防渗采用复合土工膜斜心墙防渗。

围堰防渗轴线处布置一排固结灌浆孔,对两岸边坡进行固结灌浆防渗。固结灌浆孔间距为 3m,孔深 5.0m。

4.3 上游围堰断面

上游围堰建基面高程为 2588.00m,最大高度 62m。堰顶宽度 10m,上下游坡比 1:1.75,顶部长度 114.48m,最大底宽 260.50m,下游坡脚距离大坝上游开挖线约 20m~70m,上游坡脚距离导流洞进口约 30m。防渗墙施工平台高程 2610.0m,2610.0m 高程以上采用土工膜心墙进行防渗,土工膜高度约 35m,土工膜上、下游侧采用砂砾石心墙进行保护,墙厚 4.0m。

上游围堰填筑工程量约 45.54 万 m^3 。

上游围堰典型断面图如下图 1 所示:

5 截流戗堤料源

截流戗堤用料分别为土料、石渣料、砂砾石料、块石料(40cm~100cm)、主动防护网(装块石)、钢筋笼及混凝土四面体。其来源为:堰体填筑石渣料采用主体工程开挖的弱、微风化砂岩、板岩料,堆存于左右弃渣场;砂砾石料源选用工程区砂砾石料、对外公路沿线各冲沟内天然砂砾料进行收集;块石料选用左右岸下游开挖备料以及野狐峡块石料场开采块石料;主动防护网(装块石)、钢筋笼及混凝土四面体在左岸渣场堆存。

6 主河床截流设计

6.1 截流方式

根据黄河羊曲水电站截流期间的水位、流量、水力计算参数和导流洞布置情况,结合现场实际地形情况,确定黄河羊曲水电站河道截流采用上游围堰下戗堤、从左岸至右岸、单戗堤、单头进占的立堵截流方式,龙口设在河床右岸。

6.2 戗堤断面

截流戗堤中心线距上游围堰中心线下游约 72.5m 处,位于坝轴线上游约 290m 处,戗堤顶面高程为 2608.08m,设计戗堤最小顶宽不小于 25m。截流完成后,进行加宽培厚,接着进行截流戗堤过渡料填筑及闭气,之后进行戗堤加高。

上游围堰处截流戗堤为满足戗堤的稳定和后期大坝施工交通要求,堤顶宽度为 10m,上游坡比 1:1.3,下游坡比 1:1.6。

截流戗堤横剖面图如图 2 所示。

7 施工工艺

本工程采用上游围堰下戗堤、从左岸至右岸、单戗堤、单头进占的立堵方式,龙口设在河床右岸,逐渐缩窄河床直至全部一次拦断河床的截流方式。龙口段施工主要采用全断面推进和凸出上游挑角两种进占方式。其抛投方法拟定采用直接抛投、集中推运抛投、冲砸抛投 3 种。根据进占方式的不同,按照不同龙口不宽的水力计算,将龙口段分成 5 个区段进行抛填。截流预进占段 I 区:龙口宽度 52m~40m,龙口流量 $354\text{m}^3/\text{s}\sim 306\text{m}^3/\text{s}$,导流洞分流量 $7\text{m}^3/\text{s}\sim 55\text{m}^3/\text{s}$,龙口流速由 $3.3\text{m/s}\nearrow 4.9\text{m/s}$,抛投物料主要为石渣(粒径 $<20\text{cm}$)及部分块石料(中石、大石),抛投量 30630m^3 ,抛投时间按 36 小时计,平均抛投强度为 $850\text{m}^3/\text{h}$ 。端头采用大石、钢筋笼作裹头保护,减少流失损失。采用 25t 自卸车运输至戗堤左堤头,由左岸向右岸进占,D8R 推土机推料和平整堤面。截流预进占段 II 区:龙口宽度 40m~30m,龙口流量 $306\text{m}^3/\text{s}\sim 258\text{m}^3/\text{s}$,导流洞分流量 $55\text{m}^3/\text{s}\sim 103\text{m}^3/\text{s}$,龙口流速由 $4.9\text{m/s}\nearrow 5.1\text{m/s}$ 。抛投物料直径为石渣(粒径 $<20\text{cm}$)、中石(20cm~40cm)和大石(40cm~70cm)。抛投物料由稳定过渡到被水流冲动,要求增大抛投料粒径。II 区抛投量 10480m^3 ,抛投时间为 12 小时,抛投强度为 $873\text{m}^3/\text{h}$ 。端头采用大石、混凝土四面体及块石钢筋笼串裹头保护,减少流失损失。采用 25t 自卸车运输, D8R 推土机推料和平整堤面。戗堤进占段 III 区:龙口宽度 30m~20m,龙口流量 $258\text{m}^3/\text{s}\sim 199\text{m}^3/\text{s}$,导流洞分流量 $103\text{m}^3/\text{s}\sim 162.5\text{m}^3/\text{s}$,流速由 $5.1\text{m/s}\nearrow 8.6\text{m/s}$,该区龙口底部高程低于主河床,并逐渐抬高,截流进入困难时段,需要抛投中石(20cm~40cm)、大石(40cm~70cm)特大石(70cm~100cm)及混凝土四面体,抛投量 8290m^3 ,抛投时间为 7 小时,抛投强度为 $1185\text{m}^3/\text{h}$ 。采用 25t 自卸车运输至戗堤左堤头, D8R 推土机推料和平整堤面。戗堤进占段 IV 区:龙口宽度 20m~15m~10m,龙口流量 $199\text{m}^3/\text{s}\sim 165\text{m}^3/\text{s}\sim 121\text{m}^3/\text{s}$,导流洞分流量 $162.5\text{m}^3/\text{s}\sim 196.5\text{m}^3/\text{s}\sim 240.5\text{m}^3/\text{s}$,随着龙口进一步抛填缩窄,龙口流速经历增速至减速的过程 $8.6\text{m/s}\nearrow 9.8\text{m/s}\searrow 7.3\text{m/s}$,龙口底部高程继续抬高,龙口流速落差增大,为截流最困难时段,抛投料流失较为严重。抛投物料直径为大石(40cm~70cm)、特大石(70cm~100cm)、混凝土四面体及块石钢筋笼串等物料。抛投量 8730m^3 ,抛投时间为 7 小时,抛投强度为 $1247\text{m}^3/\text{h}$ 。大石、特大石及块石钢筋笼串采用 70t 自卸车运输, D8R 推土机推料。混凝土四面体从导流洞进口部位堆存场采用 70t 自卸车运输至戗堤部位 2613.54m 平台, D8R 推土机推送至龙口。戗堤进

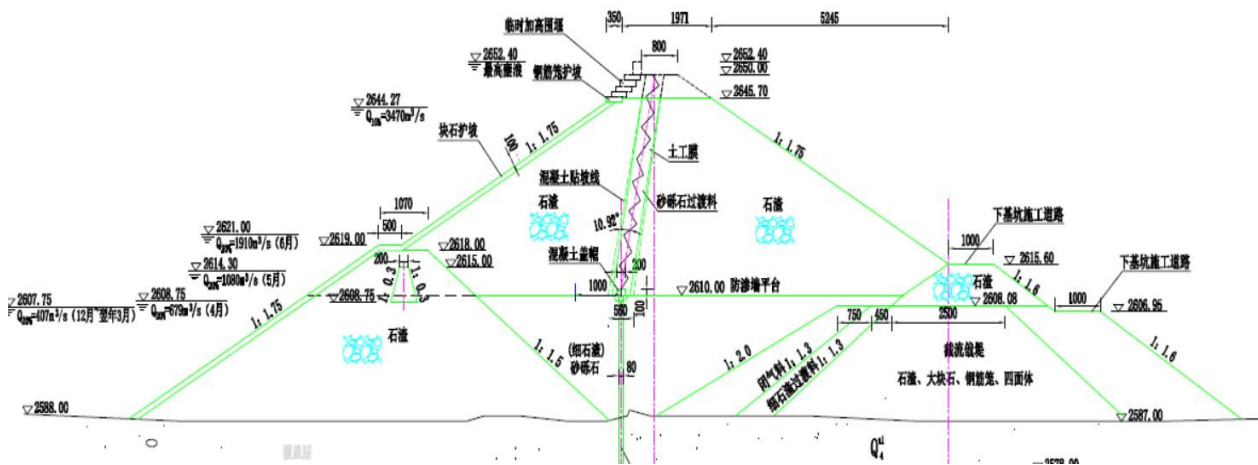


图1 上游围堰典型断面图

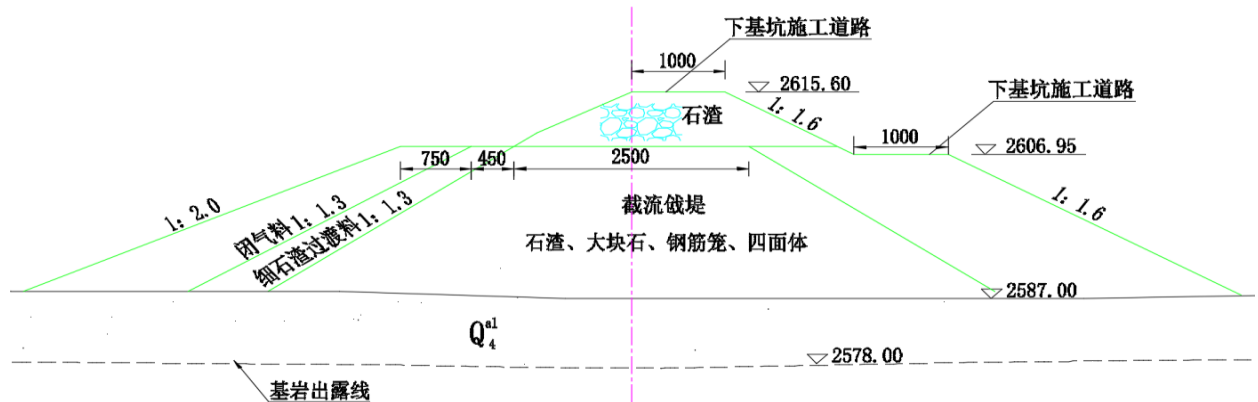


图2 截流戗堤横剖面图

占段V区：龙口宽度 10m~5m~0m，龙口流量 $121\text{m}^3/\text{s} \sim 72\text{m}^3/\text{s} \sim 0$ ，导流洞分流量 $240.5\text{m}^3/\text{s} \sim 289\text{m}^3/\text{s} \sim 361\text{m}^3/\text{s}$ ，龙口流速由 $7.3\text{m/s} \searrow 3.8\text{m/s} \searrow 0\text{m/s}$ 。龙口底部高程继续抬高，但龙口流速逐渐减小，直至水流全部从导流洞通过。根据抛投物料直径为石渣（粒径 $<20\text{cm}$ ）、中石（ $20\text{cm} \sim 40\text{cm}$ ），大石（ $40\text{cm} \sim 70\text{cm}$ ），局部少量特大石（ $70\text{cm} \sim 100\text{cm}$ ）及混凝土四面体。抛投量 5620m^3 ，抛投时间为 8 小时，抛投强度为 $703\text{m}^3/\text{h}$ 。中石、大石及特大石采用 25t、70t 自卸车运输，D8R 推土机推料和平整堤面。在水深较大的情况下，高流速、大落差的河床环境下情况下，预先对截流戗堤龙口段深水部位进行水下抛投主动防护网、四面体串体垫底并护底，抬高底部高程，降低戗堤进占抛投水深；增加糙度，减少抛投料的流失量。截流施工方案经多方讨论、研究，技术成熟、方案可行，配备的大型设备在截流施工中发挥了关键作用，如 70t 宽体自卸汽车用于运输大四面体、 4m^3 反铲用于四面体抛投等，卡特 D8R 推土机推四面体、柔性防护网袋、串联体等截流材料，通过织截流施工桌面演练、现场模拟演习、实战演练，使得现场管理和施工人员对截流掌握了截流的基坑原则和方法，确保了深峡谷下戗堤单向立堵截流的成功。

8 操作要点

8.1 技术准备

为确保截流工作万无一失，进站后与水情气象部门联系，加强沟通和信息交流，资源共享，截流前的水文气象进行相关预报。根据现场实际情况，在戗堤左岸下游侧布置测量控制点，及时掌握戗堤处与导流洞进口水位高程，同时在截流期间了解坝址上、下游水文站的水文信息，掌握截流时的实际来流量。

8.2 组织准备

组建高效、精干、反应快捷的截流组织指挥系统。截流组织指挥系统由上而下分四个层次设置。第一层为决策系统，是截流总指挥部；第二层为指挥系统，是戗堤截流组；第三层为保障和服务系统，由技术保障组、道路交通组、料场指挥组、后勤保障组、应急保障组五个专业组组成；第四层为实施系统，由施工作业队伍组成。每一层的各职能机构有明确的岗位，人员有明确的职责。设置有线和无线通讯进行联络，使决策的意图能很快落实到现场施工中，得到认真实施。

8.3 资源准备

结合截流所需指挥员、质检员。各类司机、操作手以

及各种技术工人等人员素质要求,先后开展了岗位培训,使每一个参加截流的上岗员工都训练有素。

调集 100 多台(套)大型设备提前检修、保养,使每一台设备都以良好工作状态投入截流施工。

根据相关文件,截流前夕对截流料进行了分类核查,提前精选、储备好填料,并留有较充分的储备系数,确保截流的需要。

施工前,对截流道路进行了全面加宽并铺筑了相应的混凝土路面,截流施工期间要加强施工道路管理,在交通路口、叉口、坡道位置设置交通指挥人员进行疏导,必要时对截流交通道路进行封闭管理,避免其他外来车辆驶入截流道路,以保截流交通通畅。

水、电供应管(线)路提前铺设到各工作面,将无线通信布置到各施工工作面。

截流施工前,在施工现场建立了施工监测和信息管理系统,进行截流施工全过程的监测、信息传输和辅助决策,保障截流顺利推进。

8.4 安全准备

实行安全责任人负责制,对安全人员进行系统的安全管理培训,对参与截流工程施工的全体人员开展安全知识培训,提高全员的安全意识。

根据施工安全规定和措施,提前配备陆上、水下施工所需的各种安全设施,包括:钢丝绳、防滑链、插销、手提式照明灯、指挥旗、口哨、望远镜、灭火器、救生衣、救生圈、铁锚等等。

9 特点

河道截流采用上游围堰下戗堤、从左岸至右岸、单戗堤、单头进占的立堵截流方式,龙口设在河床右岸,左岸边坡陡峭,截流道路只有一条。截流最大落差为 8.8m,最大流速 9.8m/s,龙口水深为 14.24m。

龙口段施工主要采用全断面推进和凸出上游挑角两种进占方式。其抛投方法采用直接抛投、集中推运抛投、冲砸抛投 3 种。根据进占方式的不同,按照不同龙口不宽的水力计算,将龙口段分成 5 个区段进行抛填。

龙口施工过程中,单宽流量较大,龙口处很大的水流形成楔形水流和下游立轴旋涡,对龙口及龙口下游河床产生严重冲刷,端头采用特大块石(70cm~100cm)、混凝土四面体(边长 2.5m)、混凝土四面体(3.76m×3.76m×3.76m)、混凝土四面体(3.96m×3.96m×3.96m)、钢筋石笼(1m×1m×2m)、柔性防护网袋、钢筋笼串裹头、护底保护,减少冲刷。

水深、流速大及落差较大等条件下进行截流,串体[四个混凝土四面体(边长 2.5m)、柔性防护网袋等采用

Φ22 钢丝串联]的稳定率和稳定系数优于单体,在高流速 9.8m/s 工况下护底,串体的综合稳定系数随着串联块个数的增加而增加,串联块体之间的间距越小稳定性越高。

龙口宽度在 30m~20m 时,龙口流速高达 9.8m/s,抛投特大混凝土四面体(3.96m×3.96m×3.96m),重量为 33t,采用 70t 矿山宽体自卸车运输,作为龙口高流速工况下的主要堵塞物,确保了龙口在高流速、大落差、单向进占最严峻工况下龙口的安全。

龙口水深高达 14.24m,水下填筑是截流的核心,容易发生戗堤坍塌现象,本工程采用混凝土四面体(边长 2.5m)、混凝土四面体(3.76m×3.76m×3.76m)、混凝土四面体(3.96m×3.96m×3.96m)、钢筋石笼(1m×1m×2m)、柔性防护网袋作为河床护底和戗堤端头裹头,抬高底部高程,增加糙度,减少了抛投料流失量,节约了成本。

10 结束语

经过对本章的剖析可知,深峡谷下戗堤单向立堵截流施工具有施工简单、快速、经济、受地形和水文影响小等特点,施工安全可靠。可靠安全的截流为后续工程施工赢得了时间,确保了主体工程施工按计划进行。采用平抛垫底和防护性进占措施,减少了堤头坍塌和抛投料流失。确保了水利水电工程顺利建成并按期或提前发挥功能和作用,社会效益和经济效益显著。通过本文,希望能在一定程度上提升水利水电工程建设管的整体水平,确保建设效果,发挥最大的经济效益和社会效益。

【参考文献】

- [1]陈德春,吴继伟,李宇,等.围海工程堵口合龙技术研究[J].河海大学学报(自然科学版),2002,30(5):67-70.
 - [2]张志华,葛曙光,姚志旺.龙口施工技术 in 促淤圈围工程中的应用[J].江苏水利,2005(7):17-18.
 - [3]胡利文,李英杰,林涌潮.大榭港区围海造陆工程软体排施工技术[J].水利水电科技进展,2007,27(3):60-63.
 - [4]潘丽红,未建荣,俞相成,等.河口大型围堰工程中龙口水动力特点[J].海洋工程,2010,28(1):100-116.
 - [5]吴栋良,夏润贤.杭州湾充泥管袋围堤龙口施工方法与实施[J].科技创新导报,2010(5):110.
 - [6]孟凡琳.充泥管袋在围海造地工程封堵龙口中的应用[J].山西建筑,2007,33(19):364-368.
 - [7]周子成,孙真刚.浅析抛石坝在长江围堤龙口合龙中的应用[J].中国水运(下半月),2011,11(6):141-142.
- 作者简介:陈军(1991.1—),男,青海省西宁市城北区人,就职于中国水利水电第四工程局有限公司,工程师,长期从事水利水电管理工作。