

老挝南湃水电站导流洞进口布置及下闸封堵优化

刘 汉 斌， 魏 兴 存， 钱 俊， 高 富 文
(中国水利水电第十工程局有限公司 老挝公司,四川 成都 610072)

摘 要:老挝南湃水电站导流洞布置于坝址右岸,该处河床狭窄,进口段岩体总体性状较差,施工布置困难。介绍了根据地形情况对导流洞进口布置和轴线布置进行的优化调整情况,同时因固定式启闭机重量大,大型起吊设备无法布置,优化取消了固定式启闭机,采用自制吊装门架实施闸门安装和下闸蓄水。该导流洞优化成果的成功应用,可为类似工程实践应用研究提供参考。

关键词:导流洞;进口布置;吊装门架;下闸蓄水;南湃水电站

中图分类号:TV7;TV22;TV51 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)增 1-0115-05

1 工程概述

南湃水电站位于老挝万象省北部的 Phoun 区,坝址位于南俄河支流南湃河(Nam Phay)B. Muangphoun 村下游,电站装机容量 86 MW,电站额定水头 700 m,水库正常蓄水位高程 1 140 m,水库总库容 2.059 亿 m³。坝区枢纽建筑物主要由混凝土面板堆石坝、溢洪洞、导流洞等组成。

导流隧洞布置在坝址右岸。为后期导流洞封堵需要,在其进口处设进水塔,进水塔为垂直岸塔式,进水口呈三面收缩喇叭型,设平板钢闸门一道,底板高程 1 060.5 m。导流洞为城门洞型,按有压隧洞设计,出口高程为 1 053 m,洞身长 450 m,隧洞底坡 $i=1.72\%$ 。

2 地形地质条件

2.1 地形条件

南湃水电站工程坝址区呈对称的“V”字型河谷,坝址上下游 400 m 范围内南湃河流向总体以 SE123°经 NE75°二次转折后以 SE110°流出,平面形态上呈较舒缓的窄“S”型。两岸坝肩地形对称,河床较窄,坝址两岸山坡陡峻,岩石出露。

2.2 地质条件

导流洞所处的工程地质岩组为凝灰岩,包括沿隧洞大量出露、陡倾角的变质凝灰岩,间夹变质安山岩或局部薄层状砂质板岩。

进口段(桩号 0+030~0+000)。导流洞进口洞脸边坡岩体处于强风化或强弱风化过渡带中,隧洞进口洞段的上覆围岩体厚度为 6.5~13

m。导流洞进口段岩体总体性状较差,断裂结构面的相互切割组合对边坡、洞室稳定性有不利影响,成洞条件相对较差。

导 0+000~导 0+42 洞段岩体为强~弱风化过渡带,为Ⅲ2 类围岩;导 0+42~导 0+429 洞段岩体为弱风化,为Ⅲ1 类围岩。出口洞段的上覆围岩厚度为 12~24 m,有完整基岩出露,局部呈基岩陡壁,边坡、洞室稳定性总体良好。

3 导流洞进口布置的优化

3.1 导流洞设计情况

坝址区左岸的三条较大冲沟常年有水,沟的下游紧邻大坝趾板线,沟的上游山体单薄,岩石条件较差,左岸不适宜布置导流洞。坝址右岸上游亦有一冲沟,如果将导流洞的进口布置在冲沟的上游侧,其进口围岩较为破碎且穿越冲沟部位,基岩覆盖厚度较浅,不利于洞口边坡的稳定。因此决定将导流洞的进口布置在冲沟的下游侧。导流洞出口靠近河道转弯处的冲沟沟口。综合以上因素后最终决定将导流洞布置在右岸。

根据导流洞进口施工、截流及出口消能要求,导流洞进口高程可低于枯水期水位 1~1.5 m,导流洞进口部位枯水期天然河床水位高程约为 1 061.6 m,最终选择的导流洞进口高程为 1 060.5 m,出口高程为 1 053 m,导流洞断面型式为城门洞型,按有压隧洞设计,过流断面尺寸为 5.5 m×7 m(宽×高),洞身长 450 m,隧洞底坡 $i=1.72\%$ 。

导流洞进口位于大坝轴线上游约 260 m,引

渠长 28.4 m,进水塔闸室段长 15.5 m,宽 12 m,塔高 30.5 m,底板高程为 1 060.5 m,启闭机安装高程为 1 091 m。塔后渐变段(导 0+000.00~导 0+015.00)长 15 m,由方型渐变为城门洞型;导 0+015.00~导 0+042.79 为进口直线段;导 0+042.79~导 0+078.48 为第一个转弯段;导 0+078.48~导 0+374.49 为洞身直线段;导 0+374.49~导 0+406.38 为第二个转弯段;导 0+406.38~导 0+450.00 为出口直线段。导流洞出口明渠长约 12 m。

3.2 导流洞进口及隧洞轴线布置的优化

进场施工时,对坝址区地形成果进行了复测,复测结果表明:南湃河水面高程比原设计采用地形图高程高约 3 m;同时,原设计进洞点河谷狭窄,施工布置困难,技术人员根据地形复测成果和现场踏勘进出口岩石出露情况对导流洞进出口高程和轴线布置进行了调整。

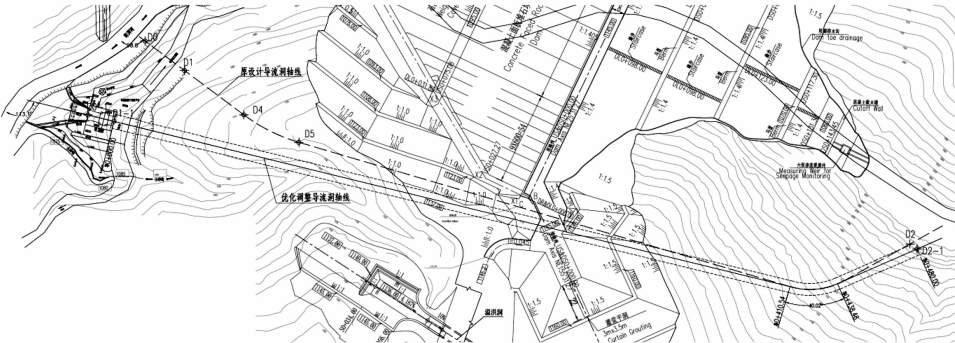


图 1 导流洞进口及隧洞轴线优化调整、对比图

3.3 进口闸室的布置优化

原设计导流系统由 1 孔 1 扇导流封堵闸门及 1 台 2 500 kN 固定卷扬式启闭机组成。导流封堵闸门型式为平面滑动闸门,孔口尺寸为 5.5 m×7 m,底槛高程 1 065 m,挡水水头为 82 m,下闸水头 3.5 m,提门水头 15 m,导流封堵闸门采用下游止水、动水启闭。闸门为平面焊接钢闸门,分 3 节制造,节间采用腰带板在工地焊接为整体。闸门为单吊点,主梁为工字型截面焊接梁。封堵闸门由设在进水塔闸室 1 091 m 高程上方的 2 500 kN 固定式卷扬启闭机配合拉杆启闭。

因导流洞进口固定式启闭机重量较大,安装在进水塔上部高程 1 091 m 平台需用 80 t 以上的大型吊装设备安装就位。鉴于南湃水电站坝址区河谷狭窄,现场道路和场地布置困难,无法提供大

调整后的导流洞进口底板高程由原设计高程 1 060.5 m 调整为 1 065 m,导流洞出口底板高程由原设计高程 1 053 m 调整为 1 055 m。导流洞在平面上布置了一个转弯段。转弯半径为 40 m,转角为 40.02°。进口向上游侧偏移约 50 m,距大坝轴线约 315 m,出口向下游侧偏移约 5 m,调整后的洞线长度为 480 m,纵坡为 2.15%。

进口引渠长 19.5 m,呈三面收缩喇叭型,进水闸室段长 15.5 m,宽 12 m,设平板封堵钢闸门一道,闸室后设 15 m 长的渐变段,由方型渐变为城门洞型。导流洞断面型式不变,出口明渠长约 23.1 m。

调整后的导流洞进口与河道主流的交角约为 113°(原布置方案交角约为 98°),更为合理,进口与水流衔接更为平顺,进口与上游围堰之间的安全距离增加。调整后的洞线长度增加了 30 m,但减少了一处曲线洞段,进而降低了施工难度(图 1)。

型吊装设备的场地且导流洞进口闸室位于库区死水位高程 1 120 m 以下,下闸后无法拆除启闭机,启闭机在下闸后将被淹没于水下而造成浪费。为此,进行了进口闸室设计优化,考虑取消进口闸室启闭机平台和 2 500 kN 固定式卷扬启闭机及其拉杆等附件,采用安装轻便、灵活的简易卷扬机吊装门架安装闸门并进行下闸,既节约了启闭机设备采购、运输、安装费用,又减少了启闭机平台的结构混凝土施工,大大节约了工程成本。

在不同时段、不同流量情况下,根据水位库容曲线计算进口封堵门下闸蓄水后水位上涨时间,对比了合理的下闸辅助设备及人员撤离时间,最终确定进水塔闸室简易卷扬机吊装门架平台高程(表 1 与图 2)。

表 1 水位-库容曲线表

高程 /m	测量面积 /km ²	库容 /万 m ³	备 注
1 052	0	0	
1 055	0.003	0	
1 060	0.008	3	
1 065	0.02	9	
1 070	0.046	25	
1 075	0.11	63	
1 080	0.191	138	
1 085	0.273	253	
1 090	0.487	440	
1 095	1.001	805	
1 100	1.569	1 442	
1 105	2.208	2 382	
1 110	2.891	3 653	
1 115	3.622	5 278	
1 120	4.635	7 337	死水位
1 125	5.566	9 883	
1 130	6.588	12 918	
1 135	7.606	16 464	
1 140	8.925	20 592	正常蓄水位
1 145	10.36	25 409	

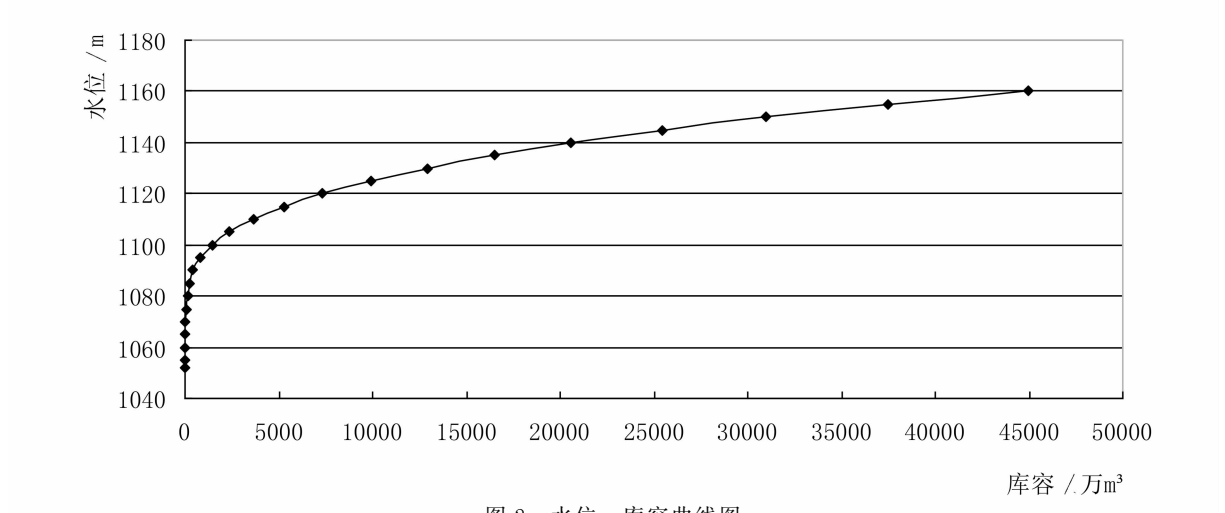


图 2 水位~库容曲线图

表 2 导流洞下闸蓄水水位上涨时间估算表

水位高程 /m	库容 /万 m ³	下闸估算流量 /m ³ · s ⁻¹			
		12	16	18	20
		用 时 /h			
1 077	88.6	20.5	15.4	13.7	12.3
1 078	102.6	23.8	17.8	15.8	14.3
1 079	118.2	27.4	20.5	18.2	16.4
1 080	138	31.9	24	21.3	19.2

经核算,导流洞下闸后合理撤离的时间为 12 ~20 h,由表 2 可以看出,水位涨至高程 1 078 m 需时 14~23 h, 因此,经综合考虑后将进口闸室

安装平台高程定为 1 078 m,取消了启闭机及其拉杆等附件,取消了进水塔闸室高程 1 078 m 以上体型(图 3、4)。

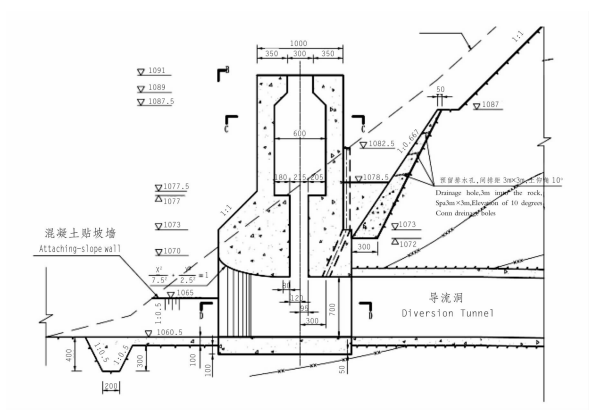


图 3 原设计导流洞进口闸室结构图

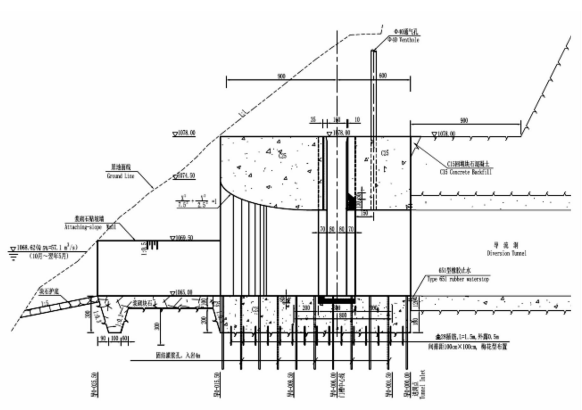


图 4 优化后的导流洞进口闸室结构图

4 闸门安装及下闸封堵

4.1 闸门安装

导流洞封堵门门叶总重约 60 t, 闸门单节最重约为 22 t。为保证闸门顺利安装及启闭, 设计制作了简易吊装钢门架, 该吊装门架为门型起重架, 主梁为钢板焊接组合件, 支腿为无缝钢管与角钢组合件。吊装门架高度为 8 m, 宽度为 7 m, 支腿跨距为 6 m, 采用 1 台 10 t 卷扬机和 1 台 5 t 卷扬机配合 80 t 滑车组作为牵引动力完成门叶卸车、吊装就位及后期下闸工作。该吊装门架利用

QY25t 汽车起重机进行安装。

闸门门叶结构共分为上、中、下三节,采用载重汽车运输上节门叶至闸室安装平台,利用门架80 t滑车组将门叶直立翻身并下放到门槽内,锁定梁进行可靠锁定,同时利用门架32 t滑车组调整门叶在水流方向的前后位置。

采用同样的吊装方式,完成了导流洞封堵门中节吊装,在检修平台完成中、下节门叶的组焊工作。以此循环,完成上节门叶和中下节门叶的组焊(图 5)。

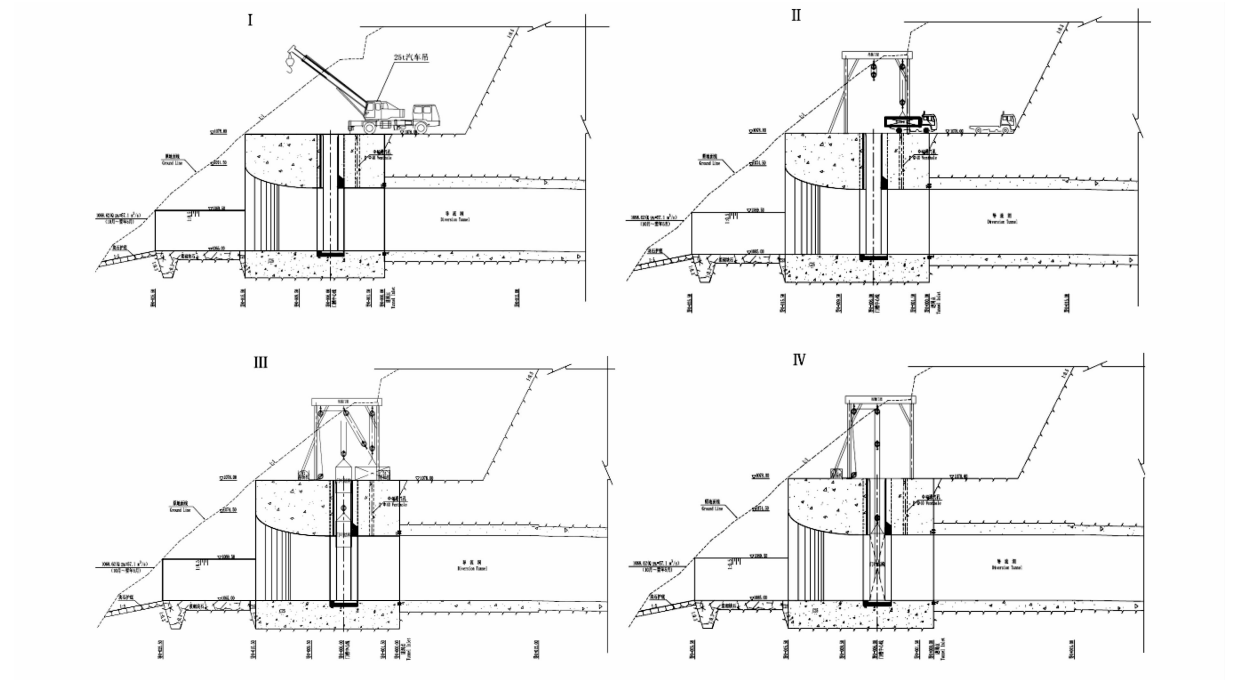


图 5 封堵门安装及下闸示意图

4.2 下闸蓄水时间

导流洞下闸时机选择需要考虑的主要因素有:下闸水位及流量、水库蓄水过程、首台机发电

时间及对下游河道的断流影响等。

根据导流规划、施工进度及下闸的保证性,将导流洞下闸的时间安排在 2016 年 6 月 18 日,导

流洞下闸的设计流量可取相应时段 5~10 a 一遇的月或旬平均流量。水库蓄水期的来水流量按 75%~85% 的保证率计算,相应流量为 5.8~28 m³/s。

4.3 封堵门下闸封堵

导流洞封堵闸门在正式下闸前进行了闸门下放试验,以检验专项吊装方案的可靠性。闸门水封安装好后进行了无水启闭试验。因闸门设计为下游止水,在无上游水压的情况下闸门水封处于自由状态、无压缩量。大坝蓄水前将闸门下放至工作位置,使用木楔子或千斤顶在上游门槽内顶压闸门使其处于封水状态,待大坝蓄水完成后则由库区水压自行压缩封水。导流洞闸门为一次性封堵闸门,下闸后无法再起升,为防止出现漏水现象,下闸完成后立即对闸门进行了粘土抛填覆盖以增加堵漏效果。

2016 年 6 月 18 日 10 时 20 分开始导流洞封堵门下闸蓄水,10 时 58 分闸门下放到位,实际来水流量约为 11.5 m³/s。下闸过程未见异常,封水效果良好,下闸后由出口进洞检查闸门下游未见明显的漏水,渗水量小于 10 L/s。下闸成功后,水位升至 1 078 m 高程的时间约为 26 h,提前做好吊装门架和卷扬机等设备的拆除准备工作,下

(上接第 114 页)

南公 1 水电站地下厂房系统岩壁吊车梁锚杆质量检查采用无损检测方法,由施工单位进行全检,检测中心按 20% 比例进行抽检。无损检测结果(表 3)表明:岩壁吊车梁锚杆共计 522 根,其中一级锚杆 478 根、二级锚杆 44 根。施工质量达到 I 级的占 91.6% 以上,满足设计及规范要求,锚杆质量达到优良标准。

3 结 语

砂浆锚杆的质量主要取决于注浆机和配合比的选用以及施工队对工艺操作的熟练程度,同时,为确保每根锚杆质量合格,施工时应注意以下几点。

- (1)选用足够注浆压力的注浆机;
- (2)砂浆中砂的含量不能过高,一定要使砂浆有足够的粘稠度,使用砂之前一定要用清水清洗

闸后迅速安全地完成拆除工作。

5 结 语

老挝南湃水电站导流洞根据现场实际情况,经充分论证,优化了隧洞轴线、进口闸室结构和闸门安装启闭方案,施工期间导流洞各个节点均按期实现,2014 年 10 月 15 日至 2016 年 6 月 18 日圆满通过导流期过流考验并顺利完成下闸蓄水目标。该导流洞的成功优化,可为类似狭窄河谷的导流洞工程优化提供工程经验和有效思路。

参考文献:

[1] 水利水电工程施工组织设计规范,SL303—2004[S].
[2] 水电水利工程施工导流设计导则,DL T 5114—2000[S].
[3] 水利水电工程施工导流设计规范,SL623—2013[S].
[4] 颜宏亮,等.水利工程施工[M].北京:中国水利水电出版社,2009.

作者简介:

刘汉斌(1973-),男,四川屏山人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工
魏兴存(1987-),男,河北邯郸人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工
钱 俊(1991-),男,湖北十堰人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工
高富文(1989-),男,甘肃天水人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

干净,以确保砂浆在锚杆孔内不外流,使注入的砂浆饱满,不会出现空洞;砂粒不能过大,一定要按照试验室提供的参数认真执行;

(3)施工前进行详细的技术交底,施工过程中加强技术指导,提高工人操作的熟练程度,安排现场技术人员跟班值守,确保对施工质量过程的有效控制。

参考文献:

[1] 水利水电工程锚杆无损检测规程,DL/T5424—2009[S].
[2] 水利水电工程施工质量检验与评定规程,SL176—2007[S].
[3] 建筑砂浆基本性能试验方法标准,JGJ/T70—2009[S].
[4] 水工混凝土外加剂技术规程,DLT5100—2014[S].
[5] 水工混凝土钢筋施工规范,DL/T 5169—2013[S].

作者简介:

田衍军(1995-),男,青海乐都人,技术员,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)