

老挝南椰 II 水电站压力管道施工方法

邓 挺， 李 柯

(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:南椰 II 水电站压力管道为 4 平 3 斜,战线长、施工紧、任务重、难度大。通过优化方案,加大了人力物力的投入,多个工作面同时施工,有效压缩了施工时间,同时采取精细化管理,提高了各项工作的顺利衔接,最终如期实现了发电目标。介绍了具体的优化过程。

关键词:4 平 3 斜;反井钻机;导孔;溜渣;泵管;南椰 II 水电站;压力管道;施工方法

中图分类号:TV7;TV52 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)增 1-0087-03

1 工程概述

南椰 II 水电站位于老挝川圹省查尔平原的东南部,厂址距勐昆县公路里程约 32 km,距丰沙湾(Phonsavan)公路里程约 64 km,距首都万象(经丰沙湾)公路里程约 474 km。

南椰 II 水电站由首部的粘土心墙土石主坝、溢洪道、泄洪兼导流洞、进水口组成引水隧洞、调

压井、钢管道及地面厂房。电站装机容量为 3×60 MW,保证出力为 56 MW,多年平均发电量为 7.21×10⁸ kW·h,装机年利用小时 4 006 h。

压力管道段位于南乡河左岸山坡内,为地下埋管形式,台阶型布置,分别由 4 个下平段及 3 个斜井段组成。钢管道全长约 1 195.53 m(表 1)。

表 1 压力管道平洞及斜井分布表

项目	1#平段	1#斜井	2#平段	2#斜井	3#平段	3#斜井	4#平段
长度 /m	130	178.86	175.52	169.74	183.92	143.54	213.95
坡度 /%	6%	48°	6%	48°	6%	48°	6%

压力管道所处围岩主要为微风化新鲜闪长岩,大部分地段属于 II 类夹 III 类围岩,洞口段及局部浅埋段为 IV 类围岩。

整个压力管道施工具有战线长、安全风险较大、施工工期紧、任务重、相互间施工干扰大等特点。针对施工难点,项目部加大了人力物力的投入,在保证施工安全的情况下多个施工支洞及平洞同时施工,进入斜井施工后,各工作面压力管道制作安装及斜井开挖互相交错施工,混凝土衬砌紧随其后,以达到施工进度要求。

2 压力管道的开挖

2.1 开挖方法

开挖断面:支洞段洞挖为城门洞型,平洞段洞挖为马蹄型,斜井为圆型断面。

2.1.1 施工风水电布置

在各支洞口配备 2 台 20 m³/min 电动空压机,由 4 in(1 in=2.54 cm)钢管接至工作面送风;

施工用水在各支洞口附近处的冲沟引水,在支洞口各设置一座 20 m³ 水池,利用水泵及 3 in(1 in=2.54 cm)钢管接至工作面;施工用电在 1#平洞配备一台 800 kVA 的 22/0.4 kV 变压器,供应 1#平洞、1#斜井、2#平洞、2#斜井使用,3#平洞、3#斜井及 4#平洞使用厂区变压器,在各支洞配备 1 台功率为 250 kW 的柴油发电机备用;在各支洞口配备 2 台功率为 37 kW 的轴流风机通风排烟,并用直径为 70 cm 的风筒布接至离工作面约 20 m 处。

2.1.2 洞内排水

施工支洞及平洞上游为顺坡,施工中的废水可自流排出,平洞下游为倒坡,遂设置集水坑利用水泵进行抽排水。

2.1.3 开挖钻孔

支洞及平洞采取全断面一次成型的方式进行爆破开挖。搭设简易钻爆平台,手风钻钻孔、楔形掏槽、全断面光面爆破法开挖;斜井开挖采用反井

钻机钻孔及扩孔,人工手风钻开挖成型。开挖钻孔布置情况见图 1。根据围岩类别控制钻孔深度,Ⅱ类、Ⅲ类围岩钻孔深度为 3 m,Ⅳ类围岩钻孔深度为 1.5~2 m。

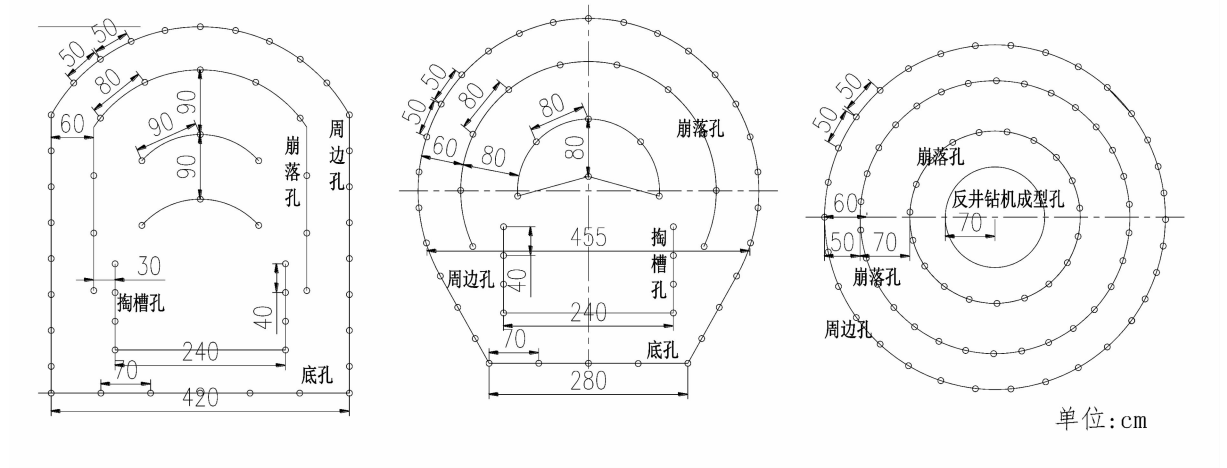


图 1 支洞、平洞、斜井钻孔爆破开挖布置图

2.1.4 爆 破

采用人工装 2# 光爆炸药及一级乳化炸药,非电塑料导爆管微差爆破。装药作业定人、定位、定段别;装药前,所有炮孔用高压风吹干净。

2.1.5 出 渣

采用 3 m³ 装载机装 15 t 自卸汽车出渣并运至指定渣场。为改善洞内工作条件、减少装渣时的扬尘,除采用轴流风机通风外,爆破后还采用水幕降尘法降尘。

2.2 斜井施工

在压力管道开挖过程中,斜井开挖最为关键。为节省工期,将原先制定的人工扒罐开挖方案改为反井钻机导孔、扩孔,人工扩挖。3 条斜井采用两台 L-M300 型(反井钻机参数见表 2)反井钻机进行钻孔、导孔。根据各施工支洞进洞时间安

排,2#、3# 支洞进洞时间较早,1 台反井钻机先进行 3# 斜井的开挖,1# 斜井工作面完成后立即投入第 2 台反井钻机,2# 斜井由 3# 斜井反井钻机完成钻孔和导孔后进行施工。反井钻机配直径 25 cm 钻头进行导孔,导孔完成后在斜井底部采用直径 140 cm 的钻头进行扩孔,扩孔完成后拆除反井钻机,再由人工扩挖成型,开挖的洞渣由人工推至导洞,顺导洞溜至斜井底部平洞,再由铲车装车运至洞外的渣场。斜井开挖的难点为:开挖断面较小,反井钻机扩孔后孔口直径仅为 140 cm,在人工进行扩挖过程中对围岩类别及时进行预判,提前对爆破参数进行调整,严格把控炮孔间距及装药量,防止爆破后因石渣过大在溜渣过程中堵塞导洞。

2.3 支 护

锚杆钻孔,人工安装,注浆机注浆。

钢筋网安装的网筋为 φ6.5、网格规格为 20 cm×20 cm。

喷混凝土采用 5 t 自卸汽车从拌和系统接料运至洞内的工作面,人工为 TK500 湿喷机上料,利用简易钻架平台进行人工喷射施工。

2.3.2 斜井支护

表 2 L-M300 型反井钻机参数表

导孔直径	扩孔直径	钻孔深度	扩孔扭矩	钻头许用推力	扩孔拉力	钻孔偏斜率	钻孔倾角
25 cm	140 cm	300 m	70 kN/m	550 kN	1 300 kN	≤1%	45°~90°

2.3.1 支洞及平洞支护

支洞及平洞的岩体以Ⅱ类围岩为主、夹Ⅲ类围岩,边顶部采取喷锚支护:喷 C20 混凝土,厚 10~15 cm;系统砂浆锚杆规格为 φ22,L=3 m(用于洞身);φ25,L=4.5 m(用于进口边坡)。在开挖面出渣后及时进行支护。

锚杆施工利用简易钻架平台采用手风钻进行

斜井段采用紧跟工作面的“喷、锚、网、喷”支护,支护面为全圆,即每次扒渣结束后用湿喷机先喷一层混凝土,再进行锚杆和挂网施工,最后再喷一层混凝土。湿喷机布置在斜井井口约 5 m 外的地方,将喷浆管接至斜井受喷面,喷浆结束后安置爬梯。

支护参数为:第一层喷混凝土为 5 cm 厚,系统砂浆锚杆为 $\varphi 25$, $L=3$ m, 间排距均为 1.5 m; 钢筋网的规格为 $\varphi 6.5$ 、20 cm $\times$ 20 cm; 第二层喷混凝土厚 5 cm。

3 压力钢管的制作及安装

由于平洞成型断面较小,开挖过程中在支洞与平洞交叉口及斜井口洞顶进行预先扩挖并施工天锚制作吊钩,以方便反井钻机吊装及压力钢管卸车就位安装。压力钢管在制作厂加工制作完成后,采用平板车将其运至各支洞和平洞交叉的位置,利用卷扬机通过洞顶吊钩卸车,再将其放至平洞底板轨道上,利用第二台卷扬机及滑轮移动钢管道,钢管道行走到位后进行拼接安装,斜井内的钢管焊接利用小型焊接平台进行,采用卷扬机运输的方式进行安装。

4 混凝土工程

为保证施工进度、减小钢管道安装与混凝土衬砌同时施工的压力,及时调整压力管道安装及混凝土施工顺序安排。安装及浇筑顺序为:4#平洞上游定位节安装及混凝土衬砌 $\rightarrow$ 3#斜井、4#平洞钢管道安装、混凝土浇筑及 4#平洞上游衬砌 $\rightarrow$ 2#平洞上游定位节安装及衬砌 $\rightarrow$ 1#斜井、2#平洞上游钢管道安装、混凝土浇筑 $\rightarrow$ 3#平洞上游定位节及混凝土浇筑 $\rightarrow$ 2#斜井、3#平洞上游钢管道安装及浇筑 $\rightarrow$ 各平洞下游钢管道安装随斜井混凝土浇筑完成后进行安装就位及浇筑 $\rightarrow$ 各支洞封堵。混凝土入仓方法为:平洞及封堵采用泵送,斜井采用溜管自下而上进行浇筑。每仓浇筑前预埋灌浆管路,浇筑完成、混凝土达到龄期后进行回填灌浆。

4.1 混凝土施工工艺流程

基岩面和缝面处理 $\rightarrow$ 测量放线 $\rightarrow$ 钢筋安装 $\rightarrow$ 模板支立 $\rightarrow$ 埋件安装 $\rightarrow$ 仓面清理 $\rightarrow$ 仓位验收 $\rightarrow$ 混凝土浇筑 $\rightarrow$ 混凝土养护 $\rightarrow$ 回填灌浆。

4.2 钢 筋

按照设计要求,压力管道仅封堵段有钢筋,平

洞段及斜井为素混凝土衬砌。钢筋厂根据施工图纸绘制钢筋下料表进行加工,自卸车运输至现场。待仓面清理经“三检制”合格、监理验收合格后进行钢筋安装。钢筋安装前,由测量放出钢筋安装点线,按设计施工图纸和测量点线进行搭接、分距、摆放、绑扎,在钢筋架设安装之后,及时加以固定保护,避免发生错动和变形。考虑钢衬段施工空间较小,封堵段钢筋全部采用搭接单面焊。焊接长度大于 10 d,接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径的 0.1 倍且不得大于 2 mm。经验收合格后进行下一步工序施工。

4.3 模 板

斜井采用不分仓,在各定位节浇筑完成后一次性浇筑。平洞段端头的封堵使用木模,在洞外将弧形模板加工成型后运至工作面安装加固。部分边角部位采用小木方及木条封堵严实。

4.4 混 凝 土

斜井段的混凝土施工采用直径为 200 mm 的溜管,溜管与斜井锚杆进行焊接。混凝土罐车下料位置距斜井井口约 10 m 处搭设简易溜槽与溜管连接,防止混凝土罐车离斜井口过近而导致杂物下落。每根溜管长 3 m,以保证入仓高度不超过 3 m。浇筑过程中利用开挖过程中设置的爬梯在仓内制作简易混凝土振捣平台,与压力钢管和周边锚杆临时固定,浇筑过程中人工进入斜井内振捣。为防止斜井内封闭施工缺氧,布置一根直径为 100 mm 的风管往工作面供风,边施工、边拆除。溜管边浇、边拆除,每条斜井连续浇筑,不分仓。平洞段每 20 m 分一仓,采用泵机入仓的方式,自压力钢管顶部接至仓内。下坡段边浇边拆除泵管,上坡段由于仓内的泵管无法取出,为节省成本,采取进行 150 mm 的普通钢管代替泵管,每 3 m 一根,焊接法轮盘,采用螺栓固定,自压力钢管顶部接至仓内,混凝土浇筑完后只拆除仓外部分的泵管。混凝土由厂区拌和站集中拌制,采用 6 m³ 混凝土罐车运至施工现场。

4.5 回 填 灌 浆

斜井段的混凝土浇筑从下往上进行,浇筑密实,无需进行回填灌浆。平段顶部浇筑过程中会存在较大的空腔,在每段位开仓前预埋 3 组回填灌浆管,待混凝土龄期达到要求后进行回填灌浆。

(下转第 92 页)

场公路内侧缓坡地带,炸药库布置在左岸下游冲沟内。

(3) 其它生产与生活区。
砂石加工系统布置在昂邓石料场进场公路旁的缓坡地带,距坝址公路里程约 10 km。

混凝土生产系统布置于左岸下游进场公路和 R5 公路之间的缓坡地带,距坝址约 0.4 km。

根据工程枢纽布置情况以及自然条件,在坝址左岸上游以及右岸下游共设置了 2 个渣场,渣料运输原则上尽量不跨江。左岸上游弃渣场(1#渣场)主要堆弃左岸非溢流坝段及厂房坝段等开挖渣料,右岸下游弃渣场(2#渣场)主要堆弃导流明渠部分、右岸非溢流坝段、河中溢流坝段等开挖渣料。

供应四级电站骨料的昂邓石料场距离坝址约 36 km,石料场剥离料堆放在料场旁的 3#弃渣场内。

4 南欧江四级水电站施工总体布置效果评价

自 2016 年 4 月初南欧江四级水电站主体工程开工以来,电站的施工总布置为电站建设发挥了应有的服务作用,各生产生活区、施工工厂设施、场内施工道路运转正常;未发生布置不当影响工程建设而重新选址调整的情况。经过三个雨季的考验,未发生地质灾害,经历了数场枯期和全年 5~8 a 重现期洪水的考验,基本没有受灾产生损失。 (上接第 76 页)

南俄 3 水电站主河床已于 2017 年 2 月 26 日截流,2017 年 5 月 31 日上游围堰填筑至设计高程 593 m,下游围堰填筑至设计高程 540 m。经历了 2017 年和 2018 年两个汛期,其中 2018 年汛期上游围堰最大水位高程为 574 m,相应流量 $Q_{3.33\%}=2\,200\text{ m}^3/\text{s}$,整个上游围堰、导流洞均安全度汛,证明了施工期导流规划的正确性。

(上接第 89 页)

5 结 语

该工程压力管道为 4 平 3 斜布置战线长,工作面多,项目部充分做好了整体协调配合,工期安排紧凑,保证了最终的施工进度。压力管道施工中的难点在于斜井段施工,为此,在保证安全的前提下,优化了原施工方案,采取反井钻机施工,有效地提高了施工进度及质量,对类似工程具有一

失。实践证明:四级水电站的施工总体布置实现了“有利生产、方便生活、易于管理、安全可靠、经济合理”的目标。

5 结 语

老挝南欧江流域开发是我国在老挝最大的 BOT 水电站项目,也是中国电建海外投资公司成立以来在海外最大的投资开发项目,亦为“一带一路”上向老挝人民展示中国企业实力的窗口工程。四级水电站位于南欧江中游的深山峡谷区域,面临几乎没有可利用场地的困难局面,通过合理、科学地选址布置,较好地实现了“有利生产、方便生活、易于管理、安全可靠、经济合理”的目标,为其它类似工程项目的建设提供了可靠的实践经验。

参考文献:

[1] 水电工程施工组织设计规范,DL/T5397—2007[S].
[2] 水利水电工程施工组织设计规范,SL303—2017[S].
[3] 常士骠,张苏民,主编.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.

作者简介:

金昌辉(1966-),男,四川成都人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
卫继鑫(1986-),男,四川成都人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
王 婷(1988-),女,四川成都人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

参考文献:

[1] 水电工程施工组织设计规范,DL/T5307—2007[S].

作者简介:

谢 力(1980-),男,四川三台人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
威明祖(1989-),男,四川广安人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
白云猛(1985-),男,山东巨野人,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:李燕辉)

定的借鉴意义。

作者简介:

邓 挺(1986-),男,四川内江人,工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作;
李 柯(1990-),男,四川成都人,助理工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)