

溪洛渡水电站右岸泄洪洞龙落尾段顶拱混凝土施工

祝细根¹, 朱毓杰²

(1. 中国人民武装警察部队 水电第七支队, 湖北 武汉 430200; 2. 中国人民武装警察部队 水电第三总队, 四川 成都 611130)

摘要:溪洛渡水电站右岸泄洪洞龙落尾形体复杂,分为上游缓坡段、奥奇曲线段、斜坡段、反弧段及下游缓坡段,且在其中间设置了3道掺气坎,底板最大坡度为 22.457° ,钢模台车不能靠电机驱动行走,需采用卷扬机牵引行走,施工难度大。介绍了溪洛渡水电站右岸泄洪洞龙落尾段顶拱混凝土施工技术,对类似工程具有一定的参考价值。

关键词:泄洪洞;龙落尾段;顶拱混凝土施工;溪洛渡水电站

中图分类号:TV7;TV544;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)04-0037-04

1 工程概述

金沙江溪洛渡水电站位于四川省雷波县和云南省永善县境内,是一座以发电为主,兼有拦沙、防洪和改善下游航道条件等综合利用效益的特大型水利水电枢纽。水库正常蓄水位高程600 m,相应库容115.70亿 m^3 ,总装机容量13 860 MW。

右岸泄洪洞建筑物由3#、4#泄洪洞组成,均为有压接无压,洞内龙落尾型式。泄洪洞龙落尾段由上游缓坡段、奥奇曲线段、斜坡段、反弧段、下游缓坡段组成,底板最大坡度为 22.457° ,断面形式为圆拱直墙型,断面尺寸为14 m \times 19 m(宽 \times 高),顶拱衬砌厚度为1~1.5 m,强度等级为C₉₀25混凝土。

2 施工规划

(1) 浇筑分层。

按照设计分缝线要求将龙落尾段分为边墙(从底板岩石面至起拱线下2 m)、顶拱、底板三层浇筑。

(2) 浇筑分块。

按照设计图纸要求,在掺气坎和围岩变化处需设置环向伸缩缝,浇筑段长一般为9 m。因此,将各掺气坎段单独设成两段,在掺气坎上下分界处设置环向伸缩缝,在各掺气坎伸缩缝间按9 m分段(如按9 m分段后末端有一段不足9 m,但不小于6 m时,则自行成一段;如按9 m分段后末端有一段小于6 m,则以最后三段均分进行处理),确保分段长度大于6 m。

(3) 混凝土浇筑规划。

顶拱混凝土采用6 m³混凝土罐车运输,混凝土拖泵泵送二级配混凝土入仓。对于龙落尾泄-5支洞以下洞段,将混凝土泵车布置在下游缓坡段,从下游缓坡段泵送入仓;对于龙落尾泄-5支洞以上洞段,将混凝土泵车布置在泄-5支洞洞内,由泄-5支洞泵送入仓,同时选用高压泵并保证泵送压力。由于该部位供料点受限且泵送分段最长距离为150 m,为确保供料连续、避免浇筑过程中出现堵管现象,备用一套输送管线并使用增塑剂以提高泵送性能(图1)。

3 钢模台车和钢筋台车设计

3.1 钢模台车设计

(1) 设计的边界条件。

泄洪洞龙落尾段衬砌断面形式为圆拱直墙型,衬砌后断面尺寸为14 m \times 19 m(宽 \times 高),顶拱弧长为17.05 m,半径为8 m,圆心角度为 122.09° 。根据浇筑分块规划,顶拱及起拱线往下2 m边墙衬砌混凝土为顶拱台车浇筑范围,顶拱衬砌设计厚度为1~1.5 m,加上施工超挖,顶部模板承受的载荷按最大开挖2 m时的混凝土自重计算。

(2) 顶拱钢模台车各部件组成。

顶拱钢模台车由模板总成、托架总成、平移机构、门架总成、侧向液压油缸、侧向支承千斤、托架支承千斤、门架支承千斤及防止滑移装置等组成(图2)。

(3) 顶拱钢模台车之液、电系统。

台车液压系统采用三位四通手动换向阀进行换向以实现油缸的伸缩。左右侧向油缸各采用三个换向阀控制两侧水平油缸的动作;四个竖向油

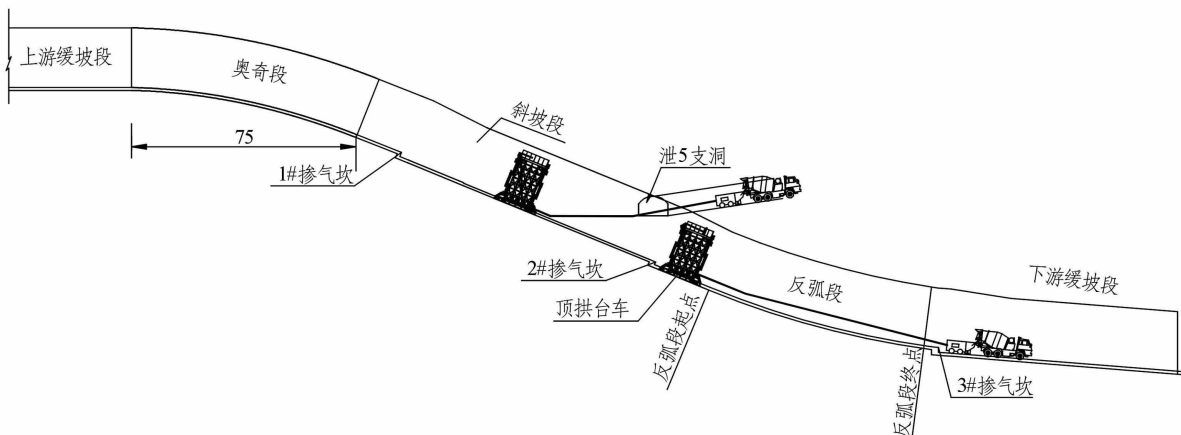


图1 泄洪洞龙落尾段顶拱混凝土浇筑图

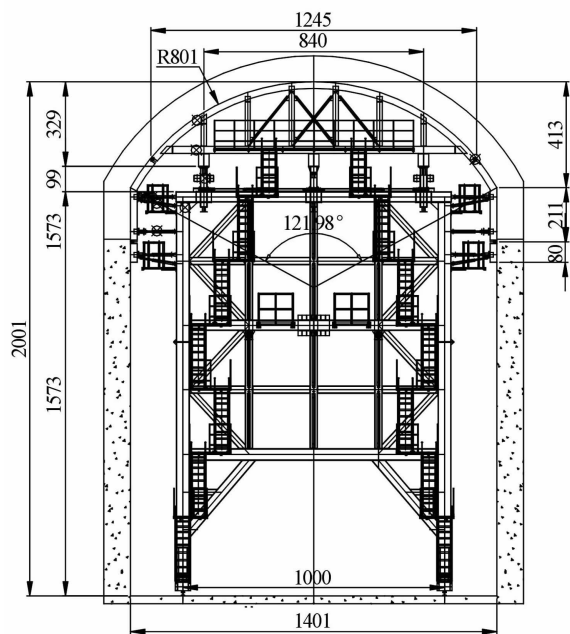


图2 龙落尾段顶拱钢模台车断面图(单位:cm)

缸各用一个换向阀控制其动作;两个平移油缸各用一个换向阀操作;利用双向液控单向阀对四个竖向油缸进行锁闭,保证模板不致下降。

电气系统主要对油泵电机的起停及行走电机的正反向运行进行控制,行走电机设有正反转控制及过载保护。

3.2 钢模台车牵引系统的设计

(1) 卷扬机布置。

顶拱台车采用20 t卷扬机加六倍率滑轮组牵引行走,将20 t卷扬机布置在龙落尾上游缓坡段,在顶拱台车前方最远时不超过100 m处设置定滑轮牵引点,当台车行走至牵引点附近时,定滑轮上移至下一固定点就位。在反弧段、斜坡段及奥奇

段共布置了四个固定牵引点,台车在牵引行走过程中采用布置在台车底部大梁上的防坠器及尾端的液压夹轨器作为保险措施,防止台车在牵引失效后下滑。台车在固定状态下采用布置在台车底部及前部4根保险丝杆作为保险措施,以确保施工安全(图3)。

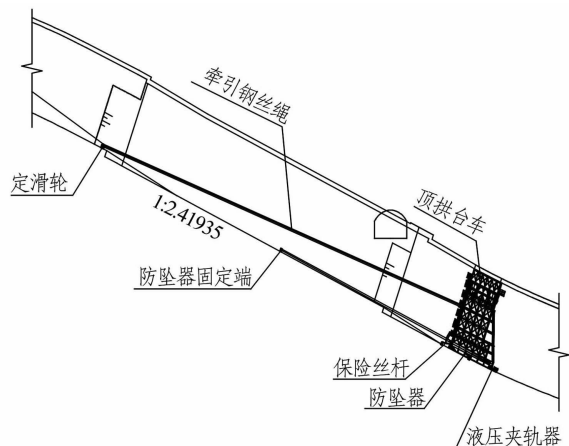


图3 顶拱钢模台车牵引系统纵剖面图

(2) JMM20 卷扬机的结构设计。

JMM20 卷扬机的额定速度 $V_e = 5 \text{ m/min}$,采用 YZP 系列 6 极,电机转速为 983 r/min ,卷筒基准层周长为 812 mm ,则卷筒转速为 15.7 r/min 。若需总传动比为 523.49,则需要减速机速度比为 48.57,选 ZQ 系列减速机 48.57 速度比,齿轮传动比 11.86(两级),即可满足要求。减速机与卷筒采用齿轮传动。制动器采用常闭式液压制动器。

(3) 锚杆强度校核。

由于卷扬机主要承受水平方向的拉力,故钢丝

绳拉力方向与底架水平面高低差可忽略不计,因此,可只考虑锚杆的剪切应力,而无需考虑倾覆力的影响。锚杆材料为 Q235, $\sigma_s = 235$ MPa, 螺纹采用 M30, 由机械设计手册中表 5-1-51 得出 M16~M30 的安全系数 $n = 1.5$ 。锚杆强度满足要求。

(4) 钢丝绳安全系数校核。

由于卷扬机工作级别确定为 M5, 根据 GB/T1955-2008 标准规定卷扬机钢丝绳的安全系数 $[K_s] = 4.5$, 钢丝绳直径 $d = 30$ mm, 最小破断拉力为 732 kN。查 GB/T20118-2006, 最小钢丝破断拉力总和 $S_p = 1.336 \times 732 = 978$ (kN), $K_s = S_p / F_e = 978 / 200 = 4.89 \geq [K_s]$, 故卷扬机所选钢丝绳的安全系数符合规范要求。

3.3 钢筋台车的设计

为避免台车牵引干扰, 钢筋台车不采用地面轨道卷扬机牵引, 仅设计顶拱部分, 采用型钢桁架结构, 单侧设置前后两组滚轮, 液压油缸依托轨道牵引。

台车轨道用压板固定在水平支撑系统上。水平支撑系统由 I22 工字钢、预埋锚筋及顶面钢板支座组成, 浇筑边墙时, $\phi 32$ 锚筋在边墙混凝土上口部位预埋, 锚筋埋深 1 m, 边墙浇筑完成后, 在其顶面间距 1 m 横向放置 I22 工字钢, 单根工字钢长 1.2 m, 外端挑出边墙 20 cm, 内端抵岩石面, 在内端采用预埋锚筋与工字钢焊接连接。在挑出部分工字钢顶面焊接 20 cm \times 20 cm、厚 2 cm 钢板, 四角开螺栓孔, 以便与轨道连接。

4 施工方法

4.1 底板轨道插筋的施工

(1) 底板轨道锚筋布置。

顶拱钢模台车轨道距两侧边墙 2 m, 轨距 10 m。采用 $\phi 32$ 插筋加压板固定, 插筋间距 1 m, 对称布置, 入岩 1.5 m, M30 砂浆锚固。

顶拱钢模台车防坠器固定端插筋采用 $\phi 32$ 钢筋, $L = 3$ m, 入岩 2.5 m, M30 砂浆锚固。台车就位后于台车上游端 18 m 及 27 m 处布置。由于龙落尾基本上按 9 m 分缝, 因此, 台车防坠器固定端插筋均布置在每仓分缝线处, 每排布置 4 根。

(2) 锚筋造孔施工。

锚筋采用手风钻造孔。在钻孔施工中, 控制钻孔孔位偏差、孔向偏差、孔深偏差均必须符合轨道安装要求。造孔作业中必须保护好孔口; 造孔

完成后, 用编织袋或棉纱堵塞孔口进行保护, 防止石渣掉入孔内。

(3) 锚筋注浆施工。

注浆前, 使用风枪进行洗孔; 对检查不合格的孔进行全孔注浆封堵并重新变位造孔; 注浆时, 在注浆泵前端设筛网对砂浆过筛, 防止注浆管堵塞; 出现注浆不连续等现象时应及时进行处理; 注浆管必须是经注浆压力缓缓退出, 不得人为拔管; 插杆插送过程要缓慢匀速、适当旋转, 避免敲击安插, 插送过程中孔口应有浆液溢出。

4.2 台车安装施工

龙落尾顶拱钢模台车在出口明渠段采用汽车吊进行吊装。

(1) 安装顺序。

台车架 \rightarrow 平移装置 \rightarrow 门架 \rightarrow 模板系统顶模 \rightarrow 平台、爬梯、栏杆等构件 \rightarrow 液压和电气系统。

(2) 钢模台车主要构件安装方法及要求。

① 安装门架: 根据安装图纸, 每榀门架(横梁, 中横梁, 下横梁, 立柱, 拉杆, 斜撑)在地上穿好部分螺栓, 带上螺母, 按榀吊装至下纵梁上安装。安装时应注意: 为防止重量偏向一端和安装累计误差偏向一端, 必须从位于下纵梁中间的位置开始向两头对称安装, 每安装一榀均要检查立柱垂直度, 横梁水平。门架所有构件安装好后进行总体尺寸检查, 门架轨距两端误差不能大于 ± 4 mm。门架立柱中心线构成的对角线误差(两端)不能大于 5 mm, 门架横向轨距误差不能超过 ± 4 mm, 调试满足上述要求后, 补齐所有螺栓, 拧紧所有螺栓, 门架安装基本完成。

② 安装上部台架, 与安装门架类似。根据安装图纸尺寸, 在门架两端和中部横梁上安装好平移机构、油缸支座, 将升降油缸稳定安装至油缸支座上后, 将上纵梁起吊并安装至升降油缸上, 安装好竖向千斤, 检查并调整两梁之间的对角线相等, 视情况增加临时稳定设施, 使上纵梁稳定。上部台架横梁、立柱安装好后, 根据图纸提供的尺寸进行调整, (对齐架体中心线) 上部台架两边横梁构成的对角线误差不能大于 4 mm, 每榀横梁间距的误差不能大于 4 mm, 两端头第一根与最后一根的端头直线度不能大于 4 mm, 每排台架立柱的直线度误差不能大于 3 mm, 安装调试到位后, 拧紧所有连接螺栓。

③上部台架安装好后,开始吊装顶模。在地上把顶模用螺栓连接好,用25 t汽车吊起顶模待其超过台架高度后,缓慢放下顶模,与台架连接。吊装时必须从台车长度方向的正中间往两端对称吊装,否则所有的安装误差会累积到一端,以至难以调试。安装时,所有模板的连接螺栓不能一次拧死,要等所有顶模与上部台架吊装好后开始调顶模,顶模与顶模连接的直线缝和环向缝的错台不能大于1.5 mm,调试达到要求后,拧紧所有顶模上的连接螺栓。

④完成上述安装步骤后,安装调试液压系统。先注入液压油,调整油泵的正转方向,利用油缸将模板撑开至衬砌状态并自行检测外形轮廓尺寸是否满足图纸要求,请电工接上行走电器控制线路,调试其行走是否正常,检查液压系统是否漏油,各运动机构是否灵活,有无卡阻现象。

⑤完成上述安装内容、自检无问题后并认真填写安装验收合格证,完成安装。

4.3 混凝土浇筑施工

顶拱混凝土采用6 m³混凝土罐车运输,混凝土拖泵泵送二级配混凝土入仓,顶拱混凝土浇筑时两侧同步对称下料,并由下游向上游采用退管法浇筑。坯层厚度为40 cm,采用φ50、φ70软轴振捣棒振捣,待混凝土上升到台车拱板最高点时,自里向外边浇边撤出泵管,在龙落尾上、下游缓坡段,封拱时采用自密实混凝土,其他部位由于纵坡坡度较大,可直接采用二级配混凝土封拱。

5 安全措施

(1)钢筋台车行走、就位采取的安全措施。

①在移动台车前,安全部门组织对轨道安装情况进行检查。其重点检查内容:轨道平整度、工字钢间距、焊接连接情况等。

②钢筋台车需要移动时由专人操作,禁止随意交由其它无关人员实施。

③台车在斜坡上行走时,其上禁止堆放材料,确实有个别设备需要放置在上面时,应在移动前捆绑固定牢固。

④移动钢筋台车时,台车下方坠物范围内不得站人。

⑤台车在就位后挂好上游端钢丝绳葫芦,旋出基脚千斤撑紧钢轨,装好台车横纵梁底部及尾部马鞍座,保证台车的稳定性。

(2)顶拱钢模台车行走采取的安全措施。

①顶拱钢模台车在移动前,由现场施工负责人、物资设备部门、安全部门共同对轨道安装情况、卷扬机运转情况及钢模台车结构进行检查,报请项目部分管安全的副主任同意并填写《钢模台车移动前检查审批表》后组织实施。

②钢模台车的移动、行走必须由专业人员指挥、操作,严禁违规作业、野蛮操作。

③钢模台车下部设警戒区,应有明显的警戒标识,由专人监护、指挥,作业人员个体防护到位。

6 结语

溪洛渡水电站龙落尾段混凝土浇筑采用上述施工方法后,有效地解决了洞室大坡度段衬砌混凝土钢模台车的行走问题、混凝土浇筑期间台车的安全问题。混凝土施工质量满足设计要求,其施工工艺可供类似工程参考。

作者简介:

祝细根(1969-),男,江西积水人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工;

朱毓杰(1986-),男,吉林榆树人,工程师,学士,从事水电工程建设技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)

成都院赴全省21个地州市开展水力资源复查工作

为推进四川省水力资源复查和中小河流水能规划工作,由四川省地方电力局、四川省水电勘测设计研究院和成都院专家组成“指导工作组”,历时3个月赴全省21个地州市开展相关工作。四川省水力资源复查工作由省发改委、省能源局领导,省地方电力局牵头,成都院作为技术负责单位组织实施,省水利院配合协作。成都院负责制定工作大纲,复查金沙江、雅砻江、大渡河、岷江、嘉陵江、川江及其他水系干支流水力资源;省水利院负责制定中小河流水电规划工作大纲,复查青衣江、都江堰人工灌渠、沱江、涪江、渠江等河流水系及安宁河、南广河等河流水力资源。成都院在省内开展河流规划、电站设计工作多年,掌握了大部分河流规划及电站勘测设计成果资料。本次复查,以成都院掌握资料为基础,通过各地市州上报水力资源统计数据进一步补充完善成果。为提高各部门上报数据质量,确保复查工作顺利开展,工作组赴各地市州宣传相关政策法规、解惑答疑,为各地工作人员填报水力资源复查表等提供指导。成都院设计人员在工作开展过程中克服重重困难,与省地电局、省咨询院、各市州设计院、地方政府多方沟通协商、收集资料。目前正全力开展四川省水力资源复查工作,并同步研发四川省水力资源可视化信息管理系统。复查成果是摸清四川省水电布局、开发现状的重要依据,对于科学发展四川省水电具有重要意义。