

桥巩水电站二期泄水闸闸墩滑模设计与施工

王蕊娜

(广西水电工程局, 广西南宁 530001)

摘要 介绍桥巩水电站工程的闸墩滑模设计及施工工艺。闸墩全部使用液压滑动模板,模板设计为整装钢结构,滑模装置中的围圈、提升架、工作台、设备台等构件之间均采用焊接形式与桁架主梁连接。滑模施工程序如下:施工准备→安装主梁提升架、模板拼装→绑扎墩体钢筋→混凝土浇筑→滑模滑升→门槽部位的处理→滑模雨天施工→滑模拆除→下一个闸墩施工。

关键词 泄水闸;闸墩;液压滑动模板;施工技术;桥巩水电站

中图分类号:TV662+.2 文献标识码:B 文章编号:1006-764X(2009)S2-0038-04

1 工程概况

桥巩水电站位于四川省来宾市迁江镇清水河以上约 3 km 的红水河内,距迁江镇约 1 km,是一座以发电为主,兼有航运、灌溉等综合利用效益的水利枢纽。二期泄水闸 5~10 号共 6 个泄水闸坝段,总长 127.5 m,坝顶高程为 101.60 m,堰面高程为 60.00 m;泄水闸坝段共 7 孔,每孔跨度均为 15 m,每孔泄水闸均设有检修闸门及工作闸门;上游闸墩厚度均为 4 m,下游闸墩除右边墩厚度为 6 m 外,其余厚度均为 4 m,在浇筑完堰体混凝土后,闸墩体为两侧垂直的墙体结构,宽 4 m,长 24.7 m。为了加快闸墩结构施工,在规定合同期完工,拟采用 1 套 24.7 m 长的滑动模板浇筑高程 60.50 m 以上闸墩混凝土。

2 滑模设计

二期泄水闸坝闸墩采用液压调平内爬式滑升模板,考虑滑模装置设计的通用性,同时保证有足够的强度、刚度及整体稳定性,便于安装和拆除,在使用中能运转灵活、安全可靠,所以闸墩滑模结构设计为桁架式整装钢结构,滑模装置中的围圈、提升架、工作台、设备台等构件之间均采用焊接形式与桁架主梁联接。整套滑模装置主要由模板系统(包括模板、围圈、提升收分车)、操作平台系统(包括主梁、连接梁、吊脚手架、铺板等)、液压提升系统(包括液压控制台、千斤顶、支承杆、油路等)和精度控制系统等部分组成。各部分结构设计如下。

2.1 模板

模板作为闸墩的成型模具,决定结构的成型和表面质量外观,故模板需要具备一定的刚度、表面平整度。模板选用特制配套的 1 200 mm 组合钢模板,墩头圆弧部位采用 1 200 mm×100 mm 的定型钢模板拼装。面板厚度为 2.5 mm。模板高度为 1.2 m,为保证组合钢模板间的接缝严密,拼装模板时在模板间的接缝处加粘 2 mm 厚的防水双面胶带。

2.2 围圈

围圈主要用作模板的支撑,使模板与滑模桁架形成一个整体。经水平侧压力计算选用 GB 等边角钢 $\angle 75 \times 7$ 可满足技术要求。

2.3 主桁架梁和主提升架

主桁架梁和提升架作为滑模的主体构件,主要用于联系支撑滑模的模板、围圈、工作控制台、设备材料台,并通过安装在其横梁上的液压千斤顶将荷载传递到爬杆上。根据滑模工作情况的受力计算、规范要求,主提升架用 I 20 的槽钢制作,每樘间距为 2 000~2 200 mm 之间。主桁架梁设计为桁架梁式,上下横梁用双 I 10 的槽钢制作,横梁间用 GB $\angle 50 \times 5$ 角钢用焊接方式以 700 mm 间距加设联系杆及剪力撑,保证主桁架梁有足够的刚度及横向稳定,主桁架梁用焊接方式联接到主提升架 I 20 的槽钢上成为一体,制作成“开”形结构。主桁架梁间顶部用双 I 10 的槽钢在纵向全长方向焊接连接,作为纵向联系梁,以加强主梁提升架的整体刚度,确保滑模的整体性及纵向稳定。滑模模体体型见图 1。

作者简介:王蕊娜(1985—),女,陕西合阳人,助理工程师,从事水电站土建施工管理工作。E-mail: 231874549@qq.com

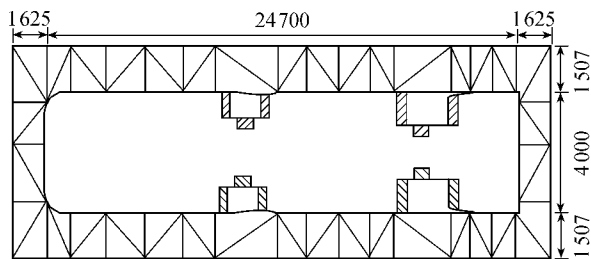


图1 滑模模体体型示意图(单位:mm)

2.4 操作设备工作台和辅助工作平台

操作设备工作台是滑模操作和设备摆放平台,滑模施工时此平台是配套设备和工作人员的主要工作平台,是滑模主要受力的构件之一,因此应有足够的强度和刚度。操作设备平台设计为三角结构。工作盘支承在提升架的主体竖杆件上,通过提升架与模板连接成一体,并对模板起着横向支撑作用。该工作台采用围圈上平面代替,盘面采用钢丝网铺平,为防止坠物,盘面必须密实、平整并保持清洁。为保证施工人员及时检查、处理已脱模部分的混凝土外观质量和表面消缺及混凝土表面养护用,在工作台下方3m处悬挂一辅助工作平台,平台用 $\varnothing 20$ 钢筋焊接组成,宽0.8m,上用竹踏板铺设。

2.5 爬杆、液压系统、洒水管

支撑滑模的爬杆一端埋设在已浇混凝土里,另一端穿过液压穿心千斤顶的中心孔,滑模系统通过液压穿心千斤顶将整个滑模的荷载传到爬杆上。根据选定的液压系统参数并结合闸墩结构的配筋,选用 $\varnothing 25$ 钢筋作爬杆,爬杆按25%错接头布置,第1层采用4种不同长度,以后均采用3m,非爬杆钢筋采用3.5m,可充分利用闸墩的主筋做支撑杆。经计算, $\varnothing 25$ 钢筋作支撑杆,承载力及结构稳定性满足规范要求。

根据闸墩体滑模的施工荷载计算,滑模的液压系统选用2套YKT-36型液压控制台、GYD-35楔块式千斤顶、油管和分流控制阀组成。GYD-35楔块式千斤顶设计工作起重量为1.5t,最大起重量为3.5t。组装前必须检查管路是否畅通,耐压等级是否达到要求、有无漏油等现象,如有异常及时排除。为使混凝土脱模后得到良好的养护,在滑模体的辅助工作平台底环绕着滑模系统安装1条 $\varnothing 25$ 的PVC塑胶管,以200mm间距在管朝闸墩混凝土面的方向上打小孔,滑模滑升后向PVC管通水就可保证混凝土的养护。

2.6 模板用电

滑模的用电系统主要是液压系统和电焊设备用电。机械动力设备采用380V电压。操作平台上照明电压采用36V低压,以保证夜间工作安全。闸墩

上、下通信设备采用4台对讲机。供电系统在现场敷设一回 $\times 35 + 1 \times 10$ 电缆容量可满足施工需要。

3 滑模荷载计算

a. 模具自重 G_1 :

$$G_1 = 20t$$

b. 施工荷载 G_2 的计算。工作人员:46人 $\times 65\text{kg}/\text{人} = 3.0t$,一般工具1.0t,钢筋及支撑杆3.5t,不均匀系数1.3,动载系数2.0:

$$G_2 = (3.0 + 1.0 + 3.5) \times 2 \times 1.3 = 19.5t$$

c. 模板与混凝土之间的摩阻力 G_3 的计算:

$$G_3 = kfs = 34.8t$$

式中: k 为附加影响系数,取1.5; f 为摩擦阻力,即单位面积上的滑升摩阻力,按300kg计算; s 为模板的外表面积。

d. 竖向荷载计算:

$$N = G_1 + G_2 + G_3 = 74t$$

e. 爬杆的承载力计算:

$$P \leq \varphi Af$$

式中: A 为爬杆的横截面面积, $\varnothing 25$ 螺纹钢取 $A = 490\text{mm}^2$; f 为钢材的抗压强度设计值, $\varnothing 25$ 螺纹钢的设计值 $f = 300\text{MPa}$; φ 为爬杆的受压稳定系数,根据 $\lambda = l_0/i$ (l_0 为计算长度, $l_0 = 0.7\text{m}$; i 为回转半径,对圆截面 $i = d/4$, d 为爬杆的直径)查表求得 $\varphi = 4.404$ 。

经计算得 $P = 6.06t$,因此支撑杆数量(千斤顶数量)为

$$n = \frac{N}{CP}$$

式中: P 为支撑杆承载能力,取1.5t; C 为荷载不平衡系数,取0.8。

经计算得 $n = 74/0.8 \times 1.5 = 62$ 个。取千斤顶64个可满足要求。

4 施工技术

4.1 施工方案

泄水坝闸墩部位采用滑动模板施工,由6号门机(MQ540/30)进料。滑模架为自制整体钢桁架结构,所有提升主桁架为型钢焊接成的钢桁架。设计单套整体滑模架质量约为20t,提升装备选用全液压自动调平控制台和配套专用的GYD-35千斤顶。滑模自60.50m高程开始滑升施工,滑到顶部高程,牛腿结构处收台阶处理。门槽部位采用拼装式钢模结构,上游墩头采用预制钢板按设计弯弧尺寸制成定型模板,结构转角处采用转角钢模板。

4.2 施工程序

施工程序如下:施工准备→安装主梁提升架、模板拼装→绑扎墩体钢筋→混凝土浇筑→滑模滑升→门槽部位的处理→滑模雨天施工→滑模拆除→下一个闸墩施工。

4.3 安装主梁提升架、模板拼装

先在模板拼装间搭设钢平台,放大样先制作成单樑,然后再按三樑纵向桁架拼成一大樑,纵向联系桁架现场拼装,其中横向主梁桁架按二次抛物线起拱,最大起拱度 15 mm,纵向桁架不起拱。然后在制作平台上将滑模架按实际整体拼装,挂好模板并做好调试检查后再分拆好待装。千斤顶在安装前必须进行编组耐压试验,试验压力为额定压力 12 MPa,在 5 min 的试验时间内千斤顶必须不渗不漏,并做好千斤顶的行程调整。首滑块处搭设拼装平台,然后吊入主桁架,并按二次抛物线在横向起拱,经检测符合要求后将桁架焊接成整体,再焊接纵向联系桁架,然后在两端纵向桁架下用垫块将主梁提升架垫平,使桁架脱空,加上设计荷载,待桁架充分变形后再安装模板,然后安装千斤顶和爬杆,最后安装油管、水准管、吊线锤等,经技术、质检、测量、安全联合验收后投产。

4.4 绑扎墩体钢筋

滑模施工的重点是绑扎钢筋、混凝土浇筑、滑模滑升等平行作业连续进行。待模板检查完成后即可进行钢筋的安装,前期钢筋绑扎从模板底部一直绑扎至提升架横梁下部,起滑后采用边绑扎边滑升平行作业方式,确保每次滑升后钢筋长出混凝土面。为满足滑模滑升速度要求,钢筋焊接采用电渣压力焊和使用套筒连接。滑升中钢筋绑扎严格按照设计要求进行,爬杆在同一水平内的接头数量不应超过爬杆总数的 1/4,要求爬杆平整无锈皮,当千斤顶滑升至距爬杆顶端的距离小于 350 mm 时应及时接长爬杆,不平处用角磨机磨平,爬杆与环筋相连,焊接加固。

4.5 混凝土浇筑、滑模滑升

4.5.1 混凝土浇筑

为简化施工程序,闸墩滑模混凝土配合比设计要满足滑模施工要求,混凝土初凝时间为 7~8 h,终凝时间为 10~15 h,坍落度为 7~9 cm,三级配,采用 2 台 MQ540 门机吊 3 m³ 卧罐入仓。平铺法浇筑,铺料厚度为 40 cm,混凝土入仓浇筑必须保证分层、平起、对称均匀。利用 2 台门机分别从上、下游侧往中间铺料,入仓混凝土每层厚度保持在 40 cm 左右,同层混凝土控制在 4 h 内浇筑完毕。混凝土的振捣使用高频插入式振捣器分段对称进行,振捣时严格按

混凝土施工规范执行。振捣棒不得触及承力杆、钢筋、预埋件和模板。对钢筋密集和靠近模板的部位使用软轴插入式振捣器振捣。在模板滑升时严禁振捣混凝土,以免造成脱模混凝土发生变形坍塌。

4.5.2 模板滑升

滑模混凝土初次浇筑按常规混凝土浇筑的方法先铺 1 层 2 cm 厚的高标号砂浆,然后按 40 cm 的厚度浇筑第 2 层混凝土,当混凝土浇筑至面板 2/3 高度、滑模底部混凝土达到脱模强度(0.05~0.15 MPa,贯入阻力 0.5~3.5 MPa)时进行初升,先将模板提升 1~2 个行程(3~6 cm),观察液压系统、模具系统各部位工作情况是否正常,一切正常后转入正常滑升。正常滑升时,每次提升高度与分层高度一致,定为 40 cm,每次滑升的间隔时间不大于 1.5 h,气温很高时,为减少混凝土与模板的黏结力,以免混凝土拉裂,每隔 0.5 h 将模板提升 1~2 个行程。当混凝土浇至墩顶时,放慢滑升速度,对模板进行找平。混凝土浇筑完成后,模板每隔 0.5~1.5 h 滑升 1~2 个行程,连续 4 h 以上,直到最上层混凝土初凝与模板不黏结为止。施工转入正常滑升后,应尽量保持连续作业,由专人观察脱模混凝土表面,脱模后开始抹面,滑升一定高度后在滑模下部安装抹面吊架和养护淋水花管,混凝土终凝后开始淋水养护。刚脱模的混凝土面若只有少量气泡和细孔均用铁抹子抹平压光,如有麻面,用水泥砂浆抹面修补,如发生塌块、裂缝和孔洞时,则先将缺陷处松散混凝土块清除干净,要清除到混凝土密实处,露出钢筋,用高一标号并配有速凝剂的细石混凝土将孔缝填平压实后,再用砂浆抹面修平。

4.6 停滑措施、雨天施工措施

滑模施工中因故停滑时间较长的,要做停滑处理。先在同一标高处将混凝土浇平,将模板提升至底边低于混凝土面约 10~20 cm 位置,清理干净模板,涂上脱模剂,将钢筋绑扎至一定高度。仓内混凝土凿毛,清理干净,安装止水条,按施工缝处理。继续施工时,先配制高标号一级配混凝土铺底,然后进行浇筑。

闸墩滑模施工在雨天施工中进行时,为了使滑模施工不间断,保证混凝土施工的连续性,应采取以下措施:

a. 在施工平台上准备挡雨布,在小雨天施工时,撑开挡雨布以减少雨水对混凝土的冲刷,同时在雨天施工时尽可能采用较小的混凝土坍落度,以减少施工过程中因受雨水影响而产生水灰比、坍落度的变化带来的质量隐患,采用小坍落度的混凝土在雨天施工过程中可以减少灰浆流失,可保证雨天混

混凝土施工的质量要求。

b. 施工过程中如遇到下大雨时,可停止混凝土的入仓,但停止混凝土入仓间隔不得超过 2 h,也就是在混凝土终凝前应尽可能地在停雨或小雨间隙时入仓浇筑 1 次,同时滑升 1 次。如无法继续进行浇筑时,要注意按规范做好仓面处理,并每隔 0.5~1.5 h 滑升 1~2 个行程,连续 4 h 以上,直到最上层混凝土初凝与模板不黏结为止。

c. 在雨天施工,脱模后的混凝土如果被雨水冲刷就会发生流淌,表面还会出现麻点,因此在抹面平整后应覆盖透明薄膜,保护初脱模的混凝土。

4.7 门槽部位的处理

门槽部位留 30~50 mm 宽门槽插筋缝,用木模补缝,局部地方的门槽模板采用木模板,门槽木模板按插筋位置钻孔,每 1.5 m 长为一截,随着滑模的上升而逐步加高。门槽插筋按设计图纸安装。

4.8 滑模施工中出现的問題及处理

滑模在施工中出现的問題有:滑模体倾斜、扭转、模体变形、混凝土表面缺陷、爬杆弯曲等,其产生的根本原因在于千斤顶不同步,荷载不均匀,混凝土浇筑不对称等。因此在施工过程中首先要把好质量关,加强观测检查工作,确保良好的运行,发现问题及时处理。

a. 纠偏。利用千斤顶自身纠正,即关闭 1/5 的千斤顶,然后滑升 1~2 个行程,再打开全部千斤顶滑升至 1~2 个行程,反复数次逐步调整至设计要求。必要时,施加一定的外力给予纠偏。所有纠偏不得操之过急,以免造成混凝土拉裂、死弯、滑模变形、爬杆弯曲等事故的发生。

b. 模板变形处理。对部分变性较小的模板,采用撑杆加压复原,变形严重时将模板拆除修复。

c. 爬杆弯曲。采用加焊钢筋或斜支撑,弯曲严重时切断爬杆,重新接长后再与下部爬杆焊接,并加

“人”字形斜支撑。

d. 混凝土缺陷。如有麻面,用水泥砂浆抹面修补,如发生塌块、裂缝和孔洞时,则先将缺陷处松散混凝土块清除干净,要清除到混凝土密实处,露出钢筋的,用高一标号并配有速凝剂的细石混凝土将孔缝填平压实后,再用砂浆抹面修平。

4.9 滑模的拆除

滑模施工浇筑至坝顶高程时,将混凝土浇至标高位置并进行收仓抹面处理,然后滑模继续上升并滑空、脱离混凝土面,待模板可逐渐提升出混凝土面后用门机进行拆模工作。拆模步骤如下:①将滑模上的配套设备拆除;②拆除液压系统的控制台,拆除供电线路、刀闸及所有附属设备,拆除供水线路;③拆除抹面平台及所有平台铺板;④拆滑模主体框架,将滑模主桁架一次吊出。

5 结 语

实践表明,等截面混凝土采用滑模施工与常规施工方法相比具有许多优点:施工速度快,有效节省了施工工期;节省材料,节省人员和机械的投入;有效地防止了交叉作业、高空坠物的安全事故发生;提高了混凝土的内在和外观质量,取消了常规立模用的拉筋,更重要的是避免了外漏拉筋处理不当影响外观质量等。这些优点对高度相对过高、等截面的混凝土建筑物(如闸墩、竖井、烟囱、导墙等)施工,优先选择滑模是可行的。

参考文献:

- [1]王永刚,黄小萍. 液压滑动模板在水电站快速施工中的应用[J]. 企业科技与发展, 2009(8):125-129.
- [2]李军旗,陈泽衍. 公伯峡水电站旋流泄洪洞工程滑模设计与施工[J]. 水力发电, 2004(8):48-50.

(收稿日期 2009-12-02 编辑:高建群)

(上接第 34 页)

6 结 语

桥巩水电站自开工以来,积极开展工艺革新活动,在混凝土施工中大力推广使用自行设计和生产的新型多功能悬臂大块模板、液压滑模、智能化全自动无人监控混凝土输送皮带机、现浇板梁支撑桁架,有效地加快了工程的施工进度,基本克服了混凝土常规施工方法出现的挂帘、错台、变形、蜂窝等质量通病,改善了混凝土的外观,提高了工程质量,降低了工程成本。

参考文献:

- [1]常彦斌,孙利. 多功能全悬臂大块模板在桥巩水电站的应用[J]. 红水河, 2008(6):63-65.
- [2]袁海忠. 混凝土输送皮带机在谟武电站二期工程中的应用[J]. 闽江水电科技, 1996(2):19-21.
- [3]王永刚,黄小萍. 液压滑动模板在水电站快速施工中的应用[J]. 企业科技与发展, 2009(4):125-129.
- [4]李军旗,陈泽衍. 公伯峡水电站旋流泄洪洞工程滑模设计与施工[J]. 水力发电, 2004(8):48-50.

(收稿日期 2009-12-01 编辑:骆超)