

浅谈大坝面板混凝土滑模系统的设计、制作与使用

刘丽娟

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川成都 610091)

摘要:阐述了滑模施工过程中侧模、面板滑模的设计和使用方法。滑模施工工艺具有施工速度快、机械化程度高的特点,是混凝土面板堆石坝经常采用的施工方法。

关键词:滑模设计;制作;使用;丰宁抽水蓄能电站

中图分类号:TV7;TV52;TV544;TV641

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)04-0062-03

1 工程概述

丰宁抽水蓄能电站位于河北省丰宁满族自治县境内,工程区距丰宁县公路里程约62 km,上水库位于永利村上游滦河左岸灰窑子沟顶部。上水库大坝顶高程为1 510.3 m,最大坝高120.3 m,坝顶宽10 m,轴线长度为570 m,上游坝坡为1:1.405,采用钢筋混凝土面板堆石坝坝型。根据设计图纸,大坝面板混凝土共分54条块,条块分12 m和10 m两种(河床受压区面板宽度为12 m,计19块;左、右岸受拉应力区面板宽度为10 m,共33块,边角2块,宽度为8 m),最大块斜长约207.5 m。水库大坝面板混凝土按照由低至高、由中间向两侧、先宽后窄的施工顺序安排施工,即由中心条块向两侧分序跳仓浇筑。浇筑施工采用滑模一次成型施工。滑模通过设置在坝顶的卷扬机提升,混凝土通过负压溜槽运输至仓面。

2 滑模系统的设计制作与使用

滑模系统包括:(1)侧模;(2)滑模;(3)抹面平台及棚架;(4)坝顶卷扬牵引系统;(5)混凝土入仓布料系统;(6)辅助系统六部分。

2.1 侧模的设计与制作

侧模的作用有3点:支撑滑模、作滑模滑移轨道、限制混凝土拌和物侧向流动。侧模由侧模板、侧模外侧采用角钢焊接成的三角支架支撑固定及插筋组成。侧模为钢木组合结构,主要由[16轻型槽钢配木模板组成。轻型槽钢标准长6 m,部分为3 m。底部渐变段为63 mm厚木模板,每块

收稿日期:2017-04-10

模板长3 m,宽度为渐变尺寸。每浇筑块左、右为一套。侧模共加两套,单侧模板长约207.5 m,侧模总加工长度为 $207.5 \times 4 = 830$ (m)。制作时,每块槽钢竖向用螺栓连接,螺栓间距为1 m。每块模板接头设置相邻模板连接板,加工后标识编号。侧模外侧采用角钢焊接成的三角支架支撑固定和承受新浇混凝土的侧压力,每块侧模用三个三角支架支撑。支撑用的三角支架采用 $\angle 75 \times 7$ mm角钢加工。侧模三角支架支撑主要靠插筋固定,依靠插筋的抗剪能力平衡面板混凝土的侧压力。插筋直接插入斜坡面砂浆垫层内,深度不小于400 mm。插筋用 $\phi 25$ 的钢筋打尖,长度为500 mm。侧模结构见图1。

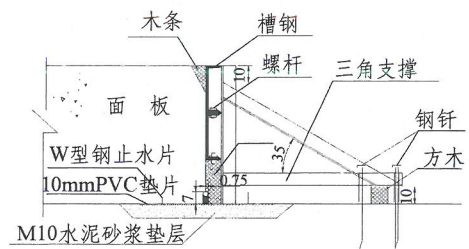


图1 侧模结构图

2.2 滑模的设计与制作

2.2.1 滑模模板尺寸的选定

滑模的宽度和长度以及结构形式主要根据大坝面板的宽度、坝面坡度以及混凝土的凝结速度等确定。

长度:根据面板结构分缝间距12 m且端头考虑0.5 m的外挑长度,将滑模设计长度定为13 m,在12 m块面板浇筑完成后,将滑模改成11 m

长,以满足 10 m 宽度的面板施工。

宽度:根据混凝土初凝时间为 2.5 ~ 3 h,每小时浇筑一层,每层混凝土浇筑厚度为 0.25 ~ 0.3 m,浇筑第三或第四层即可以开始脱模,因此,滑模的宽度选定为 1.2 m。

2.2.2 滑模结构的设计与制作

无轨滑模为刚性结构,由底部钢面板、上部型钢桁架及抹面平台三部分组成。考虑到滑模的周转使用和克服混凝土浮托力的影响等因素,且需满足模板自身的挠度将其控制在 20 mm 以内,滑模横梁采用型钢桁架([20、[16 和 $\angle 7.5$) 结构形式,桁架截面为三角形,与混凝土接触的面板采用 8 mm 厚钢板。为便于铺料、振捣,滑模顶部设 0.85 m 宽的操作平台(用于振捣等操作,搭设遮阳棚)。

为方便加工、运输和组装,滑模分节加工,现场二次组合拼装,加工三节,其中中间节设计长度为 2 m,两端节长 5.5 m。三节组合为 13 m 长滑模,重约 4.7 t,两节组合为 11 m 长滑模重约 3.9 t。

为便于滑模快速就位,在滑模两边各设置 1 组行走轮装置(每组 2 个行走胶面轮)。当滑模完成一仓位浇筑时,行走轮装置通过铰接翻转,轮子接触地面,使用千斤顶将滑模主体顶离坝面(下放时模板底面要高于侧模),行走轮装置通过调整丝杆和锁紧销将滑模与行走轮固定后可以在坝面行走,卷扬机反向转动,滑模通过行走轮滑至坝底。

滑模还应设防滑安全保护设置。为此,在滑模两端各增设了手动葫芦 1 台,挂在面板钢筋网上,用钢丝绳拉紧,随模板滑升而收短,使其始终处于受力状态,以确保施工安全。

滑模上、下各设两个吊环,以确保安放位置准确,保证滑模提升到位。

滑模后部设 2 个活动式修整平台(一个作为 1 次收面平台,另一个作为 2 次收面平台)。修整平台采用型钢三角架,悬吊在滑模桁架梁上,随滑模一起提升,三角架上铺木板。操作平台与修整平台呈水平状态,两侧设有护栏,以保证工人在平台上正常工作与安全。为养护面板混凝土,在修

整平台背后吊装一根多孔喷水管。

滑模结构见图 2。

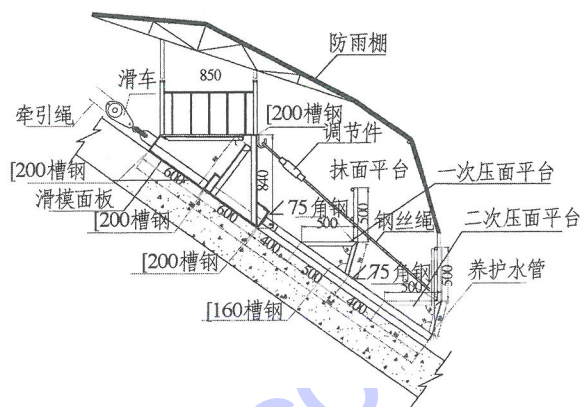


图 2 滑模结构图

2.2.2.1 滑模的自重和配重计算

滑模的自重加配重计算:

滑模要求自重加配重及施工荷载的法向分力略大于新浇混凝土对模板产生的上浮力 P ,即要求:

$$(G1 + G2) \cos\alpha \geq P$$

新浇混凝土对斜坡面上滑模的浮托力由下式计算:

$$P = P_n \times L \times B$$

$$13 \text{ m 滑模 } P = 4 \times 12 \times 1.2 = 57.6 (\text{kN})$$

$$(G1 + G2) \cos\alpha \geq 57.6 \text{ kN}$$

$$(G1 + G2) \geq 71.3 \text{ kN}$$

$$11 \text{ m 滑模 } P = 4 \times 10 \times 1.2 = 48 (\text{kN})$$

$$(G1 + G2) \cos\alpha \geq 48 \text{ kN}$$

$$(G1 + G2) \geq 59.3 \text{ kN}$$

因为要求 13 m 滑模自重、配重及施工荷载合计大于 71.3 kN,取 $(G1 + G2) = 85 \text{ kN}$; 11 m 滑模自重、配重及施工荷载合计大于 59.3 kN,取 $(G1 + G2) = 71 \text{ kN}$ 。

式中 $G1$ 为滑模的自重, 13 m 滑模自重为 4.7 t, 11 m 滑模自重为 3.9 t; $G2$ 为滑模的最小配重及施工荷载(kN), 待求参数; α 为滑模面板与水平面的夹角, 取 $\alpha = 36^\circ$; P 为新浇混凝土对斜坡面上滑模的浮托力(kN); P_n 为内侧模板混凝土侧压力(kPa), 本方案取 $P_n = 4 \text{ kN/m}^2$; L 为滑模与混凝土接触面的长度, 分别取 12 m 和 10 m; B 为

滑模宽度,取1.2 m。

13 m 滑模: $G_2 = 85 - 47 = 38 (\text{kN}) = 3.8 (\text{t})$, 即需要配3.8 t的重量。

11 m 滑模: $G_2 = 71 - 39 = 32 (\text{kN}) = 3.2 (\text{t})$, 即需要配3.2 t的重量。

2.2.2.2 滑模牵引力的计算

滑模牵引力的大小与滑模自重、底板及新浇混凝土的粘结力有关,按下式计算:

$$\begin{aligned} T &= \{ \tau A + G \sin \alpha + f_1 P + f_2 (G \cos \alpha - P) \} K \\ &= [1.5 \times 12 \times 1.2 + 85 \times \sin 36 + 0.5 \times 57.6 \\ &\quad + 0.2 \times (85 \times \cos 36 - 57.6)] \times 1.5 \\ &= 153.89 (\text{kN}) \end{aligned}$$

式中 T 为滑模滑动需要最小牵引力(kN); G 为滑模自重加配重及施工荷载(kN); τ 为滑模底板与新浇混凝土之间的粘结力(kN/m²),取1.5 kN/m²; A 为模体与新浇混凝土的接触面积(m²); f_1 为模板与混凝土的摩擦系数,取0.5;新浇混凝土对斜坡面上滑模的浮托力(kN); f_2 为对于滚轮支撑的滑模,采用滚动摩擦系数,可取0.05;对于侧模支撑的滑模,采用滑动摩擦系数,取0.15~0.2(钢对钢); K 为安全系数,可取1.5。

2.3 滑模牵引设备的选用及固定与控制方式

2.3.1 滑模牵引设备的选用

滑模牵引设备选用2台10 t卷扬机,每台卷扬机附加1套动滑轮和1股直径为24.5 mm、长450 m的钢丝绳牵引滑模,2台10 t卷扬机及其配套设施产生的牵引力之和为: $T' = 10 \times 10 \times 2 \times 2 = 400 (\text{kN}) > T$,能够满足牵引要求。

2.3.2 卷扬机的安装固定及控制

卷扬机底座为钢结构,用配重混凝土预制块压于其上进行固定,配重为1.5 m×1.5 m×1 m的混凝土预制块(单块重5.4 t)。根据计算,每台卷扬机压重块为2块,每套滑模用4块。具体计算过程如下:

卷扬机拉动滑模,受滑模牵引力的反向作用力作用,其大小与牵引力相等、方向相反,对该力进行正交分解,得出压块最小总质量:

$$M = T \times G \cos \alpha \div 10 = 12.54 (\text{t})$$

即每块压块最小质量为3.14 t。预制混凝土块能够满足压重要求。

两台卷扬机采用电控箱控制。电控箱的功能必须能够同时操作两台卷扬机联动、单独动作、正反向运转。

滑模就位的同时进行卷扬机的吊装就位,用配重混凝土预制块压于其上进行固定。先将卷扬机牵引动滑轮与滑模前端的吊环连接起来。滑升机构安装调试完成后、在下放滑模到混凝土浇筑点之前,应进行一到二次短距离的试滑,检验系统有无问题并确定上下统一指挥的方式。

2.4 溜槽的制作

溜槽采用轻型、耐磨、光洁、高强度的材料制作,每节长2 m,“U”型结构,采用对接式连接,每节溜槽一端设挂钩,一端设挂环。溜槽上采用轻型材料作盖板,内壁进行光滑耐磨处理。溜槽内每隔10~15 m设置软挡板。

2.5 滑模的滑升

卷扬机控制电路布置在滑模上,由滑模上的施工人员操作,在坝顶卷扬机旁设专人负责设备运行,滑模滑升前,清除其前沿超浇的混凝土以减少滑升阻力。每浇筑一层(25~30 cm)混凝土,提升滑模一次,每次滑升的幅度控制在30 cm,滑模的滑升速度与浇筑强度、脱模时间相适应,将平均滑升速度控制在1~2 m/h,具体滑升速度通过工地现场试验确定;滑升间隔时间不超过30 min,最大滑升速度不超过2 m/h;滑模提升过快,脱模混凝土可能会出现流淌;过慢,混凝土表面可能会出现拉裂。滑模滑升时应做到平稳、均衡上升。

3 结语

滑模施工技术是建筑施工中比较特殊的一项施工技术,滑模施工具有机械化程度高、多工种协同工作和强制性连续作业的特点,设计一套安全可靠、滑模对大坝面板混凝土的浇筑具有重要意义,该施工工艺具有速度快、机械化程度高、能降低劳动强度、混凝土连续性好、表面光滑,能保证结构的整体性;材料消耗少,能节省大量的架子管及钢模板和一些周转材料,是一项可以广泛采用和推广的施工技术。

作者简介:

刘丽娟(1984-),女,四川成都人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术工作。 (责任编辑:李燕辉)