

# 溢流面滑模施工技术的应用

张文耀,梁晓玉

(中国水电第三工程局有限公司,西安 710068)

## The Application of Sliding Template of Bleeding Surface

ZHANG Wen-yao, LIANG Xiao-yu

(Sinohydro Engineering and Construction Bureau No. 3 Co.Ltd, Xi'an 710068, Shaanxi Province, China)

**ABSTRACT:** The technology of sliding template of bleeding surface are applied successfully more times in water conservancy engineering. It is the main characteristic of this technology that when materials and equipment procurement in the area of this project cannot meet the requirements, using guide chain, wire rope, existing materials, equipment and suspension link with steel, instead of electric hoist to solve the dynamic problems of sliding template traction slide successfully.

**KEY WORDS:** Bleeding Surface; Sliding Template; Tie Piece; Lacing Ring; Guide Chain

**摘要:**溢流面滑模施工技术在水利工程施工中成功应用的范例较多,本项目的主要特点是在项目所处地区材料及设备采购无法满足要求时,采用倒链、钢丝绳现有材料和设备,利用钢筋制作拉环,组合后代替电动卷扬机,较好的解决了滑模牵引滑动的动力问题。

**关键词:**溢流面、滑模、拉筋、拉筋环、导链

## 1 概述

阿尔及利亚罗斯法水坝工程位于该国西部富达河上,工程项目主要建筑包括粘土芯墙挡水坝、取水(导流)建筑物及溢洪道。

溢洪道位于大坝右岸。溢洪道包括溢流堰、消力池、过渡段、陡槽段及反弧段。溢流堰顶高程EL642.0 m,反弧段最低高程EL601.76 m。反弧段圆弧半径为12 m,过渡段与陡槽段通过半径40 m的圆弧相连接。消力池底板为扇形平面,其余底板为20

m宽的不变尺寸。过渡段底板角度4°,陡槽段底板角度35°。溢洪道纵剖面见图1。

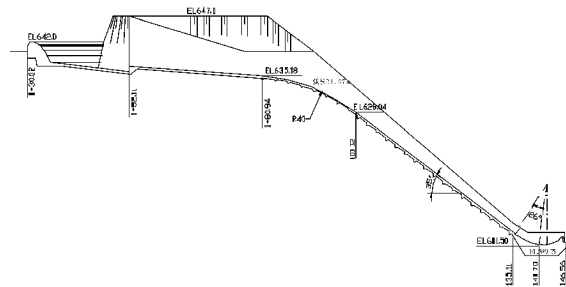


图1 溢洪道纵剖面图

为了保证溢洪道溢流面混凝土体形尺寸及表面质量的要求,通过对滑模浇筑和翻模浇筑两种施工方案中质量、工期和经济效益的比较结果,决定采用滑模方案进行溢流面的混凝土浇筑。溢流面分为左右两块,滑模施工范围为反弧段26°范围、陡槽段及过渡段上圆弧部分,滑模行程全长69.2 m,分两次滑行。第一次滑行47.55 m,包括反弧段及陡槽段部分,桩号0+101.12~0+140.70 m;第二次滑行21.65 m,即上圆弧部分,桩号0+80.94~0+101.12 m。

## 2 滑模结构

### 2.1 滑模

根据溢洪道的结构情况和溢流面的分缝分块,确定溢流面滑升模板为轻型梯形滑模。滑模结构按筒支梁受力进行计算。

滑升模板共分3节,中间一节长4.2 m,其他两各长3.0 m,模体断面为梯形断面。组装完成后滑模总长10.2 m、宽1 m、高0.36 m。模板上的两个牵引点分别距模板两端2.1 m,距模板底面为20 cm。滑升模板面板为5 mm厚钢板,经钢结构计算主梁采用两根[16槽钢,腹板采用10 mm钢板,间距50 cm。每节模体两端堵头板为15 mm厚钢板,每两节模板之间通过6根M20普通螺栓连接。根据有关钢结构设计规范要求进行校核算,滑模的刚度满足规范的有关要求<sup>[1]</sup>。滑模模体断面见图2。

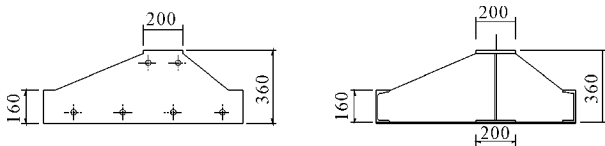


图2 滑模模体断面图(单位:mm)

## 2.2 滑模轨道

滑模轨道布置在分缝模板外侧,紧贴分缝模板。陡槽段(直段)模板轨道采用I10工字钢,上下圆弧段轨道采用直径25钢筋。工字钢(或钢筋)与混凝土表面平齐。轨道与滑升模板面板之间滑动受力。轨道用型钢焊接支撑,用直径25钢筋做锚筋,上部与支撑型钢焊接。型钢轨道支撑间距100 cm,钢筋轨道支撑间距60 cm,每隔3 m左右增加一道斜撑,保证在滑模拉行时轨道不发生下沉和侧斜<sup>[2]</sup>。

先浇块混凝土仓号两侧各布置一根轨道,分别在混凝土两侧分缝模板外侧;后浇块混凝土仓号靠墙侧布置一根轨道,另一侧借用已浇好的混凝土来支撑滑模。滑模后部用角铁焊接1 m宽支撑架,支撑架上铺5 cm厚木板,木板与支撑架绑扎牢固,作为抹面工人的操作平台。滑模布置图见图3。

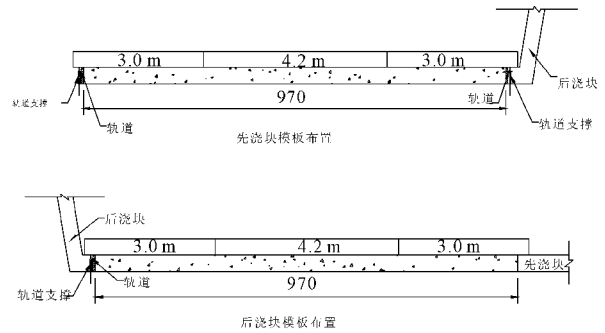


图3 滑模布置图

## 3 滑模牵引系统

### 3.1 溢洪道基础

溢洪道在0+85.0 m以下基本为强风化岩石基础,0+85.0 m以上为软岩基础,岩石等级为7级。因此无法在仓内分段设锚固筋,只有在圆弧段上游0+77.94 m断面处布置4个锚桩,左右各两个。锚桩内预埋25 mm拉筋,拉筋延伸到滑模开始滑动处,随着滑模的不断滑升,拆除多余的拉筋。

根据计算,拉筋采用直径25 mm的钢筋,预埋在锚桩内。拉筋从锚桩处延伸到滑模开始滑动处,在导链拉动模板滑升时将拉力传递到锚桩上。上圆弧部分的拉筋要注意竖向支撑加固,防止拉筋受力下压时致使局部钢筋网变形。在25 mm拉筋上每隔4 m焊一个U形拉筋环。拉筋环使用直径18 mm的光面钢筋,拉筋环的两头焊接在拉筋上。根据计算滑升模板的滑升采用两个5 t导链牵引,导链的主吊钩挂在拉筋环上,起吊钩通过钢丝绳与模板拉环连接,保证混凝土浇筑时不会污染导链的链条,不会影响导链的正常工作。两个3 t导链主吊钩错开挂在拉筋环上,起吊钩通过钢丝绳与模板拉环连接。4个导链同时使用,5 t导链作为牵引用,3 t导链作为滑模滑升过程中及导链替换时的安全措施<sup>[3]</sup>。锚桩及拉筋布置见图4。

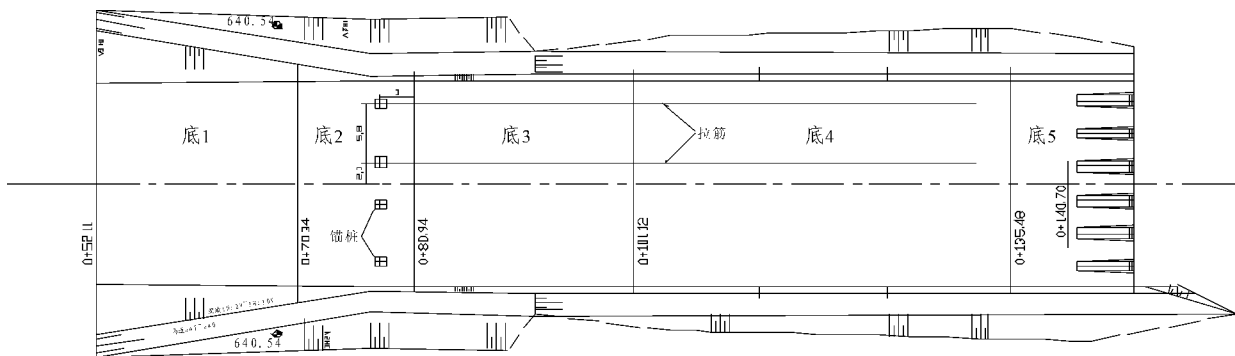


图4 拉模锚桩及拉筋平面布置图

### 3.2 牵引系统的计算说明

牵引系统的计算主要依照《水工建筑物滑动模板施工技术规范》中的荷载组合及规范推荐的牵引力计算公式,结合实际情况进行计算。规范推荐公式<sup>[1]</sup>如下:

$$T=[\tau A+G\sin\varphi+|G\cos\varphi-P|f_1+G\cos\varphi f_2]K(\text{kN})$$

式中, $A$ —模体与混凝土接触面积, $\text{m}^2$ ;

$T$ —模体与混凝土粘结力,钢模板取 $0.5 \text{ kN/m}^2$ ;

$\Phi$ —模体倾角,本项目为 $35^\circ$ ;

$G$ —模体系统自重,包括配重、施工荷载, $\text{kN}$ ;

$P$ —混凝土上托力,本项目取 $p=4 \text{ kN/m}^2$ ;

$f_1$ —模体与混凝土摩擦系数,根据实际取中值 $0.45$ ;

$f_2$ —滑块与轨道摩擦系数,根据实际取值 $0.3$ ;

$K$ —牵引力安全系数,根据实际取中值 $1.8$ 。

根据以上公式来计算滑模滑动时所需的拉力为 $74.27 \text{ kN}$ 。根据计算2个5 t导链即可满足模板滑动时的拉力要求。安全绳计算按模板静止考虑,同时考虑滑模面板与混凝土的反向摩擦力作为安全储备。由上述公式计算安全绳拉力最大为 $43.36 \text{ kN}$ (安全系数按 $1.8$ 计算),因此2个3 t导链即可满足模板静止时的拉力。导链与模板连接的钢丝绳采用直径 $20 \text{ mm}$ 钢丝绳。

### 3.3 锚桩计算

因为岩石裂隙及节理发育,等级较低,为五类岩石。因无试验资料,锚桩中单根锚杆抗拔力计算<sup>[4]</sup>参考如下计算公式:

$$F_t \leq \pi \times D \times L \times f$$

单根锚杆的截面面积 $A_s$ ( $\text{mm}^2$ )为:

$$A_s = F_t / f_t$$

式中, $F_t$ ——单根锚杆抗拔力;

$D$ ——锚杆孔直径, $\text{mm}$ ,不小于 $d+50 \text{ mm}$ ,实际孔径为 $56 \text{ mm}$ ;

$L$ ——锚杆有效锚固长度, $\text{mm}$ ,一般不小于 $800 \text{ mm}$ ;

$F$ ——根据水泥砂浆及岩石情况取 $f=0.1$ ;

$f_t$ ——锚杆抗拉强度设计值, $\text{MPa}$ 。

根据计算结果,锚桩计算时安全系数适当加大,每个锚桩内布置4根直径 $25 \text{ mm}$ 的锚筋,孔深 $300 \text{ cm}$ ,锚固长度按 $200 \text{ cm}$ 计算,锚筋与锚桩钢筋网连接。水平拉筋采用 $25 \text{ mm}$ 螺纹钢预埋,一端焊接两个弯钩,弯钩钩在垂直锚筋上。锚桩断面 $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 。

### 3.4 模板配重计算

模板配重计算公式<sup>[9]</sup>如下:

$$Q = \cos\varphi p A$$

根据以上公式计算 $Q$ 为 $32 \text{ kN}$ ,则配重量为 $Q$ -滑模自重 $18 \text{ kN}=24 \text{ kN}$ 。实际施工中配重量应适当加大。在滑模滑升过程中模板配重加到 $28 \text{ kN}$ 左右,即为平衡状态下的 $1.15$ 倍为宜。

### 3.5 牵引系统工作原理

滑模安装就位后通过 $5 \text{ m}$ 长钢丝绳与 $5 \text{ t}$ 导链相连接,导链起重链条放出 $80\%$ ,并挂在拉筋环上。两个导链均匀拉动滑模滑升,滑行时随时调整滑模两端的滑行速度,保证滑模平稳滑动。在拉动滑模时连接安全绳的 $3 \text{ t}$ 导链同时拉动,始终保持对滑模的相对固定作用。

拉完一个行程时用安全绳固定滑模,拆下 $5 \text{ t}$ 导链挂在下一个拉筋环上,同时放出起重链条准备下一个循环。此时拆下连接安全绳的另一组导链同样处理,导链行程内的拉筋割除。两组导链互相交替,不断循环直至完成整个仓号的混凝土浇筑。

## 4 滑模主要技术数据

滑模模体:长 $\times$ 宽 $\times$ 高= $10.2 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.36 \text{ m}$

滑模自重: $1.8 \text{ t}$

滑模配重: $2.4 \text{ t}$

滑模面板: $5 \text{ mm}$ 钢板

滑模滑行拉力: $2 \times 50 \text{ kN}$ ;

安全绳拉力: $2 \times 30 \text{ kN}$

拉筋:直径 $25 \text{ mm}$ 钢筋;

拉筋环:直径 $18 \text{ mm}$ 钢筋

## 5 施工实践

溢洪道溢流面左侧底板反弧段及陡槽段混凝土浇筑受降雨及气温下降的影响较大<sup>[6]</sup>。浇筑期间白天最高气温 $18 \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,晚间最低气温 $7 \sim 8 \text{ }^\circ\text{C}$ 。实测混凝土初凝时间约 $5 \text{ h}$ ,拉模滑行速度较低:平均滑行 $50 \text{ cm/h}$ 左右,最高滑行 $100 \text{ cm/h}$ 。混凝土浇筑过程中根据现场的具体情况随时调整滑行速度,保证混凝土的浇筑质量。

实践证明,溢流面采用滑模施工,表面光滑、没有错台麻面等常见混凝土缺陷,同时施工速度较快。陡槽段平均每天滑升 $12 \text{ m}$ ,最大日滑升 $15 \text{ m}$ 。

### 5.1 滑模就位准备

滑模运输到工地后现场组装,根据计算的配重

量加装砂袋配重。在现场并预留一些砂袋,根据实际情况需要时再加大配重,以保证混凝土面的成形质量。滑模工作前仔细检查拉筋及拉筋环质量,特别注意连接焊缝的质量。同时检查钢丝绳的完好性及导链的工作性能。

## 5.2 反弧段的浇筑

反弧段圆弧半径为12 m,反弧段浇筑段长5.4 m。开始浇筑时模体面板的1/3伸入待浇仓号之内,当混凝土浇筑宽度达到一个模体宽时开始拉动滑模,滑模每次滑行距离为15~25 cm,然后振捣器插入模板下面混凝土中振捣,此时模体前的混凝土必须高于模板面板10 cm左右,以保证振捣时利用混凝土的流动性使混凝土与模板密实接触。模板滑动时注意模体两端平衡前行。

## 5.3 陡槽段的浇筑

陡槽段全长42.2 m,模体倾角35°,设计底板混凝土厚度37.5 cm。此段坡度较陡,混凝土强度必须达到0.1~0.3 MPa时才能滑动模板。现场控制方法为每20 min滑动一次,每次滑行15~25 cm,坚持少滑多动(即滑动次数要多,每次滑行距离要短)的原则。每次滑行时密切观察模体后混凝土的情况,防止滑动过后的混凝土陷落变形。如发现此种情况立即停止滑动模板,及时处理,并延长模板滑动的时间间隔。

每次振捣完毕,模板滑行前人工铲平高出滑模面板部分的混凝土。保证模板滑行开始时模体前没有混凝土堆积,以免增大模体滑动的阻力和混凝土抬高模体。

## 5.4 上弧段的浇筑及其他部位的应用

上弧段圆弧半径40 m,弧长21.6 m,滑模宽度内矢高3.12 mm,使用滑模的理论误差为3.12 mm,满足混凝土施工精度的要求。上弧段模板滑行相对陡直段较为容易。随着模板的滑行,越到上部溢流面的倾角越来越小,模板滑动时要求的混凝土强度也越小,相应的也提高了模板的滑行速度。

开始浇筑时模体伸入待浇仓内不得超过模板宽度的1/2,分缝处抹面要注意质量,使分缝处过渡平滑。

## 5.5 滑模施工混凝土运输与入仓

混凝土的运输采用2台6 m<sup>3</sup>搅拌罐车,混凝土的入仓采用HB60型混凝土泵泵送入仓。拌合站出机口混凝土的坍落度控制在10~12 cm,满足混凝土泵送即可。正常滑升后混凝土从中间往两侧布料,每次布料长度50~100 cm。振捣时模板前混凝土料堆高于

滑模面板10 cm左右,振捣密实后人工铲除多余部分,然后滑升模板。模板滑升时严禁模板前有混凝土堆积,增大模板滑行阻力或可能抬高模板。模板停止滑升后,振捣器伸入模板下1/2范围内振捣,使混凝土振捣密实。

## 5.6 抹面

因为溢洪道溢流面为高速过水面,所以对表面质量要求较高。施工过程中配备专职抹面工人。滑模滑行过后混凝土表面及时人工抹平,满足溢流面表面的光洁度和平整度的要求,遇到混凝土陷落时及时处理。

## 6 滑模实践的问题思考

本项目因条件所限采用简易滑模方案。牵引系统因现有卷扬机拉力较小,当地采购环境较差。许多设备及材料需由国内采购,过程复杂且时间长。根据实际情况采用导链,劳动强度大,但采用导链时滑动过程易于控制。另一方面大直径钢丝绳采购困难,因此采用拉筋代替。

圆弧段轨道因加工条件限制无法使用工字钢,采用螺纹钢代替。螺纹钢对滑模面板有拉伤,施工过程要及时检查修复,以保证施工质量和安全。同时严格控制滑行速度。

模板配重的计算:因本次施工采用简易滑升模板,模板与轨道之间没有反向约束结构等。根据实践,按规范相关公式计算的配重量应再增加15%左右。

### 参考文献

- [1] 贾宗唐,冯丹宇,金诚和,等.水工建筑物滑动模板施工技术规范[S].北京 1992:7-16.
- [2] 江正荣.简明施工计算手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [3] 张超然.水利水电工程施工手册 第3卷 混凝土工程[M].北京:中国电力出版社,2002:358-387.
- [4] 张东刚,汪晓云,张玉生.张河湾蓄能电站下水库大坝表孔[J].电网与清洁能源,2009,25(5):68-70.
- [5] 邹龙生.小湾双曲拱坝2号导流底孔底板过流面施工[J].电网与清洁能源,2009,25(02):55-59.
- [6] 董少波,何超,李文良.拉西瓦水电站尾闸井滑模施工技术[J].电网与清洁能源,2008,24(6):68-70.

收稿日期:2010- -。

作者简介:

(编辑 李 沈)