

# 钢模台车在南水北调洪河渠道倒虹吸工程中的应用

王金英, 王华侨

(1. 中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066; 2. 中国水利水电第十三工程局有限公司, 天津 300384)

摘要: 洪河渠道倒虹吸工程成功应用了钢模台车工艺, 实现了混凝土浇筑成型好、速度快、效率高。从施工方案比选、台车结构、施工工艺、应用效果等方面进行了介绍, 为后续倒虹吸、暗渠工程施工提供了参考。

关键词: 南水北调; 倒虹吸; 钢模台车; 应用

中图分类号: TV52; [TV91]; TV53

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2013)02-0115-05

## 1 工程概况

洪河渠道倒虹吸工程是南水北调总干渠中线工程安阳段三座大型渠渠交叉控制性构筑物之一, 属于大型水工引水建筑物, 具有深基坑作业、仓面大及大体积混凝土施工作业等特点。本工程为非汛期施工, 设计枯水期为10月~次年5月。

洪河渠道倒虹吸水平投影长度为276 m, 由进口渐变段、进口检修闸、管身段、出口控制闸和出口渐变段组成。混凝土38 835 m<sup>3</sup>, 钢筋2 748 t。其中进口检修闸长13 m, 闸室共4孔, 分为2联, 1联2孔, 单孔净宽6.4 m, 总宽36.4 m。闸

室底板与闸墩为整体式浇筑; 倒虹吸管身段水平投影长度为149 m, 由2节进口管身段(坡比1:4)、5节水平管身段、3节出口管身段(坡比1:4.5)组成。管身结构为箱型钢筋混凝土结构, 共分两联, 一联两孔, 左右对称布置。单孔过水断面6.4 m×6.4 m(宽×高), 底板厚1.25 m, 顶板厚1.2 m, 外墙高8.85 m, 墙宽1~1.8 m, 单联宽度由16 m渐变至18 m, 分段长度最大为16 m; 节制闸室段长23 m, 闸室分为两联, 一联两孔, 单孔净宽6.4 m, 总宽36.4 m, 为开敞式钢筋混凝土结构。洪河渠道倒虹吸结构见图1。

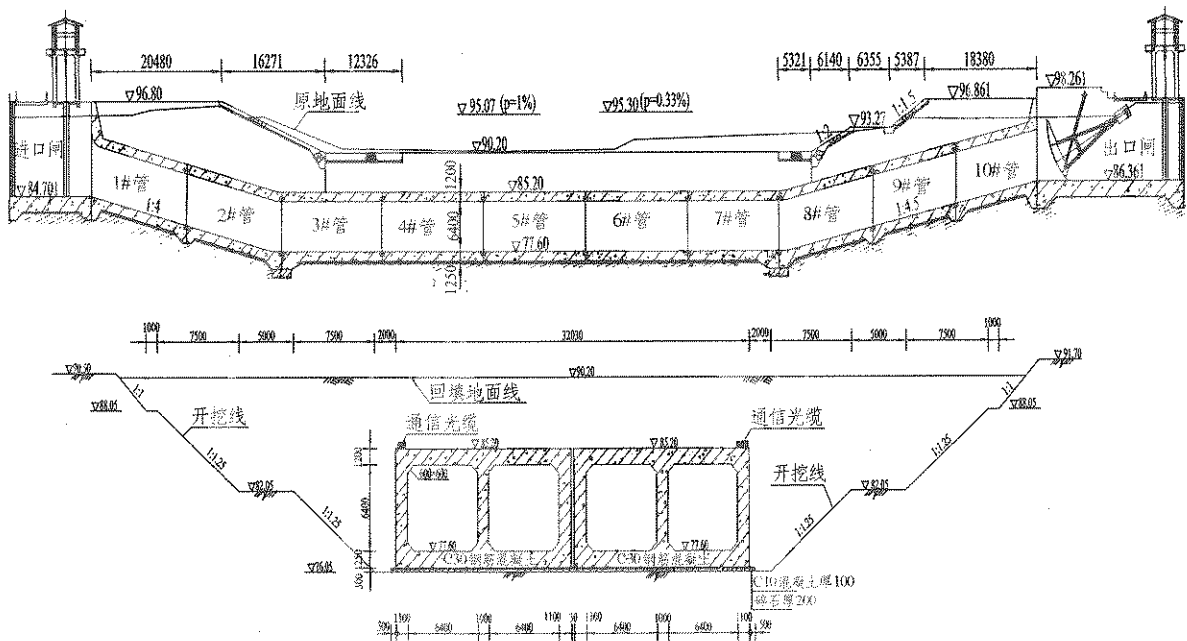


图1 洪河渠道倒虹吸结构图

## 2 管身段施工方案比选

收稿日期: 2012-11-17

方案1:按常规使用组合钢模板,内置满堂红支架。

优点:可以跳仓作业,二至三个作业面同时施工,充分利用人力资源。

缺点:脚手架钢管和模板投入大;顶板拆模难度大,安全系数低,循环周期长;模板拼缝多,混凝土外观质量不易保证;因加固需布置较密的对拉杆,外露拉杆孔多且难封堵,处理不好会造成引水工程防渗漏能力差;分期浇筑次数越多,水平施工缝越多,新老混凝土应力变化不一致,容易产生裂缝。

方案2:钢模台车。

优点:结构可靠,操作方便,混凝土成型面好,混凝土外观质量易保障;人员投入大大减少,节省人工费用;单节管身施工周期缩短,进度加快,减少人员和设备长期投入;改善员工工作环境,提高施工安全系数,相应安全投入减少。

缺点:一次性投入较大。

2005年我公司曾于南阳宛坪高速隧道工程中熟练应用过隧道衬砌台车内衬工作,熟悉其工作原理和作业性能,经综合考虑并根据本工程要求选择了方案二,由具备生产制造资质的模板厂家生产两架钢模台车应用于洪河渠道倒虹吸工程中。

### 3 钢模台车构造系统

#### 3.1 钢模台车工作原理

钢模台车由模板系统和支撑行走系统两部分组成。以管身设计分缝为准,台车模板的长度正好等于(或大于)1节管身的长度,模板安装在支撑系统上,支撑系统和行走系统组合在一起,模板的伸缩和支撑均为丝杠或千斤顶完成。在模板就位完成1节管身的混凝土浇筑后,根据模板拆除强度的要求确定脱模时间,将全部模板脱离混凝土面后再将台车拉至新的浇筑位置就位进行下一位置的混凝土浇筑。

#### 3.2 钢模台车构造

钢模台车尺寸为16 m(长)×5.2 m(高)6.9 m(宽),重量为46.8 t(单架);钢模台车主要由模板组、行走机构、台车架、撑杆系统及一些辅助设施构成。

##### 3.2.1 模板组

每架台车模板组分为内墙墙体、上腋角及顶

板模板、外墙模板和端模三个部分。

(1)内墙模板纵向分为8节,每节长2 m,面板钢板厚6 mm,框板为6.3 mm×6 mm角钢,横肋为8×8 mm角钢,竖肋为10#工字钢,支撑背楞为10#槽钢。

顶板模板面板厚6 mm,框板为6.3 mm×6 mm角钢,横肋为80 mm×42 mm×6 mm矩形钢,竖肋为10#工字钢,支架背楞为10#槽钢。

(2)内侧墙身模板及上腋角下半部分为一整体,顶板及上腋角上半部分为一整体,二者用65 cm(长)×10 cm(宽)×2.5 cm(厚)钢板通过螺栓和竖肋10#工字钢连接为整体板。

(3)外侧墙身模板(大型钢模板为3.85 m×2.55 m)面板厚6 mm,框板为6.3 mm×6 mm角钢,横肋为8 mm×8 mm角钢,竖肋为10#工字钢,支架背楞为10#槽钢。

(4)内墙墙体及顶板模板均采用相对应丝杠系统固定支撑,外侧墙身模板依据支撑桁架加固。外侧墙身侧模(大型钢模板为3.85 m×2.55 m)与钢模台车内模选用一种适宜的对拉拉杆( $\varphi 20$ 通扣螺栓),共分三节组成,中间部分为锥体双向丝杠,长度与墙体厚度相同;内外侧拉丝均穿入丝杠内,两头长度为40 cm,用锥体螺母连接并起到内部固定墙模的作用;外侧与模板固定均采用方板支垫和山字母固定在支架背肋上,形成整体对拉连接。浇筑混凝土达到拆模强度后,按照上述顺序的反顺序拆模,锥体螺母拆除后在混凝土墙体上留下的孔洞采用微膨胀砂浆填补。拆模后锥体螺母和两头螺栓重复利用,止水效果比普通拉条好,费用与普通拉条相当。

##### 3.2.2 行走机构

每架台车行走机构均设置了带有自锁装置的车轮8个,并由卷扬机牵引整车行走,行走控制速度均匀缓慢。行走轨道采用14#工字钢,按照设计位置铺设在已浇筑管节底板混凝土面上,采用预埋钢板和螺栓固定。轨道间距为2.2 m,安装误差控制在2 mm范围内。

##### 3.2.3 台车架

每架台车架主要由门架上下横梁、门架立柱、上下纵梁、门架斜撑组成,各部分通过螺栓连接组合成台车架总体,各横梁及立柱之间通过连接梁和斜拉杆连接。可以分解为10个门架,各个门架

均螺接在下纵梁上,每侧下纵梁底面装有4个支承千斤,内置行走轮。轨道与下纵梁间配备了10组液压千斤顶。混凝土浇筑时,混凝土荷载通过顶板底模传递至门架上,并分别通过基础千斤、行走轮和液压千斤顶传递到轨道——底板。门架为台车的主要承重支构体,均采用20#B槽钢。同时,为了保证整个门架的强度、刚度和稳定性,在立柱与上横梁、相邻门架之间增加了门架斜撑,采用12#槽钢,这样做既能保证立柱的压杆稳定性,又能在侧向压力之下使门架有足够的刚度。门架斜撑采用单、双斜撑、X型斜撑三种形式。

### 3.2.4 撑杆系统

钢模台车撑杆系统采用丝杠支撑系统,由锚栓连接在模板组和门架之间。台车门架立柱左右撑杆系统设置4组,每组10支丝杠( $\phi 55$ );台车架上部撑杆系统设置2组,每组10支丝杠,等距布置在上横梁上。整个台车架和模板组通过其联接成为一个刚性受力整体。钢筋台车端面见图2。

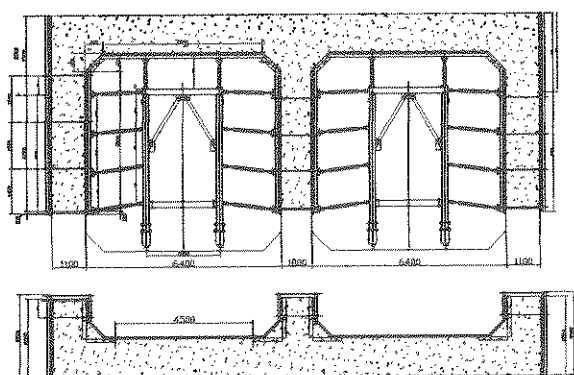


图2 钢筋台车端面示意图

## 4 洪河渠道倒虹吸工程分部施工顺序

总施工顺序:管身段(一期)工程→节制控制闸→管身段(二期)工程→进口检修闸。

管身段(一期)施工顺序:6号管→7→8→9→10号管;先右联,再左联。

管身段(二期)施工顺序:5号管→4→3→2→1号管;先右联,再左联。

## 5 管身段施工工艺流程

管身段采用先底板、后墙顶一次浇筑的顺序进行施工。为满足施工进度安排及本工程本身的特点,每孔各配置了一部钢模台车,一联两孔同时对称施工。

管身段混凝土分两次浇筑,第一次底板浇筑至腋角上30 cm处,第二次浇筑墙身和顶板混凝土。

工艺流程:底板(腋角上30 cm处)施工→轨道安装→台车校正、清理、刷油→钢模台车就位、校模→端模安装、补缝→紫铜片止水带和橡胶止水带安装→混凝土浇筑→外模拆除→顶板混凝土强度达75%后台车拆除、移动→下一工作面循环。管身段浇筑次序见图3。

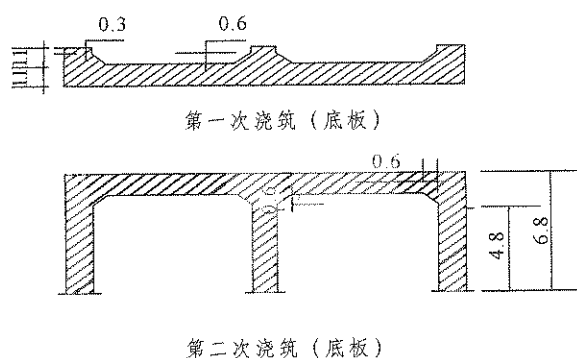


图3 管身段浇筑次序图

### 5.1 底板施工

底板基础面处理、钢筋制安、模板支护、伸缩缝与止水安装工序检验合格后实施混凝土浇筑,铺料方向沿水流方向从一侧向另一侧进行,采用人工平仓。混凝土采用台阶法浇筑,台阶高度控制在30 cm左右,混凝土振捣采用ZN50和ZN70型插入式振捣器。底板台阶法混凝土浇筑情况见图4。

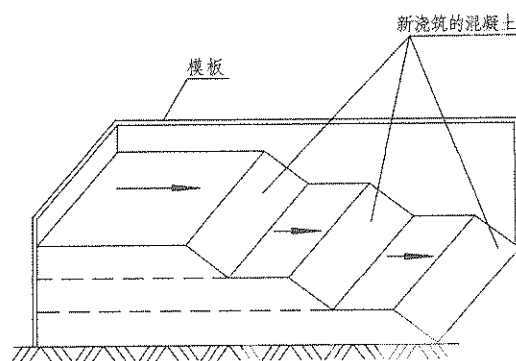


图4 底板台阶法混凝土浇筑示意图

底板上部按设计标高设置钢筋轨道,在浇筑后、初凝前,机具采用振动梁配合滚杠振实整平,施工顺序采用架立倒退式。收光时采用机械磨光机配合人工,使其表面密实并加强养护。

## 5.2 钢模台车就位及端模安装

### 5.2.1 轨道设置

待底板混凝土强度达到30%后,将轨道板铺设在底板混凝土面上,采用螺栓固定在底板预埋钢板上。轨道基准面画线定位,轨道直线偏差不得大于5 mm/10 m。

### 5.2.2 钢模台车的校正与清理、刷油。

(1)钢模台车就位前必须进行模板的校正。

钢模台车初次使用时需进行校正,内墙墙体、顶板底模面板均为一整体平面。检测项目及质量标准如下:

模板平整度(相邻两板面高差): $\leq 2$  mm;

局部不平(2 m直尺检查): $\leq 2$  mm;

板面缝隙(游标塞尺检查): $\leq 1$  mm。

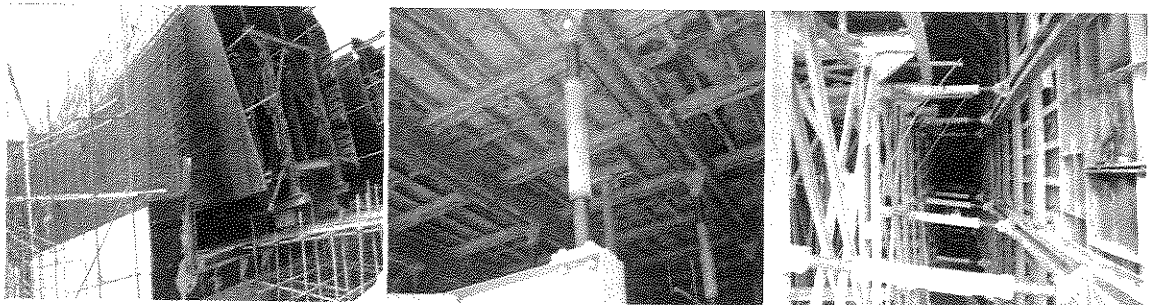
上述项目检验合格后投入使用。在以后使用过程中,每浇筑三仓,墙身模板检验校正一次;顶板面板为平台,各检测项目均容易检验,每仓浇筑前均进行检验校正。钢模台车脱模后,对混凝土外观进行检查,若发现平整度不合格时,还要追踪相对应模板位置进行校正。

(2)钢模台车就位前必须进行模板清理、刷油。

为使模板清理及刷油操作方便,绑扎钢筋时在管身结合部位留出1 m左右暂不绑扎,主筋先固定在已绑扎的钢筋上,待模板就位后恢复。脱模后,台车先往前移动1 m,施工人员沿所留1 m空间下游侧钢筋上按间距2 m环向而站,进行钢模板的清理,同时将脱模剂装入小胶皮桶中,人工手持滚动毛刷将脱模剂均匀涂刷在台车面板上。清理前在该处底板上铺设塑料布以收集渣料和滴下的脱模剂。清刷完1 m后台车再往前移动1 m,如此周而复始清理和刷油,直至钢模全部清理干净、刷完脱模油,钢模台车方可就位。

### 5.2.3 钢模台车的就位、校模。

钢模台车由卷扬机牵引顺轨道至待浇仓位,用手动葫芦将模板微调至与管身中心线对齐,然后起升液压千斤顶使顶模到位,并用垂直螺旋丝杠调平至设计标高;同时,侧模用水平螺旋丝杠调整到位,侧模底端与底板腋角处墙身紧贴。钢模台车就位、校模情况见图5。



(1)钢模台车就位

(2)垂直螺旋丝杠

(3)水平螺旋丝杠

图5 钢模台车就位、校模示意图

施工前需测量放点,作为台车起升、张开控制点。钢模台车就位后,采用全站仪控制线位、水准仪控制高程、垂球法上、下吊线校正模板平整度及立面垂直度。安装好钢模后,检查钢模台车周边与已浇筑混凝土的搭接处是否吻合,并用木楔将模板撑紧,使钢模台车周边与已浇筑混凝土搭接严密,避免漏浆和出现错台现象。

检测项目及质量标准如下:

结构物边线与设计边线:内模0~+10 mm;  
外模-10~-0 mm;

结构物水平断面内部尺寸: $\pm 20$  mm;

承重模板标高:0~+5 mm;

立面垂直度: $\leq 6$  mm。

### 5.2.4 端模安装

管身段伸缩缝位置处两端模板由于需要安设止水带,因此而选用定型钢模板以加强周转。端部模板采用角模与墙体模板连接,用槽钢作竖围,单向拉杆固定,拉杆端部与墙体钢筋焊接连接(拉杆处理方式同墙身模板拉杆处理方式)。为防止漏浆而产生质量问题,堵头模板应拼接严密。

鉴于钢模台车模板间的交接部位一般存在缝隙,对此缝隙采用原子灰抹灰处理。

### 5.2.5 墙身、顶板混凝土浇筑

施工缝处理、钢筋制安、模板支护、伸缩缝与

止水安装工序检验合格后实施混凝土浇筑。

混凝土拌和后,直接通过拌和站下的水平皮带机传送至待浇筑仓面上方龙门吊皮带机上,再由龙门吊下设的可移动串筒垂直运输至浇筑部位,人工平仓振捣。

侧墙浇筑时,施工缝处首先均匀铺设2~3 cm厚等级砂浆(标号等同混凝土强度标准),混凝土浇筑采用平铺法,将每层浇筑厚度控制在50 cm,将混凝土上升速度控制在2 m/h,防止模板变形和拉条崩断。人工可下至仓内用ZN50和ZN70型插入式振捣器振捣。浇筑过程中由专人做好模板维护,防止模板变形、位移。洪河渠道倒虹吸管身、顶板浇筑分层情况见图6。

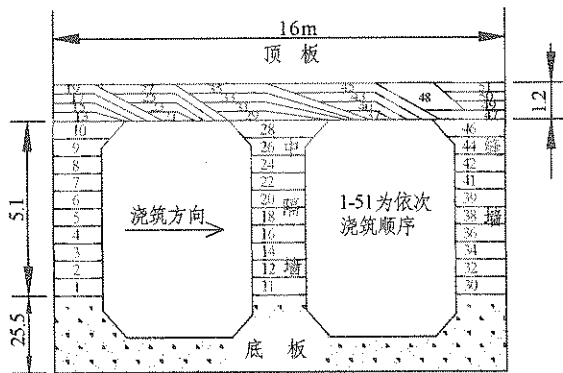


图6 渠道倒虹吸管身、顶板浇筑分层示意图

顶板混凝土浇筑方向从边墙向缝墙方向分层分阶梯进行,分层厚度30 cm,平仓采用人工分仓。混凝土浇筑保持连续性,初凝前按设计标高用振动梁配合滚杠振实整平,人工配合压光并加强养护。

#### 5.2.6 钢模台车的拆除与移动

墙体混凝土强度达到2.5 MPa时(夏季一般需1 d,冬季一般需2 d),其表面和棱角不因拆除模板而受破坏时开始拆除侧模,通过调整水平螺旋丝杠使外模脱离混凝土面。顶板底模在混凝土强度大于设计强度75%时(夏季一般需3~5 d,冬季一般需5~7 d)拆除,通过调节竖直螺旋丝杠回收模板,由卷扬机牵引顺轨道移至下一浇筑仓面。

#### 6 施工过程中的工艺改进

钢模台车在前期使用过程中发现有不理想的地方。如一、二期施工缝处有少许错台;模板个别拉筋孔处有凸肚现象。对此,项目部及时组织技

术人员、作业队人员分析原因进行改进:一是通过在内模围檩处加密横、纵向槽钢,使整个内模整体性加强,并在一、二期施工缝处加设一道对拉筋;底板浇筑后内模暂不拆除,继续与台车侧模拼接使用,这样实施底板腋角以上30 cm处既是施工缝,又是模板缝;二是调整了内模丝杠和对拉筋位置,使其均衡受力,将来自混凝土侧压力的变形影响减少到最小。

#### 7 钢模台车的延伸使用

在后续节制闸室段、进口控制闸施工中继续发挥钢模台车的优势,稍加改进配合大型钢模(3.85 m×2.55 m)和定型圆形钢模相组合拼装继续使用,既搭设了施工平台方便了钢筋、模板工序和闸室上部结构交通桥、检修桥的浇筑,又保障了混凝土外观质量,加快了工程进度。

#### 8 使用效果

(1)安全方面:操作简便安全,提高了施工安全系数,改善了工作环境,工程安全情况良好,无安全事故发生。

(2)质量方面:洪河渠道倒虹吸工程混凝土外观质量良好,无蜂窝、麻面现象,未发现裂缝,垂直度、平整度均符合规范要求,已验收混凝土外观均达到优良标准。

(3)进度方面:两架钢模台车的投入,极大地提高了工作效率,有效地避开了常规模板施工方法带来的工序冲突,大大加快了工程进度。

管身段(二期)工程和进口检修闸主体工程于2008年6月12日全部浇筑完毕,洪河河道立即全面恢复。2008年6月18日河床高程已达设计高程90.2 m,围堰高程达94 m,在6月30日汛期来临前提前满足了十年一遇的设计防洪要求。2008年6月25日、6月29日安阳突降特大暴雨,洪河利用已恢复河道行洪顺利。现洪河渠道倒虹吸工程已安然度过数个汛期,有效保障了“安全度汛目标”的实现。

#### 9 结语

两架大型钢模台车的投入应用,较常规施工方法节省时间30%,减少操作工人80人左右,减少了人员、设备投入;钢模台车设计为整体模板式,接缝严密,解决了组合模板拼装容易出现错台的问题,且混凝土成型好、快速、高效,大大提高了

(下转第124页)

终端单元)为核心的自动控制系统提出了更高的要求,针对系统的可靠性与兼容性有了更多且具体的理念,要求其具有更强大的处理数据和存储数据的能力,有更强的自适应能力,有更为精确的数据运算、处理能力,以适应大型水利灌区向网络化、一体化、高精度的发展需求。可实现向下、向上的多方兼容。LP-2系列安全RTU控制器正在向这些方向发展。

#### 4 结 语

(1)该系统于2005年12月投入运行后,使都江堰人民渠二处灌区水资源得到了充分、合理地利用。

(2)该系统的建设和投用,在很大程度上减轻了都江堰人民渠二处灌区管理所工作人员的劳动强度,免去了昼夜巡水的麻烦,提高了灌区管理的科技含量,为灌区的科学调度和优化配水提供了可靠的依据,同时增强了灌区管理人员利用电

子技术和信息技术、提高工作效率的科技意识。

(3)具有自主知识产权的RTU(远程终端单元)、I/O模块及编程软件成功的运用,为分散控制、集中管理提供了有效的解决方案。

#### 参考文献:

- [1] 项晓春,刘广魁. SCADA系统及其应用[J]. 自动化技术与应用, 2000, 19(6): 19-22.
- [2] 马建明. 数据采集与处理技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2005.
- [3] 基于Modbus协议的工业自动化网络规范. GB/Z 19582-2004[S].

#### 作者简介:

邓云香(1965-),女,四川宜宾人,副站长,工程师,从事水利工程技术与管理工作的;

夏学涛(1965-),男,广西南宁人,高级工程师,学士,从事自动化系统技术与研究工作;

陈 镛(1984-),男,四川蒲江人,助理工程师,学士,从事自动化系统技术与研究工作.

(责任编辑:李燕辉)

(上接第119页)

混凝土内在和外观质量;对拉螺栓使用量较散装模板拼接施工减少了1/3,提高了有压引水建筑物的防渗漏能力,消除了对拉螺栓多带来的负面影响并节约了钢材。虽前期投入较大但经综合计算,还是为工程节约了大量成本。

钢模台车在洪河渠道倒虹吸施工中的成功应用,做到了安全度汛与工程建设双双兼顾,在保证工程质量、进度的同时确保了工程安全,适宜在后

续倒虹吸、暗渠工程中推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 康世荣,陈东山. 水利水电施工组织设计手册(2)施工技术[M]. 北京:水利电力出版社,1990.

#### 作者简介:

王金英(1968-),女,山东汶上人,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

王华桥(1981-),男,山东汶上人,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)

(上接第121页)

样,每块模板安装时顶部可按向仓内预倾1cm进行控制。

#### 4 结 语

亭子口水电站大坝37#、38#坝段碾压混凝土于2012年10月28日开始浇筑,前两次因设计廊道限制每次浇筑6m,高程403~427m连续浇筑,历时22d连续浇筑24m,所有模板实现了连续交替上升。每层模板翻转安排3台12t汽车吊

共3个作业面,模板翻升对仓面施工未产生影响。翻转模板优化设计对连续浇筑上升起到了重要的作用。

#### 作者简介:

邹 俊(1965-),女,江西萍乡人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术工作;

王彦虎(1974-),男,宁夏西吉人,副总工程师,高级工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

### 普西桥水电站溢洪道开始浇筑混凝土

3月26日,中国水利水电第十四工程局有限公司承建的云南墨江普西桥水电站工程开始浇筑溢洪道引渠段左导墙首仓混凝土,揭开了溢洪道工程混凝土施工的序幕。为保证溢洪道引渠段混凝土施工质量,该项目部严格按照施工图纸、技术要求及相关规定作业,实行定人、定点、定岗施工,明确各自的相应责任,并接受全方位、全过程的监督。整个施工作业过程,贯穿工前交底、工中检查、工后验收的“一条龙”操作管理,切实保证了标准化作业。