

# 整体移动式满堂脚手架施工技术 in 长河坝水电站 省道 S211 复建公路 II 标紧急停车带施工中的应用

吴健, 刘春花

(中国水利水电第七工程局有限公司 二分局, 四川 成都 611730)

摘要:介绍了整体移动式满堂脚手架施工方案的优点及其结构组成,阐述了整体移动式满堂脚手架的施工工艺、施工注意事项及应用效果,可供今后类似工程借鉴。

关键词:紧急停车带;整体移动式满堂脚手架;施工工艺;施工注意事项;应用效果;长河坝水电站

中图分类号:

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2013)06-0115-03

## 1 工程概况

长河坝水电站位于四川省甘孜藏族自治州康定县境内,为大渡河流域梯级开发的第10级电站,工程区地处大渡河上游金汤河口以下约4~7 km河段。长河坝水电站枢纽建筑物由拦河大坝、泄水系统、引水发电系统组成,总装机容量2 600 MW,主要建筑物为一等大(1)工程。

省道 S211 复建公路 II 标位于长河坝水电站省道 S211 复建公路长河坝隧道内,起止桩号为 K15+880 至 K17+938,全长 2 058 m,暗洞布置,其中包括:9 m 标准断面隧洞 1 908 m(断面净宽 9 m,断面建筑净高 7.356 m);3 个紧急停车带 150 m(断面净宽 12.5 m,断面建筑净高 8.326 m),单

个紧急停车带长 50 m,桩号分别为 K16+150~K16+100、K16+700~K16+650、K17+250~K17+200;3 个紧急回车道 162 m(断面宽 4.5 m,断面建筑净高 5.614 m),单个回车道长度为 54 m,回车道设置在每个紧急停车带处,隧道紧急停车带平面布置情况见图 1,横断面见图 2。紧急停车带每 10 m 设施工缝,每条紧急停车带分 5 段浇筑(图 1)。横断面矮边墙设水平施工缝,矮边墙高 1.15 m,矮边墙采用普通组合钢模板进行混凝土浇筑(图 2)。根据工程进度要求,需要在 45 d 内同时完成 3 条紧急停车带二衬混凝土施工,以满足省道 S211 复建公路通车要求。

## 2 方案选择



图1 隧道紧急停车带平面图

为确保省道 S211 复建公路 II 标 3 个紧急停车带二衬混凝土施工质量及工期要求,专门拟定了以下 3 种施工方案。

(1)方案 1,采用钢模台车。该方案在隧道工

程施工中有一套成熟的施工经验,混凝土外观质量容易得到保证,施工方便,节省人工费;但是,钢模台车本身制作费用高。根据工期要求,每个紧急停车带需投入 1 台钢模台车,共需要投入 3 套钢模台车,按每套钢模台车 45 万元计,总投资

收稿日期:20013-07-19

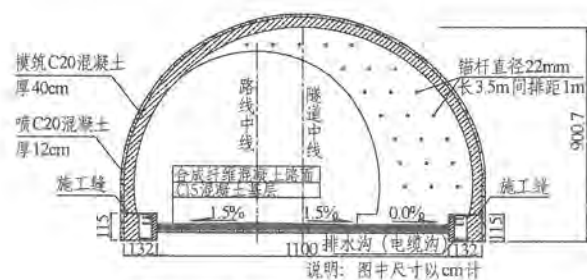


图 2 隧道紧急停车带横断面图

135 万元。

(2)方案 2,采用传统满堂脚手架。满堂脚手架是一种非常成熟的施工技术,主要采用普通脚手架作支撑,普通钢模板拼装面板,既能保证施工质量,也经济适用;但脚手架转移需要拆除重新搭设,费时费工。为满足工期要求,每个紧急停车带需要投入 3 套(按施工缝设置 10 m 为一套)脚手架及钢模板,共需投入 9 套;按市场租赁价格及脚手架拆除、搭设人工费,总投资约 50 万元。

(3)方案 3,采用整体移动式满堂脚手架。该方案结合钢模台车设计理念在传统满堂脚手架基础上进行优化设计,使其能够整体移动,可缩短脚手架周转循环时间,提高脚手架的利用率,从而大大减少脚手架、钢模板的投入,同时节省大量脚手架拆除重新搭设所需人工费的投入。根据工期要求,每个紧急停车带需投入 1 套整体移动式满堂脚手架,共需要投入 3 套,每套整体移动式满堂脚手架底部行走机构购置费、脚手架、钢模板等市场租赁价格及整体移动式满堂脚手架制作人工费投入约 4 万元,总投资约 12 万元。

经过对以上 3 种施工方案进行分析比较,认为方案 3 结构简单,操作方便,施工容易掌握,同时能够满足施工质量及工期要求,尤其是整体移动式满堂脚手架制作成本低,与方案 1 比较节约投资 123 万元,与方案 2 比较节约投资 38 万元。经比选,最终选择方案 3 用于省道 S211 复建公路 II 标 3 个紧急停车带二衬混凝土施工。

### 3 整体移动式满堂脚手架的结构设计

整体移动式满堂脚手架由底部行走机构、脚手架端部丝杆调节部分、模板(含纵、横向围檩)等组成,其结构组成见图 3。

(1)底部行走机构。底部采用左右各 4 套 1 × 1.5 kW 电机及变速行走装置,首先在底部行走机构中部支撑座顶部纵向并排安装 2 根长 10 m

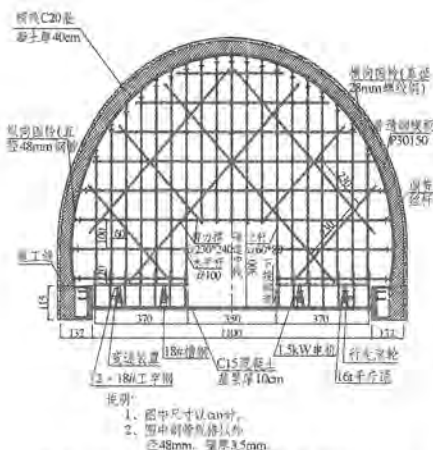


图 3 整体移动式满堂脚手架设计图

的 18#工字钢,工字钢与支撑座采用螺栓固定,然后在 18#工字钢顶部横向安装长度为 3.7 m 的 8#槽钢,凹槽向上布置,间距 80 cm,槽钢与工字钢之间焊接牢固,形成一个矩形框架,行走装置底部滚轮分别放置在 4 根 16#槽钢(槽钢外宽 16 cm、长 10 m)内纵向行走,整体式满堂脚手架移动时由左右两侧共 8 台 1.5 kW 电机驱动,结构设计情况见图 4(图 4 为隧道半侧底部行走机构平面设计,左右两侧对称布置)。

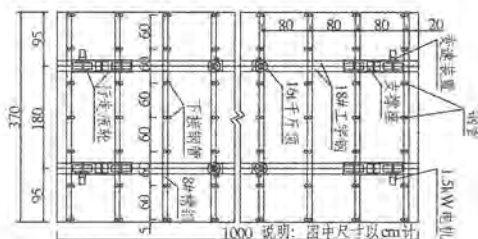


图 4 底部行走机构平面设计图

(2)满堂脚手架。采用普通无缝钢管搭设,钢管末端安装可调整丝杆,用以调节、固定模板。满堂脚手架立杆架立在底部行走机构顶部安装的 8#槽钢内,钢管底部与槽钢底部点焊在一起,使底部行走机构与满堂脚手架形成一个整体。本工程钢管规格为外径 48 mm、壁厚 3.5 mm,可调节丝杆长 50 cm,直径 32 mm,满堂脚手架立杆间排距为 60 cm × 80 cm,水平杆步距 100 cm,第一排水平杆距离 8#槽钢底部 20 cm;纵横向连续设置 45°剪力撑,横向间距 230 cm × 230 cm,纵向间距为 240 cm。

(3)模板。模板采用 P30150、P10150 普通钢模板。模板横向水平围檩采用直径 28 mm 的 II 级螺纹钢筋按设计圆弧加工成型,纵向围檩采用

外径48 mm、壁厚3.5 mm的无缝钢管,将钢模板与纵横向围柙加固成一个整体,使其可以整体升降。

#### 4 施工工艺

(1)整体移动式满堂脚手架制作。首先,按照设计图进行底部行走机构的制作安装;其次,由测量放出隧道中线位置,对制作完成的底部行走机构按设计位置定位;最后进行满堂脚手架的搭设。

(2)模板安装。整体移动式满堂脚手架制作完成后,由测量人员测量放样,通过调节隧道左右两侧底部行走机构工字钢底部8个16 t千斤顶,使脚手架同时向上顶升20 cm左右,模板及纵横向围柙就位后通过调节架管末端丝杆调整模板位置及高程。

(3)满堂脚手架加固。待模板工序验收合格后,对预留通道两侧采用1.2 m长的钢管对脚手架立杆竖向延伸到地面,同时对隧道中心预留通道(宽3.5 m,高3 m)采用4 m长钢管竖向延伸到地面,并增设两道水平杆与左右两侧水平杆相连,荷载能直接传递到地面,待完成脚手架下的加固后进行混凝土浇筑作业。

(4)脱模。混凝土强度达到要求后,松架管末端调节丝杆,使模板与混凝土分离,分离高度为15 cm左右。

(5)满堂脚手架的整体移动。模板脱离混凝土表面后,首先拆除所有下接钢管;其次,同时调节隧道左右两侧底部行走机构工字钢底部8个16 t千斤顶,使满堂脚手架同时向下下降20 cm左右,使底部行走机构滚轮下落至地面16#槽钢内;最后,操作行走机构电机开关,将脚手架整体移动至下一混凝土施工段内,进入模板顶升工序后依次循环作业。

#### 5 施工注意事项

(1)使用千斤顶对脚手架进行整体升降时,8台千斤顶位置必须按设计要求位置安装,操作时必须同时升降脚手架,确保在脚手架升降过程中不发生变形。

(2)底部行走机构滚轮底部的16#槽钢位置必须准确,最好通过测量放线对槽钢位置定位,并在槽钢两侧打膨胀螺栓对其固定,确保脚手架整体移动时不发生偏移。

(3)对脚手架进行整体移动时,8台1.5 kW的牵引电机必须联接到一个操控开关,确保电机同步运行,用以提供稳定、有效的牵引力。

(4)进行混凝土浇筑作业前,必须将满堂脚手架立杆全部下接至地面,所有连接扣件必须拧紧,确保荷载能有效向下传递至地面,保证脚手架整体受力。

(5)进行混凝土浇筑作业时,左右两侧混凝土必须同步上升,高差不超过0.5 m,混凝土浇筑上升速度不超过1 m/h,确保脚手架左右对称受力,保证脚手架的整体性。

#### 6 应用效果

长河坝水电站省道S211复建公路Ⅱ标3个紧急停车带共投入3套整体移动式满堂脚手架浇筑二衬混凝土,模板及脚手架充分利用当地租赁市场短期租用,提前2 d完成了节点目标,且混凝土外观质量经检测均满足规范要求。经统计,整体式移动脚手架制作仅用11 d时间完成,紧急停车带第一段混凝土施工共计19 d,第二段至第五段混凝土施工平均为6 d一段。

综上所述,整体移动式满堂脚手架与传统满堂脚手架相比,两者结构均简单,材料通用性强,成本低廉,但是,整体移动式满堂脚手架转移时不需要重新拆除、搭设,仅增加了底部行走机构,该部分成本远低于重新拆除、搭设脚手架增加的人工费用,并且还大幅度缩短了工期,同时也降低了钢管、扣件、丝杆等材料的周转运输费用;整体移动式满堂脚手架与钢模台车相比使用的钢管、钢模板等均为通用性材料,可以采用自有及租赁形式,从而大大减少了工程的一次性投入,缓解了项目生产资金压力,使质量、工期均处于受控状态。

#### 7 结语

笔者以长河坝水电站省道S211复建公路Ⅱ标3个紧急停车带施工实例介绍了整体移动式满堂脚手架施工方案的优点及其结构组成,阐述了整体移动式满堂脚手架的施工工艺、施工注意事项及应用效果。

实践证明:采用整体移动式满堂脚手架,其使用材料通用性强,结构简单,操作方便,大大降低了劳动强度,提高了生产效率,大幅度节约了施工成本,并且能保证施工质量及工期要求。

(下转第121页)

(6) 在机组空转运行的同时,监测了机组下导瓦温。在确认下导瓦隙没有松动的前提下,观察到虽然下导摆度测值随机组运行时间增加而缓慢增长,但下导瓦温并无异常。

经过上述排查,初步确定造成此异常摆度的原因并非是由于机组运转轴线发生变化所致,故将问题集中到机组下导轴承油盆处。

#### 4 成功消除机组异常摆度的措施

经过前后三次进场及多次试验,排除了多方面的因素,笔者提出引起此异常现象产生的原因:下导油盆盖羊毛毡密封垫与转轴摩擦导致其受热不均而发生热膨胀所致,而机组实际的运行轴线并没有发生变化。这也能较好地解释下导摆度测值缓慢增长而下导瓦温并无异常这一矛盾现象。

据此,笔者提出了先拆除羊毛毡密封垫并检查瓦隙有无松动再开机试验的处理意见。经过协商,业主和安装单位接受了这一建议,拆除了两台机组下导油盆处的羊毛毡密封垫并重新调整了瓦隙。两台机组重新开机至空转工况,1、2 号机组下导摆度测值分别约为 304 μm 和 248.7 μm。两台机组运行 2 h 后,其下导摆度测值无明显变化。

最后,分别对两台机组进行了平衡处理,基本

整体移动式满堂脚手架在长河坝水电站省道 S211 复建公路 II 标 3 个紧急停车带二衬混凝土施工中的成功应用,表明其在类似工程施工项目工程量小、工期短、后续无类似工程使用的情况下非常值得推广应用。

(上接第 119 页)

化设计,通过对高频发生器电路中磁性材料参数对电源性能影响关系的明确,从而使设计中磁路的参数与其它器件的参数离散值能够在误差范围内进行匹配,进而实现了对无极灯电源中磁路参数进行优化的目的。

### 我国可再生能源发电量占全国总发电量 20%

2013 年 8 月 26 日召开的第十二届全国人大常委会第四次会议听取了全国人大常委会执法检查组关于检查《中华人民共和国可再生能源法》实施情况的报告。报告透露,截至 2012 年底,我国可再生能源发电装机规模占总发电装机比例达 28%,可再生能源发电量约占全国总发电量的 20%。报告指出,截至 2012 年底,我国水电装机容量为 2.49 亿 kW,风电并网装机 6 300 万 kW,太阳能光伏发电装机 650 万 kW,太阳能热水器总集热面积 2.58 亿 m<sup>2</sup>,浅层地热能应用面积 3 亿 m<sup>2</sup>,各类生物质年利用量 3 000 万 t 标准煤。报告同时指出,可再生能源的开发利用对提高人民群众生活质量和改善生态环境发挥了积极作用。全国小水电年发电量为 2 173 亿 kW·h,解决了 3 亿多人口的用电问题。2012 年全国沼气年产量 750 多亿 m<sup>3</sup>,折合 2 500 多万 t 标准煤,相当于年减少二氧化碳排放 6 000 多万 t。可再生能源建筑应用面积快速增长,有效降低了建筑能耗。

消除了其转动部分的质量失衡后,1、2 号机组下导摆度测值分别约为 118.8 μm 和 203.1 μm,均较大幅度地小于 300 μm 的瓦隙值,两台机组的振动、摆度均在规程要求的优秀范围内。至此,两台机组下导摆度随运行时间的增加而缓慢增长的异常现象得以圆满消除。

#### 5 结 语

水轮发电机组导轴承处的油盆盖常采用羊毛毡密封垫,但绝大部分机组并没有出现某水电站两台机组所遇到的异常现象,对此,更深入地研究还有待于进一步的试验证实。

水轮发电机组的振动原因往往是多方面,各种因素累积的结果,而较大的振动、摆度所引起的事故也常常较为严重。随着水电站越来越自动化、智能化,对机组的振动、摆度监测也越来越重视,因此,对此类异常振动现象原因进行的分析、处理以及取得的成功经验希望能给遭遇类似异常现象的水电站提供一定的参考和借鉴。

#### 作者简介:

先 嘉(1982-),男,四川犍为人,助理工程师,从事水电站机组调试试验工作;  
吴 博(1986-),男,四川双流人,助理工程师,从事水电站机组调试试验工作。 (责任编辑:李燕辉)

#### 作者简介:

吴 健(1979-),男,四川成都人,工程师,国家注册质量工程师,国家注册经济师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;  
刘春花(1980-),女,四川成都人,工程师,国家注册经济师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

#### 参考文献:

[1] 张卫平,等.绿色电源—现代电能变换技术及应用[M].北京:科学出版社,2001.

#### 作者简介:

刘晋敏(1963-),女,山西右玉人,电气实验师,学士,从事教学及科研工作。(责任编辑:李燕辉)