

两河口水电站移民工程桥梁高墩爬模施工工艺及桥墩垂直度质量控制

杨先刚, 陈等红, 贺立强

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: 两河口水电站移民工程总承包项目地处四川省甘孜州雅江、道孚、新龙、理塘四县, 涉及明线路基工程 92 km, 隧道 10.8 km, 其中 5 座特大桥是总承包项目施工的关键工程, 其施工难度高, 技术要求高, 高墩施工工艺和质量是桥梁施工质量控制的重要内容, 采取合理的施工工艺对施工质量控制尤为重要。

关键词: 桥梁高墩; 爬模工艺; 质量控制; 两河口水电站移民工程

中图分类号: TV7; U445; U447; U446

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2017)增1-0094-05

1 概述

两河口水电站移民工程总承包项目需要建设桥梁 44 座, 其中特大桥 5 座, 均处于高山峡谷中。特大桥特点为跨度大、主墩高, 施工难度极大, 其中木绒特大桥主墩高 155 m, 下拖特大桥主墩高

133 m, 其余特大桥主墩高度均在 85 m 以上。如此规模的高墩在我国高海拔地区比较少见, 且各桥均位于两河口水电站库区, 水位变化对桥墩质量要求高, 因此, 加强对各高墩施工的质量控制尤为重要。各特大桥特征见表 1。

表 1 两河口水电站移民工程特大桥特征表

桥梁名称	桥梁总长 /m	主墩桩基特征	主墩承台特征	主墩墩身特征
木绒特大桥	589	3#、4#桩基总长 900 m, 18 根, 长度全部为 50 m; 桩基混凝土为 C30, 水下 6 362 m ³	C40 混凝土 6 000 m ³ , C30 混凝土 400 m ³ , 钢筋 481 t	墩身高 155 m
下托特大桥	560.4	6#、7#桩基总长 684 m, 共 18 根, 6#长 342 m, 7#长 342 m; 桩基混凝土为 C35, 3 358 m ³	C40 混凝土 3 468 m ³ , 钢筋 263.6 t	均为 133 m 高
哈格达沟特大桥	494.08	2#、3#桩基总长 909 m, 共 18 根, 2#长 513 m, 3#长 396 m; 桩基混凝土为 C30, 水下 3 456 m ³	C40 混凝土 2 112 m ³ , 钢筋 198.8 t	墩身高 97 m 和 100 m
扎托特大桥	446	4#、5#桩基总长 759 m, 5#墩长 406.5 m, 4#墩长 352.5 m; 桩基混凝土为 C35, 3 718.2 m ³	C40 混凝土 2 890 m ³ , C30 混凝土 115.6 m ³ , 钢筋 254.6 t	墩身高 85 m 和 106 m
红顶特大桥	451	1#、2#桩基总长 900 m, 18 根, 长度全部为 50 m; 桩基混凝土为 C30, 水下 5 542 m ³	C40 混凝土 4 046 m ³ , C30 混凝土 289 m ³ , 钢筋 346 t	墩身高 85 m

2 高墩施工采用滑模、爬模和翻模工艺之比较

从表 1 可以看出: 5 座特大桥主墩墩身均较高, 且项目部又地处藏区高海拔地区, 施工地点位于高山峡谷中, 对材料供应、施工组织、施工工艺要求均比较高。高墩施工一般采用的是无支架施工。无支架墩身施工技术有很多种, 主要有翻模、滑模、爬模、滑翻结合等, 根据各施工单位具体采取的高墩施工方案, 该工程共采取了 3 种高墩施工工艺, 分别为滑模、爬模和翻模。3 种工艺具有的优缺点见表 2。

3 爬模施工工艺

收稿日期: 2017-04-06

笔者以下拖特大桥墩身施工为例, 阐述了滑模施工工艺。

3.1 爬模施工工艺流程

下拖特大桥中的 6#、7#墩为桥梁主墩, 高度均为 133 m, 结构形式为矩形薄壁墩, 内部设 9 层隔板, 共分为 10 个节段。主墩底部截面尺寸为 13.325 m × 10.433 m (顺桥向 × 横桥向), 顶部截面尺寸为 10 m × 6 m (顺桥向 × 横桥向)。墩身外壁顺桥向两侧坡比为 80:1, 横桥向两侧坡比为 60:1, 四角均为半径 10 cm 的圆角。墩身 0~2 m 段为实体段, 2~21 m 壁厚从 2.5 m 递增至 0.8 m; 21~63 m 段壁厚 0.8 m; 63~77 m 壁厚从 0.8 m

表 2 高墩施工工艺对比分析表

序号	项目	施工方法		
		滑 模	爬 模	翻 模
1	工艺原理	滑模装置由模板系统、操作平台系统、液压提升系统和垂直运输系统等四大系统组成。滑模施工工艺原理是预先在墩身混凝土结构中埋置钢管(称之为支承杆),利用千斤顶与提升架将滑升模板的全部施工荷载转至支承杆上,待混凝土具备规定强度后,通过自身液压提升系统将整个装置沿支承杆上滑,模板定位后又继续浇筑混凝土并不断循环的一种施工工艺	爬模是综合大模板与滑升模板工艺特点的一种施工方法。爬模主要由爬升装置、外组合模板、移动模板支架、上爬架、下吊架、内爬架、模板及电器、液压控制系统等部分构成。液压自爬模板工艺原理为自爬模的顶升运动通过液压油缸对导轨和爬架交替顶升实现,导轨和爬模架互不关联,二者之间可进行相互运动。当爬模架工作时,导轨和爬模架都支撑在埋件支座上,两者之间无相对运动	翻模为大模板施工方法,其以墩身作为支承主体,上层模板支撑在下层模板上,循环交替上升。分为塔吊翻模和液压翻模两种,前者工作平台支撑于钢模板的牛腿支架或横竖肋背带上,通过塔吊提升模板及工作平台;后者的工作平台与模板分离,工作平台支撑于提升架上,模板的提升靠固定于墩身主筋上的手动葫芦完成
2	适用范围	适宜浇筑低流动度或半干硬性混凝土,同时,由于其工作原理,滑模施工要求结构物结构形式单一、断面变化少、无局部凸出物及其他预埋件等物体,应用范围较为狭窄。适用于等截面或变截面的实体或薄壁空心墩	适用于浇筑钢筋混凝土竖直或倾斜结构,适用于墙体、桥梁墩柱、索塔塔柱等,范围较广	适用于等截面或变截面的实体或薄壁空心墩等,范围较广
3	优点	施工速度快,安全度高	实体及外观质量好	实体及外观质量好
4	缺点	投入较大,施工质量相对较差。不便于在施工和养护期间对桥墩混凝土进行保温和蒸汽养护	投入较大,施工进度相对较慢。不便于在施工和养护期间对桥墩混凝土进行保温和蒸汽养护	施工进度相对较慢,不便于在施工和养护期间对桥墩混凝土进行保温和蒸汽养护
5	施工效率	一般混凝土的浇筑及滑升速度平均为 0.2 m/h,模板高度为 0.9-1.5 m	每次混凝土浇筑高度约为 4.5~6 m,约 5~6 d 一个循环,每天 1 m	塔吊翻模模板分 2 至 3 节,每次浇筑高度约为 4~6 m;液压翻模模板分 3 节,每次浇筑高度约为 1.5 m,约 5~6 d 一个循环,每天 1 m
6	经济投入	较大	较大	塔吊翻模:较少 液压翻模:较大
7	外观质量	因脱模时间早,滑模混凝土外观需经过涂抹才能达到比较光滑的程度。施工时墩身的垂直度控制好坏取决于千斤顶是否同步顶升,控制不好将发生墩身截面扭转和不规则错台现象	由于采用整体大块模板,并且脱模时间有保证,故混凝土外观质量易于控制、施工接缝易于处理	由于采用整体大块钢模板,并且脱模时间有保证,故混凝土外观质量易于控制、施工接缝易于处理
12	施工进度	0.2 m/h	1~1.5 m/d	1~1.5 m/d
13	模板材质	钢模	木模、钢模	钢模、木模(内模)
14	施工人员上下	施工电梯、爬梯	施工电梯、爬梯	施工电梯、爬梯
15	养护措施	喷洒混凝土专用养护剂(外模)与蓄水养护(内模)相结合	喷洒混凝土专用养护剂(外模)与蓄水养护(内模)相结合	喷洒混凝土专用养护剂(外模)与蓄水养护(内模)相结合
16	垂直度控制措施	全站仪、铅垂仪、垂线	全站仪、铅垂仪、垂线	全站仪、铅垂仪、垂线

递减至 0.7 m;77~119 m 段壁厚 0.7 m;119~131.25 m 段壁厚从 0.7 m 递增至 1.5 m(顺桥向两侧)、1.2 m(横桥向两侧);131.25~132 m 段为 75 cm×50 cm 倒角段;132~133 m 段为墩顶实体段,与梁体刚性连接,采用 C50 混凝土浇筑,6#、7

#主墩各采用一套自动液压爬模系统施工,每次施工节段高度为 6 m,墩身劲性骨架采用焊接连接。施工工艺流程见图 3。

3.2 爬模施工模板的制作及工作方式

3.2.1 爬模系统

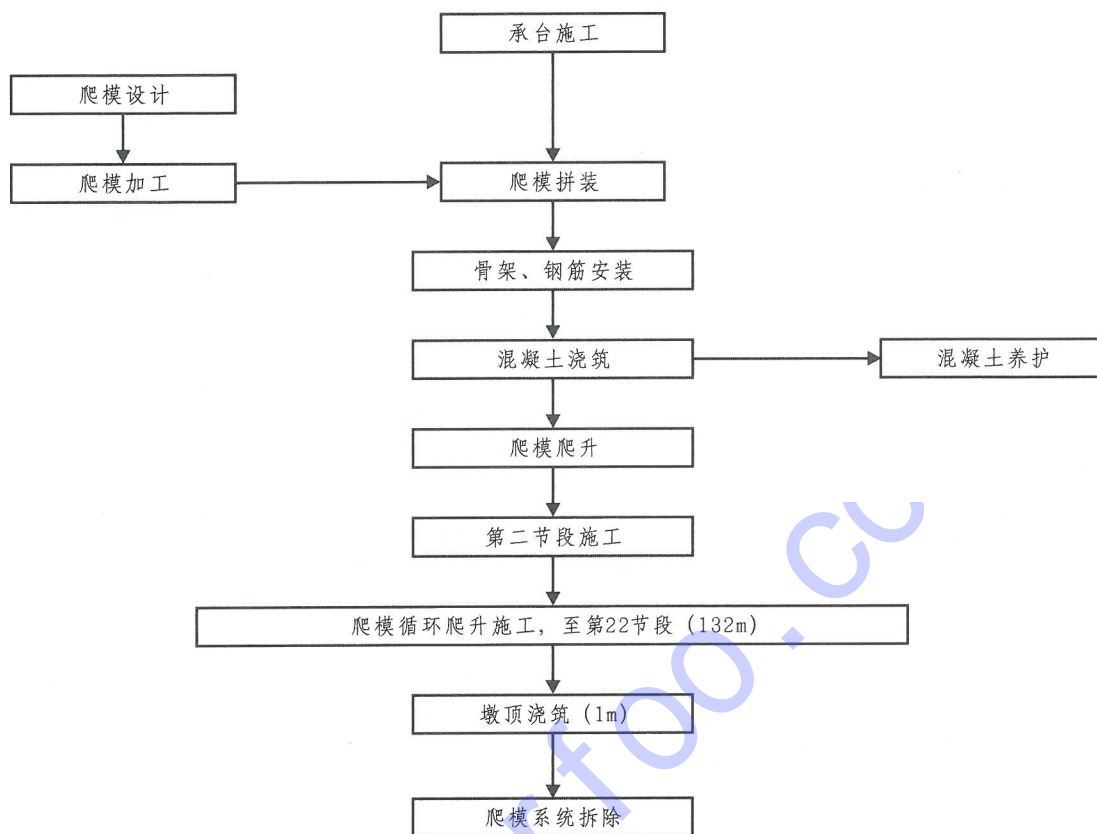


图 3 爬模施工工艺流程图

主墩爬模采用厂家生产的自动液压爬模系统, 模板采用木梁胶合板体系, 架体采用自爬模 ZMP - 100 上下分离式架体, 模板配置高度为 6.15 m, 标准浇筑高度为 6 m。

液压自爬模的动力来源是其本身自带的液压顶升系统, 液压顶升系统包括液压油缸和上下换向盒, 换向盒可控制提升导轨或提升架体, 通过液压系统可使模板架体与导轨间形成互爬, 从而使液压自爬模稳步向上爬升。液压自爬模在施工过程中无需其它起重设备, 操作方便, 爬升速度快, 安全系数高。液压自爬模主要分为四部分(图 4)。

(1) 模板系统。

由于是高空作业, 一般采用轻质、高强的模板体系, 因此, 首选木梁胶合板模板体系(图 5)。

(2) 埋件系统。

CB240 模板主要分为主背楞式和桁架式两种, 本方案采用主背楞式。其主要由埋件板、高强螺杆、受力螺栓、爬锥组成。

(3) 支架系统。

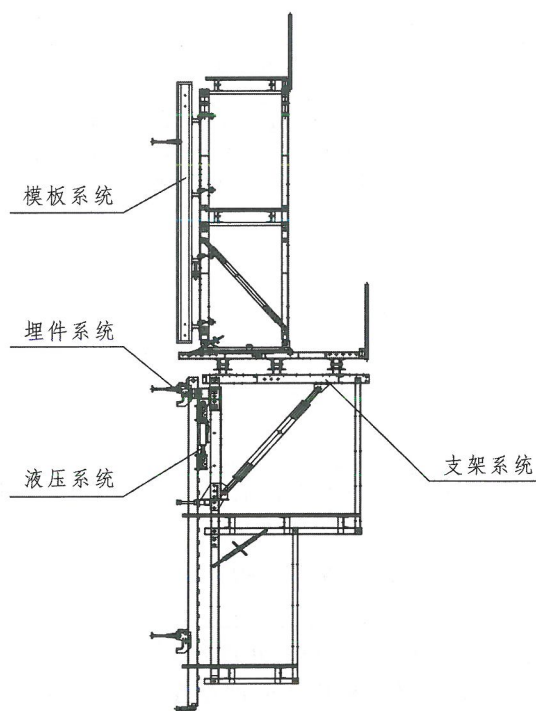


图 4 液压爬模系统图

主要由承重三角架、后移装置、中平台、吊平台、导轨、附墙装置、桁架支撑系统组成。

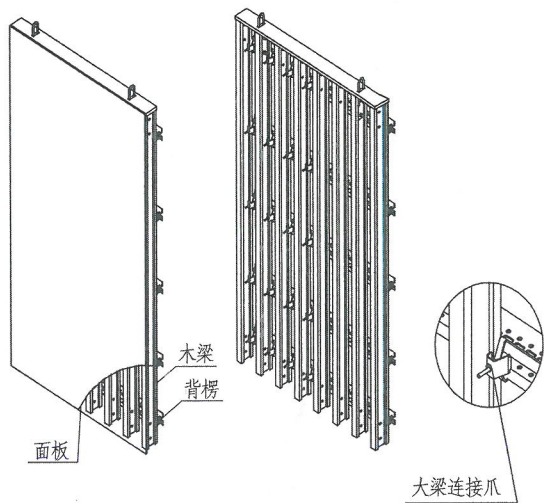


图5 爬模模板示意图

(4) 液压系统。

主要由液压泵站控制台、液压油缸、同步阀、胶管、液压阀和配电装置组成。

3.2.2 模板爬升施工

(1) 模板爬升。

①流程:混凝土浇筑完成后→拆模后移→安装附属装置→提升导轨→爬升架体→绑扎钢筋→模板清理、刷脱模剂→将埋件固定在模板上→合模→浇筑混凝土,具体步骤见图6。

②步骤描述:

(a)预埋件安装。将爬锥用受力螺栓固定在模板上,爬锥孔内抹黄油后拧紧高强螺杆,以保证混凝土不能流进爬锥螺纹内。将埋件板拧在螺杆的另一端,锥面向模板,与爬锥成反方向。

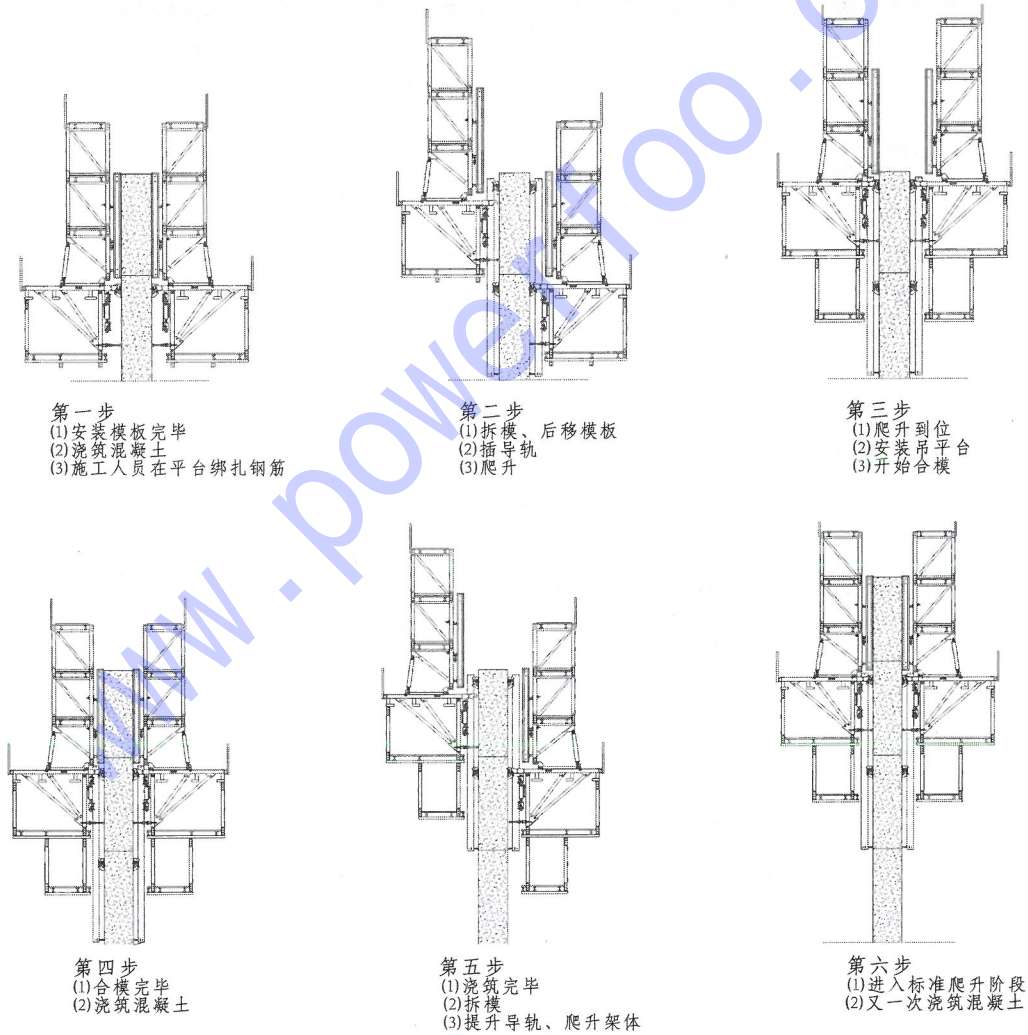


图6 模板爬升步骤示意图

(b)埋件如与钢筋有冲突时,将钢筋适当移位处理后合模。

(c)提升导轨,将上下换向盒内的换向装置调整为同时向上,换向装置上端顶住导轨。

(d) 爬升架体时上下换向盒同时调整为向下,下端顶住导轨(由专人操作爬升或提导轨液压控制台,每榀架子设专人看管,看其是否同步,若发现不同步,可调液压阀门进行控制)。

(e) 导轨提升就位后,拆除下层的附属装置

质量控制影响因素:

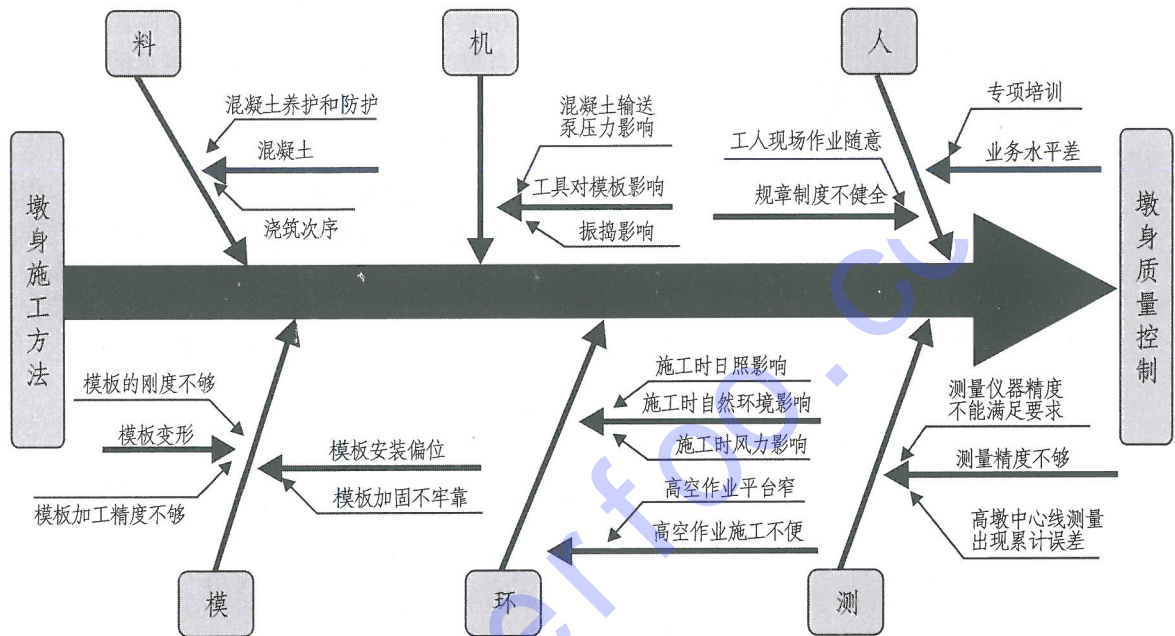


图 7 影响高墩施工质量的主要因素示意图

4.2 影响高墩墩身垂直度要因分析及采取的对策

(1) 影响高墩墩身垂直度要因分析。

高墩垂直度的控制是高墩施工质量控制的关键点之一,笔者就垂直度控制的影响因素是否是要因进行了判断,并对要因制定了相应对策,要因

及爬锥,周转使用。

4 桥墩垂直度质量控制

4.1 质量控制影响因素

无论采取哪种施工工艺,影响高墩垂直度的因素均大同小异,主要有以下几方面(图 7)。

判断见表 3。

(2) 对高墩墩身垂直度质量控制采取的对策。

针对要因制定了相应的质量控制对策(表 4)。

表 3 影响高墩垂直度要因判断表

序号	影响高墩垂直度因素	是否要因判断
1	进行专项培训	是要因
2	工人现场作业随意	否
3	混凝土输送泵压力影响	否
4	模板的刚度不够	否
5	模板加工精度不够	否
6	模板安装偏位且加固不牢靠	是要因
7	高墩中心线测量出现累计误差	是要因
8	浇筑混凝土时,工人未均衡布料	否
9	施工时日照影响	否
10	施工时风力影响	否
11	要因确认十一:施工时风力影响	否

(下转第 100 页)

挥总承包设计与施工整合的优势,建议优化桩孔深度,减少开挖工程量,缩短施工时间,进而实现进度目标,同时也有利于成本控制。大桥桩孔开挖过程中,总承包项目管理人员在与设计单位进行充分沟通后,对开挖深度进行了优化,多数桩孔开挖深度减少了 5~10 m,实现了施工进度目标,同时也有利于施工成本控制。

2.3 施工质量控制

工程质量是企业的生命,施工管理必须加强质量控制,确保工程实体质量。总承包项目部首先要求施工分包商建立、健全质量管理体系与质量管理制度并保证其有效运行;其次,对进场主要原材料必须严格按照规范要求的频率进行抽检试验,只有合格的原材方可使用于主体工程,从源头控制施工质量;严格对关键工序的验收、主控项目均应合格。大桥桩基施工中,挖孔桩分项工程桩孔直径、桩孔深度、混凝土强度是主控项目,钢筋笼制安分项工程受力筋间距、保护层厚度等为主控项目。

强化质量过程管理,严格执行上一道工序未验收,下一道工序严禁施工的原则。桩孔重要隐蔽工程必须经三方人员验收确认后方可进行钢筋笼的安装。

总承包项目部质检人员通过巡视、检查、旁站、试验检查、工序验收等手段,加强了质量过程控制并及时形成质量管理资料。

2.4 施工成本控制

在施工过程中,施工成本控制是指对影响施工成本的各种因素加强管理并采取各种有效措施。施工成本控制主要是控制设计变更、工程量变更。大桥标为综合单价合同,桩基工程成本控制主要在于减少负变更,尽量为正变更,通过设计优化,发挥总承包设计与施工整合的优势。根据开挖揭示出的地质条件,优化设计桩长,从而实现成本控制目标。

3 结语

EPC 工程总承包模式实现了建设生产过程的组织集成化,克服了由于设计与施工的分离而致使投资增加、由于设计和施工的不协调而影响工程建设进度的弊病。EPC 模式将设计、采购、施工等三方项目管理变为项目内部管理,充分发挥了设计与施工整合优势,有利于实现施工管理四大目标。

参考文献:

[1] 郑家祥,刘伟才,雷军.设计院承担 EPC 项目在施工管理中的优势[J].水电站设计,2012,28(2):2-5.
[2] 陈永辉.EPC 工程总承包管理模式的运行探讨[J].山西建筑,2010,36(27):205-206.
[3] 吴云良,等.水电工程 EPC 总承包管理模式及应用[J].水资源与水工程学报,2011,26(12):155-157.

作者简介:

李小波(1978-),男,四川邻水人,高级工程师,硕士,从事工程项目管理工作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第 98 页)

表 4 要因对策表

Table with 5 columns: 序号, 要因, 对策, 目标, 措施. It lists three causes for construction quality issues and their corresponding countermeasures and goals.

作者简介:

杨先刚(1973-),男,河南信阳人,高级工程师,国家注册安全工程师,国家爆破工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;陈等红(1986-),男,甘肃庆阳人,助理工程师,从事水电工程施工

技术与管理工作;

贺志强(1976-),男,陕西西安人,教授级高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)