

# 大跨度现浇箱梁支撑体系的设计与施工

李 亮, 胡 洪 鑫, 张 永, 王 俊

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘 要:**通江县环高明湖经济带建设项目纬十三路 45 m 跨度箱梁采用现浇方案施工,其支撑体系的设计、施工是保证方案顺利实施的关键。介绍了根据危险性较大的分部分项工程安全管理规定进行专项方案编制、专家论证、报审并组织实施的过程,最终安全顺利地完成了箱梁现浇施工。对施工方案中的支撑体系从地基处理、支架设计、搭设、预压、预拱度及拆除等方面进行了较为系统的阐述,可为类似工程支撑体系设计借鉴。

**关键词:**大跨度现浇箱梁;支撑体系;设计与施工;满堂支架;预压;预拱度

**中图分类号:** TU4; TU7; TU72

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2020)01-0048-06

## Design and Construction of Support System of Large Span Cast-in-Place Box Girder

LI Liang, HU Hongxin, ZHANG Yong, WANG Jun

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd, Chengdu, Sichuan, 610072)

**Abstract:** The 45 m span box girder at Wei 13 road of Economic Belt around Gaoming Lake in Tongjiang County is constructed by cast-in-place method. The design and construction of its support system are the key processes to ensure the smooth implementation of the scheme. This paper introduces the process of special scheme preparation, expert argumentation, approval and implementation according to the safety management regulations of divisional and subdivisional works with high risk, and finally completes the cast-in-place construction of box girder safely and smoothly. The supporting system in the construction scheme is systematically described from the aspects of foundation treatment, support design, erection, preloading, camber and demolition, which can provide reference for the design of similar engineering supporting system.

**Key words:** large span cast-in-place box girder; support system; design and construction; full scaffolding; preloading; camber

### 1 概 述

根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(住建部令第 37 号),搭设高度 8 m 及以上或搭设跨度 18 m 及以上或施工总荷载(设计值)  $15 \text{ kN/m}^2$  及以上或集中线荷载(设计值)  $20 \text{ kN/m}$  及以上的,均属超过一定规模、危险性较大的分部分项工程,必须编制专项施工方案并组织专家进行论证<sup>[1]</sup>。经计算,通江县环高明湖经济带建设项目纬十三路现浇箱梁跨度为 45 m,仅箱梁自重产生的均布荷载即达  $40.41 \text{ kN/m}^2$ ,故需对该支架进行设计、编制专项施工方案并组织专家论证、审批后方可组织实施。

纬十三路为核心区市政道路建设工程中 8 条

道路之一,道路类型为城市支路,道路红线宽 14 m,道路长 776.509 m,其中包括 1 座  $1 \times 45 \text{ m}$  现浇箱梁桥。桥横断面布置为:3 m(人行道及栏杆) + 4 m(机动车道) + 4 m(机动车道) + 3 m(人行道及栏杆) = 14 m。桥梁斜度为  $10^\circ$ 。平面内,桥梁位于直线上;纵断面上,全桥位于纵坡 4% 的直线上,横坡为双向 1.5%,箱梁梁高 2.5 m,边跨端部设厚 1.5 m 的横梁,箱梁横断面见图 1。

### 2 方案的确定

由于该箱梁为单跨布置,体型较大且现场施工条件较好,项目部结合当地材料供应条件及成本分析,最终决定采用就地搭设满堂支架后绑扎钢筋、立模并分层浇筑混凝土的现浇箱梁施工工

收稿日期:2020-01-16

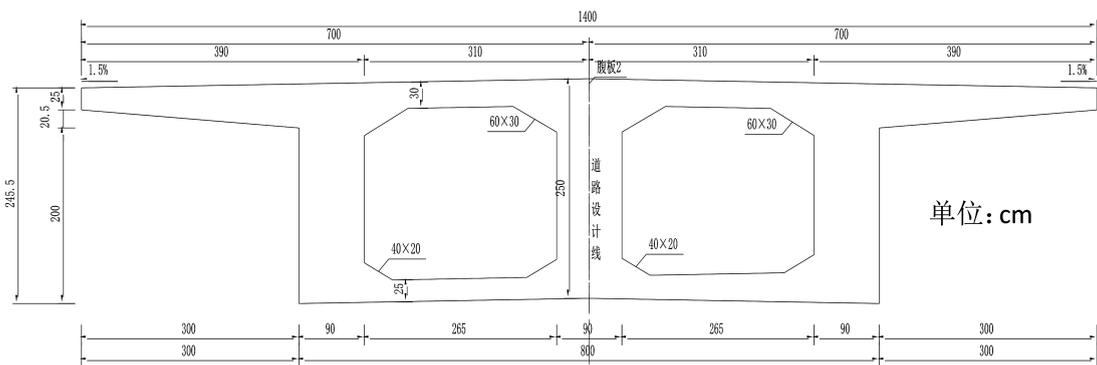


图1 箱梁标准横断面布置图

艺进行施工。

从整个施工过程看,满堂支架的设计与施工控制是现浇箱梁施工过程中的重要环节,对整个施工过程尤为关键。同时,在支架搭设完成后还须对支架进行预压。

### 3 满堂支架的设计

#### 3.1 地基处理

由于路基多为泥质页岩,搭设满堂支架前须对路基进行处理。先清除路基中的松散、软弱层,再采用块片石回填夯实(平均厚度约 50 cm),然后铺设 10 cm 厚的碎石,再用压路机碾压密实(压实度不小于 93%),最后浇筑 20 cm 厚的 C20 混凝土垫层,养生后作为满堂支架的持力层,再在其

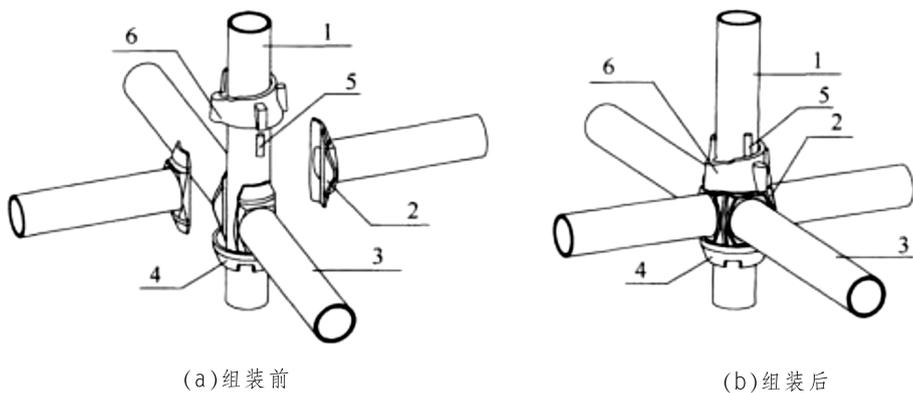
上搭设满堂支架。

为避免地表水浸泡导致地基下沉,必须有效排除地基周围的地表水或降雨积水,在桥台两侧及顺桥梁方向回填区开挖 40 cm×30 cm 的排水沟,将顺桥梁方向的排水沟做成 2% 的人字坡使水流汇入两侧排水沟内,桥台两侧的排水沟应避免立杆布置位置。

桥梁施工完成后,应对垫层、行车道及导墙混凝土进行破碎、清理。

#### 3.2 碗扣式满堂支架的设计

项目部根据现场情况及当地材料供应情况经对比分析后决定采用碗扣式钢管脚手架进行现浇箱梁满堂支架的搭设。碗扣节点构造见图 2。



1—立杆;2—水平杆接头;3—水平杆;4—下碗扣;5—限位销;6—上碗扣

图2 碗扣节点构造图<sup>[2]</sup>

#### 3.2.1 门洞支架的设计

为满足施工期间的行车需要,需在搭设支架时设置车辆通行门洞,门洞大致位于跨中位置。长度为 4.5 m+14.4 m+4.5 m(两侧各超长 4.5 m);宽度为行车道宽 4.7 m,行车限界 5.7 m;高度 5.5 m。立杆布置为 5×90 cm+44×30 cm+5

×90 cm,门洞支撑采用 3 排 60 cm×60 cm×60 cm 支架搭设(层间错开),桥梁外沿门洞布置为 6×90 cm,遇局部长度不符合模数要求时采用方木、顶托进行调整。门洞支架立杆内侧设置长 28.4 m、平均高度为 1 m、厚 0.4 m 的 C20 混凝土防护墙,引导段长度为 3.5 m,两侧对称设置。门洞

纵、横向布置情况见图 3、4、5。

(1) 混凝土防撞墙。基础置于支架垫层混凝土

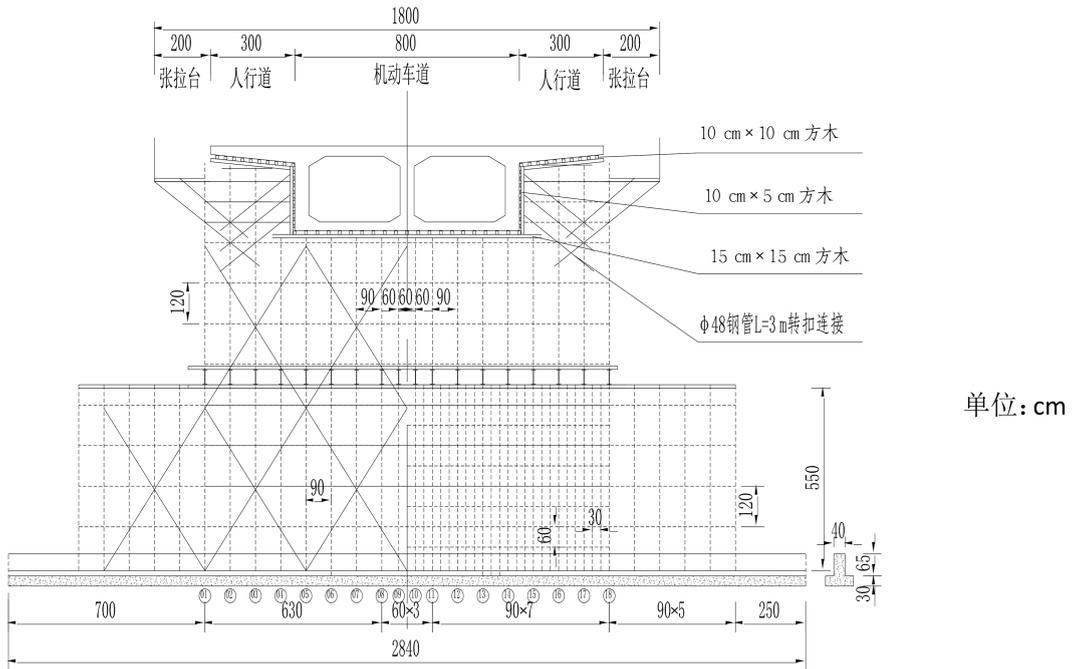


图 3 门洞纵向布置示意图

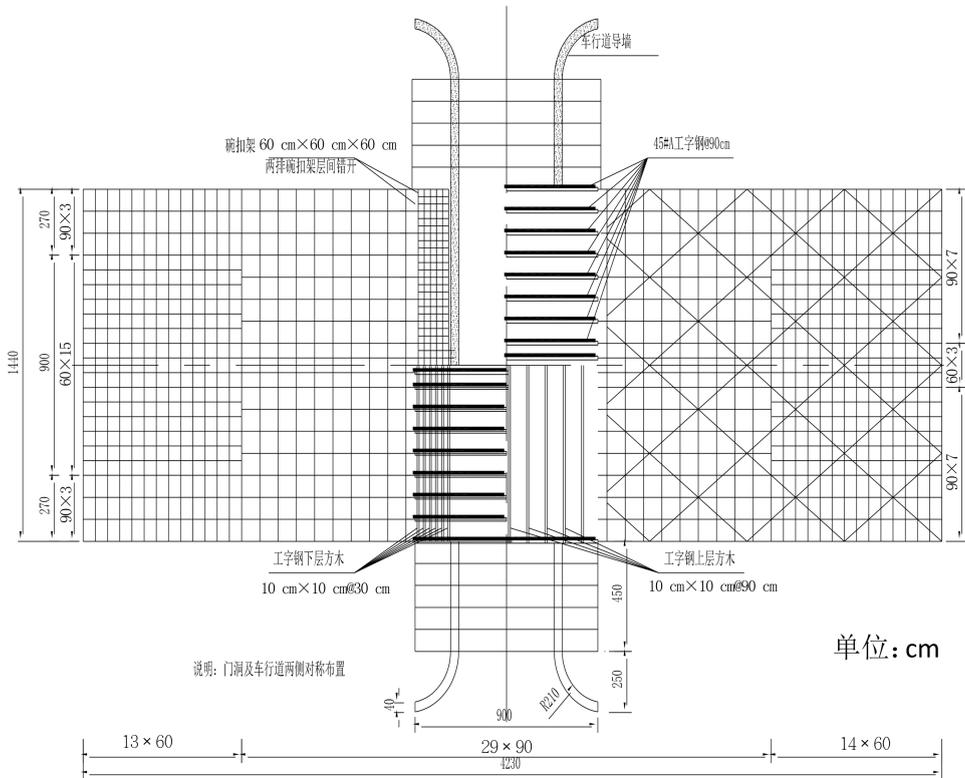


图 4 支架平面布置示意图

土以下且深度不小于 30 cm, 基础清至基岩面后, 视现场情况在岩石面人工植筋  $\Phi 16@20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 。混凝土浇筑完成后表面涂刷黄、黑相间的交

通引导及警告标志, 门洞行车道采用 30 cm 厚 C30 混凝土, 宽度为 4.7 m, 长度为 28.4 m。

(2) 工字钢纵梁。门洞纵梁采用 17 根 I56a

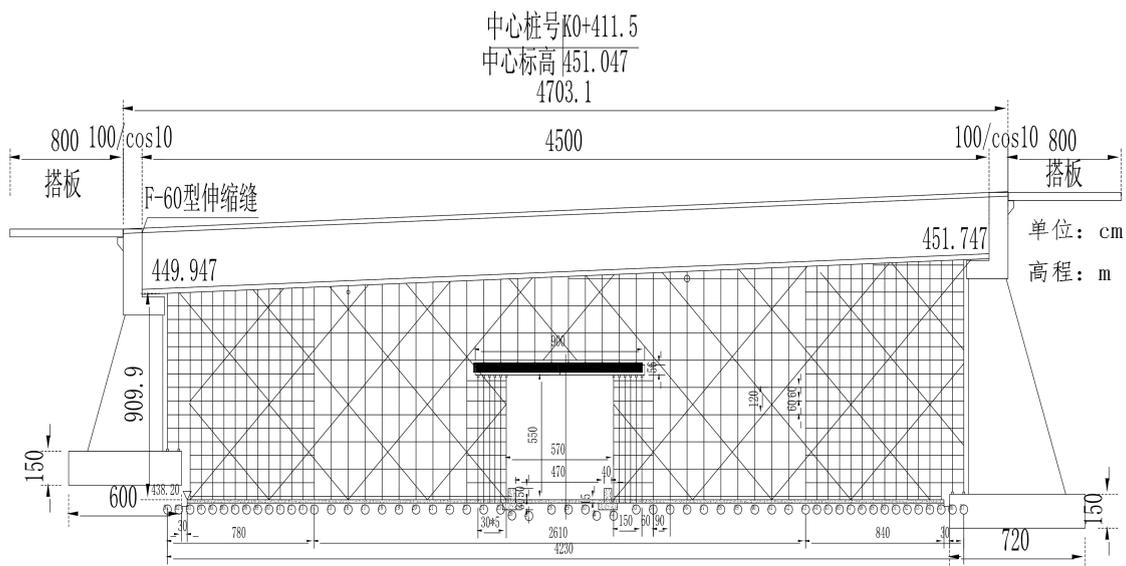


图5 支架立面布置示意图

工字钢,工字钢布置间距为90 cm,单根工字钢长度为9 m。工字钢安放完成后及时采用3根 $\Phi 25$ 钢筋进行连接固定。

(3)工字钢上、下方木。在工字钢下部的碗扣式支架顶托上铺设10 cm $\times$ 10 cm的方木,间距30 cm,横桥向布置;工字钢上部铺设15 cm $\times$ 15 cm方木,单排距与上部碗扣架相同,横桥向布置。

### 3.2.2 满堂支架的设计

立杆的长度主要采用3 m、2.4 m、1.8 m、1.2 m、0.9 m、0.6 m几种,顶面局部采用0.3 m长的立杆进行调节,立杆接长错开布置;横杆长度由1.2 m、0.9 m、0.6 m三种组成。每根支架底部、顶部采用可调托撑(底托KTZ-60,顶托KTC-60),可调托撑螺杆伸出长度不超过300 mm,插入立杆内的长度不小于150 mm。

根据支架搭设高度和施工荷载,碗扣支架的布置为:

(1)两端横隔梁(L/5)范围采用纵向 $\times$ 横向 $\times$ 步距:60 cm $\times$ 60 cm $\times$ 60 cm,在架体外侧周边及内部纵、横向每5跨(不小于3 m)由底至顶设置连续竖向剪刀撑,剪刀撑宽度为5跨。

(2)跨中段及其余段落采用纵向 $\times$ 横向 $\times$ 步距:90 cm $\times$ 90 cm $\times$ 120 cm,在架体外侧周边及内部纵、横向每4跨(不大于5 m)由底至顶设置连续竖向剪刀撑,剪刀撑宽度为4跨。

(3)张拉操作平台采用钢管架斜挑搭设,宽度不小于1.5 m。

布置过程中,斜杆与地面的倾角应在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 之间<sup>[3]</sup>。

支架设计完成后,还需对其进行刚度、强度及稳定性计算校核,待其满足相应要求后方可进行搭设施工。

## 4 支架搭设施工

### 4.1 支架搭设

(1)支架安装严格按照图纸施工,安装时先确定起始安装位置,根据地面标高确定立杆起始高度并安装预制块,利用可调底托将标高调平后安装立杆。第一层拼好之后,检查其平整度,如高差太大,必须采用底托调平。

(2)安装立杆时必须检查其垂直度,防止立杆偏心受力,接头部位必须连接牢固。枕木与基础混凝土之间要密贴、达到面受力的效果。

(3)横向钢管间若有空隙,需采用粗钢筋焊接或用直扣件将两根钢管连成一体。支架搭拼完之后,用扣件式钢管设置剪刀撑。剪刀撑的设置应从顶到底连续,搭接头的长度不小于60 cm,接头卡不少于2个,与水平横杆的夹角为 $45^\circ \sim 60^\circ$ ,两剪刀撑不允许自相交,要求布置在立杆两侧。

(4)两侧腹板采用3 m长短钢管斜向支撑,使用转扣与碗扣架固定,操作平台及张拉平台根据现场高度设置,临边设高度不小于1.2 m的安全栏杆,栏杆下方设置水平兜网,外侧设置安全密目网。

(5)在门洞导墙两端起点采用100 mm $\times$ 6 m

方钢管设置限高、限宽装置,方管表面涂刷红、黑相间的油漆并悬挂限高、限宽标志;两端导墙沿行车道方向 40 m 安设水码;水码终点处两侧各设置太阳能交通警示信号灯。在门洞支架立面外露面张贴反光条。

#### 4.2 支架预压

为检验支架及地基的强度及稳定性,消除整个支架的塑性变形,消除地基的沉降变形并测出支架的弹性变形量,在箱梁底模铺装完成后须对其进行预压,预压荷载为梁体自重与模板重量之和的 110%。

预压范围及顺序:支架预压加载范围不应小于现浇混凝土结构物的实际投影面。当纵向加载时,宜从混凝土结构跨中开始向支点处进行对称布载;当横向加载时,应从混凝土结构中心线向两侧进行对称布载。该桥采用吨袋装填河砂,每袋重量按 2 t 控制。为避免污染模板,预压前应在模板上满铺彩条布予以保护。

预压采用分级加载方法:每级持荷时间不小于 30 min,最后一级为 1 h。现场在荷载分别达到 60%、80%、100% 预压荷载时,分别测定支架和支架梁的变形值。

测点布置情况:沿箱梁纵向每隔 11 m (1/4 跨径)布置一个,共计 5 个监测断面;每个监测断面上对称布置 5 个监测点(中心点 1 个,对称的腹板位置各 1 个,两侧翼缘板处各 1 个)。

预压时间:加载完毕,持续预压 7 d,以满足施工时混凝土浇筑后所产生的一定强度及预应力张拉需要。

预压合格判定:全部加载完成后,在支架预压检测过程中,各监测点最初 72 h 沉降量平均值为  $4.7 \text{ mm} < 5 \text{ mm}$ ,支架预压合格<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 施工预拱度

支架预压变形预拱度  $\delta$ :

(1) 支架在荷载作用下的弹性压缩量  $\delta_1$ 。架体跨中断面荷载组合经计算取值为  $N = 39.37 \text{ kN/m}^2$ ,支架高  $h$  为 9.81 m,钢管弹性模量  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ ;钢管纵、横向间距:  $0.9 \text{ m} \times 0.9 \text{ m}$ ,则每根钢管承受的荷载  $N = 39.37 \times 0.9 \times 0.9 = 31.89 \text{ (kN)}$ 。

钢管横截面积  $A = 3.14 \times (48^2 - 44.5^2) / 4 = 254.14 \text{ (mm}^2\text{)}$ 。

钢管应力  $\sigma = N/A = 41.07 \times 10^3 / 254.14 = 125.48 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 。

则,  $\delta_1 = \sigma \times h / E = 125.48 \times 9.81 / 2.1 \times 10^5 = 6 \text{ (mm)}$ 。

(2) 受载后杆件接头挤压和卸架设备压缩产生的非弹性变形  $\delta_2$ 。

接头挤压变形取值为 2 mm,卸架设备压缩变形取值为 2 mm,则  $\delta_2 = 2 + 2 = 4 \text{ (mm)}$ 。

(3) 支架基础在受载后的非弹性压缩  $\delta_3 = 10 \text{ mm}$ 。

则:  $\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 6 + 4 + 10 = 20 \text{ (mm)}$ 。

由于该桥在设计时按全预应力混凝土构件进行了计算,故梁的挠度(设计预拱度)可不予考虑<sup>[5]</sup>,施工预拱度只需根据支架预压变形所计算出的预拱度作为施工预拱度的最高值,设置在梁的跨径中点,支座处预拱度为 0,其他各点按式(1)进行分配计算:

$$\delta_x = 4\delta \cdot x \cdot (L - x) / L^2 \quad (1)$$

式中  $\delta_x$  为距左支座  $x$  处的预拱度值,mm; $x$  为距左支座的距离,m; $L$  为跨长。

主要特征点计算分配预拱度值见表 1。

表 1 支架预压变形主要特征点预拱度分配表

项目	位 置				
	左支座	距左 1/4 跨	跨中	距左 3/4 跨	右支座
$x / \text{m}$	0	11.25	22.5	33.75	45
$\delta_x / \text{mm}$	0	15	20	15	0

#### 4.4 支架拆除

张拉纵向钢束前必须拆除箱梁侧模。张拉压浆完成后,方可拆除翼板和外腹板的模板及翼板下方的支架,其它各孔模板支架拆卸同理。

### 5 质量控制要点

(1) 支架搭设前,对进场的支架进行检查,支架、钢管、扣件的质量应符合规范要求,不准使用锈蚀、弯瘪、滑牙和有裂缝的金属杆件。

(2) 立杆的接长缝应错开,即第一层立杆应用长 2.4 m 和 3 m 的立杆错开布置,往上则均采用 3 m 长的立杆,至顶层再用 1.5 m、0.9 m 和 0.6 m 三种长度的顶杆找平。

(3) 应对立杆的垂直度严格加以控制:高度 30 m 以下的架子按 1/400 控制且其全高的垂直偏差应不大于 10 cm。

(4) 支架拼装到位时,应用经纬仪检查横杆的

水平度和立杆的垂直度,并在无荷载情况下逐个检查立杆底座有否松动或空浮情况并及时旋紧可调底托或用薄钢板调整垫实。

## 6 安全控制要点

(1)搭、拆作业前应对操作人员进行专项安全教育、安全技术交底签字手续,作业人员应持证上岗。

(2)安装时应随支架搭设高度设置“四步一隔离”设施,保障施工人员安全。支架纵横向连接杆须用扣件扣紧,不准使用锈蚀铁丝作拉结和绑扎;钢性拉结与支架里立杆连接点不准采用电焊焊接。

(3)遇恶劣气候影响施工安全时(如风力大于6级、大雨、雾等天气情况)不得进行高处支架的搭、拆作业。对已搭、拆部分作固定处理,防止其倒塌。

(4)支架顶层两侧挂安全网,防止物件落下造成人员伤害。

(5)搭、拆时应设置警戒区,由专人负责监控并记录。

## 7 结语

该项目于2018年7月开始根据现场情况对纬十三路现浇箱梁满堂支架进行设计及验算,并

(上接第32页)

### 参考文献:

- [1] 万实.极限场地和小半径曲线条件下的架桥机施工技术[J].黑龙江交通科技,2014,37(5):171-172.
- [2] 周水兴.路桥施工计算手册[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 陈万贵.不同吨位的三台吊机抬吊安装废水裂解塔的方法[J].石油化工建设,2013,35(2):41-42.
- [4] 卜一德.起重吊装计算及安全技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [5] 胡文星.空心板梁吊装施工技术[J].技术与市场,2017,24

按危险性较大的分部分项工程安全管理规定组织专家进行了评审及审批后组织实施。实施过程中严格按方案施工,从2018年8月初至11月底顺利完成了支架搭设、预压、后续扎筋、立模、浇筑、张拉、支架拆除等工序施工,桥梁各项指标满足设计要求,所取得的经验可为类似大跨度桥梁等支架设计施工提供一定的借鉴和参考。

### 参考文献:

- [1] 建办质[2018]31号,危险性较大的分部分项工程安全管理办法[S].
- [2] 建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范,JGJ166-2016[S].
- [3] 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范,JGJ130-2011[S].
- [4] 钢管满堂支架预压技术规程,JGJ/T194-2009[S].
- [5] 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范,JTG/D62-2004[S].

### 作者简介:

- 李亮(1986-),男,四川南充人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
- 胡洪鑫(1976-),男,湖南双峰人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
- 张永(1976-),男,四川广元人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
- 王俊(1991-),男,河南鹿邑人,助理工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(7):295-296.

### 作者简介:

- 邢越(1977-),女,四川仪陇人,工程师,一级建造师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
- 曾金(1984-),男,湖北红安人,高级工程师,一级建造师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
- 赵文剑(1989-),男,甘肃天水人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
- 郭红利(1991-),男,甘肃张掖人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 缅甸莱比塘铜矿采矿项目科技成果再获殊荣

2019年12月27日,从中国施工企业管理协会在天津武清召开的2019年工程建设科学技术奖励大会上传来喜讯,中水十局公司缅甸莱比塘铜矿采矿项目完成的科技成果《缅甸莱比塘特大型露天铜矿开采技术》荣获2019年中国施工企业管理协会工程建设科学技术进步二等奖,这是该成果在2019年6月29日获得中国电建科学技术奖二等奖后再获嘉奖。“缅甸莱比塘特大型露天铜矿开采技术”科技成果为中水十局公司缅甸莱比塘铜矿采矿项目承担的电建集团科技项目。项目依托位于缅甸联邦共和国蒙育瓦市的莱比塘露天铜矿采矿项目开展研究,于2018年12月底完成科技成果总结。2019年3月22日,该科技成果通过了中国电建集团组织的专家验收和成果鉴定。该成果实现了多重创新,首次提出“相邻点中点多边形矿体圈定法”,有效降低了贫化损失率;开发了生产调度和爆区管理结合的GPS智能调度系统,提高了矿山开采的综合效益;孵化出多个施工工法和发明专利,有助于进一步提升中水十局公司在矿山行业的核心竞争力。

(中水十局一分局 供稿)