

# 四斗河特大桥跨 S332 省道连续梁 承重支架施工技术研究

肖海涛

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

**摘要:**对蒙华铁路四斗河特大桥跨 S332 省道连续梁高宽比较大的承重支架设计、施工技术进行了研究与探讨;针对现场施工荷载、连续梁自重进行了计算分析,选择了安全、经济的支架方案;详细阐述了承重支架的设计选型、所采用的搭拆施工技术及应用效果,所取得的经验可为类似桥梁承重支架的设计、施工提供借鉴。

**关键词:**连续梁;承重支架;荷载;设计;选型;效果;四斗河特大桥;蒙华铁路

中图分类号:U44;U445;U442

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)06-0018-05

## Study on Construction Technology of Bearing Bracket of Continuous Beam across S332 Provincial Highway of Sidouhe Great Bridge

XIAO Haitao

(Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610213)

**Abstract:** This paper studies and discusses the design and construction technology of bearing bracket of continuous beam across S332 provincial highway of Sidouhe Great Bridge of Haolebaoji-Ji'an Railway with large height-width ratio; calculates and analyzes the field construction load and the self weight of continuous beam, and selects safe and economic bracket scheme; expounds in detail the design selection of bearing bracket, the construction technology adopted and the application effect achieved. The experience can be used as reference for the design and construction of similar bridge bearing bracket.

**Key words:** continuous beam; bearing bracket; load; design; selection; effect; Sidouhe Great Bridge; Haolebaoji-Ji'an Railway

### 1 概 述

四斗河特大桥位于南阳市内乡县境内,跨越 S332 省道、内邓高速,全桥长 718.625 m,孔跨布置为(60+100+60)m 连续梁+2-24 m T 梁+1-32 m T 梁+(32+48+32)m 连续梁+8-32 m T 梁+1-24 m T 梁。跨越 S332 省道处为(32+48+32)m 连续梁,采用支架法施工,连续梁采用 C50 混凝土。

S332 省道从四斗河特大桥 7 号墩与 8 号墩之间穿过,最大墩高 35.85 m(>25 m),上部结构为(32+48+32)m 连续梁,桥面宽 12.2 m,高宽比为 2.94。鉴于高宽比大于 2 时极易发生倾覆失稳事故,故在支架方案设计时采取钢管立柱每隔 6.5 m 增设一道剪刀撑的加强措施以确保支架稳定。为确保施工期间省道正常通车,支架下部承重结构采用梁柱式支架,上部采用钢管满堂支架;

梁柱式支架高宽比>2,设计时必须进行抗倾覆稳定验算并采取专项的横向连接加强措施。有针对性地进行支架设计、检算并严格按支架设计要求施工,可有效避免支架失稳事故的发生,确保施工期间 S332 省道的通车安全具有重要意义。

### 2 支架设计

(1) 支架设计。支架下部采用梁柱式支架,上部采用钢管满堂支架,力传递途径为:混凝土自重及施工荷载→竹胶板底模→纵向方木→横向方木→顶托→ $\Phi 48$  钢管→底座→上横梁→贝雷梁→下横梁→ $\Phi 508/\Phi 630$  钢管立柱→承台→桩基。

① 纵、横向方木。支架从上到下布置依次为:梁底 1.5 cm 厚竹胶板;10 cm×10 cm 纵向方木在横桥向布置间距为 20 cm;10 cm×15 cm 横向方木在纵桥向布置间距为 60 cm,横向方木置于钢管顶部顶托上。

②  $\Phi 48 \times 3$  mm 的钢管立杆。

收稿日期:2019-11-01

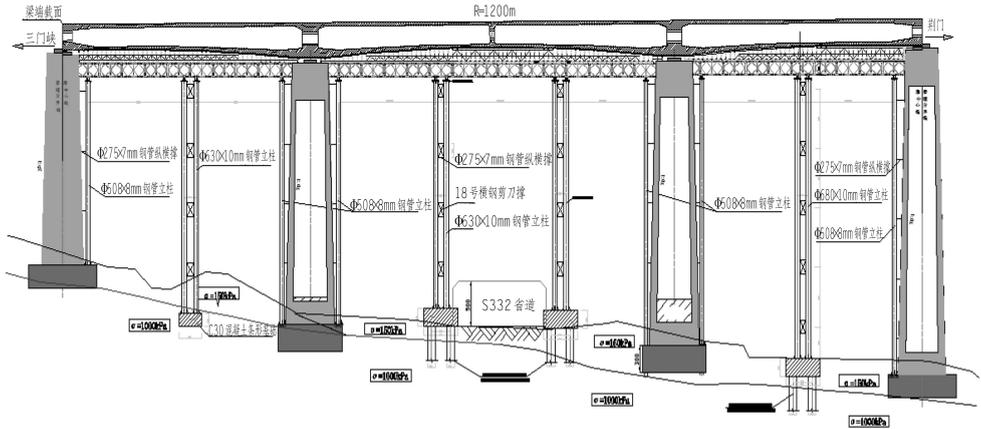


图 1 全桥支架纵断面布置图

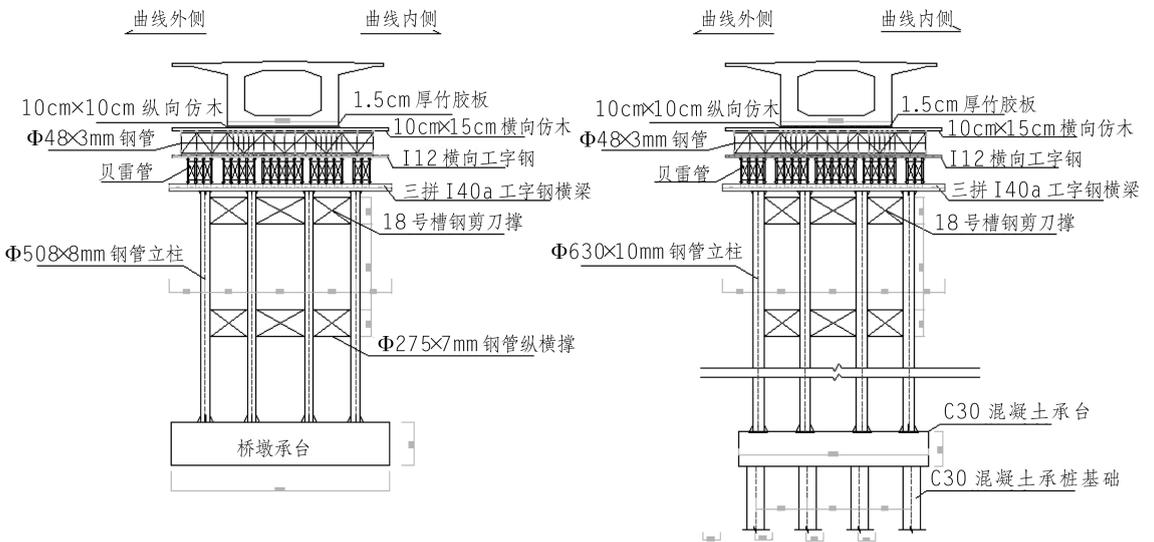


图 2 全桥支架横断面布置图

a.立杆的设置:翼缘板下的横向立杆间距为 90 cm,腹板下的横向立杆间距为 30 cm,顶、底板下的横向立杆间距为 60 cm;纵向立杆间距为 60 cm。

b.水平杆的设置:在竖直方向每间隔 60 cm 设置一层纵、横向水平连接钢管。水平杆纵、横向的设置间距同立杆的相应间距,将所有立杆连成整体;立杆底端和顶端的碗扣节点应设置纵、横向水平杆;当底层水平杆兼作扫地杆时,其与底座支承板的高差不得大于 50 cm。

c.底座:在立杆底端安装可调底座,底座螺杆插入立杆内的长度不小于 30 cm,伸出立杆的长度不大于 15 cm,底座下设置垫木(5 cm×15 cm×15 cm)。

d.顶托:在立杆顶端安装可调式 U 形顶托,顶托螺杆插入立杆内的长度不得小于 30 cm,

伸出立杆的长度不得大于 30 cm、亦不得小于 10 cm。

e.支架四周及中间纵、横向每隔四排从底到顶连续设置竖向剪刀撑,剪刀撑的水平倾角在 45°~60°之间,斜杆应每步与立杆扣接。

f.剪刀撑采用与支架立杆规格相同的钢管,用旋转扣件与立杆扣接;当剪刀撑与立杆不能扣接时,应与该立杆相邻的水平杆扣接;扣接点距碗扣节点的距离不应大于 15 cm。<sup>[4]</sup>

③上横梁。上横梁采用 I12 工字钢,顺桥向布置间距为 60 cm,上横梁置于贝雷梁顶部。<sup>[2]</sup>

④贝雷梁。贝雷梁采用单层布置方式,具体布置方式为:曲线外侧翼缘板下布置四排单层贝雷梁,腹板下各布置五排,底板下共布置六排,曲线内侧翼缘板下布置三排,各部位贝雷梁均通过

横向连接成整体。<sup>[3]</sup>

⑤下横梁。下横梁采用三拼 I40 工字钢,置于钢管柱顶部。

⑥钢管立柱。桥墩侧钢管立柱采用  $\Phi 508 \times 8$  mm 螺旋焊管,其余部位均采用  $\Phi 630 \times 10$  mm 的螺旋焊管,每个断面布置四根,布置间距分别为 2.7 m, 3.3 m 和 2.7 m,在桥墩处布置一排。为增强横向稳定性,钢管立柱与桥墩间采用  $\Phi 275 \times 7$  mm 的钢管进行横向连接;其余部位均布置两排,钢管立柱纵横向间均采用  $\Phi 275 \times 7$  mm 的钢管进行连接,并采用 [18 槽钢剪刀撑进行加强,立柱间纵横向的连接竖向间距均为 6.5 m。

⑦基础。全桥墩身侧钢管立柱支撑于桥墩承台上,小里程边跨跨中立柱支撑于混凝土条形基础上,条形基础采用 C30 混凝土,尺寸为(长)10 m  $\times$  (宽)3 m  $\times$  (高)1.5 m;<sup>[1]</sup>中跨及大里程边跨跨中钢管立柱均支撑于下设的混凝土承台上,混凝土承台采用 C30 混凝土,尺寸为长 11 m  $\times$  宽 4.5 m  $\times$  高 2 m,每个承台下设 8 根  $\Phi 1$  m C30 混凝土桩基础,桩长 11 m 或嵌岩深度大于 4 m。

(2)荷载的分布及计算。

①荷载的取值。根据《铁路混凝土梁支架法现浇施工技术规程》及《路桥施工计算手册》:

a.浇筑混凝土自重为  $q_1 = 26 \text{ kN/m}^3$  (荷载代号①);

b.模板自重(按  $500 \text{ kg/m}^2$  考虑)  $q_2 = 5 \text{ kN/m}^2$  (荷载代号②);

c.施工荷载:人员、材料及施工机具荷载  $q_3 = 2.5 \text{ kN/m}^2$  (荷载代号③);

d.振捣混凝土时产生的荷载,垂直面模板取  $q_4 = 4 \text{ kN/m}^2$ ,水平面模板取  $q_4 = 2 \text{ kN/m}^2$  (荷载代号④);

e.浇筑混凝土时产生的冲击荷载取均布荷载  $q_5 = 2 \text{ kN/m}^2$  (荷载代号⑤);

f.新浇筑混凝土对侧面模板的压力,根据《铁路混凝土梁支架法现浇施工技术规程》要求计算(荷载代号⑥)。

②荷载组合。

a.承载能力处于极限状态时考虑荷载效应的基本组合。

计算底模板、模板下纵横梁强度时,荷载设计值  $= 1.2 \times (\text{①} + \text{②}) + 1.4 \times (\text{③} + \text{④} + \text{⑤})$ ;计算侧模板强度时,荷载设计值  $= 1.4 \times (\text{④} + \text{⑥})$ 。

b.正常使用极限状态时考虑荷载效应的标准组合。

计算底模板、模板下纵横梁刚度时,荷载标准值  $= \text{①} + \text{②}$ ;计算侧模板刚度时,荷载标准值  $= \text{⑥}$ 。

③自重荷载的计算。将支架上梁高最大截面横断面作为受力检算截面进行检算(图 3)。

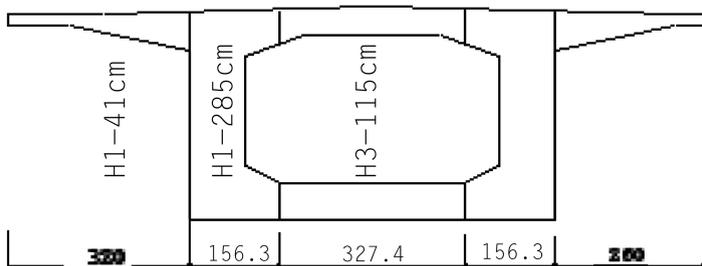


图 3 支架上梁高最大横断面换算图

根据受力截面计算可知:

缘板最大等效高度  $H_1 = 0.41 \text{ m}$

腹板等效最大高度  $H_2 = 2.85 \text{ m}$

顶底板等效高度  $H_3 = 1.15 \text{ m}$

翼缘板部位混凝土自重荷载计算:

$$p_1 = \gamma \cdot H_1 = 26 \times 0.41 = 10.7 (\text{kN/m}^2)$$

腹板部位混凝土自重荷载计算:

$$p_2 = \gamma \cdot H_2 = 26 \times 2.85 = 74.1 (\text{kN/m}^2)$$

顶、底板部位混凝土自重荷载计算:

$$p_3 = \gamma \cdot H_3 = 26 \times 1.15 = 30 (\text{kN/m}^2)$$

(3)主要承重部件的计算。

①贝雷梁检算。

A、主跨贝雷梁的检算。主跨贝雷梁可按照三跨连续梁进行计算,计算跨径布置为:13.51 m + 15.78 m + 11.26 m,采用有限元软件 MIDAS/CIVIL 建立计算模型,检算时分别选取翼缘板

下、腹板下、顶底板下进行检算。

线内侧翼缘板进行检算。

a.翼缘板下:分别选取曲线外侧翼缘板及曲

翼缘板下贝雷梁计算简图见图 4。

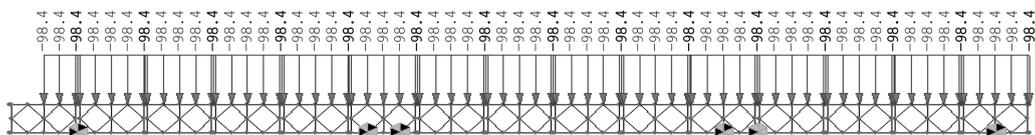


图 4 翼缘板下贝雷梁计算简图

翼缘板下贝雷梁弯曲应力图、剪切应力、变形

及计算强度和刚度时的支反力分别见图 5~8。

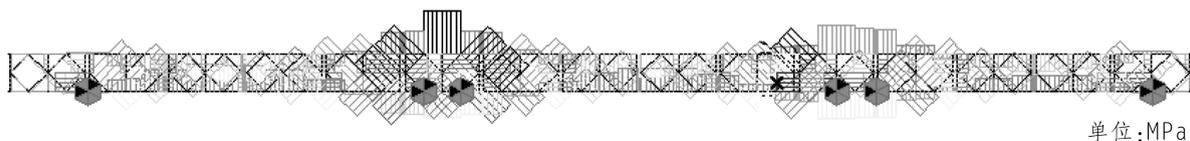


图 5 翼缘板下贝雷梁最大正应力图

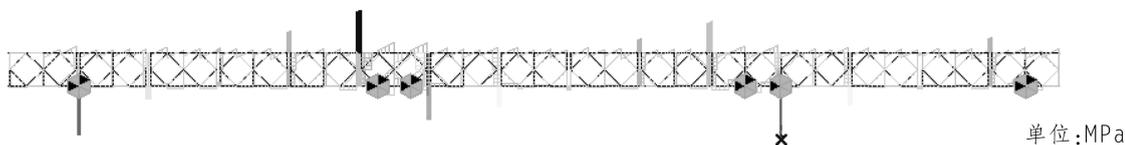


图 6 翼缘板下贝雷梁最大剪切应力图

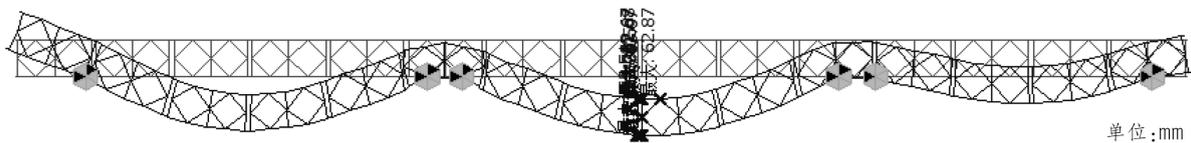


图 7 翼缘板下贝雷梁变形图

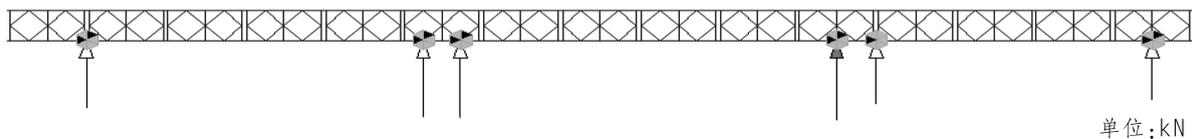


图 8 翼缘板下贝雷梁支反力图

为保证翼缘板下贝雷梁的强度和刚度满足要求,在曲线外侧翼缘板下布置了 4 排单层贝雷梁。

由上述计算可知:

翼缘板下贝雷梁的正应力:

$$f_{\max} = \frac{793.6}{4} = 198.4 \text{ MPa} < f = 310 \text{ MPa}, \text{ 贝}$$

雷梁正应力强度满足要求。

翼缘板下贝雷梁的剪切应力:

$$f_{v\max} = \frac{531.7}{4} = 130 \text{ MPa} < f_v = 180 \text{ MPa}, \text{ 贝}$$

雷梁剪切强度满足要求。

翼缘板下贝雷梁的挠度:

$$\omega_{\max} = \frac{62.9}{4} = 17.73 \text{ mm} < \omega = \frac{L}{400} = 39.45$$

mm, 贝雷梁刚度满足要求。

b.腹板下、顶底板下:计算方法与主跨翼缘板下贝雷梁相同,在此不再详述。通过计算得知贝雷桥的正应力强度、剪切强度、刚度均满足要求,具体计算值见表 2。

B、边跨贝雷梁的检算。边跨贝雷梁可按照两跨连续梁进行计算,计算跨径布置为:13.5 m + 12.1 m,采用有限元软件 MIDAS/CIVIL 建立计算模型,检算时分别选取翼缘板下、腹板下、顶底板下进行检算。计算方法与主跨相同,在此不再

详述,通过计算得知:贝雷梁正应力强度、刚度均 满足要求。

表 2 主跨贝雷梁检算表

序号	部位	荷载 /kN·m <sup>-1</sup>	计算项目	计算值	容许值	结 论
1	翼缘板	98.4	正应力 /MPa	198.4	310	正应力强度满足要求
			剪应力 /MPa	130	180	剪切强度满足要求
			挠度 /mm	17.7	39.5	刚度满足要求
2	腹板	167	正应力 /MPa	267.5	310	正应力强度满足要求
			剪应力 /MPa	179.2	180	剪切强度满足要求
			挠度 /mm	21.2	39.5	刚度满足要求
2	顶底板	176.3	正应力 /MPa	236	310	正应力强度满足要求
			剪应力 /MPa	158.1	180	剪切强度满足要求
			挠度 /mm	18.7	39.5	刚度满足要求

②钢管立柱的检算。根据设计方案可知,墩身侧钢管立柱采用直径  $D=508$  mm、壁厚  $t=8$  mm 的螺旋焊管,其余部位钢管立柱采用直径  $D=630$  mm、壁厚  $t=10$  mm 的螺旋焊管,两排钢管立柱间采用 [18 号槽钢进行横向和剪刀撑连接,以保证钢管立柱的稳定。

#### A、荷载计算。

钢管立柱承受横梁传下的荷载为以下两种:

墩身侧最大荷载  $R=1\ 468$  kN

其余部位的最大荷载  $R=1\ 875$  kN

#### B、钢管立柱强度及稳定性计算。

a、 $\Phi 508 \times 8$  mm 钢管立柱强度及稳定性计算。

钢管立柱横向采用竖向 6.5 m 间距的水平杆和剪刀撑进行连接。为保证钢管立柱的稳定,墩身侧的钢管立柱和桥墩墩身进行附着连接。全桥钢管立柱受压计算时的自由长度取 6.5 m,按两

端铰支,  $\mu=1$ 。

钢管回转半径:

$$i = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} = 177(\text{mm})$$

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = 36.7$$

根据《铁路混凝土梁支架法现浇施工技术规范》(TB10110-2011)附录 F,查表得  $\Phi=0.948$ 。

钢管强度及稳定性检算:

$$\sigma = \frac{N}{\Phi A} = 123.3(\text{MPa}) < f = 215(\text{MPa})$$

故:强度及稳定性满足要求。<sup>[5]</sup>

b、 $\Phi 630 \times 10$  mm 钢管立柱强度及稳定性计算:计算方法与  $\Phi 508 \times 8$  mm 钢管立柱相同,在此不再详述。通过计算得知:强度及稳定性均满足要求,具体计算值见表 3。

表 3 钢管立柱强度及稳定性检算表

序号	计算构件	荷载 /kN	计算项目	计算值	容许值	结 论
1	$\Phi 508 \times 8$ mm 钢管立柱	1 468	强度 /MPa	123.3	215	强度、稳定性满足要求
2	$\Phi 630 \times 10$ mm 钢管立柱	1 875	强度 /MPa	100	215	强度、稳定性满足要求

## 4 支架施工及注意事项

支架的安装施工按照由下而上的顺序进行,施工工序为:桩基→承台→钢管立柱(包括剪刀撑、墩身连接杆件)→主跨防护棚架施工→下横梁→贝雷梁→上横梁→底座→满堂钢管架→顶托→横向方木→纵向方木→竹胶板底模→侧模。连续梁浇筑完成后,混凝土强度、弹性模量应符合设计要求,钢铰线张拉完成后开始拆除支架,拆除顺序与安装顺序相反,由上而下进行。

支架使用的螺旋钢管、贝雷梁、工字钢、钢管质量与规格必须符合设计及国家相关标准,支架材料进场时必须严格报验,严格检测钢材壁厚,确保进场材料满足设计要求。支架基础必须具有足够的承载能力并做好周边防排水处理,避免产生不均匀沉降而造成支架失稳。上部满堂钢管支架必须严格控制底座与顶托的可调范围,留在立杆内的长度应不少于 30 cm,防止因“过调”引起失

(下转第 26 页)

用增加点,所以,在项目执行过程中,一定要对这 8 点引起重视,并采取相应的措施:

(1)做好上述①~④情况的相关费用增加记录;

(2)针对设计方案设置奖励措施,鼓励设计院和设计人员的积极性;

(3)针对施工方案并结合现场实际情况,做好施工优化工作,设置奖励措施,鼓励编制人员;

(4)做好与监理人员的沟通工作,充分说明设计变更、施工方案变更的利弊,力求达成一致。

### 2.15 设置由总工程师牵头的计划工程师岗位

EPC 工程由联合体负责实施,联合体内往往包括设计、施工与采购单位,进一步细分后:设计院又有各个专业科室,施工单位又分为土建、安装、试验、金结制造,采购单位又分为机电采购、金结采购、土建施工材料采购、专用施工设备采购等相关单位,故其协调的单位多、面广。

为了保证工程相关单位协调的顺利开展,可以设置专职的计划工程师岗位用来统筹解决工程的总计划、月计划、材料采购计划、金结机电供货计划、特种设备进场计划的编制、校核以及协调统一工作。

为了协调各种技术质量相关资源,计划工程师应在总工程师的牵头下开展工作。

## 3 结 语

(上接第 22 页)

稳。严格控制钢管柱的垂直度、剪刀撑间距数量,确保钢管柱及支架的整体稳定性。

支架安装完成后必须进行预压以检验支架的承载能力、稳定性、消除非弹性变形、观测弹性变形及基础沉降的情况。预压荷载不少于最大施工荷载的 1.1 倍。预压加载按最大施工荷载的 60%、100%、110%分三次加载,每级加载完毕 1 h 后进行支架的变形观测,加载完成后每 6 h 测量 1 次变形值。预压卸载时间以支架、地基沉降变形稳定为原则,最后的两次沉落量观测值之差小于 2 mm 时可终止预压卸载。

## 5 结 语

四斗河特大桥跨 S332 省道支架现浇连续梁已施工完成,支架预压实测最大沉落量为 30 mm,混凝土浇筑完成后的实测沉落量为 18 mm,与计算值基本相符;施工期间支架未发生明显变

EPC 模式工程与传统 DB 模式施工最大的区别就在于 EPC 总承包方要将设计、施工、采购单位有机地联合成为一个整体,无论这三方单位谁是牵头单位,都将面临这一基础的管理问题。EPC 工程要求实施单位既要完成专业性的工作,又要承担原先由监理、业主承担的部分协调工作,从而对牵头方的管理提出了挑战。笔者通过自身理解,总结了所采用的管理经验,希望能引起同行在实际操作过程中的重视,起到借鉴作用。

### 参考文献:

- [1] 范云龙,朱星宇.EPC 工程总承包项目管理手册及实践[M].北京:清华大学出版社,2016.
- [2] 高习刚.水利水电工程项目管理的新思路[J].工业 B, 2016, 18(1): 190-191.
- [3] 刘永杰,陆峰峰.海外水利水电工程 EPC 项目管理[J].云南水力发电, 2018, 34(增 1): 140-141.
- [4] 张 岗.水利水电工程项目管理中的问题及措施研究[J].智能城市, 2018, 21(5): 145-146.
- [5] 罗世良,魏光辉,王 勇.浅谈水利水电工程的施工项目管理[J].水利水电工程造价, 2006, 13(2): 46-47.

### 作者简介:

王 雷(1987-),男,四川达州人,项目总工程师,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;  
唐 奎(1977-),男,四川安岳人,工程师,从事市政、水电、房建经营管理。

(责任编辑:李燕辉)

形、失稳,保证了施工期间 S332 省道的安全通车。通过施工实践检验,该支架设计方案安全、可靠、合理,所取得的经验可为类似地质、地形情况的桥梁承重支架方案设计及搭拆施工提供借鉴。

### 参考文献:

- [1] 周 焕,胡 辉.特大桥梁箱梁承重支架施工技术要点探析[J].建筑技术开发, 2018, 45(11): 51-53.
- [2] 王 君.盖梁钢承重支架的技术应用[J].城市道桥与防洪, 2018, 35(7): 194-197.
- [3] 刘 超.贝雷架作为桥梁承重支架应用时的理论与实践研究[J].黑龙江交通科技, 2018, 41(6): 175-177.
- [4] 刘 朵,黄泓文,冯晓楠,张建东.碗扣式支架在桥梁工程中的应用现状分析[J].施工技术, 2017, 46(14): 42-44+86.
- [5] 魏文军.大跨度工字钢承重支架在跨高速公路现浇箱梁中的应用[J].城市道桥与防洪, 2014, 31(10): 144-148.

### 作者简介:

肖海涛(1978-),男,湖南娄底人,高级工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)