

# 武广高铁整体箱梁支架现浇施工支架体系设计

郎建平, 王泽国, 贾卫华

(中铁十六局集团有限公司, 北京 100018)

**摘要:** 根据整体箱梁的结构特性和力学原理建立计算模型, 检算支架体系强度、稳定性及变形量, 通过超载预压对支架稳定性及变形量进行验证。结果表明: 该支架体系安全可靠, 变形量通过底模下千金顶调整底模标高, 能够确保客运专线箱梁线性满足设计要求。

**关键词:** 箱梁原位现浇; 支架体系; 设计; 检算; 预压

**中图分类号:** U 448 21<sup>+</sup> 3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672- 7029(2010)02- 0005- 05

## Design of scaffolding system for whole box in Wuguang high speed railway girder construction

LANG Jian-ping WANG Ze-guo JIA Wei-hua

(The 16th China Railway Construction Bureau Group Co., Ltd., Beijing 100018 China)

**Abstract** Based on the structural characteristic and mechanical principle of the whole box girder, the calculating model was constructed and the strength of strutting system was checked. The stability and deformation of strutting was validated by surcharge prebading. The results show that the strutting system is reliable and the design requirement of box girder of passenger dedicated line was satisfied.

**Key words** cast-in-situ box girders; support system; design; mechanics checking of support system; prebading

客运专线简支箱梁在不适合预制架设施工地段采用原位现浇法施工, 该施工主要采取移动模架法和支架法。支架体系类型多样, 其中较为常用的是满堂支架, 满堂支架的缺点是杆件数量多, 支架体系的稳定性和可靠性取决于众多杆件质量可靠和安装精度, 施工控制较难, 施工控制不当, 极易引发因满堂支架失稳而发生垮塌。因此, 大吨位客运专线箱梁现浇支架应需采用可靠性更高的支架体系, 现行的墩梁式支架体系则正好适应于客运专线大吨位箱梁现浇施工。支架法施工首先应设计支架体系, 并对支架体系的强度、稳定性和变形量进行检算和验证, 以确保支架现浇量的施工安全和梁体的线性控制。

## 1 支架设计

支架采用墩梁式结构, 支撑墩基础为混凝土,

在基础上面预埋 2 cm 厚钢板及高强螺; 支架立柱采用螺旋钢管, 立柱顶部设置 500 mm × 800 mm 钢箱梁, 上部设贝雷架, 贝雷架上铺设 I20 工字钢次梁和底模系统, 其具体结构如图 1 所示。

根据施工图纸及地质资料, 结合现场自然地貌, 支架立柱基础可采用挖孔桩、夯扩桩、明挖扩大基础。在基础上面预埋 2 cm 厚钢板及 M 24 高强螺栓, 埋深 40 d。

支架采用  $\Phi 529$  mm, 壁厚 10 mm 钢管作为支撑立柱, 钢管实际标高根据现场基础。跨度 32 m 梁每跨设 6 排支承墩。立柱墩每排 4 根钢管, 间距为 (3.5 + 3 + 3.5) m。利用  $\Phi 430 \times 6$  钢管桩做桩帽, 以方便支架拆除安装桩帽时测量严格控制顶标高, 同一排架高差控制在 2 mm 以内;

每排支承墩钢管上采用 500 mm × 800 mm 钢箱梁连接, 钢箱梁上设 7 个贝雷架, 可沿专线箱梁横断面中心对称布置, 如图 1 所示。

\*收稿日期: 2010- 01- 18

作者简介: 郎建平 (1955- ), 男, 满族, 黑龙江人, 硕士, 高级工程师, 从事项目工程管理工作

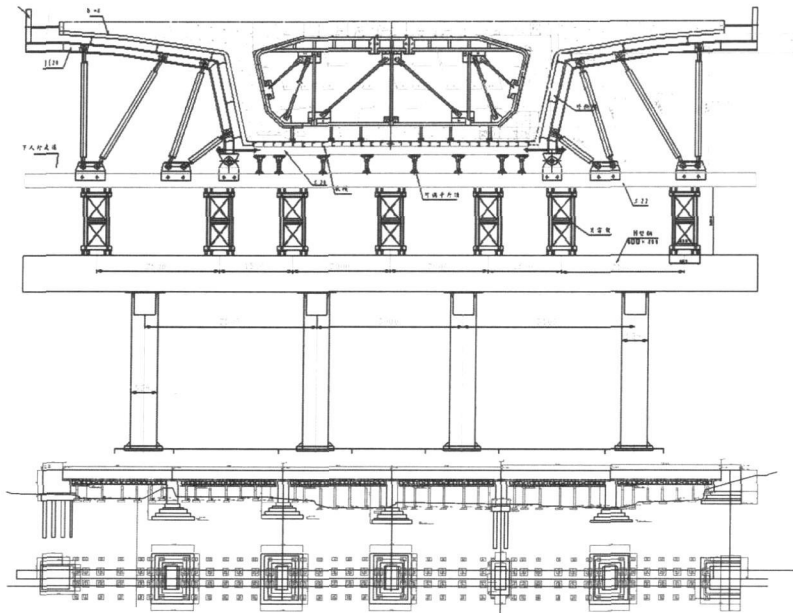


图 1 支架结构  
Fig 1 Frame structure

贝雷架安装完成后,由于箱梁有纵坡,钢箱梁与贝雷架连接处顺桥方向会形成间隙,应在下面塞垫钢板,焊接固定,保证贝雷架全面受力。

贝雷桁片沿纵桥向布设好后,横桥向安装 I20 工字钢,然后铺设底模系统。底模系统包括面板、钢板加劲肋、槽钢加劲肋、RCH-202 型千斤顶等结构。面板采用 8 mm 钢板,钢板加劲肋采用 10 mm × 80 mm 钢板,槽钢采用 I14b 型槽钢, RCH-202 型千斤顶参数:高度为 172 mm,承载力为 20 t,行程 51 mm,外径 99 mm、自重 7.7 kg。

梁体底面至立柱顶面换算高度: (8+ 140+ 200 + 340+ 220+ 1500+ 800) mm= 3 208 mm。

千斤顶与上下构件为连接方式,上部与工字钢或槽钢采用螺栓连接,螺栓为 M16,在支撑顶板四角布设,下部与工字钢通过防爬器限位连接,防爬器采用 8 mm 厚钢板加工而成。

及泵送砼冲击力为 26.8 kN/m; 养护及冬施荷载为 4.02 kN/m; 贝雷片自重荷载为 2.07 kN/m。

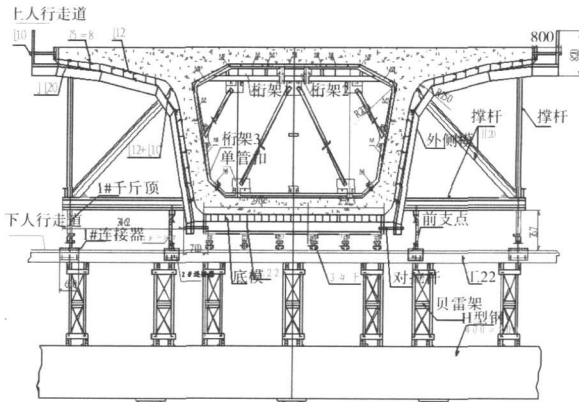


图 2 贝雷片布置图  
Fig 2 Bailey- chip layout

2 支架体系的荷载与计算模型

贝雷片采用国产“321”公路钢桥架,纵向根据箱梁跨度分 5 跨布置, 32 m 跨度按 (6+ 6+ 6+ 6+ 4.5) m 布置。横向截面根据箱梁的具体结构布置,底板及翼板下均采用间距为 450mm 双排单层贝雷片。如图 2 所示。

2.1 贝雷片的荷载

荷载项目包括:模板及混凝土荷载为 315.012 kN/m; 施工人员及机具质量为 26.8 kN/m; 砼振捣

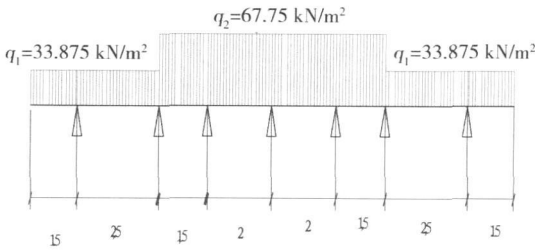


图 3 贝雷片荷载图  
Fig 3 Load on Bailey chip

2.2 贝雷片计算模型

底模 22#槽钢压在贝雷片上,间距 1.5 m, 首先

计算 2#槽钢上的均布荷载

$q = (315\ 012 + 26\ 8 + 26\ 8 + 4\ 02) / 5.5 = 67.75\ (\text{kN/m})$ , 计算模型及结果如下:

$E = 2.1 \times 10^5\ \text{MPa}$   
 $I = 3\ 405\ 933\ 1\text{cm}^4, E_I = 7.1526 \times 10^3\ \text{kN} \cdot \text{m}^2$   
1-7 支点反力分别为: 93.16, 93.16, 118.56, 135.5, 118.56, 93.16 和 93.16 kN。

贝雷片上的荷载为  $q = 135.5 / 1.5 = 90.33\ (\text{kN/m})$ 。

3 贝雷片强度检算

贝雷片每 3 m 上下都用 I10 号槽钢作为横向联系, 用 U 形卡扣扣住, 把贝雷片联成整体, 使每排贝雷片受力较为均衡。

考虑到横向截面的不均匀, 每一排贝雷片受力情况也不一样, 两侧翼板下的贝雷片相对较小, 考虑模板、横梁、横向联系梁能起到一部分分散荷载作用, 翼板下的荷载取中间的一半, 并且要求满足安全系数 1.5 以上。

贝雷架钢材的弹性模量  $E = 2.1 \times 10^5\ \text{MPa}$ , 剪力模量  $G = 8.1 \times 10^4\ \text{MPa}$ 。

查《装配式公路钢桥多用途使用手册》双排单层贝雷片  $I = 577\ 424\ 4\ \text{cm}^4, W = 7\ 157.1\ \text{cm}^3$ 。

贝雷片整体能承受的最大弯矩  $[M]_{\max} = 1\ 576.4 \times 7 / 1.5 = 7\ 356.53\ (\text{kN} \cdot \text{m})$ ;  $[Q]_{\max} = 490.5 \times 7 / 1.5 = 2\ 289\ (\text{kN})$ 。

取 32 m 跨度进行验算。线钢度  $i(n) = EI/(n)$   
 $I(1-4) = 87\ 675\ \text{kN} \cdot \text{m}^2$ ,  
 $i_5 = 116\ 900\ \text{kN} \cdot \text{m}^2$

用力矩分配法计算, 结果如表 1 所示。  
 $M_{\max} = 149.8 < [M] = 6\ 305.6$  (在 1-4 段跨中);  $Q_{\max} = 299.7 < [Q] = 1958.6$  (在 1-4 支座左侧), 贝雷片强度满足要求。

因贝雷片每节结构形式相同, 可看作均质梁, 并以简支梁验算, 由荷载引起的挠度为:  $f = 0\ 139\ \text{mm}$ 。

由单销间隙引起的非弹性变形:  $f_1 = 0\ 000\ 07\ \text{mm}$ , 最大挠度为  $0\ 139 < L / 900 = 6\ 67\ \text{mm}$ 。

4 H 型箱横梁、钢管柱的布置及检算

500 × 800 的焊接钢箱梁, 钢箱梁断面见图 5。

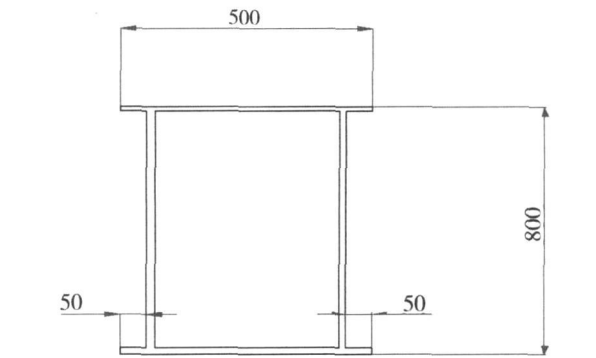


图 5 钢箱梁断面图  
Fig 5 Steelbox girder cross- section diagram

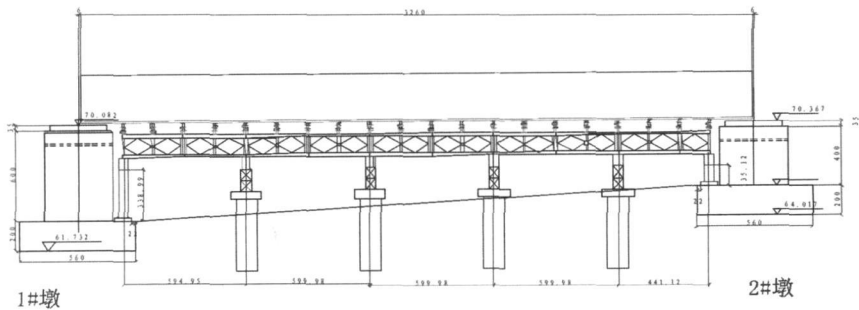


图 4 32 m 跨度贝雷片纵断面图  
Fig 4 32 m span Bailey piece sectional drawing

表 1 贝雷架弯矩及剪力表

Table 1 Bailey frame bending and shearing table

跨号	左端 V/kN	左端 M /(kN·m)	跨中 M <sub>max</sub> /(kN·m)	右端 V/kN	右端 M /(kN·m)
第 1 跨	299.7	- 299.7	149.8	- 299.7	- 299.7
第 2 跨	299.7	- 299.7	149.8	- 299.7	- 299.7
第 3 跨	299.7	- 299.7	149.8	- 299.7	- 299.7
第 4 跨	299.7	- 299.7	149.8	- 299.7	- 299.7
第 5 跨	224.8	- 168.6	84.3	- 224.8	- 168.6

钢箱梁长度 15 m,  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ ,  $I = 3.667 \times 10^3 \text{ mm}^4$ , 箱梁单位重  $q = 3.1215 \text{ kN/m}$ , 箱梁处的集中荷载取以上贝雷片计算中的支座最大反力  $p = 1.170 \text{ kN}$  作为验算荷载, 两侧翼板处按底板处的 1/2 考虑。

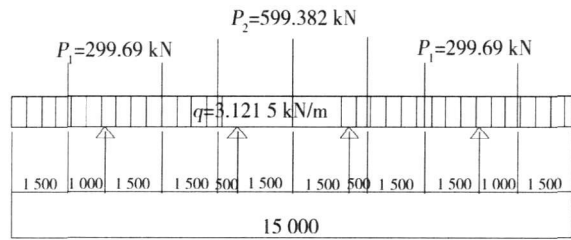


图 6 钢箱梁计算简图

Fig 6 Calculation diagram of steel box girder

根据计算书可知钢箱梁内力最大弯矩  $M_{\max} = 333 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,  $Q_{\max} = 689 \text{ kN}$  位置在 B 和 C 支座处, 支座最大反力  $R_{\max} = 993.77 \text{ kN}$ ,  $M_{\max} = 123 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

钢箱梁强度 (拉应力) 验算:

$\sigma_l = M/W = 109.68 \text{ MPa} \leq [\sigma_l] = 170 \text{ MPa}$  所以, 钢箱梁强度满足要求。

5 钢管桩受力检算

5.1 钢管桩强度验算

根据计算出的钢箱梁支座处最大支撑反力为钢管桩顶部的竖向荷载, 钢管桩采用直径为 529 mm, 壁厚 10 mm 的 Q235 钢管, 钢管桩最长按  $L = 3.31 \text{ m}$  计, 其自重为  $G = 4.15 \text{ kN}$ , 截面积  $A = 0.0163049 \text{ m}^2$ , 极惯性矩  $I = 1.0984 \times 10^3 \text{ m}^4$ ,  $\lambda = 6.3\%$ 。钢管的最大轴向力为  $N = 994 \text{ kN}$ ,  $M = 123 \text{ kN} \cdot \text{M}$ 。

钢管强度及稳定性验算:  $\sigma_{\max} = N + G / (\phi A) + M / (W) = 97.7 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 325 \text{ MPa}$  此结果完全能够满足强度要求。

钢管截面拉应力验算:  $\sigma_l = M/W = 29.62 \text{ MPa} \leq [\sigma_l] = 200 \text{ MPa}$  此结果完全能够满足强度要求。

5.2 钢管柱的受压稳定性

当立柱高度超过 6 m, 纵向布设水平拉杆或斜支撑, 保证结构稳定性。拉杆、斜支撑布置位置见图 7。拉杆、斜支撑与立柱的连接为固结, 采用脚焊缝焊接。为保证立柱钢管不受破坏, 在连接部位加焊 10 mm 厚钢板。计算自由长度取 12 m, 计算简图见图 7。

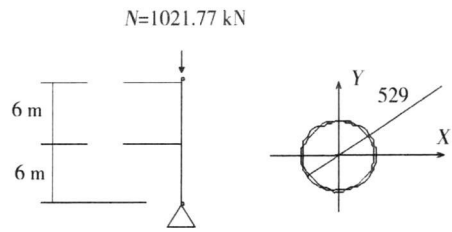


图 7 钢管立柱计算简图

Fig 7 Steel column calculation diagram

钢管惯性矩  $i = 2.83 \times 108 \text{ mm}^4$ , 长细比  $\lambda = 12/0.185 = 64.8$  稳定性系数查表得:  $\varphi = 0.958$ ,  $\mu = 0.99$  钢管的最大压力:  $N = 1021.77 \text{ kN}$ 。假设有 8 cm 的偏心, 偏心受压弯矩  $M = 81.742 \text{ kN} \cdot \text{m}$ , 钢管截面积  $A = 16304.9 \text{ mm}^2$ , 钢管抗弯截面系数  $W = 4.17469 \times 10^6 \text{ mm}^3$ , 则  $\sigma = n / (\phi A) + M / (W) = 88.341 \text{ MPa} < 190/2 = 95 \text{ MPa}$  符合要求。

6 支架预压

6.1 预压方法

预压重量为设计荷载 (箱梁自重、内外模板重量及施工荷载之和) 的 120%。加载时按照设计荷载的 30%、60%、100% 和 120%、分 4 级加载, 测出各测点加载前后的高程。加载 120% 后所测数据与加载前所测数据支架日沉降量小于 2.0 mm (不含测量误差) 时, 表明地基及支架已基本沉降到位, 可进行卸载, 再分别按加载级别卸载, 并分别测出每级荷载下各测点的高程值。

加载材料使用混凝土预制块、用吊车吊至支架, 分层码放, 均匀加载。加载中由技术人员现场控制加载重量和位置, 避免出现大的误差。

6.2 预压测量方法

在底模和基础顶面设置测点, 在梁的 1/4 跨、跨中、3/4 跨设 3 排, 每排 4 个测点。加载前测量各测点的高程, 在加载 30%、60%、100% 和 120% 后每天上下午均要复测各控制点标高一次。当加载 120% 后, 所测数据显示支架日沉降量小于 2.0 mm (不含测量误差) 时, 表明地基及支架已基本沉降到位, 可进行卸载, 否则还须持荷进行预压, 直到地基及支架沉降符合以上要求为止。卸载后测量各测点的高程, 根据测得数据进行计算, 并分析各对应情况下的塑性变形量和弹性变形量, 据之对立模标高进行调整。

6.3 预压数据分析

通过对多孔箱梁的预压数据分析, 对预拱度设置提供了可靠的参考依据, 预压数据见表 2。

表 2 预压变形量统计表  
Table 2 Pre- press deformation table

序号	部位	基础类型及排架 高度、跨度	荷载等级及 加载方式	地质情况	弹性变形 /mm	非弹性变 形 /mm
1	跨中	扩大基础, 2 m, 4 m	1 2 混凝土块	表层为粉质黏土、硬塑、II 级, 厚度 2~ 6 m承载力 150 kPa	5 65	1 93
	1/4				7 05	2 22
	3/4				5 71	1 75
2	跨中	挖孔桩, 4 m, 6 m	1 2 混凝土块	下卧层粉质黏土、硬塑、III级, 厚度 0~ 3 m承载力 250 kPa 持力层为泥灰岩、强风化层、 岩体破碎, 岩体完整, IV级承 载力 400 kPa	5 96	2 2
	1/4				6 64	1 54
	3/4				6 61	1 79
3	跨中	夯扩桩, 9 m, 7 m	1 2 混凝土块		10 64	9 41
	1/4				12 37	6 91
	3/4				14 82	7 02

7 结 论

客运专线 32 m 跨度简支箱梁原位现浇墩梁式支架, 支墩采用 6 排每排 4 根 Φ529 mm 钢管, 高度在 12 m 以下, 支墩强度和稳定性能够满足现浇梁施工要求。支架梁部采用 7 片贝雷架, 贝雷架合理布置, 支架梁部强度和绕度满足现浇梁施工要求。支架体系采用钢筋混凝土条型基础, 条型基础下根据不同地质情况, 可以采用扩大基础、挖孔桩和夯扩桩等形式。

支架搭设完成后必须经过预压验证, 根据预压变形数据, 用千斤顶调整底模标高, 确保客运专线箱梁线性符合设计要求。

参考文献:

[ 1] 吕秀华, 邵 清. 客运专线 900墩预制简支箱梁支架现浇施工技术 [ J]. 铁道建筑技术, 2009, 41( 6): 48- 51.  
LU X i r h u a S H A O Q i n g Passenger Line 900 Tun stent in - situ box girder simply supported precast construction technology[ J]. Railway Construction Technology, 2009, 41( 6): 48- 51.

[ 2] 王万文. 现浇箱梁支架结构验算在桥梁施工监控中的

应用 [ J]. 内蒙古公路与运输, 2008, 32( 8): 78- 80

WANG W anwen Application of check of cast in place box girder construction in bridge construction[ J]. Highways& Transportation in InnerM ongolia 2008, 32( 8): 78 - 80

[ 3] 陈天庆. 现浇箱梁支架设计与施工 [ J]. 科协论坛, 2008 ( 7) ( 下 ): 18- 22  
Chen Tian- qing Stent design and construction of cast in place box girder[ J]. CAST Forum 2008 Seventh ( Part Two): 18- 22

[ 4] 李松报, 李陆平. 溧水特大桥连续梁支架现浇法施工技术 [ J]. 铁道标准设计, 2008, 42( 4): 34- 36  
LI Song-bao LI Lur-ping Continuous beam bridge construction technology of the N ieshui stent in - situ method [ J]. Railway Standard Design. 2008, 42( 4): 34- 36

[ 5] 吴毅荣. 现浇箱梁跨路支架施工方案 [ J]. 民营科技, 2008 13( 9): 85- 88  
WU Y i r o n g Stand- situ box girder cross- road construction plan[ J]. Private S& amp 2008, 13( 9): 85- 88

[ 6] 许翼客. 运专线双线简支箱梁技术与经济分析 [ J]. 铁路工程造价管理, 2008, 22( 8): 102- 105.  
XU Y i k e Techno - economic analysis of double track simple girders on passenger dedicated lines[ J]. Railway Engineering CostM anagement 2008, 22( 8): 102- 105.