

时速 350 公里客运专线铁路无碴轨道常用跨度梁

技 术 交 底 报 告

中铁工程设计咨询集团有限公司

2006 年 6 月

目 录

第一部分	概述.....	1
第二部分	设计情况介绍.....	1
一、	主要规范、技术条件、适用范围及结构类型.....	1
1、	主要规范、技术条件.....	1
2、	适用范围.....	2
3、	时速 350 公里客运专线铁路常用跨度梁已发布图纸.....	2
二、	主要设计原则及设计技术参数.....	5
1、	设计荷载.....	5
2、	梁体变形及自振频率限值.....	5
3、	主要设计指标.....	5
4、	结构形式:	7
三、	材料.....	7
1、	混凝土:	7
2、	预应力体系:	7
3、	钢筋.....	7
4、	防水层.....	7
5、	泄水管.....	7
6、	支座.....	7
四、	主要设计特点.....	8
1、	动力性能分析.....	8
2、	线形控制.....	8
3、	耐久性设计.....	8
五、	结构构造.....	9
1、	梁端支承长度的优化.....	9
2、	进入孔方案:	9
3、	梁端构造:	9
第三部分	制梁过程中应注意的事项.....	10
一、	关于预应力的调整.....	10
二、	关于箱梁耐久性指标的保证措施.....	10
1.	原材料检验.....	10
2.	钢筋绑扎.....	11
3.	模板.....	11
4.	拆模.....	11
5.	预施应力.....	11
6.	管道压浆.....	12

7.	预埋件	12
8.	桥梁伸缩缝	13
9.	封锚	13
三、	关于箱梁的吊装、存放、运输和架设	13
四、	挂篮悬臂浇筑施工连续梁施工注意事项	14
五、	其他	17
1.	防撞墙	17
2.	电缆槽	17
3.	接触网支柱	17
4.	人行道挡板及声屏障	18
5.	通风孔的设置	19
6.	桥上排水系统	19
7.	梁底泄水孔的设置	19
8.	检查孔的设置	19
9.	综合接地措施:	19
10.	吊装孔的设置	19
11.	结构外形	20
12.	防落梁措施	20
13.	通信信号电缆过轨预留孔	20

第一部分 概述

客运专线铁路与我国既有铁路相比，具有速度高、对线路平顺性要求高等特点，要求其下部结构物具有较大的抗弯和抗扭刚度，整孔简支箱梁具有受力简单、明确、形式简洁、外形美观、抗弯和抗扭刚度大，建成后的桥梁养护工作量以及噪音小等优点，在许多国家的高速铁路建设中得到了广泛应用。

我国现阶段客运专线设计速度均在 200km/h 以上，大量采用了简支箱梁结构，已建设成功的秦沈客运专线大量采用了双线整孔和单线并置简支箱梁，秦沈客运专线桥梁设计始于 1998 年，当时由于国内首次进行设计时速 200 公里以上客运专线铁路桥梁设计，缺乏资料和经验，特别是大吨位整孔预制箱梁，从设计、制造、架设等各方面均为全新课题。在部有关部门的大力支持下开展了多项科研试验研究工作，科研项目的开展对设计工作起到了很好的指导作用，对设计理论进行了验证，也为今后客运专线铁路整孔箱梁设计提供了大量的实测资料。

时速 350 公里客运专线整孔箱梁设计，在总结秦沈客运专线简支箱梁设计与施工经验的基础上，2002 年部科技司立项开展了进一步的科研和试验工作，2003 年 2 月完成了“高速铁路常用跨度简支箱梁结构优化设计研究”课题(2002G007)，该课题主要优化了简支箱梁梁端的支撑长度、进入孔的方案和顶落梁的措施等，并通过了部科技司组织的审查，为时速 350 公里客运专线铁路简支箱梁的设计奠定了基础。

第二部分 设计情况介绍

一、 主要规范、技术条件、适用范围及结构类型

1、 主要规范、技术条件

- (1)《京沪高速铁路设计暂行规定》铁建设【2004】157 号。
- (2)《铁路桥涵设计规范》(TB10002.1~TB10002.5-2005)。
- (3)《铁路工程抗震设计规范》(GB50111-2005)。

- (4) 《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》铁建设[2005]157 号。
- (5) 《客运专线预应力混凝土预制梁暂行技术条件》。
- (6) 《客运专线铁路桥涵用高性能混凝土技术条件》。
- (7) 《客运专线桥梁混凝土桥面防水层暂行技术条件》。
- (8) 《客运专线桥梁伸缩装置暂行技术条件》。
- (9) 《客运专线铁路桥涵工程施工技术指南》TZ213-2005。
- (10) 《客运专线铁路桥涵工程施工质量验收暂行标准》铁建设[2005]160 号。
- (11) 《铁路混凝土工程施工质量验收补充标准》铁建设[2005]160 号。
- (12) 《客运专线无碴轨道铁路设计指南》铁建设函[2005]754 号。

2、适用范围

- (1) 设计速度：设计最高运行速度 350km/h。
- (2) 线路情况：双线，直、曲线，最小曲线半径 7000m，正线线间距为 5.0m。
- (3) 环境：一般大气条件下无防护措施的地面结构，环境类别为碳化锈蚀环境 1 级和 2 级。
- (4) 设计正常使用年限：正常使用条件下梁体结构设计使用寿命为 100 年。
- (5) 施工方法：适用于工地集中预制、架桥机架设施工。
- (6) 地震烈度：适用于设防烈度 8 度及以下地区。

3、时速 350 公里客运专线铁路常用跨度梁已发布图纸

时速 350 公里客运专线常用跨度桥梁及配套的设计图纸总计 80 套，其中已发布图纸 21 套，已发布图纸明细如下：

表 1 已发布时速 350 公里客运专线铁路桥梁梁部通用图图号表

序号	图号	图 名	发布文号	说明	
1	通桥（2005）2321-II	有碴轨道 32m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁	经规标准[2005]99 号	预制	双线 直曲线、 线间距 5.0m
2	通桥（2005）2321-V	有碴轨道 24m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁 （与 32m 简支梁等高）	经规标准[2005]99 号	预制	
3	通桥（2005）2321-VI	有碴轨道 32m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁	通过审查	现浇	
4	通桥（2005）2367-I	有碴轨道 32+48+32m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]99 号	现浇	
5	通桥（2005）2322-I	无碴轨道 24m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁	经规标准[2005]117 号	预制	
6	通桥（2005）2322-II	无碴轨道 32m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁	经规标准[2005]99 号	预制	
7	通桥（2005）2322-III	无碴轨道 40m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁	通过审查	现浇	
8	通桥（2005）2322-IV	无碴轨道 20m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁 （与 24m 简支梁等高）	经规标准[2005]117 号	预制	
9	通桥（2005）2322-V	无碴轨道 24m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁 （与 32m 简支梁等高）	经规标准[2005]117 号	预制	
10	通桥（2005）2322-VI	无碴轨道 32m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁	经规标准[2006]44 号	现浇	
11	通桥（2005）2322-VII	无碴轨道 24m 后张法预应力混凝土双线简支箱梁 （与 32m 简支梁等高）	经规标准[2006]76 号	现浇	

12	通桥（2005）2342-I	无碴轨道 2×24m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]117 号	现浇	
13	通桥（2005）2342-II	无碴轨道 3×24m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]117 号	现浇	
14	通桥（2005）2342-III	无碴轨道 2×32m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]117 号	现浇	
15	通桥（2005）2342-IV	无碴轨道 3×32m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]117 号	现浇	
16	通桥（2005）2342-V	无碴轨道 2×40m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]117 号	现浇	
17	通桥（2006）8388	客运专线铁路常用跨度桥梁桥面附属设施	经规标准[2005]63 号	栏杆、遮板、挡板、电缆槽竖墙、盖板、伸缩缝、防排水系统、综合接地布置、配件	
18	通桥（2005）2368-II	无碴轨道 40+56+40m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]99, 号	悬臂现浇	双线 直曲线、 线间距 5.0m
19	通桥（2005）2368-III	无碴轨道 40+64+40m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]99 号	悬臂现浇	
20	通桥（2005）2368-IV	无碴轨道 48+80+48m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]99 号	悬臂现浇	
21	通桥（2005）2368-V	无碴轨道 60+100+60m 现浇预应力混凝土连续梁	经规标准[2005]117 号	悬臂现浇	
22	通桥（2005）2302-I	无碴轨道 16m 后张法预应力混凝土双线简支 T 梁	经规标准[2005]99 号	分片预制、桥位横向连接	
23	通桥（2005）8356	客运专线铁路桥梁盆式橡胶支座	经规标准[2005]120 号	支座类型 KTPZ	

二、 主要设计原则及设计技术参数

1、 设计荷载

列车竖向活载计算采用 ZK 活载。

无碴轨道桥梁二期恒载重量包括钢轨、扣件、轨道板、CA 砂浆垫层、混凝土基座等线路设备重，以及防水层、保护层、人行道栏杆或声屏障、防撞墙、电缆槽盖板及竖墙等附属设施重量。

本图预应力钢束及结构环框受力检算暂按二期恒载为 184kN/m 的情况设计，其中无碴轨道结构重量按 90kN/m 计算。图纸应用时，应根据实际的二期恒载值合理调整预应力钢束布置和张拉力以及普通钢筋配置。

2、 梁体变形及自振频率限值

梁体变形限值

(1) 在 ZK 活载静力作用下，梁体竖向挠度 Δ 限值如下：

当跨度 $24\text{m} < L \leq 40\text{m}$ 时， $\Delta \leq L/1500$ 。

(2) 在 ZK 活载静力作用下，梁端竖向折角不大于 1‰。

(3) 在列车横向摇摆力、离心力、风力和温度的作用下，梁体的水平挠度应小于或等于梁体计算跨度的 1/4000。

(4) 以一段 3m 长的线路为基准，ZK 活载作用下，一线两根钢轨的竖向相对变形量不大于 1.5mm；实际运营列车作用下，一线两根钢轨的竖向相对变形量不大于 1.2mm。

(5) 轨道铺设后，无碴桥面梁的徐变上拱值不大于 10mm。

竖向自振频率：

简支梁竖向自振频率不应低于下列限值：

$$L_{\phi} \leq 40\text{m 时} \quad n_0 = 120/L_{\phi}$$

3、 主要设计指标

结构设计主要静力设计指标均满足《铁路桥涵设计规范》(TB10002.1 ~ TB10002.5) 的有关规定。其主要设计指标见表 2。

表 2 主要设计指标

顺号	项目	检算条件		控制条件
01	设计安全系数	强度安全系数	预制结构	$K \geq 2.0$
			现浇结构	$K \geq 2.2$
02		抗裂安全系数		$K_f \geq 1.2$
03	钢筋应力 Mpa	预加应力时锚下钢束控制应力		$\sigma_{con} \leq 0.75f_{pk}$
04		传力锚固时钢束控制应力		$\sigma_p \leq 0.65f_{pk}$
05		运营荷载下钢束应力		$\sigma_p \leq 0.60f_{pk}$
06		疲劳荷载作用下钢束应力幅		$\Delta \sigma_p \leq 140$
07		疲劳荷载作用下带肋钢筋应力幅		$\Delta \sigma_s \leq 150$
08	混凝土应力 Mpa	传力锚固时混凝土压应力		$\sigma_c \leq 0.75f'_c$
09		传力锚固时混凝土拉应力		$\sigma_{ct} \leq 0.70f_{ct}'$
10		运营荷载下混凝土压应力		$\sigma_c \leq 0.50f_c$
11		运营荷载下混凝土拉应力		$\sigma_{ct} \leq 0$
12		运营荷载下混凝土最大剪应力		$\tau_c \leq 0.17 f_c$
13		抗裂荷载下混凝土主拉应力		$\sigma_{tp} \leq f_{ct}$
14		抗裂荷载下混凝土主压应力		$\sigma_{cp} \leq 0.60f_c$

4、结构形式:

- (1) 截面类型为单箱单室简支箱梁, 梁端顶板、腹板、底板局部向内侧加厚。
- (2) 桥面宽度: 防撞墙内侧净宽 9.4m, 桥面板宽 13.4m, 桥梁建筑总宽 13.8m。
- (3) 主要结构尺寸参数见设计图纸

三、材料

1、混凝土:

梁体混凝土 C50, 封锚混凝土 C50, 通用参考图中无砟轨道梁防撞墙间桥面保护层为 C40 钢筋混凝土, 电缆槽内保护层为 C40 纤维混凝土。纤维可采用聚炳稀纤维网, 也可采用聚炳稀晴纤维, 为确保纤维在混凝土中的均匀分布, 建议采用聚炳稀纤维网。

2、预应力体系:

预应力钢绞线采用 $1 \times 7-15.2-1860$ -GB/T 5224-2003。

后张梁锚固体系采用自锚式拉丝体系, 管道形成采用波纹管成孔或抽拔橡胶棒成孔。

3、钢筋

Q235 级钢筋应符合《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB13013), HRB335 级钢筋应符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499)。

4、防水层

通用参考图防撞墙间桥面防水层为涂料+卷材, 电缆槽内防水层为涂料型, 请详见通桥(2006)8388《客运专线铁路常用跨度桥梁桥面附属设施》图, 其技术指标及施工工艺应满足《客运专线桥梁混凝土桥面防水层暂行技术条件》。

5、泄水管

泄水管应采用 PVC 材料, 其性能应符合 GB/T10002.3 及 GB/T5836 的要求。

6、支座

采用客运专线盆式橡胶支座, 图号为通桥(2005)8356, 每孔双线梁采用固定支座、纵向活动支座、横向活动支座、多向活动支座各一个。

四、 主要设计特点

由于客运专线列车运行速度较高,要求线下结构提供的刚度较大,因此客运专线桥梁设计特点是:在保证桥梁结构强度和抗裂性能满足安全的前提下,重点在桥梁的动力性能分析、线形控制和耐久性设计三方面进行设计研究。

1、 动力性能分析

由于桥梁结构在机车、车辆活载下的动力响应分析与车辆性能、轨道平顺性、结构刚度等因素有关,而我国尚缺乏高速铁路实测机车车辆性能及轨道不平顺参数,同时高速铁路采用的机车车辆类型还未最后确定,因此动力仿真计算根据不同设计条件进行。

为确保数据的可靠性,不同阶段设计中各种结构的动力特性分析均经过两家以上科研单位的共同计算分析形成结论。

2、 线形控制

高速列车要求下部结构具有较高的平顺性,为保证线路的平顺性,设计时力求降低梁体的徐变拱度。由动力仿真计算确定梁的基本刚度后,应尽量减少徐变拱度的终极值。而梁体徐变拱度的变化,是与梁体自重挠度、预加应力产生的拱度、二期恒载产生的挠度以及预加应力与二期恒载上桥时间密切相关的。影响预应力混凝土梁徐变上拱的因素较多,有设计、施工、环境等等。

3、 耐久性设计

在客运专线桥梁设计中,结构的耐久性设计给予了高度重视。特别是在高速铁路桥梁设计中明确提出了桥梁结构设计寿命为 100 年的目标。

为提高结构耐久性,主要采取以下措施:

- (1) 采用高性能混凝土,严格控制混凝土配合比及外加剂的掺量与品质,控制混凝土在入模、拆模、蒸气养护、自然养护时的温度指标及养护时间;
- (2) 进行碱活性试验,防止碱骨料反应发生;
- (3) 严格控制预应力梁的后期徐变变形,保证各类梁在各种不利因素影响后有足够的抗裂安全储备;
- (4) 加大普通钢筋保护层厚度,采用与梁体同寿命的垫块;
- (5) 提高对管道灌浆材料性能要求,加强对预应力筋及锚头的保护措施;
- (6) 加强结构预埋件的防腐处理;
- (7) 加强桥面防排水措施,梁端设置防排水伸缩装置。并选择方便施工、耐久性能优良

的防水材料。

五、 结构构造

1、 梁端支承长度的优化

现代桥梁合理的梁端构造除了应满足结构的受力要求外，还必须考虑便于在运营期间的检查、维修，同时应满足各种施工方法实施的可能性。

2、 进入孔方案：

为方便养护维修人员检查维修，梁端需设置进入孔。客运专线铁路常用跨度梁从不影响底板预应力筋的布置，减小对梁端的削弱，结构外型美观影响较小等角度出发，采用梁端底板中部开槽方案，在相邻两孔梁的底板中部设置槽口，两个槽口相对形成进入孔，梁端开槽位置与桥墩顶面设置的槽口相对应，检查维修时可从此处进入梁体，并可进行顶梁、支座检查、维修等工作。

3、 梁端构造：

影响梁端构造尺寸的因素较多，对整孔简支箱梁不仅要考虑在运营荷载下结构的受力性能，结构的系列化和全桥的外型、景观效果，还有很多施工控制因素需要考虑，如自动化内膜要求的构造空间、顶梁及吊梁时要求的隔墙尺寸、施工架设过程中支点的平整效应等。时速 350 公里客运专线通用图设计，梁端采用端截面渐变的方式，满足受力要求，并最大限度地提供内模操作空间。

第三部分 制梁过程中应注意的事项

一、关于预应力的调整

1、由于目前桥上无碴轨道结构恒载没有最终确定，本图预应力钢束及结构环框受力检算暂按二期恒载为 184kN/m 的情况设计，其中无碴轨道结构重量按 90kN/m 计算。图纸应用时，应根据实际的二期恒载值合理调整预应力钢束布置和张拉力以及普通钢筋配置。

2、生产初期，各梁厂对每种跨度应至少对两孔梁进行管道摩阻、喇叭口摩阻、锚口摩阻等预应力瞬时损失测试，同时要提供所采用锚具的锚具回缩量，供设计计算由于管道摩阻、喇叭口摩阻和锚具回缩造成的预施应力损失，以便调整张拉力，保证预施应力的准确性。

二、关于箱梁耐久性指标的保证措施

1. 原材料检验

为提高结构耐久性，混凝土材料的选定及工艺应结合桥梁所处环境，采用性能指标满足环境要求的高性能混凝土。混凝土耐久性指标应符合《客运专线铁路桥涵高性能混凝土技术条件》的各项规定，施工工艺参考《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》并满足“客运专线预应力混凝土预制梁暂行技术条件”要求。

选用的原材料应有供应商提供的出厂检验合格证书，并按有关检验项目、批次规定，严格实施进场检验。

技术条件中对水泥、粗、细骨料、外加剂、各种配件等均提出了明确要求，如：

- (1) 水泥应采用品质稳定、强度等级不低于 42.5 级的低碱硅酸盐或低碱普通硅酸盐水泥，水泥熟料中 C_3A 含量应不大于 8%；在强腐蚀环境下不应大于 5%；混合材仅限于磨细矿渣粉或粉煤灰。
- (2) 细骨料应采用硬质洁净的天然河砂，细度模数为 2.6 ~ 3.0，含泥量不应大于 2%。
- (3) 粗骨料应为坚硬耐久的碎石，压碎指标应不大于 10%，母岩抗压强度与梁体混凝土设计强度之比应大于 2；含泥量不应大于 0.5%，针片状颗粒含量不应大于 5%。
- (4) 外加剂、掺合料以及各种配件、附属设施材料均应满足“客运专线预应力混凝土预制梁暂行技术条件”要求。

2. 钢筋绑扎

- (1) 梁体钢筋应整体绑扎, 先进行底板及腹板钢筋的绑扎, 然后进行顶板钢筋的绑扎, 梁体钢筋与预应力钢筋相碰时, 可适当移动梁体钢筋或进行适当弯折。
- (2) 梁体钢筋最小净保护层除顶板顶层为 30mm 外, 其余均为 35mm, 且绑扎铁丝的尾段不应伸入保护层内。
- (3) 京津城际无碴轨道整孔箱梁桥面垫层与梁体混凝土一同灌注, 顶面钢筋根据修改后的图纸确定, 施工中应注意钢筋位置的准确性。
- (4) 所有梁体预留孔处均增设相应的环状钢筋; 桥面泄水孔处钢筋可适当移动, 并增设螺旋筋和斜置的井字形钢筋进行加强;
- (5) 施工中为确保腹板、顶板、底板钢筋的位置准确, 应根据实际情况加强架立钢筋的设置, 可采用增加架立筋数量或增设 W 形或矩形的架立钢筋等措施。
- (6) 为保证钢筋净保护层厚度, 在模板和钢筋之间应采用与梁体同等寿命同强度的高强混凝土的垫块, 为提高垫块的握裹力和稳定性, 建议采用倒圆锥带钢筋限位槽的高性能混凝土垫块, 垫块每平方米不少于 4 个, 并呈梅花型均匀布置。

3. 模板

模板应有足够的刚度以保证结构尺寸, 同时应根据梁体压缩量的理论计算值及统计数据设置预留压缩量。模板制作时应注意倒角的构造特别是梁端倒角的构造。底模及侧模应注意反拱的设置, 以保证线路在运营状态下的平顺性。

4. 拆模

- (1) 拆模时的混凝土强度应达到设计强度的 60% 以上; 梁体混凝土芯部与表层、箱内与箱外、表层与环境温差均不宜大于 15°C , 并应保证梁体棱角完整。
- (2) 拆除端模后, 松开内模进行预张拉, 待梁体进行初张拉后移出内模, 外模可在顶梁时拆除。
- (3) 气温急剧变化时不宜拆模。

5. 预施应力

后张梁预施应力应按预张拉、初张拉和终张拉三个阶段进行。

- (1) 预应力束张拉前, 应清除管道内的杂物和积水。带模预张拉时, 模板应松开, 不应

对梁体压缩造成阻碍。

- (2) 初张拉应在梁体混凝土强度达到设计值 80%后进行。初张拉后, 梁体方可吊出台位。
- (3) 终张拉应在梁体混凝土强度及弹性模量达到设计值后、龄期不少于 10 天时进行。
- (4) 预施力应采用两端同步张拉, 并左右对称进行, 最大不平衡束不应超过 1 束, 张拉顺序按照图纸要求进行。预施应力采用双控措施, 张拉过程中应保持两端的伸长量基本一致。
- (5) 预施应力值以油压表读数为主, 以预应力筋伸长值进行校核。

为控制梁体线形, 施工中应特别注意预施应力应根据桥梁承受的不同荷载进行调整, 如直、曲线; 有、无声屏障; 轨道板形式以及是否增设吸音材料等。

6. 管道压浆

终拉完成后, 宜在两天内进行管道压浆。压浆材料及工艺应满足"客运专线预应力混凝土预制梁暂行技术条件"的各项规定。压入管道的水泥浆应采用高速搅拌设备进行施工, 搅拌机的转速不低于 1000r/min, 浆叶的最高线速度限制在 15m/s 以内, 以保证管道饱满密实。高性能无收缩灌浆剂的技术指标应满足《后张预应力管道灌浆材料技术条件》的要求。

7. 预埋件

所有预埋件应位置准确, 预埋钢板应保持平整, 预埋钢筋应绑扎牢固, 预埋钢筋包括防撞墙、接触网支柱基础、电缆槽竖墙、综合接地等。

为保证结构耐久性, 应根据预埋件所处位置进行相应的防腐处理。

- (1) 支座预埋钢板、套筒、防落梁预埋钢板及螺栓、接触网支柱预埋钢板采用多元合金共渗+封闭层处理;
- (2) 接触网支柱预埋螺栓及其它部位的预埋螺母采用多元合金共渗+达可乐+封闭层处理;
- (3) 防落梁挡板采用渗锌处理。

所有防腐处理均为三级防护, 渗层厚度 $\geq 50 \mu\text{m}$, 达可乐涂层厚度 $6 \sim 8 \mu\text{m}$, 封闭层厚度为 $5 \sim 8 \mu\text{m}$ 。其防腐涂层工艺及检验方法应满足《钢铁制件粉末渗锌》JB/T5067-99、《钢铁制件多元合金共渗》Q/SOJC 4-2005、《锌洛涂层技术条件》GB/T18684-2002, 《磁性金属基体上磁性覆盖层厚度测量磁性法》GB/T4956-1985、《人造气氛中的腐蚀试验 盐雾试验》GB/T10125-1997。

应注意套筒硬度与螺栓性能等级相一致。

8. 桥梁伸缩缝

为使桥面排水系统在桥面接缝处连续,梁体就位后在梁端接缝处设置伸缩装置。对无碴轨道桥梁,伸缩缝安装在梁端保护层内,通过保护层构造钢筋进行锚固。当有中继站电缆上桥时,应在桥面板开槽处断开伸缩缝。伸缩缝的材料及安装工艺等应符合"客运专线铁路桥梁伸缩缝技术条件"要求。

9. 封锚

为提高结构的耐久性,梁体封锚采用锚穴方式,以减小封锚混凝土体积。封锚前应对锚穴进行凿毛处理,并利用一端带钩一端带有螺纹的短钢筋安装于锚垫板螺栓孔,与锚穴内钢筋网绑扎在一起,保证封端混凝土与梁体连为一体。封锚后进行防水处理,锚穴外侧涂刷防水涂料。

三、 关于箱梁的吊装、存放、运输和架设

1、我国在秦沈客运专线的建设中,大吨位架桥机已经得到了成功应用,架桥机最大架设吨位达到了 600t,取得了宝贵经验,但时速 350 公里客运专线铁路简支箱梁最大吊重为 818t,秦沈客运专线架桥设备已不能满足高速铁路运架梁需要,因此在高速铁路箱梁结构设计的同时,国内多家架桥机研制单位已开始进行了 900 吨级高速铁路架桥机的研制,到目前为止,已有架桥完成了型式试验,能够满足架设 32m 双线整孔箱梁的需要。

由于架设吨位的增大,对施工架设时的指标控制更加严格。但各架桥机结构形式不一,对桥梁的作用也各不相同,为保证结构在架设过程中的安全性,必须对所架梁型和所通过的结构进行运梁车及架桥机施工荷载检算。架设过程中注意以下几点:

- (1) 后张梁终张拉完成并且管道内浆体强度达到设计强度后方可进行运架梁施工。
- (2) 在存梁、吊梁、运梁过程中,应保证各吊点或支点受力均匀,各种工况下,梁体四支点应位于同一平面,误差不应大于 2mm,同时架桥机拖拉架梁时被架梁体前后支点高差不应大于 100mm。
- (3) 采用整孔预制整孔架设的施工方法,施工荷载的检算按先架后铺的方式检算,抗裂安全系数大于 1.1,强度安全系数大于 1.8。
- (4) 支座安装工艺应满足“铁路客运专线桥梁盆式橡胶支座”通专桥(2005)8356 中安装工艺细则的各项要求。

- ① 为保证梁体架设时四支点受力均匀，落梁时应采用千斤顶控制各支座反力，应按设计位置准确落在两端作为临时支点的千斤顶上，各支反力间误差范围应小于 5%，维修养护时亦应采用同步千斤顶控制支座反力。
- ② 顶梁位置应设在腹板以下或靠近梁端支座内侧，当在支座内侧顶梁时，对 32m 梁千斤顶横向中心距 $\geq 2.9\text{m}$ ，对 24m 梁千斤顶横向中心距 $\geq 3.2\text{m}$ ，纵向距梁端距离为 0.75m。顶梁时应在千斤顶上加垫 $600 \times 600 \times 40\text{mm}$ 厚的钢板，顶梁过程应缓慢进行，防止因千斤顶受力不均造成梁体侧翻或损坏。
- ③ 支承垫石顶面与支座底面间隙应控制在 20~30mm，锚栓孔及支承垫石顶面与支座底面间隙应采用注浆填实。临时支点拆除前，严禁架桥机过孔；临时支点拆除时，注浆材料的强度不应小于 20.0MPa。
- ④ 注浆材料的 28d 抗压强度不应小于 50MPa，弹性模量不应小于 30GPa；24h 抗折强度不应小于 10MPa；浆体水灰比不宜大于 0.34，且不得泌水，流动度不应小于 320mm，30min 后流动度不应小于 240mm；标准养护条件下浆体 28d 自由膨胀率为 0.02~0.1%。
- ⑤ 当有特殊要求时，注浆材料可采用早强快硬材料。常温条件下，注浆材料 2h 抗压强度不宜小于 20MPa，56d 抗压强度不应小于 50MPa。
- ⑥ 在没有可靠保温措施、注浆材料低温性能未进行试验验证时，严禁在负温条件下进行注浆施工。

（5）存梁、吊装及运输支点

梁体在各种工况下的吊点及支点距梁端距离应满足下列要求：

- ① 吊点设在梁端腹板内侧，吊点面积不小于 $460 \times 380\text{mm}$ ；
- ② 存梁支点应设置在梁腹板下，距梁端距离 $\leq 1.5\text{m}$ ；
- ③ 运输支点应设置在梁腹板下，距梁端距离 $\leq 3.0\text{m}$ 。

四、挂篮悬臂浇筑施工连续梁施工注意事项

（一）、各中墩采取临时锚固措施，临时锚固措施应能承受中支点处最大不平衡弯矩及相应竖向支反力，其材料及构造由施工单位定。

（二）、悬臂施工时，理论上宜完全对称浇筑，如混凝土泵送有困难而难以实现时，应控制两端混凝土灌注不平衡重不超过 20 吨。

（三）、梁段悬灌时，与前段混凝土结合面应予凿毛并清洗干净，纵向非预应力钢筋

采用搭接，本梁采用三向预应力体系，由于钢筋、管道密集，如钢绞线、精轧螺纹钢等管道、普通钢筋发生冲突时，允许进行局部调整，调整原则是先普通钢筋，后精轧螺纹钢，然后是横向预应力钢筋，保持纵向预应力钢筋管道位置不动。灌筑梁段混凝土时应水平分层，一次整体灌筑成型，当混凝土自流高度大于 2m 时，必须用溜槽或导管输送，同时应注意加强捣固，不得存在空洞或漏捣。

(四)、钢束管道位置用定位钢筋固定，定位钢筋牢固焊接在钢筋骨架上，如管道位置与骨架钢筋相碰时，应保证管道位置不变，仅将钢筋稍加移动。定位筋基本间距不大于 0.6m，并应保证管道位置正确。锚具垫板及喇叭管尺寸正确，喇叭管的中心线要与锚具垫板严格垂直，喇叭管和波纹管的衔接要平顺，不得漏浆，并杜绝堵孔道。

(五)、压浆管道设置，对腹板束、顶板束在 0 号段管道中部设三通管，中跨底板在合拢段横隔板附近管道设三通管，边跨底板束在距支座约 10m 附近管道设三通管，钢束长超过 60m 的按相距 20m 左右增设一个三通管，以利于排气，保证压浆质量。

(六) 钢筋绑扎

梁体钢筋应整体绑扎，先进行底板及腹板钢筋的绑扎，然后进行顶板钢筋的绑扎，当梁体钢筋与预应力钢筋相碰时，可适当移动梁体钢筋或进行适当弯折。梁体钢筋最小净保护层除顶板顶层为 30mm 外，其余均为 35mm，绑扎铁丝的尾段不应伸入保护层内。所有梁体预留孔处均增设相应的环状钢筋；桥面泄水孔处钢筋可适当移动，并增设斜置的井字型钢筋进行加强；施工中为确保腹板、顶板、底板钢筋的位置准确，应根据实际情况加强架立钢筋的设置，可采用增加架立筋数量或增设 W 型或矩形的架立钢筋等措施。当采用垫块控制净保护层厚度时，垫块应采用与梁体同等寿命的材料，且保证梁体的耐久性。

(七) 预应力筋张拉

1. 预施应力分阶段一次张拉完成。

2. 张拉应在梁体混凝土强度及弹性模量达到设计值的 100%后进行，且必须保证张拉时梁体混凝土龄期大于 5 天。

3. 预施力应采用两端同步张拉，并左右对称进行，最大不平衡束不应超过 1 束，张拉顺序先腹板束，后顶板束，从外到内左右对称进行。各节段先张拉纵向再竖向再横向，并及时压浆。预施应力采用双控措施，预施应力值以油压表读数为主，以预应力筋伸长值进行校核。预施应力过程中应保持两端的伸长量基本一致。

4. 预应力钢束及粗钢筋在使用前必须作张拉、锚固试验，应进行管道摩阻、喇叭口摩阻等预施力瞬时损失测试，以保证预施应力准确。

（八）管道压浆

1. 张拉完成后，应在两天内进行管道压浆。压浆材料及工艺应满足《客运专线预应力混凝土现浇梁暂行技术条件》和《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》的各项规定。

2. 压浆前管道内应清除杂物及积水。压入管道的水泥浆应饱满密实。

3. 水泥浆搅拌结束至压入管道的时间间隔不应超过 40min。

4. 冬季压浆时应采取保温及其它相应措施。

（九）施工线形控制

1. 本图提供的挠度值为设计理论值，施工时出现实测挠度与设计值不同时，应及时通知设计单位，研究调整措施。

2. 本图提供的挠度值为各施工阶段的恒载、预应力和混凝土收缩、徐变产生的挠度累积之和，未包括墩台变形、变位及温度变化产生的挠度。

3. 本图挠度值是依据各种荷载的设计值进行的，如实际荷载与设计值不同，则应重新计算挠度值。

4. 铺设无碴轨道时梁体的实测线形与设计线形的偏差：上拱不大于 10mm，下挠不大于 20mm。

（十）合拢段施工要求：

1. 施工单位拟定合拢段的施工组织方案后，应提交设计单位审核，在得到设计单位确认后实施。

2. 为切实保证灌筑质量，在边、中跨合拢段应设置可靠的临时刚接措施，保证合拢段混凝土强度及弹性模量达到 100% 设计值及混凝土龄期不少于 5 天进行预应力张拉时混凝土不开裂。

3. 满足正常施工温度的条件下，合拢段混凝土浇筑时间应在一天中温度最低时，并使混凝土浇筑后温度开始缓慢上升为宜。

4. 合拢段的施工应严格按《铁路桥涵施工规范》执行。

（十一）施工时所有备用孔道均需经设计单位同意方可使用，施工完毕后，应对备用孔道进行压浆处理。

（十二）墩顶现浇段采用支架现浇法施工，施工应严格按《铁路桥涵施工规范》进行。要求支架整体具有足够强度、刚度及稳定性。在浇筑箱梁混凝土前，应对支架进行预压，预压重为箱梁自重的 120% ~ 130%，并待支架的非弹性变形消除后，方能进行箱梁混凝土

土的浇灌。灌筑混凝土应水平分层，一次整体灌筑成型，当混凝土自流高度大于 2m 时，必须用溜槽或导管输送，以保证混凝土的灌筑质量。

五、 其他

在客运专线设计中充分考虑了桥上通过和摆放的各种设施的需要。主要有电缆槽、接触网支柱基础、声屏障、人行道挡板、防水伸缩缝、综合接地预埋钢筋等。

1. 防撞墙

防撞墙采用高挡墙结构。为减轻梁体吊装重量，防撞墙在梁体吊装到桥位上后进行现场灌注，预制梁体时在防撞墙相应部位预埋防撞墙钢筋，以确保防撞墙与梁体的整体性。防撞墙每 2m 设 10mm 断缝，防撞墙下端设泄水孔并进行防水处理，即在泄水孔周围涂刷防水涂料，并将电缆槽内保护层顺坡过渡到防撞墙内侧。

2. 电缆槽

根据通信、信号、电力等专业需要，在防撞墙外侧分别设置信号槽、通信槽、电力电缆槽。电缆槽由竖墙和盖板组成。电缆槽盖板为预制结构，竖墙在梁体吊装到桥位后进行现场灌注。预制梁体时应在电缆槽竖墙相应部位预埋钢筋，使竖墙与梁体连接为一体，以保证电缆槽竖墙在桥面上的稳定性。在桥面设置接触网支柱基础及下锚拉线基础时，为保证通信电缆的通过，应注意在基础相应部位预留通信电缆通过的孔道。

施工中应特别注意：竖墙预埋钢筋的数量与桥面恒载有关，如竖墙 A 的预埋钢筋分为有声屏障和无声屏障两种情况，在考虑发展条件下，近期及远期均不设声屏障时，预埋钢筋可按不设声屏障考虑，竖墙 B 和竖墙 C 的预埋钢筋由于承受的荷载不同，布置方式不同。

电缆槽盖板，受力上考虑桥梁检查车的运营需要，施工中应注意盖板边角处钢筋保护层的设置以及盖板方向的标识，如盖板沿垂直方向设置波纹等。

3. 接触网支柱

制梁时应注意接触网支柱基础预埋钢筋和锚固螺栓的设置。由于接触网支柱跨距一般为 50m 左右，可在梁跨的 1/4、1/2、3/4 处设置，实际设置根据总体布置设置。如需在桥上设置接触网一般支柱基础，预制梁体时应在相应的位置预埋接触网锚固螺栓及加强钢筋，支柱基础混凝土可在梁体吊装到桥位后与电缆槽竖墙一同灌注。如在桥面板设置接触网锚柱，除预埋锚固螺栓及加强钢筋外，还应注意在相应位置设置下锚拉线基础预留钢筋。接触网支柱底中心荷载见表 4、表 5。荷载变化时，采用者应重新进行检算。

表 4 接触网支柱底中心荷载

荷载类型		一般支柱（B 类）	下锚支柱（A 类）
垂直力（kN）		25	120
剪力（kN）	垂直线路方向	20	20
	平行线路方向	10	5
弯矩（kN-m）	垂直线路方向	100	120
	平行线路方向	35	10

表 5 下锚拉线中心荷载

荷载类型		荷载值
上拔力（kN）		72
剪力（kN）	垂直线路方向	5
	平行线路方向	60

4. 人行道挡板及声屏障

人行道外侧设置人行道栏杆（挡板）或声屏障，人行道栏杆形式或声屏障的范围由总体单位根据桥梁所处位置确定。人行道栏杆所需遮板、人行道挡板或分体式声屏障均为预制构件，通过预留钢筋与竖墙预埋钢筋绑扎后现浇竖墙混凝土安装于桥面。在梁体设计图中给出了预埋钢筋的布置，制梁时应注意预埋钢筋的位置及数量准确，特别应注意有、无声屏障在桥上设置，桥面板的配筋及竖墙的连接钢筋不同；同时如远期预留发展有设置声屏障的可能，则应按有声屏障配置梁体钢筋及竖墙连接钢筋。人行道栏杆（挡板）或声屏障参见客运专线铁路常用跨度梁桥面附属设施图。梁体钢筋及竖墙连接钢筋设计时人行道挡板按每侧按 6.5kN/m ，声屏障按垂直力 15kN/m ，弯矩 $16.5\text{kN}\cdot\text{m/m}$ 计算，声屏障与梁体的连接暂未考虑脉动力作用。若实际采用的声屏障荷载有变化，应对声屏障的连接及梁体受力进行检算，必要时采取加强措施。

5. 通风孔的设置

在结构两侧腹板上设置直径为100mm的通风孔，通风孔距梁底距离按图纸中规定设置，纵向间距为2m。若通风孔与预应力筋相碰，应适当移动其位置，并保证与预应力钢筋的保护层大于1倍管道直径，在通风孔处应增设直径170mm的螺旋筋。

6. 桥上排水系统

根据2006年5月10日铁道部经济规划研究院在北京主持召开的客运专线铁路简支箱梁桥面排水优化方案研讨会，根据研讨会专家意见，“通用参考图无碴轨道桥梁采用中间排水方案，箱内设置纵向集水管，纵向集水管应有3%左右的坡度，保证排水通畅。

施工中应注意：防水层应在防撞墙、电缆槽竖墙等桥面设施施工后进行铺设；防撞墙、竖墙过水孔处应进行防水处理，在泄水管周围、防撞墙或竖墙与桥面板的接缝处进行封边处理。

考虑景观要求，有条件时中间引出的集水管可在桥墩内预留排水通道，或进行一定的遮挡。

7. 梁底泄水孔的设置

为保证箱内排水的需要，应在箱梁底板沿纵向设置间距不大于4m，内径为80mm的泄水孔。施工中应注意在灌注梁底板混凝土时，应在底板上表面根据泄水孔的位置设置一定的汇水坡，避免箱内的积水。

8. 检查孔的设置

根据维修养护和施工架设时的操作空间需要，在梁端底板设置0.25X1.5m的槽口，为减少底板因设槽口而引起的应力集中，在槽口直角处设置半径为250mm的倒角。施工中应注意根据总体布置要求设置由墩顶上桥的检查梯。

9. 综合接地措施：

根据通信、信号、电力等专业要求，本设计在梁端预埋接地钢筋，并在桥面板及梁底预埋连接螺母。接地钢筋应与总体单位要求一致，施工前应得到总体单位的确定。

10. 吊装孔的设置

在移梁、架梁等施工过程中，采用桥面板预留吊装孔的方式进行梁体的吊装。梁体架设到桥位后，应采用无收缩混凝土将吊装孔封堵，并注意局部防水层的施工。梁上每端设4个吊点（全梁共8个吊点）。吊装过程中应采用整体提升装置，保证各吊点的受力均衡。

施工中应注意吊装孔周围钢筋保护层的控制，特别是在内膜吊装过程中加强腹板内侧钢筋的定位，以及倒角钢筋的位置准确。

11. 结构外形

本设计为整孔预制箱梁，在结构内外侧的腹板与顶底板相交处均采用圆弧倒角过渡。施工中应注意倒角处的匀顺过渡。

12. 防落梁措施

为保证梁部结构在地震力作用下的安全性能，在设防烈度为七度或八度（ $A_g=0.1\sim 0.3g$ ）地震区的梁与墩之间设置防落梁设施。当需要更换支座或顶梁作业时，可拆除防落梁连接螺栓，在规定位置进行顶梁。

13. 通信信号电缆过轨预留孔

为保证通信、信号电缆过轨需要，在每孔梁的梁端电缆槽内设置直径为100mm的预留孔，预留孔采用外径为110mm的PVC管，并可兼作电缆槽的排水孔。施工时在安装PVC管后进行防水层、保护层的施工，同时应注意预留孔处PVC管的防水处理。施工中应注意如桥梁位于城区或立交桥处，在不需电缆过轨时，应将此孔进行封堵。