

加拿大多伦多大学麦克莱恩教授

来华讲学资料汇编之一

桥梁节段预制拼装技术 及其在城市轨道交通中的应用

蒙晓莲 梁卫军 邱仕雄 何旭辉 编著

华南理工大学出版社

广州

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁节段预制拼装技术及其在城市轨道交通中的应用/蒙晓莲等编著. —广州: 华南理工大学出版社, 2006. 7

ISBN 7-5623-2263-5

I. 桥… II. 蒙… III. 预应力混凝土桥 - 技术 - 应用 - 城市铁路 - 铁路工程 - 经验 - 广州市 IV. U448.35②U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 063141 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87110964 87111048 (传真)

E-mail: scutcl3@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑: 黄丽谊

印刷者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 14.5 字数: 326 千

版次: 2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 100.00 元

版权所有 盗版必究

随着我国经济的飞速发展，城市化进程加快，城市人口快速增长，居民出行和物流需求膨胀，交通拥堵和交通基础设施供给不足突显，出行难、出行时间长成为各大城市日渐突出的问题。城市轨道交通作为一种运量大、耗能少，快速、准时、节约土地、环保的运载工具，在解决城市问题，改善城市居民出行环境方面能够起到很好的作用。

中央“十一五”规划中明确指出：“有条件的大城市和城市群地区要把城市轨道交通作为优先发展领域。”这为城市轨道交通的发展迎来了大好时机，我国有 30 多个大城市正在建设或者筹建轨道交通。近 10 多年来广州城市轨道交通的发展尤为迅猛，到 2010 年线路运营总里程将超过 255km。广州地铁在建设过程中积极探索和引进新技术，在运载模式、线路敷设方式、施工技术等方面有不少创新。蒙晓莲等编著的《桥梁节段预制拼装技术及其在城市轨道交通中的应用》正是广州地铁施工技术创新的成果结晶。

桥梁节段预制拼装技术在欧美和香港等地已经得到了广泛应用，但是在我国内地城市轨道交通中大规模应用尚属首次。由于采用场外预制、现场拼装的方式，能有效保证施工质量，也为标准化施工和批量生产提供了可能，对降低工程造价，特别是加快建设速度，缩短轨道交通建设周期大有裨益。

本书结合广州市轨道交通四号线的实际施工经验，对桥梁节段预制拼装技术相关的设计、施工、耐久性等进行了详尽的阐述，值得有关工程技术人员参考。

2006 年 7 月 15 日于北京

目录

桥梁节段预制拼装技术及其在城市轨道交通中的应用

第1篇 绪论	1
第1章 桥梁节段预制拼装技术的发展	1
第2章 节段预制拼装工法的适用条件与优点	2
2.1 适用条件	2
2.2 优点	3
第3章 节段预制拼装工法概述	4
3.1 节段生产工法	4
3.2 现场拼装工法	6
第4章 国内应用前景	7
第2篇 设计篇	9
第1章 节段预制拼装桥梁的总体设计概况	9
1.1 设计原则和技术要求	9
1.2 选用和参考的规范	13
1.3 总体方案设计	14
第2章 节段预制拼装桥梁的分析及计算	28
2.1 设计荷载	28
2.2 荷载组合	30
2.3 工程计算实例	32
第3章 节段预制拼装桥梁的结构设计	49
3.1 桥梁线形	49
3.2 跨径	49
3.3 节段断面	49
3.4 节段长度	50
3.5 预应力束布置	50
3.6 横截面设计	52
3.7 普通钢筋配置	54
3.8 剪力键及接缝设计	54

目录

桥梁节段预制拼装技术及其在城市轨道交通中的应用

3.9	支座及其连接设计	57
3.10	桥墩设计	59
3.11	基础设计	60
3.12	节段梁和基础的结构配筋实例	61
3.13	节段预制拼装梁与现浇变截面连续梁的 比较	65
第3篇 施工篇		66
第1章 节段箱梁预制		66
1.1	预制场设置	66
1.2	预制梁模板设计	70
1.3	预制线形控制原理和控制方法	82
1.4	预制箱梁施工工艺	94
第2章 节段箱梁架桥机及设备		109
2.1	节段箱梁架设工法及设备选型	109
2.2	悬臂平衡拼装工法及设备选型	109
2.3	整跨拼装工法及设备选型	110
2.4	工程实施中架桥机及主要设备	112
第3章 节段箱梁拼装架设工艺		127
3.1	架设线形控制	127
3.2	胶拼的材料选择和工艺	129
3.3	临时预应力张拉	134
3.4	预应力张拉	136
3.5	孔道压浆和封锚	138
3.6	支座选择和安装	140
3.7	架梁安全措施	140
3.8	整跨拼装架梁工序	148
3.9	悬臂拼装架梁工序	156
3.10	孔道摩阻试验	161
3.11	徐变变形观测	166

目录

桥梁节段预制拼装技术及其在城市轨道交通中的应用

第4章 工程实例	169
4.1 高架段线路布设情况	169
4.2 工程建设条件	170
4.3 区间6标工程	171
4.4 区间9标工程	178
4.5 区间8标工程	183
4.6 高架2标工程	188
4.7 区间11标工程	197
第4篇 耐久性篇	208
第1章 概 述	208
第2章 节段预制拼装桥梁的耐久性	209
2.1 预应力混凝土桥梁结构的耐久性特点	209
2.2 节段预制预应力桥梁结构的耐久性特点	211
2.3 提高节段预制拼装桥梁耐久性的措施	212
2.4 结语	215
第3章 基于可靠度分析的桥梁耐久性评估	215
3.1 桥梁结构安全评估方法	215
3.2 常用的结构可靠度计算方法	217
3.3 桥梁结构的耐久性失效原则	220
附 录	222
参考文献	223

低硫钢的增氮

摘要

本试验将不同含硫量的铁液滴，以不同的下落时间，通过含氮气数量不等的空间，由分析铁滴的成分而确定了铁液中硫含量对铁液吸氮速率的影响。当铁液中氧和硫浓度的总和低于25ppm时，吸氮速率与氮气的分压成正比，其溶解反应的活化能为 25kJmol^{-1} 。随着硫含量的增加，吸氮速率降低。当[S]超过0.055%后，[S]的增加就不再使吸氮速率继续降低。然而，当[S]从0.025%降到0.002%，却使增氮速度快了2.7倍。这些结论是与低硫钢生产中所观察到的氮含量较高相一致的。对于低硫低氮钢种的冶炼，这结论是重要的。因此可采用将硫含量控制在规格允许范围上限的办法，来限制钢液在出钢及浇注过程中的吸氮。

硫通常是钢中有害的元素。近来，北美的炼钢界为降低钢中的硫含量作了巨大的努力。对于有些钢种，除要求低的硫含量外，还必须限制在冶炼过程中会增加的氮的数量。

实验室研究通常还不能证明0.03%这样水平的硫含量对钢液增氮的强烈影响。〔1—3〕

这些研究的资料表明，由于铁液中的硫是表面活性元素，所以它

速修建大战期间被破坏的桥梁,设计出了许多开创性的桥梁工法,一些经济且高效的自动化桥梁工法应运而生,这包括支撑先进法(即国内的移动模架法)、节段推进法(节段预制拼装法)、现场预制悬臂等工法。随着预应力技术的发展及成熟,在1945~1948年,Eugene Freyssinnet工程师在法国巴黎以东30英里的Luzancy建造Marne河桥梁时,开始将现场预制(case-in-place)悬臂工法的技术应用于预制节块(pre-cast)。桥梁节段预制拼装工法主要是由现场预制悬臂工法演变而来的,由于现场预制悬臂工法往往有现场施工复杂与质量控制较难等限制,因而逐渐衍生出节段预制拼装的概念。节段预制拼装工法是将混凝土节段在预制厂自动化生产出来后,再装运至现场拼装,该工法由于经济且高效,很快成为一种系统化的施工方式,它较适合中长跨径桥梁的施工。泰国曼谷的BBBE高速公路桥、加拿大岛屿Prince Edward Island间唯一的联络通道Confederation Bridge等都是采用节段预制拼装工法的典例。

节段预制拼装工法在国外以及中国的香港、台湾应用较多,在中国内地,仅在上海和北京的公路桥梁有局部应用。我国最早采用节段预制拼装技术是在20世纪60年代,当时是基于试验的目的。由于节段预制拼装对机械的调整精度及施工控制的要求较高,试验没有取得令人满意的效果,故在以后的施工中并未能得到很好的推广。随着我国建桥技术的发展,节段梁开始在一些中长桥梁中采用,主要用于悬臂拼装桥梁,如宜昌夷陵长江大桥、澳门澳凼三桥等;但由于设备、控制技术等原因,节段梁的预制都是采用长线法进行的。20世纪90年代,上海沪闵二期高架道路上首次采用短线法预制节段梁,它体现了我国高架道路工程设计和施工技术的进步和发展,具有时代的特征。在当时上海的节段梁施工中,由于预制质量的控制无章可循,预制设备(控制系统)较差,预制梁的质量并不理想,但这一工程对该工法进行了初步探索,为上海中环和广州地铁四号线大规模采用节段预制拼装技术打下了坚实基础。广州地铁四号线在短期内消化了国外技术,并有较大突破,使桥梁工厂化生产和架桥机安装成桥技术提高到一个新的水平,为此项技术在国内开拓了较大的发展空间和应用前景。

第2章 节段预制拼装工法的适用条件与优点

节段预制拼装工法是根据拼装机具、运输车辆的能力,将整个桥梁沿纵轴线方向分成适当长度的节段,在工厂或桥位附近觅一场地进行节段预制施工,在桥墩施工完成并达到设计强度后,利用运输车辆将预制节段运至现场,采用专门设计的架桥安装设备拼装到位,并按步骤施加预应力,形成整孔梁。

2.1 适用条件

节段预制拼装适用的场地和梁型:

(1) 跨径:20~180m,高架桥的经济跨径为30~45m。

- (2) 桥长: 500m 以上, 经济桥长至少 3000m。
- (3) 断面尺寸: L (跨长) / d (梁高) = 18 ~ 20。
- (4) 平面曲线: 直线或小曲率半径曲线。
- (5) 工期: 1.5 ~ 3d/孔。

2.2 优点

1. 造价优势

节段预制拼装有两项关键技术, 一项是精度高的液压定型模板设计和三维定位软件, 另一项是安全性能和自动化程度高的架桥机。如果全部由国外进口, 成本会比较高。广州地铁经过大量的市场调查后, 在节段预制上由承包商与引进香港和新加坡模板设计和三维定位软件的开发单位签定咨询服务协议, 在国内加工模板; 在架桥机上采取承包商与进口架桥机厂家签定协议, 并规定液压和控制部分使用进口设备, 主梁在国内加工。这不但在短期内消化了国外技术, 而且大大降低了工程造价, 同时发挥了节段预制拼装的尺寸统一、标准化生产的优势。在大范围采用时, 模板和架桥机可以重复使用, 具有较大的经济优势。如广州地铁四号线节段预制拼装合同造价为 3150 ~ 3995 元/m², 而同样地质条件的现浇梁合同造价为 3371 ~ 3658 元/m²。

2. 质量优势

采取在预制厂内生产节段梁, 降低了天气对生产制品的影响。在施工中采取自动化生产的程度较高, 生产的速度大幅提高, 生产的成品质量有保证, 施工误差及意外发生的机率可降到最低。

3. 安全和适用性优势

采用节段预制拼装技术除了能提供充足的施工作业空间外, 还可节省传统支撑拆装的作业时间, 同时由于架桥机作业自动化程度较高, 需要的工人较少, 且工人的素质较高, 施工比较安全。现浇梁需要的工人较多, 工人素质难以保证, 且脚手架搭设较原始, 人为和现场复杂的场地因素较多而难以控制质量。另外, 采用节段预制拼装技术还可利用已完成的桥梁来运送相关材料、设备及节段, 对都市地区、河川深谷等复杂地形或重要的环境区域, 该法可降低施工作业对周边环境的干扰, 对繁忙的交通要道无需进行交通疏解。

4. 经济跨距较大

若采用变高度连续刚构或连续梁等结构, 则其经济跨径可达 200m。即使是等高度的简支梁, 其经济跨径也较其他工法长。

5. 选型及几何形状的限制较小

由于预制节段模板的设计和三维模拟精确定位具有高度的灵活性, 该工法可以顺应任何线形几何方面的变化需要, 因此, 可以设计线形流畅的几何造型。

6. 工期优势

在基础施工作业进行的同时, 节段梁可以在工厂预制完成并达到设计强度, 因此, 节段梁的预制和等强、收缩徐变不占用工期, 能大大地缩减总体工期。此外, 节

段梁还具有重量较轻、尺寸较小,运输方便,拼装成梁施工速度快等优点。

7. 预应力混凝土的干缩徐变较小

预应力混凝土节段梁在施加应力时,已经获得足够的养生,其强度及弹性模量均已达到设计值,混凝土的干缩徐变较小,能够有效地控制成桥线形及梁体施工质量。

8. 使城市桥梁设计具有更大的灵活性

城市桥梁由于受到城市中原有的建筑物、地下管线及交通道路的影响,往往一条轨道交通线上设计有多种跨径、多种平面弯曲半径。节段梁的预制模具具有高度的灵活性,可以在同一套模具中生产不同跨径、不同曲线半径、不同梁高的梁。

第3章 节段预制拼装工法概述

节段预制拼装工法的施工大致可分为两部分:预制场内的节段生产和现场的节段拼装。预制场内的节段生产有长线法和短线法两种;现场拼装可分为整跨拼装和悬臂平衡拼装。

3.1 节段生产工法

3.1.1 长线匹配预制法(Long Bed Match Cast)

长线法(又称长线匹配预制法)是在足够长度(大于一跨长度)的预制台座上,依整跨预制曲线作一次性调整后,依次序逐块结合浇筑,完成一整跨后,再将节段逐块脱离移至存梁区。

长线法作业是以桥梁跨度一半的梁体长度作为预制长度,节段预制虽然是逐块完成,但线型控制以半跨桥梁的长度作为一个单元,预制厂内定位梁(H型钢)的线形及高程时,依据半跨桥梁的拱度计算值及现场台座承载情况预先调整节段的控制线型。节段块混凝土浇筑完成后,通常放置于制梁台座上,直至完成半跨节段梁的混凝土浇筑,且线型检测合格后,再逐一吊至存梁区堆置。

该法优缺点为:

- (1) 预制台座建造时,按设计要求设定调整跨径的几何形状较为容易;
- (2) 所有几何形状的调整可一次性完成;
- (3) 需要较大的预制场地;
- (4) 基础必须坚实,不允许有地基沉陷;
- (5) 不允许有水平或垂直几何差异;
- (6) 制造时容易产生累计误差,线形较难控制;
- (7) 由于存在台座沉降,调整量较大,梁体线形控制较难;
- (8) 由于每次必须对整跨线形调整到位后再浇筑,其灵活性及使用性较差。

3.1.2 短线匹配预制法 (Short Beb Match Mast)

短线法（又称短线匹配预制法）是以一个邻接块为匹配梁段来控制，一侧采用与大地垂直的固定端模，另一侧利用已浇筑完成的相邻节段作为端模来进行控制，通过对匹配梁段进行三维调整来实现预制节段的三维线形，预制台座上只保留一套模具、一段预制梁。

短线法不受预制厂机具配置及作业空间的限制。在进行场地规划布置时仅需考虑预制节段与匹配节段的施工作业空间，预制厂可动态作业，而次一节段的几何线形是以已完成的相邻节段为标准，依据相关测量结果及结构相对拱度计算值进行节段匹配预制。当节段混凝土达到拆模强度时，其匹配节段即可吊运至存梁区存放，仅留下刚浇筑完成的节段作为下一块节段施工的匹配节段。短线法的几何线形控制仅存在于浇筑节段与相邻匹配节段之间，因此节段测量控制精度要求较长线法高。节段预制过程中，施工人员需依据已完成节段的测量结果进行计算并作为调整下一节段的高程和尺寸。按这种工法作业，除可即时修正现场施工与理论设计的误差外，同时也有利于后续拼装作业的顺利进行。

短线法的优缺点与长线法正好相反。

3.1.3 长线法与短线法的比较

长线法与短线法的比较见表 1-3-1。

表 1-3-1 长线法与短线法的比较

项 目	长线法	短线法
优 点	①每条生产线两套模板可同时生产，节省预制时间 ②节段不需及时吊离、生产速度较快 ③线型及坡度依预制曲线一次性调整完成，制造质量易于保证	①作业空间要求较小，预制台座生产线有三倍节段长度即可 ②工地设置多条生产线同时生产，机动性较高 ③线形可由软件计算及时调整误差，梁体线形控制较好，无累计误差
缺 点	①需要预制场地较大 ②预制场基础必须足够牢靠，且不得发生沉降 ③每条生产线必须有两套模板以利于生产 ④每条生产线必须调整至无误差时方能浇筑 ⑤生产过程中发生地基沉降时无法及时调整误差 ⑥台座对平纵曲线不同的梁适应性较差，调整量较大 ⑦投入较大	①模具初期投资成本较大 ②每节段生产时测量调整的工作量较大 ③对模板的刚度、灵活性要求较高 ④必须有专用软件及时计算、调整制造线形 ⑤要求控制水准较高
应用情况	国外一般不采用 国内一般采用	国外一般采用 国内一般不采用，广州地铁四号线大量应用

3.2 现场拼装工法

现场拼装工法有多种,可根据工地现场状况、配合生产条件并考虑设备成本等做弹性的调整及组合。

3.2.1 整跨拼装法 (Span by Span Construction)

整跨拼装法为节段预制拼装工法中施工效率较佳的作业模式,因此使用率较高。但其经济跨距较短,仅适用于 30 ~ 60m,因此用于较长跨径桥梁时,拼装桁架将显得笨重而缺乏经济效益。其拼装桁架形式可大致分为上桁式 (Overhead type)、下承式 (Underslung type) 和支架拼装三种。

3.2.2 悬臂平衡拼装法 (Balanced Cantilever Construction)

悬臂平衡拼装法通常用于较长跨径桥梁的拼装,其机械设备类型如下:

(1) 吊车 (Crane placing): 在地面交通状况允许的情况下,拼装吊车或拼装卡车可以提供灵活的机动特性,浮船式吊装设备一般用于河川或海上桥梁工程。门型吊车则常用于预铸场及桥台间的节块搬运,同时可以协助进行节段拼装作业。

(2) 工作车及卷扬装置 (Traveler & winch): 通常固定于上一个已完成拼装的节段上,随着节段的拼装而向前移动,一般用于地面交通状况允许进行节段运输的情况下。

(3) 拼装桁架 (Launching girder): 系目前最常使用的节段拼装作业设备。若以桁架长度来分,大致可分为单跨径拼装桁架和多跨径拼装桁架。单跨径拼装桁架的长度仅略大于桥梁的最大跨径,施工时后端支撑于已完成桥梁的悬臂端点来进行节段拼装工作。多跨径拼装桁架则通常为标准桥梁跨径长度的两倍,施工桁架支撑于拼装工作区两侧的墩柱来进行节段拼装,完成后即移至下一个工作区。

3.2.3 渐进式拼装法 (Progressive Placement Method)

渐进式拼装法主要源自悬臂平衡拼装法的施工理念,但施工方式却同整跨拼装法,即由墩柱旁的节段逐渐往下一墩柱方向施作,拼装作业初始阶段的节段自重由临时预应力钢棒或预应力钢绞线固定后,以悬臂方式自行承载;当节段拼装长度超过 $1/3$ 跨径时,再辅以临时斜张钢缆支撑逐渐增加的节段,直到整个跨径的节段全部拼装完成。

3.2.4 悬臂平衡拼装法与整跨拼装法的比较

悬臂平衡拼装法与整跨拼装法的比较见表 1-3-2:

表 1-3-2 悬臂平衡拼装法与整跨拼装法的比较

项目	悬臂平衡拼装法	整跨拼装法
节段重量	可较大	以较小为宜
支撑桁架	较轻	较重
节段铸造	控制技术需求较高	控制技术需求不高
循环工期	较长	较短
节段运输	从地面运输较便利	可从地面或桥面运输（受地形或运输限制条件的影响较少）

第 4 章 国内应用前景

地铁或城市轻轨可以统称为城市轨道交通。由于轨道交通具有“安全、准点、快捷、舒适”等优点，其必然成为城市大容量客运的有效方式。与普通的客运方式（汽车）相比，轨道交通具有减少大气和噪音污染、交通不堵塞等特点，并能有效地减轻城市交通拥挤的状况，故它在国内外的大城市中得到了广泛的应用。在亚特兰大、芝加哥、墨西哥以及中国香港等城市，每天乘坐地铁或轻轨上下班已成为大部分人的交通方式。在我国沿海地区及经济较为发达的城市，人口密度很高，城市交通建设往往落后于人口及城市经济的发展，加上外来人口的大量涌入，使城市交通设施更加不堪重负。因此高效、经济的轨道交通将在城市交通发展中占有重要位置。目前，我国的北京、广州、上海、天津、重庆、成都等城市都在大力发展城市轨道交通。

城市轨道线路有地下、地面和高架三种方式。高架方式主要采用桥梁结构。由于城市高架桥结构形式、支撑类型较为简单，变化较少，在设计时一般将桥梁墩柱、梁型按标准化结构设计。这样不仅较美观，同时可对施工统一工法，可进行标准化、程序化的施工，能有效地提高施工质量。

我国现阶段一般采用两种桥梁结构形式：一是预应力混凝土空心板，跨径一般在 20m 左右，在预制梁厂预制后运至现场吊装就位；二是预应力混凝土箱形梁，跨径一般为 30~50m，一般搭设满堂支架现浇施工；也可采用整跨预制安装，但必须在线路旁设置较大的现场预制厂以及保证架梁区无障碍物，在城市寸土寸金的今天，该方法较难实现。两种形式中，前者虽然结构形式简单，但跨径小、美观差，技术含量较低，不能满足城市跨越各种建筑物的要求因而缺乏竞争优势；后者虽然跨径大，但桥梁完成后不够美观，且其施工方法落后，施工时严重妨碍了周围环境和现有交通，现场受各种因素的干扰较大，增加了施工组织的难度，施工质量较难保证，无法形成工厂化、自动化生产。基于以上原因，这两种结构形式在国外的桥梁施工中已很少采用，取而代之的是节段预制拼装工法。

广州市轨道交通四号线新造—冲尾段高架线路全长 27.3km，其中现浇变宽段约

第 2 篇 设计篇

第 1 章 节段预制拼装桥梁的总体设计概况

1.1 设计原则和技术要求

1.1.1 设计原则

城市轨道交通高架桥梁的设计，一般要遵循以下原则：美观、经济、先进、实用。即在景观优美的前提下，设计应满足结构安全、使用耐久、经济合理、施工方便、技术先进等要求。具体应该注意以下几点：

(1) 轨道交通高架结构作为城市建筑物，其形式应首先考虑城市景观的要求，体现大都市形象，与大都市融为一体，梁型力求美观，且能反映国内建桥水平。

(2) 梁型方案的选择应尽量考虑施工过程中对现有的交通及周围环境的影响，以及施工能力、施工工作量。

(3) 考虑实际的工程地质情况，对高架桥优先选用轻型、单一的上部结构，尽量降低由于地铁运行所产生的振动、噪音及其对周围环境的影响。

(4) 桥形应力求简洁、标准化，并满足列车安全运行及乘客乘坐舒适的要求。

(5) 上部结构应优先采用预应力混凝土结构。结构除满足规定的强度和耐久性要求外，还要有足够的竖向刚度和横向刚度，并保证结构的整体性和稳定性。一般地段宜采用等跨简支梁式桥跨结构。

(6) 结构设计力求工厂化、标准化、系列化。尽量减少结构类型，以简化设计及施工，并减少运营中的维修和养护工作量。

(7) 基础设计应根据上部结构类型、工程地质、水文地质、环境要求等因素，选择合适的基础类型和持力层。

1.1.2 技术要求

对于轨道交通高架桥梁，有以下的技术要求：

1.1.2.1 一般要求

(1) 钢筋混凝土及预应力混凝土梁式桥跨结构在列车静活载作用下，其竖向挠度不应超过表 2-1-1 中的容许值。

表 2-1-1 梁式桥跨结构竖向挠度容许值

跨度 (m)	挠度容许值
$L \leq 30$	$L/2000$
$L > 30$	$L/1500$

注：L—梁的跨度，m。

(2) 梁式桥跨结构的横向自振频率应不小于 $90/L$ ， L 为桥梁跨度，m。

(3) 采用无缝线路的区间简支梁高架结构桥墩墩顶纵向水平线刚度应满足表 2-1-2 的要求。单线桥梁桥墩纵向水平刚度取用表中值的 1/2。

表 2-1-2 桥墩墩顶纵向水平线刚度（双线）

跨度 L (m)	最小纵向水平刚度 (kN/cm)	附注
$L \leq 20$	240	不设钢轨伸缩调节器
$20 < L \leq 30$	320	不设钢轨伸缩调节器
$30 < L \leq 40$	400	不设钢轨伸缩调节器

10

(4) 高架结构墩顶的弹性水平位移应符合下列规定：

顺桥方向 $\Delta \leq 5\sqrt{L}$

横桥方向 $\Delta \leq 4\sqrt{L}$

式中 L ——桥梁跨度，m；当为不等跨时， L 为相邻跨中的较小跨度；当 $L < 25\text{m}$ 时， L 按 25m 计；

Δ ——桥墩顶面处顺桥或横桥方向水平位移，mm；包括由于墩身和基础的弹性变形及基底土弹性变形的影响。

(5) 高架结构墩台基础的沉降应按恒载计算。

对于外静定结构，其总沉降量与施工期间沉降量之差，不应超过下列容许值：

墩台均匀沉降量 50mm

相邻墩台沉降量之差 20mm

对于外静不定结构，其相邻墩台不均匀沉降量之差的容许值还应根据沉降对结构产生的附加影响来确定。

(6) 桥梁结构设计使用年限为 100 年，钢结构防腐体系设计年限为 30 年，免维修年限为 15 年。

(7) 地铁高架结构应能满足紧急疏散乘客的功能要求。

(8) 高架结构墩位布置应符合城市规划的要求。跨越铁路、道路时，桥下净空应满足铁路、道路限界要求，并预留结构沉降量、铁路抬道量或公路路面翻修高度；跨越排洪河流时，应按百年一遇洪水频率标准进行设计，技术复杂、修复困难的大

桥、特大桥应按三百年一遇洪水频率标准进行验算；跨越通航河流时，其桥下净空应根据航道等级来确定，并满足现行国家标准《内河通航标准》的要求。

(9) 高架结构采取必要的构造措施满足防水、防迷流、防雷接地、防腐等要求。

(10) 高架结构的抗震设计应满足现行的铁路抗震规范。

(11) 高架结构应满足供电、通信、信号、轨道、给排水、声屏障等有关专业工艺设计及埋件设置等要求。

(12) 高架桥梁应考虑无碴、无枕、无缝长钢轨的轨道结构与桥跨相互约束而产生的纵向附加力。

1.1.2.2 总体布置

(1) 一般情况下，桥墩尽可能按标准跨度布置，在靠近接口段，不足标准跨度整数部分可用特殊跨布置。

(2) 横跨道路时，若道路红线宽度 $\geq 30\text{m}$ ，可在道路中央分隔带处设墩；若道路红线宽度 $< 30\text{m}$ ，应尽可能一跨跨越。

(3) 跨越平交路口时，尽量不影响地面交通，墩位布置应避开车流线，最好布置在渠化岛上。

(4) 高架桥跨越半幅路转出（入）道路中央分隔带时，不允许在道路内布墩，尽量采用大跨跨越。全线高架应尽可能少布设门式墩，以免影响景观。转出（入）道路路幅宽时，采用大跨度连续梁；路幅窄时，可适当调整地面道路线型。

(5) 跨越立交桥或跨线桥时，应以大跨连续梁一跨通过。

(6) 考虑到桥梁整体比例协调性的需要，桥梁结构各部位构件尺度，宜采用以下比例关系：桥高与跨度比为1:2.3（2.5），梁高与桥高之比为1:4~1:5，墩宽与梁高的比为1:1.6。

(7) 为消除人视觉心理产生的压抑感，在景观要求较高的地段，桥高宜控制在10~14m范围内，并尽可能取14m。

(8) 桥上排水设施应尽可能暗置，以免影响外观。

(9) 桥上应设置消防疏散通道。

(10) 桥面应适当设置管线支架和管廊，以满足电力通信传输管线的敷设。

(11) 桥上应设置防迷流、防雷接地装置。

1.1.2.3 结构设计

(1) 钢筋混凝土、预应力混凝土和钢结构，应按容许应力值设计。其材料、容许应力、结构安全系数、结构计算方法及构造要求应符合现行《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》和《铁路桥涵钢结构设计规范》的规定。

(2) 当无缝线路断轨力参与荷载组合时，钢筋混凝土中心受压、弯曲受压、偏心受压、局部承压容许应力及钢材的容许应力提高系数为1.4。

(3) 当无缝线路断轨力参与组合时，预应力混凝土强度安全系数采用1.7，抗裂安全系数采用1.1。

(4) 预应力混凝土结构进行运营阶段各项应力验算时，无缝线路断轨力按“特种超载荷载”处理。运营阶段验算时各项应力的限值应按现行《铁路桥涵钢筋混凝土