



• 高速铁路工程机械丛书 •

国家级精品课程《工程机械》系列教材

• 丛书主编：杜彦良

◎ 张晓炜 智小慧 / 编著

G AOSU TIELU QIAOLIANG
SHIGONG JISHU
YU ZHUANGBEI



速铁路桥梁施工 技术与装备

华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



· 高速铁路工程机械丛书 ·

国家级精品课程《工程机械》系列教材

● 丛书主编：杜彦良

GAOSU TIELU QIAOLIANG
SHIGONG JISHU
YU ZHUANGBEI

● 张晓炜、智小慧 / 编著

高 速铁路桥梁施工 技术与装备

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路桥梁施工技术与装备/张晓炜 智小慧 编著. —武汉:华中科技大学出版社, 2010年1月

ISBN 978-7-5609-5714-2

I. 高… II. ①张… ②智… III. 高速铁路-铁路桥-桥梁工程-工程施工 IV. U448.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 172675 号

高速铁路桥梁施工技术与装备

张晓炜 智小慧 编著

策划编辑:刘 锦

责任编辑:刘 勤

责任校对:张 琳

封面设计:刘 卉

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:12 插页:1

字数:285 000

版次:2010年1月第1版

印次:2010年1月第1次印刷

定价:20.00元

ISBN 978-7-5609-5714-2/U·53

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书共分9章,全面系统地阐述了高速铁路桥梁施工的技术和装备,主要包括:高速铁路桥梁发展动态和土建工程技术特点,桥基和墩施工设备及其技术,提梁机,后张法预制梁场规划设计及箱梁预制技术,移动模架,900t架桥机及架梁施工技术,900t运梁车,连续梁桥悬臂施工造桥设备,工程机械的检测诊断与维护保养。

本书可作为工程机械等相关专业本科生、研究生的教材,也可作为从事桥梁施工的科研人员、设计人员、监理人员、施工人员及高校教师的业务参考书。

序

“雄关漫道真如铁，而今迈步从头越。”面临全球金融危机的严峻挑战，为抗危机，保增长，我国政府启动了庞大的投资刺激经济计划，其中很大一部分资金用于加快铁路等重大基础设施建设，重点建设一批客运专线。现在，铁路建设尤其是高速铁路的建设正在如火如荼地展开。在这个时候，为这套“高速铁路工程机械丛书”写一个序，我感到很有意义。

1964年，日本新干线开通运营，作为世界上第一条高速铁路，新干线取得了巨大的成功，仅用8年时间就收回全部投资。1981年，法国TGV成功开通，后来居上，将高速铁路的发展推上一个新台阶，带动了欧洲高速铁路的发展。此后，意大利、德国、西班牙乃至美国等先后开始建设本国的高速铁路。2007年4月3日，法国研制的最新型的V150超高速列车行驶试验速度达到每小时574.8公里，创下了高速铁路行驶速度的世界纪录。高速铁路的蓬勃发展，在世界范围内引发了一场深刻的交通革命。在全球能源、环境等问题日益突出的今天，作为一种高效、节能、环保的运输方式，高速铁路的重要性愈加凸现。

随着我国市场化、城市化、工业化、信息化的快速推进，交通网络成为支撑城市经济、社会发展的重要硬件平台，高速铁路建设对于现阶段我国经济建设就更有其特殊价值，这也是中央政府将铁路，特别是高速铁路建设列为本次投资计划重点领域的原因所在。如今，京津、沪宁、武广、广深等高速铁路已开通或即将开通。预计“十一五”期间，我国将完成时速在300公里以上的高速铁路客运专线大约5457公里。根据《中国铁路中长期发展规划》，到2020年，将建立省会城市及大中城市间的快速客运通道，规划“四纵四横”铁路快速客运通道及三个城际快速客运系统，建设客运专线1.2万公里以上。

可以看出，我国已经进入了全面建设高速铁路的阶段。但与先起步的发

达国家相比,我国高速铁路建设虽然起步较晚,但发展极为迅速,取得了举世瞩目的成就。较普通铁路,高速铁路的设计标准高,施工质量要求严格,施工难度较大,对施工设备和技术都提出了更高的要求。要完成我们的发展规划,还有很多科技难题有待我们去攻克,还需要培养更多高速铁路建设人才。

以杜彦良教授为带头人的石家庄铁道学院机械工程分院组织编写的这套“高速铁路工程机械丛书”,为培养更多的高速铁路建设人才服务,就非常有必要,可谓正当其时。

在我国高速铁路的建设中,石家庄铁道学院机械工程分院积极参与。在科研中,与施工单位进行多方位的合作,在引进国外先进技术的基础上,科学构建引进技术的消化吸收和再创新工作,开创了研制特大型设备的全新模式,在全断面隧道掘进机、大型造桥机等方面的研究、设计中,为国家建设作出了很大贡献,多次获得国家级科技奖励。在教学上,也取得了丰硕的成果,机械设计制造及其自动化专业评为国家级特色专业,“工程机械”课程评为国家级精品课程,所在的教学团队当选为国家级教学团队,杜彦良教授荣获国家级教学名师奖;更重要的是,培养了一大批铁路建设人才。

这套丛书主要介绍了高速铁路所用到的施工机械装备和技术,包括全断面隧道掘进机、盾构、提梁机、运梁机和架桥机等大型设备及其施工技术。我相信,这套丛书一定能在我国高速铁路建设中发挥其应有的作用。我感谢石家庄铁道学院机械分院的辛勤写作,也感谢出版这套书的华中科技大学出版社的有关同志;并祝贺这套丛书中《全断面岩石掘进机施工技术》一书入选“十一五”国家重点图书出版规划项目!

谨为之序。

中国科学院院士

For,

2009.12.9 喻国

前 言

进入 21 世纪以来,我国高速铁路的规模迅速发展。目前我国开工建设的 18 条客运专线,新建桥梁里程约 3 600 km,占线路比重的 51.8%。这比世界上其他国家所建的高速铁路桥梁总和还多近 2 000 km。在高速铁路建设中,桥梁建造已成为关键技术之一。通过广泛借鉴世界各国的高速铁路桥梁先进技术和成功建设经验,在我国高速铁路桥梁建设实践过程中,逐步形成了具有中国特色的高速铁路桥梁建设关键技术。

高速度、高密度、长距离跨线运输是我国高速客运专线主要运营特点。为满足行车安全、乘车舒适和准点行车的要求,铁路线路必须具有结构连续、平顺、稳定、耐久和少维修的性能。这些都对高速铁路桥梁的刚度和整体性提出了严格要求。高速铁路桥梁具有刚度大、耐久性要求高、墩台基础的沉降控制严格、大跨度的特殊孔跨结构多、双线简支箱梁制造和架设等特点。因此,其技术复杂,施工难度大,并需专门的大型施工设备与装备。

本书是高速铁路工程机械系列丛书之一。本套丛书由杜彦良任丛书主编,共有 6 本,分别为:《全断面岩石掘进机施工技术》(杜彦良)、《高速铁路桥梁施工技术与装备》(张晓炜、智小慧)、《高速铁路轨道施工技术与装备》(贾粮棉、韩彦军)、《工程机械构造》(贾粮棉)、《工程机械设计》(郭文武)和《盾构施工技术与装备》(郭京波)。

本书全面系统地阐述了高速铁路桥梁施工的技术和装备,主要包括:高速铁路桥梁发展动态和土建工程技术特点,桥基和墩施工设备及其技术,提梁机,后张法预制梁场规划设计及箱梁预制技术,移动模架,900t 架桥机及架梁施工技术,900t 运梁车,连续梁桥悬臂施工造桥设备,工程机械的检测诊断与维护保养。

本书第 1 章由李相国编写;第 2 章由张志国编写;第 3 章由邢海军编写;第 4 章和第 5 章由许宏伟编写;第 6 章由汪西应编写;第 7 章由郭京波编写;第 8 章由牛润民编写;第 9 章由马怀祥编写。全书由张晓炜、智小慧统稿。

本书可作为工程机械等相关专业本科生、研究生的教材,也可作为从事桥梁施工的科研人员、设计人员、监理人员、施工人员及高校教师的业务参考书。

本书部分引用的参考资料未列出,作者对这些资料的提供者表示衷心感谢。

限于编者的水平,书中的错误或不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

2009 年 5 月

目 录

第 1 章 高速铁路桥梁发展动态和土建工程技术特点	(1)
1.1 高速铁路发展动态	(1)
1.2 高速铁路桥梁	(3)
第 2 章 桥基、墩施工设备及其技术	(9)
2.1 桥基主要类型及特点	(9)
2.2 桥基施工的主要工艺	(10)
2.3 桥基施工对施工机械的要求	(22)
2.4 桥梁高墩施工工艺及设备	(33)
第 3 章 提梁机	(47)
3.1 提梁机的组成	(48)
3.2 提梁机实例介绍	(53)
第 4 章 后张法预制梁场规划设计及箱梁预制技术	(58)
4.1 先预制后架设工法设计的特点	(58)
4.2 制梁场地的选择	(60)
4.3 箱梁预制技术	(67)
第 5 章 移动模架	(71)
5.1 国内外发展情况	(71)
5.2 移动模架法施工的优点	(72)
5.3 移动模架的主要类型	(72)
5.4 移动模架类型的选择	(74)
5.5 移动模架的构造及工作原理	(75)
5.6 移动模架造桥机的施工工艺	(83)
5.7 施工周期及人员安排	(89)
5.8 节段拼装式造桥机介绍	(91)
第 6 章 900 t 架桥机及架梁施工	(94)
6.1 架桥机的概述	(94)
6.2 典型架桥机的技术特点和组成结构	(95)
6.3 典型架桥机的作业流程	(100)

第 7 章 900 t 运梁车	(109)
7.1 组成结构	(109)
7.2 总体布置	(109)
7.3 驮梁台车	(110)
7.4 液压悬挂	(111)
7.5 动力系统	(112)
7.6 液压系统	(113)
7.7 电气系统	(114)
7.8 制动系统	(117)
7.9 转向系统	(118)
7.10 驾驶室	(119)
7.11 TLC900 主要技术特点	(120)
第 8 章 连续梁桥悬臂施工造桥设备	(122)
8.1 概述	(122)
8.2 挂篮的结构构造及设计	(131)
8.3 挂篮悬臂浇筑施工的主要工艺流程及特点	(138)
8.4 对挂篮设计及应用的探讨	(147)
8.5 改进挂篮设计的建议	(151)
第 9 章 工程机械的检测诊断与维护保养	(153)
9.1 概述	(153)
9.2 常用诊断技术	(154)
9.3 各种典型部件的诊断技术	(167)
9.4 大型工程机械诊断	(169)
9.5 设备的维护保养	(176)
参考文献	(183)

第 1 章 高速铁路桥梁发展动态和 土建工程技术特点

1.1 高速铁路发展动态

20 世纪 60 年代以来,高速铁路在世界发达国家兴起,百年铁路重振雄风,传统铁路再展新姿,铁路发展进入了一个崭新的阶段。高速铁路的蓬勃发展,在世界范围内引发了一场深刻的交通革命。

1.1.1 高速铁路的概念

当前,根据所采用的不同技术,高速铁路分为轮轨接触技术类型和磁悬浮技术类型。轮轨接触技术分为非摆式车体和摆式车体两种;磁悬浮技术分为超导和常导两种。非摆式车体的轮轨技术是目前世界高速铁路的主流。

高速铁路运行速度是一项重要的技术指标,也是铁路现代化水平的重要体现。关于高速铁路界定的标准,20 世纪 60 年代日本把新干线速度定位 200 km/h 以上。随着高速铁路技术的发展,欧洲铁路联盟于 1996 年 9 月发布的互通运营指导文件(96/0048/EC)对高速铁路有了更确切的规定:新建铁路运营速度达到或超过 250 km/h;既有线路通过改造使基础设施适应速度 200 km/h;线路能够适应高速,在某些地形困难、山区或城市环境下,速度可以根据实际情况进行调整。

目前,我国尚没有明确高速铁路界定标准,但业内普遍认同欧洲铁路联盟于 1996 年 9 月发布的互通运营指导文件(96/0048/EC)对高速铁路的界定标准,新建客运专线铁路的速度目标值定在 200 km/h 及以上。

1.1.2 列车速度的演变

自有铁路以来,人们就在不断致力于提高列车的运行速度。1825 年出现在英国的第一条铁路,其列车最高运行速度只有 24 km/h;1829 年,“火箭号”蒸汽机车牵引的列车最高运行速度就达到了 47 km/h,几乎提高了 1 倍。19 世纪 40 年代,英国的铁路试验速度达到 120 km/h;1890 年,法国将铁路试验速度提高到 144 km/h;1903 年,德国制造的电动车组试验速度达到了 209.3 km/h。这时期英国西海岸铁路用蒸汽机车牵引的列车旅行速度达到了 101 km/h。1955 年,法国电力机车牵引的试验车组最高运行速度突破了 300 km/h,达到了 311 km/h。1964 年 10 月,日本东海道新干线最高运行速度达到了 210 km/h,旅行速度也达到了 160 km/h。此后列车试验速度不断刷新;1981 年 2 月,法国 TGV 试验速度达到 380 km/h;1988 年 5 月,德国 ICE 把这一速度提高到 406.9 km/h;半年后,法国人创造了 482.4 km/h 的新纪录;1990 年 5 月 18 日,法国 TGV-A 型高速列车把试验速度提高到 515.3 km/h;2007 年 4 月 3

日,法国再次刷新了自己创造的纪录,TGV最新型的“V150”超高速列车行驶试验速度达到574.8 km/h,创下了有轨铁路行驶世界纪录。与此同时,德国和日本还在研究试验非轮轨接触式的磁浮列车。2003年12月2日,日本磁浮列车试验速度达到了581 km/h。

1.1.3 高速铁路与普通铁路的主要区别

在轮轨接触的铁路技术中,随着速度的提高,将会出现一些新的问题。对基础设施和移动的车辆都提出了新的要求,主要可以归结为两个方面:一方面,当速度超过250 km/h以后,空气动力特性的显著变化,对车辆结构和铁路基础设施提出新的要求;另一方面,高速运行的列车要求具备持久稳定、高平顺性和能供列车安全舒适运行的轨下基础。

列车高速运行时,行车阻力、震动和机械动力噪音有所增加,动车组与空气摩擦而产生的噪声也有所提高。对列车的结构,需要修改头型及外轮廓设计,改善空气流向,优化弓网关系及受电弓的位置,增加减振措施等。

试验证明,高速铁路对车辆的密封性能有很高的要求(这包括对车辆空调、门、窗、排污设施等),以满足高速运行的空气动力学特性。此外,还要求车辆具有高性能的制动系统和较高的乘坐舒适度。

而且,高速行驶的列车在会车时所产生的空气压力波明显高于既有线路的,因此,高速铁路在进行线路规划时,要适当加大线路间距(包括站台安全距离)。通过隧道时,洞口空气阻力与高速列车在瞬间产生的压力,形成巨大的微气压波,对行车安全、乘客舒适度及环境都产生了明显的影响。因此,要适当加大隧道横断面积,改善洞口及辅助结构的设置等。

为缓解高速运行出现的高频振动,要求桥梁及建筑物除了满足静态荷载的条件,还必须满足高速列车动力学的特性要求。概括地讲,除了保证“强度”这一基本要求(即使用期内不致破坏)以外,更要严格控制其“变形”。因此,保持轨道持续稳定的高平顺性,是对高速铁路工程提出的最基本的功能性要求。但是,轨道的高平顺性又是路基、桥梁、轨道变形的最终表现,要求轨道高平顺性,必须从控制上述工程变形着手。具体表现在以下几个方面。

(1) 控制路基工程变形将是很重要的一个内容 除了线路平面有较大的曲线半径和适当长度的缓和曲线、夹直线长度以外,设计、施工都要将重点放在控制路基的工后沉降、不均匀沉降及路基顶面的初始不平顺性上。

(2) 桥梁要有足够大的刚度 主要控制挠度、梁端转角、扭转变形、结构自振频率,还要限制预应力徐变和结构温差引起的变形。所有这些变形的控制必须以与高速列车的动态作用力相耦合为前提。

(3) 一次铺成跨区间无缝线路 轨道结构无论有砟或无砟,均必须严格控制铺轨的初始不平顺,保证精度达到高平顺性的要求。钢轨的物理化学性能都有新的要求。根据高速铁路对轨道平顺性的要求,传统边铺边架的施工组织及方法已不适用。

(4) 接触网方面 列车高速运行时对接触网作用对导线产生较高频率的波动。为了降低弓网离线率,要求接触网具有较大的张力体系、较高的平顺性,以保证良好的供电。

(5) 列车及牵引动力 高速列车采用动车组的形式,牵引分为动力分散、动力集中两种方式,采用大功率交流传动GTO(可开关晶体管)及IGBT(绝缘栅双极型晶体管)或IPM(智能功率模块)元件,大幅度提高牵引功率。为了提高速度,减小对轨道结构及基础设施的影响,高速铁路要求降低车体重量并限制轴重,这包括:合理的转向架结构,良好的空气动力学性能和气密性,制

动装置的特殊要求,降噪措施,车载微机故障监控诊断系统,生活污水储存装置的特殊设计等。

(6) 通信信号系统 从传统的以地面信号为主变为以机车信号为主,司机制动转变为车载计算机判别、自动控制,并通过超速防护系统自动施行制动。为了提高运营指挥效率,保证正点率,高速铁路采用综合调度系统指挥控制;围绕运营指挥所采用的计算机网络及通信系统,需要很高的可靠性和安全性。高速运动的列车给车地之间的信息传递带来更大的难度,高速铁路要求信息传输误码率低,且更加快捷;高速列车装备有大量的计算机检测设备,形成一个车载计算机网络,使得列车控制、维修的效率得到很大的提高。

此外,由于高速行车的特殊情况,高速铁路配置了风、雨、雪、地震等自然灾害报警系统,监测信息经过通信网与调度中心直接相连,以保证高速行车的安全。沿高速线设置的跨线桥需安装坠落物报警装置,高速全线必须封闭,不设平交道口。由于高速行驶中列车与空气摩擦产生了大量噪声,因此,高速铁路途经人口密集的地区时,沿线需采取降低噪声的措施,安装隔音墙。

1.1.4 高速铁路的主要技术特征

采用轮轨技术的高速铁路应具有以下四个方面的主要技术特征。

- (1) 轮轨方面 持久高平顺性的轨道,轻量化、高走行稳定性的列车。
- (2) 弓网方面 大张力的接触网,高性能的受电弓。
- (3) 空气动力方面 流线型、密封的列车,较大的线间距和隧道断面。
- (4) 牵引与制动方面 大功率的交-直-交的动车组和大容量的牵引供电设施,大能力的盘形、再生、涡流列车制动系统和车载信号为主的列控模式。

应当指出,快速(高速度、高密度)、舒适(高平顺性、高稳定性、高环保性)、安全(高可靠性、高耐久性)是高速铁路的三大要素,三者缺一不可言高速。高速是当代铁路运输的必然选择。

1.1.5 中长期铁路网规划

2004年1月7日,国务院原则通过了我国“中长期铁路网规划”。规划明确了我国铁路网中长期建设目标,到2020年,全国铁路营业里程达到100 000 km,主要繁忙干线实现客货分线,复线率和电化率均达到50%,运输能力满足国民经济和社会发展需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平。规划指出,为满足铁路增长的旅客运输要求,建立省会城市及大、中城市间的快速客运通道,规划“四纵四横”铁路快速客运通道及三个城际快速客运系统。

我国高速客运专线工程建设具有线路里程长、建设周期短、桥梁所占比例高、地域气候条件复杂(如区域性沉降,气候条件差异大)、地质条件复杂(如软土、膨胀性粘土、湿陷性黄土等)、采用ZPW2000高频谐振式无绝缘轨道电路等特点,在这么短的时间内建设这么多世界一流的客运专线,任务十分繁重,国内无现成经验可借鉴,只有加快原始创新,集成创新,引进、消化、吸收、再创新,来完成如此浩大的工程。

1.2 高速铁路桥梁

1.2.1 工程特点

由于速度大幅提高,高速铁路上行驶的高速列车对桥梁结构的动力作用远大于对普通铁

路桥梁的动力作用。桥梁出现较大挠度会直接影响桥上轨道的平顺性,造成结构物承受很大的冲击力,旅客舒适度将受到严重影响,轨道状态也不能保持稳定,甚至会影响列车的运行安全。此外,为保证轨道的平顺性还必须限制桥梁的预应力徐变上拱和不均匀温差引起的结构变形,这些都对高速铁路桥梁的刚度和整体性提出了严格要求。因此,高速铁路桥梁具有以下工程特点。

(1) 刚度大 除控制挠度、梁端转角、扭转变形、结构自振频率之外,还要限制预应力徐变、不均匀温差引起的结构变形,并进行车桥耦合动力响应分析。

(2) 耐久性要求高 主要承重结构按 100 年使用要求设计,统一考虑合理的结构布局和构造细节,强调要使结构易于检查、维修,以保证桥梁的安全使用等,可通过设计、施工、维护三个阶段共同来保障。

(3) 严格控制墩台基础的沉降。

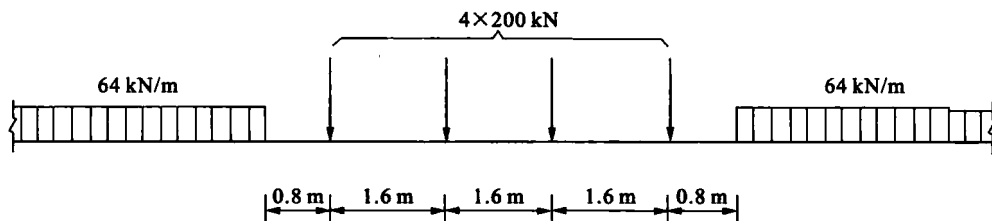
(4) 上部结构优先采用预应力混凝土结构 预应力混凝土结构刚度大、噪声低,由温度变化引起的结构位移对线路结构的影响小。

(5) 大跨度的特殊孔跨结构多 跨越主要交通干线或通航河流大量采用钢混结合梁、连续梁、斜拉桥、钢桁拱等特殊结构的大跨度梁式。技术复杂,施工难度大。

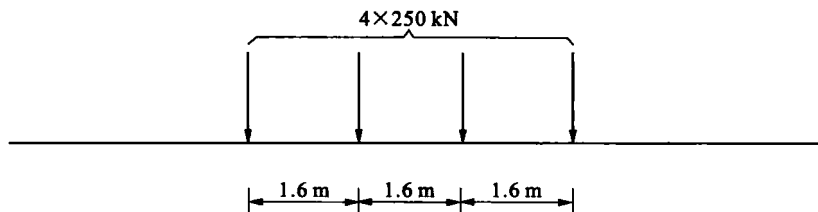
(6) 双线简支箱梁制、架需特殊的大型施工装备 32 m 跨度的双线简支箱梁重约 900 t、梁宽 13.4 m,制、运、架需专门的大型施工设施与装备。

1.2.2 设计荷载

高速铁路桥梁设计荷载可分为主要荷载、附加荷载及特殊荷载三种。桥梁结构设计应根据结构的特性和检算内容,以其最不利组合情况进行设计。具体计算参见相关规范。例如,列车竖向静荷载必须采用 ZK 活载(见图 1-1)。



(a) ZK 标准活载图示



(b) ZK 特种活载图示

图 1-1 ZK 活载图示

1.2.3 结构变形、变位和自振频率的限值

1. 对梁体竖向挠度限值的规定

(1) 梁部结构在列车竖向静荷载作用下,梁体的竖向挠度不应大于表 1-1 所列数值。

表 1-1 梁体的竖向挠度

单位:m

项目 \ 跨度	$L \leq 24$	$24 < L \leq 80$	$L > 80$
单跨	$L/1\ 300$	$L/1\ 000$	$L/1\ 000$
多跨	$L/1\ 800$	$L/1\ 500$	$L/1\ 000$

(2) 梁部结构在列车竖向静荷载作用下,梁端竖向转角不应大于下列值。梁端竖向转角如图 1-2 所示。



图 1-2 梁端竖向转角示意图

有砟轨道	$\theta = 2.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$	(桥台与桥梁之间)
	$\theta_1 + \theta_2 = 4 \times 10^{-3} \text{ rad}$	(相邻两片梁之间)
无砟轨道	$\theta = 1.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$	(桥台与桥梁之间)
	$\theta_1 + \theta_2 = 2 \times 10^{-3} \text{ rad}$	(相邻两片梁之间)

(3) 拱桥和钢架桥的竖向挠度,除考虑列车竖向静荷载作用外,尚应计入温度变形的影响。此时梁体竖向挠度,按下列情况之不利者取值,并满足上述限值的要求:列车竖向静荷载作用下产生的挠度值与 0.5 倍温度引起的挠度值之和;0.63 倍列车竖向静荷载作用下产生的挠度值与全部温度引起的挠度值之和。

2. 对无砟轨道桥梁梁缝变形限值的规定

无砟轨道桥梁梁缝两侧钢轨支承点间的相对竖向位移不应大于 1 mm;对于设有纵向坡度的桥梁,还应考虑由于活动支座纵向水平位移引起的梁缝两侧钢轨支承点间的相对竖向位移。

3. 对梁体横向变形限值的规定

(1) 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 $1/4\ 000$ 。

(2) 无砟轨道桥梁相邻梁梁端两侧的钢轨支点横向相对位移不应大于 1 mm。

4. 对活载作用下梁体扭转引起的轨面不平顺限值

以一段 3 m 长的线路为基准,在 ZK 活载作用下,一线两根钢轨的竖向相对变形量不大于 1.5 mm;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 1.2 mm。

5. 对桥梁竖向自振频率限值的规定

桥梁的竖向固有频率(自振频率)是促使桥梁动力系数出现峰值的根本原因。桥梁动力系数出现峰值,就意味着发生共振,这就会造成道床松散、钢轨损伤,影响轨道结构的正常工作,也会引起混凝土开裂、结构疲劳、承载力降低,甚至危及桥梁的安全。所以应对桥梁的最小自振频率加以限制。 $L \leq 80$ m 的简支梁竖向自振频率不应低于下列限值: $L \leq 40$ m 时, $f_0 = 120/L$; $40 < L \leq 80$ m 时, $f_0 = 23.58L - 0.592$ 。其中, f_0 为简支梁竖向自振频率限值(Hz); L 为简支梁跨度(m)。常用简支梁竖向自振频率限值如表 1-2 所示。

表 1-2 常用简支梁竖向自振频率限值

跨度/m	16	20	24	32	40	48	56
自振频率限值/Hz	7.5	6	5	3.75	3	2.38	2.18

6. 安全性和舒适性的动力响应评判标准

桥梁结构除进行静力分析应满足有关规定的要求外,还应按实际运营客车通过桥梁的情况进行车桥耦合动力响应分析。目前我国关于最高行车速度 350 km/h 的高速列车的安全性和舒适性的动力响应评判标准为:①脱轨系数 $Q/P \leq 0.8$;②轮重竖向减载率 $\Delta P/P \leq 0.6$;③轮轨横向水平力 $Q \leq 80$ kN;④车体竖向振动加速度 $a_z \leq 0.13$ g(半峰值),车体横向振动加速度 $a_y \leq 0.10$ g(半峰值)(g 为重力加速度);⑤ Sperling(斯佩林)舒适度指标 < 2.5 为优, $2.5 \sim 2.75$ 为良, $2.75 \sim 3.0$ 为合格;⑥桥面板在强振频率 20 Hz 及以下的竖向振动加速度:有砟桥面 ≤ 0.35 g;无砟桥面 ≤ 0.5 g。

7. 对墩台顶纵向水平刚度限值的规定

铺设焊接长钢轨的混凝土简支梁,墩台顶纵向水平刚度应满足表 1-3 所列数值的要求。

表 1-3 墩台顶纵向水平刚度(双线)

墩台顶	跨度/m	最小水平刚度/(kN/cm)	附 注
桥墩	≤ 12	120	不设钢轨伸缩调节器
	16	200	不设钢轨伸缩调节器
	20	240	不设钢轨伸缩调节器
桥墩	24	300	不设钢轨伸缩调节器
	32	400	不设钢轨伸缩调节器
	40	700	不设钢轨伸缩调节器
	48	1000	不设钢轨伸缩调节器
桥台	3 000		不设钢轨伸缩调节器

注:单线桥梁墩台的最小水平线刚度的限值按表内值的 1/2 取值。

8. 对墩台纵向及横向水平线刚度限值的规定

墩台纵向及横向水平线刚度应满足高速行车时列车安全性要求和旅客乘车舒适度要求,应对最不利荷载作用下墩台顶纵向及横向计算弹性水平位移进行控制。墩顶横桥向弹性水平位移按以下要求控制:在 ZK 活载、横向摇摆力、离心力、风力和温度的作用下,墩顶横向水平位移引起的桥面处梁端水平折角应不大于 1.0 ‰。图 1-3 所示为水平折角示意图。

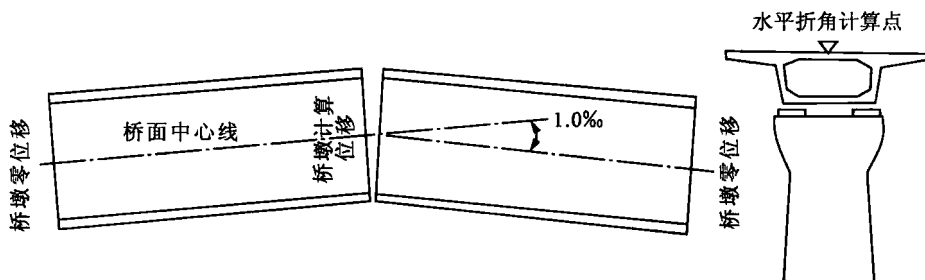


图 1-3 水平折角示意图

9. 对墩台沉降量限值的规定

为了保证墩台发生沉降后,桥头和桥上线路坡度的改变不致影响列车的正常运行,即使要进行线路高程调整,其调整工作量也不致太大,需要对墩台基础工后沉降及工后沉降差给予一定的限值(按恒载计算),规定如下。

- (1) 墩台均匀沉降量 对于有砟桥面桥梁为 30 mm;对于无砟桥面桥梁为 20 mm。
- (2) 静定结构相邻墩台沉降量之差 对于有砟桥面桥梁为 15 mm;对于无砟桥面桥梁为 5 mm。
- (3) 对于超静定结构,其相邻墩台沉降量之差的容许值,除要满足静定结构相邻墩台沉降量之差的要求外,还应根据沉降时对结构产生的附加应力的影响而定。

10. 对涵洞沉降限值的规定

当涵洞的地基为压缩性土地层时,应计算涵洞的沉降,铺设有砟轨道时工后沉降量不应大于 50 mm,铺设无砟轨道时工后沉降量不应大于相应的段路基的控制标准。

1.2.4 桥面布置

分析各国高速铁路桥面布置的有关数据,我国高速铁路线间距为 5.0 m,车辆限界宽为 3.4 m、建筑限界宽为 4.88 m,桥面的布置应符合下列规定。

(1) 桥上轨道可根据具体情况采用有砟轨道或无砟轨道 有砟轨道轨下枕底道砟厚度不应小于 0.35 m(当设置砟下胶垫层时含胶垫层厚度)。

(2) 直曲线上桥面采用相同的布置 当需要设置维修通道时,有砟桥面布置如图 1-4 所示。采用高挡砟墙,直曲线上高度等高,挡砟墙高度应根据最小曲线半径时墙顶不低于外轨顶面计算确定。双线桥面线间距 5.0 m,线路中心至挡砟墙净距 2.2 m,道砟槽宽 9.40 m。桥上不设护轮轨。

(3) 无砟桥面布置原则上与有砟桥面相同 当需要设置维修通道时,无砟桥面布置如图 1-5 所示。

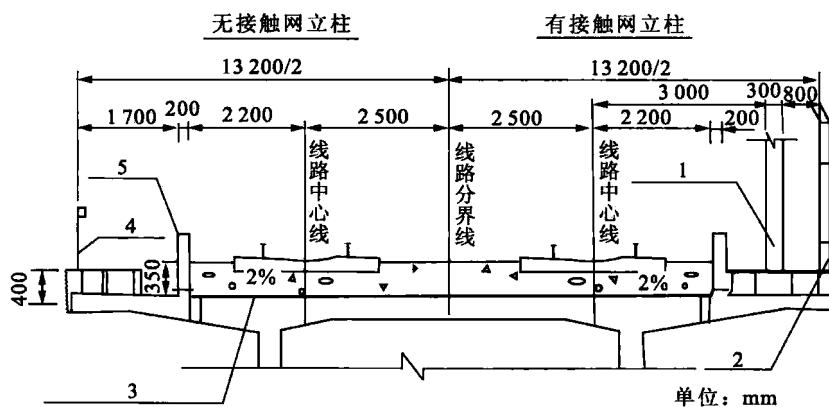


图 1-4 有砟桥面布置图(设维修作业通道)

1—接触网支柱;2—声屏障;3—防水层及保护层;4—人行道栏杆;5—防撞墙

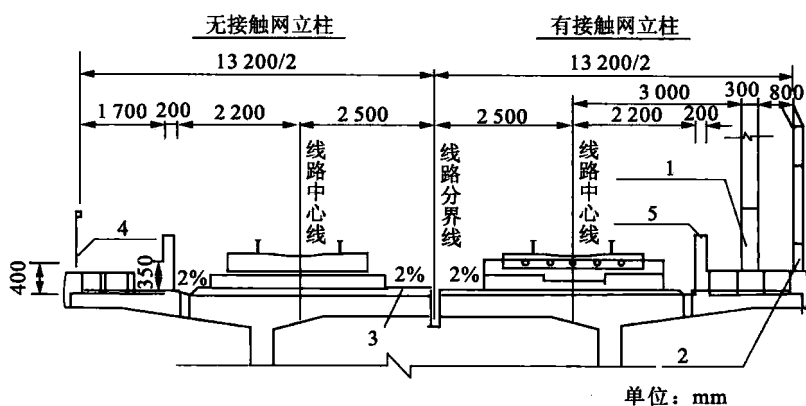


图 1-5 无砟桥面布置图(设维修作业通道)

1—接触网支柱;2—声屏障;3—防水层及保护层;4—人行道栏杆;5—防撞墙