



高等职业教育高速铁路规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU GAOSU TIELU GUIHUA JIAOCAI

高速铁路

GAOSU TIELU

QIAOHAN SHIGONG YU WEIHU

桥涵施工与维护

主编 ● 焦胜军



西南交通大学出版社



高等职业教育高速铁路规划教材
获陕西省 2014 年高等学校优秀教材一等奖

高速铁路桥涵施工与维护

主 编	焦胜军		
副主编	王旭芳	孙建刚	章 韵
主 审	冯广胜	史建南	
副主审	邢建鑫	刘东跃	



资源共享课



在线公开课

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内容简介

本教材按照高速铁路桥梁发展概况、施工准备、下部结构施工、上部结构施工、养护维修的顺序,共计16个项目编写。项目1、2突出我国高速铁路桥梁发展状况和项目(工区)的施工准备,项目3~6突出明挖基础、桩基础、沉井基础和桥墩台施工,项目7~10介绍上部结构突出预制预应力混凝土简支箱梁、连续梁(刚构)及组合体系桥、拱桥及钢桥施工,项目11介绍高铁涵洞的施工,项目12~16对高速铁路桥涵养护维修做了全面的介绍。每个项目均含有学习目标、相关案例、工作任务、相关配套知识、拓展知识、规范规程参考、项目小结、二维码扫描(视频链接)、复习思考题等内容,在教材最后还附有我国高速铁路建设现行规范、规程、标准、通用参考图和桥涵施工常用术语(含英文解释)等。可以供高职院校铁道(高速铁路)工程技术专业学生作为教材,也可供高速铁路桥梁施工与维护人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路桥涵施工与维护 / 焦胜军主编. —成都:

西南交通大学出版社, 2017.7

高等职业教育高速铁路规划教材

ISBN 978-7-5643-5536-4

I. ①高… II. ①焦… III. ①高速铁路—桥涵工程—
工程施工—高等教育—教材②高速铁路—桥涵工程—
维修—高等教育—教材 IV. ①U448.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第183885号

高等职业教育高速铁路规划教材

高速铁路桥涵施工与维护

主 编 / 焦胜军

责任编辑 / 张 波

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区二环路北一段111号西南交通大学创新大厦21楼 610031)

发行部电话: 028-87600564

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 30.25 字数 752 千

版次 2017年7月第1版 印次 2017年7月第1次

书号 ISBN 978-7-5643-5536-4

定价 59.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

再版前言

本教材出版以来获得陕西省 2014 年度高等学校优秀教材一等奖，是陕西省高速铁路工程专业技术专业综合改革项目规划教材，得到了兄弟院校和一线工程技术人员的高度认可，填补了我国高速铁路桥梁施工与维护高职教材的空白。

目前我国的高速铁路营业里程已经超过 20 000 km，占全世界高速铁路的 60%，位居世界第一，桥梁占比超过线路总长的 50%，有 7 600 多座。近年来随着我国高速铁路桥梁技术的不断完善，相关的技术标准、规程、指南等已经形成了一套完整、规范的体系，为了追踪最新的行业技术变化、最新的教学改革成果，编者对本教材第一版进行了系统的修订和完善，主要有以下特点：（1）全书按照全新的项目任务进行编写，并整合了部分内容；（2）按照最新的技术规范、规程、标准、指南进行了全面修订；（3）对教材中的大量数据及图表进行了细致的对比和修订；（4）增加了新的工程案例，为项目化教学做好了铺垫；（5）对拓展类的内容进行了大幅度的删减，对原来不足的以及应用广泛的部分进行了增加；（6）增加了院校骨干教师、企业技术人员参与新教材的修订工作；（7）建立了与本教材配套的在线开放课程资源库；（8）在每一个项目中增加了二维码，为教材的立体化做了部分准备。

本教材 16 个项目组成。由陕西铁路工程职业技术学院焦胜军任主编，王旭芳、孙建刚、章韵任副主编。参加编写的有：陕西铁路工程职业技术学院张福荣、齐红军、刘杰、章韵、郭亚宇、苗兰弟、郝付军、舒彬、杨勃、曾绍武、张裕超；武汉铁路职业技术学院王旭芳；天津铁道职业技术学院孙建刚；中铁第一勘察设计院集团公司桥隧处徐永利；中铁航空港集团第一工程公司焦广彦；中铁一局集团物贸公司曹新刚；北京铁路局北京高铁工务段史建南等。项目 1 由焦胜军、徐永利编写，项目 2 由张福荣、焦广彦、焦胜军编写，项目 3 由郭亚宇、张裕超、焦胜军编写，项目 4 由郭亚宇、焦胜军、曾绍武、张裕超编写，项目 5 由郭亚宇、张裕超、焦胜军编写，项目 6 由刘杰、张裕超、焦胜军编写，项目 7 由齐红军、曹新刚、郝付军、舒彬、焦胜军编写，项目 8 由章韵编写，项目 9 由苗兰弟、杨勃、焦胜军编写，项目 10 由章韵、焦胜军、郝付军编写，项目 11 由苗兰弟编写，项目 12、14 由王旭芳、史建南编写，项目 13、15、16 由孙建刚、史建南编写，附录由焦胜军编写。

本次修订由中铁大桥局集团冯广胜教授级高工、北京铁路局北京西工务段邢建鑫教授级高工、北京铁路局北京高铁工务段副主任史建南、中铁九局刘东跃教授级高工进行审核。

在本次教材修订过程中得到了许多高铁桥梁施工与维护一线技术人员的鼎力支持和帮助，以及陕西铁路工程职业技术学院教务处、铁道工程系、道桥工程系、轨道工程系的大力支持，在此表示真诚的感谢！

衷心感谢中国台湾桥梁专家邱守峦先生的大力支持！

由于资料来源和编者水平的限制、高速铁路桥梁技术的不断进步，教材中肯定有许多不足和错误之处，敬请广大读者不吝指教，并将意见反馈至 jiaoshengjun@163.com，以便在一版中改正。

编者

2017 年 7 月

前言

我国的高速铁路营业里程已经达到 8 358 km, 位居世界第一, 到 2020 年我国铁路营业里程将达到 12×10^4 km 以上, 其中新建高速铁路将达到 1.6×10^4 km 以上。我国是目前世界上高速铁路发展最快、运营里程最长、运营时速最高、在建规模最大、拥有系统技术最全的国家。

桥梁是铁路建设的重要基础设施之一, 也是铁路建设的关键技术。我国高速铁路桥梁比例远远高于普通铁路的桥梁比例, 如京津城际桥梁累计长度占全线总长的比例为 88%, 武广高铁占 44%, 郑西高铁占 64%, 沪宁城际占 50%, 沪杭高铁占 90%, 广珠城际占 95%, 京沪高铁占 87%, 哈大高铁占 74% 等, 已经运营和正在建设的高速铁路中仅桥梁就占线路总长度的 55% 以上, 由此可见桥梁在高速铁路建设中的重要作用。我国在学习、消化、吸收国外高速铁路桥梁建设技术的基础上, 积极进行了技术的自主创新, 在高速铁路桥梁工程实践方面做了大量的工作, 取得了丰硕的成果, 形成了一整套达到国际先进水平的高速铁路桥梁技术标准和建设规范, 为我国铁路实现“走出去”战略奠定了坚实的基础。

本教材分为上下两册, 上册由第一至八章组成, 下册由第九至十八章组成。由陕西铁路工程职业技术学院焦胜军任主编, 武汉铁路职业技术学院王旭芳任副主编, 中铁九局集团公司副总工程师、教授级高工刘东跃主审。参加编写的还有: 陕西铁路工程职业技术学院张福荣(副教授)、齐红军(副教授)、胡娟(讲师)、郭亚宇(讲师)、章韵(讲师)、苗兰弟(讲师)、郝付军(助教); 中铁一局集团第一工程公司焦广彦(高级工程师); 中铁一局集团物贸公司曹新刚(高级工程师); 中铁第一勘察设计院集团公司桥隧处徐永利(教授级高级工程师), 甘肃铁一院工程监理公司刘梦然(高级工程师)。全书共分为四部分共十八章, 第一、二章由焦胜军、徐永利编写, 第三章由张福荣、焦广彦编写, 第四章由郭亚宇编写, 第五、六章由郭亚宇、焦胜军、刘梦然编写, 第七章由焦胜军编写, 第八章由齐红军、曹新刚、焦胜军编写, 第九章由焦胜军、王旭芳、刘梦然编写, 第十章由苗兰弟、焦胜军编写, 第十一章由章韵、胡娟编写, 第十二章由胡娟、郝付军编写, 第十三章由苗兰弟编写, 第十四至十八章由王旭芳编写, 附录由焦胜军编写。

在本书的编写过程中得到了台湾高铁桥梁专家邱守峦先生及詹天佑群的群友们、中铁一局集团京石客专项目部教授级高级工程师于俊红、中铁十九局集团石武客专项目部教授级高级工程师李华伟和许多高铁施工一线技术人员的大力支持和帮助, 中铁大桥局集团副总工程师教授级高级工程师冯广胜、北京铁路局工务处高级工程师邢建鑫和陕西铁路工程职业技术学院赵丽萍老师为本书提出了许多宝贵的建议和意见, 在教材的编写过程中得到了陕西铁路工程职业技术学院教务处、铁道工程系的大力支持, 在此一并表示真诚的感谢!

由于本书编写时间仓促, 涉及内容较多, 且因有关规范和标准的变更以及资料来源和编者水平的限制, 肯定存在许多不足之处, 敬请广大读者不吝指教, 并将意见反馈至 jiaoshengjun@163.com, 以便在下一版中改正。

编 者

2011 年 1 月

目 录

项目 1 高速铁路桥梁特点	1
任务 1.1 国外高速铁路桥梁特点	2
任务 1.2 我国高速铁路桥梁特点	9
复习思考题	21
项目 2 高速铁路桥涵施工准备和施工测量	22
任务 2.1 施工准备	23
任务 2.2 施工测量准备和标准	42
任务 2.3 施工控制网测量	44
任务 2.4 墩台定位	47
任务 2.5 桥梁竣工测量	51
任务 2.6 桥梁变形监测	52
复习思考题	56
项目 3 明挖基础施工	57
任务 3.1 明挖基础的类型和结构	57
任务 3.2 无支护明挖基础施工	59
任务 3.3 支撑法明挖基础施工	66
任务 3.4 喷射混凝土护壁法基坑明挖施工	70
任务 3.5 土石围堰法明挖基础施工	73
任务 3.6 钢板桩围堰施工	78
复习思考题	82
项目 4 桩基础施工	84
任务 4.1 桩基础知识准备	84
任务 4.2 挖孔浇筑桩施工	89
任务 4.3 钻孔浇筑桩施工	96
任务 4.4 管柱基础施工	115
任务 4.5 水下混凝土浇筑施工	120
任务 4.6 承台施工	126
复习思考题	133

项目 5 沉井基础的构造施工	135
复习思考题	147
项目 6 桥墩台构造与施工	148
任务 6.1 桥墩构造与施工	148
任务 6.2 桥台构造与施工	168
复习思考题	176
项目 7 预制预应力混凝土简支箱梁施工	177
任务 7.1 预应力混凝土简支箱梁结构构造及梁场布置	178
任务 7.2 预应力混凝土简支箱梁预制	190
任务 7.3 简支箱梁的运输与架设	220
任务 7.4 支座与桥面系的施工	235
复习思考题	248
项目 8 预应力混凝土简支梁桥位制梁	250
任务 8.1 连续梁现场浇筑施工法	250
任务 8.2 移动模架浇筑施工	264
复习思考题	275
项目 9 连续梁(刚构)桥施工	277
任务 9.1 连续梁构造	277
任务 9.2 刚架桥结构构造	282
任务 9.3 顶推施工	284
任务 9.4 逐孔(先简支后连续)施工	292
任务 9.5 连续梁(刚构)的悬臂浇筑施工	294
任务 9.6 连续梁(刚构)悬臂拼装施工	309
任务 9.7 连续梁支架法现浇施工	313
任务 9.8 连续梁转体法施工	314
复习思考题	317
项目 10 其他桥梁施工	319
任务 10.1 拱桥及组合结构桥施工	319
任务 10.2 钢桥及组合桥梁施工	348
复习思考题	364
项目 11 涵洞施工	366
任务 11.1 涵洞的组成及类型	366
任务 11.2 涵洞的施工	368
复习思考题	375

项目 12 桥梁养护维修工作	376
任务 12.1 桥梁养护维修任务要求	376
任务 12.2 高铁桥梁安全防护管理	384
复习思考题	391
项目 13 桥面系养护维修	392
任务 13.1 桥面及防排水系统维修	393
任务 13.2 桥梁梁端伸缩装置	400
复习思考题	404
项目 14 支座养护维修	405
任务 14.1 支座和防落梁挡块的检查与养护	405
任务 14.2 支座病害整修与支座更换	410
复习思考题	417
项目 15 桥跨结构的养护维修	418
任务 15.1 混凝土桥梁的养护	419
任务 15.2 (典型工作) 钢桥养护	431
任务 15.3 (典型工作) 斜拉桥养护	446
复习思考题	453
项目 16 下部结构的养护维修	454
任务 16.1 墩台维护	454
任务 16.2 基础加固	464
任务 16.3 桥梁防洪与抢修	468
复习思考题	472
附录	473
参考文献	474

项目1 高速铁路桥梁特点

项目描述

桥梁在高速铁路工程中起着举足轻重的作用，也是高速铁路经过城市、大江大河的标志性建筑物，高速铁路桥梁也是一个国家科学技术水平的体现。世界各国的高速铁路发展都离不开桥梁设计、施工、维护水平的支持，也是普通桥梁的标准化和特殊桥梁的科技体现；随着高速铁路在世界各国的兴起，桥梁的建造水平也得到了快速提升，在我国，高速铁路桥梁里程已经占到线路总长的一半以上。通过本项目学习，了解世界各国和我国高速铁路桥梁的基本情况，熟悉桥梁在高速铁路工程中所起的举足轻重的作用，明确高速铁路桥梁的发展方向，增强学习者的使命感和责任感。

学习目标

1. 能力目标

- 能分析总结我国已建和在建高速铁路桥梁的主要类型、结构形式和施工方法；
- 能熟练绘制中-活载和 ZK 活载图式；
- 能收集整理某一类高速铁路桥梁的相关信息，并了解其特点。

2. 知识目标

- 了解世界及我国高速铁路桥梁的发展现状和特点；
- 了解我国高速铁路网和城际客运系统规划及实施进度；
- 了解桥梁美学的基本原则；
- 熟悉我国高速铁路桥梁的发展方向；
- 熟悉我国高速铁路桥梁的主要技术标准和通用图。

相关案例

国际铁路联盟（简称铁盟，UIC—Union Internationale des Chemins de Fer，也称 IUR—International Union of Railways）定义的高速铁路是指经过改造原有线路（直线化、轨距标准化），使营运速度达到 200 km/h 以上，或者专门修建的高速新线，使营运速度达到 250 km/h 以上的铁路系统。1964 年 10 月 1 日，日本东海道新干线开通，是世界上第一条实现运营速度高于 200 km/h 的高速铁路，从此以后，法国、德国、西班牙、瑞典、英国、意大利、俄罗斯、土耳其、韩国、比利时、荷兰、瑞士等也相继发展了高速铁路，目前已经有 16 个国家和地区建成运营高速铁路。由于高速铁路自身的特点，高速铁路桥梁占线路总长的比例远远大于普通铁路的桥梁占比，如日本高速铁路桥梁占比超过了 30%，我国高速铁路桥梁占比超过了 50%。国外高速铁路桥梁代表性的国家有德国、日本、法国等，各国在设计、施工、项目管理等方面，均有自身的一些特点。

任务 1.1 国外高速铁路桥梁特点

1.1.1 工作任务

高速铁路桥梁具有自身的特点,且在线路中所占比例很大。在学习下面相关内容后,了解高速铁路桥梁的设计原则,能够分析总结国外高速铁路桥梁的发展现状和特点。

1.1.2 相关配套知识

高速铁路要求轨道线路必须具有高平顺性、高稳定性和高可靠性等特点,桥梁作为轨道的下部结构,主要功能是为高速列车提供平顺、稳定的桥上线路,确保运营安全和乘坐舒适,为此高速铁路桥梁需要具有较大的抗弯和抗扭刚度,桥梁墩台应有足够的纵、横向刚度,墩台基础沉降需要严格控制。

1.1.2.1 高速铁路桥梁设计遵循的原则

- (1) 桥梁上部结构宜采用预制简支箱梁;
- (2) 桥墩形式宜成段采用同一类型;
- (3) 主梁整孔制造或分片制造整体联结;
- (4) 选用刚度大的结构体系,如简支梁、连续梁、连续刚构、拱及组合结构等。

1.1.2.2 高速铁路桥梁的基本特点

1. 占比大,长桥多

与普通铁路相比,高速铁路对线路及工后沉降量要求严格,同时为了节约土地资源,方便沿线居民生产生活,解决路基对沿线交通、生态的阻隔问题,为公路的发展预留必要的条件,从而使桥梁在线路中的占比显著增大。特别是在人口稠密地区和地质不良地段,大量采用了高架桥梁代替路基,使高架桥梁成为高速铁路线路的主要组成部分。

2. 刚度大、整体性好

高速铁路桥梁以中小跨度为主,采用整孔预制箱梁和桩基础,其经济性和整体性都比较好。高速铁路活载小于普通铁路,但高速铁路桥梁在梁高、梁重等方面均超过普通铁路桥梁。

与普通铁路桥梁相比,高速铁路桥梁上的无缝线路受力状态与路基不同,结构的温度变化、列车牵引(制动)力、桥梁挠曲等都会使桥梁在纵向产生一定的位移,引起桥上钢轨产生附加应力,过大的附加应力会造成桥上无缝线路失稳,影响行车安全。因此,要求墩台基础有足够的纵向刚度,以减少钢轨附加应力和梁轨间的相对位移。

3. 结构耐久,检查、维修方便

高速铁路列车速度高、线路运营繁忙,行车中断会造成很大的经济损失和社会影响,桥梁结构一般具有较强的耐久性,并易于检查、少维修或免维修,同时,重视接口设计,

协调桥梁与轨道、接触网、通信、信号、电力牵引供电、综合接地、沉降观测标、救援疏散通道等各专业之间的接口关系,综合考虑专业之间的系统集成技术,满足养护维修作业需要。

4. 注重减隔震和环保

高速铁路运行速度快,会产生很大的噪声,绝大多数桥梁一般都选用混凝土材料;主要是混凝土梁具有刚度大、噪声低、养护工作量少、造价经济等优点。在建设、运营中的各个环节,严格控制对水源、土壤、大气等的污染,在城镇和居民区附近的桥梁设置声屏障等降噪设施。

5. 结构与环境协调一致

高速铁路桥梁造型与环境一般保持一致,注重结构外观和色彩,强调结构与环境的协调;在高速铁路桥梁穿越优美的自然景区、经过城市范围时,除发挥交通建筑的主要功能外,还要体现出与环境和谐统一的特征。

1.1.2.3 各国高速铁路桥梁特点

1. 德国高速铁路桥梁

德国 1971 年开工建设第一条高速铁路新线——汉诺威—维尔茨堡高速线(327 km),1987 年完成 94 km 并投入部分使用;1976 年开始修建第二条高速新线——曼海姆—斯图加特(107 km,其中新线 99 km),于 1991 年通车运营。从 1998 年 9 月至 2002 年 8 月,先后建成柏林—汉诺威(264 km)、科隆—莱茵/美因(法兰克福)(177 km)线,最高运行速度 250~320 km/h。其中科隆—莱茵/美因(法兰克福)高速铁路是按照客运专线标准设计建造的,其余线路均按客货共线、中高速混跑运行模式设计建造。

(1) 德国高速铁路桥梁的标准跨度是 25 m、44 m 和 58 m。25 m 跨度主要用于高架桥,44 m 和 58 m 跨度主要用于山谷桥。桥梁结构通常采用预应力混凝土简支箱梁,一般采用就地浇筑、移动支架或简支梁连续顶推等方法施工。

(2) 大跨度桥梁则采用连续梁、V 形刚构、拱桥,钢桥采用钢桁梁或钢箱梁混凝土桥面的结合梁。在采用连续梁时,通常将固定支座设在桥台上,在活动端桥台上设置钢轨伸缩调节器,以释放钢轨附加应力。

(3) 德国特别重视高速铁路桥梁的构造细节处理和耐久性,要求能使检修人员到达桥梁墩、台和支座的任何部位,以便进行检修。在箱梁的内部要能走行检查小车,以便检查梁体内部。

(4) 科隆—莱茵/美因(法兰克福)高速铁路从北向南穿越三座中等大小的山脉,线路采用速度 300 km/h 的无砟轨道,最大坡度为 4%,最小曲线半径为 3 425 m。该线除了为数众多的小型桥梁外,还架设了 18 座大型桥梁(最长桥梁是 992 m 的哈勒巴赫塔耳桥,最大跨度是美因河桥,其中跨 130 m),跨度一般在 29~65 m,梁高在 3~3.5 m,横截面为箱形。

2. 日本新干线桥梁

日本是一个领土狭长的岛国,境内多山,少平原,自然灾害频繁,基础工程自然条件较

差。1964年10月1日,世界上第一条高速铁路日本东海道新干线(东京至大阪)开通运营,全程515.4 km,直达旅行时间3 h,列车最高运营速度210 km/h。选用的高速铁路线桥隧设计参数和标准,较既有铁路设计规范提高不多,目前列车最高运行速度达到270 km/h。从1972年3月至2002年12月,先后建成投入运营的有山阳、东北、上越、北陆、九州等新干线。投入运营的6条新干线营业里程合计2 388 km,速度为270~320 km/h。

(1) 钢桥和结合梁桥。

东海道新干线除混凝土桥外,近50%的桥梁为钢桥和结合梁桥,山阳新干线冈山以西开始大量采用板式整体无砟轨道,混凝土桥的比例也越来越大,东北新干线混凝土桥占线路总长度的70%。

东海道新干线钢桥大多为有砟轨道结构的钢板梁桥,上承式桥梁最大跨度为54 m,下承式桥梁最大跨度为45 m,结合梁最大跨度为47.5 m,钢桁梁最大跨度为79 m。

山阳新干线大量采用结合梁桥,双线单箱结合梁最大跨度为64 m,同时开始使用SRC(Steel Reinforced Concrete——劲性骨架混凝土或型钢混凝土)结构高架桥和SRC结构高架车站。东北新干线在居民区和商业区尽可能不用钢桥,全线钢桥(包括结合梁)总延长仅为3 km,占全线桥梁4%。上越新干线除长冈站采用SRC结构高架桥外,均采用混凝土桥梁。

(2) 混凝土桥。

新干线混凝土桥梁主要有RC(Reinforced Concrete)梁、PC(Prestressed Concrete)梁以及RC刚架桥等,混凝土桥占桥梁总长75%。新干线PC混凝土简支箱梁最大跨度67 m,PC槽形梁最大跨度为61.4 m。简支I形梁最大跨度为49 m,PC连续梁最大跨度为110 m,混凝土斜拉桥最大跨度为135 m。

(3) 高架桥。

在土质较好的区间,路堤填土高度超过6 m时或者在软土地段为了防止基础下沉带来养护维修困难和行车安全隐患,新干线一般采用高架桥形式通过,高架桥的平均高度在7~11 m之间。新干线高架桥多采用RC刚架式和PC混凝土箱梁式高架桥:在地形平坦地段一般都采用RC刚架式高架桥,约占新干线高架桥总长的80%;地形不平坦区段多采用PC箱梁式高架桥,约占新干线高架桥总长的20%。高架桥的基础形式多为桩基或带基础梁的框架基础,北陆新干线还采用了一柱一桩的基础形式。

3. 法国高速铁路桥梁

巴黎和里昂是法国最大的两座城市,连接两座位城市的欧洲第一条高速铁路东南线于1981年(南段)和1983年(北段)分别投入运营,最高运营速度达到300 km/h。1994年开通了全长102 km的巴黎地区高速联络线以及全长117 km东南线的延伸线,2001年开通了全长295 km的地中海线,最高速度为320 km/h。法国相继建设开通了TGV(Train à Grande Vitesse——法国高速列车)大西洋线、北方线、地中海线、巴黎东部线等高速铁路,形成了以巴黎为中心,辐射全国的TGV高速铁路干线,并与周边国家连接。

在东南线和大西洋线上所选用的桥梁结构平均跨度为40 m,均采用双线箱形等高度预应力混凝土连续梁,梁体现场浇筑,用顶推法施工。

北方线由于需要跨越高速公路、较大河流和土质较差,其桥梁总长度是大西洋线的 2 倍,在北方线上建造了跨度 50 m 左右的结合梁和一孔跨度 93.30 m 的下承式钢桁结合梁。从北方线开始,在巴黎地区联络线、东南延伸线上,预应力混凝土材料和钢材两种材料在上述三条高速线上的桥梁使用各占 50%。

随着法铁对 TGV 在桥梁上的运行要求的逐步提高,不但要求桥梁结构不得有任何缺陷,具有足够的疲劳耐久性和便于对桥梁结构进行检查,减少和简化维修,降低噪声水平等,而且要求桥梁改善结构的动态性能,以确保列车按 300 km/h 速度运行时的行车安全性和乘坐舒适度。2007 年 4 月 3 日 13 时,“V150”列车从刚刚竣工的巴黎—斯特拉斯堡东线铁路 264 km 处启动,行驶 73 km 后,列车速度达到 574.8 km/h。

(1) 小跨度桥梁。

铁路跨越普通公路普遍采用刚构混合体系桥梁,其跨度在 25 m 以下,桥长在 100 m 以内,混凝土板梁高为 0.8~1.0 m,椭圆形桥墩,墩台顶中央设有横向限位装置,桥台多采用柱形肋式变截面埋台,施工均采用就地膺架法施工。

(2) 中等跨度桥。

① 预应力混凝土连续梁。预应力混凝土连续梁跨度一般在 40~80 m,梁高为 3.5~5 m,采用顶推法施工。

② 钢-混凝土结合梁。钢-混凝土结合梁被普遍采用,约占桥梁总量的 70%,钢梁形式上多采用上承式板梁。跨中梁部腹板厚约 25 mm,支座处下缘厚 80~100 mm。支座处腹板设加劲肋板,腹板间横联采用钢板;下平联为“米”字形杆件,螺栓联结的节点板多与横联杆联为一体。钢梁上缘顶部焊接栓钉。桥面板采用 43 cm 厚钢筋混凝土板。钢梁由工厂分段预制,现场焊接组装顶推就位,现浇混凝土桥面(多采用商品混凝土)。钢梁节段现场吊装焊接后,采用悬吊滑动脚手架绑扎桥面混凝土钢筋骨架。

(3) 大跨度桥梁。

大跨度桥梁在跨河流和高等级公路时采用。结构形式不拘一格,梁、墩、台的造型、色彩、装饰都注意与周围环境的协调。

(4) 桥墩结构。

① 一般桥墩为椭圆形、圆形、矩形等。墩顶不设墩帽时,墩顶中央设有与桥墩一体的横向限位装置;设墩帽时,必须是装饰性外形。

② 当桥梁与河流或公路斜交时,采用斜向墩身、正向墩帽,以简化梁部结构,改善结构受力状态。

③ 根据梁部结构形式及跨越公路的需要,也采用交错独立圆柱混凝土双支座桥墩。

④ 混凝土桥墩根据情况,有空心和实体两种墩型。

4. 西班牙高速铁路桥梁

西班牙第一条高速铁路是马德里—塞维利亚线,全长 471 km。1987 年 10 月动工建设,1992 年 4 月投入运营,列车最高运营速度 300 km/h。2003 年开通了马德里—莱里达线,2007 年开通了马德里—巴利亚多利德等线,2008 年开通了马德里—巴塞罗那等线。

马德里—塞维利亚高速铁路全线高架桥共 31 座, 总延长 9.845 km。在布拉萨特尔塔斯至阿尔科莱亚之间, 进入莫雷纳山区地形地貌突变, 山势陡峭, 集中修建了 28 座不同长度的高架桥。在这条线路上, 高架桥有两种类型: 钢筋混凝土预制梁 (静定结构) 和箱梁 (超静定结构)。最长的高架桥是跨越瓜达梅尔斯河的高架桥, 全长 798 m, 该桥跨度 26.60 m, 桥面由 5 根高度为 2.05 m 的 T 形预应力梁组成; 跨度最大的静定桥是塔霍河上的高架桥, 跨度为 38 m, 桥面由 9 根高度为 2.10 m 的 T 形预应力梁组成, 基础均采用桩基础。

5. 意大利高速铁路桥梁

意大利第一条高速铁路是 1992 年修建的罗马—佛罗伦萨 310 km 的线路, 1994 年意大利正式开始高速铁路网工程。都灵—博洛尼亚高速铁路于 2000 年完工; 米兰—威尼斯高速铁路于 2001 年完工; 米兰—热那亚高速铁路于 2003 年完工; 米兰—都灵高速铁路于 2009 年完工。

意大利是一个多山的半岛国家, 山地和丘陵占国土面积的 80%, 线路多在山岭中穿行, 且为客货混运模式。第一期高速铁路技术标准不高, 最高速度为 250 km/h, 桥梁 49 座共 32 km; 第二期高速铁路最高速度为 300 km/h, 货物列车速度为 160 km/h, 线路最大坡度不超过 18‰。1994 年开工、2004 年建成的罗马—那不勒斯高速铁路全长 204 km, 其中桥梁长度 39 km (占 18%), 2000 年开工的佛罗伦萨—米兰高速铁路全长 260.4 km, 桥梁长 23.1 km (占 8.9%)。

第一期桥梁结构基本可分为两类: 一类是工字梁由横梁联结, 上面加盖板; 另一类为箱梁。刚架结构采用普通混凝土或预应力混凝土。跨度大于 20~25 m 时采用预应力混凝土结构。第二期高速铁路桥梁类型为预应力混凝土及钢-混凝土结合的简支梁, 跨度有 55 m、43.2 m、33.6 m、24 m, 线间距 5.0 m, 桥面总宽度 13.6 m, 一般由多个小箱梁组合而成。最常见的类型为跨度 33.6 m 双室箱梁, 完全预制, 重 420 t。用先张法施加预应力及跨度为 24 m 的 4 个 V 形梁组合的结构, V 形梁由工厂预制, 到工地后由轨枕板将其联结就位。特殊情况下采用 55 m 钢-混凝土结合梁及 43.2 m 先张法整孔箱梁, 顶推法施工。

6. 韩国高速铁路桥梁

韩国京釜高速铁路自首尔到釜山, 全长 412 km, 设计速度为 300 km/h。其中桥梁 48 座, 总长 111.8 km, 90% 以上的桥梁采用预应力混凝土连续梁, 标准跨度为 25 m 和 40 m 两种, 主要结构形式为先简支后连续的预应力混凝土连续梁。梁跨度为 25 m 时, 其梁高为 2.5 m, 三跨一联 3×25 m, 采用先张法预应力混凝土箱梁, 预制架设施工, 桥面宽为 14.0 m, 箱顶宽 7.07 m, 箱底宽为 5.9 m, 顶板厚为 0.35 m, 底板厚为 0.30 m, 腹板厚为 0.50 m, 端部采用底板抬高、腹板向内加宽的方式, 梁端箱内最小净高为 1.2 m; 跨度为 40 m 时, 梁高为 3.5 m, 两跨一联 2×40 m, 采用桥位现浇施工。

1.1.2.4 世界各国已建成的高速铁路及桥梁情况 (表 1.1)

表 1.1 世界各国已建成的高速铁路及桥梁情况

国 家	线路名称	起讫点	里程 /km	桥梁总长 /km	桥梁占比	建成年份, 运营速度
西班牙	马德里—塞维利亚	马德里—塞维利亚	471	15	3.2%	1992 年, 300 km/h
	马德里—莱里达	马德里—莱里达	485			2003 年, 300 km/h
	马德里—巴塞罗那	马德里—巴塞罗那	649			2008 年, 300 km/h
意大利	罗马—佛罗伦萨	罗马—佛罗伦萨	254	32	12.6%	1992 年, 250 km/h
	罗马—那不勒斯	罗马—那不勒斯	194	37.9	19.5%	2005 年, 300 km/h
德国	汉诺威—维尔茨堡	汉诺威—维尔茨堡	327	41	12.5%	1991 年, 250 km/h
	曼海姆—斯图加特	曼海姆—斯图加特	99	6	6.1%	1991 年, 250 km/h
	柏林—汉诺威	柏林—汉诺威	264			1998 年, 280 km/h
	科隆—法兰克福	科隆—法兰克福	177	4.8	2.7%	2002 年, 300 km/h
法国	TGV 东南线	巴黎—里昂	417	25	6.0%	1983 年, 300 km/h
	TGV 大西洋线	巴黎—勒芒 / 图尔	282	36	12.8%	1990 年, 300 km/h
	TGV 北方线	北部省—欧洲	330	72	21.8%	1993 年, 300 km/h
	东南延伸线	里昂—瓦朗斯	121	39	32.2%	1994 年, 300 km/h
	环巴黎联络线	环巴黎	128	20	15.6%	1996 年, 300 km/h
	TGV 地中海线	瓦朗斯—马赛	295	14	4.7%	2001 年, 300 km/h
	TGV 东方线	(一期 320 km)	450	5.9	1.3%	2007 年, 320 km/h
日本	东海道新干线	东京—大阪	515	173	33.6%	1964 年, 270 km/h
	山阳新干线	大阪—博多	554	211	38.1%	1975 年, 300 km/h
	上越新干线	大宫—新潟	270	166	61.5%	1982 年, 260 km/h
	长野新干线 (北陆新干线)	高崎—长野	117	39	33.3%	1997 年, 260 km/h
	东北新干线	东京—八户	593	344.4	58.1%	2002 年, 275 km/h
	九州新干线 (鹿儿岛线南段)	新八代站— 鹿儿岛中央站间	138	62.1	45%	2004 年, 260 km/h
韩国	京釜线	幸信—首尔—釜山	438.5	111.8	27.3%	2004 年, 300 km/h
	湖南高速线	幸信—木浦	407.6			2015 年, 300 km/h

1.1.2.5 国外高速铁路部分大跨度桥梁汇总 (表 1.2)

表 1.2 国外高速铁路部分大跨度桥梁汇总

序号	结构形式	主桥跨度 /m	线路名	桥 名	建成 年份
1	预应力混凝土连续梁桥	130	德国法兰克福—科隆	美因河桥 (无砟)	2002
2		5×105	日本东北新干线	第二阿武隈川桥	1975
3		110	日本上越新干线	太田川桥	1978
4		105	法国地中海线	罗格莫尔桥	2001
5		10×100		阿维尼翁桥	2001
6		100		旺它勃朗桥	2001
7	预应力混凝土 V 形刚构桥	135	德国汉诺威—维尔茨堡	美因河桥	1984
8	预应力混凝土 T 形刚构桥	2×109.5	日本上越新干线	武妻川桥	1978
9	预应力混凝土斜拉桥	2×133.9	日本北陆新干线	第二千曲川桥 (无砟)	1995
10		2×105		屋代南桥 (无砟)	1996
11	预应力混凝土刚梁柔性拱桥	126	日本上越新干线	赤谷川桥	1978
12	上承式混凝土拱桥	162	德国汉诺威—维尔茨堡	美因河桥	1987
13		4×127.5		瓦尔泽巴赫桥	1988
14		116	德国法兰克福—科隆	拉恩特尔桥 (无砟)	2002
15	钢系杆结合梁拱桥 (混凝土桥面)	124	法国地中海线	阿维尼翁桥	2001
16		121.4		莫纳斯桥	2001
17		2×115.4		阿德玛桥	2001
18	下承式连续钢桁梁桥	3×103	日本北陆新干线	第三千曲川桥	1996



拓展知识

(1) 2015 年 1 月 6 日, 美国首条高铁项目在加利福尼亚州动工。加州高铁项目全长 1 287 km, 从北部的州府萨克拉门托经旧金山、位于硅谷地区的圣何塞、洛杉矶等地最终到达最南端的美墨边境城市圣地亚哥, 设计速度 352 km/h, 最高速度 400 km/h, 率先开工的是相对地广人稀的中部梅塞德至福瑞斯诺路段中的从马德拉至福瑞斯诺的 46 km 部分。加州高铁项目的动工对于美国高铁建设具有里程碑意义。但这条高铁能否最终顺利建成, 仍有许多悬念。

(2) 俄罗斯 1 号高铁干线是连接莫斯科和圣彼得堡的高速铁路干线, 这条高铁线路被称为“1 号高铁干线”, 计划在 2018 年世界杯足球赛之前建成通车。俄罗斯 1 号高铁干线全长 660 km, 建成后计划每日开行 42 对列车, 最高速度达到 400 km/h, 旅途时间为 2.5 h, 每年能够运送 1 000 万~1 300 万乘客。

(3) 2016 年 1 月 21 日, 印度尼西亚首条高速铁路——雅加达至万隆高铁正式开工。雅万高铁项目由中国铁路总公司牵头组成的中国企业联合体, 与印尼国企联合体共同组建的中

印尼合资公司承建,是国际上首个由政府主导搭台、两国企业对企业进行合作建设和管理的高铁项目,也是中国高速铁路从技术标准、勘察设计、工程施工、装备制造、物资供应,到运营管理、人才培养、沿线综合开发等全方位整体走出去的第一单项目,对于推动中国铁路特别是高铁走出去,具有重要的示范效应。

任务 1.2 我国高速铁路桥梁特点

相关案例

高速铁路以其运力大、速度快、能耗低、占地少、污染小、安全可靠等优势在我国的综合交通体系中占有不可替代的作用。中国高速铁路的英文简称是 CHSR (China High-Speed Railway)。我国对高速铁路的定义为:“新建设计开行 250 km/h (含预留)及以上动车组列车,初期运营速度不小于 200 km/h 的客运专线铁路”。2008 年 8 月 1 日开通的(北)京(天)津城际铁路速度达到 350 km/h,是我国大陆开通的第一条高速铁路运营线路;2011 年 6 月 30 日开通的(北)京沪(上海)高铁,是世界上一次建成线路最长、标准最高的高速铁路,全长 1 318 km;2012 年 12 月 1 日开通的哈(尔滨)大(连)高铁,是中国首条也是世界上第一条新建高寒地区的高速铁路,全长 921 km;2012 年 12 月 26 日(北)京广(州)高铁全线开通运营,是世界上运营里程最长的高速铁路,全长 2 298 km。截至 2016 年年底,我国高速铁路运营里程达到 2.2 万 km,占世界高铁运营里程的一半以上,居世界第一位,与其他铁路共同构成的快速客运网可基本覆盖 50 万以上人口城市。我国高速铁路桥梁在线路中占比超过了 50%,其中 90% 以上为中小跨度的预应力混凝土简支梁桥。如京沪高铁桥梁比例占到 80% 以上,而我国普通铁路桥梁仅占线路全长的 4%。

1.2.1 工作任务

在我国高速铁路中的桥梁所占比例很大,且走在了世界桥梁发展的前列。在学习下面相关内容后,能够了解我国高速铁路网和城际客运系统规划,熟悉我国已建和在建高速铁路桥梁的主要类型、结构形式和施工方法,能够熟练绘制中-活载和 ZK 活载图式;熟悉我国高速铁路桥梁的标准体系。

1.2.2 相关配套知识

根据我国《中长期铁路网规划(2016—2030)》方案,铁路网覆盖 20 万人口以上城市,快速铁路网连接所有 50 万人口以上城市,高速铁路网连接所有 100 万人口以上城市,城际高铁连接城市群内部城市,到 2030 年中国的高速铁路里程将会达到 7.2 万 km,成为世界上最大的高速铁路网络。

1.2.2.1 中国大陆高速铁路网(图 1.1)

主要是打造以沿海、京沪等“八纵”通道和陆桥、沿江等“八横”通道为主干,城际铁路为补充的高速铁路网,实现相邻大中城市间 1~4 h 交通圈、城市群内 0.5~2 h 交通圈。