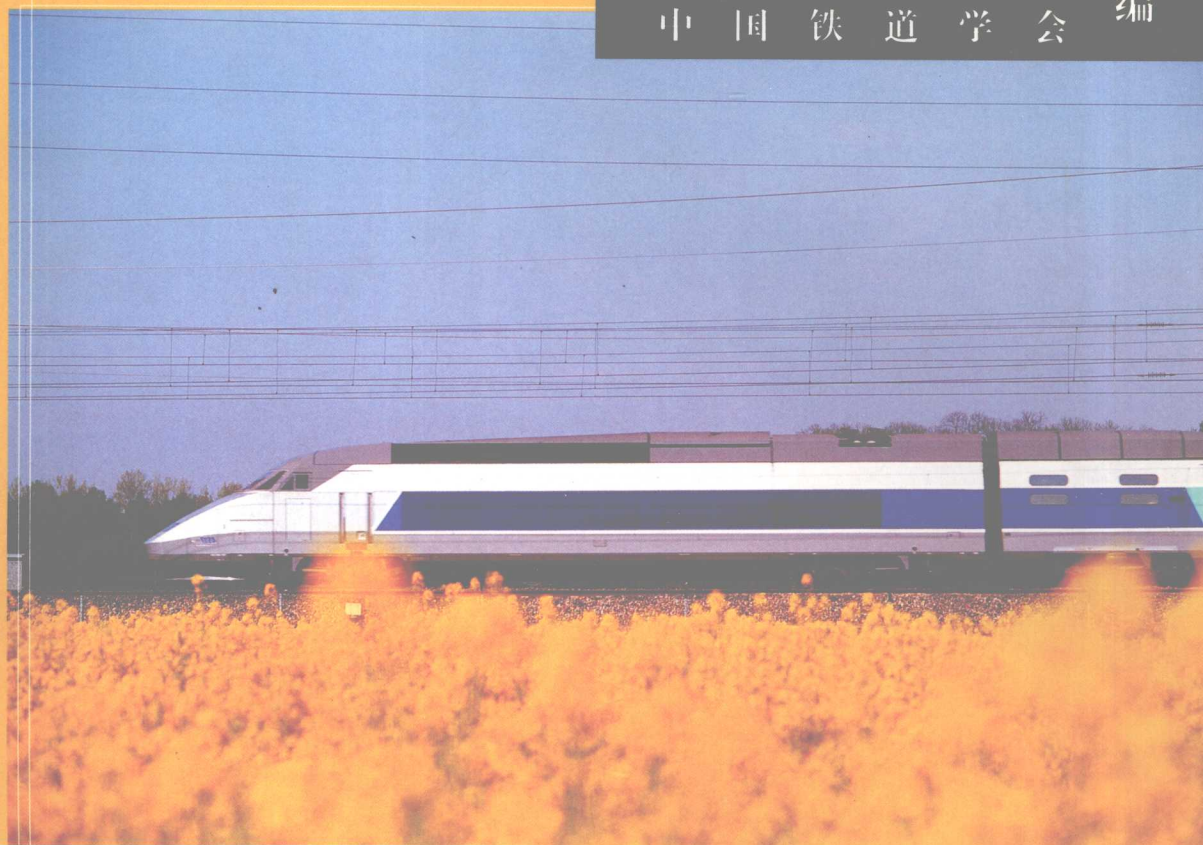


铁道部工程设计鉴定中心 编
中国铁道学会

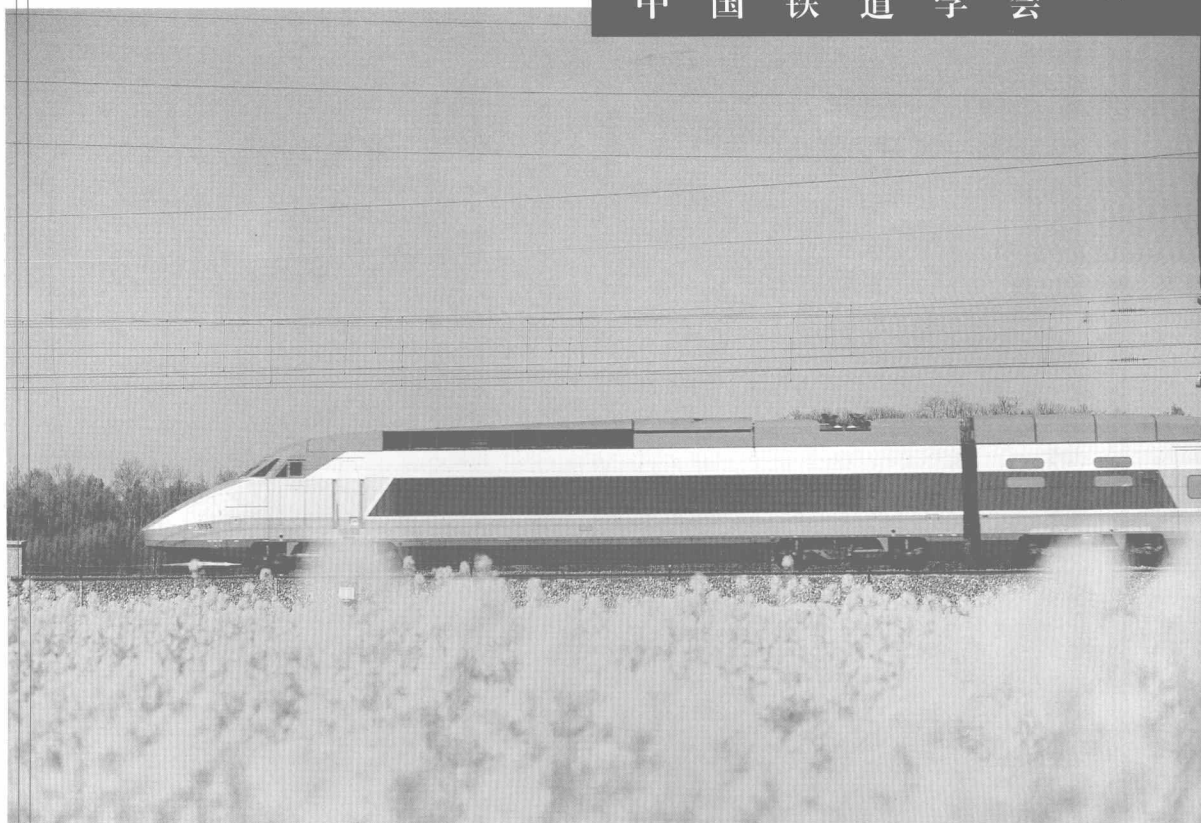


铁路客运专线建设 技术交流会论文集

TIELU KEYUN ZHUANXIAN JIANSHE
JISHU JIAOLIUHUI LUNWENJI

长江出版社

铁道部工程设计鉴定中心 编
中国铁道学会



铁路客运专线建设 技术交流会论文集

TIELU KEYUN ZHUANXIAN JIANSHE
JISHU JIAOLIUHUI LUNWENJI



长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

铁路客运专线建设技术交流会论文集/铁道部工程设计鉴定中心,中国铁道学会编. —武汉:长江出版社,2005.10

ISBN 7-80708-064-7/U.1

I. 铁… II. ①铁… ②中… III. 旅客运输—铁路线路—铁路工程—文集 IV. U21-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 125471 号

铁路客运专线建设技术交流会论文集

铁道部工程设计鉴定中心,中国铁道学会 编

责任编辑:朱 舒 张艳艳

技术编辑:王秀忠

装帧设计:刘斯佳

责任校对:李海振

出版发行:长江出版社

地 址:武汉市汉口解放大道 1863 号

邮 编:430010

E-mail:cjpub@vip.sina.com

电 话:(027)82927763(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销:各地新华书店

印 刷:通山县九宫印务有限公司

规 格:880mm×1230mm 1/16

45.25 印张

1465 千字

版 次:2005 年 11 月第 1 版

2005 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 7-80708-064-7/U.1

定 价:118.00 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

群策群力，攻克铁路客运
专线技术难题，为经济社会
发展作出新贡献。

何华武
二〇〇五年十一月

群策群力，攻克铁路客运专线技术难题，为经济社会发展作出新贡献。

—— 铁道部总工程师何华武

前 言

2004 年国务院批准建设武广、郑西、石太、京津、合宁、合武、温福、福厦、甬温 9 个客运专线项目以来,铁路掀起了客运专线建设的新高潮。

党中央、国务院对铁路客运专线建设高度重视,胡锦涛总书记等中央领导同志曾亲临建设工地视察,对客运专线建设寄予殷切希望,并作出一系列重要指示。铁道部部长刘志军指出,建设客运专线,是实施《中长期铁路网规划》的重要内容,是缓解铁路运输瓶颈制约、快速扩充铁路运输能力、快速提升铁路技术装备水平、加快实现我国铁路现代化的战略举措。

为配合铁道部这一重点工作,铁道部工程设计鉴定中心和中国铁道学会于 2005 年 11 月联合召开“铁路客运专线建设技术交流会”。铁道部领导非常重视并莅临会议发表讲话。铁道部发展计划司、建设管理司、科学技术司、运输局、技术委员会、高速铁路建设领导小组办公室、工程管理中心等单位给予会议以大力支持。

会议的专题报告和交流论文内容包括轨道与线站、桥梁与隧道、地质与路基、电气化与通信信号等专业。经过专家的严格评审,从应征论文中遴选出 124 篇编辑出版了这本论文集。相信这些论文对铁路客运专线建设具有一定的参考价值。

本书的编辑出版得到了铁道第四勘察设计院的支持和协助,在此表示感谢!

编者

2005 年 11 月

目 录

客运专线双块式无碴轨道设计中若干关键技术问题的研究	孙立(3)
客运专线无缝道岔受力与变形的影响因素研究	王树国 顾培雄(9)
板式轨道用 CA 砂浆关键技术的研究	金守华(15)
客运专线枢纽中心站的分层立体布置图形的研究	朱长青(27)
客运专线正线与相邻到发线线间距研究	韩国兴(31)
桥上无缝道岔的力学特性研究方法及其一般规律	孙大新 高亮 刘衍峰(37)
桥上无缝道岔设计理论与应用研究	李秋义 孙立(41)
跨区间无缝线路铺轨机配套运输车的设计及应用	吴启新 许建军 杨永明(46)
关于高速客运专线线路平、纵断面设计有关问题的探讨	张雪才(51)
无碴轨道纵向力学行为分析	郜永杰(57)
客运专线无碴轨道建造的关键技术	彭华 崔显付 高亮(61)
LEICA GRP1000 用于无碴轨道施工测量	肖书安(65)
高速铁路铺设无碴轨道测量技术有关问题的探讨	周玉辉(71)
博格板式无碴轨道施工简介	徐振龙 闻世满 刘中华(76)
桥上无缝线路伸缩力的优化算法	朱彬(81)
客运专线道岔用于渡线的夹直线问题分析	孙加林 刘增杰 王树国(86)
客运专线钢轨技术条件的研究及起草	周清跃 周镇国 张银花等(91)
土路基上无碴轨道结构受力分析	罗震 翟婉明 蔡成标(96)
无碴轨道对轨道电路的影响及对策	冯晓宁 蔡亮(100)
秦沈客运专线钢轨闪光焊接头轨面横向裂纹成因分析	张银花 周清跃 陈朝阳等(104)
石太客运专线主要技术标准的研究	王俊峰(110)
客运专线纵断面最小坡段长度设计优化动力学仿真计算研究	刘增杰 吴敬朴 孙加林等(116)
铁路客运专线轨道工程施工设备配套技术	曾宗根(120)
高速铁路工程测量精度和测量模式	徐立(128)
客运专线建设期数据的三维可视化管理	朱培民 李兵选 张坚(135)
无碴轨道在铁路建设中的应用分析	赵东田(140)
客运专线车站旅客站台宽度的研究	李庆生(146)

无碴轨道车站路基与排水设计探讨	刘一平 晏仁先(151)
客运专线车站建筑设计研究	黄波(156)
城际客运铁路车站到发线有效长初探	黄永柳(160)

桥梁与隧道

武汉天兴洲长江大桥主塔基础选型及施工技术	秦顺全(165)
客运专线桥梁结构类型选择与探讨	陈夏新(172)
温福铁路桥梁结构耐久性设计	王德志 陈顺平(181)
客运专线长大隧道设计施工的讨论	王梦恕 骆建军(186)
关于客运专线隧道衬砌断面优化的研究	赵勇 倪光斌 唐国荣(196)
武广客运专线隧道的若干关键技术问题	肖明清 王克金(201)
铁路客运专线隧道建设中地下水防治有关问题探讨	梅志荣 李传富(207)
客运专线黄土隧道勘测设计中若干问题的探讨	豆世康 赵秋林 李凌志(213)
车桥耦合动力仿真分析及其在客运专线桥梁设计中的应用	李小珍 李俊 朱艳等(219)
从我国台湾高铁看混凝土桥梁预应力施加方式	朱尔玉 林文泉 朱英磊(226)
客运专线调高支座结构形式与安装工艺的研究	赵旭清(231)
客运专线双线整孔箱梁制造工艺装备研究	张宇宁(236)
铁路梁桥墩台承受列车制动力的研究	雷俊卿 冯东 田文野等(240)
无碴轨道预应力混凝土箱梁设计	鄢勇 刘名君 陈列等(244)
雁荡山 2×90m 钢箱叠合拱桥设计研究	任征 瞿国钊(249)
铁路客运专线斜交刚构连续梁桥设计研究	马胜双(254)
大型混凝土箱梁温度场及温度效应研究	卢文良 李文玉 杜进生(260)
京津客运专线箱梁运架技术研究	梁毅 刘嘉武 李慧敏等(266)
武汉天兴洲公铁两用长江大桥设计	高宗余(269)
简支曲线梁桥车致振动分析	单德山 李乔(275)
秦沈客运专线 24M 双线单箱预应力混凝土梁蒸养及温差控制技术	陈伯军 于进江 由文和等(280)
软土地基桥梁桩基础单桩竖向动静载试验研究	蔡华炳 文望青 薛照钧等(285)
大跨度铁路钢管混凝土拱桥稳定性的研究	白玲 史永吉(293)
客运专线桥梁桥面合理布置及宽度确定	陈夏新(298)
通风竖井对隧道内压力场的影响研究	骆建军 王梦恕 张顶立(304)
大跨度隧道施工方法比较	赵东平 王明年(308)
谈郑西客运专线黄土隧道沉降控制及基础处理	杨建民(314)
论客运专线隧道洞门及洞口景观设计	仇文革 章慧健(320)
论高速铁路隧道支护结构质量检测技术	仇文革 龚伦(326)
铁路客运专线隧道施工仰拱基础浇注用步进式过轨梁方案设计	张宁川(332)
大瑶山隧道群防灾问题探讨	管鸿浩(337)

高速列车隧道中设置竖井对气动效应的影响·····	王英学 高波 张竹清等(343)
长大隧道施工防治水技术及应用·····	王全胜(348)
高水位隧道堵水限排衬砌外水压力计算的理论和实验研究·····	王秀英 王梦恕 张弥等(353)
铁路客运专线隧道全环整体模筑衬砌结构形式的试验研究·····	马士伟 章元爱 梅志荣(357)

地质与路基

客运专线两桥(隧)之间短路基合理设计参数研究·····	魏永幸 蔡成标 罗强(367)
武广客运专线软岩填料工程特征及填筑技术的研究·····	李小和(373)
动应力对支挡结构安全性影响的分析·····	罗一农 刘会娟 苏谦(381)
客运专线路基填筑质量二次变形模量 E_{v2} 检测方法研究·····	李庆民(386)
铁路客运专线过渡段级配碎石填筑试验研究·····	胡柱奎(392)
无碴轨道桩板结构路基设计理论及计算理论的探讨·····	蒋关鲁 詹永祥 陈睿等(398)
郑西客运专线黄土路基设计及有关问题探讨·····	岳永兴(402)
遂渝铁路基床表层级配碎石填筑工艺试验研究·····	尹智勇 黄直久 孙志刚等(407)
铁路客运专线无碴轨道路基面宽度及形状探讨·····	刘洋 孙利琴(416)
武广客运专线无碴轨道路基变形监控方案及工后沉降评估方法的探讨·····	郭建湖(422)
真空一填土堆载联合预压软基加固技术及其应用研究·····	李昌宁(427)
秦沈客运专线西部试验段路基检测技术的应用探讨·····	李全堂(434)
郑西客运专线深厚湿陷性黄土地基 DDC 桩法及沉降控制研究·····	苏谦 孙莺 王迅(440)
客运专线沿线地质灾害监测系统研究·····	梁晨 梁青槐(443)
现浇混凝土薄壁管桩复合地基技术研究·····	冯玉勇(447)
预应力管桩在温福铁路软土路基中的设计与应用·····	余雷(454)
路基基床表层级配碎石施工技术·····	张东青(459)
秦沈线东段路基填料改良试验总结·····	张建邦 杨发克 欧兴元(466)
秦沈客运专线路基基床表层填筑试验及应用·····	吕建明(472)
高速铁路在湿陷性黄土地区地基处理设计方案浅述·····	孙莺(480)

电气化与通信信号

新一代超高速接触网 SiFCAT350 的研发·····	戚广枫(489)
客运专线牵引网供电方式选择的研究·····	尹传贵(498)
降低电气化铁道钢轨电位技术措施的研究·····	吴命利 黄足平 辛成山(504)
客运专线牵引变压器选型综合分析·····	黄足平(517)
无碴轨道对轨道电路传输性能的影响及对策研究·····	禹志阳(521)
现代铁路通信系统·····	王正英(529)
客运专线行车调度指挥管理系统的研究·····	王建英(532)
光纤直放站在客运专线 GSM-R 系统设计中的应用·····	胡昌桂 刘建宇 胡晓红(540)
铁路客运专线供电自动化系统关键技术研究·····	王勃 陈小川 高仕斌等(546)

客运专线电气化铁路的综合接地系统·····	苏鹏程(551)
200km/h 客货共线综合试验段接触网系统分析·····	潘英 刘莉蓉(557)
客运专线电力供电方案初探·····	廖宇(564)
客运专线接触网设计风速的探讨·····	李红梅(570)
二次侧中点抽出式 Scott 接线牵引变压器的研究·····	吴命利 吴利仁(575)
H 形钢支柱在客运专线接触网系统中的应用·····	侯显洪 李红梅(583)
运用有限元分析进行高速铁路接触网腕臂支持结构的精确设计与研究·····	阮云斌 戚广枫(586)
客运专线隧道内照明设计中值得关注的几个问题·····	秦岭(593)
客运专线简单链形悬挂接触网跨距长度的选用·····	霍中原(598)
客运专线综合防灾安全监控系统的软件设计·····	杨林(603)
客运专线电气化和通信信号系统的电磁兼容性管理·····	杨世武 傅又新 蒋大明(606)
弓网系统的动态检测·····	李丰良 唐建湘 李敏(609)
客运专线列控系统技术方案的探讨·····	谢静高 石锐华(613)
高速客运专线列控系统方案的思考·····	管建华 王海忠(617)
动车组列车通信网络技术及国产化方案探讨·····	王长林 胡萍 余志斌(621)
基于 WAP 技术的客运专线动车段检修移动信息解决方案·····	唐河 刘峰 张春(626)
客运专线追踪列车间隔时分计算方法的初步探讨·····	韩驹(631)
铁路客运专线旅客服务信息系统的解决方案·····	孙峰 张健 邵艳明(636)
维修安全保障监护系统设计和实现·····	高建强 邹少文(642)
浅析 GSM-R 固定用户接入系统的组网方式及系统容量·····	程潮刚 张健(646)
新一代调度集中(CTC)对无线移动通信的需求分析及实现方案探讨·····	段永奇(654)
客运专线中多路视频监控信息传输中网络带宽资源利用的优化策略·····	张宁 宋晓虹 侯亚欣(658)

综 合

高标准客运专线铁路拉近京津时空距离·····	沈建明(667)
浅谈客运专线如何开行“夕发朝至”列车·····	李超(673)
客运专线旅客最高聚集人数计算方法初探·····	李建斌(679)
铁路客运专线筹资方案研究·····	吴卫平 王东 武晓明(685)
铁路客运专线建设设计中的环境保护问题研究·····	杨晓宇 吴小萍(689)
高速铁路绿化总体设计·····	胡新明(693)
用航测技术测绘数字化工点地形图和横断面图在郑西客运专线勘测设计中的应用·····	王智 卢建康(696)
京沪高速铁路综合维修“天窗”设置方案的探讨·····	闵国水 黄永柳(705)
客运专线动车段库存管理系统研究·····	张春 司秀丹 纪嘉伦(712)
新线机械化作业车组整道施工·····	杨华兵 赵东田(716)

| 轨道与线站



客运专线双块式无砟轨道设计中 若干关键技术问题的研究

摘 要 本文根据当前在客运专线双块式无砟轨道设计中的若干关键技术问题,结合国内外的研究资料,利用三重叠合梁理论,进行了较为系统的研究分析,提出了客运专线双块式无砟轨道的主要技术要求。

关键词 客运专线; 双块式无砟轨道; 关键技术; 研究

2004年初国务院批准了我国《中长期铁路网规划》,到2020年将建成包括“四纵四横”在内的客运专线,约10000km,设计速度目标值将达到300km/h及其以上。

参照国外高速铁路的运营实践,客运专线的轨道结构将主要以铺设成区段无砟轨道为主。目前国外高速铁路铺设的无砟轨道主要结构形式有日本的板式轨道、德国的Rheda2000无砟轨道和博格板式轨道。根据武广客运专线和郑西客运专线初步设计的批复意见,暂按铺设双块式无砟轨道设计。然而,对目前正在设计中的客运专线双块式无砟轨道,亟需解决有关设计方法、轨道结构高度、轨道电路传输距离、无砟轨道与桥梁的连接、铺设无砟轨道对于路桥隧下部结构的要求等关键技术问题。

1 双块式无砟轨道结构方案

1.1 轨道组成

双块式无砟轨道结构如图1所示,由钢轨、扣件、双块式轨枕、混凝土道床板和水硬性支承层(或底座)组成。它的作用是在高速列车荷载作用下,持久地保持轨道状态的高平顺性、高稳定性、高可靠性和高耐久性。

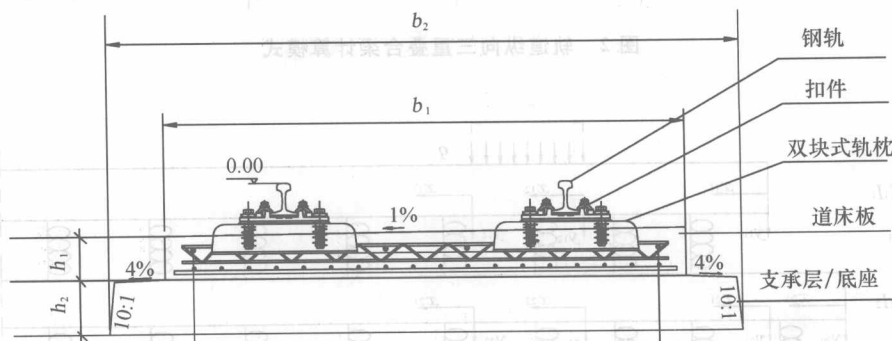


图1 双块式无砟轨道结构断面图

作者简介: 孙立(1969年—),男,铁道第四勘察设计院线站处副总工程师兼轨道所主任。

从力的传递来看,这种轨道的钢轨承受巨大的车轮动荷载作用,通过扣件系统把力传递至混凝土道床结构,并以扩散角 45° 传至混凝土支撑层或混凝土底座,再传至路基基床或桥隧工程结构。

从轨道部件材料的弹性模量来看,从上至下,钢轨为 $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$,道床混凝土为 $3.40 \times 10^4 \text{ MPa}$,支撑层混凝土为 $5 \times 10^3 \text{ MPa}$,基床为 $1.20 \times 10^2 \text{ MPa}$,堤体为 $4.5 \times 10 \text{ MPa}$,可见,采用力学性质完全不同的材料组成双块式无碴轨道结构是合理的。

1.2 轨道部件

可以选择:

钢轨: U75V60kg/m;

双块式轨枕: 混凝土强度等级 C60 (结构尺寸: 长 $\times$ 宽 $\times$ 高=800mm $\times$ 300mm $\times$ 150mm);

道床板: 混凝土强度等级 C40 (结构尺寸: 宽度 $b_1=2800\text{mm}$, 高度 $h_1=250\sim 350\text{mm}$);

支承层: 宽 $b_2=3400\text{mm}$, 高度 $h_2=300\text{mm}$;

底座: 隧道地段不设底座, 桥梁地段底座高度 $h_2=200\text{mm}$ 。

2 双块式无碴轨道的设计

2.1 设计模式

为便于工程设计,又不失一般意义,通过研究,可以采用如图 2 和图 3 所示的弹性基础叠合梁理论。它适用于路基、桥梁和隧道的双块式无碴轨道在设计荷载作用下,轨道纵向和轨道横向力学行为的计算分析和工程设计。

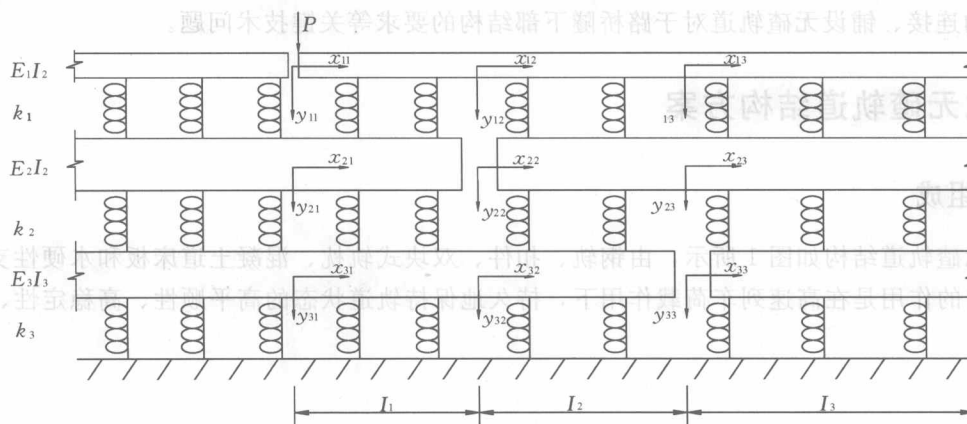


图 2 轨道纵向三重叠合梁计算模式

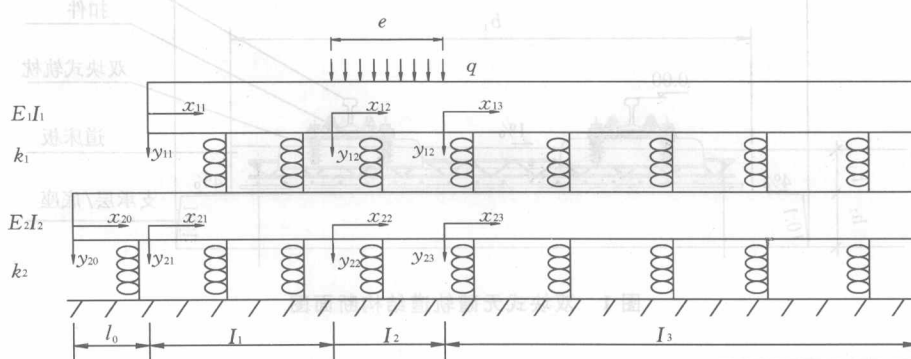


图 3 轨道横向二重叠合梁计算模式

2.2 设计荷载

设计轮重。客运专线无碴轨道设计轮重,不采用德国 UIC71 荷载模式,而以我国单独集中轴重 19.5t 为标准。考虑到因轨道不平顺或车轮扁凹而使轮重动力作用增大,并考虑一定的安全系数,根据国内外的实测结果,设计轮重以采用静轮重的 3 倍为宜,即 $P_1 = 195/2 \times 3 = 293\text{kN}$,取设计轮重 $P_1 = 300\text{kN}$,比德国当量荷载偏于安全。

疲劳检算轮重。考虑到动车组走行中轮重的变动,疲劳检算轮重采用静轮重的 1.45 倍,即 $P_2 = 195/2 \times 1.45 = 142\text{kN}$ 。

设计横向力。根据 GB 5599—85 和 TB/T 2630—93 中规定的最大脱轨系数 0.8 来确定,即设计横向力 $Q_1 = 195/2 \times 0.8 = 78\text{kN}$,取 $Q_1 = 80\text{kN}$ 。

疲劳检算横向力。疲劳检算横向力可取设计横向力的 1/2,即 $Q_2 = 40\text{kN}$ 。

3 轨道结构高度

双块式无碴轨道结构高度是指钢轨顶面至基床表面的距离,它涉及钢轨类型、扣件系统、双块枕露出高度、道床板厚度和支撑层厚度。

3.1 钢轨及扣件高度

U71V60 轨高 176mm,客运专线无碴轨道配套用扣件系统正在研制中,暂定扣件结构高度为 40mm。

3.2 双块枕露出道床板高度

这个问题的实质是双块枕埋入道床板内的深度,它涉及高速行车条件下轨道的稳定性问题,根据列车—轨道耦合动力仿真分析,至少要埋入 100mm 以上,也就是说露出道床板表面的高度可定为 50mm。

3.3 道床板结构高度

道床板作为承载层,要求结构混凝土和钢筋在列车荷载作用下有足够的强度和抗裂性能。根据上述设计模式和设计荷载,分别对厚度 $h_1 = 250\text{mm}$ 、 300mm 、 350mm 时的荷载力矩、结构配筋及材料强度、裂缝进行了计算分析,结果表明三种厚度道床板结构方案均能满足设计要求。

考虑到为适应轨道电路传输距离的要求及上下层纵横向钢筋交点所用绝缘而引起的造价,推荐道床板厚度以 300mm 为宜。

3.4 支撑层或底座的厚度

根据弹性基础三重梁理论,经对不同支撑层(或底座)厚度及基底变形和应力的计算分析,并参考国外工程经验及力的传递按 45° 扩散,推荐土路基上水硬性支撑层厚度为 300mm 桥梁上和隧道内(视需要)混凝土底座为 200mm。

3.5 轨道结构高度

如上所述,路基、桥梁和隧道地段双块式无碴轨道结构高度见表 1。

表 1

双块式无碴轨道结构高度

(单位: mm)

序号		路基	桥梁	隧道
1	钢轨	176	176	176
2	扣件	40	40	40
3	双块枕露出高度	50	50	50
4	道床板	300	300	300
5	支承层或底座	300	200	0
6	高度合计	866	766	566

4 道床板结构配筋计算

4.1 计算原则

首先根据设计荷载、计算模式及道床板截面尺寸,经计算确定轨道纵向、横向道床板上下层的设计承载力矩,再据此按有关钢筋混凝土结构设计规范,采用容许应力法及平衡设计原则,对道床板结构进行配筋计算。

同时算出所需钢筋用量和根数,配置间距和配筋率,以及截面应力复核,检算钢轨拉应力、混凝土压应力和最大裂缝宽度是否符合适用条件。

4.2 配筋方式

我国客运专线双块式无碴轨道道床板结构采用纵横向上下层均配筋的方式。根据计算结果分析,轨道纵向下层可采用 $\phi 16 \sim \phi 20$ 钢筋18根,配筋率 $0.6\% \sim 0.8\%$,上层配置4根 $\phi 16 \sim \phi 20$ 钢筋;而横向下层配置4根 $\phi 16 \sim \phi 20$,上层配置2根 $\phi 16 \sim \phi 20$ 钢筋。采用这种纵横向上下层配置是符合道床板结构在实际使用中的受力情况的。

而不采用德国 Rheda2000 无碴轨道仅在道床板中间双块枕钢筋桁架之中配置纵向钢筋 $\phi 20 \times \phi 20$,配筋率 $0.8\% \sim 0.9\%$,横向 $\phi 20 \times \phi 1$ 的配置方式,是因为这种配筋方式不甚合理,有可能是道床板出现裂缝的一个重要原因。

5 双块式无碴轨道刚度

无碴轨道的弹性一直是被人们关注的重大关键技术。双块式无碴轨道的弹性主要是由组成钢轨扣件的橡胶弹性垫板来提供,刚度过大,危害甚多。为此必须设法降低无碴轨道刚度,也就是采用低刚度、长寿命的轨下垫板。

理论研究和试验结果表明,要求扣件节点垂向刚度以 30kN/mm 左右、横向刚度以 $20 \sim 40\text{kN/mm}$ 为宜。如此,无碴轨道刚度可为 $70 \sim 80\text{kN/mm}$,大体接近混凝土枕有碴轨道的刚度水平。

6 无碴轨道与桥梁结构的连接

6.1 连接方案

桥梁与无碴轨道底座之间的连接方案主要有桥梁设置保护层方案、桥面预埋钢筋方案和植筋方案。

所谓桥面预埋钢筋方案,就是根据无碴轨道计算荷载,计算限制轨道纵横向位移需要的钢筋工作量,在桥面施工时,将连接钢筋预埋在桥面内。为了保证架梁时运梁车的通过,将预埋钢筋弯折,架梁完成后再将预埋钢筋直起来。秦沈客运专线的三座无碴轨道桥梁就是采用这种方案。桥面预埋钢筋方案由于一方面运梁车通过时会部分压断预埋钢筋,秦沈三座桥梁长度均不超过 800m ,压断的钢筋量占预埋钢筋的近 20% ,而客运专线很多桥长度超过 5000m ,将会压断更多的钢筋,影响工程安全。另一方面,预埋钢筋对于运梁车的轮胎破坏较大,因此桥面预埋钢筋方案不作为推荐方案。

所谓植筋方案,就是桥面先不预埋钢筋,而是在设计时在梁面预留植筋套管,在桥梁施工完成后,将连接钢筋通过植筋的方法植入梁面内。植筋方案桥梁二期恒载小,但是梁面大量钻孔(或预留孔),破坏了梁体的整体性,对梁体的强度等造成破坏。

而保护层方案,就是和德国 Rheda2000 与桥面的连接方式一样,在桥面完整地铺设防水层,在保护层中预埋轨道和桥梁的连接钢筋。缺点是增加了一层 11cm 厚保护层,施工工序多,增加了桥梁的二期恒载。

6.2 经济性比较及推荐方案

保护层方案或按保护层厚度 110mm、宽度 940mm 及最小配筋率 0.2% 考虑,而植筋方案为每块板下布置 12 组双排 $\phi 12$ 钢筋,其经济性比较见表 2。

表 2 植筋方案和保护层方案的经济性比较

方案	混凝土数量 (m^3)	钢筋数量 (t)	造价 (万元)
保护层方案	1.034	15.75	43
植筋方案	228 纤维/806	4.64	60 (植筋单价 10 元/根)

从上面技术分析及经济性比较可以看出,植筋方案在技术及经济性方面均处于劣势,因此,桥梁与无碴轨道的连接以设置保护层为宜。

7 铺设无碴轨道对于下部结构的要求

7.1 对于路基结构的要求

路基工后沉降控制标准,应满足无碴轨道扣件调整的需要,是控制铺设无碴轨道的核心。因此,对无碴轨道路基,路基填筑施工完成后,至少有 6~18 个月的沉降观测和调整期,经系统分析评估,沉降基本稳定且工后沉降满足下列要求后方可铺设无碴轨道。

(1) 长期运营中路基残余变形量必须小于等于扣件的调高量减去 5mm。根据德国和日本等国的经验,以及无碴轨道扣件的调节高度,确定路基工后沉降控制标准为 20mm。

(2) 长大于 20m 的区段,当路基的下沉能按竖曲线 $R=0.4V^2$ 进行圆顺 (式中 V 为线路设计速度) 时,最大残余下沉量控制在轨道扣件调整量减去 5mm (为列车荷载产生下沉的预留量) 的余量的 2 倍以内。

(3) 路基与桥隧间的沉降差异不大于 5mm。

7.2 对于桥梁结构的要求

(1) 满足轨道扣件上拔力的梁端转角限值暂定为不大于 1.0/1000。

(2) 参照国外经验,满足扣件要求梁体徐变上拱度限值为 $L/5000$,但最大不超过 10mm (L 为桥梁跨度)。

(3) 梁端扣件节点间距最大值暂定为 650mm。

(4) 无碴轨道施工完成后,桥梁墩台均匀沉降量不得超过 20mm,相邻墩台沉降量之差不应超过 5mm。

(5) 无碴轨道铺设前,底座范围内的桥面标高偏差应不超过 $+0/-30\text{mm}$ 。

7.3 对于隧道结构的要求

隧道内必须保证排水通畅,富水地层隧道应采用深排水沟。

8 有待进一步研究的问题

国内目前对于双块式无碴轨道的研究主要集中在轨道本身的研究,但无碴轨道系统不能够孤立地在铁路

这个大系统之外,其不仅受线下部分结构如桥梁、隧道、路基等的影响,而且和动车组、接触网等线上部分密切相关。根据国外经验,即使轨道、线上设备和线下结构均为最好,但三者的组合未必性能最优,因此,随着我国无碴轨道技术的不断发展,在加强轨道结构研究的同时,应该加强无碴轨道系统集成研究。

9 结 论

本文对双块式无碴轨道的结构方案、设计方法及对相关专业的技术要求,从理论及经济性方面进行了较为系统的分析,对于双块式无碴轨道的设计有一定的指导意义。在今后的设计及施工过程中,应该结合国际咨询及工程实践,对于设计方法和主要设计技术条件作进一步的优化和完善。

参考文献

王其昌. 高速铁路土木工程 [M]. 北京: 西南交通大学出版社, 1999