

“十一五”国家重点图书

“十二五”国家重点图书

铁路客运专线（高速）轨道结构关键技术丛书

高速铁路道岔 设计理论与实践

王平 著

GAOSU TIELU DAOCHA
SHEJI LILUN YU SHIJIAN



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家“十一五”重点图书

国家“十二五”重点图书

国家自然科学基金资助项目

国家高技术研究发展计划（863计划）资助

西南交通大学创新团队培育计划资助

铁路客运专线（高速）轨道结构关键技术丛书

高速铁路道岔设计理论与实践

王 平 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

高速铁路道岔设计理论与实践 / 王平著. — 成都:
西南交通大学出版社, 2011.10

(铁路客运专线(高速)轨道结构关键技术丛书)

ISBN 978-7-5643-1428-6

I. ①高… II. ①王… III. ①高速铁路—道岔—设计
IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 191980 号

铁路客运专线(高速)轨道结构关键技术丛书

高速铁路道岔设计理论与实践

王 平 著

*

责任编辑 万 方 李芳芳 张宝华

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm × 230 mm 印张: 32

字数: 591 千字

2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1428-6

定价: 78.00 元

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

序

建设中国高速铁路是几代中国铁路工作者的愿望。

轨道结构是高速铁路重要的组成部份，其中高速道岔又是十分关键的技术装备。

中国铁路既有线在经过六次提速后，实现了列车运行速度达到 200 km/h 等级目标，而新建高速铁路的列车速度目标值为 250 ~ 350 km/h，这是又一次列车运行速度的大跨越。

高速道岔除要满足列车高速运行外，在安全性、平稳性、舒适性和可靠性方面提出了比提速道岔更高的要求。突破高速屏障是一项十分艰巨的挑战。

为了打破德、法两国对高速道岔技术的垄断和封锁，铁道部科技司和工程管理中心从 2005 年开始组成了“产、学、研、用”相结合的联合课题组协同攻关。

西南交通大学作为联合课题组的成员，肩负起了高速道岔基础理论研究的攻关重任。在以王平教授为核心的西南交大高速铁路轨道研究团队经过不懈的努力，终于在高速道岔平面线形设计、轮轨系统动力学评价、无缝道岔适应性检算、道岔可动部件转换阻力计算及道岔零部件动力强度检算等理论分析领域取得了开创性成果，建立了具有自主知识产权的高速道岔基础理论分析体系。该基础理论分析体系在时速 250 ~ 350 km、60 kg/m 钢轨、18 号以及 42 号和 62 号高速道岔研制工作中发挥了重要作用。

在基础理论研究成果的有力支持下，使我国高速道岔的整体技术达到了世界发达国家的同类水平，有的领域还有所超越。

在参与高速道岔研制全过程的工作中，王平教授十分注重各项资料的搜集，并按设计、制造、运输、铺设、维护等门类进行整理，内容全面、资料丰富，是对我国高速道岔的一次全面的技术总结，具有很强的实用性和参考价值。

本书内容对高速道岔基础理论研究及设计方法的普及和提高起到了有益的推动作用。该书对从事铁路轨道工程教学、科研、设计及工程管理人员具有重要的参考价值。

沈长耀

2011 年 9 月 9 日

前 言

道岔是实现列车转线或跨线运行必不可少的轨道设备，是影响行车平稳性与安全性的关键基础设施，是我国高速铁路建设中的关键技术之一。因高速道岔（编者注：铁路行业将“高速铁路道岔”习称“高速道岔”）要求具有高速度、高安全性、高平稳性、高舒适性和高可靠性，2005年以前在我国是一项空白技术。为满足我国高速铁路大规模建设的需要，铁道部制定了“引进法国技术、中德合资生产、自主研发”并行的高速道岔技术路线。

在铁道部科技司和工程管理中心领导下，2005年组织了“用、产、学、研”高速道岔联合攻关课题组，由西南交通大学、中国铁道科学研究院、中铁工程设计咨询集团有限公司、北京全路通号总公司、中铁山桥集团有限公司、中铁宝桥集团有限公司、北京交通大学等十多家单位组成的联合课题组，历时六年，多学科联合攻关，历经理论研究、结构设计、试制生产、试铺试验等研发过程，完成了具有自主知识产权的时速250公里和350公里的18号、42号、62号有砟及无砟轨道基础系列高速道岔的研制，并在武广、沪杭等高速铁路线上铺设，通过了最高试验速度410公里/小时、运营速度350公里/小时的考核，已在哈大（哈尔滨—大连）、京郑（北京—郑州）、郑武（郑州—武汉）等高速铁路线上大规模推广应用，市场份额已达75%以上。

我国高速铁路道岔的成功研制，为我国高速铁路建设提供了关键基础设施，显著推动了道岔行业的技术进步，打破了德、法两国对国际高速道岔市场的垄断，开始出口到国外，并迫使德、法两国的高速道岔在我国大幅度降低销售价格，为我国高速铁路建设节约了数十亿元的直接投资。

高速道岔设计理论体系的建立是道岔结构创新的源泉和技术保证。作者有幸担当了我国高速铁路道岔理论研究组的组长，在近几年的研究过程中，与联合课题组、作者领导的研发团队一起，团结协作、锐意进取，攻克了高速道岔平面线形、轮轨关系、轨道刚度、无缝化、工电一体化设计中的大量技术难题，建立了高速道岔平面线形设计理论、高速道岔轮轨系统动力学设计理论、无缝道岔设计理论、高速道岔转换计算理论、高速道岔零部件动力强度设计理论，形成了我国高速道岔的理论研究、结构设计、制造铺设、试验监测、技术条件、

定型图等成套技术。同时,高速道岔还是轨道结构技术的集成,它的研制成功,还推动了区间线路轨道结构相关技术的发展。本书及时地将这些理论研究成果归纳总结,并呈现给大家,希望能对铁路道岔设计工作者有所帮助,继续推动我国道岔技术的发展。

本书共五章,第一章介绍了国内外高速道岔的发展概况及技术特点,提出了我国高速道岔的设计技术要求;第二章建立了高速道岔平面线形的基本参数法设计及轮轨系统动力学评估理论,提出了高速道岔结构选型原则;第三章基于高速道岔轮轨接触关系研究,建立了列车道岔系统动力学理论,提出了动力参数法设计理论,指导高速道岔轮轨关系、轨道刚度的设计,提出了高速道岔几何不平顺及状态不平顺的控制标准,大量的实车动测试验结果验证了列车道岔动力学理论的正确性;第四章建立了高速道岔转换计算理论,指导各种型号高速道岔的牵引转换设计;第五章系统总结了高速铁路钢轨件、铁垫板、扣件系统、轨下基础、转换设备等关键零部件的研究设计及强度检算方法,为进一步完善道岔零部件动力强度设计理论奠定了基础。有关路基及桥上无缝道岔的设计理论与设计方法,在作者的另两本专著《无缝道岔计算理论与设计方法》、《桥上无缝道岔设计理论研究》中有详细的论述,在本书中就未赘述了。

在开展高速道岔理论研究的过程中,得到了国家“863”计划项目“高速铁路道岔设计关键技术研究”、教育部新世纪人才基金项目“高速道岔设计理论体系研究”、国家自然科学基金项目“高速铁路道岔轮轨接触理论与设计优化研究”、铁道部科技开发计划项目“遂渝线无砟轨道道岔区设计与试验研究”、“客运专线道岔国产化研究——道岔设计理论研究与动力仿真分析”、“350 km/h 客运专线无砟轨道道岔研发——设计理论与检算分析研究”、“客运专线无砟轨道道岔提高直向行车舒适性关键技术研究”、“客运专线无砟轨道道岔精调技术研究”、“高速铁路勘察设计技术深化研究——高速铁路车—岔—桥动力学仿真技术研究”等项目的资助,得到了铁道部工程管理中心郭福安教授级高工、中国铁道科学研究院顾培雄研究员、肖俊恒研究员、范佳研究员、王树国副研究员、方杭玮副研究员、铁道器材研发中心沈长耀教授级高工、中铁工程设计咨询集团有限公司许有全教授级高工、侯文英教授级高工、侯爱滨教授级高工、北京全路通号总公司张玉林教授级高工、孙晓勇工程师、中铁山桥集团有限公司徐安有教授级高工、王柏重教授级高工、于保东教授级高工、鹿广清高工、中铁宝桥集团有限公司董彦录高工、费维周高工、中铁轨道系统集团有限公司王全生教授级高工、刘浩高工、周文博士、北京交通大学范俊杰教授、高亮教授、蔡小培博士及各铁路设计院轨道专业专家们的大力支持和帮助。在此还要特别感谢西南交通大学高速铁路轨道研究团队的各位同仁;在本书的写作过程中,

作者的硕士研究生、博士研究生们提供了大量的算例，在此一并表示感谢。

感谢原专业设计院副院长、总工程师、我国知名的道岔专家、提速道岔设计负责人沈长耀教授级高工在百忙之中为本书作序，并提出了许多宝贵的修改意见。

本书由西南交通大学出版基金资助出版。本书作者对支持、帮助和关心本书出版的各位同行、出版者致以诚挚的谢意！

书中错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

王 平

2011 年 7 月 3 日于成都

目 录

第一章 概 述	1
第一节 高速道岔的技术要求与特点	2
第二节 国外高速铁路道岔技术	9
第三节 我国高速铁路道岔技术	46
第二章 道岔平面线形设计理论	72
第一节 高速道岔的设计条件与结构选型	72
第二节 道岔平面线形与基本参数法	109
第三节 高速道岔总布置图设计	124
第四节 轮轨系统动力学在道岔平面线形设计中的应用	139
第三章 列车道岔系统动力学理论及应用	150
第一节 道岔区轮轨接触几何与轮轨蠕滑	150
第二节 列车道岔系统动力学理论	209
第三节 道岔区轮轨关系研究设计	231
第四节 道岔区轨道刚度研究设计	261
第五节 道岔不平顺动力学分析	300
第六节 道岔动力学仿真评估与试验验证	322
第四章 道岔转换计算理论	331
第一节 道岔转换结构与转换原理	331
第二节 道岔转换计算理论	343
第三节 高速道岔转换研究设计	354
第四节 高速道岔转换试验研究	371
第五节 高速道岔夹异物动力仿真研究	377

第五章 道岔部件研究设计与受力分析	379
第一节 道岔钢轨件强度检算	379
第二节 道岔铁垫板强度检算	405
第三节 道岔扣件系统研究设计与受力分析	426
第四节 道岔轨下基础研究设计	461
第五节 道岔转换设备受力分析	491
参考文献	498

第一章 概 述

道岔是机车车辆从一股轨道转入或越过另一股轨道的线路设备,是铁路轨道的重要组成部分和系统集成。道岔是线路上的薄弱环节,是养护维修的重点和难点,是影响列车运行速度和安全的关键设备,是高速铁路建设中的关键技术之一。

我国高速道岔可按以下方式进行分类:

(1)按直向容许通过速度分:可分为 250 km/h 和 350 km/h 两种类型。

(2)按侧向容许通过速度分:可分为 80 km/h、120 km/h、160 km/h、220 km/h 四种类型,侧向容许通过速度不小于 160 km/h 的高速道岔因道岔号码大、长度长,也被称为侧向高速道岔。

(3)按道岔功能分:可分为正线道岔、渡线道岔和联络线道岔三种类型,其中正线道岔位于车站咽喉区,实现列车由正线进出到发线的功能,渡线道岔位于车站咽喉区外,实现列车在上下行线间换线运行的功能,联络线道岔也位于车站咽喉区外,实现列车在两条高速线间换线运行的功能;其中正线道岔侧向容许通过速度为 80 km/h、渡线道岔侧向容许通过速度为 80~160 km/h、联络线道岔侧向容许通过速度为 120~220 km/h。

(4)按轨下基础类型分:可分为有砟轨道及无砟轨道两种类型,有砟道岔采用预应力混凝土岔枕;无砟道岔的轨下基础又可分为埋入式混凝土岔枕和道岔板两种类型,但道岔本身相同。

(5)按技术类型分:可分为中国自主研发的高速道岔(简称Ⅰ型高速道岔)、引进法国技术的道岔(简称Ⅱ型高速道岔)、中德合资生产的高速道岔(简称Ⅲ型高速道岔)。Ⅰ型高速道岔已在石太(石家庄—太原)、甬台温(宁波—台州—温州)、温福(温州—福州)、广珠(广州—珠海)、沪宁(上海—南京)、武广(武汉—广州)、哈大(哈尔滨—大连)等高速铁路线上使用;Ⅱ型高速道岔已在合宁(合肥—南京)、合武(合肥—武汉)、郑西(郑州—西安)等高速铁路线上使用;Ⅲ型高速道岔已在京津(北京—天津)、武广(武汉—广州)、京沪(北京—上海)等高速铁路线上使用。

(6)按道岔号码分:可分为 18 号、30 号、42 号、62 号道岔,法国与德国技术的侧向高速道岔号码与我国有所差别,分别为 41 号、58 号及 39.113 号、42 号、50 号。

国内外高速铁路基本上采用的是 60 kg/m 钢轨、标准轨距、跨区间无缝线路，因而高速道岔一般不按钢轨、轨距、接头类型分类；我国高速道岔全部采用的是可动心轨辙叉，国外高速铁路还有固定型辙叉道岔或乘越式道岔（列车直向过岔时与走行区间线路相同，侧向过岔时侧股钢轨转换并跨越直股钢轨走行，侧向过岔速度较低）；我国高速铁路采用的是 1:40 的轨底坡，国外高速铁路还有采用 1:20 轨底坡的情况，因而国外高速道岔可按轨底坡分为 1:40 与 1:20 两种类型。

高速道岔由钢轨、扣件系统、岔枕及有砟道床或无砟轨道等轨下基础、转换设备、监测系统、融雪装置、道岔前后轨道刚度过渡段等部件组成，除轨下基础外，要求各部件应具有相同的使用寿命。

第一节 高速道岔的技术要求与特点

高速道岔区别于普速、提速道岔之处在于其技术性能要求高、需要解决道岔结构设计、制造组装、运输铺设、养护维修、检测监测等各个环节中的关键技术问题并不断创新发展，其技术难度要大得多。在 2005 年以前，高速道岔技术在我国为空白，整体技术水平与国外铁路发达国家的先进水平差距较大，通过近几年的自主研发工作，目前我国高速道岔的研究与设计技术已基本达到了国外先进水平，高速道岔的制造、铺设、维护与监测技术差距也正在缩短。

一、高速道岔的技术要求

高速道岔集中了钢轨、扣件、轨枕、有砟道床、无砟轨道等轨道结构技术，路基及桥上无缝线路、轮轨关系、电务转换与轨道电路等相关专业的接口技术，精密机械制造、机械化铺设与养护、控制测量、信息化管理等多学科交叉技术，系统复杂，技术难度大，技术性能高。其技术性能主要体现在以下几方面。

1. 高速度

高速道岔要求直向容许通过速度能与区间线路相同，不能成为高速铁路线上的限速设备；侧向容许通过速度也相对较高，不能显著地影响高速铁路的通过能力。而且为确保其安全性，直向设计速度尚需预留 10% 的安全余量，侧向设计速度尚需预留 10 km/h 的安全余量，比如直向容许通过速度为 350 km/h、侧向容许通过速度为 160 km/h 的 42 号侧向高速道岔，其直向设计速度应为 385 km/h，侧向设计速度应为 170 km/h。

2. 高安全性

高速道岔要求动车组以设计速度直侧向通过时,其减载率、脱轨系数等安全性指标与区间线路相同;尖轨及可动心轨的开口量在容许限度内,不得发生车轮撞击尖轨及心轨尖端事故;道岔转换设备显示正常,不得出现“红光带”及信号异常现象;可动轨件锁闭牢固,不得因异物落入尖轨与基本轨、心轨与翼轨密贴区段或因异物撞弯转换杆件而导致车轮掉道;监测系统应作为高速道岔的必要组成部分,以便能及时发现问题、尖轨与基本轨的密贴超限、可动心轨与翼轨的密贴超限、钢轨折断等危及行车安全的故障及隐患;北方地区应安装融雪装置,以确保雨雪天气情况下在道岔转辙器及辙叉部分不会出现积雪、结冰而影响其正常转换;等等。

3. 高平稳性

高速道岔要求动车组以运营速度直侧向过岔时,不出现明显的“晃车”现象,在横向上与区间线路具有相同的旅客乘坐舒适度;综合检测车或轨检车过岔时,车体横向水平加速度不出现Ⅰ级超限(我国高速铁路的计划维修标准,对应的车体水平加速度为 0.6 m/s^2)。在道岔的转辙器及辙叉部分,轮载需在两钢轨上过渡,因轮轨接触点的变化将形成不可避免的竖向及横向结构不平顺,导致列车过岔时出现较大的竖向与横向振动,如图 1-1 所示。实践表明,道岔的高平稳性要求是其所有技术性能中最难实现的,需要进行轮轨关系的创新以及制造、组装、铺设及维护等方面的技术保障才能得以实现。

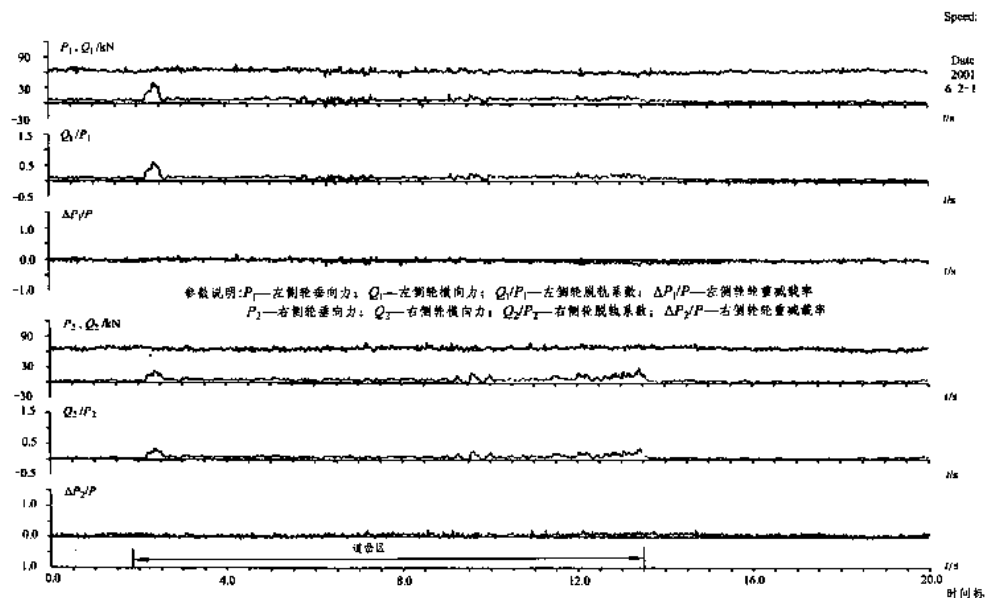


图 1-1 列车过岔时的轮轨竖向力与横向力

4. 高舒适性

高速道岔要求动车组以运营速度直侧向过岔时,在竖向上与区间线路具有相同的旅客乘坐舒适度,不会在进出岔时出现类似于桥头的“跳车”现象,不会在岔区内因轨道整体刚度的分布不均而出现过大的竖向振动;综合检测车或轨检车过岔时,车体垂直加速度不出现Ⅰ级超限(我国高速铁路的计划维修标准,对应的车体垂直加速度为 1.0 m/s^2)。因此要求高速道岔进行岔区轨道刚度的均匀化设计、道岔与区间线路轨道刚度的过渡设计、有砟轨道碎石道床弹性的保持等。

5. 高可靠性

高速铁路采用的是白天全线封闭运行、夜间开“天窗”维修养护的运营模式,要求高速道岔具有较提速道岔更高的可靠性,不出现提速道岔中常见的病害,如:无缝道岔中因尖轨及心轨的伸缩超过外锁闭机构的容许位移而出现转换卡阻现象,影响道岔的正常开通;可动心轨第一牵引点处因心轨“翻背”而导致心轨与翼轨的密贴检查失效等。

6. 高平顺性

高速铁路要求所有的轨道结构必须具有高平顺性,高速道岔当然也不例外,只有轨道的高平顺性才能确保高速列车的高安全性与高平稳性。对于高速铁路,需要重点关注的是与列车自振频率相对应的长波长不平顺以及影响轮轨关系的轨面短波不平顺。法国及日本高速铁路运营实践表明,高速列车存在较明显的“1 Hz”振动现象,时速 350 km 高速铁路上轨道不平顺的最不利波长在 70 ~ 120 m 范围内,而数量最多的 18 号高速道岔全长仅为 69 m,单独对高速道岔进行不平顺管理,可能会因其位于长波不平顺范围内而不能满足轨道长波不平顺的管理要求,需要将道岔前后一定范围的区间线路纳入岔区不平顺的管理中。此外,因道岔转辙器及辙叉部分存在直侧股钢轨的密贴段,直侧股轨道不平顺分别进行调整时会相互影响,因此需要以科学的调整方法为指导。岔区内钢轨顶面的加工轮廓及焊接接头的平直度则对轮轨接触关系有一定的影响,需要在制造、铺设及养护维修中予以重视。道岔的高平顺性还体现在尖轨与基本轨、滑床台板、顶铁的密贴,心轨与翼轨、滑床台板、顶铁的密贴上,要求各部位的离缝不得影响高速道岔的工作性能。道岔中的长大轨件在转换过程中要求各牵引点能同步、平稳转换到位而不至于引起转换不足位移、轨距减小、与基本轨、翼轨或顶铁的密贴超限。

7. 高精度

道岔是由数千个零部件组合而成的,各零部件均有其制造误差,为满足高速道岔对组装几何尺寸及密贴的高平顺性要求,需要高速道岔的制造与组装必

须具有高精度。因此道岔制造厂家需进行设备改造及技术更新,以满足高精度制造的要求;需建立高精度的组装平台,在组装平台上对高速道岔进行逐组组装,以满足高精度组装的要求;需开发道岔专用运输车,采用分块或分片运输方式,以满足高精度运输的要求;采用大型吊装设备装卸道岔部件,采用牢固支撑系统进行无砟道岔铺设,采用大型养路机械进行有砟道岔铺设,以满足高精度铺设的要求。

8. 高稳定性与少维修

高速道岔还要求在高速列车及温度等荷载的作用下强度储备高,不易发生较大的残余变形,具有较高的结构稳定性和较少的养护维修工作量。钢轨件要求材质洁净、强韧匹配、残余应力低、可焊性好,可动轨件不易产生拱腰变形;轨下基础结构稳定可靠,不易产生较大的累积沉降变形;扣件系统保持轨距和方向能力强,不易产生较大的轨道不平顺积累;电务转换设备与融雪系统工作稳定、可靠,各部件磨损磨损慢,故障率低;钢轨及铁件受环境影响小,不易锈蚀;橡胶及尼龙件损伤、老化速率低;所有的螺栓防松效果好,在列车振动作用下不易松弛等。

9. 易维修

随着运营时间延长、通过总重增加、道岔工作状态的恶化,一旦出现轨道不平顺超限、部件严重伤损需要进行维修、更换时,应能在天窗时间内方便快捷地进行处理,并能尽快按正常速度开通线路,轨道结构这种边运营、边变形、边维修的工作特点在高速铁路上显得尤为突出,要求高速道岔结构的研制必须考虑维修作业手段与维修工艺,易于维修。道岔扣件系统应具备较大的调高量与调距量、调整精度应能满足道岔高平顺要求、转辙器及辙叉等特殊部位的轨距与方向也应可调;钢轨件及铁垫板折断时应能便利更换(目前辙叉垫板折断后更换较为困难);铁垫板锚固螺栓及预埋套管损伤后应能在不大范围抬高轨道的条件下快速更换;无砟轨道基础沉降、开裂、破损后应能快速修复;有砟轨道上电务转换杆件不影响大型养路机械的作业,等等。

二、高速道岔的技术特点

高速道岔的高技术性能要求决定了它与普速、提速道岔具有不同的技术特点。

1. 工电一体化的整体系统

高速道岔是由工电(包括道岔钢轨、扣件、岔枕及轨下基础)及电务(转换系统、监测系统、融雪设备)两部分所组成的,两者是实现道岔转线功能所

必需的、确保其高技术性能、不可分割的有机组成部分。一方面,工务部件要为电务部件预留足够的安装空间和便利的安装条件,因而应注重工电接口部位的制造与组装精度;另一方面,电务部件应能确保工务部件的平稳转换而不至于导致尖轨及心轨的侧拱、转换不到位,应能允许尖轨及心轨的自由伸缩,应能确保尖轨及心轨的密贴与可靠锁闭、在雨雪天气能正常转换,应能实时监测尖轨与基本轨、心轨与翼轨的密贴状态等。因此,可以说高速道岔是精密的机电设备,而不是普通的土工结构物。

2. 安全、成熟、可靠的道岔结构

高速道岔与提速道岔相比,在整体结构上并无显著差别,主要采用的是提速道岔中安全、成熟、可靠的结构部件。只是由于其技术性能要求高,决定了高速道岔以可动心轨辙叉结构为主;且以单开道岔为其结构类型,没有普通道岔中的对称道岔、三开道岔、曲线道岔、交叉渡线、交分道岔等复杂的结构形式;均铺设于跨区间无缝线路中,直侧股均为焊接接头;尖轨及心轨第一牵引点为外锁闭结构;侧向高速道岔采用缓和曲线线形及双肢弹性可弯心轨结构;设置有轨底坡或轨顶坡,导曲线上未设置超高和轨距加宽;弹性扣件、混凝土岔枕或无砟轨道基础等。

3. 良好的国情、路情适应性

我国时速 350 km 高速铁路为纯客运,时速 250 km 高速铁路可能会有部分线路为客货共线,高速道岔要能适应不同的运营条件;我国幅员广阔,南北地区温差较大,高速道岔要能适应在不同轨温差地区跨区间无缝线路的铺设;我国高速铁路轨下基础类型较多,既有有砟轨道,也有枕式、板式无砟轨道,高速道岔要能适应于不同的轨下基础;为节约土地、控制沉降,我国高速铁路线上建设有大量的高架车站,车站咽喉区可能位于桥梁上,高速道岔既要适应铺设于路基上,也要适应铺设于桥梁上。

4. 现代化的生产工艺与系统集成

为满足高速道岔的高技术性能要求,道岔制造要求采用长大的数控龙门铣床、高精度的数控锯钻、大吨位的压力机、先进的焊轨机、大型的吊装机械、高精度的组装平台等现代化的生产装备、生产工艺及检测设备,树立细节决定成败的精品道岔理念,制订严格的原材料、外购件与生产过程质量管理体系,形成以道岔厂为责任主体的集成供货与驻厂监造制度。

5. 机械化、标准化与专业化的铺设工艺

高速道岔的铺设是确保其高技术性能极其重要的环节,开通即达到容许通过速度是高速道岔铺设成功的标志。高速道岔主要采用原位铺设法,也有少量的移位铺设法。有砟道岔的铺设主要控制“装”和“养”两个核心环节,在吊

装、运输及铺设中应采用长达 20 m 的平板车,大吨位吊车、专用吊具、专用移位台车,铺设后的养护维修作业中,应采用道岔捣固车进行作业,保证道床的密实及稳定、以形成对道岔的稳定支撑。对于长枕埋入式无砟道岔,可采用“工厂预组装、分节段运输、现场精调并灌注混凝土”的施工方法,应采用牢固的道岔侧向/竖向支撑调整系统,避免在施工过程中形成空吊。板式无砟道岔的铺设应注重道岔板的平整度、钉孔距的精度。应重视钢轨焊接和接头打磨工作,可采用以下焊接顺序:先焊接岔内接头,后与区间无缝线路焊连;岔内按照先外后里,从后至前,先直后曲的顺序焊接;与区间焊连按照先前端后尾端,岔尾先外后里的顺序焊接;以上焊接均应成对进行,两次焊接的温度差应小于 2℃。道岔铺设需要和精密测量相结合,准确确定道岔的三维空间坐标。还应重视无砟道岔的精细调整,道岔调试需要轨道检测小车、全站仪和相应的调整软件支持,通过调高、调距弥补道岔施工中出现的几何状态超限等问题、要求达到铺设技术条件的规定。总的来看,高速道岔需要采用机械化的作业手段、标准化的施工工艺、专业化的施工队伍,才能满足其高平顺性要求。

6. 信息化与科学化的维修管理

由于高速铁路白天全封闭运行,只有在夜间天窗时间对其进行检测与维护,为长期保持道岔的高技术性能,减少养护维修工作量,且还能对其工作状态做到有序可控,需要采用信息化、科学化的养护维修方法。应用道岔监测系统,实现高速道岔的信息化管理,实现故障修向状态修的转变。针对其高速度要求,应注重长波长及短波长不平顺的控制;针对其高安全性与高平稳性要求,应注重尖轨及基本轨顶面高差、滑床台板及顶铁离缝、轨底坡、钢轨顶面轮廓等轮轨关系的维护;针对其高舒适性要求,应注重轨道刚度的维护;针对其高平顺性要求,应注重备品备件的储存、运输和吊装工艺;针对其高可靠性要求,应注重钢轨几何状态检测、钢轨探伤、电务转换测试、融雪装置及监测系统的配置等。

三、我国高速道岔的关键技术问题

我国高速道岔的研制,需要从研究、设计、制造、铺设等各个环节解决以下四大关键技术问题。

1. 动力学问题

动力学问题中需要解决的是高速道岔的安全性、平稳性与舒适性等技术问题。

(1) 满足动车组安全、平稳运行的高速铁路道岔轮轨关系创新设计。道岔轮轨关系是形成道岔结构不平顺的根源,是导致轮轨动力作用加剧,甚至脱轨

的根源,也是影响行车平稳性的根源,是高速道岔设计中最为关键的技术。

(2) 满足动车组行车舒适性的高速铁路道岔轨道刚度的合理匹配及均匀化设计。道岔轨道刚度的不合理及不均匀是导致行车舒适性降低的主要因素,也是限制列车速度提高的重要因素。

(3) 满足高速铁路道岔高平顺性要求的长大轨件及双肢弹性可弯心轨结构创新设计。过去我国道岔长大轨件转换过程中,存在着较大的转换不足位移,影响着行车的平稳性。双肢弹性可弯心轨结构在国内还是空白,没有相应的设计和制造经验。

2. 可靠性问题

可靠性问题中需要解决的是我国道岔中长期存在的尖轨侧磨、转换卡阻、密贴检查失效等技术问题。

(1) 与我国运营条件相适应的高速铁路道岔平面线形设计。由于我国铁路大轴重、高速度、高密度的客货共线运营条件,普速及提速道岔尖轨及心轨磨耗、伤损较严重,需在时速 250 km 客货共线高速道岔中予以重点解决;此外我国还没有侧向容许通过速度为 160 km/h 有侧向高速道岔的设计经验。

(2) 适应跨区间无缝线路的高速铁路道岔无缝化优化设计。从提速道岔开始,我国一直在进行道岔无缝化技术的研究,但仍存在着转换卡阻、碎弯变形等病害,未能彻底解决,是长期困扰我国的技术难题。

(3) 确保高速道岔可靠性与稳定性的工电一体化系统设计。工电结合部是道岔结构中的设计难点,过去一直未能较好解决,比如在心轨一动处,在提速道岔中虽然采用了转换凸缘的创新设计,在实际使用过程中存在着“翻背”及检测失效的问题。

3. 适应性问题

适应性问题中需要解决的是高速道岔在无砟轨道及桥梁上铺设的相关接口技术问题。

(1) 高速道岔无砟轨道基础设计与施工。无砟轨道是我国时速 350 km 高速铁路的主要轨道结构类型,岔区长枕埋入式和板式无砟轨道的设计与施工技术在我国尚属空白。

(2) 桥上无缝道岔设计理论与设计方法。我国在建高速铁路上有大量的高架车站,桥上无缝道岔综合了桥上无缝线路、无缝道岔、无砟轨道、车岔系统动力学、车桥系统动力学的相关技术,是一项前沿性的综合技术难题。

4. 技术标准问题

满足高技术性能要求的高速铁路道岔设计、制造、组装、运输、铺设和维护的成套技术标准制订。这在国内还是空白,只有提速道岔的相关技术标准。