

高速铁路施工技术

(施工测量分册)

中铁二局股份有限公司 卿三惠 等 编著

高速铁路施工技术 (施工测量分册)

中铁二局股份有限公司 卿三惠 等 编著

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

《高速铁路施工技术》系列丛书,分为《概论分册》、《路基工程分册》、《桥梁工程分册》、《隧道工程分册》、《轨道工程分册》、《“四电”工程分册》、《施工测量分册》、《工程试验与检测分册》8个分册出版。

《高速铁路施工技术(施工测量分册)》主要介绍高速铁路施工测量体系;精密测量控制网施工复测与加密测量;路基、桥梁、隧道工程施工控制测量及竣工测量;施工期间建筑物变形监测;轨道控制网测量、各类轨道板铺设施工测量、工程竣工测量;测量仪器设备配置的基本要求等。重点突出各工序环节的测量内容、方法、技术要点及质量检验、控制标准等内容。

该书理论联系实际,论述深入浅出,内容系统完整,可作为铁路施工企业员工的技术培训教材,也可供高速铁路施工、设计、科研人员及大专院校土木工程专业的师生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路施工技术·施工测量分册/卿三惠等编著. —北京:

中国铁道出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-113-17388-3

I. ①高… II. ①卿… III. ①高速铁路—铁路施工②高速铁路—铁路施工—施工测量 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 232375 号

书 名:高速铁路施工技术(施工测量分册)

作 者:中铁二局股份有限公司 卿三惠 等

责任编辑:王 健 冯海燕 电话:010-51873371 电子信箱:jianjia51@sina.com

封面设计:崔丽芳

责任校对:龚长江

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

版 次:2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:7.5 字数:179 千

书 号:ISBN 978-7-113-17388-3

定 价:21.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010)51873170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

主 编 简 介



卿三惠,男,1956年生,贵州省息烽县人,工学博士,教授级高级工程师,国家注册土木工程师。1982年~2006年在中铁二院工程集团有限公司从事铁路工程勘察设计25年(其间任院副总工程师8年),2006年至今任中铁二局股份有限公司总工程师。历经南防、南昆、黎湛、株六、水柏、黔桂、渝怀、遂渝、达成、大丽、玉蒙、滇藏、京津、京沪、武广、广珠等新(改)建铁路的前期研究、勘察设计及施工实践,长期致力于工程勘察设计技术与结合工程的科学试验研究,多项成果获国家、省(部)级奖励,为铁路的事业技术进步作出了积极的贡献。

勘察设计:《水柏铁路北盘江大桥工程地质勘察》获铁道部工程勘察一等奖及国家银奖;《渝怀铁路圆梁山隧道工程地质勘察》、《黔桂铁路工程地质勘察》、《高烈度地震区铁路工程地质与环境地质综合选线》获省(部)工程勘察一等奖;《水柏铁路选线设计》、《时速200公里遂渝铁路路基工程设计》分获省(部)工程设计一、二等奖。

科技研究:《京津时速350公里铁路线路工程技术及应用》获铁道部科学技术特等奖;《时速350km高速铁路CRTSⅡ型板式无砟轨道施工技术及相关设备研究》、《海底隧道钻爆法施工关键技术》、《富水砂卵石地层土压平衡盾构施工关键技术》、《大跨径曲线梁非对称外倾式钢箱拱桥施工关键技术》获省(部)科技进步一等奖;《客运专线独塔斜拉连续刚构组合桥施工关键技术》、《客运专线无砟轨道制造与施工成套设备及工艺研究》、《遂渝铁路一次铺设跨区间无缝线路轨道关键技术试验研究》、《超深埋大断面隧道群施工关键技术》、《特殊环境修建复杂洞室群地铁车站整体洞桩法施工关键技术》获省(部)科技进步二等奖;《红层软岩地区建造时速200公里客货共线铁路路基关键技术》、《超浅埋地铁大断面长距离水平冻结施工技术》、《高压富水地层超深埋特长隧道施工技术》、《城市地下互通立交隧道群施工技术》、《高瓦斯特长隧道建设关键技术》获省(部)科技进步三等奖。

学术成就:公开发表科技论文30余篇,对山区铁路选线设计、工程地质及水文地质勘察、岩溶和软弱地基处理、滑坡或边坡工程治理、复杂地质隧道灾害防治、高速铁路设计与施工、路基填料试验等技术问题进行了有益的研究和探索;主编出版《西南铁路工程地质研究与实践》、《土木工程施工工艺》(包括路基路面、桥

梁、隧道及地铁、铺架与“四电”、房建五个分册)、《高速铁路隧道工程施工技术指南》、《铁路隧道施工安全技术规程》、《工程项目管理标准化手册》,参编出版《铁路路基填筑连续压实控制技术规程》、《铁路混凝土支架法现浇施工技术规程》、《CRTSⅡ型板式无砟轨道施工质量验收标准》、《高速铁路地基处理手册》、《铁路工程声屏障施工技术指南》等技术专著、规范、标准、手册;研发国家级工法 5 项、省(部)级工法 10 项;获国家授权发明专利 12 项、实用新型专利 5 项。

社会荣誉:2000 年以来,先后荣获“全国铁路火车头奖章”、“四川省工程勘察大师”、“四川省学术和技术带头人”、中建协和中施协“全国技术创新先进个人”、中国中铁总公司“突出贡献中青年专家”和“十一五科技创新标兵”等社会荣誉。

《高速铁路施工技术》系列丛书编委会

主 任：唐志成

副 主 任：邓元发

委 员：方国建 张次民 林 原 刘剑斌 王云波
曾永林 邓爱民 卿三惠 蔡 伟 熊志勇
崔江利 张文杰 李 政 邓文华 陈道圆
湛明朗 卢 鹏 胡 建 郜小群 刘世杰
韩兴旭 陈 叔 唐浩先 刘学力 葛庭栋
杨守泰

主 编：卿三惠

各分册主要编写人员：

《概论分册》 卿三惠 李雪梅 谭均平 卿光辉

《路基工程分册》 卿三惠 胡 建 贺志荣 黄 能 张代富
伍帮勇 蒋浩然 黄国庆 蒋开春 魏二剑
钟维章

《桥梁工程分册》 卿三惠 郜小群 钱纪民 唐浩先 韩兴旭
李友明 吴 明 周祖清 蒲 伟 雷 宇
白晓红 彭亮英 王 强 陈 杰 韩 伟
肖 勇 姚道雄 李华月 向 锐 张顺勇
谭祥国 曹新恒

《隧道工程分册》 卿三惠 刘世杰 马 辉 刘卫华 胡力绳
钟友江 李庆生

《轨道工程分册》 卿三惠 陈 叔 陈 杰 陈孟强 陈希成
申 超 林国辉 陈建波 孙韵全 褚利民
彭 福 樊小冬 陈太权 来 琼 胡笑纹
李保尔 方 华

《“四电”工程分册》 卿三惠 何勇军 代伯寿 张 强 唐小川
鲁 健 汤国林 石 芸 何国华 彭明勇
李非凡 徐 旭 王正国 周聚杰 何锐庚
林安普

《施工测量分册》 卿三惠 段太生 李学仕 杨维裕 郭 平
方 明 何 军

《工程试验与检测分册》 卿三惠 刘学力 杨育红 陈 涛 彭清福
孙 凯 刘炎培 钟卫翔

统 审：卿三惠

编 辑：韦 慎

序

高速铁路是当今世界的一项重大技术成就,它集中反映了一个国家铁路线路结构、列车牵引动力、高速运行控制、高速运输组织和经营管理等方面的技术进步,也体现了一个国家的科技和工业水平。高速铁路是社会经济发展的必然产物,有利于促进国家或地区间城市一体化发展进程,在经济发达、人口密集的地区经济和社会效益非常显著。高速铁路以其速度快、安全性好、正点率高、全天候运行、舒适方便、输送能力大、能耗低、污染轻等一系列技术优势,已成为世界许多国家和地区旅客运输发展的共同趋势。

20世纪60年代以来,高速铁路在日本、德国、法国、意大利、西班牙、韩国等发达国家蓬勃兴起。截止2012年底,全世界高速铁路运营里程总长24 000 km,分布在20个国家和地区。列车的最高试验速度从1964年10月世界上第一条高速铁路日本东海道新干线达到210 km/h后也在不断被刷新。1981年2月法国TGV达380 km/h;1988年5月德国ICE最高试验速度达406.9 km/h;1990年5月18日法国TGV-A型高速列车最高试验速度达515.3 km/h;2007年4月3日法国TGV-V150超高速列车最高试验速度达574.8 km/h,创造了有轨列车瞬间最高试验速度的世界纪录。这些瞬间高速(最高试验速度)说明轮轨技术是可以高速的,但不能真正运行。我国高速铁路建设过程中,从安全、可靠、适用、经济四个指标进行研究的结果表明,决定高速铁路运营速度的路基、桥梁、隧道和线路结构应按350 km/h的标准建设和配置机车,验收速度应按额定速度的110%验收;从经济运营角度分析,根据空气动力学试验,250 km/h是高速铁路的经济速度。因此,我国城际铁路一般按该速度进行建设。

20世纪90年代以来,中国政府致力发展高速铁路,开展大规模的高速铁路试验研究。大体经历三个历史进程:

1997年~2007年,实施既有线改造和六次大提速。通过既有线改造和六次大提速,掌握了200~250 km/h高速铁路修建技术,使全国旅客列车最高运行速度从120 km/h以下提高到200 km/h以上的既有线路营业里程达到6 003 km。

1999年~2007年,新建160~200 km/h试验线。1999年8月开工建设秦沈客运专线,2002年11月27日“中华之星”列车在该线上试验最高速度321.5 km/h,2003年10月12日按200 km/h开通运营;2002年11月开工建设客货共线遂渝铁路,2005年5月“长白山”列车在该线上试验最高速度234 km/h,2006年4月1日按200 km/h开通运营。2007年4月18日,新建广深铁路三、四线采用“和谐号”动车组按200 km/h开通运营,成为我国第一条客货分线,实现完全公交化的城际客运专线。

2004年以来,全面新建250 km/h和350 km/h高速客运专线。2004年1月

国务院发布《中长期铁路网规划》，并于2008年进行调整，确定了“到2020年建设高速客运专线16 000 km以上”的发展目标。从此，中国铁路拉开了以“四纵四横”客运专线和城际快速客运系统为重点的大规模高速铁路建设序幕。2005年6月开工建设中国第一条250 km/h客货共线铁路合宁铁路，2008年4月按200~220 km/h开通运营；2005年7月4日开工建设中国第一条350 km/h的京津城际高速铁路，2008年6月24日和谐号动车组在该线上最高试验速度394.3 km/h，2008年8月按300 km/h开通运营；2011年1月中国CRH380BL型和谐号动车组在350 km/h的京沪高速铁路线上创造了中国铁路无砟轨道列车的最高试验速度487.3 km/h，2011年6月按300 km/h开通运营，标志着中国高速铁路技术已步入国际先进水平。其中长距离、温差大、无缝轨道技术处于世界领先水平。

截止2012年底，中国已建成高速铁路运营里程9 356 km，在建高速铁路长度达12 700 km，居世界第一。

中国铁路按照“安全、可靠、适用、经济、先进”的技术方针，通过原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新，在工程建设、高速列车研制、列车运行控制、系统集成、运营维护、客运服务等技术领域实现了重大突破，形成具有自主知识产权的高速铁路技术标准体系，全面掌握了高速铁路设计、施工、运营、维修等关键技术，实现了具有世界先进水平的客运动车组、施工装备的国产化。目前，中国已成为世界上高速铁路发展最快、运营里程最长、运营速度最高、在建规模最大、系统技术最全、集成能力最强的国家。

为总结高速铁路的建设经验，中铁二局股份有限公司组织国内铁路技术专家及工程技术人员，在全面系统地总结我国高速铁路试验研究及建设实践的基础上，广泛吸收世界高速铁路建设的先进技术，精心编著完成的具有中国特色的《高速铁路施工技术》系列丛书，终于出版了。

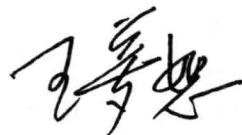
该丛书理论联系实际，论述深入浅出，内容系统完整，图文并茂，展现了当今高速铁路施工的最新技术及应用前景，具有较高的理论和实用价值，可以引领我国的高速铁路建设。

借本丛书出版之际，谨以此序向多年来为我国高速铁路建设作出突出贡献的广大科技人员，以及为本丛书的出版付出辛勤劳动的各位编审人员表示感谢。

我将本丛书推荐给从事高速铁路设计、施工、科研、教学等工作的人员和广大非专业读者。相信本丛书的出版，将有助于推动我国高速铁路施工技术的不断进步，实现国富民强之本。

中国工程院院士

2013年5月



前 言

2004年1月,国务院发布《中长期铁路网规划》,并于2008年进行调整,确定了“到2020年建设客运专线16 000 km以上”的发展目标。从此,中国铁路拉开了以“四纵四横”客运专线和城际快速客运系统为重点的大规模高速铁路建设序幕。截止2012年底,中国已建成高速铁路运营里程9 356 km,在建高速铁路12 700 km,成为世界上高速铁路发展最快、运营里程最长、运营速度最高、在建规模最大、系统技术最全、集成能力最强的国家。

为总结我国高速铁路的建设经验,中铁二局股份有限公司组织国内铁路技术专家及工程技术人员,在全面系统总结我国高速铁路试验研究及建设实践经验的基础上,广泛吸收国外先进技术,精心编著而成《高速铁路施工技术》系列丛书。

全套丛书包括《概论分册》、《路基工程分册》、《桥梁工程分册》、《隧道工程分册》、《轨道工程分册》、《“四电”工程分册》、《施工测量分册》、《工程试验与检测分册》共8个分册。

1.《概论分册》,主要介绍高速铁路的概念、作用、技术经济优势、主要技术特征;高速铁路基础设施(线路、路基、桥梁、隧道、轨道)的特点;国内外高速铁路的成就与发展趋势,重点突出我国高速铁路的技术创新成果及应用前景;高速铁路的系统集成、技术体系和技术标准体系等内容。

2.《路基工程分册》,主要介绍高速铁路路基的结构构造、技术标准及施工技术,重点突出地基处理、路堤填筑、路堑开挖、路基过渡段、路基支挡结构、路基边坡防护、路基防排水、路基堆载预压、路基沉降观测与评估等的施工工艺、质量检测及控制标准等内容。

3.《桥梁工程分册》,主要介绍高速铁路桥梁的结构构造、技术标准及施工技术。重点突出桥梁基础与墩台、预应力混凝土简支梁、连续梁、结合梁以及拱桥、斜拉桥、组合桥等桥式结构;钻孔灌注桩、钢围堰、预应力混凝土简支梁预制与架设、节段预制拼装、连续梁悬臂施工、原位支架法及移动模架施工、转体施工、无支架缆索吊装施工、大跨度桥梁施工监控、桥梁支座、桥面附属工程等的施工工艺、质量检测及控制标准等内容。

4.《隧道工程分册》,主要介绍高速铁路隧道的结构构造、技术标准及施工技术。重点突出隧道洞口工程、开挖与支护、二次衬砌、防排水、附属构筑物、辅助坑道,施工通风与防尘、超前地质预报、施工监控量测,不良地质与特殊岩土隧道、明

挖隧道、TBM 隧道、盾构隧道等的施工方法、施工工艺、质量检测及控制标准等内容。

5.《轨道工程分册》，主要介绍高速铁路轨道的结构构造及轨道的制造、运输、铺设、精调施工技术、质量检测与控制标准等内容。轨道结构的界面限定为路基基床表层以上、桥梁桥面混凝土保护层以上、隧道仰拱混凝土层以上的工程实体。重点突出 CRTS I 型、CRTS II 型双块式无砟轨道，CRTS I 型、CRTS II 型、CRTS III 型板式无砟轨道，板式无砟道岔、长枕埋入式无砟道岔施工技术；有砟轨道及道岔施工技术；无缝线路施工技术；轨道施工组织方案等。

6.《“四电”工程分册》，主要介绍高速铁路“四电”系统集成概念、程序、内容、模式、主要原则和措施、接口管理、RAMS 管理、EMC 技术管理、风险管理、系统兼容性和匹配性、集成试验和环境保护方案；重点突出高速铁路通信、信号、牵引供电系统施工技术及电力系统供电技术，包括系统构成、关键施工技术、质量控制要点与相关接口施工、试验与检测技术等。

7.《施工测量分册》，主要介绍高速铁路施工测量体系；精密测量控制网施工复测与加密测量；路基、桥梁、隧道工程施工控制测量及竣工测量；施工期间建筑物变形监测；轨道控制网测量、各类轨道板铺设施工测量、工程竣工测量；测量仪器设备配置的基本要求等。重点突出各工序环节的测量内容、方法、技术要点及质量检验、控制标准等内容。

8.《工程试验与检测分册》，主要介绍高速铁路试验与检测的主要技术标准及施工中混凝土、路基、桥梁、隧道、无砟轨道、无缝线路的试验检测技术，重点突出高速铁路区别于普通铁路对原材料的特殊技术要求与相应的试验检测方法，以及混凝土、无缝钢轨等结构实体的试验检测等内容。

本丛书理论联系实际，内容系统完整，工程实例丰富，展现了当今高速铁路施工的最新技术及推广应用前景，可作为铁路施工企业员工的技术培训教材，也可供高速铁路设计、施工、科研人员及大专院校土木工程专业师生学习和参考。

本丛书编撰过程中，引用了大量的参考文献资料，特向原作者个人和单位表示感谢。由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请读者批评指正，以便不断完善。

中铁二局总经理



2013 年 5 月于成都

目 录

1 概 述	1
1.1 高速铁路精密工程测量的概念	1
1.2 高速铁路精密工程测量体系	1
1.3 高速铁路精密工程测量的特点	1
1.4 高速铁路施工测量的内容与手段	3
2 线下工程施工测量	5
2.1 施工复测	5
2.2 平面精测网复测与施工加密测量	10
2.3 高程控制网复测与加密测量	25
2.4 路基施工测量	29
2.5 桥梁施工测量	30
2.6 隧道施工测量控制	31
2.7 测量管理	40
3 线下构筑物变形测量	43
3.1 工作流程	43
3.2 一般规定	43
3.3 沉降观测要求	45
3.4 变形监测网的建立	46
3.5 路基变形监测	47
3.6 桥涵变形监测	52
3.7 隧道变形监测	59
3.8 过渡段工程沉降变形观测	61
3.9 区段沉降综合评估	61
3.10 变形测量成果整理	61
4 轨道施工测量	63
4.1 轨道控制网 CPⅢ测量	63
4.2 CRTSⅠ型板式无砟轨道施工测量	72
4.3 CRTSⅡ型板式无砟轨道施工测量	75
4.4 CRTSⅢ型板式无砟轨道施工测量	80

=====	
4.5 CRTS I 型双块式无砟轨道施工测量.....	80
4.6 CRTS II 型双块式无砟轨道施工测量.....	83
4.7 长枕埋入式无砟道岔施工测量.....	86
4.8 板式无砟道岔施工测量.....	87
4.9 轨道精调.....	88
4.10 无砟轨道施工测量案例	89
5 竣工测量.....	99
5.1 线下工程建筑及线路设备竣工测量.....	99
5.2 线路轨道竣工测量	102
5.3 控制网竣工测量	103
5.4 竣工地形图及铁路用地界测量	103
5.5 竣工测量资料整理及交验	104
参考文献.....	105

1 概 述

1.1 高速铁路精密工程测量的概念

高速铁路精密工程测量是相对于传统的铁路工程测量而言,为了达到列车在高速行驶条件下,旅客列车的安全性和舒适性,高速铁路必须具有非常高的平顺性和精确的几何参数,轨道测量精度要达到毫米级,其测量方法、测量精度与传统的铁路工程测量完全不同。我们把适合于高速铁路工程测量的技术体系称为高速铁路精密工程测量,高速铁路精密工程测量控制网简称“精测网”。

高速铁路精密工程测量的内容包括:

- (1)精测网控制测量。
- (2)线下工程施工测量。
- (3)轨道施工测量。
- (4)建筑物变形监测。
- (5)运营维护测量。

1.2 高速铁路精密工程测量体系

要实现高速铁路的高精度、高平顺性、高稳定性,保证测量控制网满足高速铁路勘测、施工、运营维护三阶段测量的需求,适应高速铁路工程建设和运营管理的需要,必须建立一套与之相适应的精密工程测量体系。精密工程测量体系应包括勘测、施工、运营各阶段测量控制网。

高速铁路工程建立了“三网合一”的测量控制体系:

- (1)勘测控制网:CP I、CP II、水准基点。
- (2)施工控制网:CP I、CP II、CP III、水准基点。
- (3)运营维护控制网:CP III、加密基桩。

这一理念为高速铁路工程建设、运营与维护提供了可靠的测量保障。彻底改变了以往设计阶段由线路切线控制点控制线路、施工阶段因切线控制点破坏导致线路反复调整、竣工测量根据实际建筑重新确定线路曲线要素、运营阶段根据线路情况随意改变线路的传统测量模式。

1.3 高速铁路精密工程测量的特点

传统的铁路测量技术是按照切线上的转点,曲线控制点、交点或副交点来控制线路中线。这种采用定测控制桩作为施工测量基准,存在极大弊端。一是线路定测的测量精度低,施工单

位复测经常出现曲线偏角超限,改变设计偏角施工,设计线型被改变;二是线路测量可重复性较差,控制桩连续丢失后,很难进行恢复。如工程开工后,中线控制桩均不存在,铁路的平面测量控制基准也就不存在了,这为后续施工中的测量及竣工测量和运营阶段的线路复测不利;三是平面坐标系投影差大(高斯投影),不利于采用 GPS RTK、全站仪等新技术的坐标定位法进行勘测和施工放样;四是轨道铺设按线下工程的施工现状采用相对定位进行,设计线型被改变。

与传统的铁路测量技术相比,高速铁路精密工程测量具有以下特点。

(1)高速铁路精密工程测量采用“三网合一”的测量体系。高速铁路的测量控制网,必须满足勘测控制网、施工控制网、运营维护控制网坐标和高程系统的起算基准和精度的协调统一,保证高速铁路工程建设的顺利实施。设计、施工、运营过程中统一的测量基准、测量方法和测量精度,不论在设计阶段的设计线路改移、施工阶段的控制点增补、运营阶段的阶段性复测都采用统一的控制网,使得运营阶段的线路始终处于设计位置,实现了真正意义上的按设计施工。

(2)高速铁路工程精密测量控制网的分级控制。高速铁路轨道必须具有非常精确的几何线性参数,精度要保持在毫米级的范围内,测量控制网的精度应在满足线下工程施工控制测量要求的同时,必须满足轨道铺设的精度要求,使轨道几何参数与设计位置之间的偏差保持在最小;轨道的绝对定位通过由各级控制网组成的测量系统来实现,保证轨道与线下工程的空间位置相匹配协调。由此可见,必须按分级控制的原则建立高速铁路测量控制网。

高速铁路工程测量平面控制网在框架控制网(CP0)基础上(点间距 20~50 km)分三级布设,如图 1-1 所示。

第一级:基础平面控制网(CP I)。主要为勘测、施工、运营维护提供坐标基准,测量等级为二等。

第二级:线路平面控制网(CP II)。主要为勘察、施工提供控制基准,测量等级为三等。

第三级:轨道控制网(CP III)。主要为轨道铺设和运营维护提供控制基准。

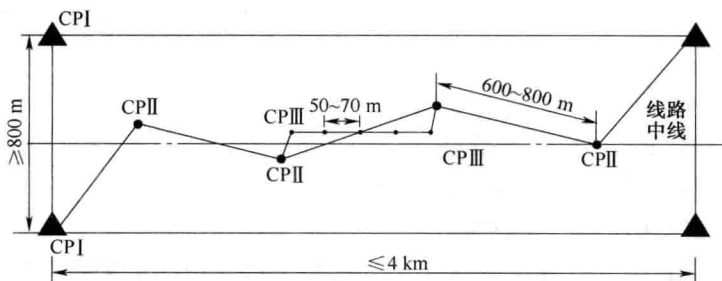


图 1-1 高速铁路三级平面控制网示意图

高速铁路工程测量高程控制网在设计、施工、运营阶段分二级布设。

第一级:线路水准基点控制网。主要为高速铁路勘察设计、施工提供高程基准,测量等级为二等。

第二级:轨道控制网(CP III)。主要为高速铁路轨道施工、运营维护提供高程基准,测量等级介于精密水准测量二等和三等之间。

(3)高速铁路轨道必须采用绝对定位与相对定位测量相结合的铺轨测量定位模式。原来铁路轨道的铺设是按照线下工程的施工现状,采用相对定位的方法进行铺设,即轨道的铺设是按照 20 m 弦长的外矢距来控制轨道的平顺性,没有采用坐标对轨道进行绝对定位,相对定位的方法能很好地解决轨道的短波不平顺性,而对于轨道的长波不平顺性则无法解决。对于高速铁路,曲线的半径大,弯道长,如果仅采用相对定位的方法进行铺轨控制,而不采用坐标进行绝对控制,则轨道的线型就不能满足设计要求。

(4)高速铁路工程测量平面坐标系采用边长投影变形值 ≤ 10 mm/km。高速铁路工程测量精度要求高,施工中要求由坐标反算的边长值与现场实测值应一致,即所谓的尺度统一。由于地球面是个椭球曲面,地面上的测量数据需投影到施工平面上,曲面上的几何图形在投影到平面时,不可避免会产生变形。如采用国家 3°带投影的坐标系,在投影带边缘的边长投影变形值达到 340 mm/km,这对高速铁路轨道的施工是很不利的,它远远大于目前普遍使用的全站仪的测距精度(1~10 mm/km),对工程施工的影响呈系统性。从理论上来说,边长投影变形值越小越有利。因此规定高速铁路工程测量控制网采用工程独立坐标系,把边长投影变形值控制在 10 mm/km 以内,以满足轨道施工测量的要求。

(5)高速铁路工程建筑物的沉降变形测量成为工程建设中的关键工序。严格控制路基、桥梁、隧道基础的工后沉降,确保轨道的平顺性,将是高速铁路修建成败的关键。因此,高速铁路工程需要从施工阶段就开始进行建筑物的沉降变形测量工作,运营期间也需要持续不断地对建筑物基础进行监测。铁路全线采用国家二等水准测量精度全线贯通。

总之,就设计、施工、运营各阶段而言,高速铁路施工过程是将设计变为现实的过程,它具有施工期长、受干扰因素多、不可遇见因素多的特点。因此,高速铁路施工阶段的施工控制网复测、线下工程施工测量、变形观测、轨道控制网测量以及轨道施工测量是高速铁路建设成败的关键,各级施工技术及管理人员应予以高度重视。

1.4 高速铁路施工测量的内容与手段

如前述,高速铁路工程测量控制网是大规模的、整体性强的、高精度的控制网。与传统的测量不同,现在它是基于地球坐标系的,因此涉及大地测量内容。采用的平面控制测量方法,很大一部分依赖于高精度的卫星定位测量,但同时细部施工测量又是常规全站仪测量,使得垂线测量系统与法线测量系统长期并存。

在高速铁路工程开工建设初期,由勘测设计单位将铁路测量控制网及成果移交给施工单位后,施工单位应及时组织一次全面复测,以对勘测阶段的平面高程控制网中发生位移、破坏的控制点进行恢复、增补,并根据施工现场的实际需要,对控制网进行必要的加密。

在此基础上进行铁路征地界放样、桥涵、隧道的施工放样和变形观测。当桥梁、隧道需要更高精度的控制网时,依据基础控制网 CPⅠ 建立相应的独立工程施工控制网。随隧道掘进,依据洞外控制网而进行洞内导线控制测量,炮孔、台车等控制,隧道断面超欠测量控制;桥梁桩基础、承台、墩身、垫石位置控制测量,现浇连续梁线型、挠度或沉降变形控制测量,以及桥梁、隧道、路基等沉降、变形观测和监控量测等。

施工过程中,一般每 6~12 个月对控制网进行一次复测,以监测控制网的稳定或变形情况,并及时进行增补。

当进行线上工程轨道施工前,应再一次对基础控制网 CP I、线路控制网 CP II 进行一次全面复测或加密,满足轨道控制网建网要求后建立轨道控制网 CP III,在此基础上进行轨道铺设安装测量。轨道工程施工、竣工移交前应对 CP III 网进行不定期局部或全面复测,以保证轨道工程的精度满足要求。

目前,平面测量控制网中长距离(如 500 m 以上)首选全球卫星定位测量,中短距离(500 m 以下)多采用全站仪角度距离测量方式。高程网以几何水准仪测量为主,在特殊地段(跨河、海、沟、上桥等)或 CP III 网、轨道网还可以用全站仪按精密光电测距三角高程测量方法进行,卫星定位高程测量目前还仅在有限范围内应用。特长隧道工程中还有采用高精度陀螺方位测量定向的方法。

高速铁路施工控制测量数据处理一般仍以平面和高程分开独立处理为主,CP III 网也可按三维方式处理。铁路工程测量数据处理量大、复杂、繁琐,现场施工测量可用手工计算处理即可,控制测量数据主要采用计算机软件进行处理。

由上可见,施工测量控制作为工程建筑中质量控制的主要程序之一,不仅仅包括控制网测量,还包括更广泛的内容。

2 线下工程施工测量

线下工程施工测量包括开工前的测量控制网复测与加密测量、界址测量放线,进入施工阶段的路基、桥梁、隧道工程的施工测量与精测网定期复测与加密测量,施工期间的路基、桥梁、隧道工程以及周边相关建筑的位移沉降监测,完工阶段的竣工测量。工作流程如图 2-1 所示。

2.1 施工复测

2.1.1 测量控制桩与资料交接

施工前,施工单位应会同设计、监理单位完成控制测量成果资料和现场桩橛交接工作,并办理交接手续。交桩成果资料应包括以下内容:

- (1)CP0、CP I、CP II 控制点成果与点之记。
- (2)CP I、CP II 测量平差计算资料。
- (3)线路水准基点高程成果与点之记。
- (4)水准测量平差计算资料。
- (5)精测网测量技术报告(含平面、高程控制网联测示意图)、技术总结。
- (6)CP0、CP I、CP II 控制桩和线路水准基点桩。

平面及高程控制桩点须根据交接资料现场核对确认,确认现场点名与成果资料相符,可使用手持机导航寻点,现场确认盖板、铭牌标识。登记控制点托管手续。对于破坏的控制点、点位不满足规范要求的桩点应详细记录,并提请设计单位增补。

2.1.2 中线和用地界测量

施工前根据线路设计资料,利用测量控制网点测放线路中线与红线界桩。红线位置由线路中心和中线至线路两侧的设计宽度确定。一般设计图提供的是大地坐标(如国家 2000 或 1954 坐标系),控制点则一般是基于 WGS—84 大地坐标以及工程独立坐标系坐标;红线放样可将设计单位提供的控制网点 WGS—84 大地坐标或工程独立坐标系坐标,转换为相应的大地坐标进行放样。

中线、红线放样优先选用 GPS RTK 方法,也可用全站仪极坐标放样。放样限差为 5 cm。

2.1.3 断面复测

施工前应复测路基、桥涵纵横断面,核实路基、涵洞、桥梁基础及隧道洞口的填挖土石方量。对于路基加固地段也应进行横断面测量。路基横断面复测优先选用 GPS RTK 测量,也

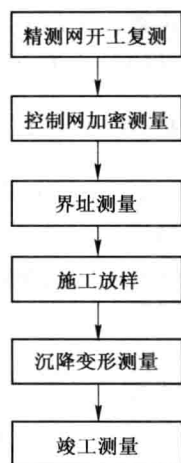


图 2-1 线下工程施工测量流程图