


HANDBOOK OF RAILWAY ENGINEERING SURVEY

铁路工程测量手册

中国铁路设计集团有限公司 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



**HANDBOOK
OF RAILWAY ENGINEERING
SURVEY**

铁路工程测量手册

中国铁路设计集团有限公司 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

《铁路工程测量手册》是一部适用于铁路(包括高速铁路、客运专线,以及新建和改建铁路)工程勘测设计、施工、运营维护各阶段工程测量工作的实践性工具书。

本书分为勘测设计阶段的测量、施工测量、运营维护测量、铁路工程测量信息化共四篇二十一章,主要包括勘测设计阶段的控制测量、摄影测量与遥感制图、专项测绘;施工阶段的复测和加密、长大隧道、桥梁、大型交通枢纽施工控制测量、轨道控制网测量、施工放样、构筑物变形测量及评估、轨道安装测量、竣工测量;运营维护阶段的控制网复测维护、运营期间结构变形监测、轨道检测、既有线全面复测;以及铁路工程测量信息化等内容。

本书内容全面、系统,注重实用性和实践操作性,可供铁路勘测设计、施工、运营维护各阶段测量人员使用,亦可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路工程测量手册 / 中国铁路设计集团有限公司编
著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2018. 10

ISBN 978-7-114-14816-3

I. ①铁… II. ①中… III. ①铁路测量—手册 IV.
①U212.24-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 134439 号

书 名: 铁路工程测量手册

著 作 者: 中国铁路设计集团有限公司

责任编辑: 谢海龙 杜 琛

责任校对: 张 贺

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 27.5

字 数: 640 千

版 次: 2018年10月 第1版

印 次: 2018年10月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14816-3

定 价: 168.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

《铁路工程测量手册》 编委会

主任委员：王长进

副主任委员：张冠军

编委：石德斌 赵海 梁永 李亚辉 张志刚
高文峰 李平苍 刘晓明 李新增 王兵海
匡团结 董洪波 王正银 洪江华 邓继伟
甘俊 程寇 刘小龙 范叹奇

前 言

近年来,我国高速铁路的快速发展举世瞩目,铁路工程测量是保证工程建设质量和运营安全的重要手段,同铁路建设的其他专业技术一样,是铁路工程建设关键技术体系的重要组成部分。高精度的测量成果不但保证了线路高精度的几何线形状态,也是列车在高速运行时保证旅客的安全性和舒适性的重要基础。

中国高速铁路工程测量技术体系结合铁路建设特点和现代测绘技术的发展,坚持原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新,强化重大科研、试验对关键技术的理论支撑与验证,体现“三网合一”的测量要求,涵盖高速铁路工程勘测设计、施工和运营维护测量全过程。随着我国高速铁路的不断建成通车,结合铁路建设和运营中对测量实际需要,一代代的铁路测量技术人员围绕重大或关键性测绘技术问题展开科技攻关,进一步强化创新平台建设,持续开展测绘先进技术研究,提升测绘智能化和信息化水平,在努力减小劳动强度的同时提高测绘作业效率和提高测绘产品质量,以期更好地为铁路建设与运营服务。

2009年以来,我国陆续颁布了一系列铁路测量类的行业规范,为了更好地贯彻执行规范、总结我国铁路工程测量,特别是高速铁路工程测量的宝贵经验,推动铁路工程测量的技术创新和新技术、新成果的应用,以及铁路工程测量从业者技术业务培训的需要,特组织编写了《铁路工程测量手册》。

本手册是一部适用于铁路(包括高速铁路、客运专线,新建和改建铁路)工程勘测设计、施工、运营维护各个阶段工程测量工作的实践性工具书。全手册分勘测设计阶段的测量、施工测量、运营维护测量、铁路工程测量信息化共四篇二十一章,在绪论中概述地介绍了铁路工程测量定义、内容、发展沿革、主要技术标准和展望,各篇内容从铁路工程全生命周期角度出发,将铁路工程各阶段的测量进行系统、全面的总结梳理,突出实用性和实践操作性。第一篇 勘测设计阶段的测量主要内容有控制测量、摄影测量与遥感制图、专项测绘;第二篇 施工测量主要内容有复测和加密、长大隧道、桥梁大型交通枢纽施工控制测量、轨道控制网测量、施工放样、构筑物变形测量及评估、轨道安装测量、竣工测量;第三篇 运营维护测量主要内容有控制网复测维护、运营期间结构变形监测、轨道检测、既有线全面复测;第四篇 铁路工程测量信息化主要内容有勘测设计一体化、施工建设测量信息化、运营维护测量信息化及 BIM 在铁路工程的应用等内容。本手册可供铁路勘测设计、施工、运营维护各个阶段测量人员使用,亦可供大专院校相关专业师生参考。

本手册由中国铁路设计集团有限公司(简称中国铁设)组织编写,中国铁设副总工程师、全国工程勘察设计大师王长进担任主编,中国铁设测绘地理信息研究院(简称测绘院)副总工程师张冠军担任副主编,参加编写的人员有中国铁设测绘院副总工程师石德斌、赵海、梁永、李亚辉,以及技术部、航测遥感研究所、精密测量研究所、第一至第五勘测队各部门和单位的总工程师及测绘技术人员。主要分工如下:绪论由王长进、张冠军编写,第一篇第一章、第三章由梁永、张冠军、刘晓明、匡团结、洪江华编写,第一篇第二章由王长进、赵海、高文峰、邓继伟、甘俊、程寇、刘小龙编写,第二篇由张冠军、张志刚、李新增、董洪波、范叹奇编写,第三篇由石德斌、李平苍、王兵海、王正银编写,第四篇由张冠军、李亚辉、高文峰、张志刚编写。全书由王长进、张冠军统稿。在编写的过程中,得到中国铁设副总经理、总工程师、全国工程勘察设计大师孙树礼的指导,得到中国铁设科技处、测绘院领导和部门的大力支持,蒙华铁路蒙陕段指挥部副指挥长、总工程师申志军审阅并提出具体完善建议,以及人民交通出版社股份有限公司王霞、杜琛、谢海龙等同志的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,加之在繁忙的铁路勘测生产过程中进行编写,时间仓促,难免有不足之处,敬请专家、同行们批评指正。

《铁路工程测量手册》编委会
2017年5月 天津

目 录

绪 论

| | |
|---------------------------|---|
| 第一节 概述 | 1 |
| 第二节 铁路工程测量内容与发展沿革 | 3 |
| 第三节 铁路工程测量主要技术标准与展望 | 9 |

第一篇 勘测设计阶段的测量

| | |
|----------------------------|-----|
| 第一章 控制测量 | 11 |
| 第一节 坐标和高程系统 | 11 |
| 第二节 平面控制测量 | 22 |
| 第三节 高程控制测量 | 39 |
| 第四节 误差理论与测量平差 | 59 |
| 第五节 测绘仪器常规检校方法 | 68 |
| 第二章 摄影测量与遥感制图 | 79 |
| 第一节 摄影测量原理 | 79 |
| 第二节 航空摄影 | 82 |
| 第三节 刺点和调绘 | 86 |
| 第四节 内业成图 | 89 |
| 第五节 POS 技术在摄影测量中的应用 | 99 |
| 第六节 机载激光雷达测量 | 107 |
| 第七节 近景摄影测量 | 114 |
| 第八节 无人机摄影测量 | 120 |
| 第九节 遥感制图 | 127 |
| 第三章 专项测绘 | 141 |
| 第一节 线路测量 | 141 |
| 第二节 桥涵测量 | 160 |
| 第三节 站场测量 | 164 |
| 第四节 隧道测量 | 169 |
| 第五节 其他测量 | 171 |

第二篇 施工测量

| | |
|----------------------------|-----|
| 第一章 复测和加密 | 175 |
| 第一节 控制网复测 | 175 |
| 第二节 施工加密 | 180 |
| 第二章 长大隧道施工控制测量 | 183 |
| 第一节 隧道控制测量技术设计 | 183 |
| 第二节 洞外控制测量 | 192 |
| 第三节 洞内控制测量 | 203 |
| 第四节 联系测量和贯通测量 | 210 |
| 第三章 长大桥梁施工控制测量 | 214 |
| 第一节 技术设计 | 214 |
| 第二节 平面控制测量 | 215 |
| 第三节 高程控制测量 | 221 |
| 第四章 大型交通枢纽施工控制测量 | 224 |
| 第一节 坐标系统衔接 | 224 |
| 第二节 平面控制测量 | 226 |
| 第三节 高程控制联测 | 228 |
| 第五章 轨道控制网(CPⅢ)测量 | 229 |
| 第一节 CPⅢ网的构网形式 | 229 |
| 第二节 CPⅡ外业加密 | 230 |
| 第三节 CPⅢ点的布设与埋标 | 235 |
| 第四节 CPⅢ点和自由测站编号及布设形式 | 238 |
| 第五节 CPⅢ网平面测量 | 238 |
| 第六节 CPⅢ网高程测量 | 242 |
| 第七节 CPⅢ网的复测与维护 | 245 |
| 第六章 施工放样 | 247 |
| 第一节 线路施工放样 | 247 |
| 第二节 路基施工放样 | 249 |
| 第三节 桥梁施工放样 | 251 |
| 第四节 隧道施工放样 | 256 |
| 第七章 构筑物变形测量及评估 | 260 |
| 第一节 变形观测一般要求 | 260 |
| 第二节 路基工程的变形观测 | 264 |
| 第三节 桥梁工程的变形观测 | 270 |
| 第四节 隧道工程的变形观测 | 276 |

| | | |
|------------|-----------------------|------------|
| 第五节 | 预测与评估 | 278 |
| 第六节 | 基坑变形监测 | 280 |
| 第八章 | 轨道安装测量 | 290 |
| 第一节 | 轨道板简介 | 290 |
| 第二节 | 轨道板铺设精度要求 | 291 |
| 第三节 | 底座板(支承层)支模放样测量 | 293 |
| 第四节 | 轨道基准网(CP IV)测量 | 297 |
| 第五节 | 轨道板精调 | 303 |
| 第六节 | 道岔板的精调 | 311 |
| 第七节 | 双块式轨排精调 | 313 |
| 第八节 | 道岔整体道床施工 | 319 |
| 第九节 | 轨道精调 | 322 |
| 第九章 | 竣工测量 | 334 |
| 第一节 | 控制网竣工测量 | 334 |
| 第二节 | 线路轨道竣工测量 | 334 |
| 第三节 | 线下工程建筑及线路设备竣工测量 | 336 |
| 第四节 | 竣工地形图及铁路用地界测量 | 336 |
| 第五节 | 竣工测量资料整理及交验 | 336 |

第三篇 运营维护测量

| | | |
|------------|-------------------------|------------|
| 第一章 | 控制网复测维护 | 338 |
| 第一节 | 复测内容与周期 | 338 |
| 第二节 | 复测方法 | 339 |
| 第二章 | 运营期间结构变形监测 | 341 |
| 第一节 | 监测基准网的建立 | 341 |
| 第二节 | 沉降监测 | 341 |
| 第三节 | 沉降普查性观测 | 343 |
| 第四节 | 重点区域监测 | 349 |
| 第五节 | 自动化监测 | 351 |
| 第六节 | 特殊工点监测 | 355 |
| 第七节 | 沉降变形分析及评估 | 357 |
| 第三章 | 轨道检测 | 365 |
| 第一节 | 轨顶高程测量 | 365 |
| 第二节 | 轨道平顺性分析 | 365 |
| 第三节 | 轨道平顺性检测 | 368 |
| 第四章 | 既有线全面复测 | 376 |

| | | |
|-----|---------------|-----|
| 第一节 | 航测成图 | 376 |
| 第二节 | 里程丈量 | 380 |
| 第三节 | 中线测量 | 381 |
| 第四节 | 既有线中平测量 | 381 |
| 第五节 | 站场测量 | 382 |
| 第六节 | 其他调查和测量 | 382 |
| 第七节 | 资料整理 | 384 |

第四篇 铁路工程测量信息化

| | | |
|-------------|-----------------------------------|-----|
| 第一章 | 概述 | 385 |
| 第二章 | 铁路勘测设计一体化 | 387 |
| 第一节 | 勘测一体化 | 387 |
| 第二节 | 三维辅助设计 | 395 |
| 第三章 | 铁路施工建设测量信息化 | 400 |
| 第一节 | 铁路隧道监控量测信息化 | 400 |
| 第二节 | 铁路连续梁线形监控信息化 | 401 |
| 第三节 | 铁路工程沉降观测与评估信息化 | 402 |
| 第四节 | 三维建设管理系统 | 403 |
| 第四章 | 铁路运营维护测量信息化 | 406 |
| 第一节 | 铁路运营期变形监测数据管理系统 | 406 |
| 第二节 | 铁路综合监测检测系统 | 408 |
| 第三节 | 移动三维激光扫描测量信息化 | 410 |
| 第四节 | 三维工务管理系统 | 412 |
| 第五章 | BIM 在铁路工程的应用 | 419 |
| 第一节 | BIM 的功能及特点 | 419 |
| 第二节 | BIM 与 GIS 的结合 | 420 |
| 第三节 | BIM 在铁路工程中的应用 | 422 |
| 缩略词释义 | | 425 |
| 参考文献 | | 426 |

绪 论

第一节 概 述

一、测绘学科的分类

测绘学和其他学科一样,是在人类生产活动过程中产生和发展起来的,有着悠久的历史,是一门古老的学科。随着科学技术的不断进步,测绘学科的理论、技术、方法及其学科内涵也随之不断发生变化,尤其是空间技术、计算机技术、通信技术和地理信息技术的发展,使测绘学科向着当代刚刚兴起的一门新型学科——地球空间信息学跨越和整合,测绘学又和其他现代学科进行交叉和渗透,又是一门新型和现代的学科。传统的测绘概念是测量和地图制图的简称,就是利用测量仪器测定地球表面自然形态地理要素和地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等,然后根据观测到的这些数据通过地图制图的方法将地面的自然形态和人工设施等绘制成地图。测量就是获取反映地球形状、地球重力场、地球上自然和社会要素的位置、形状、空间关系、区域空间结构的数据。地图制图是将这些数据经处理、分析或综合后加以表达和利用的一种形式。随着科学技术的发展和社会的进步,测绘学研究的对象不仅是地球,还扩大到地球外层空间的各种自然和人造实体。因此,测绘学比较完整的基本概念是:研究对实体(包括地球整体、表面以及外层空间各种自然和人造的实体)中与地理空间分布有关的各种几何、物理、人文及其随时间变化的信息的采集、处理、管理、更新和利用的科学与技术。

在《中华人民共和国测绘法》中,测绘是指对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等进行测定、采集、表述以及对获取的数据、信息、成果进行处理和提供的活动。同时指出,测绘事业是经济建设、国防建设、社会发展的基础性事业。

测绘学主要研究地球的地理空间信息,同地球科学的研究有着密切的关系,因此,测绘学是地球科学的一个分支学科。

测绘学科的传统分类为:

1. 大地测量学

大地测量学是研究地球的形状、大小和重力场,测定地面点几何位置和地球整体与局部运动的理论和技术的学科。现代大地测量学可分为实用大地测量学、椭球面大地测量学、物理大地测量学和卫星大地测量学。

2. 摄影测量学

摄影测量学是研究利用摄影或遥感的手段获取目标物的影像数据,从中提取几何的或物理的信息,并用图形、图像和数字形式表达测绘成果的学科。摄影测量学包括航空摄影、航天摄影、航空航天摄影测量、地面摄影测量等。

3. 地图制图学(地图学)

地图制图学是研究模拟地图和数字地图的基础理论、地图设计、地图编制和复制的技术方法及其应用的学科。

4. 工程测量学

工程测量学是研究在工程建设和自然资源开发各个阶段进行测量工作的理论和技术的学科。主要研究在工程建设各个阶段所进行的与地形及工程有关的信息的采集和处理、工程的施工放样及设备安装、变形监测分析和预报等的理论、技术与方法,以及研究对与测量和工程有关的信息进行管理和使用。工程测量包括工程建设勘测设计、施工和管理各个阶段所进行的各种测量工作。按工作顺序和性质分为:工程勘测——勘测设计阶段的控制测量和地形测量;施工测量——施工阶段的施工测量和设备安装测量;运营测量——管理阶段的变形观测和维修养护测量。按工程建设的对象分为建筑、水利、铁路、公路、桥梁、隧道、矿山、城市和国防等工程测量。

5. 海洋测绘学

海洋测绘学是研究以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制理论和方法的学科,主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量以及航海图、海底地形图、各种海洋专题图和海洋图集等图的编制。

测绘学按服务对象和内容不同可分为基础测绘和专业测绘。

基础测绘是指建立全国统一的测绘基准和测绘系统,进行基础航空摄影,获取基础地理信息的遥感资料,测制和更新国家基本比例尺地图、影像图和数字化产品,建立、更新基础地理信息系统,是为国民经济和社会发展以及为国家各个部门和各项专业测绘提供基础地理信息而实施测绘的总称。基础测绘是公益性事业。基础测绘必须在全国或局部区域按国家统一规划和统一技术标准进行。

专业测绘是指产业部门为保证本部门业务工作所进行的具有专业内容的测绘的总称。专业测绘采用国家测绘技术标准或者行业测绘技术标准。

二、铁路工程测量的地位和作用

铁路工程测量是为满足铁路工程的勘测设计、施工和运营维护等任务而进行的测量工作,是专门以铁路行业为服务对象的专业测绘工作,是工程测量学按行业种类划分的一个重要分支。铁路工程测量涵盖了工程控制测量、工程摄影测量与遥感、工程勘测、施工测量、地理信息系统、变形监测等专业内容。

铁路工程测量服务于铁路建设和运营管理全过程,是铁路建设的开路先锋,常被称为铁路建设的“尖兵”。不仅因为铁路建设首先需要的是地形图,需要测量人员先行进行野外勘测;而且因为在施工和运营管理中,测量人员也是先行军,开工建设的第一步就要进行控制测量和施工放样;运营管理中仍然离不开线路测量维护及变形监测,以确保铁路的运营安全。在铁路工程中的各个阶段,都要求测量工作走在其他工作的前面,是名副其实的先行军。

铁路工程测量是保证工程建设质量和运营安全的重要手段,同铁路建设的其他专业技术一样,是铁路工程建设关键技术体系的重要组成部分。随着我国高速铁路的不断建成通车,结合铁路建设和运营中对测量实际需要,一代代的铁路测量技术人员围绕重大或关键性测绘技术问题展开科技攻关,进一步强化创新平台建设,持续开展测绘先进技术研究,提升

测绘智能化和信息化水平,努力在减小劳动强度的同时提高测绘作业效率和提高测绘产品质量,以期更好地为铁路建设服务。

铁路工程测量在铁路建设和运营管理中有着举足轻重的重要地位,起着重要的保障作用,为铁路工程建设和运营管理提供基础的空间地理信息成果,也为辅助决策提供重要的基础性数据。铁路工程测量技术的不断发展,使其技术内涵和服务外延不断扩大,在铁路工程建设和运营管理全过程中发挥着越来越大的技术支持和保障作用。如基于三维地理信息数据建立的铁路线路方案虚拟踏勘系统、沉降变形分析系统、运营监测及建设管理和工务管理系统等,建立了海量数据的三维浏览和管理平台,使工程建设和管理可以在计算机上进行展现,提高管理效率,提供辅助决策的先进平台。

第二节 铁路工程测量内容与发展沿革

一、铁路工程测量内容

(一) 铁路工程测量内容分类

按铁路工程建设和运营阶段的不同,可分为勘察设计阶段的测量工作(勘测)、施工建设阶段的测量工作(施工测量)、运营维护阶段的测量工作(运营监测)。

按测量对象不同,铁路工程测量包括以铁路工程构筑物为对象的土木工程测量和以轨道为对象的几何状态测量两大部分。

按技术和精度不同,可划分为普通工程测量和精密工程测量。精密工程测量代表着工程测量学的发展方向,铁路工程精密工程测量为高速铁路的建设和运营维护提供了有力的测绘保障。

按服务于不同工程,可划分为线路测量、隧道测量、桥涵测量。线路测量包括线路平面和高程控制测量、地形测量、中线测量、横断面测量等;隧道测量包括洞外、内平面和高程控制测量、联系测量、隧道施工放样、变形监测等;桥涵测量包括桥梁平面和高程控制测量、桥址地形测量、断面测量、水文测量、桥址中线测量、墩台定位测量、施工放样、变形监测等。

(二) 仪器设备

由于工作内容多,铁路工程测量中使用到的仪器设备较多,有航摄仪器设备、大地测量仪器设备,也有特殊的测量仪器或传感器等。

航摄仪器类设备:数码航摄仪、机载激光雷达、地面激光扫描仪。

大地测量仪器类设备:GNSS接收机、全站仪、水准仪。

特殊的测量仪器或传感器:轨道几何状态测量仪(轨检小车)、挠度仪、准直仪以及可以自动化监测的传感器(如静力水准仪和位移计等)。

(三) 测量方法

主要的测量方法有:

(1) 传统的几何测量有:角度测量、距离测量、高差测量等。

(2) 摄影测量与卫星遥感测量:摄影测量、三维激光扫描、卫星定位测量、微波遥感测量等。

(3) 基于物理传感器的特殊测量:准直测量、短距离测量、铅直测量、静力水准测量、倾斜

测量、振动(摆动)测量等。

(四) 铁路工程建设各阶段的主要测量工作内容

铁路工程建设各阶段的主要测量工作内容见图 0-0-1,并分述如下。

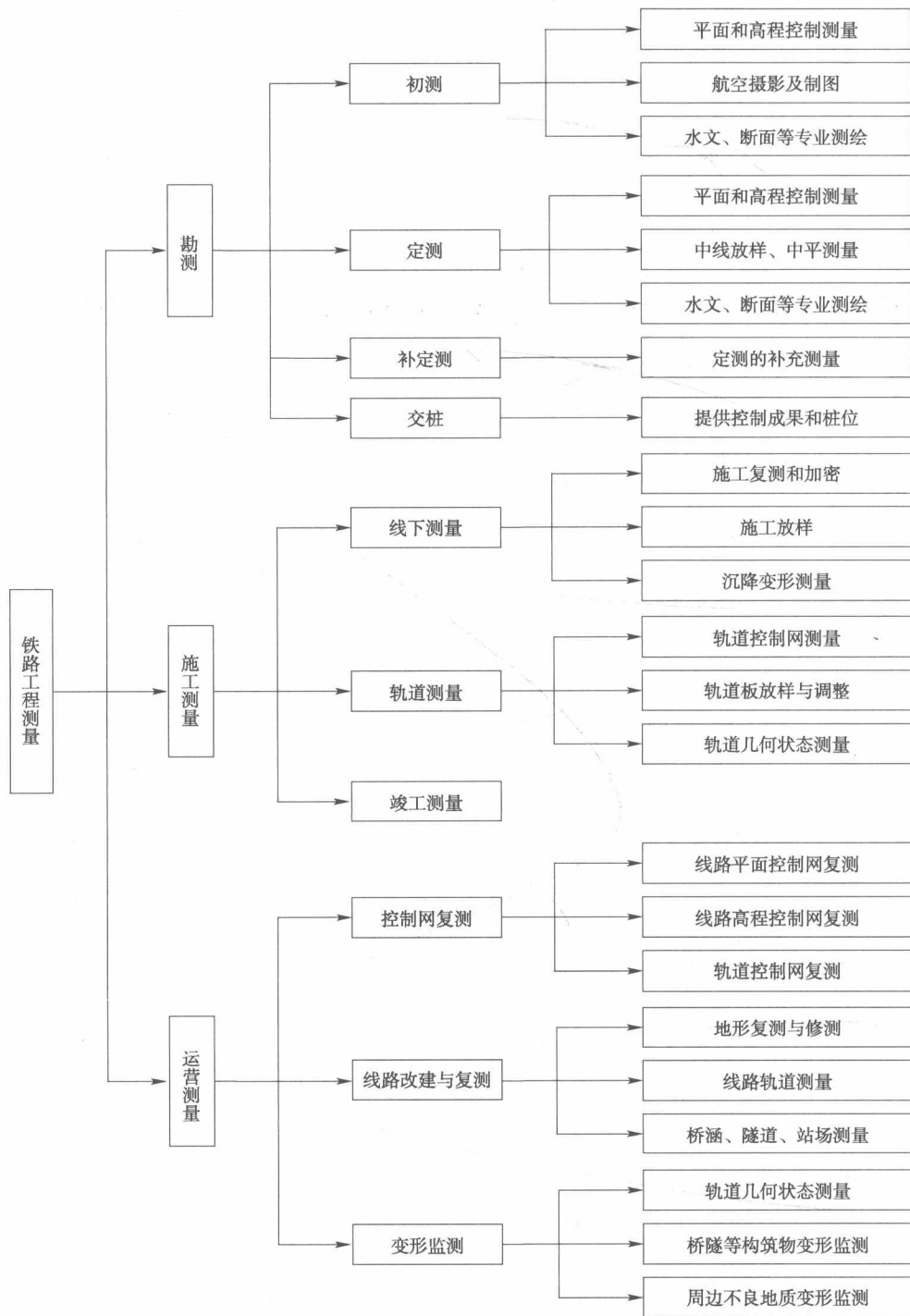


图 0-0-1 铁路工程测量工作内容

1. 勘察设计阶段的测量工作

勘测设计阶段的测量工作对应预可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图设计四个不同阶段,分别有踏勘、初测、定测、补充定测四个勘测阶段。习惯上简称为勘测。

踏勘就是在 1:50 000 的国家基本地形图上选定的线路比较方案进行实地勘察,提出方案研究意见。测量工作主要以收集或内业制作小比例尺地形图、影像图为主。

初测主要是为可行性研究阶段提供资料而进行的勘测工作,其主要任务是提供沿线大比例尺带状地形图以及地质和水文资料。初测在一条线路的全部勘测工作占有重要地位,初测资料是可行性研究的依据。初测中的测量工作,主要是对踏勘中认为最有价值的比较方案,进行较为详细的测量,测出各方案沿线的 1:2 000 及 1:10 000 比例尺带状地形图、桥梁、隧道和其他工程需要的工点地形图等。传统的初测工作包括插大旗、导线测量、高程测量、地形测量。由于测量手段的进步,插大旗一般在室内影像图或地形图上完成,初测导线和初测高程测量由卫星定位测量取代,地形测量主要采用航空摄影测量方法进行。初测中的工程测量工作主要包括遥感制图、满足初测需要的平面和高程控制测量、航空摄影测量、地形测量、水文勘测、选线横断面测量等。

定测是为初步设计阶段提供资料而进行的勘测工作。定测主要核实方案;通过地区的地形、地貌、地物,详细查明方案的地质、环境条件,为各类建筑物、构筑物提供地质资料。定测成果是初步设计的依据。定测中的测量工作,主要是将已批准的可研设计方案,结合现场的地形、水文、地质情况,将线路中心在地面上标定出来,为编制初步设计提供详细的资料。主要测量工作包括满足定测需要的平面和高程控制测量、地形图核补或机载激光雷达测量、中线测量、中平测量、水文勘测、横断面测量、跨线道路、电线等交叉测量、钻探放孔等。定测阶段地形图原则上利用初测地形图,但应根据设计需要对初测地形图进行核对、修测。控制工点、桥梁、隧道、取土场、弃土(渣)场、大型临时工程等根据设计需要测绘工点地形图,测绘比例尺一般在 1:500 ~ 1:10 000 之间。

其中,控制网的测量为铁路建设提供统一的参考框架,为各项测量工作提供基准,具有控制全局、提供基准和控制测量误差积累等重要作用,在铁路工程测量中占有重要的基础地位,按施测阶段、目的及功能的不同,可分为勘测控制网、施工控制网、运营维护控制网。在“三网合一”理念下,控制网一般由勘察设计单位在勘察设计阶段建立,如施工控制网一般在定测完成后,施工建设前完成,包括框架控制网 CP 0、基础平面控制网 CP I、线路平面控制网 CP II 和线路水准基点控制网。

2. 施工建设阶段的测量工作

在铁路工程建设施工阶段进行的测量工作即施工测量,包括线路施工、桥梁施工、隧道施工中的测量工作和竣工测量。其主要任务是把图纸上设计好的铁路工程建(构)筑物平面和高程位置在实地标定出来,即按设计的要求将建(构)筑物各轴线的交点、中线、桥墩、隧道等点位标定在地面上。测量的主要内容有控制网复测、施工控制加密、中线复测、路基、桥梁、隧道等施工放样、变形测量、轨道安装定位、精调测量、竣工测量等。

其中,施工控制网是为铁路工程施工提供控制基准的各级平面、高程控制网。它除了包括 CP I、CP II、线路水准基点控制网,还包括在此基础上加密的施工平面、高程控制点和为轨道铺设而建立的轨道控制网 CP III。

3. 运营维护阶段的测量工作

铁路运营维护阶段的测量工作也可称运营监测,以构筑物变形监测为主,主要对受运营或周边建设影响的路基、桥梁、隧道和轨道等构筑物的水平位移、沉降、倾斜等变形量进行定期或持续的测量工作。

运营维护阶段的测量工作主要有各等级控制网的复测维护、地形复测或修测、线路量程测量、中线测量、中平测量、断面测量、轨道测量、既有设备和构筑物测量、各类构筑物变形监测等,以维护线路、轨道的平顺性精度,保证运营的安全。

(五) 铁路工程测量遵循的基本原则

(1) 各阶段、各项测量工作,均应先进行技术设计,后按技术设计方案开展测量工作,项目完成后做好技术总结。按有关规范做好过程质量控制,认真贯彻执行测绘产品的“二级检查、一级验收”制度。

(2) 各阶段、各项测量工作,在测量布局方面要遵循“从整体到局部”;在工作程序方面要遵循“先控制后碎部”;在精度控制方面要遵循“由高级到低级”的工作原则。对于每个测量工序,坚持遵循边工作边检核,并做到步步有检核,确保测量成果可靠。

(3) 在变形测量和控制网复测中,宜采用“五固定”原则,即:采用相同的图形或观测路线和观测方法、使用同一仪器和设备、固定观测人员、固定基准点和工作基点、在基本相同的环境和观测条件下工作。

(4) 测量记录、计算成果和图表,应书写清楚,签署完善,并应复核和检算,未经复核和检算的资料严禁使用。各种测量原始记录(包括电子记录)、计算成果和图表应妥善保存。

(5) 必须认真贯彻安全生产的方针,结合各阶段工作的特点和具体情况,制订相应的安全生产措施。

(6) 对各种测量仪器和工具应做好经常性的保养和维护工作,并定期检校和检定。

(7) 遵守测绘成果保密有关法律法规。

二、铁路工程测量发展沿革——历史与现状

中国的铁路工程测量最早可追溯至清朝末年,据史料记载,新易西陵铁路是中国工程师主持修建的第一条铁路工程,从新城县高碑店到易县梁各庄,全长 43km,为单线铁路,修建时间为 1902 年 11 月—1903 年 3 月下旬,在 1903 年 3 月 25 日通过查勘验收。新易西陵铁路的总工程师为詹天佑。

京张铁路是中国人独立自主设计、修建的一条重要铁路。1905 年 5 月 11 日,直隶总督、北洋大臣兼督办关内外铁路大臣袁世凯与关内外铁路会办大臣胡燏棻上奏清政府,正式提请修建京张铁路。清政府很快批准了袁世凯的奏请。袁世凯在 1905 年 6 月在天津设立京张铁路总局,任命道员陈昭常为总办,詹天佑为“总工程师兼会办局务”。

詹天佑率领勘测队在 1905 年 5 月 8 日至 1905 年 6 月 16 日对京张全线进行了勘测。用经纬仪测图,用水准仪进行水准测量。在 1905 年 6 月 18 日—6 月 28 日完成测量调查报告、经费预算的编制,并完成测量平面图与断面图的绘制。

1905 年 10 月 2 日京张铁路建筑工程正式动工兴建。1905 年 12 月 12 日第一段线路开始从柳村铺轨。

1909年10月2日,中国铁路史上的光辉的日子,经过四年的艰苦奋斗,京张铁路顺利建成通车。

孙中山先生十分重视铁路建设,在1918年的《实业计划》中规划全国建设铁路10万英里,但是当时无法实施。北洋政府时期,1912—1927年全中国共建筑铁路4264km,其中东北地区2247km,华北、华中2017km,大部分为列强所建。

南京政府时期成立了铁道部,制订了大规模铁路建设计划,但建成的铁路不多。1928—1937年十年间,在关内修建铁路3600km。1936年铁道部成立了新路建设委员会,专为新路制定了建筑标准和线路踏勘、初测、定测章程,并公布执行。

叙府(今宜宾)至昆明铁路,在1938年9月完成测量后选定自昆明经曲靖、宣威、威宁、昭通、盐津至叙府线路,12月动工,1943年建成昆明至沾益铁路176.9km。

陆地测量总局航空摄影测量队在1931年成立,并在1933—1939年开展铁路航测工作,6年里共测量地形图183幅。1935年成立铁路航测分队,配备的仪器设备有飞机、航摄仪、C4精密立体测图仪等。抗日战争前铁路航测分队共进行重庆—长沙、宝鸡—成都、天水—徽县等线路的1:5000地形图,抗日战争期间航测外业停止。抗日战争胜利后恢复工作,1947—1948年测绘川汉铁路及闽赣路线武夷山地区1:10000带状选线图。其余铁路地形测量以平板仪测图为主。

新中国成立后,铁道部于1950年开始组建铁路勘测设计队伍,至1952年陆续改组和新建17个勘测设计队,1952年末和1953年初,在17个勘测设计队的基础上,相继组建5个设计分局,1956年初各设计分局改组为铁道部第一、二、三、四、五设计院(铁五院于1957年合并到铁三院^①),原定型、大桥、工厂、电务、航空等5个设计(勘察)事务所也于1957年11月合并成立铁道部专业设计院,在此期间各铁路局也都建立了设计事务所或科,这就是我国铁路勘测设计队伍初期形成和发展的概况。

20世纪50年代,使用的工程测量仪器、工具设备陈旧,操作繁琐,主要是美制的KE经纬仪和KE水准仪等,50年代中期从东欧国家购进一些经纬线、水准仪,精度低,勘测手段、操作方法也相当落后;用竹尺或钢尺人工拉链测量距离,用游标式KE经纬仪测量角度,用定镜式或活镜式水准仪测量高程,外业测量和内业计算绘图劳动强度大,进度缓慢,精度较低。1955年兰新线勘测中首先采用了航测技术,1956年7月铁道部正式成立了航空勘察事务所,1956—1960年间各地区设计院陆续成立了航测组(科)。

20世纪60年代,工程测量仪器设备开始更新,60年代中期购进了瑞士威尔特T1、T2、T3经纬仪,瑞士004型、030型水准仪,前民主德国蔡司的The30型、The010光学经纬仪, Ni004型自动安平水准仪。测量操作由繁变简,勘测手段、操作方法有所改进,工程测量的规范细则也陆续制定,开始采用2m钢瓦横基尺及铁三院研制的对数光楔测距仪测量距离,采用光学经纬仪测量角度,采用倾斜式水准仪测量高程。内业计算由算盘、计算尺发展到使用手摇计算机及半电动计算机,减轻了内业、外业劳动强度,外业勘测进度加快,精度提高。

20世纪50~60年代航测仪器较落后,主要是大型复照仪、纠正仪、CTД-2立体量测仪、单投影转绘仪、多倍投影仪、C5精密立体测图仪、立体坐标量测仪(CK-2和1818)、

① 注:铁三院于2017年更名为中国铁路建设集团有限公司。