

现代路桥工程 施工测量

XIANDAI LUQIAO GONGCHENG
SHIGONG CELIANG

主 编 王登杰

副主编 房栓社 王新文



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

现代收桥丁

现代路桥工程 施工测量

副主编 房栓社 王新文



内 容 提 要

本书以公路与桥梁施工测量的基本技术为主要内容,重点介绍现代测量新技术在公路与桥梁工程施工中的应用,结合工程实例介绍了公路与桥梁工程施工测量的基本理论和最新方法,阐述了现代测量新技术和测量新方法在路桥工程施工、质量控制、工程监理及施工监控中的应用。同时,本书还详细介绍测量平差的精度指标、误差传播定律及测量成果的精度评定的理论和方法。

本书是“工程测量学”在公路与桥梁工程施工中的应用。它删除了一般“测量学”中常规测量仪器的使用及一般工程测量的基础部分,增加了现代施工测量的新技术和新方法,尤其是把GPS(VRS)、GIS、RS等测绘学科的新技术应用到路桥工程施工测量中。内容丰富,具有一定的深度和广度。

本书可供从事公路与桥梁工程施工测量的工程师及有关工程技术人员参考,也可供有关院校公路与路桥工程专业师生参考使用,同时可作为其他土木工程专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代路桥工程施工测量/王登杰主编. —北京:中国水利水电出版社, 2009

ISBN 978-7-5084-6660-6

I. 现… II. 王… III. ①道路工程-工程测量②桥梁工程-工程测量 IV. U412.2 U442

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第122545号

书 名	现代路桥工程施工测量
作 者	主编 王登杰 副主编 房栓社 王新文
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 13.25印张 314千字
版 次	2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前

言

本书是在“测量学”基础上的进一步加深，是“工程测量学”在公路与桥梁工程施工中的应用。它删除了一般“测量学”中常规测量仪器的使用及一般工程测量的基础部分，增加了现代施工测量的新技术和新方法，尤其是把 GPS (VRS)、GIS、RS 等测绘学科的新技术引入到本书中，同时培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才。

在编写过程中，以公路与桥梁施工测量的基本技术和方法为主要内容，重点介绍现代测量新技术在公路与桥梁工程施工中的应用，对 GPS (全球定位系统)、VRS (虚拟参考站)、和 TPS (全站仪) 及数字水准仪等先进测量仪器及技术进行详细的介绍，同时阐述了现代测量新技术和测量新方法在公路与桥梁工程施工、质量控制、质量监理及公路与桥梁监测中的应用。另外，本书还详细介绍测量平差的精度指标、误差传播定律及测量成果的精度评定的理论和方法。

本书由山东大学王登杰主编。具体编写分工为：山东大学王登杰编写了第一、五、八章，山东黄河工程集团有限公司房栓社编写了第三章，山东高速工程咨询有限公司王新文编写了第四、七章，青岛市公路规划设计院王秀芬编写了第二章，山东高速工程咨询有限公司张珂编写了第六章。全书由王登杰修改定稿，并担任插图的设计与绘制。

本书根据中华人民共和国交通部颁发的《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—95)、《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034—2000) 和《公路与桥梁施工技术规范》(JTJ 033—2004) 中有关施工测量的规定编写。编者依据公路施工设计图纸，考虑公路工程施工实践对测量技术的需求，结合编者 20 多年的工程测量教学及公路与桥梁工程施工监理经验编写而成。

本书可供从事公路与桥梁工程施工测量的工程师及有关工程技术人员参考，也可供有关院校公路与路桥工程专业师生参考使用，同时可作为其他土木工程专业技术人员参考。

在编写过程中，参考和引用了许多专家、学者的文献资料，在此表示由衷的感谢。

由于编者水平所限，书中可能存在不少缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编者

2009 年 3 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 测量学简介	1
第二节 桥梁施工技术现状与展望	2
第三节 现代路桥施工测量技术的发展	7
第二章 公路与桥梁施工测量基本内容	10
第一节 公路工程施工测量的内容及特点	10
第二节 桥梁工程施工测量的内容及要求	11
第三节 现代路桥施工过程中测量监理的任务及内容	22
第三章 现代路桥工程施工控制网的建立与观测	24
第一节 施工控制网的建立	24
第二节 施工控制网的观测	34
第三节 施工控制网的数据处理	73
第四章 公路工程施工测量	94
第一节 公路中线坐标的计算	94
第二节 公路中线竖曲线计算	102
第三节 公路中心线测设	104
第四节 路基边桩及边坡测设	105
第五章 桥梁工程施工测量	109
第一节 桥梁工程施工控制网的布设	109
第二节 桥梁基础施工测量	110
第三节 桥梁墩（柱或塔）台施工测量	114
第四节 桥梁工程盖梁施工测量	124
第五节 桥梁工程主梁施工测量	126
第六节 斜拉桥索道管精密定位测量	130
第七节 桥梁工程施工监控中的变形测量	140
第六章 公路与桥梁工程施工监理测量	152
第一节 路桥工程施工监理测量的任务及内容	152
第二节 施工准备阶段的监理测量方法	154
第三节 路桥工程施工过程中的监理测量方法	156

第四节 路桥工程竣工监理测量方法..... 161

第七章 高速公路软土地基沉降监测..... 164

 第一节 软土地基沉降观测..... 164

 第二节 路基边坡位移观测..... 171

 第三节 软土地基沉降监测数据处理..... 176

第八章 路桥工程施工测量精度评定..... 180

 第一节 精度评定的标准..... 180

 第二节 误差传播定律..... 182

 第三节 权与定权的常用方法..... 189

 第四节 路桥工程施工放样精度分析..... 194

参考文献 204

第一章 绪 论

第一节 测量学简介

测量学 (Surveying) 是一门历史悠久的科学,早在几千年以前,由于当时社会生产发展的需要,中国、埃及、希腊等古代国家的人民就开始创造与运用测量工具进行测量。在远古时代,我国就发明了指南针,以后又发明创造了浑天仪等测量仪器,并绘制了相当精度的全国地图。指南针于中世纪由阿拉伯人传到欧洲,以后在全世界得到了广泛应用,直到今天,它仍然是利用地磁测定方位的简便测量工具。

20 世纪 60 年代开始,随着社会经济的发展,世界科技进入高速发展时期,同时也促进了测绘科学技术的发展。光电技术和微型电子计算机引入测绘仪器制造领域后,产生了将电磁波测距与电子测角融为一体的全站仪,它具有自动计算测点三维坐标、自动保存观测数据和将观测数据传输到计算机实现自动绘制地形图的功能,实现数字化地形图测绘。随着航天遥感技术的不断完善,利用航天遥感相片及扫描信息测绘地形图,不仅覆盖面积大,而且不受地理及气候条件限制,能全天候作业,极大地提高了测绘工作效率。1993 年后迅速发展和普及的利用卫星测定地面控制点坐标的新技术——全球定位系统 (GPS: Golbal Positioning System) 彻底改变了传统的通过测角量边计算地面点位坐标的方法,测量人员只需要将 GPS 接收机安置在测点上,通过接收卫星信号,使用专门的数据处理软件,就可以快速计算出测点的三维坐标。1962 年开始研究的地理信息系统 (GIS: Geographic Information System) 是一定格式的数字地图与地面有关资源信息的集成,并实现了有关空间数据管理、空间信息分析及其传播的计算机系统,是传统学科 (测量学、地理学和地图学等) 与现代科学技术 (遥感技术、计算机科学等) 相结合的产物,经过 40 多年的发展历程,已经取得了巨大的成就,被广泛应用于土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、城市规划、经济建设以及政府各职能部门。

在国民经济建设中,测量技术的应用非常广泛。但在不同的应用领域中,测量工作的内容和步骤也不同,例如在城市规划、给水排水、高层建筑、城市道路、公路桥梁建设中的测量工作是:在设计阶段,要测绘各种比例尺的地形图,供结构物的平面及竖向设计使用;在施工阶段,要将设计结构物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据;工程完工后,要测绘竣工图,供日后扩建、改建、维修和城市管理应用,对于某些重要的建筑物或构筑物,在建设中和建成以后都需要进行变形观测,以确保建筑物的安全。

在现代公路与桥梁建设中的测量工作是:为了确定一条最经济合理的路线,必须预先测绘路线附近的地形图,在地形图上进行路线设计,然后将设计线路的位置标定在地面上以指导施工,这称为测设 (也叫放样);当路线跨越河流时,必须建造桥梁,在建桥之前,



要测绘河流两岸的地形图,测定河流的水位、流速、流量和河床地形图以及桥梁轴线长度等,为桥梁设计提供必要的资料,最后将设计的桥台、桥墩的位置用测量的方法在实地标定。对于大型桥梁工程,如大跨度的刚构桥、大跨度的斜拉桥、大跨度的悬索桥等超静定结构的桥梁,在施工过程及工程建成后都要进行施工监控及变形观测。

地形图测绘:运用各种测量仪器和工具,通过实地测量和计算,把小范围内地面上的地物、地貌按一定的比例尺测绘成图。

地形图应用:在工程设计中,从地形图上获取设计所需要的资料,例如,点的坐标和高程、两点间的水平距离、地块的面积、地面的坡度、地形的断面并进行地形分析等。

施工放样:把图上设计好的建筑物或构筑物的位置标定在实地上,作为施工的依据。

变形观测:监测建筑物或构筑物的水平位移和垂直沉降,以便采取措施,保证建筑物的安全。

竣工测量:工程建设完成后,对工程现状进行的测量称为竣工测量,这将作为工程的竣工资料保存,并为以后的其他工程或后续工程的查询及利用服务。

对于生活在科学技术尤其是新技术飞速发展时期的大学生,既要熟悉掌握传统的测量理论与方法,也要努力学习和掌握成熟的测绘新技术。例如;数字测图、全站仪和 GPS 测量及计算机数据处理等,并能将它们应用到土木工程建设的生产实践中,只有这样,才能使自己在激烈的市场竞争中立于不败之地。

第二节 桥梁施工技术现状与展望

一、国内外桥梁工程技术发展现状

现代桥梁从 18 世纪后期算起已经历了 200 余年,桥梁的跨度从不足百米到 20 世纪末已逼近 2000m。20 世纪上半叶的大跨度悬索桥和拱桥的发展和 20 世纪下半叶的两项最突出的成就:斜拉桥的复兴和预应力混凝土的应用带来了现代施工方法的革新,并为世纪末的跨海大桥工程提供了条件。

(一) 设计计算理论的发展

1. 由手算向电算转变

该过程已全面完成。桥梁结构分析常用专用软件和通用软件进行设计计算。

2. 计算由高度简化向全面仿真转变

该过程正在进行,并不断深化。

(1) 空间上的仿真,如图 1-1 所示,它能够模拟结构的很多细节构造。

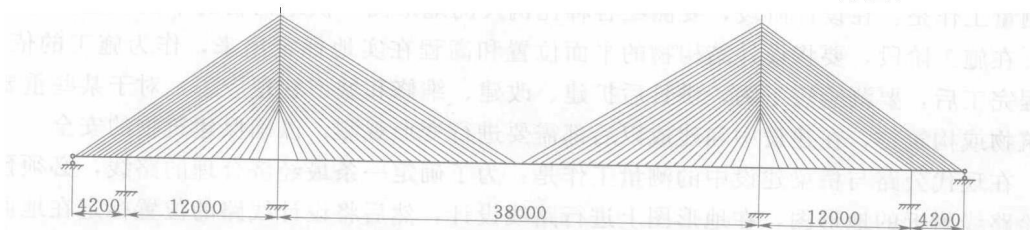
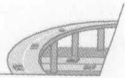


图 1-1 施工阶段结构简图 (单位: cm)



(2) 时间上的仿真。能够模拟整个施工过程,包括各个施工工序,如浇筑混凝土、移动挂蓝、张拉预应力等。

3. 由线性向非线性转变

该过程正在进行,并不断深化。包括如下非线性问题。

(1) 几何非线性:大位移、大转动、大变形、接触问题。

(2) 材料非线性:金属材料、混凝土材料、岩土材料等。

4. 由静力向动力转变

该过程正在进行,并不断深化,包括如下动力问题:地震、风振、车—桥耦合振动、车—桥—风耦合振动等。

5. 由小尺度简单试验向大尺度复杂试验转变

该过程正在进行,并不断深化。

(1) 静载试验:全桥模型试验、构建模型试验、实桥试验。

(2) 动力试验:风洞模型试验、振动台试验、实桥动载试验。

(3) 疲劳试验。

6. 由分离的环节向勘测设计一体化转变

该过程刚刚开始,离实用还有一段距离。

(1) 勘测设计全面数字化、一体化。

(2) 国内外正在开发勘测设计一体化系统,目前尚不够完善。

(二) 施工技术的发展

1. 大型深水基础施工技术

(1) 大直径管桩。例如武汉长江大桥、日本滨名大桥主墩采用 49 根 1.6m 钢管桩。

(2) 大型钢围堰与大直径钻孔扩孔灌注桩。例如日本横滨港横断大桥 460m 斜拉桥主塔基础嵌岩扩孔到 10m;南京长江二桥主塔基础为双壁钢围堰加大直径钻孔灌注桩,围堰直径 36m,内设 21 根直径 3m 的桩,桩长平均 130m。

(3) 大型沉井基础。例如明石海峡大桥施工水深 60m,两主塔基础分别为直径 80m 和 78m、高 70m 和 67m 钢壳沉井,壁厚 12m,每个沉井分 16 个舱(见图 1-2);江阴长江大桥北锚碇沉井长 69m,宽 51m,下沉深度 58m,井内分 36 个舱。

2. 无支架施工技术

目前常用的有:

(1) 悬臂拼装。

(2) 悬臂浇筑。

(3) 缆索吊装。

(4) 转体,如图 1-3 所示。

(5) 钢管混凝土及劲性骨架。

3. 大型施工机具

(1) 大吨位起重机。

(2) 大吨位架桥机、造桥机。

(3) 大直径钻机。



图 1-2 明石海峡大桥（主跨 1991m 悬索桥）沉井浇筑封底混凝土

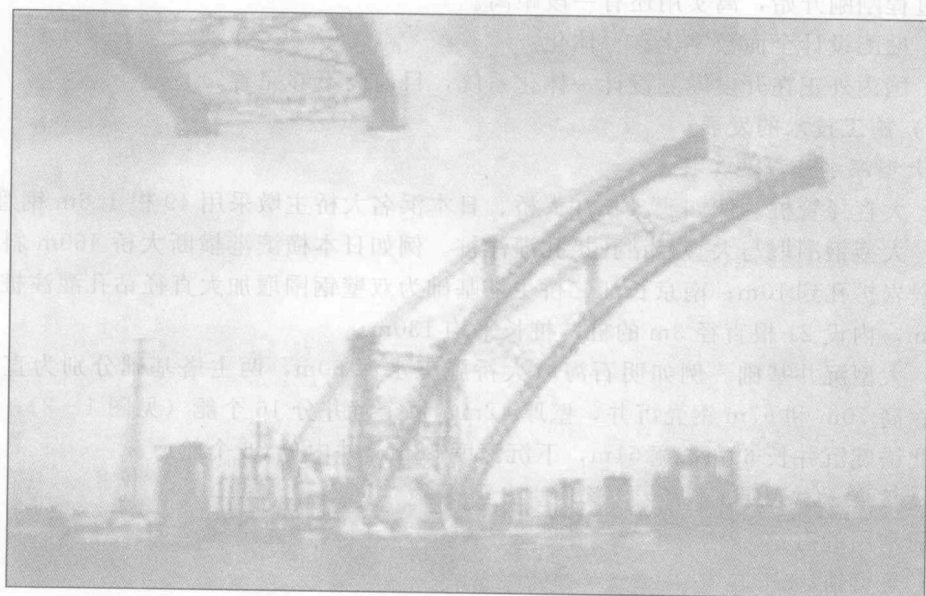


图 1-3 正在转体施工的丫髻沙大桥（世界上转体重量最大的桥梁，转体重量 13685t）

- (4) 大吨位打桩机、打桩船。
- 4. 大型构件的高精度制造技术
- (1) 大型钢箱梁和钢桥塔制造。
- (2) 大型钢杆件制造。
- (3) 大型钢管（箱）拱肋制造。
- (4) 混凝土构件的高精度制造。



5. 施工控制技术

施工全过程实时监控:

(1) 测试各个施工阶段的位移、变形、应力、温度场、荷载等参数。

(2) 比较测试值与理论预测值,对误差进行参数识别。

(3) 修正计算参数和模型,预测下一施工阶段的标高、线型、索力等,以此指导下一阶段施工。

(三) 运营管理与维护的发展

1. 桥梁的健康运营监测技术

(1) 监测指标:位移、内力、频率、振型、温度、荷载、交通流量等。

(2) 监测仪器设备:GPS、连通管、全站仪、测倾仪;光纤传感器、振弦传感器、磁通传感器;加速度传感器、速度传感器;动态电子称重系统;数据自动采集系统、无线发射系统。

(3) 数据处理系统:监测数据的分析、筛选、分类、存档、查询、统计等。

(4) 损伤识别与状态评估系统:动态识别技术、静态识别技术、综合识别技术。

2. 现有桥梁的评估与检测技术

(1) 先进的检测仪器:双频带红外热像系统、地面透视雷达(GPR)、相干激光雷达、变异感应塑性(TRIP)钢传感器、新型超声波与磁分析仪、疲劳裂纹热像探测仪、焊接裂纹新型涡流探测仪、磁通式预应力钢束探测仪。

(2) 桥梁老化、腐蚀及损伤评估理论:层次分析法;生命周期方法;专家系统方法;基于模态分析的参数识别法;人工神经网络方法。

3. 管理与维护的数字化、综合化

欧洲桥梁管理系统 Brime 简介:

(1) 由英国、法国、德国、西班牙、挪威以及斯洛文尼亚六国科学家参加研究。

(2) 由7个项目组组成:①欧美对现有桥梁状况的检查和评估方法;②公路桥梁结构承载能力的评价方法;③材料老化对结构物影响的量化分析;④对老化速率的评估预测;⑤桥梁成本分析方法;⑥选择最佳养护方案;⑦桥梁管理系统。

二、我国大跨度桥梁建设成就及与世界先进水平的差距

1. 我国桥梁建设的成就及现状

(1) 拱桥技术已在国际上处于领先水平。在石拱桥、双曲拱桥、钢管拱桥桥型中,我国拥有多项跨径的世界级纪录:石拱桥 146m (山西丹河大桥)、双曲拱桥 150m (河南前河大桥)、桁架拱桥 330m (贵州江界河大桥)、钢管混凝土拱桥 360m (广东丫髻大桥、万州长江铁路桥)和箱式拱桥 420m (重庆万县桥)等。

据统计,世界上已建成跨径超过 240m 混凝土拱桥 15 座,中国占 4 座,而跨径大于 300m 的混凝土拱桥,世界上仅有 5 座,中国占 3 座。目前正在建设的巫山长江大桥(主跨 460m),这将又是一座创世界纪录特大跨径钢管混凝土拱桥。

(2) 梁桥建设已居世界领先水平。在梁桥方面,主要有连续梁桥和连续刚构桥。连续刚构桥比连续梁桥有更大的跨越能力。1997 年建成的虎门大桥副航道桥(主跨 270m)为当时 PC 连续刚构桥世界第一。目前,世界已建成跨度大于 240m PC 梁桥 17 座,中国占



7 座。

(3) 现代索桥技术突飞猛进。我国至今已建成各种类型斜拉桥 100 多座, 其中跨径大于 200m 的有 50 多座。1991 年建成了上海南浦大桥 (主跨为 423m 结合梁斜拉桥), 开创了我国修建 400m 以上大跨度斜拉桥的先河。此后, 大跨径斜拉桥如雨后春笋般地发展起来。据统计, 我国跨度大于 400m 的斜拉桥已有 20 座, 中国已成为世界上拥有斜拉桥最多的国家。在世界前十位大跨斜拉桥排名榜上, 中国有 6 座, 其中跨度 600m 以上的斜拉桥世界上仅有 6 座, 中国占了 4 座。我国斜拉桥设计施工水平已迈入国际先进行列, 部分成果达到国际领先水平。

2. 与世界先进水平的差距

(1) 我国桥梁设计、施工方面的规范更新很慢。

(2) 材料与机械设备落后。

(3) 自主创新设计不够, 模仿较多。

(4) 桥梁安全性与耐久性问题突出。

(5) 桥梁美学及环境保护重视不够。

三、21 世纪桥梁建设展望

中国桥梁在 20 世纪取得伟大成就的基础上, 正在和世界发达国家一起面向 21 世纪更宏伟的跨海大桥工程建设。跨海超大跨度桥梁的理论和技術准备工作正在进行中, 应用现代信息技术和新材料的研究工作也在准备中。

知识经济时代实质上就是一个智能化和高效率的社会。现代通讯技术的发展使社会高度信息化, 从而也使家庭生活、办公室工作、工厂企业生产、交通运输、工程建设、教育培训、医疗保健、国家管理等活动都可利用可视通讯网络和多媒体, “信息高速公路”实现自动化和智能化。人类的智慧和计算机网络的结合, 使知识创新成为最有价值的产品, 成为经济的主体和各行各业的核心。

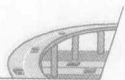
知识经济时代的桥梁工程建设将具有以下特征:

(1) 在桥梁的规划和设计阶段, 人们将运用高度发展的计算机辅助手段进行有效、快速的优化和仿真分析, 虚拟现实 (Virtual Reality) 技术的应用使业主可以十分逼真地事先看到桥梁建成后的外型、功能, 在模拟地震和台风袭击下的表现, 对环境的影响和昼夜的景观等以便于决策。

(2) 在桥梁制造和架设阶段, 人们将运用智能化的制造系统在工厂完成部件的加工, 然后用全球定位系统 (GPS) 和遥控技术 (RS), 在离工地千里之外的总部管理和控制桥梁的施工。

(3) 在桥梁建成交付使用后, 将通过自动监测和管理系统组成的地理信息系统 (GIS), 保证桥梁的安全和正常运行。一旦有故障或损伤, 健康诊断和专家系统将自动报告损伤部位和养护对策。

总之, 知识经济时代的桥梁工程将和其他行业一样具有智能化、信息化和远距离自动控制的特征。受计算机软件管理的各种智能性建筑机器人将在总部控制人员的指挥下, 完成野外条件下的水下和空中作业, 精确地按计划完成桥梁工程建设, 这将是一幅 21 世纪桥梁工程的壮丽景象。



第三节 现代路桥施工测量技术的发展

工程测量学是测量学的一个分支,是在工程建设勘察设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作。施工测量是工程测量在施工过程中的具体应用,是公路与桥梁施工过程中的所有的测量工作。它首先是要将所设计的公路与桥梁的中心线,按照施工的要求在现场标定出来,作为实地建设的依据。为此,根据工地的地形、桥梁的形式及施工组织与计划要求,建立不同形式的施工控制网,作为施工放样的基础;然后再按照施工的要求,采用各种不同的方法,将图纸上所设计的内容转移到实地;在公路与桥梁施工过程中,还要通过测量的方法对施工的公路与桥梁结构进行检测与检查,以确保所施工的内容与设计的内容相一致。同时,在施工结束后,还要通过测量的方法对施工完成的公路与桥梁进行竣工测量。最后,在公路与桥梁的运营管理阶段,为了监测其安全和稳定情况,了解其设计是否合理,验证设计理论是否正确,需要定期对桥梁结构的位移、沉降、倾斜以及摆动等情况进行观测。

工程测量是直接为工程建设服务的,工程测量工作者必须具有一定的工程建设方面的知识。尤其是大型桥梁施工过程中的测量工作者,必须掌握桥梁结构各分项工程的关系,计算出它们的平面和高程位置,才能正确的制定放样方案,合理地进行各分项工程的施工放样工作。

在 20 世纪初,测距技术比较落后,距离测量仍以钢尺量距为主,精密量距以因瓦基线尺作高精度的距离测量,角度测量以光学经纬仪为主。因此,当时的施工控制网是以三角网为主要的测角网,随着测距仪器的发展,测距精度也越来越高,施工控制网由测角网逐渐发展为边角网或导线网。近几年来,激光和电子学等科学技术的迅速发展,极大地促进了工程测量的发展。比较显著的有以下几个方面。

一、短程电子波测距技术的应用

各种类型的电磁波测距仪近几年来发展迅速,有的只测量距离,精度很高。例如瑞士 Kern 厂生产的 Mekometer Me3000,其测程为 2.5km,标称精度为 $\pm (0.2\text{mm} + 10^{-6}D)$ 。可以代替因瓦基线尺作高精度的测距。有的测距设备与测角设备配合,一次安置仪器就可以测得角度和距离,其测距精度一般为厘米级。例如瑞士 Wild 厂生产的测距头 DI4,就可以与该厂生产的 T2 经纬仪配合,其测程为 2km,标称精度为 $\pm (5\text{mm} + 5 \times 10^{-6}D)$ 。这种积木式的全站仪(半站仪)主要用于导线测量。还有的测距、测角与计算相结合的仪器。例如美国的 Hewlett Packard 厂生产的 HP3820A 型全站式电子速测仪,它可以自动测距、测角与计算,给出测点的坐标。这种测距仪的使用,给控制网布设方案的选择带来很大的自由,给细部点坐标的测定带来很大的方便。

二、激光技术的应用

20 世纪 60 年代初期出现了激光技术,由于它具有一些适用于测量工作的特点,很快引入到工程测量领域中来。例如激光经纬仪出现,使测角的速度和精度大大提高,这类仪器的出现不仅给公路与桥梁施工放样工作带来很大的方便,也为路桥施工测量的自动化创



造了条件。

三、电子计算技术的应用

过去的工程测量工作,由于计算技术的限制,有些合理的方法不能采用。例如控制网的全面布设,减少其扩展的等级;对于特定的工程测量的目的而言,选择控制网最优化的布设方案;观测成果的平差计算与统计分析等,没有计算机过去几乎无法进行,现在应用电子计算机,可以高效率地对复杂的问题进行重复计算,从而可以用比较严密的方法处理工程测量的一些问题。

四、航天遥感技术的应用

随着航天遥感技术的不断完善,利用航天遥感相片及扫描信息测绘地形图,不仅覆盖面积大,而且不受地理及气候条件限制,能全天候作业,极大地提高了测绘工作效率。遥感技术及航空摄影技术对公路与桥梁施工监控及检测创造了条件。

五、GPS 卫星定位系统的应用

近几年来,对 GPS 卫星的应用开发表明,用 GPS 信号可以进行精密定位、工程测量、动态观测、施工放样、时间传递、速度测量等。GPS 卫星定位技术已经应用于测量全球性的地球动态参数和全国性的在地测量控制网;建立陆地海洋大地测量基准;监测现代板块运动状态;测定航空航天摄影瞬间的相机位置,甚至航片、卫片的姿态参数;进行工程建筑物的设计、施工、验收和监测,尤其适用于公路与桥梁这样长距离的大型工程的建设。GPS 卫星定位技术在工程测量中有着极其广阔的应用前景。

六、VRS 技术的应用

VRS (Virtual Reference Station) 的意思是虚拟参考站,它所代表的是 GPS 的网络 RTK (Real Time Kinematic) 技术。它的出现将使一个地区的所有测绘工作成为一个有机的整体,结束以前 GPS 作业单打独斗的局面。同时,它将大大扩展 RTK 的作业范围,使 GPS 的应用更广泛,精度和可靠性将进一步提高,使从前许多 GPS 无法完成的任务得以完成。尤其适用于跨海大桥工程控制网的建立与复测,跨海大桥的施工控制、监测与验收。

七、SmartStation 及 Spider 技术的应用

SmartStation 是由徕卡测量系统开发的一种超站仪,它集成了全站仪及 GPS 功能,实现了在无控制点情况下的外业测量, GPS 点位测量精度可以达到毫米级。Spider 技术是徕卡测量系统基于独创的中心化 RTK 概念推出的新一代 GPS 参考站软件系统,该系统已经在世界各地经过广泛测试和应用,与传统实时 RTK 监测方案相比具有更多的优势,该技术只需要 GPS 接收机设备实时输出原始数据,而且大大简化数据通讯的结构,提高了桥梁监测的效率和可靠性。Spider 软件在中国第一桥——江阴长江公路大桥的实验监测中起到了重要的作用。

江阴长江公路大桥是我国首座跨径超过千米的特大型钢箱梁悬索桥梁,是 20 世纪“中国第一、世界第四”大钢箱梁悬索桥,同时还是国家主干道跨越长江的特大型公路桥梁。1999 年 8 月 20 日大桥竣工时,桥梁位移监测采用 TPS 和 GPS RTK 两种方案进行荷



载试验。但由于当天大雨，TPS 方案无法进行测试，GPS RTK 方案依靠其先进的技术顺利完成了测试，测试精度达到 1cm 水平。GPS 系统主要用于实现桥梁整体变形监测，考察结构在各种荷载作用下，结构变形与设计假设的偏离程度，为桥梁的日常安全运营提供决策依据，是桥梁健康监测的重要内容。目前，江阴长江公路大桥采用的 GPS 参考站型接收机和中心化 RTK 参考站和软件包 GPS Spider 用于桥梁健康监测系统，运行几年来，性能和效果均非常好。

其他科学技术的发展促进了工程测量技术的发展，尤其是当前我国高速公路及大跨度桥梁技术的发展，迫使工程测量技术进一步向前推进。随着科学技术的发展，在现代测量中已有许多新技术引入，在跨海大桥施工首级控制网的建立中已经引入了 VRS 技术；在桥梁上部结构的安装定位中也引入了 GPS 导航定位系统，对大型的超重设备、施工机械进行导航定位，对于陆地和海面的施工点进行测量、放样、检核等，都可以利用 GPS 导航定位系统，提高了作业效率，同时由于统一了坐标系统参数，减少了人为的测量误差；在公路路面施工过程中利用 GPS 定位系统对摊铺机进行导航定位，提高了路面的摊铺的精度和施工效率，减少了大量的施工放线的时间和人力；近几年来，越来越多的桥梁运营和管理部门开始采用 GPS RTK 技术用于大桥动态位移监测，GPS 在结构健康状态和地面运动监测的高精度定位项目中也起着越来越重要的作用。

第二章 公路与桥梁施工测量基本内容

根据中华人民共和国行业标准《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ F40—2004)、《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034—2000)、《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—2000)、《公路工程质量检验评定标准》(JTJ F80—2004)之规定,公路与桥梁施工测量的基本内容介绍如下。

第一节 公路工程施工测量的内容及特点

公路工程主要包括路基工程、路面基层工程和路面工程,从工程测量的角度来说,都是长宽比较大的工程,是线路工程的一部分。这些工程的主体一般是在地表,工程可能延伸十几公里以至几百公里,它们在施工测量方面有不少共性。因此,通称为公路工程施工测量,也称为线路工程施工测量。

一、公路工程施工测量的任务和内容

公路工程施工测量是为各等级的公路施工服务的。它的任务有三方面:一是按设计位置要求将线路敷设于实地,其主要是公路工程施工放样的测量工作;二是公路工程施工过程中的检测与验收工作,主要是检查公路工程施工过程中各分项工程是否满足设计及规范要求;三是为公路工程施工竣工提供地形图和断面图,主要是为竣工验收服务,并作为竣工资料为公路工程的运营与管理收集第一手的资料。

公路工程施工测量的工作包括下列内容:

(1) 建立施工控制网,收集沿线水文、地质以及控制点等有关资料。对设计时的测图控制网进行复测、加密和布设,形成公路工程施工控制网,并进行控制测量,包括平面控制测量和高程控制测量。为公路工程的施工放样做准备。

(2) 审核设计的逐桩坐标及边桩坐标表,同时计算并检查各交点坐标及各曲线要素;进行公路中心线复测,固定公路中线的主要控制桩,如交点、转点、圆曲线和缓和曲线的起迄点等。

(3) 收集规划设计区域内各种比例尺地形图、平面图和断面图资料,并对原地表进行复核测量;进行纵、横断面测量,检查纵、横断面的变化情况,校核设计工程量,为清表做准备。

(4) 根据设计图纸把公路工程中心线上的各类点位测设到地面上,称为中线测量。中线测量包括线路起止点、转折点、曲线主点和线路中心里程桩、加桩等。

(5) 根据公路工程的详细设计进行施工放样测量,包括中桩放样、边桩放样、边坡放样等其他有关点位的施工测量。以指导施工,保证公路工程的施工顺利进行。

(6) 根据工程的施工进度,进行阶段性的施工检查、监测和验收。确保公路工程的施