

公路工程实用测设技术

Gonglu Gongcheng Shiyong Ceshe Jishu

王文锐 秦建平 编著

人民交通出版社

前 言

路线是公路的骨架,勘测设计是公路建设的根本。要设计出一条质量优良的公路,则需要勘察设计人员付出艰巨的劳动。近年来,我国公路建设在“重点建成一批高等级公路”方针的指引下,公路勘测技术有了很大的进步,各种先进的测量仪器和现代化的测设手段已被广泛地使用。公路测设技术水平的提高,已对我国公路建设起到了积极的推动作用。

我们根据自己从事公路勘测设计的教学和实践,编著了这本书,目的是想将已取得的经验加以总结,使新技术得到更好地推广应用。考虑到我国公路建设的实际情况,本书在介绍高等级公路和一般公路测设方法时,重点介绍高等级公路;在介绍现代测量仪器和传统仪器时,重点介绍现代仪器;在介绍测设原理和方法时,重点介绍方法。在内容的安排上,有的是属于操作性的,如全站型电子速测仪的使用方法,常用计算方法和程序的编制等,在本书中有较详细的介绍并附出程序清单;有的是属于拓宽知识面的,如航测、遥感、全球定位系统和路线优化等技术知识,则是“点到为止”,读者要深造,必须另外阅读有关专著。

本书在编写过程中,参考了各公路勘察设计院的研究论文、有关院校的教材和文献资料等,在此一并表示感谢。

由于现代科学技术发展迅速,加之编著者水平有限,书中对新技术的介绍可能已经“跟不上形势”,甚至出现错误,敬请读者批评指正。

作 者

于西安交通大学

1996.1.5

内 容 提 要

本书较系统地介绍了公路测设的技术方法,并着重介绍高等级公路的测设和现代化仪器的使用。

本书共分十二章,主要包括公路测设的仪器和工具;高程测量、导线测量、地形测量、中线测量、横断面测量、小桥涵勘测和施工测量;路线优化设计及遥感技术在公路测设中的应用等。书后附有公路测设常用计算程序清单。内容丰富,实用性强。

本书可供公路与城市道路、林区、厂矿道路工程技术人员参考,也可供大专院校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程实用测设技术/王文锐,秦建平编著. —北京:人民交通出版社,1996

ISBN 7-114-02381-2

I. 公… II. ①王… ②秦… III. ①道路工程-勘测 ②公路-设计 IV. U412

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 08024 号

公路工程实用测设技术

王文锐 秦建平 编著

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京市顺义向阳印刷厂印刷

开本:850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张:11.25 字数:300 千

1996 年 9 月 第 1 版

1996 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—4500 册 定价:22.00 元

ISBN 7-114-02381-2

U · 01653

目 录

第一章 公路测设的目的与任务	1
第一节 公路建设程序及对公路测设的基本要求.....	1
第二节 公路设计阶段与任务.....	3
第三节 测设队伍的组成.....	7
第四节 公路工程建设标准、规范、规程.....	10
第二章 公路测设的仪器和工具	12
第一节 经纬仪.....	12
第二节 水准仪.....	24
第三节 光电测距仪.....	30
第四节 全站型电子速测仪.....	35
第五节 其它.....	52
第六节 袖珍型计算机.....	55
第七节 公路 CAD 工作站.....	62
第三章 高程测量	66
第一节 高程测量的概念.....	66
第二节 三角高程.....	68
第三节 水准高程.....	73
第四节 基、中平测量.....	79
第四章 导线测量	88
第一节 导线测量的基本要求.....	88
第二节 坐标分带与不同坐标系的换算.....	92
第三节 导线坐标联测及计算方法.....	98
第四节 全站仪导线测量.....	103
第五节 全球卫星定位系统.....	108

第五章 地形测量	122
第一节 地形图测绘.....	122
第二节 机助绘图.....	126
第三节 地形图的接边与整饰.....	139
第四节 现有地形图的应用.....	144
第六章 航测与遥感技术在公路测设中的应用	150
第一节 航测与遥感技术发展概况.....	150
第二节 航空像片及像片图在公路选线中的应用.....	163
第七章 路线优化设计原理简介	177
第一节 数学模型的建立.....	179
第二节 最优化技术简介.....	186
第三节 公路纵断面优化设计.....	195
第四节 公路平面优化设计.....	200
第八章 中线测量	203
第一节 桩志.....	203
第二节 平面线形要素计算.....	207
第三节 中桩坐标计算.....	221
第四节 全站仪测量中线.....	229
第五节 中线测量程序的编制.....	233
第九章 横断面测量	245
第一节 横断面测量.....	245
第二节 路基横断面设计.....	251
第三节 路基土石方数量计算.....	255
第十章 小桥涵勘测	259
第一节 小桥涵位置和类型的选择.....	259
第二节 小桥涵设计流量及孔径确定.....	264
第三节 小桥涵设计.....	271
第十一章 施工测量	276
第一节 道路施工测量.....	276
第二节 桥涵施工测量.....	287

第三节 隧道施工测量..... 297

第十二章 设计文件的组成..... 305

附录一 路线测设常用计算程序清单..... 311

附录二 路线测设常用计算公式..... 339

附录三 公路测量符号一览表..... 348

参考文献..... 351

第一章 公路测设的目的与任务

第一节 公路建设程序及对公路测设的基本要求

一、公路建设程序

凡属新建的公路工程基本建设项目和改建的大中型公路工程项目,均应按我国交通部颁布的《公路工程基本建设管理办法》规定的程序办理,其要点如下:

1. 根据长远规划或建设项目建议书,进行可行性研究;
2. 根据可行性研究,编制计划任务书(也称设计计划任务书,下同);
3. 根据批准的计划任务书进行现场勘测,编制初步设计文件和概算;
4. 根据批准的初步设计文件,编制施工图和施工图预算;
5. 列入年度基本建设计划;
6. 进行施工前的各项准备工作;
7. 编制实施性施工组织设计及开工报告,报上级主管部门审批;
8. 严格执行有关施工的规程和规定,坚持正常施工秩序,做好施工记录,建立技术档案;
9. 编制竣工图表和工程决算,办理竣工验收。

以上程序,在符合审批制度的前提下,可根据具体情况进行合理的交叉,小型项目可根据具体情况适当并免。

设计单位应根据批准的计划任务书和有关标准、规范进行勘测设计。每个设计项目都要有设计总负责人,每项设计都要认真调查研究,反复比较,每个设计人员都要严格执行规范,认真对待每一张图纸和每一个数字。

二、公路测设的基本要求

1. 公路勘测工作是公路工程设计的依据和基础,而工程设计又是施工的依据和基础,所以公路测设的质量对整个公路建设质量影响最大。在公路测设过程中,必须执行国家政策,深入调查研究,实事求是,精心勘测设计,注重技术经济效果,为施工提供正确的、完整的设计图纸和资料。

2. 在勘测中,应注意和分析该公路对周围环境引起的不良影响,应根据沿线自然条件,合理布置路线和采取相应的环境保护措施。公路应少占耕地,少拆房屋,尽量少破坏原有植被、地貌;对开采土、石、砂料的地点要慎重选择,对废方应妥善处理。

3. 公路的分期修建应根据近、远期交通量以及投资等情况而确定。对于远期才能发挥效益的工程,近期应尽量少做。分期修建的设计应使前期工程能为后期所利用,并为后期工程留有余地并创造有利的施工条件。

4. 对于改建公路,应遵照利用与改造相结合的原则,按改建公路所规定的技术标准,合理、充分地利用原有工程。局部路段因条件限制,经综合分析和技术论证后,其个别指标可作合理变动;所需要改线的路段,则应按新建标准执行。

5. 公路勘测在有条件时,应尽量利用航空摄影测量、地面立体摄影测量或利用已有的航测资料等获取测区资料(地形、地物、地质、水文等),并优先选用全球卫星定位系统(GPS)、全站仪、光电测距仪和微型计算机等先进仪器和最新测设手段,以提高测设质量并加快测设进度。

6. 要推行公路勘测设计的全面质量管理,一切野外资料、各项原始记录和计算成果应及时严格检查,有完善的签字制度并层

层负责。勘测工作完成后,应由建设项目所在的建设单位主持验收。

7. 各种测量标志的规格、书写、埋设、固定等,应符合部颁《公路路线勘测规范》的规定。勘测中使用的名词、符号及图表格式,应按交通部现行的有关规定执行。地形图图式,按国家测绘总局制定的现行图式表示,如有补充,应增绘图例。

8. 野外工作中要注意保管和爱护测量仪器。贵重的精密仪器在使用前一定要认真阅读使用说明书,按规定的方法操作。一切大小物品不论价值高低,一旦丢失或损坏都将使工作受到影响,必须养成爱护测量仪器的良好习惯。

第二节 公路设计阶段与任务

一、设计阶段

部颁《公路工程基本建设管理办法》指出:公路建设项目一般均应采用两阶段设计,即初步设计、施工图设计(内容应符合设计文件编制办法的规定);特大工程和技术复杂的特大桥梁,在初步设计之前,还应增加方案设计;技术比较简单和方案明确的小型项目,在修建任务紧急的情况下,可采用一阶段设计。新颁布的《公路路线勘测规范》中指出:技术上复杂而又缺乏经验的项目或个别路段、特殊大桥、隧道、立体交叉等,必要时可采用三阶段设计。三阶段设计是指在两阶段的初步设计和施工图设计之间再增加一个“技术设计”。

初步设计应根据批准的计划任务书,组织测量队进行现场勘测(初测),根据初测资料编制初步设计文件和概算。初步设计文件经审查批准后,则成为订购或调拨主要材料、机具、设备,安排重大科研试验项目,联系征用土地,进行施工准备,编制施工图设计文件及控制建设项目投资的依据。

施工图设计应根据批准的初步设计,组织测量队进行现场勘

测(定测),根据初测、定测或补充初测资料编制施工图设计文件和预算。在这一阶段中,主要对重大、复杂的技术问题通过科学试验、专题研究,加深勘探调查及分析比较,解决初步设计中未能解决的问题,落实技术方案,计算工程数量,提出修正的施工方案,修正设计概算,批准后则成为编制施工图设计的依据。

技术设计应根据批准的初步设计和补充初测或定测资料编制。其任务是进一步对审定的修建原则、设计方案、技术措施加以深化和具体化,最终确定工程数量,提出文字说明和适应施工需要的图表资料及施工组织计划。

二、勘测设计的任务

公路勘测是指测设人员亲赴现场,对路线所经地区的社会、地理、人文景观、经济发展、地形地质等情况进行视察、踏勘、测绘所做的工作,其目的是为路线走向的选定、各种构筑物的设计和计算工程数量提供基础资料。而公路设计是在勘测的基础上,对全部野外资料进行分析研究,按国家标准(或区域标准、部颁标准、企业标准等)的要求设计出可行的、合理的、经济的、先进的公路路线及各种结构物。

由于勘测设计是按阶段进行的,所以在不同的阶段有不同的任务。

(一)可行性研究中需做的勘测工作

无论预可行性研究或工程可行性研究,其研究成果是为建设项目的立项、决策服务的,其资料来源是否准确直接影响研究报告的质量。在项目的可行性研究中要做的调查和勘测工作如下:

1. 全面踏勘公路沿线的地形、地质、水文、气候等自然条件和砂石材料分布状况、开采可能及对工程影响程度,拟建道路的现状、交通量及拥挤度。

2. 沿线村镇居民点、建筑构造物、征地拆迁难度,新建路线与附近公路、铁路、水运、航空交通的衔接情况。

3. 推荐方案的路线走向和主要控制点。

4. 交通量调查及预测。调查现有交通量(改建项目)、汽车行驶起讫点、汽车运输指标(包括平均吨位、实载率、车速、油耗、运输成本)等。

(二)初步设计阶段需做的勘测工作

1. 在搜集路线各种地形图、航测像片、工程地质、水文地质、气象、地震等资料的基础上,组织路线、桥涵、地质、交通工程等专业人员和当地政府及有关部门人员进行路线方案的核查,对可行性研究报告中提出的路线主要控制点加以落实。

2. 根据路线所在地区的地形特点,进行路线总体方案的布设。

3. 沿总体方案的两侧布设导线,进行导线测量。对大中桥梁、隧道及其它大型建筑物作平面控制测量。高等级公路的平面控制应与国家控制点进行坐标联测。

4. 高程测量。可采用水准高程测量或电磁波测距仪三角高程测量,一般应采取国家高程为基准。

5. 地形测量。比例尺一般为 1 : 2 000,路线两侧各 150 ~ 200m。

6. 路线定线。各级公路在经过地形测量获得了大比例尺地形图以后可采用纸上定线。其中三、四级公路、地形和方案较简单的路线,也可采用现场直接定线。

7. 路基勘测与调查。为确定路基高度、填、挖方边坡、路基防护与支挡、路基排水、路基的取土与弃土等,调查地质、水文、土壤等资料。

8. 小桥涵勘测。小桥涵的位置、孔径、结构形式等。

9. 大中桥勘测。测绘桥址地形图,河床断面、桥位轴线和引道以及其它由于设计需要而进行的勘测与调查。

10. 隧道勘测。隧道的平面控制测量、高程测量,隧道(包括引道)地形图测量等。

11. 路线交叉勘测与调查。

12. 沿线设施勘测与调查。

13. 其它勘测与调查,如占用土地的调查,拆迁建筑物、构筑物调查,临时工程调查,筑路材料调查,概(预)算资料调查等。

14. 环境保护勘测与调查。

15. 内业工作。逐日复核、检查各种调查资料和原始记录,进行方案的比选,编制说明书及绘制有关图表。

(三)施工图设计阶段需做的勘测工作

1. 现场核实初步设计所确定之路线走向和控制点是否合理,有无局部改移的路段。对初测阶段所设置的导线点或三角点进行检测,对新增或补设的导线点或三角点进行联测。

2. 将最后确定之路线放线于实地。当采用拨角、支距或直接定交点等方法放线定出交点后,应观测右角。若用全站仪或光电测距仪以坐标法直接放出中桩时,则可以不放转角桩,转角点的偏角和交叉点间距以计算为准。

3. 中桩测量。沿路中线每隔一定距离钉出直线平曲线上的所有控制桩及加桩。中桩测量是定测阶段的一项技术性最强、用人最多、对整个路线质量和测量进度影响最大的测量工作。

4. 高程测量。包括水准点(BM)高程测量和中桩高程测量。

5. 横断面测量。测量宽度视公路等级和地形情况变化在15~60m之间。一般采取现场绘图并当场核对的方式进行。

6. 地形测量。定测阶段可以利用初测阶段所测绘的地形图,但要进行现场核对。若发现错误或地物发生明显变化时,应进行补测。

除上述测量内容外,与初测一样,尚需进行路基、小桥涵、大中桥梁、隧道、路线交叉、沿线设施、环境保护等勘测工作。不过定测阶段的各项勘测是在初测阶段已经取得成果的基础上进行的,比初测更加深入和细致,其目的是为施工图设计、计算工程数量、编制施工图预算提供可靠的数据。

(四)一阶段施工图设计需进行的勘测工作

一阶段施工图设计进行一次定测,一般采用现场直接定线,穿出交点后,应首先测量路线转角,然后进行路线中桩测量、高程测

量、横断面测量以及其它与设计有关的各项测量。测量的内容和深度与两阶段设计中的定测大致相同。其中的导线测量可以由中线测量代替,地形图可用路线交点及转点作为图根点测绘,也可利用纵、横断面资料配合仪器测量并现场勾绘。

第三节 测设队伍的组成

按不同的测设阶段和不同的仪器装备,推荐下列几种测设队伍组成方案。

一、初 测

(一)具有全站仪(或光电测距仪,下同)的测设队伍组成

1. 导线组。3~5人组成。配备全站仪一台,反光棱镜(带三角架和加长杆)二组,对讲机一对,有条件时配越野小汽车(或摩托车)一辆。

2. 高程组。3~4人组成,用精密水准仪测量导线点高程。

3. 地形组。推荐用全站仪(或半站仪)现场采集地面三维坐标,数据模块存贮,输入计算机用自动绘图仪绘图。方法及组成情况见第五章。

4. 桥涵组。4~5人组成,配备皮尺、带角手水准仪、罗盘、花杆等小型仪器。

5. 调查组。其任务是调查拟建公路沿线占用土地及拆迁建筑物情况。按《公路工程概算定额》的有关要求,调查沿线伐树挖根、除草数量及其所在的路段和长度;临时工程资料调查;施工组织形式、工资标准、材料供应、机械种类及养路费标准、水电价格、征用土地和拆迁设施补偿费标准、施工机械迁移费、主副食运费补贴、当地气温、雨量等情况的调查。本组任务较重,应组织主要参与设计和编制概、预算的人员参加。

6. 地道组。4~7人组成。主要任务是:工程地质调查、地质勘探、土工试验;筑路材料调查与试验;搜集路基、路面设计所需的资

料。

7. 路线交叉组。高等级公路或一般公路与其它道路、铁路交叉点较多时,应专门成立路线交叉组,负责各交叉点的资料搜集、调查和勘测工作。若为一般公路且仅有少量交叉点时,可合并于桥涵组中。

8. 内业组。由经验较丰富的、有较强设计能力的技术人员 2~3 人,再加上具有绘图、计算、计算机操作和软件编制能力的若干人组成。内业组应逐日复核、检查外业原始记录、整理分类并妥善保存。待全线地形图测竣后,要作纸上定线及局部方案比较,综合检查定线成果,绘制各种图表和编制设计概算。

(二)使用常规仪器的测设队伍组成

1. 导线组。人员组成及分工如下:

(1)选点埋桩 3 人;

(2)量距 2 人;

(3)量角 3~4 人;

(4)计算 1~2 人。

2. 水平组。3~4 人。

3. 地形组。常用的方法有大平板测图法、经纬仪加小平板测图法。前者适用于平坦地区,后者多用于地形复杂的丘陵和山岭地区。经纬仪加小平板、量角器测图的人员组成如下:

(1)司镜 1 人;

(2)绘图 1 人;

(3)跑点 2~3 人;

(4)计算、记录 1~2 人。

用大平板仪测图,司镜和绘图合为 1 人,其余人员不变。

桥涵组、调查组、地道组、路线交叉组与(一)相同,不赘述。

全站仪的使用大大加快了公路导线测量的速度并提高了精度,应尽量采用。近年来随着全球定位系统(简称 GPS)在我国的投入使用,又使公路测量技术上上了一个新台阶。GPS 是以卫星为观测对象的计算机系统,较之于全站仪或电磁波测距仪更具有选

点的灵活性,可缩短作业时间。关于 GPS 的介绍见第四章。

二、定 测

(一)配备全站仪的测量队组成

1. 放线组。本组的任务是将初步设计阶段所定的路线放桩于实地。沿中线钉桩,并测量中桩的地面高程。仪器配备:全站仪一台,反光棱镜 2~3 组,袖珍微型计算机一台以及小钢卷尺、大旗、对讲机等。技术人员 5~8 人,民工若干人。

2. 横断面组。由 5~7 人组成,携带方向架、皮尺、带角手水准仪、花杆、绘图板及绘图仪器等。

3. 地形组。若在初测阶段已有详细地形图,且在进入定测阶段时地形地物并无变化,则可免设地形组。但若要施测某些工点(如桥址、交叉口等)地形图,则仍需地形组,其组成情况与初测地形组相同。

4. 桥涵组。由 4~5 人组成,带水准仪、皮尺、有角度刻划的圆盘、花杆等。

5. 地道组。4~6 人组成,带地质罗盘、手水准仪、皮尺、花杆等。

6. 内业组。主要负责外业期间的资料核对、整理、管理等工作,由 2~3 人组成。

(二)使用常规仪器的测设队伍组成

高等级公路由于曲线半径大,曲线长度长,使用常规仪器用传统的测量方法几乎是不可能的,至少是难于满足测量精度要求的。因此,这里主要是指等级较低且采用一阶段施工图设计的公路。

1. 选线组。3~5 人组成,携带选线圆盘、皮尺、带角手水准仪、罗盘、气压计、望远镜、花杆、大旗等。

2. 量角组。3~4 人组成,配备光学经纬仪、花杆、塔尺等。

3. 中桩组。7~9 人组成,配备经纬仪、花杆、钢尺(或竹尺、皮尺、绳尺)以及写桩、打桩的工具。

4. 水平组。分基平组和中平组,各 3~4 人组成,带水准仪、水

准尺。

5. 横断面组。4~7 人组成。

此外,设桥涵组、地道组、调查组、内业组等,组成情况和携带仪器与(一)相同。

第四节 公路工程建设标准、规范、规程

标准化是组织现代化生产的重要手段,是科学管理的重要组成部分。在社会主义建设中推行标准化,是国家的一项重要技术经济政策。没有标准化,就没有专业化,就没有高质量和高速度。标准按内容可分为基础标准、技术标准、工作标准和管理标准等。其中技术标准是从事生产、建设工作以及商品流通的一种共同技术依据。我国“标准化管理条例”规定:“标准一经批准发布,就是技术法规,各级生产、建设、科研、设计、管理部门和企事业单位都必须严格贯彻执行,任何单位不得擅自更改或降低标准。对因违反标准而造成不良后果以至重大质量事故者,要根据情节轻重,分别予以批评、处分、经济制裁,直至追究法律责任。”同时指出:“一切工程建设的设计和施工,都必须按照标准进行,不符合标准的工程设计不得施工,不符合标准的工程不得验收。”

我国交通部为加强公路建设的标准化管理,建国以来颁发了各种技术标准、规程、规范、办法等,有的经多次修订、更新、补充,已日趋成熟并向着“与国际接轨”的目标前进。这些标准规范的发布使我们对公路建设项目的设计、施工、养护、管理有章可循,对我国公路建设事业有很大的促进作用。这里将部分与公路勘测设计有关的标准、规范、规程列于表 1-1 中,供使用时参考。

现行与公路勘测设计有关的标准、

规范、规程一览表(部分)

表 1-1

编 号	名 称
JTJ 001—88	公路工程技术标准(附条文说明)

续上表

编 号	名 称
JTJ 003—86	公路自然区划标准
JTJ 011—94	公路路线设计规范
JTJ 013—95	公路路基设计规范
JTJ 021—89	公路桥涵设计通用规范
JTJ 024—85	公路桥涵地基与基础设计规范
JTJ 026—89	公路隧道设计规范
JTJ 051—93	公路土工试验规程
JTJ 061—86	公路路线勘测规程
JTJ 062—91	公路桥位勘测规程
JTJ 063—85	公路隧道勘测规程
JTJ 064—86	公路工程地质勘测规程
JTJ 071—94	公路工程质量检验评定标准
GB 5768—86	道路交通标志和标线
GBJ 50162—92	道路工程制图标准
GBJ 22—87	厂矿道路设计规范
GB 50026—93	工程测量规范
ZBA 76002—87	中、短程光电测距规范
ZBA 76003—87	测量外业电子记录基本规定
CH 2001—92	全球定位系统(GPS)测量规范

注:表中 GB——中华人民共和国国家标准;CH——中华人民共和国测绘行业标准;ZBA——中华人民共和国专业标准;JTJ——中华人民共和国交通部部颁建设标准;GBJ——中华人民共和国建设标准。