

土木工程测量与检测工程师手册

道路与桥隧 测量技术

刘培文 著

全国最新筑路养护特有技术测量各级培训与考试教程
交通系统在职人员继续教育用书

| 全新 | 全面 | 实用 |



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>



土木工程测量与检测工程师手册
全国最新筑路养护特有技术测量各级培训与考试教程
交通系统在职职工继续教育用书

道路与桥隧测量技术

刘培文 著

清华大学出版社
北京交通大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本书是为从事交通土木工程勘测设计和现场施工测量的高级技师、工程师及其相关技术人员编写的全面、系统和实用的工具书。书中详细介绍了交通土木工程及道路勘测和施工测量的技术基础理论、测量原理、基本方法,以及各类测量仪器的构造和使用维护技术。本书也是筑路养护特有技术开考以来至今为止唯一一本包含各级考试内容的书籍。

全书共分12章。其主要内容有:道路与桥隧测量的基础知识;工程基本测量与常用仪器的构造和使用;全站仪测量与GPS测量原理理论与技术方法;道路测量的技术资料与器具准备;测量误差理论与数据处理和测量平差;控制测量和碎部测量;道路野外勘测中的路线测量;顺路导线法和自由测站法施工放样技术;道路路基与路面施工放样技术;桥梁野外勘测中的测量与放样技术;隧道野外勘测中的测量与放样技术;测量技术文件编写、培训管理与上岗考核。书后安排了国家职业资格证书标准(报批稿)供广大读者参考。

本书除作为实用工具书外,编写时已考虑最新筑路养护特有技术国家统一考试内容和标准的要求,故亦可供参加新设立的全国交通行业特有技术等级与上岗考试的高级技师、测量工程师及其以下各级技术人员国家上岗考试使用,也可作为高等学校高年级本科和研究生参考书或课程教材,还可供广大一线从事道路与桥隧工程测量工作的工程师参考学习。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

道路与桥隧测量技术/刘培文著. —北京:北京交通大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-5121-1594-1

I. ①道… II. ①刘… III. ①道路测量-测量技术 ②桥梁测量-测量技术 ③隧道测量-测量技术 IV. ①U412.24 ②U442 ③U452.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第198579号

责任编辑:陈跃琴 特邀编辑:范跃琼

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京艺堂印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:203×280 印张:40 字数:1267千字

版 次:2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1594-1/U·150

印 数:1~3000册 定价:98.00元



本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监局反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

出版说明

进入 21 世纪以来,我国的各级公路、城市道路、厂矿道路、林区道路、专用道路建设的规模和投资力度十分可观,仅带动的高速公路里程就每年以 3 000 ~ 5 000 km 的速度递增。与此同时,伴随大量的施工单位和不同层次的人员进入道路施工现场从事道路工程施工。无论在各类土木工程的施工现场,还是从事道路勘测的设计和施工,测量工作几乎无时无刻不在,这就需要大量从事测量工作的人员,其中有许多人是新人,而有些人需要进一步提高理论和业务能力,但又苦于无书可读。故编写本书是基于两个方面:其一是给大量的一线技术人员提供一本系统的工具书;其二是满足国家职业资格考试需要,因为有相当数量的人员需要技术培训和国家级上岗资格考核认定。

筑路养护特有技术上岗考试是国家最新推行的职业资格考试,目前一些地方并不知情,故以下作一简单介绍。从目前全国有关部门划分资格认定部门的权限和实际情况来讲,从事一线工程设计、施工行业的人员的技术等级和类别大体上可以分为两大类。一类是一般技术职务等级,它的级别划分为技术员、工程师、高级工程师、教授级高级工程师五个级别,这类资格的评定工作一般由国家行业部委会同人力资源和社会保障部或其授权机构考核评定。另一类属于行业技术等级和上岗资格认定,它划分为技术型职业资格技术等级和技能型职业资格技术等级两类。技术型职业资格技术等级一般由原人事部(现人力资源和社会保障部)会同国家行业部委或其授权机构考核评定,主要是一些专项工程师上岗资格认定。例如,由建设部考核颁发的监理工程师、造价工程师、结构工程师、试验检测工程师等;再如,由交通运输部考核颁发的监理工程师、造价工程师、结构工程师、试验检测工程师等。上述这些证书往往具有行业特性,一般不一定在全国各行业之间通用。技能型职业上岗资格与技术等级主要针对各行各业技能型人才的认定,涉及行业和种类甚多,而每个工种基本级别划分为初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别。这两类资格只代表从事相应工作的能力和资历,并不代表从业者的身份,也就是说,工种不是说持证者一定是工人或干部身份。同时,也不代表学历,只要是从事相应工作多年并符合相应的报考条件,任何学历的人都可以参加任何系列及其相应级别的考试和上岗认定工作。

交通部(现交通运输部)与人力资源和社会保障部(现人力资源与社会保障部)联合于 2006 年启动了交通行业特有技术工种的考试认定工作。公路建设和养护系列共有公路路基路面工、公路测量工、公路桥梁与隧道工、公路交通工程与沿线设施工、公路养护工、桥梁养护工、隧道养护工七个国家标准(最初编写为 11 个,后又减并为 7 个)于 2007 年编写完成,这是新中国成立以来,全国公路交通行业对从事公路与桥梁、隧道及配套工程施工技术的技能型人才实施工业准入的第一个国家标准。每个工种分别从初级工、中级工、高级工到技师直至高级技师五个级别,参加考试并合格的一线技术人员将获得由劳动部与交通部共同颁发的全国通用的职业资格技术等级证书和上岗证书。全国考试试点已经开始两年,但因教材仍然在计划编写过程中,目前还没有相应的考试用书可供参考,鉴于此,我们特聘请有关专家,结合参加筑路养护系列国家最新职业标准的编写工作的体会和考试的国家命题经验,编写此套工程师和高级技师及以下各级考试用参考书,希望能起到积极的参考作用。

本书作者曾担任国家职业标准起草技术负责人,并多次参与考试命题工作,结合近三十年大学和研究生教学经验及工程设计和施工与监理经验编写,其中有许多是创新性内容。

前 言

对广大从事公路工程一线测量工作的技术人员，国家职业标准对其总体要求是：既有一定的理论基础，又有多年的丰富工作经验，要能够将实践经验与理论知识进行有机结合，灵活处理实际工作问题，灵活应对各级技术要求。为此，本书编写主要体现以下原则。

(1) 系统原则。按照通俗易懂、由浅入深、知识连贯、注重实用的指导思想安排内容章节。为了和普通大学教材有所区别，作者在编写基础内容时，几乎通读了上百本同类测量教材和大量的学术论文，并吸收它们中的成功叙述经验。与此同时，也将作者近三十年从事实际测量工作的部分资料积累及大学理论和实践教学经验，同时奉献给了广大读者。按照系统原则适当安排的基础知识有：测量基础理论、各类常用测量仪器和工具的构造和使用，水准测量、距离测量、角度测量、控制测量和碎部测量等相关内容，这也是全日制大学教材中必须要学习的内容。本教材既包括了全国大学本科路桥专业测量学课程的全部教学内容，又按照实用原则予以充实和拔高。这是为了满足即将进入本行业从事该项技术的大学生和研究生及各级技术人员参考，可供参加技术等级考核的需要，同时又能满足其他行业转入人员参加考试的需要。

(2) 含盖原则。国家职业资格上岗认证考试的其中一个重要原则是含盖原则，即上级考试要涵盖以下各级考试的考核内容。本教材按照涵盖原则编写，并力图体现国家考试要求。在编写内容和体例安排上，适当照顾了同级及以下各级考试要求，并注意了与其他通常测量学书籍的区别，尽力体现实用性，注重一定的理论性，以供拟参加筑路养护技术工种国家职业资格考试的技术人员参考。

(3) 高新原则。鉴于勘测一线和施工现场已广泛采用全站仪和 GPS 测量技术，故本书编写时，对全站仪的测量原理和操作技术作了系统、全面、详细的阐述，包括电磁波测距原理、电子测角原理、全站仪的结构组成和基本构造，以及用全站仪做角度测量、距离测量、坐标测量等基本测量技术，还介绍了对边测量、悬高测量等高级测量技术。另外，对 GPS 测量技术也作了一定的阐述，包括 GPS 系统的组成、卫星定位原理、卫星信号和卫星星历、时间系统、坐标系统等测设技术理论和原理，以及 GPS 接收机等。由于 GPS 测量中数据处理是使用成品软件去完成，而这些软件如果编成书本表达起来比较冗长，难以用较少的篇幅表达清楚，因此限于本书篇幅没有安排专用软件使用的内容，读者可参考软件说明。

(4) 实用原则。鉴于现代我国国民学历水平和高学历比例比建国初期有了突飞猛进的发展，2012 年底，大学专科层次的国民学历教育基本普及，全国每年招收的博士、硕士研究生已突破百万，因此，新入本岗位的技术人员中高学历群体逐步占到主体，故这里的实用原则，决不能停留在建国初期的扫盲阶段。所以这里贯彻的实用原则，实际上是既注重实际操作技能的叙述，又注重理论基础的叙述，之所以安排一定深度的理论知识，是基于两个方面的原因：其一是，现代测量技术中，高级操作技术人员处理实际问题的能力，常常与问题产生的根源相关，而不仅仅是操作问题，因而更重要的是原理上的问题，必须从根源上去分析和解决；其二是，基于国家标准要求的现代高级技师的理论水平要高于大学本科和研究生教材的水平。

在本书编写过程中马文翰、许广文、邢凤歧、赵永平、张学、王振清、贾玉辉、卫申蔚等给予大力支持和协助，部分硕士、博士研究生如郭新红、闫光杰、张宇、胡娟娟参与部分资料收集工作，员莉萍、杨静、刘佳琪等协助完成初稿文字录入，我的学生齐荣、泰焱、赵敬泽、韩乐、刘跃等协助文稿校对工作。另外，中铁集团隧道公司测量队的部分工程师参与本书编写工作，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中的缺点乃至不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

作 者

2013 年 8 月于北京

目 录

第 1 章 道路与桥隧测量的基础知识	1
1.1 道路与桥隧测量的意义和基本任务	1
1.2 道路与桥隧测量标点桩志与测量配套器具	3
1.3 道路测量的技术要求与技术规则	15
1.4 道路与桥隧测量的基本技术与方法	21
1.5 道路施工与桥隧放样的基本方法	27
1.6 高斯坐标系与其他测量坐标系	30
1.7 各种坐标与大地坐标的换算及坐标跨带转换	47
第 2 章 工程基本测量与常用仪器的构造和使用	54
2.1 距离丈量与方向测量	54
2.2 水准测量原理与水准仪的构造与使用	66
2.3 角度测量与测角经纬仪的构造及使用	75
2.4 平板仪测量原理与平板仪的构造及使用	85
2.5 其他微型测量仪器的构造与使用	88
第 3 章 全站仪测量与 GPS 测量	95
3.1 全站仪测距原理	95
3.2 电子度盘测角原理	99
3.3 全站仪的结构与键盘构造	102
3.4 全站仪模式菜单选择与测前操作	109
3.5 全站仪测量方法	114
3.6 GPS 系统组成与测量原理	153
3.7 GPS 测量使用的时间系统与坐标系统	162
3.8 GPS 测量内容	170
3.9 GPS 接收机的组成与工作原理	173
3.10 GPS 测量的外业观测	177
3.11 GPS 静态测量	183
3.12 GPS 动态差分测量	196
3.13 GPS 观测记录	201
第 4 章 道路测量前的准备	207
4.1 道路测量记录与资料的准备	207
4.2 测量仪器和工具的准备与检校	224
4.3 道路测量分项观测细则的制定	235
4.4 道路测量的技术组织和人员准备	242
4.5 常用测量仪器的维护和保养	245
第 5 章 测量误差理论和数据处理与测量平差	251
5.1 测量误差理论基础知识	251
5.2 最小二乘法原理	257
5.3 误差传播定律和不等精度观测值的权	259

5.4	同精度观测与不同精度观测平差	266
5.5	条件观测的条件方程与法方程及解算	275
5.6	各类测量的误差来源与消除办法	293
5.7	测量有效数字处理与测量数据表示方法	301
5.8	平面控制网精度估算	304
第6章	控制测量与碎部测量	314
6.1	平面导线和小三角控制网	314
6.2	平面控制导线平差计算与坐标换算	320
6.3	碎部测量中的地形图及其要素	329
6.4	碎部测量中的视距与高差测量	341
6.5	地形图与平面图测绘	347
第7章	道路野外勘测中的路线测量	357
7.1	道路基本线型与实用线型	357
7.2	道路中心线曲线段定位和定形计算	362
7.3	道路勘测定线测量技术	383
7.4	道路野外勘测中的调查和综合检查	416
第8章	顺路导线法与自由测站法施工放线技术	420
8.1	顺路导线法施工放样技术原理	420
8.2	顺路导线法放线方法	425
8.3	自由测站法施工放线原理与相应的技术文件	447
8.4	自由测站法施工放线坐标计算	453
8.5	自由测站法施工放线方法	460
第9章	道路路基与路面施工测量技术	464
9.1	道路纵断面放样基础技术理论与技术文件	464
9.2	道路纵断面施工测量(放样)方法	470
9.3	道路横断面施工放样基础技术理论与文件	475
9.4	路基施工放样相关计算	483
9.5	路基施工放样方法	490
9.6	路基边桩和边坡的放样方法	494
9.7	路基各层次顶面操平与构造物放样	498
9.8	道路路面施工测量技术	500
第10章	桥梁野外勘测中的测量与施工测量	508
10.1	桥梁控制网测量技术与平差计算	508
10.2	深水或深沟大桥与持大桥梁轴线和墩台定位测量	515
10.3	旱桥与中小桥涵测量与放样技术	519
10.4	桥梁施工过程中的归心测量技术	523
10.5	桥梁施工阶段的水准测量	526
第11章	隧道野外勘测中的测量与施工放样技术	529
11.1	隧道地面控制测量技术	529
11.2	隧道洞内定线测量技术	533
11.3	隧道腰线标定及洞内断面与高程测量	538
11.4	隧道竖井联系测量技术	540
11.5	隧道贯通测量误差原理与理论	553
11.6	隧道贯通测量的误差预计	562

11.7 GPS 测量隧道贯通误差预计	572
第 12 章 测量技术文件编写与培训管理及上岗考核	574
12.1 平面控制测量作业计划编写	574
12.2 测量外业成果复核与审核验收	585
12.3 测量技术总结的编写	592
12.4 测量行业技术培训与上岗考核	594
12.5 测量安全作业培训与管理	600
附录 A 公路测量最新国家职业标准 (拟准稿)	606
附录 B 隧道施工测量控制网复测技术总结报告	613
参考文献	630

第1章 道路与桥隧测量的基础知识

测量工作在国家的经济建设和社会发展中起着重要的作用，在道路、桥梁和隧道工程建设中有着广泛的应用。按照测量的工作性质，测量可分为测绘和测设。测绘是指使用测量仪器和工具，通过实地测量和计算得到一系列测量信息，把地球表面的地形绘成地形图或编制成数据资料，供规划设计、科学研究和工程建设使用。测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构造物的位置在地面上用桩点标定出来，作为施工的依据。

道路包括各级公路、城市道路、林区道路、厂矿道路和专用道路五种，道路测量指的是为道路建设服务的所有测量工作。道路工程是一个广义名词，包括道路路线、路基路面、桥梁隧道、改移河道、路基防护、特殊构筑物等一切构造物。道路工程测量是指伴随上述公路的勘测设计、施工过程和竣工验收及使用维护过程中发生的一切测量与放样工作。

鉴于在道路、桥梁和隧道的勘测、设计、施工、竣工及养护维修的各个阶段都离不开测量技术，所以无论在勘测现场还是施工一线，测量工作必须严格要求，同时做到慎之又慎。倘若出现差错，不但会给工程结构造成一定的安全隐患，还会给投资方带来直接的经济损失，有时甚至还会带来灾难性的后果。因此，掌握测量学的专业知识、基础理论和操作技能是从事公路测量各级各类技术人员包括高级技师和专业测量工程师必备的专业技能。

1.1 道路与桥隧测量的意义和基本任务

1.1.1 道路测量的意义

道路测量是道路建设的必然要求。道路测量与道路的自然属性和地理属性及使用特点密切相关。由于道路是一种位于自然界供汽车等交通运输工具运行的结构物，其位置受社会经济、自然地理和技术条件等因素的制约较大，即一条公路的优劣取决于公路所处的环境、驾驶者的判断和反映、乘客的感觉、汽车的性能、行车对道路的要求、道路本身的状况等因素。因此，要建设一条能体现安全、快速、经济、美观的道路，就需要在充分地调查研究、掌握大量资料的基础上去完成。

从理论上讲，道路路线以平、直最为理想，但实际上，由于受到地物、地貌、水文、地质及其他因素的限制，路线必须有方向上的转折和上坡与下坡的变化。而这种转折和上、下坡必须满足行车要求、符合技术标准，同时要达到费用最省。所以，必须在野外进行周密和精心的勘测和详细的测量。只有这样，才能使得由实地测量而获取的资料足以保证设计方案的准确实施，以及保证对现场施工质量的有效控制。

道路测量是道路设计的重要环节。以道路中的公路建设程序为例，其程序如图 1-1 所示。从图中可以看出，公路勘测分一阶段勘测、两阶段勘测和三阶段勘测。高等级公路通常采用两阶段勘测设计；低级公路采用一阶段勘测设计。一阶段勘测设计，实际上就是在踏勘测量的基础上，直接进行详细测量，详细测量是在现场由选线、测角、中桩、水平、横断、地形、地质、桥隧、调查、综合（含内业）组成的勘测设计队列，以流水作业方式完成路线勘测。每一个组的核心工作至少有近十项，其实就是大量的测绘工作。对于两阶段勘测设计，首先是在沿着路线收集沿线地质、水文、资源等资料作纸上定线，在可能经过的范围内布设控制点，进行控制测量，测绘路线带状平面地形图、纵断面图和横断面图等后编制出比较方案，然后根据测量得到的数据资料进行路线选线。一般的做法是先在航测或其他方法取得的大比例尺的地形图上或在数字地形模型进行设计，做出初步设计文件，再在实地进行详细测量，此时详细测量和踏勘测量所不同的是路线已在纸上初步确定，再也不像一次性路线定测那样“漫山遍

野”地选择。事实上，两阶段勘测设计的详细测量同一阶段勘测基本相同，所不同的是此时的详细测量只是微调路线和重新精细测量的过程。三阶段勘测设计是在两阶段的基础上，对个别技术复杂地段的进一步勘测和设计（即技术设计），最后再详细测量，做出交付施工的技术设计文件，也就是施工图设计文件。

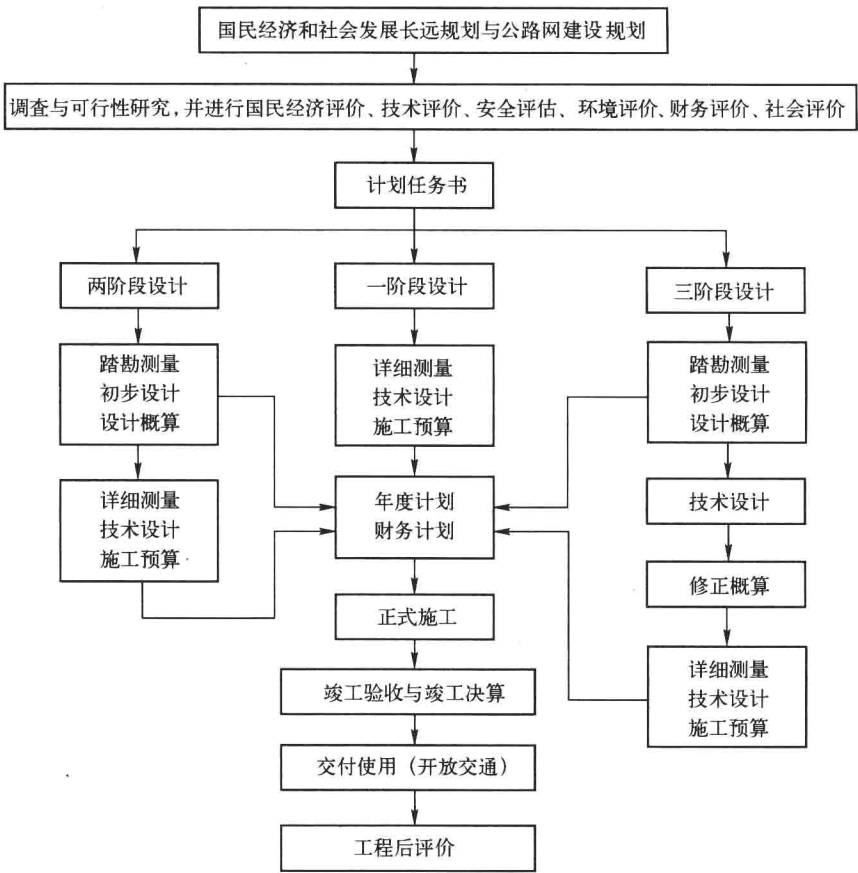


图 1-1 公路建设的基本程序

必须指出，上述各勘测阶段中，无论几个阶段，每一个阶段都有一个共同点，即都离不开详细测量阶段。详细测量相当于一阶段路线定测，这个阶段是按照一系列技术和经济要求，在道路控制网的基础上把道路中心线及其一切构造物的具体位置选择和测定出来。之所以在每个阶段，都要进行详细测量，是因为公路施工必须使用“地对纸的设计文件”，所谓“地对纸的设计文件”，就是说无论几个阶段设计，必须要在实地进行详细测量后，做出技术设计文件（即施工图设计文件）才可以交付施工。不得采用“纸对地的设计文件”来施工。所谓“纸对地的设计文件”，系指直接在地形图或数字地形模型上设计出来的设计文件（初步设计文件）。总之，初步设计文件无论如何都不能交付施工，也不能替代施工图设计文件。

道路测量始终伴随公路施工的整个过程。道路施工中要进行施工测量，施工测量的基本目的是根据施工需要，将设计的工程建筑物或构筑物的平面位置和高程，按设计要求以一定的精度敷设在地面上，并在施工中进行一系列的测量工作，以衔接和指导各工序间的施工。

道路经过技术设计后，其平面线型、纵坡、横断面及其他内容均已确定，便有了设计图纸和数据，据此即可进行公路施工。施工前，需要恢复中线。公路中线定测后，一般情况要过一段时间才能施工，在这段时间内，部分标志桩可能被破坏或丢失，因此施工前必须进行一次复测工作，以恢复公路中线的位置。需要将已设计好的路线、桥涵和隧道等构造物的图纸中的各项元素，按规定的精度准确无误地测设于实地，即施工前必须进行的施工放样测量。施工过程中，要经常通过各种测量来检查工程的进度和质量。在隧道施工过程中，还要不断地进行贯通测量，以保证隧道构造物的平面位置和高程的正确贯通。道路、桥梁、隧道工程结束后，需要用测量来检查竣工情况，即进行竣工验收，并通过必要的测量

编制竣工图,以满足工程的验收、维护、加固以至扩建的需要。

在投入使用后的营运阶段,还要通过测量进行一些常规检查和定期进行变形观测,进行必要的养护和维修,以确保道路、桥梁和隧道等构造物的安全使用,同样涉及到若干的测量工作。

1.1.2 道路测量的基本任务

各类道路测量的任务大同小异,现以公路测量任务加以阐述,以抛砖引玉。道路主体是一个空间线形带状构筑物,桥梁和隧道等属于集中构筑物,它们都属于物体。我们知道,任何物体,不外乎由点、线、面、体依次构成,根据点动成线、线动成面、面动成体的原理,公路测量的基本工作实际上是根据已知点的位置来确定未知点的位置,实质上是确定点间的相对位置,包括相对平面位置和相对高差。

在实际工作中,道路测量可归结为两类问题。其一是,道路勘测设计中的测量工作,其工作特点是“依点测位”。所谓依点测位,就是勘测中预选点位,即根据技术、经济、社会等因素选出一系列的点并用桩钉标定,然后用仪器测出点的位置,这里包括伴随一系列的平差计算在内的分析和计算工作。其二是,由依据勘测设计后做出的技术设计文件而进行施工放样工作,其特点是“依图设点”。就是按照技术设计后的图、文、表设计文件,将结构的位置、尺寸和标高测设到实地上。这些工作常常称为工程定位和施工放样,这是施工放样的主要内容,即习惯上所称的工程的外形控制和内质控制的外形控制环节。

道路勘测设计中的野外勘测与测量工作,实际上就是依点测位。当采用两阶段设计时,这一阶段是在确定路线方案后所进行的路线详细测设,也就是进行路线的中线测量、纵断面测量、横断面测量、地形测量桥梁和隧道和有关调查等,以便为路线设计提供准确、详细的外业资料。倘若路线跨越河流时,拟设置桥梁之前,应测绘河流两岸的地形图,测定桥梁轴线的长度及桥位处的河床断面,为桥梁方案选择及结构设计提供必要的的数据。当路线穿越高山,采用隧道时,应测绘隧址处地形图,测定隧道的轴线、洞口、竖井等的位置,为隧道设计提供必要的的数据。

路桥工程施工中的定位与放样工作,实际上就是依图设点。包括路线、路基路面、桥涵、隧道和排水工程,以及附属设施的定位放样。路线放样是根据设计文件提供的路线平面图、路线固定表、直线、曲线及转角表或逐桩坐标表、路线导线点坐标表等设计图、文、表文件,在原地面上放出路线的中心桩和重要的固定桩志等。路基路面放样,是根据设计文件提供的“水准点表”、“路基横断面设计图”、路基设计表、路基土石方数量计算及调配表等一系列图文表文件,放样出路堑开挖坡顶和路堤填筑坡脚桩,以及附属工程定位中心桩和边桩等。在路面施工中,讲究层层放样、层层放线、层层操平。层层放线,即每施工一层路面结构层,都要放出该层的中心线和边缘线,有时为了精确做出路拱,还要放出路面左侧边缘、左1/4、路面中心、右1/4及右侧路面边缘的多样桩位置。层层操平,指每施工一层路面结构层都要对各控制断面点进行高程测定,以控制各层的施工标高。桥涵施工放样是指在施工中的桥梁轴线、桥墩、桥台中心定位桩和有关尺寸、标高放样,涵洞洞身和洞口放样,以及涵洞基础开挖轮廓线等。

隧道工程放样包括洞内和洞外导线测量,隧道轴线、腰线、竖井联系测量,隧道腰线的标定的开挖断面放样等,以及地下水准测量等。排水设施、附属设施等工程放样,包括放出边沟、排水沟、截水沟、跌水、急流槽、护坡、挡土墙等的位置和开挖或填筑断面线等。

为使得各类测量或放样对象位置的尽可能地准确,防止误差积累,上述勘测和放样工作是按照“先控制、后碎步”的原则进行的,放样时必须先布置控制导线,然后再进行细部测量或放样。

1.2 道路与桥隧测量标点桩志与测量配套器具

如前已述,包括道路测量在内的一切测量工作,归根结底就是确定点的位置。无论是将要研究各类测量仪器的测量原理、基本构造、使用维护,还是基本测量原理和方法,以及平差计算、误差分析估计,都离不开这个根本宗旨。确定点位首先需要标点。本节阐述的标点标志与测量配套器具不但适用于各级公路、林区道路、厂矿道路、城市道路和专用道路,而且也用于铁路、水利及工民建工程中。

在道路设计和施工中，测量和放样道路中心线的工作任务很大。这仍然需要研究道路中线的表达和标定问题。在设计图纸上，道路中心线是由直线和曲线构成的连续线条；而在勘测设计和施工中，道路中心线是用桩点来标定的，整个路线就是由一个个桩点的连线表示的。桩有两个要素：一是桩的位置，二是其桩号。每个桩上都要有桩号，桩号是在桩上或桩位处书写的数字，桩号表示这个桩点在路线中的位置。某个桩的桩号是指从该桩路线起点开始沿着路线方向到这个桩的水平距离。上述问题都与点位用何种材料和用何种方式标明有关，即涉及到道路测量的点是如何标定的这个问题。因此首当其冲的是需要研究点的标定物件和标定方式问题。

1.2.1 道路与桥隧测量标点桩志

测量标志可分为控制测量桩、路线控制桩和标志桩三种。控制测量桩主要用于控制测量的 GPS 点，三角点、导线点，以及特大型桥隧挡制桩；路线控制桩是指路线起终点、公里桩、曲线要素桩、交点桩、转点桩、断链桩等；标志桩是指路线中线桩和控制桩的指示桩。

在实际勘测设计与施工测量中，将点位标定在实地或结构物上，专业上，将标定点的物件叫做桩志，桩志有实物桩志和标记桩志两类。实物桩志用物件标点，如用木料制作的木桩、用混凝土浇注的混凝土桩、用铁制作的蘑菇钉、铁钉等；标记桩志不用具体物件标定，只是在桩位处的地物上刻痕凿记，并用油漆书写作记。

1. 平面点位标点桩志

1) 按材质与用途分类

(1) 砼包芯桩：砼包芯桩如图 1-2 (a) 所示。它是用混凝土制作的棱台体，台体中心内部预埋有直径为 20 mm 左右的镀锌钢筋，钢筋顶面磨平并微露，顶面有十字刻痕表示点位。一般用于路线“自由导线”点桩和桥梁与隧道控制桩。砼包芯桩埋设一定要保证不能移位、不能沉降、便于保存，季节性冰冻区其底部要埋设在冰冻线以下不少于 20 cm。

(2) 木质桩：木质桩如图 1-2 (b) 所示。用废旧木料和边角料制成。有扁木桩和方木桩两种。方木桩用于一般土质地面上的交点和转点桩；扁木桩用于一般土质地面上设置的道路中线桩

(3) 蘑菇钉桩：蘑菇钉桩如图 1-2 (c) 所示。道路桩点处的地面坚硬（如在沥青路面上打桩）难以打入木桩时，宜钉蘑菇钉或长铁钉并设指示桩，如路线经过旧路面等坚硬地带路线上的各类点桩。

(4) 地物桩：一般指刻痕凿记桩，如图 1-2 (d) 所示。如遇到岩石或混凝土结构物，难以打入桩时，直接在岩石上刻圆圈并在圈内刻划十字，用油漆涂记。

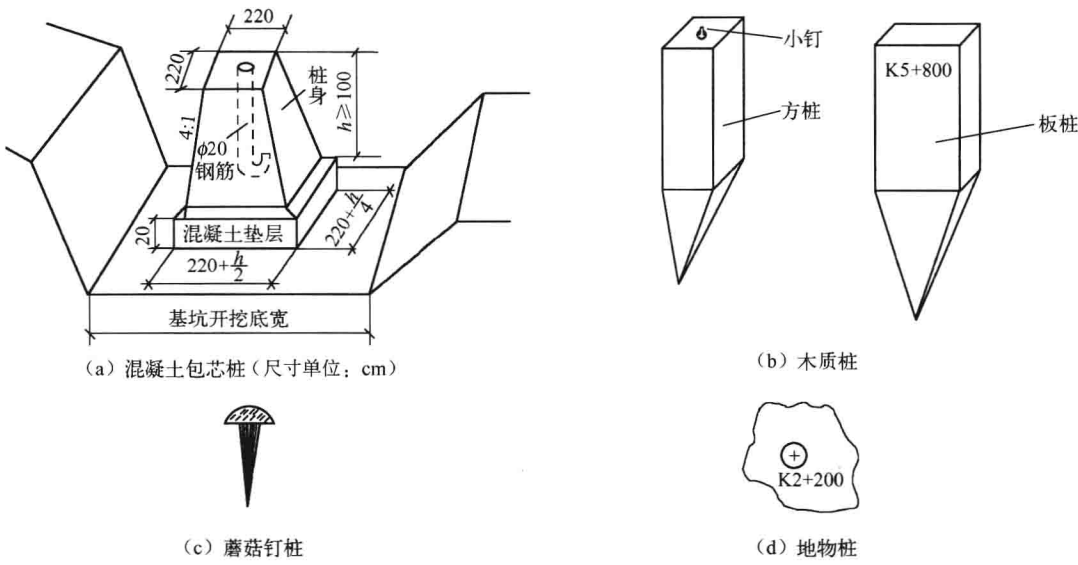


图 1-2 标点桩志的分类

2) 按桩的使用位置分类

(1) 正线桩

所谓正线桩，是指位于路线正线上的桩，如图 1-3 (a) 所示。有方木桩 (5×5×30) 和扁木桩 (2×5×30) 两类，方木桩用于 JD 和 ZD，上钉小铁钉表示点位。扁木桩用于中线桩。打桩时面朝着路线来向，正面写桩号，背面书写序号 (序号以 0~9 循环)。木桩使用时一般顶宜染红以便寻找，上面不钉小铁钉。正线上难以打入木桩时，酌情改换蘑菇钉桩或铁钉桩及地物桩，并设置指示桩。

(2) 指示桩

所谓指示桩，是由于正桩位置处的蘑菇钉或铁钉上无法书写桩号，在正桩附近的其他地方找一块能够写字的地物，写上刚才打入的蘑菇钉或铁钉的桩号和这个地物点到正桩之间的距离和方位；或在便于打入木桩的地点再设一个桩，在这个桩上写上刚才设置这个桩到那个正桩位置处的蘑菇钉或铁钉的桩号及二者之间的距离和方位，这个桩设置的目的是用以指示正桩的桩位和桩号，所以叫做指示桩。指示桩的设置如图 1-3 (b) 所示。

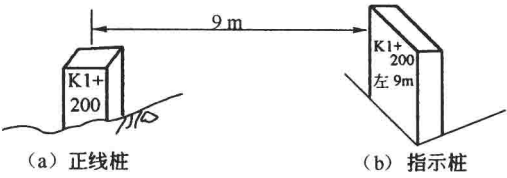


图 1-3 路线正线桩与指示桩示意图

(3) 固定桩

固定桩亦称护桩或拴桩。固定桩和护桩在过去是完全不同的两个概念，现在人们逐渐淡化两者的区别。设置固定桩的目的是：当某些重要的桩如 JD、ZD 桩，因故要较长时间保留时，为防止丢失或便于今后寻找。固定桩设置有距离固定法、方向固定法和混合固定法。原则上固定桩尽量利用周围的地物来固定，如果实在找不到合适的地物，可以设置木桩固定。如图 1-4 所示为地物固定桩设置。图中 JD₅K4+896.92 交点桩的固定桩设三个：第一个位于交点桩左后 30m 的大树上，固定桩编号 G₁；第二个位于交点桩左前 45m 的房角上，固定桩编号 G₂；第三个位于交点桩右前 50m 的磐石上，固定桩编号 G₃；设置和书写固定桩时，在第一个位于大树上的固定桩的大树上的某处用油漆画一小圈，小圈中间点一个小点表示固定桩 G₁；接着再写三排字，第一排写被固定桩的桩号，即 JD₅K4+896.92；第二排写固定桩的编号 G₁，第三排写固定桩到正线桩的方位和距离，即左前 30m。在第二个位于房角上的固定桩的房角的某处用油漆画一小圈，小圈中间点一个小点表示固定桩 G₂；接着再写三排字：第一排写被固定桩的桩号，即 JD₅K4+896.92；第二排写固定桩的编号 G₂，第三排写固定桩到正线桩的方位和距离，即右后 45m。在第三个位于磐石上的固定桩的磐石的某下部处能写字的平面用油漆画一小圈，小圈中间点一个小点表示固定桩 G₃；接着再写三排字：第一排写被固定桩的桩号，即 JD₅K4+896.92；第二排写固定桩的编号 G₃，第三排写固定桩到正线桩的方位和距离，即左后 50m。以上设置都要在现场做好记录并画好图。日后一旦交点桩因故丢失后，就可以根据已存在的磐石、房角和大树利用记录恢复交点。

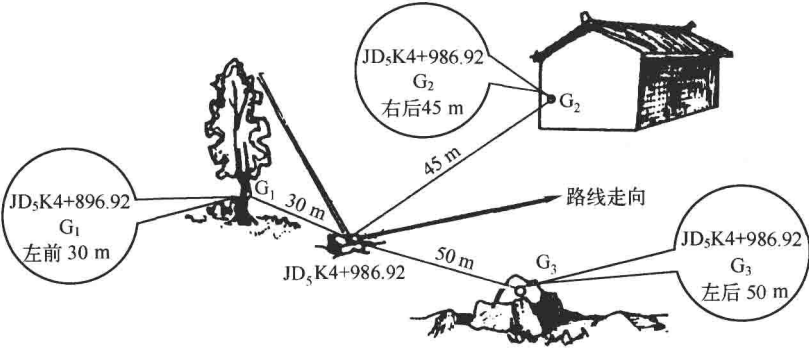


图 1-4 固定桩设置示意图

护桩必须填写如表 1-1 所示的护桩记录表，之所以填写表，是为了将来到实地上依据表的记载来找点。否则固定桩设置就没有意义。护桩记录表内要详细记载护桩与被护的桩的详细位置关系，并按比

筑，标志则用铜、不锈钢或圆钢车制而成，用圆钢车制的标志头应镀铜以防锈蚀。混凝土标志盖制作时在其顶面宜用字模压印桥名、等级、水准点号、埋设日期。

这种混凝土标石一般均建筑在丘陵地带的硬黏土原土层上。标志盖可在室内预制，其两则可预埋钢筋提手。

为避免因化冻致使标石发生垂直位移，底盘基底应埋于最大冻土深度以下 0.5 m。为了便于在水准点设置工作时参考，特将我国部分地区的最大冻土深度列于表 1-2。

表 1-2 我国部分地区最大冻土深度参考表 (单位: cm)

地点	最大冻土层深度	地点	最大冻土层深度	地点	最大冻土层深度	地点	最大冻土层深度
满洲里	>250	哈尔滨	199	哈密	92	锦州	107
海拉尔	241	乌鲁木齐	133	阜新	104	大同	>150
克山	233	通辽	149	沈阳	>139	北京	85
齐齐哈尔	>186	四平	120	鞍山	106	唐山	62
张掖	123	石家庄	53	西宁	134	兰州	84
保定	55	太原	77	济南	39	郑州	18
银川	103	延安	79	安阳	34	洛阳	21
徐州	23	蚌埠	15	上海	6	长沙	3
宝鸡	20	南京	9	拉萨	24	广州	0
西安	45	合肥	11	杭州	7	长春	162
天津	45	邯郸	>50	南昌	5	呼和浩特	114
敦煌	144						

(2) 钢筋混凝土水准标石

钢筋混凝土水准标石如图 1-6 所示。当最大冻土深度大于 0.5 m 时，其底盘深度应埋在冻层线以下大于 65 cm，埋石筑在地面以下时，宜在其周围砌成砖石井圈，四周须修建排水沟，保护盖上再加适当的覆盖物。

(3) 钢管结构的水准标石

钢管结构的水准标石如图 1-7 所示。当在交通不便、运输材料有困难时，可采用钢管或铁管作为水准标石，钢管或铁管的外径不宜小于 6 cm，壁厚为 3 mm，长度约为 70 ~ 80 cm，在管顶焊上水准标志，下端距管底 10 cm 处，安装两根成正交的钢轴与混凝土底座相固结。

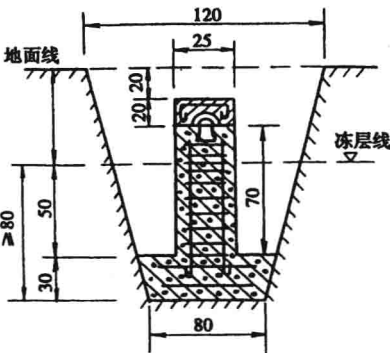


图 1-6 钢筋混凝土水准标石

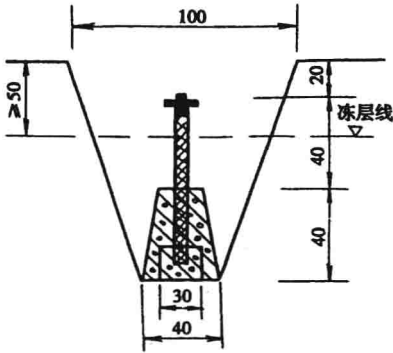


图 1-7 钢管结构的水准标石

钢管也可用等长的钢轨代替，但其顶端宜锯成斜面，轨头宜锉磨成圆球形并镀锌或镀铜，代替水准标志的作用。

以上三种形式的水准标石，均应建筑在冻层线以下的原土层上，但也只能作为 III 等以下的水准点

或施工水准点用，对高程控制网的水准基点，需埋于性能良好的新鲜基岩内，或作特殊设计的深基础结构标石内。

(4) 基岩水准基点标石

埋在基岩中的水准基点标石如图 1-8 所示。在桥址线附近若有完整基岩露头时，可埋设岩层水准基点。埋设前首先对岩层外部的覆盖土及风化层进行彻底清理，然后在基岩层上开凿一适当深度的岩坑，此坑内再凿成两个高差均为 0.1 m 的岩孔，岩孔内必须用水冲洗石粉，以 1:2 水泥砂浆灌注，并分别埋入两个水准标志，一个作为主水准点，另一个作为副点，每个水准标志上均以混凝土标志盖覆盖，另对副点及其岩坑盖以混凝土盖板，然后在四周再修建挡水或排水设备。

(5) 深埋钢管水准基点标石

深埋钢管的水准基点标石如图 1-9 所示。当地表覆盖层较厚，基岩埋藏更深，采用明挖不可能时，可采用钻孔埋管建立深埋钢管标。

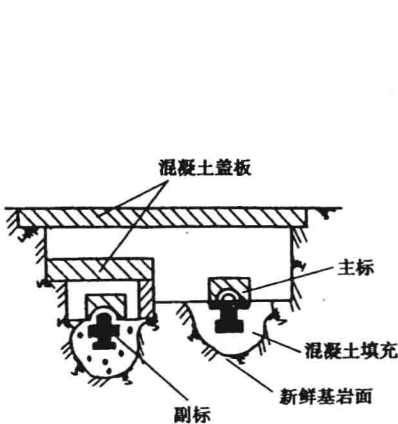


图 1-8 基岩水准基点标石

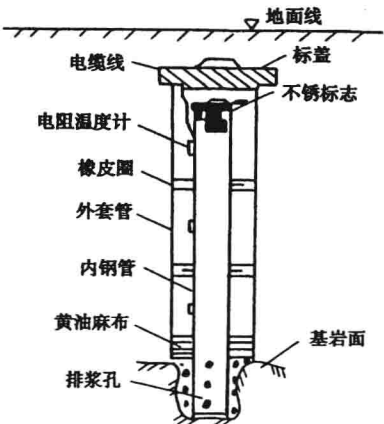


图 1-9 深埋钢管水准基点标石

此种基点施工时，先用钻机钻到新鲜基岩以内 2 m 以上，以 $\phi 70 \sim 75$ mm 的镀锌网管埋入基岩内，钢管下部 2 m 处预先钻有若干排浆孔，以便自管内灌入水泥砂浆，并自孔底处排出，使钢管与基岩相结合。内管外再套一个外钢管，直径约 130 mm，外管外缠以黄油麻布，内外管间设有数层橡皮圈垫撑，内管顶端焊以不锈钢水准标志，并在内管的不同高程处设若干电阻温度计，以便测定内管的温度。外管的设立，是为了防止地面表层偶然的移动而影响内管的位置。

(6) 双金属标志的深埋式水准基点标石

双金属标志的深埋式水准基点标石如图 1-10 (a) 所示。双金属深埋水准标志的特点是深埋两根具有不同膨胀系数的金属管，并测定两管的温度及高程，以求消除由于温度对标志高程构成的误差。

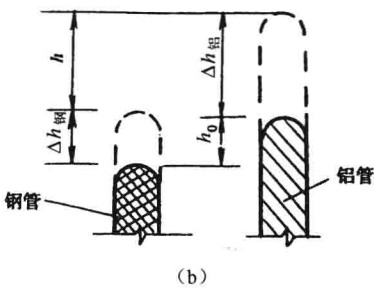
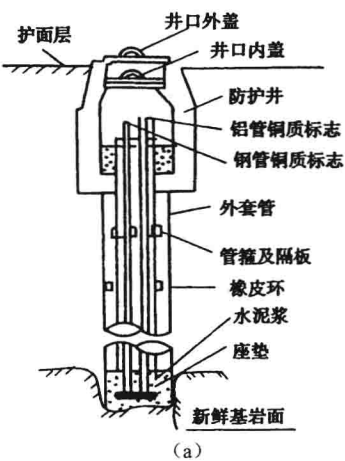


图 1-10 双金属标志的深埋式水准基点标石

这种水准基点，适用于建筑在坚硬的基岩上，施工埋设时先钻孔穿过覆盖的土层及岩面风化层，达到坚硬的新鲜岩层，然后用水泥砂浆固定套管，再在套管内装置直径各为 30 mm 的钢、铝管各一根（也可以用直径 30 mm 的铝管装置在直径为 70 mm 的钢管内，两管之间用橡皮环垫撑同时放下）。在标管底部先安放好垫座，然后再灌注一层水泥砂浆与基岩固结（在套管固结后，应将套管内清理干净）起来。

以钢管标点高程为基准，并借铝标点高程提供温度改正数。由于铝管的线膨胀系数为钢管的两倍，从图 1-10 (b) 可知：

$$\Delta h_{\text{铝}} + h_0 = \Delta h_{\text{钢}} + h \tag{1-1}$$

$$\Delta h_{\text{铝}} = 2\Delta h_{\text{钢}} \tag{1-2}$$

所以钢管标点高程的温度改正值为：

$$\Delta h_{\text{钢}} = h - h_0 \tag{1-3}$$

- 式中： $\Delta h_{\text{铝}}$ ——铝管标点的温度变形量，mm；
 $\Delta h_{\text{钢}}$ ——钢管标点的温度变形量，即温度改正值，mm；
 h ——某次观测时两管之高差，mm；
 h_0 ——始测时两管之高差，mm。

(7) 桩基水准基点标石

桩基水准基点标石见图 1-11。这种标石往往在施工初期，利用打试桩或钻挖试验桩的条件埋造，一般有管桩标石和钻挖标石两种形式。

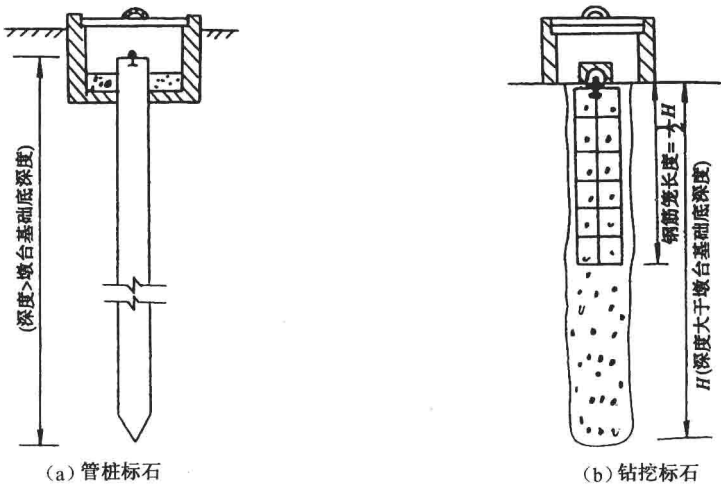


图 1-11 桩基水准基点标石

桩基水准标石主要是由于桥址附近无岩石露头或岩层很深，或者是软土、冲积层地带较深，采用其他深层结构颇费时费工时采用。

管桩标石的深度应大于附近墩、台和基础的深度，打完桩后，仅需要在桩顶的法半盘上焊上或旋上一个标志即可，然后在其周围用砖砌成一个井圈，加上混凝土盖以资保护。

钻挖桩标石，一般采用泥浆护壁钻挖深孔，泥浆比重为 1.05 左右，钻挖深度宜超过施工时的钻挖深度，挖成后，即下放钢筋笼，其下放长度约为钻挖孔深度的一半，然后灌注水下混凝土直到孔顶，将水准标志埋入时，要注意防止陷进混凝土内，必要时在钢筋笼顶部预焊一个预制件作为固结水准标志的承托点，最后砌以护井并加上顶盖。

1.2.2 道路与桥隧测量标点器具

我们知道，不论是平面上的点还是纵面上的点，先得确定其位置，然后才能用桩点标定，或者先用桩点标定，再测设其位置，要完成上述工作均需要标点器具，这里所谓的标点器具习惯上称为目标点标志，它是在测量过程中临时占用点所在的位置，目的是取得或测定其位置数据使用。一旦点位确定后还