

Gonglu Gongcheng
Shigong Celiang



公路工程 施工测量

陈睿 编著 韩山农 主审

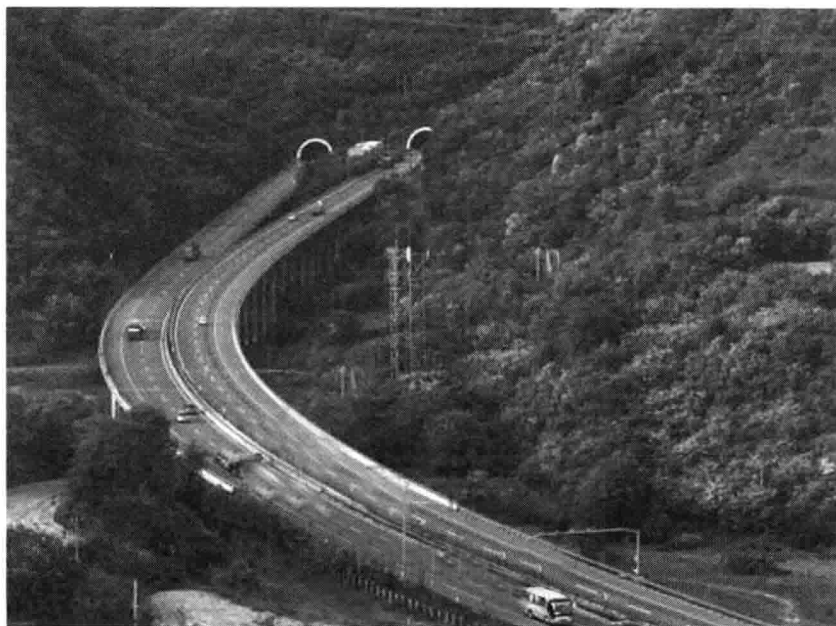


国防工业出版社

National Defense Industry Press

公路工程施工测量

陈 睿 编著
韩山农 主审



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是作者 10 多年公路工程施工测量经验的总结,突出公路工程施工测量常规的实践应用,重点是使用全站仪、自动安平水准仪进行公路工程,包括路基、路面、桥梁、涵洞、隧道的施工测量技术。为体现与时俱进,书中全部应用现行公路工程测量相关的新版规范,主要内容有公路工程施工测量基础、测量前的准备工作、导线复测、线路平面坐标计算、线路设计高程计算、施工测量及放样技术、路基路面放样技术、桥涵施工测量、公路隧道施工测量、卡西欧 fx-5800P 计算器测量应用基础、Excel 测量应用基础、AutoCAD 测量应用基础。测量、计算、绘图是工程测量技术人员的基本技能,本书通过全站仪、自动安平水准仪、卡西欧 fx-5800P 计算器、Excel 电子表格、AutoCAD 的工程测量综合应用,完美地将测量、计算、绘图结合起来。

本书可供公路工程施工测量人员使用,也可供铁路工程、市政工程等路桥相关测量人员参考,对路桥施工测量初学者更具有指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程施工测量/陈睿编著. —北京:国防工业出版社,2014.1

ISBN 978-7-118-09116-8

I. ①公... II. ①陈... III. ①道路工程—施工测量 IV. ①U415.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 286309 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 14 $\frac{1}{4}$ 字数 250 千字

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 34.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

本书由广东交通职业技术学院公路学院陈睿编著,1996年—2006年间作者在施工单位工地现场从事高速公路施工工作,2009年转入学校教学工作。在翻阅教学参考书时,发现一个惊奇的现象,不少工程测量类的参考书上,居然有很多是10多年间工地测量中从未见到的,例如,微倾式水准仪、光学经纬仪、钢尺精密量距、视距测量、曲线线路偏角法测量、切线支距法测量、平行线法控制线路中线等,书中的内容陈旧,与工地现场脱节,于是决定自己亲自编写教材,这是本书的由来。

在编写过程中,坚持一个理念:给读者以启发,指引一条新路,给读者展示不同的思路。所以即使是实践经验的总结,也没有手把手、一步一步地教,写得不落掉一个细节,基本上都是点到即止,文字尽可能少一些。这样的好处是给读者留下自由广阔的空间发挥,每个人需要思考,来解决自己面临的问题。因为知识是自己主动获取的,而不是简单地套用别人的做法。

本书完全根据现行新版规范编写,涵盖了国家标准《工程测量规范》(GB 50025—2007)、交通部行业标准《公路桥涵施工技术规范》(JTG F50—2011)、《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)、《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80/1—2004)等,这样更利于现场测量人员应用。毕竟,为了找到与测量相关的几行字,去翻阅厚重的规范也是一件痛苦的事。

即使到现在,熟练操作仪器、准确快速地计算数据、思路清晰地完成测量任务,是刚入工程测量的新人梦寐以求的。反复地翻阅设计图纸、仔细核对数据和桩位、精度检核是测量人的主要工作。

本书内容包括平面坐标计算、5800P 计算器程序编制、全站仪自由设站、Excel 公式编写、AutoCAD 辅助计算等都是多年实践经验的总结,以期对大家有所帮助。

感谢韩山农老前辈对本书字斟句酌、一丝不苟地审校。韩山农老前辈审阅的是我寄送的打印稿,为了方便批示意见我特意单面打印,老先生在空白的一面作了大段大段文字的修改,而且那些文字是先用铅笔打出横格再用钢笔写上去的。韩山农老前辈高度认真的作风正是测量工作精益求精的体现,给我们测量

的后来者树立了标杆。韩山农老前辈 70 高龄仍在公路工地现场测量,坚信“实践出真知”,将一生献给了钟爱的测量事业。

本书在编写过程中得到了湖南交通职业技术学院王中伟副教授、广东省科技干部学院覃辉教授、卡西欧(上海)贸易有限公司蔡家义先生、广东交通职业技术学院王劲松教授的指点,在此深表谢意。在编写过程中参阅了大量的文献资料,感谢原作者的辛勤劳动。

分享是快乐的,也有一丝担忧。尽管我与测量结缘 20 年了,但个人的视野毕竟是窄小的,我所从事的测量相对于整个行业,犹如大海中的一滴水,太微不足道了,加之作者水平有限,时间仓促,错漏之处在所难免,恳请读者批评指正,并将意见发到邮箱 chenrui1996@126.com,以期不断改进。

陈睿

2013 年 10 月于广州

目 录

第1章 公路工程施工测量基础	1
1.1 公路工程施工测量的任务和内容	1
1.1.1 公路建设及其程序	1
1.1.2 公路施工测量的任务	2
1.1.3 公路施工测量的内容	2
1.2 公路工程施工测量的依据	4
1.2.1 设计图纸及其内容	4
1.2.2 与公路施工测量相关的技术规范	5
1.3 测量记录的要求	6
1.4 公路工程施工测量的仪器设备及材料准备	7
1.4.1 测量仪器及其检定	7
1.4.2 计算工具	8
1.4.3 测量放样需要的其他材料	9
1.5 对测量技术人员的要求	10
1.6 工程测量行业及新仪器的发展	11
1.6.1 测绘行业的发展	11
1.6.2 测量新仪器	11
1.7 进阶深入学习指南	13
1.8 专业术语	14
第2章 测量前的准备工作	15
2.1 施工现场交接桩	15
2.2 熟悉施工图纸	15
2.2.1 设计总说明	16
2.2.2 路线平面设计图	16
2.2.3 路线纵断面图	16

2.2.4	路基横断面图	16
2.2.5	路面结构图	18
2.2.6	直线、曲线及转角表	19
2.2.7	导线点、水准点成果表	19
2.2.8	逐桩坐标表	19
2.2.9	路基设计表	22
2.2.10	结构物设计图	25
2.3	用仪器测量复核	25
2.4	图纸会审	25
2.4.1	图纸会审的程序	25
2.4.2	图纸会审的内容	26
第3章	导线复测	27
3.1	测量控制点的加密	27
3.2	导线点的复测	28
3.2.1	规范基本要求	28
3.2.2	导线复测的实施	30
3.2.3	规范观测要求	30
3.2.4	平差计算要求	31
3.2.5	以全站仪坐标为观测量的导线测量	32
3.3	水准点的复测	34
第4章	线路平面坐标的计算	38
4.1	认识公路线路	38
4.1.1	线路平面线形	38
4.1.2	中桩和边桩	40
4.1.3	断链	41
4.2	平面坐标计算的基础	42
4.2.1	坐标方位角	42
4.2.2	坐标正算	43
4.2.3	坐标反算	43
4.3	直线段中桩和边桩坐标的计算	46
4.4	圆曲线段中桩和边桩坐标的计算	51
4.4.1	圆曲线要素及里程计算	51

4.4.2	圆曲线中桩和边桩计算原理	52
4.4.3	圆曲线段中桩和边桩计算	53
4.5	缓和曲线段中桩和边桩坐标的计算	59
4.5.1	缓和曲线的作用其组合	59
4.5.2	缓和曲线的参数	60
4.5.3	缓和曲线要素计算	62
4.5.4	缓和曲线中桩和边桩计算原理	66
4.5.5	基本形曲线的坐标计算原理	67
4.5.6	缓和曲线段中桩和边桩计算	68
4.6	公路全线坐标计算	76
4.6.1	使用 Excel 道路中边桩坐标计算程序	77
4.6.2	使用逐桩坐标计算程序	78
4.6.3	使用 Casio fx-5800P 计算程序	79
4.6.4	【实例 4-6】的最终结果	82
第 5 章	线路设计高程的计算	83
5.1	线路纵断面线形	83
5.2	直线坡段中桩设计高程计算	84
5.3	竖曲线段中桩设计高程计算	85
5.3.1	竖曲线要素计算(近似公式)	85
5.3.2	中桩设计高程计算(近似公式)	85
5.3.3	中桩设计高程计算(精确公式)	86
5.4	公路全线设计高程计算(计算机软件计算)	93
5.4.1	使用 Excel 道路中边桩坐标计算程序	94
5.4.2	使用纵断面设计高程计算程序	95
5.4.3	使用 Casiofx-5800P 计算程序	96
5.5	超高段设计高程计算	98
5.5.1	超高方式	98
5.5.2	超高横坡的计算	99
第 6 章	施工测量及放样技术	104
6.1	全站仪测量与放样	104
6.1.1	认识全站仪	104
6.1.2	全站仪坐标测量方法	108

6.1.3	全站仪坐标放样方法	109
6.1.4	全站仪三角高程测量	110
6.2	水准仪高程测量与高程放样	113
6.2.1	公路施工中的高程测量	113
6.2.2	设计高程放样方法	113
6.3	全站仪自由设站	116
6.3.1	平面坐标测量和放样中的自由设站	116
6.3.2	高程测量中的自由设站	118
第7章	路基路面放样技术	120
7.1	公路征地界放样	120
7.2	中桩放样	121
7.3	全站仪法路基边桩放样	121
7.3.1	边桩放样的原理	121
7.3.2	逐渐趋近法边桩放样的步骤	122
7.3.3	边桩放样的过程模拟	123
7.4	边坡坡度的控制	126
7.4.1	填方段坡度控制	126
7.4.2	挖方段坡度控制	126
7.5	路基施工的测量控制	127
7.5.1	填方路堤的控制	127
7.5.2	挖方路堑的控制	128
7.5.3	顶面设计高程的控制	128
7.6	路基验收要求	129
7.7	路面施工放样	129
7.8	路面验收要求	130
7.9	路基路面几何尺寸测试方法	132
7.9.1	准备工作	132
7.9.2	宽度测试步骤	133
7.9.3	纵断面高程测试步骤	133
7.9.4	路面横坡测试步骤	133
7.9.5	中线偏位测试步骤	134
7.9.6	相关规定	134
7.10	交工验收	134

第 8 章 桥涵施工测量	135
8.1 桥梁施工平面控制网布设	136
8.1.1 平面控制网布设要求	136
8.1.2 平面控制网常见网形	137
8.2 桥梁施工高程控制网布设	138
8.2.1 高程控制网布设要求	138
8.2.2 高程控制网的测量	139
8.3 桥梁墩台中心定位	141
8.4 桥梁墩台纵横轴线测设	142
8.5 墩台施工放样	144
8.5.1 基础施工放样	144
8.5.2 桥墩高程传递	146
8.5.3 桥墩细部放样	147
8.5.4 台帽与盖梁放样	147
8.6 桥梁竣工测量	148
8.6.1 墩台竣工测量	148
8.6.2 桥梁竣工测量	148
8.7 桥梁的变形观测	148
8.7.1 沉降观测	149
8.7.2 水平位移观测	149
8.7.3 倾斜观测	149
8.7.4 挠度观测	150
8.7.5 裂缝观测	150
8.8 涵洞施工放样	150
第 9 章 公路隧道施工测量	153
9.1 公路隧道概述	153
9.2 公路隧道控制测量	154
9.2.1 隧道控制测量设计	154
9.2.2 隧道平面控制测量	154
9.2.3 隧道高程控制测量	154
9.3 洞内平面控制测量	155
9.3.1 洞内导线布设的形式	155

9.3.2	洞内导线点的埋设	156
9.3.3	洞内导线的观测	156
9.4	隧道放样测量	156
9.5	贯通误差的测定及调整	157
9.5.1	贯通误差的测定	157
9.5.2	贯通误差的允许值	157
9.5.3	贯通误差的调整	158
9.6	交(竣)测量	158
第 10 章	卡西欧 fx-5800P 计算器测量应用基础	160
10.1	基本操作方法	161
10.1.1	开关机	161
10.1.2	按键说明	161
10.1.3	计算表达式的输入	162
10.1.4	屏幕及状态栏	163
10.1.5	模式的选择	164
10.1.6	计算器的设定	165
10.1.7	计算器的功能菜单	167
10.1.8	使用存储器的计算	168
10.1.9	角度计算及坐标转换	170
10.2	程序的建立、运行与管理	171
10.2.1	创建一个新程序	171
10.2.2	运行已输入的程序	174
10.2.3	程序文件的管理	175
10.3	编程命令	177
10.3.1	基本操作命令	178
10.3.2	转移与分支命令	179
10.3.3	循环命令	183
10.3.4	程序控制命令	186
10.3.5	逻辑运算命令	186
10.3.6	清除命令	186
10.3.7	计算设定命令	187
10.3.8	变量的扩充	187
10.3.9	常见错误信息	188

10.4	编程方法	189
第 11 章	Excel 测量应用基础	190
11.1	公式和函数应用	190
11.2	里程和角度在 Excel 中的表示	191
11.3	Excel 中与测量相关的常用函数	191
11.4	Excel 公式错误值的含义及更正方法	192
第 12 章	AutoCAD 测量应用基础	195
12.1	AutoCAD 坐标系与单位设置	195
12.1.1	方法一: x 和 y 交换法	195
12.1.2	方法二: UCS 坐标系法	196
12.2	Autocad 工程测量图形绘制	197
12.2.1	工程测量常用命令	198
12.2.2	精细地显示圆曲线提高精度	198
12.2.3	圆曲线上桩号的定位	199
12.2.4	竖曲线	200
12.2.5	用 Excel 计算的坐标结果在 AutoCAD 画图的 快速方法	201
12.3	AutoCAD 参数查询	202
12.3.1	通过特性窗口查询	202
12.3.2	距离、坐标、面积、周长查询	203
12.3.3	角度查询	205
附录	南方测绘 NTS962 全站仪基本操作简介	206
参考文献		216

第 1 章 公路工程施工测量基础

1.1 公路工程施工测量的任务和内容

1.1.1 公路建设及其程序

公路属于交通基础设施建设,与地区的经济发展密切相关。公路建设需要根据交通运输部、地区的路网规划进行,如《国家高速公路网规划》于 2004 年经国务院审议通过,是中国公路网中最高层次的规划,由 7 条首都放射线、9 条南北纵向线和 18 条东西横向线组成,简称为“7918 网”,总规模约 8.5 万 km。要实现这个规划目标,预计需要 30 年的时间,目前仍然是公路建设的高峰期。

公路建设是一项造价高额、技术复杂、工期长、协作难度大的投资行为,为确保建设效果,必须遵循建设程序进行。我国的公路建设通常有可行性研究、公路勘测、公路设计、公路施工、竣工验收等几个阶段,各个阶段均由专业的单位来完成,当然还有工程监理贯穿其中。

【工程实例】舟山大陆连岛工程

舟山大陆连岛工程被载入浙江省舟山市国民经济和社会发展的第十个五年计划纲要,是舟山振兴的“希望工程”。2005 年,舟山大陆连岛工程又被列入浙江省重点建设项目,是中国最大的岛陆联络工程,总投资逾百亿元,建设期从 1999 年~2009 年共 10 年,共 130 余家设计、咨询、施工、监理单位参与建设。

舟山大陆连岛工程由岑港大桥、响礁门大桥、桃夭门大桥、西堠门大桥(图 1-1)和金塘大桥等五座跨海大桥及接线公路组成。起于舟山本岛,途经里钓岛、富翅岛、册子岛、金塘岛,于宁波镇海炼化厂西侧登陆,按高速公路标准建设,全长约 50km,其中桥长约 25km。其中金塘大桥:全长 26.54km,概算总投资 77.0 亿元人民币;西堠门大桥:全长 5.452km,概算总投资 23.6 亿元人民币,是世界上最大的钢箱梁悬索桥,建设时动用直升机架设先导索过海。

该项目分为一期和二期两个阶段实施。一期工程包括岑港大桥、响礁门大桥、桃夭门大桥和其间的接线公路,于 1999 年底动工建设,至 2004 年底主体



图 1-1 西垭门大桥

工程建设完成，2006 年 1 月 1 日全部建成通车。二期工程包括西垭门大桥、金塘大桥和其间的接线公路，于 2004 年 5 月开工建设，2009 年 11 月建成通车。

我国公路建设的标志性工程还有已建成的杭州湾跨海大桥、苏通大桥、秦岭终南山隧道，及在建中的港珠澳跨海大桥(预计 2016 年建成)等。

1.1.2 公路施工测量的任务

在公路建设的各个阶段，工程测量都是一项重要任务，可以说公路工程测量贯穿于勘测、设计、施工、监理、竣工等各个阶段，施工阶段的时间最长，通常需要 1~5 年的时间，所以本书着重介绍公路施工阶段的测量技术。

公路建设内容通常包括路基、涵洞、路面、桥梁、隧道、排水设施、防护设施、交通安全设施等专业内容。公路施工测量的任务，就是根据公路工程施工进度，把这些构筑物的平面位置和高程按照设计图纸、技术规范的要求准确地在工地现场实地标示出来，使其位置、几何尺寸、高程满足设计图纸和验收规范的要求，随后在施工过程中加强监控，确保在相应的施工方案下将图纸转化为实物，最终完成的构筑物能够满足安全舒适行车的使用功能。施工测量在公路施工实践中通常称作“施工放样”、“施工放线”或“照图放样”。

1.1.3 公路施工测量的内容

关于公路工程测量基础，例如水准仪、经纬仪、全站仪的基本操作，还有水平角、竖直角、距离测量、水准测量、小区域平面控制测量，及纵断面测量、

横断面测量等基础知识，这些都不是本书讲述的重点，如有疑问，请查询相关书籍。本书重点讲述这些公路测量基础知识在公路施工中的实践应用。

通常，公路施工测量是按照公路工程施工流程及施工进度来进行的，具体需要完成以下工作内容：

1. 施工前公路施工测量的内容

- (1) 收集齐全本标段的《施工图设计》图纸及文字资料；
- (2) 与业主、设计单位、监理单位一起，现场交验每一个导线点、水准点，并实际勘察沿线的地貌地物；
- (3) 准备测量仪器及工具材料，如仪器送检等；
- (4) 核算图纸中的有关数据，核对构筑物的位置、各向尺寸、高程、平面坐标，为图纸会审提供资料，并保证图纸无误；
- (5) 复测设计单位提供的导线点，并在施工标段现场，结合线路实际情况进行加密；
- (6) 复测设计单位提供的水准点，并在施工标段现场，结合线路实际情况进行加密。

2. 工程施工过程中公路施工测量的内容

- (1) 利用本标段的导线点，采用全站仪坐标法放样等方法，标定出路基中桩、边桩等平面位置，以控制线路整体线形符合设计要求；
- (2) 利用本标段的导线点，采用全站仪坐标法放样等方法，标定出线路上结构物，如涵洞、桥梁、隧道、支挡结构、排水设施的平面位置，以控制结构物的平面几何图形符合设计要求；
- (3) 利用施工标段水准点，采用水准测量等方法，标定路基的中桩及边桩高程，以控制施工中填挖高度、线路纵向坡度及横向坡度；
- (4) 利用施工标段水准点，采用水准测量等方法，标定线路上各构造物各个层面的高程；
- (5) 对在施工过程对标定出来的高程及平面位置根据需要进行检查及控制，确保“按图施工”，而不是“照猫画虎”；
- (6) 隧道、软土高路堤、桥梁的变形监测；
- (7) 每月对已完构筑物工程量的测量，提供工程数量，用于计价申请进度款；
- (8) 根据业主要求，对公路各部分放样的过程形成文字图表资料，完成竣工资料中测量的部分。

3. 工程施工结束后公路施工测量的内容

根据设计图纸、验收规范的要求，用全站仪、水准仪、钢尺、平整度尺等

仪器工具,检测路基、路面、涵洞、桥梁、隧道等的宽度、高程、横坡及中线偏差等几何尺寸,确定工程的各道工序是否合格,并最终评定整个工程的质量等级。

1.2 公路工程施工测量的依据

公路施工测量需要满足两个方面的要求:①设计单位提供的设计图纸;②国家或交通运输部发布的技术规范,以确保最终形成的是合格工程,这是对工程的最低要求。“按图施工”是对施工技术人员、测量人员的基本要求,任何时候都不得违背,线路及构筑物施工放样的位置、平面尺寸、高程必须与设计图纸相符,而且误差必须符合现行技术规范的要求。不符合设计图纸和技术规范的工程,不得验工计价,不得竣工验收。

1.2.1 设计图纸及其内容

《公路工程施工图设计》通常由公路勘察设计院完成,对于一般工程,需要先后经过初步设计和施工图设计两个阶段;对于技术难度复杂的特大桥梁、特长隧道采用三阶段的设计,即在初步设计和施工图设计阶段增加技术设计。设计图纸必须经有资质的单位审查通过后方可交给施工单位。

施工测量的依据是公路施工图设计,即设计的最后一个阶段的图纸。依据《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》(交公路发[2007]358号),完整的公路施工图设计包括以下部分:

- (1) 第一篇 总体设计
- (2) 第二篇 路线
- (3) 第三篇 路基、路面
- (4) 第四篇 桥梁、涵洞
- (5) 第五篇 隧道
- (6) 第六篇 路线交叉
- (7) 第七篇 交通工程及沿线设施
- (8) 第八篇 环境保护与景观设计
- (9) 第九篇 其他工程
- (10) 第十篇 筑路材料
- (11) 第十一篇 施工组织计划
- (12) 第十二篇 施工图预算
- (13) 附件 基础资料

1.2.2 与公路施工测量相关的技术规范

公路施工有施工的技术规范,公路测量有测量的技术规范,施工测量贯穿于施工和验收的过程中,施工测量应即符合现行规范的要求。规范规定的内容,是一项工程达到合格的最低标准而不是最高标准。

技术规范分为三部分,如2011年新发布的《公路桥涵施工技术规范》(JTGF50—2011),见图1-2,其中,“《公路桥涵施工技术规范》”是规范名称,“JTGF50”是规范的编号,表示是“交通运输部公路工程行业标准”,“2011”则是规范发布的年份,“/T”表示是推荐性标准,不强制施行。从属性上规范分为两类,一类为强制性标准(即编号没有“T”的规范),是无条件必须遵守的,另一类为推荐性标准(即编号带有“T”的规范,汉字“推荐”的第一个拼音),国家鼓励各单位采用。从范围上分,技术规范分为国家标准、行业标准、地方标准及企业标准,其适用范围不同,国家标准在各省各行业均适用,行业标准则在各省本行业内适用,地方标准通常在确定的区域适用,企业标准则只在本企业适用,如交通运输部发布的规范属于行业规范,在全国公路建设行业适用,在铁路、水利水电行业不适用。



图 1-2 《公路桥涵施工技术规范》封面