



桥梁工程实用测量

第二版

朱海涛 编著

中国铁道出版社

铁路科技图书出版基金资助出版

桥梁工程实用测量

第二版

朱海涛 编著

中国铁道出版社

2004年·北京

内 容 简 介

本书以现行国家标准与行业标准为依据,以丰富的成功实例为基础,阐明了桥梁工程(尤其是大型复杂桥梁工程)测量工作的关键问题和实际解决办法。内容涉及:测量仪器的检验和校正;测量误差的基本知识及其应用;特大桥平面控制网的测设;光电测量仪器的应用及需注意的几个问题;特大桥高程控制测量;大中桥墩建筑过程中的测量与放样;引桥(或旱桥)的施工测量与放样;预应力混凝土梁在制造和架设中的测量内容和方法;钢梁架设中的测量工作。

本书第一版已售罄。第二版增加了墩、台的变形观测,特大桥的水文测量工作,工地附属工程的测量和放样等三章内容;第二版第七章增加了围笼管柱基础的施工放样,桩基础的施工测量与放样,超声波并斜仪测量孔径、孔斜的方法等三节内容。

读者对象:土木工程及桥梁工程科研、设计、施工技术人员,相关专业大学师生。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程实用测量/朱海涛编著. —2版. —北京:
中国铁道出版社, 2004. 12
ISBN 7-113-06102-8

I. 桥... II. 朱... III. 桥梁测量 IV. U442
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 089672 号

书 名:桥梁工程实用测量 第二版

作 者:朱海涛 编著

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:刘启山

责任编辑:刘启山

封面设计:马 利

印 刷:北京盛通彩色印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16 印张:39.75 插页 1 字数:986 千

版 本:2000年7月第1版 2004年12月第2版 2004年12月第2次印刷

印 数:1001~2500 册

书 号:ISBN 7-113-06102-8/TU·786

定 价:120.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话 010-63583191 发行部电话 010-63549495



作 者 简 介

朱海涛 高级工程师,工程测量专家。曾历任铁道部大桥局工程师、高级工程师、援外工程测量专家。退休后被聘为上海城市建设研究院勘测室顾问;铁道部华铁工程咨询公司监理组长、总监理师;上海景灿监理公司总工程师;浦东新区城建科技委浦佳咨询公司副总工程师、总监理师。

业 绩 1. 从事过武汉长江大桥、郑州黄河大桥、广州珠江(东西两座)大桥、南京长江大桥、枝城长江大桥、九江长江大桥、钱塘江二桥的工程测量组织和技术领导工作。2. 在九江长江大桥期间曾负责过科技办工作,解决了40m跨度预应力梁的上拱度实测报告,首次在国内为设计提供了制梁台座预设下挠度(反拱度)的可靠数据。3. 在南京长江大桥工程测量中提出了“秒差图解定位法”,解决了沉井在晃动中的定位难度和速度问题,后又创造了“网络图定位法”,直接用观测值在网络图上定位,国内外都没有先例。4. 在援越的河内升龙大桥工作中,任测量专家,不仅完成了任务,还为越方培训了技术干部,获得我国和越南政府机构领导的表彰。5. 在上海罗山路立交桥工程中,获得市政府颁发的“造桥英雄”称号。6. 在上海浦东金海路工程总监的工作中,获得浦东新区的立功奖章和奖状。7. 编著了约80万字的《桥梁工程实用测量》一书,由中国铁道出版社于2000年7月出版。8. 参加编写了《市政工程施工监理实用手册》约150万字中的35万字,已于2002年由中国建筑出版社出版。9. 先后在《桥梁建设》、《公路》、《上海市市政工程》、《中国市政工程》、《建设监理》、《铁道标准设计》等杂志发表论文20余篇,其中若干篇获得了省部级一等和三等优秀论文奖。

第一版序

朱海涛同志长期从事大桥建设的测量工作,特别是武汉、南京、九江等几座大桥的正桥基础及上部钢梁安装的测量工作。最近,朱海涛同志总结几十年工作实践经验,编著了《桥梁工程实用测量》一书,有些内容已在《桥梁建设》杂志上发表,深得好评。全书颇有新意和实用价值,对工程测量人员和施工人员的工作有很好的参考价值,特向出版社推荐本书出版。

中国工程院院士
陈 新
铁道部大桥工程局副总工程师

1996年3月6日

第二版序言

本书在桥梁工程测量方面,学术内容达到国际水平,在国内极为少见,实用价值很高。由于有几十年实际经验,作者的写作表达能力都很好,从出版的销售情况已见端倪。今补充再版,应于积极支持。

教授级高工

高级技术顾问

唐寨澄

2003年12月9日

第二版序言

朱海涛同志所著《桥梁工程实用测量》乃桥梁工程测量专著,国内尚不多见。作者毕生从事桥梁工程测量工作,他参加或负责过横跨长江、黄河、珠江、钱塘江等多座特大桥的测量工作。此书既从理论上作了论述,又是他数十年测量工作的经验总结,内容丰富、全面,立论清晰,实用性极强,达到国内先进水平。再版发行实有必要。

教授级高工

前大桥工程局副总工程师

南京长江二桥技术顾问

南京长江三桥技术顾问

苏通长江大桥技术顾问

李家斌

2003年12月20日

第二版序言

朱海涛同志从中国第一座长江大桥——武汉长江大桥开始,一直从事工程测量工作。他编著的《桥梁工程实用测量》一书,为其数十年通过十几座大桥工程测量实践总结和经验积累的结晶,在具体理论和方法上有所创新,今又补充三章,全书内容荟萃了他多年的心得和实践,确切实用,实为施工测量人员较好的参考资料,建议予以再版。

教授级高工

中国工程院院士

方秦汉

2003年12月25日

第一版序言

本书编著者朱海涛同志在筹建中国长江上第一座大桥——武汉长江大桥时,即到大桥工程局工作。直到1991年退休,将近40年一直从事桥梁工程的测量工作和工程测量的组织与技术领导工作。他参与和组织领导的十几座特大桥工程测量工作中没有出现过差错。由于他严谨的作风和长期实践,积累了丰富的经验,创造了许多开拓性的方法。

作者虽已退休,仍工作不息,将多年积累的资料,结合新的光电仪器的应用,编写了《桥梁工程实用测量》一书。

本书主要特点是介绍桥梁工程实用测量方法,对相关的基本理论也作了一些必要的阐述和推导,并通过大量实例来论证理论与实际相结合的新的实用方法。

书中特别汇集了作者数十年来,在长江、黄河、珠江上几座特大桥遇到的各种不同施工方法和条件,所采用的富有创新的方法。如网络图图上定位法,解决了墩、台基础工程在漂浮晃动状态下的定位问题等。

工程测量最关键的问题,是在施工过程中不允许出现粗差,本书在这方面也介绍了一些成功的经验和防止的办法。

出版此书,对工程测量人员和施工人员,特别是对桥梁工程测量人员,将有很好的参考使用价值。

铁道部原工务局局长 张虹村

1998年12月

第一版前言

“工程测量学”是以研究工程建设中各种测量问题的一门独立的学科。“桥梁工程测量”则是“工程测量学”的一个重要分支,它是桥梁勘测、设计、施工和养护中的一个重要环节。尤其是在施工中的测量和放样工作,允许有误差,不允许有粗差,否则后果不堪设想。因此其成果的精度高低直接关系到桥梁上、下部结构质量的好坏。

随着桥梁科学技术的发展,也必然对测量工作提出了新的更高的要求,这样就使我们在实践和理论上要研究解决许多新问题。例如快速施工中的测量与放样工作如何配合的问题;浮运基础结构工程在晃动情况下的定位问题;水下基础隐蔽工程的几何尺寸检查问题等等。

电子和激光技术的迅速发展,正在工程测量的领域内不断得到充分的应用。例如红外光电测距仪、全站仪、激光准直仪、激光铅垂仪、超声波井径井斜仪,以及 90 年代以来的 GPS 卫星定位测量系统等,在一些工程测量中已经得到采用。这些新仪器、新设备的引进和使用,不但节约了时间,提高了工效,给施工带来很大的方便,而且也给施工测量自动化创造了条件。特别是对专用控制网的测设,不仅减轻了劳动强度,而且使操作迅速、简便高效、成果反映及时,精度完全能满足设计要求。

本书采用的规定以现行国家标准(详见参考文献)和铁道部 1999 年 3 月颁布的《新建铁路工程测量规范(TB10101—99)》(以下简称《测规》)为依据。以贯彻实用为主,但对一些基本理论或原理也作了一些必要的阐述并用实例来说明,使读者可拿来就用。

由于本人水平有限,错误之处在所难免,诚恳希望读者、专家、学者不吝批评指正。

最后对支持本书出版的领导和同志以及参考文献的编著者和译者表示衷心的感谢。

编著者 朱海清

1999 年 6 月

第二版前言

本书第一版的前言中已述及了本学科的发展动向和情况。对于桥梁工程测量者而言,最根本的任务就是要求在桥梁施工各种复杂的过程中,能提出简捷、方便、精度高、易于检核的各种测量和放样的工作方法,以适应工程进度、高质量的预定要求。本书 2000 年 7 月第一版出版后,受到读者和工程测量界许多同仁的肯定评论,同时也提出了一些宝贵的意见和建议,主要反映在内容上还不够齐全。有鉴于此,为了满足读者的愿望,重新整理了若干座特大桥的水文测量、变形观测、附属工程测量等三章的内容。并且在第一版的第七章中增加了管柱基础、桩基础、超声波井径井斜仪测量的方法等三节内容,补充到第二版中,以飨读者,并期抛砖引玉之望。

本书得以再版特向出版社的领导和同志以及我的老领导、原铁道部工务局局长张虹村同志、中国工程院两位院士陈新、方秦汉先生以及桥梁专家唐寰澄、李家咸两位教授级高工的支持和推荐表示衷心的感谢和敬意。

由于本人水平有限,错误之处在所难免,诚恳希望读者、专家、学者不吝批评指正。

朱海涛

2004 年 7 月 6 日

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 大桥工程测量的意义	1
第二节 大桥工程测量的任务及其基本内容	1
第三节 特大桥工程测量的人员组织及仪器工具的配备	2
第二章 测量仪器的检验和校正	5
第一节 概 述	5
第二节 水准仪的检验与校正	5
第三节 经纬仪的检验与校正	8
第四节 仪器、工具在保管和使用中应注意的事项	19
第三章 测量误差的基本知识及其应用	23
第一节 概 述	23
第二节 测量误差的分类	23
第三节 偶然误差的性质	24
第四节 最小二乘法原理的概念	27
第五节 评定测量精度的尺度	29
第六节 误差传播定律和权的概念	34
第七节 距离测量之误差分析	42
第八节 水平角观测的误差分析	49
第九节 水准测量的误差分析	51
第四章 特大桥平面控制网的测设	60
第一节 概 述	60
第二节 特大桥专用三角网必要精度的确定方法	60
第三节 特大桥三角网的图形选择及埋标要求	65
第四节 基线测量	72
第五节 水平角观测与测站平差	89
第六节 归心元素测定及其改正计算	101
第七节 桥梁三角网按条件观测平差	105
第八节 三角网按条件观测平差的计算步骤及应注意的事项	127
第九节 桥梁三角网平差算例	129
第十节 边网及边角网的平差计算方法及其实例	157
第五章 光电测量仪器的应用及需注意的几个问题	202
第一节 概 述	202
第二节 光电测距仪测距的基本原理	202
第三节 红外光电测距仪的主要部件	204

第四节	提高光电测距精度的一般规定和措施	205
第五节	光电测距主要误差来源和分析	206
第六节	光电测距仪检测的内容和方法	213
第七节	光电测距仪测距的成果计算	230
第八节	光电测距仪测距的精度问题	233
第九节	全站仪的使用和注意事项	234
第十节	GPS 测量系统的简介	262
第六章	特大桥高程控制测量	267
第一节	概 述	267
第二节	一般规定	267
第三节	高程控制网的布网、埋标的基本要求	269
第四节	水准测量实施的有关方法和注意事项	275
第五节	跨河水准测量	284
第六节	三角高程测量	302
第七节	水准网的平差计算	309
第七章	水中桥墩建筑过程中的测量与放样	323
第一节	概 述	323
第二节	桥墩定位的各种方法及其特点	323
第三节	前方交会法的误差来源及精度估算	354
第四节	后方交会法的精度估算	367
第五节	筑岛沉井施工中的测量工作	379
第六节	浮式沉井基础施工中的测量内容和方法	399
第七节	围笼管柱基础的施工测量	412
第八节	桩基础的施工测量与放样	421
第九节	超声波井斜仪测量孔径、孔斜的方法	428
第八章	引桥(或旱桥)的施工测量与放样	437
第一节	引桥施工测量的特点	437
第二节	引桥中线控制点间直接测量或间接测量的方法	437
第三节	直线引桥桥墩中心的精确测定及副桩测设	438
第四节	长引桥的平面控制网(锁)的测设方法	440
第五节	引桥墩、台施工时,放样设计十字线不通视的几种归心测量方法	455
第六节	引桥高墩墩顶的高程传递	459
第七节	长引桥在曲线上的计算和测设方法	461
第八节	引桥的竣工测量内容	475
第九章	钢筋混凝土预应力梁在制造和架设中的测量内容和方法	477
第一节	概 述	477
第二节	预应力简支梁制造场地的控制网测设	477
第三节	制梁台座上的测量放样工作	480
第四节	箱梁模板检查的内容和检测时所使用的工具	483
第五节	箱梁胶拼前后的放线和检测工作	488

第六节	钢筋混凝土预应力简支梁的上拱度实测方法·····	488
第七节	预应力简支梁架设前后的测量工作·····	494
第八节	分段悬臂法施工的长跨度预应力混凝土连续梁的测量内容和方法·····	501
第九节	预应力混凝土等高连续箱梁顶推法施工中的测量内容和方法·····	504
第十章	钢梁架设中的测量工作·····	506
第一节	概 述·····	506
第二节	架梁前墩顶应做好的测量准备工作·····	507
第三节	钢梁制造及安装中的有关允许误差及一般规定·····	509
第四节	支座安装中的测量工作·····	513
第五节	用膺架法拼装钢梁时的测量内容和方法·····	515
第六节	悬臂法或半悬臂法拼装钢梁时的测量工作·····	516
第十一章	墩、台的变形观测 ·····	523
第一节	概 述·····	523
第二节	墩、台变形观测的精度要求 ·····	523
第三节	水平位移观测·····	524
第四节	垂直位移观测(沉降观测)·····	531
第五节	墩台的裂缝变形观测·····	536
第六节	墩台的倾斜观测·····	537
第七节	墩、台顶部梁体间的伸缩缝观测 ·····	538
第十二章	特大桥的水文测量工作·····	540
第一节	勘测阶段的水文测量工作·····	540
第二节	施工阶段的水文测量工作·····	541
第十三章	工地附属工程的测量和放样·····	568
第一节	概 述·····	568
第二节	工地总平面图布置的控制测量问题·····	568
第三节	工地专用公、铁路测设的原则及放样 ·····	575
第四节	大型圆形建、构筑物的测量 ·····	599
第五节	电力线路的放样及其弛度测量·····	604
第六节	厂房、车间等建筑物的放样 ·····	610
第七节	工地现状图的测量问题·····	613
参考文献	·····	616

第一章 绪 论

第一节 大桥工程测量的意义

大桥工程测量是工程测量学中一个重要组成部分,主要是研究和解决大桥施工前后的所有测量和放样工作。因此,也是桥梁修建中不可忽视的重要一环。从实际意义上讲,大桥工程测量是确保工程质量的重要关键之一。为了做好测量工作,客观上要求桥梁建筑的行政和技术领导,应给予足够的重视,例如支持引进新技术的应用;配置必要的仪器、工具及其更新;在工地给予必要的测量条件等等。对每个工程测量人员则要求:在工作上必须具有严肃的高度责任感,互相协作;在业务知识上,必须接受新事物,精益求精,不断学习,以提高操作水平。

从某种意义上来看,测量成果是集体创造的,不论是技术人员或工人,稍有一点疏忽或麻痹大意,往往就会铸成大错,给工程带来严重的质量后果。“失之毫厘,差之千里。”应该是工程测量人员必须牢记的座右铭。

第二节 大桥工程测量的任务及其基本内容

大桥工程测量的任务按工程进行的先后步骤来分,则可以分为三个方面:

(一)施工前的勘测工作

这个阶段的测量工作主要是为选择桥址、确定桥跨方案给设计工作提供所必需的水文资料、跨河长度以及两岸必要的各种比例尺地形图。其基本内容有:

1. 收集和测量各种典型水位的流向平面图。
2. 收集和测量最大船只的航道图。
3. 收集和测量桥位地区冲淤变化的固定断面,垂线流速综合图。
4. 收集和测量桥位地区上下游河流水面坡度变化的水流纵断面图。
5. 收集和测量桥址区域范围的 1:5 000、1:2 000 河床平面图。
6. 收集和测绘历年的水位过程线图及逐年最高洪水位和最大流量图。
7. 桥址两岸 1:5 000、1:2 000 的地形图测绘。
8. 配合工程地质勘探中的测量定位工作。
9. 过江水准测量使两岸的水准点采用统一高程。
10. 平面控制网的初测工作,以供布设桥跨及连接两岸里程或坐标。

(二)施工过程中的测量放样工作

在初步设计文件经审查并经国家批准后,即进入施工阶段,就要根据施工组织设计的总平面图的布置将建筑物和墩、台的位置在实地进行定线放样,以作为施工的依据。其基本内容有:

1. 对勘测部门移交的平面控制网进行验收及复测,同时根据放样工作的需要,加密施工

控制点。

2. 永久性的水准基点的验收、复测及配合施工和变形观测需要加密施工水准点及基岩水准点(或深层标)组成高程控制网。

3. 定期检测平面控制网、高程控制网的成果。

4. 水中桥墩基础(沉井、围笼、管柱等)的测量和放样工作。

5. 桥墩、桥台的平面轴线放样和高程放样;

6. 施工中的水文观测。

7. 架梁过程中的测量放样工作。

8. 施工准备阶段的附属工程(购地、房屋、公路、铁路专用线、电力线路、管路……等)的放样和测量。

9. 引桥的施工测量工作。

10. 竣工测量及墩、台的变形观测。

(三)工程竣工后运营期间的测量工作

在大桥建成通车后,为了检查全桥的安全、质量和稳定的情况,并且验证设计是否正确合理,需要定期对全桥各重要部位进行位移、倾斜、沉陷等内容的观测,其基本内容有:

1. 墩、台的沉陷、倾斜、位移观测工作应从施工单位接收累计的观测资料后,长期进行下去,其观测时间的密度视工程稳定的情况而定。

2. 钢梁支座(特别是活动支座)受温度影响的位移观测工作。

3. 水中墩周围河床洪水期受冲刷的观测。

4. 钢梁的预拱度(或下挠度)情况的观测。

第三节 特大桥工程测量的人员 组织及仪器工具的配备

(一)概述

凡全桥长度超过1 000 m的大桥工程测量工作,应成立专门的测量组织来进行专业性的工作,特别是当工程量很大,工程性质艰巨复杂且由两岸同时施工时,更应由一个统一的测量队来统筹安排全桥的测量工作。因此,人员的多寡和仪器、工具的配备很难作标准的规定,必须按照实际的自然地理条件、工程量大小、进度快慢、人员的技术水平和测量设备的状况来具体规划,但必须贯彻技术责任制和岗位责任制这个管理原则,使技术人员有职、有责、有权,充分发挥技术人员的职能作用。然而作为大桥工程测量的技术人员还必须具有桥梁工程的知识,善于识图和读图,要基本了解工程结构的设计意图和施工中的工艺,这样才能根据工程质量的要求,确定应该放样的点和线以及选择相应精度的观测方法和技术措施。使测量放样工作具有针对性,避免或减少盲目性,合理地解决施工过程中的各种测量问题。

根据长江及黄河上几座特大桥的实践来看,仅能提供参考的人员组织和仪器、设备和工具的状况如下:

(二)人员组织的构成及组织形式

- | | |
|-------------------|----|
| 1. 内行或接近内行的领导担任队长 | 1人 |
| 2. 主任工程师 | 1人 |
| 3. 管库、材料、考勤兼总务 | 1人 |

4. 内业组:组长(由工程师担任)	1 人
技术员或助理工程师	1 人
绘图、资料管理兼收发	1 人
5. 水文组:组长(由技术人员担任)	1 人
助理工程师或技术员	1 人
测量工	若干人
(配有机动测深船时,不计在内,另计)	
6. 左岸组 技术人员	1~2 人
测量工	若干人
7. 右岸组 技术人员	1~2 人
测量工	若干人

若两侧引桥全长各超过 2 000m 时,则应另设引桥小组,每岸可安排技术人员 2 人,测量工若干人,若遇工程高峰时期显得人员紧张不足时,可由队部根据各工点的具体情况加以临时调配,将左右两岸合并成一个正桥组,保证工作正常进行。

(三)基本的仪器设备

短程红外光电测距仪[标称误差 $\pm(5\text{ mm}+5\times 10^{-6}D)$]或全站仪	1 台	流速仪(快速、配 100 kg 铅鱼一个、 水文绞车 1 台)	2 台
DJ ₁ 级(T ₃ 型)经纬仪	1 台	流速仪(慢速、配铅鱼 20 kg 一个)	2 台
DJ ₂ 级(T ₂ 型)经纬仪	3 台	小平板仪	2 套
DJ ₆ 级(T ₁ 型)经纬仪	3 台	激光竖直仪或垂直投影仪	1 台
DS _{0.5} 或 DS ₁ 级(配因瓦水准尺)		超声波井径井斜仪	1 台
水准仪	1 台	双筒望远镜(15 倍~30 倍)	4 架
DS ₃ 级水准仪或激光水准仪	5 台	固定式觇标架及活动	
半导体回声测深仪[配 200 马力 (200×0.735kW)机动船 1 艘]	1 台	可调式觇标架	6 套

(四)必要的工具

电脑	2 台	水准尺(3 m 长、双面读数)	5 对
电子计算器(附三角函数)	10 个	水准坑道尺(箱式、2 m 长)	2 对
交、直流两用报话机	4 台	重型尺垫	2 对
半导体点温计	4 个	轻型尺垫	2 对
弹簧秤(30 kg)	4 个	花杆(2.5 m 长)	10 根
50 m 带状毫米刻划钢卷尺	10 把	长花杆(竹杆或合金杆,6 ~8 m 长)	6 根
30 m 带状厘米刻划钢卷尺	5 把	红白标志旗	10 面
20 m 带状厘米刻划钢卷尺	5 把	8 磅铁锤	2 个
50 m 皮尺	2 把	小钉锤	4 个
2 m 钢卷尺	30 把	铅丝钳	4 把
100 m 线尺	10 根	木工锯	2 把
测钎($\phi 6\times 400\text{ mm}$)	40 根	手锯	2 把
测钎($\phi 12\times 1\ 200\text{ mm}$)	5 根		