

水运工程测量手册

交通部《水运工程测量手册》编写组

人民交通出版社

U612.12-62/1

水运工程测量手册

SHUIYUN GONGCHENG CELIANG SHOUC

交通部《水运工程测量手册》编写组



人民交通出版社

北京



000003213494

内 容 简 介

本手册根据交通部《水运工程测量规范》JTJ203—94的内容和要求,编入了平面和高程控制测量、地形测量、水位控制测量、水深测量、河川及沿海水文观测、港口及疏浚施工测量、变形观测、制图及测量仪器等内容。手册中既有传统的测量方法,又有现代化高新技术和理论,还重点介绍了全站仪、全球定位系统(GPS)、声学全覆盖扫测及自动化成图系统等现代化测量仪器。它既能满足水运工程生产一线技术人员的需要,又可作为有关高等院校师生及测量管理技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水运工程测量手册 / 交通部《水运工程测量手册》编写组编. —北京: 人民交通出版社, 2000
ISBN 7-114-03676-0

I.水... II.交... III.航道工程 - 勘测 - 手册
IV.U612.2 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 61554 号

水运工程测量手册

交通部《水运工程测量手册》编写组

版式设计:王秋红 责任校对:张捷 责任印制:张凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:52.5 字数:1344 千

2001 年 6 月 第 1 版

2001 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—3000 册 定价:150.00 元

ISBN 7-114-03676-0

U · 02659

《水运工程测量手册》编写组人员名单

主 编：郭文伟

副主编：李金亮

编 务：谢介平

组 员：李为荣 袁世中 张文波 唐友田 万大斌 张铁军
冯立新 周则尧 沈宏远 栾永仁 贺武鸣

各章编写人员

- | | | | | | | | |
|----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1 | 绪 | 论： | 郭文伟 | | | | |
| 2 | 平面控制测量： | 郭文伟 | 李金亮 | 张文波 | 张铁军 | 栾永仁 | |
| 3 | 高程控制测量： | 张文波 | 唐友田 | 栾永仁 | | | |
| 4 | 地 形 测 量： | 李金亮 | 张文波 | | | | |
| 5 | 水 位 控 制： | 袁世中 | 沈庚余 | | | | |
| 6 | 水 深 测 量： | 郭文伟 | 袁世中 | | | | |
| 7 | 水 文 观 测： | 万大斌 | 沈宏远 | 贺武鸣 | | | |
| 8 | 施 工 测 量： | 李为荣 | 郭文伟 | 谢介平 | | | |
| 9 | 变 形 测 量： | 李为荣 | 张文波 | | | | |
| 10 | 制 | 图： | 冯立新 | 万大斌 | 周则尧 | | |
| 11 | 测 量 仪 器： | 张文波 | 袁世中 | 李为荣 | 李金亮 | 万大斌 | |
| | | | 郭文伟 | | | | |

审 校 人 员

徐 光 陈祖兴 仇伯强 李永恒 唐永胜 郑乔雄 马亚平
黄广钿 王金伟 郭文伟 李金亮

编写说明

本手册是在交通部水运司(原基建司)的直接领导下及天津航道局领导的关怀下,根据《[1994年度水运工程建设标准、定额编制计划]有关事宜的通知》要求,组织编写的。

本手册仍遵循《水运工程测量规范》的编写原则,即:“综合、完善、提高和求同存异”。手册与规范配套,是适用于港口工程测量、疏浚工程测量、沿海及内河航道测量等专业的综合性测量工具书。主要满足水运工程测量技术人员的生产需要,同时也可作为其他测量专业技术人员、工程管理人员及有关专业的大中专师生的重要参考书。其内容以实用为主,简繁适度,既不是教课书,又不是论文,其表达方式尽量用图表形式,以利于查找使用。对当前的新技术、新仪器尽量用详尽明白的文字和用语简练叙述。全书共十一章,160余万字。

编写工作由交通部水运司(原基建司)技术处直接领导,编写组成员以原《水运工程测量规范》编写组在职成员为主,通过协商和推荐,最后经交通部批准,于1995年6月正式成立编写组,主编单位为天津航道局。参编单位有中港一航院、上海航道局、天津海监局、三航局、长江航道局、天津水科所等,共12人。

本手册初稿完成后,逐章向交通部主要水运工程测量单位及海军海洋测绘研究所的著名专家征求意见,在交通部水运司领导和关怀下,于1998年10月通过了部级审定。

本手册的结构形式和内容安排,充分体现了我国当代水运工程的特点,它吸收了水运系统的《港口工程测量手册》、《内河航道测量》、海军舰艇学院《海道测量》、《水深测量》以及国内外已出版的各种测量专著、规范、手册等行之有效的内容,融入了当前国内外海洋测绘、全球定位系统(GPS)及其GPS坐标系统多种高新技术成果。它既包容了水运工程及海洋测绘的基础理论和传统测绘方法,又汇集了以GPS(GNSS)等为代表的当代海洋测绘新技术、新方法、新设备的应用信息等。它将是我国技术先进、内容完整、适应性强的大型工具书之一。

我们相信本书的出版必然为我国水运工程及海洋测绘事业的发展和科技进步,产生较大的经济效益及社会效益。

交通部《水运工程测量手册》编写组

2000年4月

目 录

1	绪论	1
2	平面控制测量	5
2.1	坐标系统	5
2.1.1	地球椭球基本概念	5
2.1.2	椭球元素	5
2.1.3	地心坐标系	10
2.1.4	参心坐标系	25
2.1.5	高斯——克吕格平面直角坐标系	36
2.2	GPS 测量	43
2.2.1	GPS 静态相对定位	43
2.2.2	GPS 准动态定位	46
2.2.3	GPS 载波相位测量	50
2.2.4	GPS 网的设计	56
2.2.5	GPS 测量外业实施	60
2.2.6	GPS 网数据处理及精度评定	68
2.3	角度观测	80
2.3.1	水平角观测	80
2.3.2	角度观测误差	82
2.3.3	归心元素测定及归心改正	84
2.4	电磁波测距及钢尺量距	87
2.4.1	测距原理	87
2.4.2	光电测距的误差	87
2.4.3	测距观测及技术要求	89
2.4.4	钢尺量距	97
2.5	导线测量	99
2.5.1	导线测量布设	99
2.5.2	导线测量的外业实施及技术要求	100
2.5.3	全站仪导线测量	101
2.5.4	导线测量的内业平差计算	103
2.5.5	导线测量内业平差计算的电算介绍	119
2.6	三角测量	120
2.6.1	三角测量的布网、等级及技术设计	120
2.6.2	三角测量外业的实施与技术要求	125
2.6.3	三角测量的严密平差计算	127

2.6.4	三角网近似平差	156
2.6.5	应用电子计算机进行三角网平差	162
2.7	三边测量	166
2.7.1	三边测量的外业工作及技术要求	166
2.7.2	三边网条件平差	167
2.7.3	测边网间接平差	174
2.8	边角测量	177
2.8.1	边角网按条件平差	178
2.8.2	边角网间接平差	187
2.9	交会定点测量	191
2.9.1	前/后/侧方交会	191
2.9.2	多方向交会	197
3	高程控制测量	204
3.1	高程基准	204
3.2	水准测量	204
3.2.1	水准测量原理	204
3.2.2	水准路线的布设与精度估算	205
3.2.3	选点与埋石	208
3.2.4	各等水准测量的主要限差和路线长度	210
3.2.5	水准测量的实施	210
3.3	三角高程测量	212
3.3.1	三角高程测量的外业工作	212
3.3.2	三角高程测量的内业计算	216
3.3.3	电磁波测距三角高程测量	219
3.4	高程控制网平差及精度评定	222
3.4.1	高程控制网条件平差	223
3.4.2	高程控制网间接平差	228
3.4.3	高程网附有未知数的条件平差	230
3.5	过(跨)河水准测量及水面水准测量	236
3.5.1	跨河水准测量的技术要求	236
3.5.2	跨河水准测量方法	239
3.5.3	水面水准测量	248
3.6	GPS 高程测量及数据处理	250
3.6.1	高程系统	250
3.6.2	大地高与正常高的转换关系	251
3.6.3	GPS 高程测量的野外工作	251
3.6.4	GPS 高程测量的数据处理	252
3.6.5	算例	256
4	地形测量	259
4.1	地形测量方法	259

4.1.1	测量前的图板准备	259
4.1.2	测站补点的布设	262
4.1.3	视距及高差测定	265
4.1.4	测图方法	265
4.2	细部测量	271
4.2.1	地物测绘	271
4.2.2	地形测绘	274
4.2.3	细部点坐标测定	280
4.3	自动化成图	285
4.3.1	野外数据采集系统	285
4.3.2	数据处理系统	287
4.3.3	数控成图系统	288
4.4	内业清绘及整饰	290
4.4.1	接边与检查	290
4.4.2	清绘与整饰	291
5	水位控制测量	301
5.1	水位站的布设	301
5.1.1	水位站的分类	301
5.1.2	水位站布设的要求	301
5.1.3	水位站控制范围	302
5.1.4	水位站的水尺零点引测	303
5.2	水位观测	304
5.2.1	水位观测	304
5.2.2	观测资料检查及水尺校验	308
5.2.3	测站考证簿和水位站经历簿	309
5.3	平均海面及计算	312
5.3.1	平均海面及分类	312
5.3.2	平均海面的计算及精度	314
5.3.3	短期站、临时站多年平均海面的确定	315
5.3.4	内河平均水位的计算	316
5.4	深度基准面及计算	317
5.4.1	深度基准面	317
5.4.2	航行基准面的计算	320
5.5	理论最低潮面的计算	324
5.5.1	潮汐现象	324
5.5.2	有关的天文知识	327
5.5.3	潮汐成因	332
5.5.4	潮汐调和分析	334
5.5.5	理论最低潮面的计算	339
5.5.6	临时水位站深度基准面的确定	342

6 水深测量	343
6.1 图板准备	343
6.1.1 图幅及编号	343
6.1.2 绘制图廓及坐标格网	344
6.1.3 展绘控制点的步骤	346
6.1.4 外业图板上应套绘的其他资料	347
6.1.5 绘制辐射线格网	347
6.1.6 绘制等角圆弧格网	352
6.1.7 绘制极坐标定位格网	458
6.1.8 绘制双曲线格网	369
6.1.9 绘制圆——圆格网	362
6.1.10 绘制直角坐标格网	365
6.1.11 测深线设计	365
6.1.12 水深测量自动化成图外业实施前的机上准备工作	366
6.2 水深测量外业定位	367
6.2.1 水深测量定位方法的选择	367
6.2.2 定位方法与图形组合条件	368
6.2.3 水深测量外业定位的一般要求	373
6.2.4 前方交会法外业定位的实施	374
6.2.5 后方交会法外业定位的实施	374
6.2.6 断面索定位法的实施	375
6.2.7 侧方交会法外业实施	376
6.2.8 导标一角法外业实施	377
6.2.9 方位高差法作业方法和应注意的问题	377
6.2.10 极坐标法外业实施	378
6.2.11 无线电双曲线定位的实施	382
6.2.12 微波测距定位系统圆——圆法的实施	385
6.2.13 实时差分 GPS(DGPS)定位法	387
6.2.14 RBN-DGPS 系统定位法	406
6.3 测深	407
6.3.1 测深仪器、工具的选用	407
6.3.2 测深仪的调整和实测深度改正	411
6.3.3 测深回波信号的判读	415
6.3.4 船舶(测深仪换能器)动吃水改正数测定	417
6.3.5 航迹观测	419
6.4 水位分带改正数计算	421
6.4.1 水位分带改正法的使用条件	421
6.4.2 分带数及带宽	421
6.4.3 带界的划分和水位的内插	422
6.4.4 两站间水位分带改正数的求取	422

6.4.5	三站间水位分带改正	423
6.4.6	可用微处理批处理的水位改正的数学模型(或方法)	428
6.5	适航深度测量	430
6.5.1	适航深度	430
6.5.2	适航深度测量方法	431
6.6	水下障碍物扫测	436
6.6.1	水下障碍物分类	436
6.6.2	水下障碍物探测方法分类	438
6.6.3	加密水深测量的技术要求	438
6.6.4	多波束全覆盖扫测	438
6.6.5	软式传统扫测的主要技术要求	440
6.6.6	扫海具的结构	441
6.6.7	扫海重叠带宽度计算公式	441
6.6.8	内河水下障碍物扫测(软、硬式扫床)	442
6.6.9	侧扫声呐探测	444
6.7	非自动化水深测量内业成图	446
6.7.1	水深测量内业工作基本要求	446
6.7.2	外业图板整饰要求	447
6.7.3	从测深记录纸上量取水深的技术要求	448
6.7.4	水位分带及改正数的求取	448
6.7.5	航标及障碍物的记入	448
6.7.6	图上水深点间距	448
6.7.7	深度计算	448
6.7.8	水下障碍物探测内业基本要求	449
6.7.9	水深注记取位及等深线勾绘	453
6.7.10	水深注记书写	454
6.7.11	原图映绘和出版原图清绘	454
6.7.12	原图审查(核)和审定验收	455
6.7.13	深度误差	455
6.8	水深测量自动化成图	456
6.8.1	系统组成	456
6.8.2	系统的功能	456
6.8.3	数据采集规定	457
6.8.4	水深测量数据采集的外业实施	457
6.8.5	水深测量数据采集的内业处理	457
6.8.6	水深测量外业采集数据与机助制图系统的数据传输	459
6.8.7	内业自动绘图	459
6.8.8	自动化成图系统内业数据处理及绘图的实施步骤举例	459
6.9	港口工程地质调查	460
6.9.1	利用浅地层剖面仪进行港口工程调查的外业工作	460

6.9.2	内业整理	461
6.9.3	探测报告	462
7	水文观测	463
7.1	河川工程水文观测	463
7.1.1	比降观测	463
7.1.2	表面流速、流向观测	465
7.1.3	流量测验	467
7.2	海岸工程水文观测	479
7.2.1	海浪观测	379
7.2.2	风观测	488
7.2.3	海流观测	491
7.3	泥沙测验及底质探测	496
7.3.1	悬移质测验	496
7.3.2	推移质输沙测验	501
7.3.3	底质探测	504
7.4	固定断面测量	513
7.4.1	固定断面的布设	514
7.4.2	固定断面测量	514
8	施工测量	517
8.1	施工平面控制测量	517
8.1.1	施工平面控制网、点的设置要求(注意事项)	517
8.1.2	控制网、点坐标换算	517
8.1.3	施工控制网、点精度的确定方法	518
8.1.4	施工平面控制网、点图形及布设	519
8.1.5	施工控制网、点布设精度要求	520
8.2	施工高程控制测量	521
8.2.1	施工水准点(BM点)布设要求	521
8.2.2	施工高程控制测量的精度要求和施测方法	521
8.3	水运工程施工放样基本工作	521
8.3.1	几种放样(测设)平面位置的方法	521
8.3.2	高程放样的几种方法	529
8.3.3	港口道路曲线放样简述	530
8.4	施工标志	531
8.4.1	施工标志的种类	531
8.4.2	施工导标	531
8.4.3	施工标志的设计要求	534
8.5	疏浚施工放样	535
8.5.1	样桩的放样方法及注意事项	535
8.5.2	导标样桩放样技术要求	536
8.5.3	导标放样	536

8.5.4	导标的校验	538
8.5.5	施工船展布定位测量	539
8.5.6	施工深度放样和控制	540
8.6	吹填区测量	541
8.6.1	吹填区测量的基本要求	541
8.6.2	吹填区测量方法	542
8.7	港口工程施工放样	543
8.7.1	概述	543
8.7.2	高桩码头施工测量	547
8.7.3	重力式码头施工测量	569
8.7.4	防波堤的施工测量	578
8.7.5	滑道及斜坡码头的施工测量	579
8.7.6	船坞施工测量	588
9	变形测量	595
9.1	变形监测网的布设	595
9.1.1	建立平面监测网的原则	595
9.1.2	高程监测网的布设要求	596
9.2	水平位移观测	597
9.2.1	用方向线法(视准线)、激光准直法观测码头、岸坡的水平位移	597
9.2.2	支距法观测码头的水平位移	599
9.2.3	前方交会法观测码头的水平位移	600
9.3	沉降(垂直位移)观测	601
9.3.1	沉降观测的主要技术要求	601
9.3.2	沉降观测注意事项	601
9.3.3	岸坡的变形观测	602
9.3.4	位移、沉降观测新技术	602
9.4	挠度观测	605
9.4.1	激光扫平法	605
9.4.2	全站仪交会法	605
9.4.3	全站仪三维坐标法	606
9.5	近景摄影测量	609
9.5.1	共线方程	609
9.5.2	近景摄影测量的外业工作	609
9.5.3	近景摄影测量的内业工作	611
9.5.4	近景摄影测量应用实例	613
9.6	变形观测的成果处理	617
9.6.1	观测数据的整理分析内容	617
9.6.2	编制综合图的方法及资料汇总步骤	617
10	制图	622
10.1	航道图要素	622

10.1.1	数学要素	622
10.1.2	地理要素	628
10.1.3	整饰要素	636
10.2	制图投影的基本原理	637
10.2.1	地图投影的定义及分类	637
10.2.2	高斯—克吕格投影	638
10.2.3	UTM 投影	639
10.2.4	墨卡托投影	639
10.2.5	平面图	642
10.3	编图设计	643
10.3.1	确定海图的数学基础	643
10.3.2	分幅、编号及图面配置	644
10.3.3	编图资料的搜集、分析和选择	647
10.3.4	制图工艺方案的确定	648
10.3.5	编图设计及图历表	648
10.4	编绘	649
10.4.1	编绘方法	649
10.4.2	数学基础的计算和展绘	650
10.4.3	制图资料的加工和转绘	651
10.4.4	各要素的编绘要求	653
10.4.5	内河航道图的编绘	653
10.5	自动绘图系统	667
10.5.1	机助制图系统的组成	667
10.5.2	应用机助制图系统制图的工艺流程	668
10.5.3	数字地图及电子海图	669
10.5.4	机助制图系统应用范例	670
10.6	清绘及注记	674
10.6.1	清绘	674
10.6.2	符号	677
10.6.3	注记	678
10.7	原图检查、验收及出版	679
10.7.1	原图的检查、验收	679
10.7.2	原图的出版	681
11	测量仪器	685
11.1	水准仪	685
11.1.1	水准仪系列的分级及其基本参数	685
11.1.2	水准仪的检验与校正	685
11.1.3	电子水准仪	688
11.2	经纬仪	691
11.2.1	经纬仪系列的分级及其基本参数	691

11.2.2	经纬仪的检验与校正	692
11.2.3	经纬仪各种误差的影响及消除方法	700
11.3	测距仪	701
11.3.1	测距仪的分类	701
11.3.2	仪器的精度等级及主要技术参数	701
11.3.3	测距仪的检验	701
11.3.4	测距仪的误差来源及消除方法	715
11.4	全站仪	719
11.4.1	全站仪基本结构	719
11.4.2	全站仪各部件的名称	719
11.4.3	全站仪的功能(SET2CH)	719
11.4.4	全站仪观测前的准备工作	721
11.4.5	全站仪系列表	723
11.5	激光经纬仪、激光准直仪	726
11.5.1	激光经纬仪	726
11.5.2	激光准直仪	728
11.6	激光扫平仪	730
11.6.1	激光扫平仪的特点	730
11.6.2	激光扫平仪结构	730
11.6.3	激光扫平仪系列	732
11.7	测波仪	734
11.7.1	“波浪骑士”威尔浦 II 型(Waverider Equipment)	734
11.7.2	恩迪科(ENDECO)956 型测波仪	735
11.7.3	国产 SBA3-2-1 台站测波仪	737
11.8	水位仪	739
11.8.1	浮子式水位仪	739
11.8.2	浮子式水位遥报仪	742
11.8.3	无测井(井筒)式水位仪	743
11.8.4	自容式水位计	745
11.8.5	超声波水位计	745
11.8.6	气介超声水位仪	746
11.8.7	一种特殊的超声波水位计	746
11.8.8	国内外水位计一览表	748
11.9	无线电定位系统	751
11.9.1	无线电定位法及分类	751
11.9.2	对无线电定位系统的主要技术要求	752
11.9.3	相位双曲线定位系统	753
11.9.4	微波测距定位系统	756
11.10	极坐标定位系统	763
11.10.1	极坐标定位的数学模式	763

11.10.2	极坐标跟踪仪定位工作原理	765
11.11	全球定位系统	766
11.11.1	全球定位系统(GPS)概况	766
11.11.2	GPS 信号	768
11.11.3	GPS 接收机	771
11.11.4	GPS 测量值	777
11.11.5	差分 GPS(DGPS)	781
11.11.6	GPS 观测误差	785
11.11.7	GPS 接收机检验	787
11.11.8	GLONASS(ГЛОНАСС)全球导航卫星系统	789
11.12	精密回声测深仪	793
11.12.1	回声测深仪的分类	793
11.12.2	回声测深仪的基本原理	794
11.12.3	测深仪各部分构造及工作原理	795
11.12.4	回声测深仪的性能	798
11.12.5	回声测深仪的检验与校正	799
11.12.6	常用仪器型号及主要技术参数	800
11.13	多波束测深系统	803
11.13.1	系统的工作原理及基本组成	803
11.13.2	四波束测深仪(四换能器扫测仪)	805
11.13.3	BOMA 扫测系统	806
11.14	侧扫声呐	808
11.14.1	基本工作原理	808
11.14.2	系统的基本组成	810
11.14.3	侧扫声呐的主要技术要素	811
11.15	海流计和流速仪	815
11.15.1	直读式海流计	815
11.15.2	长期自记海流计	816
11.15.3	RDI-DR0600 型声学多普勒流速剖面仪(ADCP)	818
11.16	浅地层剖面仪	818
11.16.1	浅地层剖面仪概述	818
11.16.2	浅地层剖面仪的基本原理	819
11.16.3	浅地层剖面仪基本组成	820
11.16.4	判读时的声脉冲传播速度的选择	821
11.16.5	浅地层剖面仪的安装与校核	821
11.16.6	浅地层剖面仪主要型号及技术指标	821
	参考文献	823

1 绪 论

水运工程测量是直接为港口、航道及其配套设施等水运工程建设的发展规划、科研、工程设计、施工、竣工验收、运营管理、航行安全保证及工程变形观测等服务的一门专业性很强的应用科学技术。随着我国国民经济及科学技术的飞速发展,测绘事业在当今电子技术的带动下,始终处于国民经济的前沿阵地,它已广泛应用了当今最先进的GPS(美国)、GNSS(俄罗斯)全球定位技术,地理信息系统及自动化成图系统等。水运工程测量已成为我国测绘行业的重要专业测绘之一。它是海洋测绘的重要组成部分。它具有基础性测量和工程测量的双重特点。它与国家传统大地测量、空间大地测量(GPS或GNSS测量)、城市测量、地籍测量、水利工程测量、地图及航道图出版等测绘专业有着紧密的联系。它是我国港口工程的先行基础技术工作,是水运事业不可分割的一部分。

1. 水运工程对测量工作的要求

水运工程的不同阶段对测量工作有不同的要求,现分别说明如下:

(1)水运工程规划阶段

水运工程规划阶段,需要由测绘工作提供港口1:2000~1:20000比例尺地形图、航道图及普通海图。对我国新开港口,此资料大多数都可以从国家、城市及海洋测绘单位获取;对已建成的港口的发展规划,这些资料,则可以直接由水运工程营运单位(港务局或建港指挥单位)自行解决。如果上述各单位均无法提供规划所需的地形图、航道图及一般海图时,必须由规划单位直接组织或委托专业测绘单位实地测绘所需图件。

(2)工程可行性研究阶段

水运工程可行性研究所需的测量工作和规划阶段基本相同,只是测图比例尺要比规划阶段大些,一般为1:2000~1:5000。而且根据研究项目对测量的不同要求,测绘的具体技术指标,有所提高。有时可行性研究与规划所需测量可同时进行,一般依工程大小而定。

(3)设计阶段

设计阶段又分为初步设计和施工图设计阶段,在设计阶段,首先要确定港口的平面坐标系统和高程(深度)基准,然后测绘较大比例尺(1:500~1:5000)的地形及水深图并提供其它较详细的测量资料。这个阶段的测量工作是整个水运工程项目的最重要的综合基础测量,其主要工作包括:现场踏勘、收集平面及高程控制资料,地形图、水深图、气象及水文潮汐资料等,进行测量技术设计,建立平面、高程控制网,设立水位站,确定工程深度基准面,测绘设计所需要的大比例尺地形图和水深图或水下地形图等。

(4)施工阶段

这个阶段的测量工作基本上分为港口工程施工测量和疏浚施工测量两部分。

对于港口工程施工(含航道整治工程构筑物),主要是在原来设计勘测的基础上,把港口码头、后方堆场、港口配套的建筑物,道路、管网、船闸、防坡堤等图上设计内容测设(放样)到实地上去。并进行必要校核测量。

对于疏浚施工测量(包括码头基础施工测量、航道整治施工测量),一般也是以原勘测成果为基础的。但是,由于疏浚水域施工范围大,其测图控制范围比港口工程施工要大,原来设计勘测建立的平面及高程控制点,往往不能满足施工需要,还必须加密或扩展,甚至重新布设控制网。有的港口,由于航道较长,还需要新加设水位站,以求得狭长航道各段水域的深度基准面,进行水位分带改正。其具体测量方法、内容与设计阶段相同。

(5)竣工验收阶段

不论是港口工程还是航道整治及疏浚工程,在工程验收前都必须进行竣工测量。它包括地形测量和水深测量,测量成果具有多种功能,它既是工程验收和质量评定的主要依据,又是工程结算的计量手段。因而它是由甲乙双方和政府工程监理部门共同参加实施的具有社会性、法律性的计量工作。其对测量精度要求,标准化要求,测深密度,制图精度及制图手段等都有较严格的规定。其主要测量内容是水深测量、地形测量、横断面测量及固定地物点坐标的测定等。对于大型水工构筑物,无论施工阶段还是竣工验收后,都需要进行变形观测,随时掌握建筑物的变形信息。这种测量要求在工程的施工期,伴随施工持续进行,直至工程竣工后相当一段时间才终止。

(6)水运工程营运过程中,要求对通航水域和停泊地进行水深测量,其中包括平面及高程控制、水位控制、水深测量、内业制图、出版等内容。这项工作是周期性的,每个港口都必须按一定的周期对通航水域进行基本测量和全面检测,沿海航道基本测量和内河长河段航道图测量周期为5~10年,山区河流为10~15年。对于回淤变化大的港口要按月、季、年定期检测。航道测量除平面控制精度低于港口和疏浚测量,制图、海图出版及障碍物探测具有突出特点外,其他各项外业工作与前述应有各项工作基本相同。航道测量是一项具有双重意义的重要测量工作。它既是水运工程测量的一部分,又是水上安全保证基础性测量工作。

2. 水运工程测量的内容和特点

本手册为了满足上述各项测量工作的需要,全面系统地介绍了有关上述各项测量工作的内容,汇集了水运工程测量的各种测量方法、原理、精度要求和必要的实例。现将其各章测量内容和基本特点简介如下:

(1)平面控制测量

水运工程平面控制测量仍遵循从整体到局部,从高级到低级的布设原则。其首级控制可以是国家或城市三、四等网(点),又可以是水运工程一级网(点)(一级小三角、小三边和一级导线),在其基础上布设二级和图根控制网(点)。其布设形式包括:GPS测量,小三角(三边)、导线、角度及方向交会等。手册重点介绍了与GPS测量直接相关的参心(站心)坐标系、地心坐标系、WGS-84坐标系及其转换方法,GPS测量原理、GPS网的设计、外业实施、数据处理及精度评定。手册把角度测量,天文方位角观测、电磁波测距放在传统控制测量实施内容之前介绍,并把导线测量放在了最前边讲,这就突出了水运工程的特点。对三角测量、三边测量、交会定点等内外业工作未作详细介绍,只是就新的测量手段(如GPS测量、全站仪导线测量等)和电算数学模型及计算实例作了重点介绍,而对传统的外业工作只列出了作业要求。同时为了照顾手册的完整性和水运系统院校教学的需要,手册仍保留了较多传统的三角测量平差方法。

(2)高程控制测量

高程控制测量作为高程基准,对工程测量至关重要,所以本手册仍花了较大篇幅对高程网平差,三角高程、过(跨)河水准测量和GPS高程测量均结合实例作了具体介绍。特别是过