

中等专业学校教材

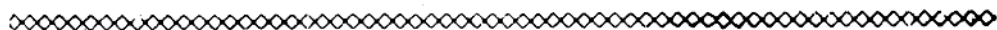


工程测量学

黄河水利学校 刘志章 主编



中等专业学校教材



工程测量学

黄河水利学校 刘志章 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书共分十一章,主要内容有:渠道、堤线、河道、水库、公路、架空送电线路测量,施工放样方法及其精度,火电厂施工测量,水工建筑物的施工放样和安装测量,隧洞施工测量,工程建筑物的外部变形观测等。

本书理论结合实际,除作为水利电力类中等专业学校工程测量专业教材之外,还可作为同类专业大专证书班和培训班的试用教材。对于水利水电和电力工程技术人员,本书也有参考价值。

中等专业学校教材

工 程 测 量 学

黄河水利学校 刘志章 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 18印张 406千字

1992年6月第一版 1992年6月北京第一次印刷

印数0001—5790册

ISBN 7-120-01521-4/TV·547

定价4.35元

前 言

本书是根据原水利电力部1988年4月批准的中等专业学校工程测量专业（四年制）的教学计划，按照工程测量教学大纲，并考虑了深化教学改革和测绘科技的发展，在原有工程测量讲义基础上编写而成的。教材内容理论联系实际，结合测量规范，适当反映我国工程测量的新技术。章节的安排充分考虑了教学特点和生产实际，个别内容可作为专业技术人员或学生参考。

本书由黄河水利学校的刘志章同志主编，黄河水利学校的罗自南同志和湖北省水利学校的张德心同志参加了编写工作。刘志章同志编写了第一、二、三、四、七、九、十一章；罗自南同志编写了第五、十章；张德心同志编写了第六、八章。武汉电力学校的刘书清同志担任主审。周建郑、杨中华、陈琳、李聚方等同志参加了绘图与誊写工作。

编写过程中，我们得到一些生产单位的支持，同时，还参考了有关院校的教材。在此，谨向支持我们的单位、院校和有关同志致谢。由于我们的水平所限，教材中还会有许多缺点甚至错误，希望读者给予批评指正。

编 者

1991年7月

目 录

前 言	
第一章 工程测量的基本问题	1
第一节 工程测量的任务与近期发展简况	1
第二节 施工控制网的布设	2
第三节 施工控制网的坐标系统	3
第四节 工程建筑物放样的程序和精度	7
第五节 水利枢纽施工控制网的布设	7
第六节 施工基本平面控制网精度的确定	9
复习和思考题	10
第二章 渠道和堤线测量	11
第一节 概述	11
第二节 选线测量	11
第三节 中心导线测量	14
第四节 纵断面高程测量	15
第五节 横断面测量	19
第六节 纵横断面图的绘制	22
第七节 土方计算及其精度分析	25
第八节 路线恢复和渠道边桩放样	31
复习和思考题	33
第三章 河道测量	34
第一节 概述	34
第二节 河道控制测量的特点	34
第三节 测深断面和测深点的布设	35
第四节 交会法测定水下地形点的平面位置	36
第五节 无线电定测深点平面位置	39
第六节 水位观测	43
第七节 水深测量	47
第八节 河道测量外业的成果整理	55
第九节 水下地形图的绘制	57
第十节 河道横断面图的绘制	60
第十一节 河道纵断面图的编绘	61
复习和思考题	63
第四章 水库测量	64
第一节 水库测量的基本任务与特点	64

第二节	设计水电站工程时对库区地形图精度的要求	65
第三节	水库淹没界线测量	67
第四节	水库库容的计算	70
第五节	机械式求积仪	72
第六节	电子求积仪	76
	复习和思考题	83
第五章	公路测量	84
第一节	概述	84
第二节	新建公路的初测	84
第三节	定线测量	87
第四节	平面曲线的测设	88
第五节	有缓和曲线的圆曲线测设	95
第六节	偏角法测设缓和曲线与圆曲线	100
第七节	困难地段的曲线测设	104
第八节	竖曲线测设	108
第九节	路线施工测量	112
	复习和思考题	113
第六章	架空送电线路测量	115
第一节	概述	115
第二节	路径方案的选择	118
第三节	选定线测量	119
第四节	桩间距离及高差测量	121
第五节	平断面测量	122
第六节	杆塔定位测量	127
第七节	杆塔基坑放样	128
第八节	拉线放样	130
第九节	导线弧垂的放样与观测	132
	复习和思考题	137
第七章	施工放样方法及其精度	138
第一节	概述	138
第二节	已知长度直线的放样及其精度	139
第三节	已知水平角值的放样及其精度	142
第四节	直角坐标法与极坐标法放样及其精度	145
第五节	前方交会法放样及其精度	148
第六节	方向线交会法放样及其精度	151
第七节	轴线交会法放样及其精度	154
第八节	正倒镜投点法及其精度	156
第九节	距离交会法放样及其精度	158
第十节	高程放样方法及其精度	160
	复习和思考题	163

第八章 火电厂施工测量	164
第一节 概述	164
第二节 建筑方格网的建立	165
第三节 加密方格网的测设	170
第四节 施工放样的高程控制测量	171
第五节 场区平整测量	172
第六节 主厂房及设备基础工程的施工测量	174
第七节 墙体施工测量	180
第八节 多层建筑物的轴线投测和标高传递	181
第九节 烟囱施工测量	182
第十节 地下管线施工测量	184
复习和思考题	186
第九章 水工建筑物的施工放样和安装测量	187
第一节 概述	187
第二节 水闸的施工放样	188
第三节 土坝的施工放样	191
第四节 混凝土坝体放样线的测设	196
第五节 安装测量的基本工作	200
第六节 平面闸门的安装测量	201
第七节 弧形闸门的安装测量	202
第八节 人字闸门的安装测量	205
复习和思考题	207
第十章 隧洞施工测量	208
第一节 隧洞施工测量的程序和内容	208
第二节 隧洞贯通测量的要求	209
第三节 隧洞地面施工控制网的布设方案及要求	212
第四节 横向贯通误差的估算	214
第五节 洞内导线测量	219
第六节 洞内水准测量	222
第七节 通过竖井进行定向测量	223
第八节 通过竖井传递高程	230
第九节 隧洞开挖中的测量工作	231
第十节 贯通误差的测定与调整	235
复习和思考题	237
第十一章 工程建筑物的外部变形观测	238
第一节 概述	238
第二节 工程建筑物变形观测的精度和频率	240
第三节 变形观测点的布置	240
第四节 水准基点和工作基点的布置与埋设	243
第五节 沉降观测	247

第六节 倾斜观测	248
第七节 视准线法测定水平位移	251
第八节 引张线法测定水平位移	255
第九节 前方交会法测定水平位移	258
第十节 工作基点位移的测定与对变形值的影响	263
第十一节 挠度观测	266
第十二节 裂缝及伸缩缝观测	268
第十三节 观测资料的整编	271
第十四节 观测值的统计规律及其成因分析	273
第十五节 一元线性回归分析	275
第十六节 多元线性回归分析	278
复习和思考题	279

第一章 工程测量的基本问题

第一节 工程测量的任务与近期发展简况

测量学是人类在长期生产实践中总结、创造发展起来的一门历史悠久的科学，是人类与大自然斗争的一种手段。随着科学技术的不断进步，工程建设项目增加，内容日趋复杂，其对测量工作的要求也愈来愈高，这就在测绘科学领域内逐渐地形成“工程测量”学科。围绕工程建设对测绘工程技术的要求，1964年国际测量师联合会(简称FIG，下同)，设立了工程测量科技委员会，以便在世界范围内研讨工程测量的理论、仪器、工作方法和发展方向。从此工程测量就正式以一个学科在国际上进行学术讨论和交流。

工程测量的内容非常广泛，按照服务的对象分为：工业建筑测量、水利工程测量、铁路、公路测量、桥梁测量、隧道、矿山及地下工程测量、输电线路与输油管道测量、城市和国防工程测量等。虽然工程性质不同，各类工程对测量的要求也不同，但其测量原理与基本方法却有许多共同点。因此，也可以按照工程建设的程序划分为三个阶段，即规划设计、建筑施工、经营运转。现将各个阶段的测量工作概述如下：

工程规划设计阶段的测量工作，主要是提供各种比例尺的地形图。例如，对于一条河流进行全面规划，使其在发电、航运、防洪及灌溉等方面都能发挥最大的效益，这时应该有全流域 1:50000 或 1:100000 的地形图。当进行水库的库容与淹没面积计算时，要采用 1:10000~1:50000 的地形图。为了正确地选择坝轴线的位置，应该有 1:10000 或 1:25000 的地形图。坝轴线选定后，布置各类建筑物时，应提供 1:2000~1:5000 的地形图。另外，还要为地质勘探及水文测验等进行测量。

工程施工阶段的测量工作，是为了把审查和批准的各种建筑物的平面位置和高程测设到现场。首先，要根据地形、工程的性质以及施工的组织与计划等，布设施工控制网，作为放样的基础。因为放样是直接为施工服务的，故称为施工放样，又称测设。然后，再按照施工的需要，采用不同的放样方法，将图纸上设计的建筑物测设到实地上。在施工过程中，有时还要进行变形观测。工程竣工后，要测绘竣工图作为验收资料，供扩建或改建时使用。

工程经营运转阶段，为了监视重要建筑物的安全与稳定情况，了解工程设计是否合理，验证设计理论是否正确，需要对建筑物进行变形观测。其观测项目，包括建筑物及其地基的水平位移、垂直位移（又称沉降）、倾斜、裂缝及其摆动等。

水利水电工程测量，包括渠道和堤线测量、河道测量、水库测量、铁路、公路专用线测量、架空送电线路测量、水闸、水坝、隧洞和发电厂的施工测量、重要设备的安装测量以及水利水电工程建筑物的变形观测等。因为工程测量是直接为工程规划设计、施工和管理服务的，所以工程测量工作者，不仅应具备多方面的测绘理论和基础技术知识，而且还必须有一定的有关工程建设方面的知识。例如，在为工程的规划设计进行勘测时，应该了

解该项工程的作用、总体布置的特点以及它与周围环境的关系等。当进行施工放样时，必须了解工程的结构、施工的步骤、方法与场地布置情况，以便确定应该放样的点和线，找出它们之间的关系，算出放样它们的平面位置与高程的数据。当进行变形观测时，为了合理地布设控制点和观测点，确定观测的精度、频率和方法，都需要具有该项工程构造及其运转情况的知识。只有这样，才能使所进行的测量工作具有针对性，避免盲目性。

当代科学技术的进步，尤其是电子技术、电子计算机和激光技术的发展，极大的促进了工程测量的迅猛发展。比较明显的特点有：首先，在工程测量中迅速地引进了新技术和新理论，测量的手段不断更新，测量精度逐步提高；其次，工程测量服务范围越来越广，从传统的配合工程设计、施工和运转的较小范围，走向为众多领域服务；例如，环境保护工程、文物古迹的维护和不属于测图的课题如卫星天线、轮船、飞机、大型油灌等的安装测量；最后，各学科之间互相渗透、互相补充，学科界限不十分明显，在工程测量中，采用大地测量、航测与遥感、机助制图等已经不可缺少。

近年来，新颖的红外测距和微波测距仪被不断地引进工程测量领域。例如，瑞士威特厂继 DI_1 、 DI_{20} 之后于 1984 年推出 DI_5 型红外测距仪，它用 1 块棱镜，在一般大气条件下，测程为 2.5km；用 11 块棱镜，在最佳的大气条件下，测程可达 7.0km；测距精度为 $\pm(3mm+5ppm \cdot D)$ 。英国特莱梅德公司 1984 年生产的 CMW20 型微波测距仪，具有多功能、自动化、轻小型、低功耗、全天气、自带通话设备、操作方便等优点。CMW20 型测程为 20m~25km；测距精度为 $\pm(5mm+3ppm \cdot D)$ ，分辨率在 20m~10km 时为 1mm；超过 10km 时为 1cm，测量时间为 7s。

新中国开辟了我国测绘事业的新纪元，自 1956 年成立国家测绘局以来，我国已形成一支具有相当科技水平的测绘队伍。从测量珠穆朗玛峰的高程到南极长城考察站坐标的测定，都写下了他们的光辉业绩。在完成全国大地测量和小比例尺地形测图的同时，工程测量在大型的水利枢纽工程、冶金工业、动力工业、铁路、公路以及桥梁与隧道工程等方面，都适应了建设的需要，积累了不少经验。在工程测量仪器制造方面，变形观测设备，已批量生产；陀螺经纬仪和超声波回声测深仪的制造工艺和测量精度已达到较高的水平。在测绘教育方面，已由 50 年代两所高等测绘院校，发展到在全国高等学校设置了 43 个测绘专业，其中属于工程测量范畴的就有 26 个专业，为社会主义建设事业培养了大批的测绘科技人才。总之，工程测量这门学科随着我国社会主义大规模经济建设的开展，正日新月异的发挥其作用。今后我们应学习新知识，总结新经验，不断研究和解决工程建设中出现的工程测量问题，把本学科的发展推向新阶段，为四化做出较多的贡献。

第二节 施工控制网的布设

在规划设计阶段所进行的勘测工作，首先是建立测图控制网，然后，测绘地形图。因此，控制点的密度和精度是以满足测图为目的。当建筑物的总平面设计确定后，开始进行土方工程，则原有测图控制网点或因施工而毁掉，或因点位分布不当、或因密度不够、或因精度偏低而不能满足放样的要求。因此，除了小型工程或放样精度要求不高的建筑物

可以利用测图控制网作为施工控制以外，一般较复杂的大中型工程，规划设计阶段应先建立测图控制网，施工阶段再建立施工控制网。

施工控制网分为平面控制网和高程控制网。前者可采用三角网、三边网、边角网、导线网或建筑方格网；后者可采用水准网。施工控制网的精度由建筑物的放样精度所决定，它一般高于测图控制网的精度。有时由于工程的某一部分要求较高的放样精度，可在施工控制网内部根据需要的精度，建立更精密的局部独立控制网。相对于测图控制来讲，施工控制网一般具有以下特点：

(1) 控制范围小，密度大，精度高。工程施工的范围总是小于测图范围。因此，施工控制网的控制范围小于测图控制网的控制范围。例如，某水利枢纽工程，坝址的大比例尺测图范围约 80km^2 ，而施工控制网的控制范围不足 25km^2 。中小型水利枢纽，施工控制网的控制面积一般不超过几平方公里，在这样一个范围内，各种建筑物的分布错综复杂，如果没有较稠密的施工控制网点，是难以完成施工放样工作的。例如，当测图比例尺为 $1:1000$ 时，一般地区包括高级控制点在内，每平方公里的解析图根点数不宜少于48个；而某水利枢纽坝址地段每平方公里的控制点约为95个，其密度多于规定数的1倍。

施工控制网用于放样建筑物的轴线和外部轮廓点，平面控制网无论采用何种梯级布设，其最末级控制点的相邻点位中误差，对于水利水电工程建筑物应不大于 $\pm 10\text{mm}$ 。放样混凝土建筑物轮廓点的平面位置中误差为 $\pm (20\sim 30)\text{mm}$ 。小于 4km 相向开挖的隧洞横向贯通中误差不应大于 $\pm 50\text{mm}$ 。以上这些建筑物的精度与测绘地形图的精度相比，精度要求是相当高的。因此，施工控制网的布设精度应当高些。

(2) 使用频繁。水利枢纽工程中的一些主要建筑物，例如，水坝、电站、船闸等，在不同高程上具有不同的结构和不同的尺寸，由于施工技术和混凝土的物理与化学性质的限制，混凝土坝也只能分层、分块浇筑，因而每浇筑1次都要进行放样工作。例如，某水利枢纽的双曲拱重力坝最大坝高为 178m ，从施工到竣工，有的控制点要使用 $80\sim 90$ 次。由此可见，施工控制点的使用是相当频繁的。这就要求控制点稳定、使用方便，并能在施工期间保持控制点的标志不被破坏。

(3) 易受施工干扰或破坏。水利枢纽工程通常采用交叉作业方法施工，这样就使得建筑物不同部位的高度有较大的差别，常常妨碍控制点间的通视。随着施工技术现代化程度的不断提高，施工场地上机械林立，往往成为视线的严重障碍。另外，由于清基爆破、钻探和重型机械的运行，可能造成控制点位移甚至破坏。因此，施工控制点的位置分布应恰当，密度也应较大，以便放样时有所选择。为防止控制点被破坏或丢失，所布设的点位应绘在设计的总平面图上，以便破坏后重新布点。

根据以上特点，布设施工控制网时，必须按施工的程序、方法及工地情况，妥善解决控制网的建立问题。

第三节 施工控制网的坐标系统

在设计的总平面图上，一般用施工坐标系统的坐标来表示建筑物的平面位置。所谓施工坐标系统，就是以建筑物的主要轴线为坐标轴而建立起来的坐标系统。地形图多为国家

坐标系或独立坐标系，因此，施工坐标系与地形图坐标系不一致。施工平面控制网的坐标系统应与工程设计所采用的坐标系统相同。一般情况下，工程设计所采用的坐标系统与工厂主要车间或主要建筑物的轴线重合或平行。例如，火力发电厂的设计坐标系统的一个坐标轴就与主厂房轴线平行。另外，水坝的坝轴线、大桥的轴线，都可以作为坐标系统的一个坐标轴。为了提高网的精度和便于放样，在布设施工控制网时，应尽可能将这些轴线作为控制网的一条边。当施工控制网与测图控制网发生联系时，则应进行坐标换算，以便统一坐标系统。

在水利水电工程建设中，用水坝轴线作为施工坐标系的一个坐标轴时，又称坝轴坐标系，其坐标值用 x, y 表示；以工业与民用建筑物的轴线为坐标轴建立的坐标系叫做建筑坐标系，其坐标值用 A, B 表示。为了有利于计算和施工放样，设计部门根据建筑区的地形条件和建筑物的构造，人为的把坐标轴旋转一个角度（有时还要平移），使之与建筑物轴线平行或一致。

为了把测图坐标换算为施工坐标，设计部门应同时给出两个或几个点的测图坐标和施

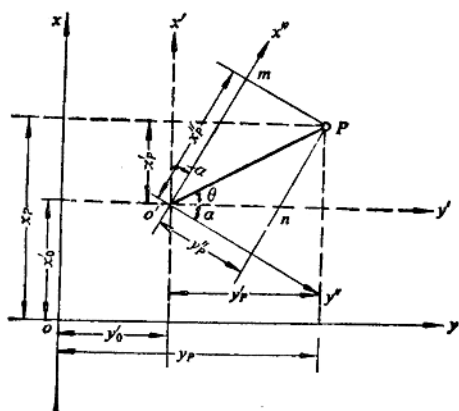


图 1-1 坐标系换算示意图

工坐标，以便把所有控制点和建筑物特征点的测图坐标全部换算为施工坐标。即使设计部门全部换算完，放样单位在使用资料前也要复核一遍。因此，掌握坐标换算方法，乃是必备的基本技能。

施工控制网与测图控制网对投影面的选择也不相同，前者所用的是控制点间的实际距离，一般应将施工控制网投影到建筑区平均高程面上；有的工程将基线长度投影到放样精度要求最高的平面上，以保证设备的安装精度。例如，桥梁施工平面控制网的基线长度就要归算到桥墩顶平面上；水利枢纽控制网的基线可投影到水轮

发电机安装平面的平均高程面上。

将测图坐标系换算为施工坐标系，可分为两步进行：如图 1-1 所示，先把测图坐标系 xoy 平移，使原点 O 移到 O' 处，得到一个过渡坐标系 $x'o'y'$ 。然后，把坐标系 $x'o'y'$ 顺时针方向旋转 α 角，得到施工坐标系 $x''o'y''$ 。此时 $x''o'y''$ 的坐标系统的一个坐标轴与建筑主轴线一致或平行。

图 1-1 上任意一点 P 在坐标系 xoy ， $x'o'y'$ 和 $x''o'y''$ 中的坐标分别为 (x_P, y_P) ， (x'_P, y'_P) 和 (x''_P, y''_P) 。由移轴关系得如下公式

$$\left. \begin{aligned} x_P &= x_0 + x'_P \\ y_P &= y_0 + y'_P \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

再由转轴关系得公式

$$\left. \begin{aligned} x_p' &= x_p'' \cdot \cos \alpha - y_p'' \cdot \sin \alpha \\ y_p' &= x_p'' \cdot \sin \alpha + y_p'' \cdot \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (b)$$

将 (b) 代入 (a), 得到由施工坐标换算测图坐标的关系式

$$\left. \begin{aligned} x_p &= x_o' + x_p'' \cdot \cos \alpha - y_p'' \cdot \sin \alpha \\ y_p &= y_o' + x_p'' \cdot \sin \alpha + y_p'' \cdot \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

从式 (1-1) 中解出 x_p'' , y_p'' , 得到由测图坐标换算施工坐标的关系式

$$\left. \begin{aligned} x_p'' &= (x_p - x_o') \cos \alpha + (y_p - y_o') \sin \alpha \\ y_p'' &= (y_p - y_o') \cos \alpha - (x_p - x_o') \sin \alpha \end{aligned} \right\}$$

或

$$\left. \begin{aligned} x_p'' &= x_p' \cdot \cos \alpha + y_p' \cdot \sin \alpha \\ y_p'' &= y_p' \cdot \cos \alpha - x_p' \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式 (1-1) 和式 (1-2) 称为一般坐标换算公式。式中 (x_o', y_o') 是新原点在测图坐标系中的坐标, α 是施工坐标系相对于测图坐标系的夹角, 由 x' 轴顺时针方向旋转至 x'' 轴时为正, 反之为负。图 1-1 中 θ 角为直线 $o'P$ 与坐标轴 $o'y'$ 的夹角, 在推导 $o'P$ 直线时要用到它。

以上式中的 x_o' 、 y_o' 及 α 等参数, 由设计文件中给出。为使施工场地的坐标不出现负值, 通常选择坝轴线某一端点的坐标为一整数。当施工平面控制网联测一条直线的两个端点后, 求得该两点在两个坐标系中的坐标值时, 可按下列公式计算或校核有关参数。

由式 (1-1) 得到

$$\left. \begin{aligned} x_o' &= x_p - x_p'' \cdot \cos \alpha + y_p'' \cdot \sin \alpha \\ y_o' &= y_p - x_p'' \cdot \sin \alpha - y_p'' \cdot \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

式中 x_p 、 y_p , x_p'' 、 y_p'' 为同一点的测图坐标和施工坐标。

由同一边在两个不同坐标系中的坐标方位角得到

$$\alpha = \alpha_{ab} - \alpha_{a''b''} \quad (1-4)$$

其中

$$\alpha_{ab} = \arctg \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}$$

$$\alpha_{a''b''} = \arctg \frac{y_{b''} - y_{a''}}{x_{b''} - x_{a''}}$$

式中 α_{ab} ——测图坐标系中 AB 边的坐标方位角;

$\alpha_{a''b''}$ ——施工坐标系中 AB 边的坐标方位角。

选择施工纵坐标相等的两个特征点的测图坐标差时, 可用下式校核 α 角, 其计算公式为

$$\left. \begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{\Delta x}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} \\ \cos \alpha &= \frac{\Delta y}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

坐标换算中应注意以下问题:

(1) 坐标换算的目的是使施工坐标系的某一坐标轴平行于建筑物的轴线。因此, 首先, 要分清施工坐标系的坐标轴相对于测图坐标轴的旋转方向; 然后, 选用相应的坐标换算公式。因为顺时针方向旋转时 α 为正, 逆时针方向旋转时 α 为负。

(2) 坐标换算之前, 必须计算或校核转角 α 。当计算 x_s' 、 y_s' 时, 一定要用同一点的测图坐标和施工坐标。

(3) 坐标换算后一定要校核, 即分别用两点的测图坐标和施工坐标来计算这两点间的距离, 若计算结果相同, 则证明换算无误。

【例题1-1】 某设计部门已确定建筑物定位点 P_1 、 P_2 的测图坐标与施工坐标, 若已知平面控制点 II_1 、 II_2 的测图坐标, 求该两点的施工坐标并进行校核计算。

表 1-1 测图坐标换算施工坐标已知数据表

点 名	测 图 坐 标 值 (m)		施 工 坐 标 值 (m)		参 数
	x	y	x''	y''	
P_1	755.500	740.800	400.000	300.000	$x_s' = 316.689m$
P_2	761.500	782.300	400.000	341.930	$y_s' = 501.123m$
II_1	750.000	651.350			$\alpha = -8^\circ 13' 36''$
II_2	691.500	757.150			

表 1-2 坐标换算与校核计算表

点 号	测图坐标(m)		施 工 坐 标 (m)						坐 标 增 量 (m)			
	x	y	x''			y''			Δx_{II_1-2}	Δy_{II_1-2}	Δx_{II_1-1}	Δy_{II_1-1}
			$x_p' \cdot \cos \alpha$	$y_p' \cdot \sin \alpha$	(3)-(4)	$y_p' \cdot \cos \alpha$	$x_p' \cdot \sin \alpha$	(6)+(7)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
II_1	750.000	651.350	428.852	21.496	407.356	148.681	62.003	210.684				
II_2	691.500	757.150	370.954	36.635	334.319	253.392	53.632	307.024	58.500	105.800	73.037	96.340
边长	$D = \sqrt{\Delta x_{II_1-2}^2 + \Delta y_{II_1-2}^2} = 120.896$											
(m)	$D' = \sqrt{\Delta x_{II_1-2}''^2 + \Delta y_{II_1-2}''^2} = 120.896$											

解 由表1-1知, 设计部门确定的参数 α 为负值, 即由 x' 轴逆时针方向旋转施工坐标系的纵轴至 x'' , 所以, 坐标换算表1-2中, $x'' = (3) - (4)$; $y'' = (6) + (7)$ 。表中的边长

D 及 D'' 是根据测图坐标增量、施工坐标增量,按式(1-6)计算的,即

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (1-6)$$

用两种坐标增量计算的边长相等,证明坐标换算无误。

第四节 工程建筑物放样的程序和精度

工程建筑物施工放样的程序,与设计建筑物时的情况一样,应遵守由总体到局部的原则,即先根据施工控制网点,在实地测设主要建筑物的轴线或建筑物的主要轴线;然后,根据主要轴线(简称主轴线)和施工控制网点测设辅助轴线;最后,进行建筑物的细部放样。采取这样的放样程序,可以避免因众多建筑物同时放样而引起的工作紊乱,并且易于保持各部分之间的几何关系。例如,水坝的施工放样,应先放水坝的轴线;然后,再放泄水闸、冲沙闸、水电站和船闸等建筑物的轴线;最后,测设坝段的分层分块的形状和高程。

施工放样的精度,与建筑物的性质、等级、建筑材料、运行条件、使用年限、施工方法和程序有关。一般是金属结构和混凝土建筑物的放样精度高于土石料建筑物;大型或地理位置重要的建筑物的放样精度高于中小型或一般的建筑物;机械化或自动化运行、永久性建筑物的放样精度高于临时性的、运行条件较差的建筑物等。

建筑物主轴线的放样精度仅与施工场地的地质和地形条件有关,因此,不需要更高的精度,这主要是其周围无先期建筑物的约束。例如,水坝轴线的放样精度应不大于 ± 20 mm。因此,施工控制网的精度是容易满足这一要求的,但是,为了放样辅助轴线和建筑物细部,施工控制网的精度还应该提高,因为辅助轴线是直接放样建筑物细部的依据。建筑物的细部因建筑材料的不同,放样精度有明显的差异。例如,土石料建筑物轮廓点放样平面位置的中误差为 $\pm (30 \sim 50)$ mm,而机电与金属结构物平面位置放样中误差仅为 $\pm (1 \sim 10)$ mm。

在工程测量中,主轴线的放样精度称为第一种放样精度,或称绝对精度;辅助轴线和细部的放样精度称为第二种放样精度,或称相对精度。有些建筑物的相对精度高于绝对精度。因此,为了满足某些细部放样精度的需要,可建立局部独立坐标系统的控制网点。

在实际工作中,并不是一次就将场地中所有建筑物的轴线和细部都测设出来,而是与施工组织计划相协调,按照施工需要,依次地把它们放出来。这是因为施工是交叉进行的,局部结构在施工中时有修改,过早的放样,测量标志也不易保留。施工放样必须保证质量,因为放样的点和线,都是开挖土石方或浇筑混凝土的依据,稍有差错,就会给国家财产直接造成损失。

第五节 水利枢纽施工控制网的布设

水利枢纽是由很多建筑物组成的,结构复杂。大型水利枢纽一般包括水坝、电站厂房、船闸、泄水闸或水工隧洞等,各个建筑物在平面位置及高程方面都有一定的联系。而

建筑物又是分期施工，为保证建成后的建筑物符合设计要求，在施工前必须建立水利枢纽场地的施工控制网，作为施工放样的依据。

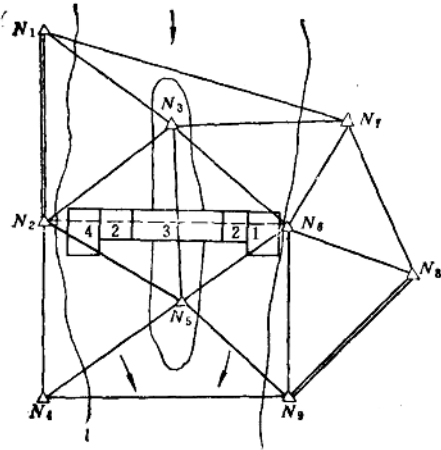


图 1-2 水利枢纽工程平面控制网
1—电站；2—泄水闸；3—混凝土坝；4—船闸

的扩展，如图1-2所示。

从便于施工放样出发，控制点应靠近建筑物，但又容易为施工机械所破坏，或因爆破震动，而使控制点发生位移。因此，点位又最好是远离建筑区。为了解决这种矛盾，可将控制网布设成基本网和加密的定线网。使定线网的点位靠近建筑物，直接为测设建筑物的轴线和细部服务。在施工期间，还要用基本网点定期地检查定线网点，若定线网点有变动应进行改正。当定线网点被破坏时，可用基本网点来恢复其点位。

由于平面施工控制网的平均边长一般在1 km以下，而各控制点间的高差又较大，因此，在一个测站上所观测的各方向竖直角的变化也较大，这时要特别注意减少对中误差和仪器纵轴不铅垂而引起的误差，所以控制点的觇标一般不采用国家三角测量中的那些类型。在施工测量中，为了使用方便和提高网的精度，常采用钢筋混凝土观测墩作为控制网的标志。观测墩底部一般埋设在岩石上。当标石位于土层较厚的地段时，应加大标石的底部尺寸，以增加点位的稳定性。特殊情况下，也可用直径为20cm左右的金属管状标代替钢筋混凝土观测墩。为了使管状标稳定，可在管内灌满混凝土，而在金属管顶部安装一金属圆盘，以放置经纬仪和照准标志。

为了减少照准标志偏心误差的影响，一般应采用强制归心的办法，即在观测墩的中心浇灌上一根加工成公螺旋的铁杆。杆的顶部直径应根据观测用的仪器型号来设计，如图1-3(a)所示。照准用的觇标长度一般为0.3m左右，其底部为一母螺旋，内径与公螺旋的直径相同。若施工控制网的边长相差悬殊，则觇标可以制成塔式垂直杆，如图1-3(b)所示。垂直杆的直径一般分为不同的梯级，如用单丝进行观测，应照准直径为单丝的3倍的垂直杆；如用双丝照准，则垂直杆的粗度最好为双丝间隔的一半左右。

为了减少经纬仪与水准的安置误差,可采用在混凝土墩顶浇筑中心螺旋的,也可采用置中圆盘的,图1-3(c)为点线面式圆盘;图1-3(d)为三槽式圆盘。置中圆盘的优点是适用多种仪器,对仪器没有损伤,但加工精度要求较高。

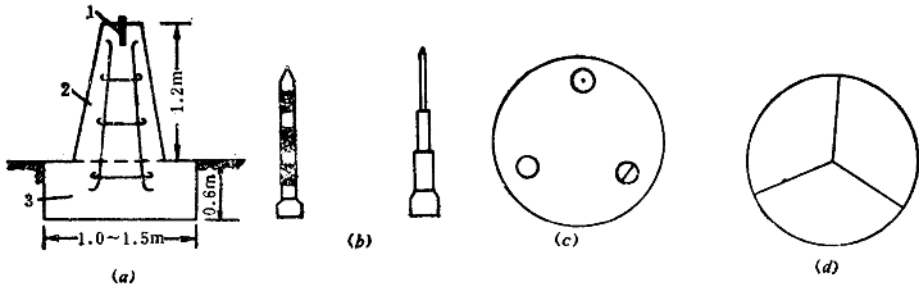


图 1-3 混凝土观测墩及对中和照准设备图

(a)混凝土观测墩; (b)塔式垂直杆; (c)点线面式圆盘; (d)三槽式圆盘
1—中心螺旋; 2—观测墩; 3—底座

基本高程控制网通常采用三等水准测量,加密高程控制网则布设四等水准路线。在施工期间,为了便利放样,必须适当加密水准网。加密的网点一般均为临时水准点,它可直接在岩石露头上作标记,也可在已浇筑的混凝土上布设。临时水准点的密度应根据不同建筑物的施工方法,按高差布点。施工放样时,一般只须设1个测站,就能将高程传递到建筑物上。

第六节 施工基本平面控制网精度的确定

水利枢纽的建筑物,一般只是在相邻建筑物之间才有工程结构上的联系,因而常对相邻建筑物的相对位置提出精度要求。由于施工放样用的是控制点间的实际距离,所以施工基本平面控制网点的精度,不用其相对于起始点的点位中误差,而用边长相对中误差,或用控制点相邻点位中误差来表示。

如图1-4所示,在基本网的三角形ABC中,插入定线网点P,设基本网边长的相对中误差在数值及符号上相同,则定线网点P的中误差 M_p ,可用近似公式表示,即

$$M_p = \pm \sqrt{m'^2 + \left(\frac{m_s}{s} \cdot b\right)^2} \quad (1-7)$$

式中 b ——定线网点至基本网点的距离;

$\frac{m_s}{s}$ ——基本控制网边长的相对中误差;

m' ——基本控制网内插入定线网点的测量误差。

在一般情况下,可以近似的认为

$$b = \frac{s}{\sqrt{2}}$$

将 b 值代入式(1-7),得

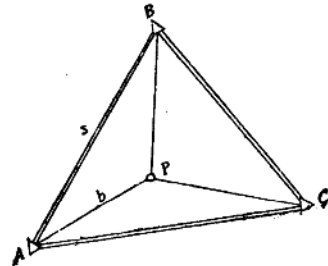


图 1-4 在基本网中插入定线点