

16078

工程建設測量學

下 冊

武漢測繪學院工程測量教研組 編

測 繪 出 版 社

工程建设测量学

下 册

武汉测绘学院工程测量教研组 編

(内部读物 注意保存)

测绘出版社

1960·北京

本書是根据工程測量专业工程建設測量学的教学大綱編写的，分上下两册出版。下册包括：隧道及地下铁道建設中的測量工作；矿山測量及水利工程建設中的測量工作三部分。書中理論与实践并重，結合我国目前的生产实践及苏联的先进經驗，本書对于上列的測量工作作了較全面而系統的敘述。

本書可作为工程測量专业的教科書及土建院校其他专业的教学参考書，也可作为工程測量作业人員的参考書。

工程建設測量学 下 册

編 者 武汉測繪学院工程測量教研室

出版者 測 繪 出 版 社

北京西便門大街地質部內

北京市書刊出版業營業許可證出字第081号

发行者 新华書店科技发行所

印刷者 北 京 市 印 刷 一 厂

北京西便門大街地質部內

印数(京) 1—2600册 1960年10月北京第1版

开本787×1092¹/₁₆ 1960年10月第1次印刷

字数720000 印张30¹/₂

定价(10) 3.85元

目 录

第四篇 隧道及地下铁道建设中的测量工作

第十六章 隧道勘测与建设中的地面测量工作

§ 16-1. 概述	9
§ 16-2. 隧道路线标定的方法	10
§ 16-3. 隧道设计的各个阶段及其必需的测量资料	10
§ 16-4. 隧道建设中的控制测量	11
§ 16-5. 隧道建设中控制网的精度估算	12
§ 16-6. 隧道三角测量	21
§ 16-7. 隧道三角网横向误差的估算	26
§ 16-8. 地面上的隧道导线测量	28
§ 16-9. 应用视差导线进行隧道洞外导线测量	32
§ 16-10. 趋近导线	34
§ 16-11. 地面上的隧道水准测量	35
§ 16-12. 比例尺 1:200 与 1:100 的平面图测量	37

第十七章 通过一个竖井进行地上控制网的定向

§ 17-1. 地下控制网的定向	38
§ 17-2. 总和方向的设计与竖井中吊锤的连接	39
§ 17-3. 单荷重投影法	42
§ 17-4. 多荷重投影法	40
§ 17-5. 用吊锤进行点位与方向投影的精度	51
§ 17-6. 光学投影法	53
§ 17-7. 用联系三角形法进行定向	57
§ 17-8. 隧道竖井联系测量实例	59
§ 17-9. 联系三角形最有利的形状	62
§ 17-10. 联系三角形的角度和连结角对定向精度的影响	65
§ 17-11. 联系三角形的平差	66
§ 17-12. 联系三角形法定向的精度	70
§ 17-13. 定向的次数	73
§ 17-14. 联系三角形平差实例	75

第十八章 地下导线测量

§ 18-1. 地下导线的分类	80
§ 18-2. 地下导线测量的标志	81
§ 18-3. 地下导线测量中的角度观测	82
§ 18-4. 地下导线测量中的边长丈量	84

-5. 地下坑道經由两个井筒定向法	85
§ 18-6. 地下導綫的平差	87
§ 18-7. 三个豎井定向的精度估算	95
§ 18-8. 隧道中綫的測量工作及調整方案	100
第十九章 地下測量	
§ 19-1. 高程从地面傳入坑道中的測量工作	107
§ 19-2. 地下水准測量的	109
第二十章 地下坑道貫通預計誤差的計算	
§ 20-1. 直綫隧道貫通精度的預先估算	113
§ 20-2. 曲綫隧道貫通預計誤差的估算	115
§ 20-3. 在高程方面貫通預計誤差的估算	116
§ 20-4. 豎直鑽孔間必要距離的確定	117
第二十一章 隧道建筑中的放樣工作	
§ 21-1. 隧道路綫放樣數據的準備	120
§ 21-2. 隧道中綫在地面上的放樣	122
§ 21-3. 豎井軸綫和提升軸綫的放樣	124
§ 21-4. 挖鑿豎井時的測量工作	126
§ 21-5. 建筑井底車場与豎井附近的坑道時的測量工作	128
§ 21-6. 開掘水平坑道時的測量工作	129
§ 21-7. 隧道断面測量	136
§ 21-8. 用盾構法建筑隧道時的測量工作	137
§ 21-9. 建筑傾斜隧道時的測量工作	146
§ 21-10. 建筑地下鐵道時地面上建築物的變形觀測	147
§ 21-11. 地下建築物的變形觀測	151
本篇主要參考書	153

第五篇 礦山測量

第二十二章 礦山測量工作概述

§ 22-1. 礦山測量的任務	155
§ 22-2. 我國礦山測量概況	156
§ 22-3. 礦山測量的特點	157
§ 22-4. 采礦工作的概念	157
§ 22-5. 礦山巷道	158
§ 22-6. 礦山測量圖及其種類	162
§ 22-7. 礦山測量圖的用途	163
§ 22-8. 礦山測量圖的圖幅編号	166

第二十三章 礦山地面上的測量工作

§ 23-1. 平面控制測量	167
§ 23-2. 高程控制測量	168

§ 23-3. 矿区地形测量及其他地面上的测量工作	16
第二十四章 地下罗盘仪测量	
§ 24-1. 地下罗盘仪测量所使用的仪器	171
§ 24-2. 在正常情况下的罗盘仪测量	173
§ 24-3. 在有磁体影响下的罗盘仪测量	174
§ 24-4. 在急倾斜巷道中的罗盘仪测量	175
第二十五章 地下导线测量	
§ 25-1. 概述	177
§ 25-2. 矿山经纬仪	177
§ 25-3. 地下导线的等级及标志	181
§ 25-4. 地下导线的角度观测	134
§ 25-5. 地下导线边的倾斜角及长度的测量	136
§ 25-6. 巷道内的碎部测量	137
§ 25-7. 地下导线的内业整理	188
第二十六章 地下定向测量	
§ 26-1. 通过平峒或斜井的定向	190
§ 26-2. 用前方交会法将井筒吊锤与地面点联系	191
§ 26-3. 用联系四边形法进行井下连接	192
§ 26-4. 对称连接法	194
第二十七章 地下水准测量	
§ 27-1. 概述	197
§ 27-2. 用钢尺导入高程	197
§ 27-3. 用钢丝导入高程	199
§ 27-4. 地下水准测量	202
§ 27-5. 地下三角高程测量	202
第二十八章 建井时期的测量工作	
§ 28-1. 概述	204
§ 28-2. 井筒中心和井筒轴线的放样	206
§ 28-3. 竖井的掘进、砌壁和装备时的矿山测量工作	209
§ 28-4. 掘进水平巷道及倾斜巷道时的矿山测量工作	214
第二十九章 贯通测量工作	
§ 29-1. 概述	216
§ 29-2. 贯通测量的种类	217
§ 29-3. 相向工作面掘进问题的求解	218
§ 29-4. 开挖水平坑道及倾斜巷道时的贯通测量工作	219
§ 29-5. 在不同水平面内相向开挖竖井的贯通测量工作	223
第三十章 地面移动观测	
§ 30-1. 地面移动的一般概念	225

§ 30-2. 地面移动的观测	226
-----------------------	-----

第三十一章 矿藏量计算的概念

§ 31-1. 计算埋藏量时所用的参数	234
§ 31-2. 埋藏量的计算方法	236
§ 31-3. 用矿山测量法统计产量	239
§ 31-4. 根据统计时堆棧内煤的输入与输出以及剩余量来统计产量	241
本篇主要参考書	242

第六篇 水利工程建設中的測量工作

第三十二章 水利工程的内容及其对測量学的要求

§ 32-1. 水利工程的内容	243
§ 32-2. 測量学在水利工程建設中的应用	244
§ 32-3. 水利工程建設对測量的要求	244
§ 32-4. 各种水利工程建設中所需要的地形資料	245

第三十三章 水利工程勘测时的控制測量

§ 33-1. 建立平面控制网的各种方法	247
§ 33-2. 交会法的应用	248
§ 33-3. 交会法所構成的圖形	252
§ 33-4. 三綫交会网前进边的边長精度估算	257
§ 33-5. 三綫交会网前进边方向角的精度估算	261
§ 33-6. 三綫交会网的縱向誤差	262
§ 33-7. 三綫交会网的橫向誤差	266
§ 33-8. 水利工程建設中的高程控制測量	271
§ 33-9. 水准測量精度的分析	272

第三十四章 水利工程建設中的水文測量工作

§ 34-1. 水文測量在工程建設中的应用	274
§ 34-2. 水位观测	275
§ 34-3. 水尺零点高程測定	281
§ 34-4. 水住站河段的选择	283
§ 34-5. 水位站的設立、保养、修理、檢查和迁移	284
§ 34-6. 水位資料的整理	285
§ 34-7. 流动水位站	289
§ 34-8. 將观测水位归算到假定水位	290
§ 34-9. 流速与流向的測量	296
§ 34-10. 測量流速的仪器	299
§ 34-11. 水文測驗仪器的檢定	307
§ 34-12. 研究流向的仪器	311
§ 34-13. 浮标測流的方法和步驟	312
§ 34-14. 一般情況下用流速仪測流的方法和步驟	314

§ 34-15.	河水流向的測量	318
§ 34-16.	流量的測定	322
§ 34-17.	水文站地点的選擇和勘测	323
§ 34-18.	測流斷面的布設	327
§ 34-19.	測流斷面上的設備	329
§ 34-20.	相應水位的計算	331
§ 34-21.	流速儀測流的流量計算	332
§ 34-22.	浮標測流的流量計算	337
§ 34-23.	斜航測速的流量計算	339
§ 34-24.	泥沙的觀測與其他的水文觀測	340
§ 34-25.	懸移質的觀測	340
§ 34-26.	推移質（底沙）的觀測	344
§ 34-27.	其他的水文觀測	345
§ 34-28.	波浪的觀測	348
第三十五章 水下地形測量及河流縱橫斷面的編繪		
§ 35-1.	控制網的布置	351
§ 35-2.	測圖工作	353
§ 35-3.	水深測量	353
§ 35-4.	水深測量的儀器	353
§ 35-5.	水深施測與測點位置的確定	359
§ 35-6.	橫斷面和斜航測深斷面的布置	364
§ 35-7.	水深測量資料的整理	365
§ 35-8.	河道橫斷面圖的繪制及其主要水力特性的計算	369
§ 35-9.	河道縱斷面的繪制及其坡降的決定	372
第三十六章 水庫及水利樞紐設計階段的測量工作		
§ 36-1.	概述	374
§ 36-2.	對水庫地形測量的要求	376
§ 36-3.	水庫淹沒綫在地形圖上的設計	377
§ 36-4.	水庫淹沒綫測定的目的和要求	377
§ 36-5.	水庫淹沒綫測定的步驟和方法	379
§ 36-6.	水庫淹沒綫變化的因素	380
§ 36-7.	水庫庫容的計算	381
第三十七章 水利樞紐施工階段的測量工作		
§ 37-1.	概述	384
§ 37-2.	水利樞紐工程施工三角網的布設	384
§ 37-3.	施工三角網的精度估算	386
§ 37-4.	施工三角測量的特點	388
§ 37-5.	水利樞紐施工的高程控制	389
§ 37-6.	水工建築物放樣的程序及其精度	389

§ 37-7.	填軸綫放样数据的計算	390
§ 37-8.	填軸綫及填边綫的放样方法	393
§ 37-9.	用角度前方交会法放样的精度分析	394
§ 37-10.	用角度前方交会法測設点位的总誤差	397
§ 37-11.	用角度前方交会法測設点位时, 計算縱向誤差与橫向誤差公式之研究	398
§ 37-12.	应用角度前方交会法測設点位时, 縱向誤差与橫向誤差的計算	400
§ 37-13.	用角度前方交会法放样水利樞紐的軸綫时, 控制点布置的原理	401
§ 37-14.	用角度前方交会法放样时, 控制点布置問題的解算方法	407
§ 37-15.	大坝分段控制点的測定和填基边界綫的放样	410
§ 37-16.	溢洪道控制点的布置与測定	411

第三十八章 設計和修建灌溉网时的測量工作

§ 38-1.	概述	413
§ 38-2.	灌溉系統	414
§ 38-3.	渠道技术設計的概念	415
§ 38-4.	灌溉系統的各設計阶段	417
§ 38-5.	渠道勘測的任务及內容	418
§ 38-6.	渠道的草測工作	418
§ 38-7.	渠道的初測工作	419
§ 38-8.	渠道的定測工作	421
§ 38-9.	渠道施工前的測量工作	422
§ 38-10.	渠道的坡度及其容許誤差	422
§ 38-11.	等高距与測圖比例尺的选择	426

第三十九章 修建海港时的測量工作

§ 39-1.	概述	428
§ 39-2.	海港勘測設計施工阶段的測量工作	428
§ 39-3.	海港測量的平面与高程控制网	429
§ 39-4.	海港勘測中的水深測量工作	430

第四十章 大坝变形(水平位移与沉陷)观测

§ 40-1.	概述	433
§ 40-2.	用方向綫法測定大坝的水平位移	435
§ 40-3.	方向綫上各点位置的选择、標誌的埋設以及測定端点位移的方法	437
§ 40-4.	方向綫观测中的移动觇牌法	445
§ 40-5.	方向綫观测中的測微器法	450
§ 40-6.	按三角測量法(前方交会法)測定填的水平位移	459
§ 40-7.	沉陷观测	466
§ 40-8.	观测成果的整理与繪制	475
本篇主要参考書		482

第 四 篇

隧道及地下铁道建设中的测量工作

第十六章 隧道勘测与建设中的地面测量工作

§ 16-1. 概 述

凡用地下方法开凿，经过山嶺、河道或其他障碍物等的人为通道，其两端开口露出地面者称为隧道。

隧道按其用途及构造的不同，通常可分为：

1. 交通运输隧道：铁路隧道、公路隧道、城市地下铁道等；
2. 水工隧道：水电站系统内的隧道（亦称隧洞），给水及灌溉隧道等；

铁路和公路隧道包括山区隧道和水底隧道。山区隧道的修筑是为了穿越山嶺。当路线与运河、海峡等相交时，有时要修建水底隧道。

建筑铁路及公路隧道有下面几个优点：

1. 可以减少道路的长度、坡度和曲线的弯度，因而缩短行车的时间，减少费用和机车损耗，加速车辆运转，并提高运输能力。
2. 可以减少许多深塹、高架桥、涵洞和挡土墙，因而减少养路的困难和费用。
3. 可以消除天然的灾害危险。如风、雪、路塹的坍方等。
4. 在城市中开挖隧道，不致于破坏地上的建筑物，因而用地较少。
5. 空襲时，可以做为防空洞，故在国防上价值很大。

在隧道建筑中测量工作是极其重要的。

当勘测隧道路线时，要进行比例尺 1:25 000~1:2 000 的地形测量。为了技术设计，要进行比例尺 1:2000, 1:1000, 1:500 或 1:200 的地形测量，这种大比例尺的地形图可用以准备隧道路线放样的测量数据。

为了进行隧道的放样，需要建立城市类型的各等三角网，各级导线网以及进行二等和三等的水准测量。

在隧道修筑时，要进行许多专门的坑道测量工作。当开挖导坑时，要在平面上和高程上给出坑道的轴线。为了将坑道精确而迅速地打通，要通过竖井、斜井，以及竖直鑽孔进行定向（联系）测量。地下导线测量和地下水准测量要应用特别的方法进行。当修筑地下铁道时，要进行车站房屋、倾斜升降梯、轨道、地下管道，以及隧道中建筑装饰

等的放样。为了确定已完成的工程数量和观测建筑物的沉陷，也要进行测量。

隧道筑成后要进行竣工测量。

§ 10-2. 隧道路线标定的方法

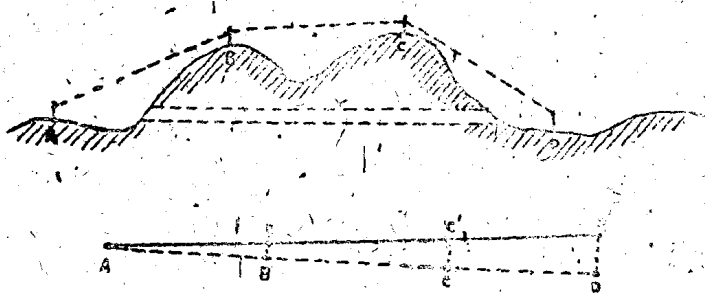


圖 16-1

隧道路线的标定有现场标定法和解析法。

现场标定法系在勘测过程中将隧道中线在地面上直接测设出来——标定线路的转向点以及中线桩，并观测转向角和丈量直线边长，测设曲线。

如图 16-1，A、D 二点为隧道中线在洞口的已知点，要想在地面上标定出隧道中线上的 B、C 二点，通常采用逐渐趋近的方法：先根据设计图上求出 AD 线的概略方位角，用经纬仪正倒镜延长直线的方法标定出 B' 及 C' 点，然后将仪器安置在 C' 点，将 AB'C' 直线延长，若不通过 D 点，可得 D' 点，这时量出 DD' 长度，并用视距法测出 AB'、B'C'、C'D' 的长度（或在图上量得），用下式计算 CC'：

$$CC' = \frac{DD'}{AD} \cdot AC' \quad (16-1)$$

然后将仪器移到 C，仍用上法延长 DC 直线，看是否通过 A 点，若不通过，再移动 B 点。如此直至 B、C 二点都在 AD 直线上为止。最后用大木桩将 B、C 点标定于地面上。此法只适用于不太长的直线隧道。

解析法就是将隧道路线在地形图上设计以后，先不进行放样。首先建立一个控制网，再由控制网用解析法计算出隧道中线上的一切要素。隧道中线就根据控制网和这些要素放样到实地上去。关于具体做法，将在下面讲述。

在地面上标定的隧道中线，是用来指导隧道的开挖工作。

§ 16-3. 隧道设计的各个阶段及其必需的测量资料

隧道设计通常分三个阶段来进行。首先拟定初步设计，在这个设计内要论证建筑隧道在经济上的合理性与技术上的可能性，确定设计的主要元素，决定建筑隧道时所必需的费用。然后编制技术设计，在这个设计内要论证隧道中每个建筑物的型式、大小和结构、建造的程序和方法，确定建筑工作的数量和造价。最后进行施工设计，编制每个建筑物的施工详图。

三个设计阶段中要进行各种测量工作。地形测量资料的质量、测量工作的内容和要求决定于隧道的长度及用途。

当編制地下鉄道的初步設計时，可应用比例尺为 1:2 000 的城市測量平面圖。

編制其他用途的隧道的初步設計时，可应用比例尺为 1:50 000~1:10 000 的地形圖。在此圖上選擇路綫中綫的方案及隣近建筑物的布置。

在編制地下鉄道技术設計的阶段中，要測量比例尺为 1:500 的平面圖；而在进口部分，則要測比例尺为 1:200 的平面圖。在这些圖上要詳細表示出地下建筑物的情况，重要城市建筑物的分布情况，以及附近車站布置情况。

在編制其他种隧道技术設計的阶段中，要繪制比例尺为 1:2 000 或 1:1 000 的平面圖。

在編制隧道的初步設計与技术設計的时期內，同时进行建筑隧道区域内全面的測量，把地質探勘鑽孔連結到平面和高程的測量控制点上。

当建筑水底隧道时，要进行水下地形測量以拟定隧道路綫。水下地形圖应用与地形測量相同的比例尺繪制。

大比例尺路綫平面圖和断面圖为隧道技术設計中的主要文件。

为了將所設計的路綫轉移到实地上去，要編制隧道路綫的几何略圖，在这种略圖中表示出在平面上确定路綫位置的一切測量数据。路綫在高程方面放样时所必需的測量数据，表示在鋪設略圖內。路綫的几何略圖以比例尺 1:1 000 繪制，而鋪設略圖則以比例尺 1:2 000 繪制。

为了將地下鉄道的設計轉移到实地上去，除編制几何略圖与鋪設略圖外，还要繪制路綫的断面圖（水平方向比例尺为 1:2 000，豎直方向比例尺为 1:200）；比例尺为 1:200 的豎井通向隧道的通道平面圖；比例尺为 1:200 的車站、傾斜通道和通風道的連系圖；比例尺为 1:200 的車站縱断面圖；比例尺为 1:200 的进口大厅的地上牆壁放样略圖。

自大躍进以来，对于有些較短的隧道也有采取兩阶段設計的，即为初步設計和施工設計。

§ 16-4. 隧道建設中的控制測量

在建筑隧道和地下鉄道时，只有在隧道的入口及出口处才看到建筑物的中綫，而在隧道中綫上其他的点子以及地下鉄道中綫上所有的点子，都必須从地面上傳遞到地下去，并且为了隧道及地下鉄道的开鑿可以同时进行施工，必須由控制网將中綫傳遞到建筑物上的各个不同的地方，所以对于控制网的基本要求就是要可以精确地傳遞方向角和坐标到隧道的任意部分。

对于城市地下鉄道，平面控制网多为城市类型的三角网或者是沿着路綫伸展的特种三角网。此外，为了进行放样，再沿着設計的路綫敷設基本导綫。如果基本导綫不能接近豎井、斜井和鑽孔时，要从隣近的基本导綫点向着豎井等处敷設趋近导綫。圖 16-2 表示地下鉄道建筑中的平面控制方案的一部分。如果能使三角点直接佈置在隧道的洞口和豎

井的附近,这时基本导线就不需敷设,如图16-3所示。对于较短的铁路隧道和隧洞通常单独用导线来作控制。对于长的隧道则用三角网来作控制。如果隧道的开挖不只是从两端洞口进行,而且还从中间的竖井或横洞来进行时,最好在竖井口或横洞的入口附近

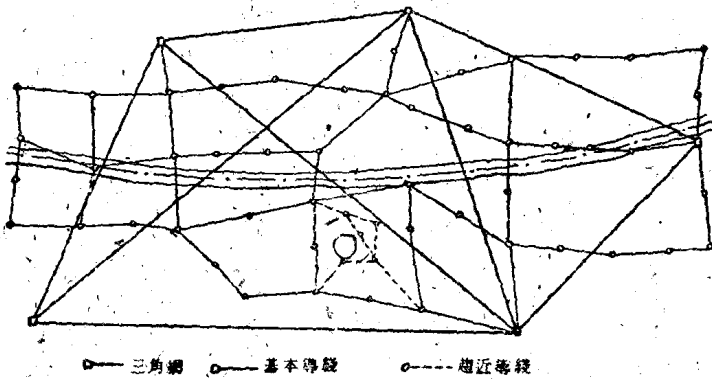


图 16-2

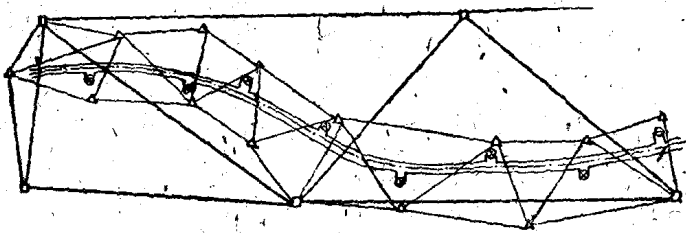


图 16-3

(约离开150~200米的地方)布置三角点。从这些点能看到位于竖井或者横洞的入口处的点子。如果三角点距离洞口、竖井较远,而为了放样还可以用插点的方法在洞口或竖井附近设置插点。当用明挖法建筑短隧道时,可以沿着设计的路线敷设导线。因为平面控制关系十分重大,所以在隧道三角测量和导线测量中,一切观测都要进行两次,而第二次至少应在第一次两星期之后来进行,以待外界情况有所变化。

隧道建筑中的高程控制一般为三等水准网。该网应

沿着隧道路线敷设,并以二等水准点为依据。如果在路线的附近没有二等水准点时,则建立独立的三等水准网而用四等水准线路来加密。对于长的隧道而言,有时须进行二等水准测量。水准网的观测要在不同的时间内重复进行,以检查水准点是否发生变动。

§ 16-5. 隧道建设控制网的精度估算

建筑隧道时,由于(1)将隧道的中线转移到实地上去时,有不可避免的误差;(2)根据隧道中线进行隧道的细部放样时亦有误差;(3)施工时对设计的尺寸有所偏差;(4)建筑物各部分建成后产生变形,所以筑成的隧道的几何要素通常不与设计的要素相符合,因之控制测量的精度应预先进行估算。

应该取相向开挖的坑道在贯通时的容许误差作为估算必要精度的根据。这种误差分为三个部分:(1)纵向误差;(2)横向误差;(3)竖向误差。相向开挖的直线隧道在贯通时的纵向误差,通常没有重大的意义。但对于曲线隧道以及建筑地下铁道的车站和倾斜入口时,纵向误差与横向误差具有同样的意义。无论怎样,横向误差对于相向开挖的隧道在贯通时都具有重大的影响。

由两个竖井所建造的直线隧道，贯通时的横向误差由下列因素来决定：

- (1) 地面上控制网的横向误差；
- (2) 地面上趋近导线的横向误差；
- (3) 在两个竖井内定向的横向误差；
- (4) 地下趋近导线的横向误差；
- (5) 地下导线的横向误差。

在这些误差中，趋近导线的误差最小，可以不加考虑。因为这些误差都是单独产生的，所以隧道贯通的总的横向中误差 Q 可按下式作预先的估算：

$$Q = \pm \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + q_3^2 + q_4^2 + q_5^2},$$

式中： q_1 为地面上控制网的横向中误差；

q_2 和 q_3 分别为两个竖井定向中的横向中误差；

q_4 和 q_5 为在每一坑道中敷设地下导线的横向误差。

经验证明，在预先估算中，对于 1.5 公里长的隧道可以认为 $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = q$ 。

因此：
$$Q = \pm q\sqrt{5}$$

如果将隧道的中线转移到实地上去时，其对于设计的中线在贯通面处可以容许的偏差值为 $\pm \Delta$ （图 16-4），那末其容许的极限贯通误差应为 $\pm 2\Delta$ ，这时容许的贯通中误差为 $\pm \Delta$ 。

由此：

$$Q = \Delta = \pm q\sqrt{5}$$

亦即

$$q = \pm \frac{\Delta}{\sqrt{5}} \approx \pm 0.45\Delta. \quad (16-2)$$

对于不同的隧道， Δ 具有不同的数值，对铁路隧道和地下铁道而言， $\Delta = \pm 50$ 毫米。当 $\Delta = \pm 50$ 毫米时，则 $q = 0.45 \times 50 \approx 22$ 毫米。

由两端洞口或水平坑道来开挖隧道时其贯通时的横向误差由下列因素所决定：

- (1) 地面上控制网的横向误差；
- (2) 地面上向洞口所作的趋近导线的横向误差；
- (3) 两端开挖时所作的地下导线的横向误差；
- (4) 地下趋近导线测量的横向误差。

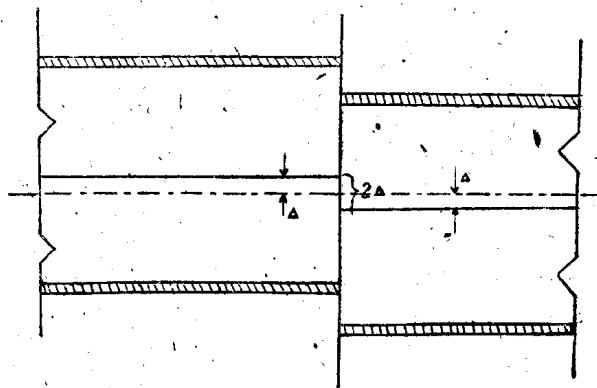


图 16-4

通常趋近导线的误差很小，故可略去不计。设地面上控制网的横向中误差为 q_1 ，而

兩端开挖时所作的地下導線的橫向中誤差為 q_2 與 q_3 ，則隧道貫通時總的橫向中誤差 Q 可按下式來計算：

$$Q = \pm \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + q_3^2} \quad (16-3)$$

同理
$$q = \pm \frac{Q}{\sqrt{3}} = \pm \frac{\Delta}{\sqrt{3}} \approx \pm 0.58\Delta \quad (16-4)$$

當 $\Delta = \pm 50$ 毫米時，則 $q = 0.58 \times 50 \approx 29$ 毫米。

現在來討論當從幾個地點同時進行建築隧道時控制網所應有的精度。

在每兩個豎井之間可以容許的橫向中誤差為 $\pm 0.45\Delta$ 。在頭三個豎井之間，橫向中誤差可達 $\pm 0.45\Delta\sqrt{2}$ 。在四個豎井的情況下橫向中誤差為 $\pm 0.45\Delta\sqrt{3}$ 。當有 n 個豎井時，可得橫向中誤差為 $\pm 0.45\Delta\sqrt{n-1}$ 。如果隧道的長度為 L ，而兩個相隣豎井之間的平均距離為 l ，則 $n-1 = \frac{L}{l}$ 。對於隧道的全長來說，控制網可以容許的橫向中誤差 m_q 為：

$$m_q = \pm 0.45\Delta\sqrt{\frac{L}{l}} \quad (16-5)$$

例如兩相隣豎井面的平均距離為 1.5 公里，而隧道的長度為 6 公里，則

$$m_q = \pm 0.45\Delta\sqrt{4}$$

當 $\Delta = \pm 50$ 毫米時， $m_q = \pm 45$ 毫米。

一般地說，隧道貫通的縱向中誤差 m_z ，可以比橫向中誤差稍大一些。但是對於曲綫隧道或隧道網（地下鐵道）而言，應認為縱向與橫向中誤差是相等的，如圖 16-5 所

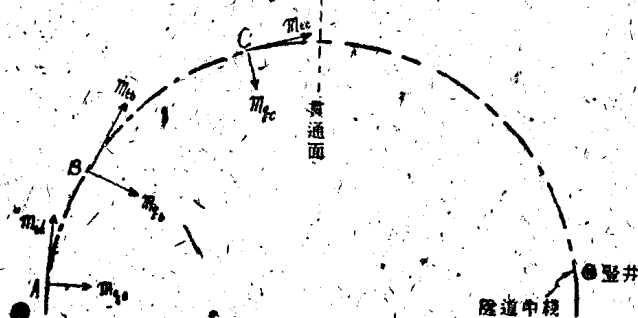


圖 16-5

示，為一由兩個豎井相向开挖的曲綫隧道。由圖可以看出，對於在貫通面處的橫向誤差而言，A 點處的 m_{za} 影響很大，而 C 點處的 m_{qc} 影響最大，B 點處的 m_{zb} 和 m_{qb} 影響幾乎相等。這就說明在曲綫隧道上，某一點的縱向和橫向誤差對隧道的貫通都有同樣的影響。

所以，對於曲綫隧道或隧道網（地下鐵道）而言，其控制網的中誤差不應超過：

$$M = \pm \sqrt{m_q^2 + m_z^2} = \pm 0.45\Delta\sqrt{\frac{L}{l}}$$

若令 $m_q = m_z$

則
$$m_q = m_z = \pm \frac{M}{\sqrt{2}} = \pm \frac{0.45\Delta}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{L}{l}} = \pm 0.32\Delta\sqrt{\frac{L}{l}} \quad (16-6)$$

同理得經過兩個洞口开挖時的估算公式：

$$m_q = m_z = \pm \frac{M}{\sqrt{2}} = \pm \frac{0.58\Delta}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{L}{l}} = \pm 0.41\Delta\sqrt{\frac{L}{l}} \quad (16-7)$$

当由豎井和洞口来相向开挖时,

$$q = \pm \frac{\Delta}{\sqrt{4}} = \pm 0.50\Delta$$

如图 16—6 所示的隧道, 其容许横向中误差

$$m_q = \pm \sqrt{(0.50\Delta)^2 + (0.45\Delta)^2 + (0.45\Delta)^2 + (0.45\Delta)^2 + (0.45\Delta)^2}$$

但因 0.50Δ 与 0.45Δ 相差不大,

为方便起见, 可以统一取 0.45Δ , 则

容许横向中误差 $= \pm 0.45\Delta \sqrt{5} = \pm$

$$0.45\Delta \sqrt{n-1} = \pm 0.45\Delta \sqrt{\frac{L}{l}}$$

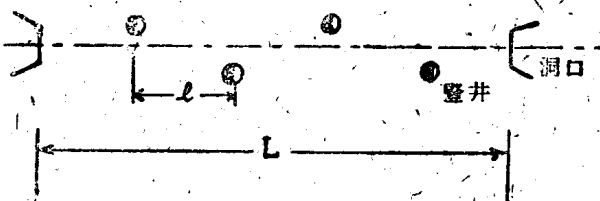


圖 16-6

显然, 此式与由豎井来开挖时的计算
公式完全相同。

如果用三角测量做为平面控制时, 则应尽量使二相鄰的豎井位在三角形同一边的附近, 这时分别用該边兩端的三角点將此二豎井放样, 三角网的横向中误差对貫通的影响將为最小。如图 16—7 所示, 由于角度观测的误差而使 B 点对 A 点所产生的横向或纵向中误差可按下列近似公式求得:

$$m_q = m_t = \pm \frac{m''_{\beta}}{\rho''} s = \pm s \frac{m''}{\rho''} \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (16-8)$$

式中: s 为三角形的边 AB 的长度; u''_{β} 为平差后的角度中误差; m'' 为角度观测的中误差。

对于由豎井开挖的隧道, $m_q = \pm 0.45\Delta$, 即得:

$$m'' = \pm \frac{0.45\Delta \rho''}{s \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}} \quad (16-9)$$

三角网角度观测的中误差应满足此式。

例如: $s = 1.5$ 公里, 而 $\Delta = 50$ 毫米时, 则 $m'' = \pm 3''.7$ 。

当三角形的边長太大的超过相鄰豎井面的距离时, 则应向着这些豎井敷設基本导线。这时控制网的误差对貫通的影响要相等地分配在三角网和导线网上, 各得 $\pm \frac{0.45\Delta}{\sqrt{2}} =$

$\pm 0.32\Delta$, 此时

$$m_q = m_t = \pm 0.32\Delta \sqrt{\frac{L}{l}}$$

例如: $L = 4$ 公里, 而 $l = 1$ 公里时, 则 $m_q = \pm 0.64\Delta$; 而 $m = \pm \frac{0.64\Delta \cdot \rho''}{s \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}}$

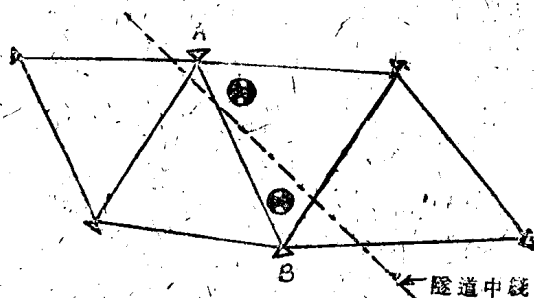


圖 16-7

若 $s=4$ 公里, $\Delta=\pm 50$ 毫米, 則 $m=\pm 2''$ 。

現在來研究當用基本導線作為獨立的平面控制時的情況。為了減少導線的橫向誤差, 可以借助一或兩個中間點, 將方向角從導線的第一個邊傳遞到最末一邊上去, 這樣導線可以近似地認為是附合在具有堅強方向角的兩點之中間, 其導線終點的中誤差為:

$$M^2 = \lambda^2 L^2 + \mu^2 L + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot L^2 \cdot \frac{n+3}{12}$$

這個導線的橫向中誤差為: $M_u = \pm \frac{m_\beta}{\rho} L \sqrt{\frac{n+3}{12}}$ 。

式中: m_β 為測角中誤差;

L 為導線長度;

n 為導線邊數。

設 $M_u = m_a = 0.45\Delta$, 則

$$m_\beta = \pm \frac{0.45\Delta\rho}{L \cdot \sqrt{\frac{n+3}{12}}} \quad (16-10)$$

例如: $\Delta=50$ 毫米, $L=1.5$ 公里, $s=250$ 米, $n=6$, 則 $m_\beta=\pm 3''.5$ 。

現在來研究其邊長丈量的精度, 自由直伸導線的縱向位移為:

$$M_t = \pm \sqrt{\lambda^2 L^2 + \mu^2 L}$$

式中 μ 和 λ 分別為丈量的偶然誤差和系統誤差的係數。

由用鋼綫尺丈量的經驗得知: $\lambda = \frac{1}{30}\mu$, 所以

$$M_t = \pm \mu \sqrt{L + \frac{1}{900} L^2}$$

$$\mu = \pm \frac{M_t}{\sqrt{L + \frac{1}{900} L^2}} \quad (16-11)$$

例如: $M_t = \pm 0.45\Delta$, $\Delta = \pm 50$ 毫米, $L=1.5$ 公里, 則 $\mu = \pm 0.0035$, $\lambda = \pm 0.00001$ 根據 m_β 和 μ 就可以決定導線測量的方法及所应用的工具。

當把基本導線依附在三角點上作為附合導線時 (如圖 16-8 所示)

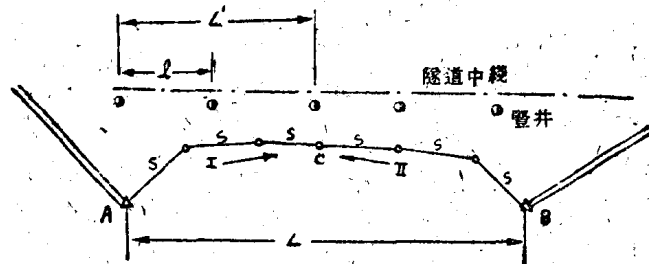


圖 16-8