

鐵路工程基本知識

地形測繪

吳 偉 著

人民鐵道出版社

本書總結了作者几年来参加鐵路地形測繪工作的經驗、常識和方法。其主要內容包括：勘測的組織，繪制地形圖的基本要素，作業方法及步驟，結束整理工作等四章。

本書可供具有測量知識、但在實際操作上還不熟悉的技术人員和技术工人作參考和學習用。

前 言

在勘测設計阶段，測繪是最复杂的工作之一。地形图是勘测設計資料里用途最广泛的。

在总路綫的光輝照耀下，鉄路勘测工作和祖国社会主义建設中的其他事业一样，都有很多成就和經驗值得我們学习和推广。

編写这本小册子，是編者通过几年来参加鉄路測量工作和学习的亲身經歷，着重总结了平面地形測量及繪图工作的一些經驗、常識和方法，以供給具备測量知識、但在实际操作上还不熟悉的技术人員和技术工人参考。

在內容方面，主要以地形施測为主。就是說：我們在拿到一張有經緯距导綫及主要标高的地形底图后，怎样去測繪地物、地形、地貌。

本文的編写工作开始于1956年初，1957年6月整理脫稿。在此期间，先后請教了許多同志；如王国敬、薛叔元、朱銅富、李翰濱、罗 恬等工程师；由于他們的热忱帮助，特此致謝。两年半来，編者虽对本文的編写修改等工作花費了巨大的劳动和漫长的時間，但由于学識浅薄、能力有限，因此可以肯定：本文在內容和編写等方面还存在着不少的缺点和錯誤，誠懇的希望讀者賜予帮助和指正。

第四設計院 吳 偉

目 录

前 言

第一章 勘测的組織	1
§ 1. 了解目的	1
§ 2. 一般要求	1
§ 3. 定員分工	3
§ 4. 研究任务	5
§ 5. 各項制度	5
§ 6. 工具定額	6
§ 7. 仪器保管	8
§ 8. 領取証件出发	10
第二章 繪制地形圖的基本要素	11
§ 1. 等高綫	11
§ 2. 比例尺	17
§ 3. 图例	17
第三章 作業方法及步驟	21
§ 1. 联系	22
§ 2. 基本動作	23
§ 3. 技术要求	24
§ 4. 信号	24
§ 5. 口哨	29
§ 6. 信号的五种表示	29
§ 7. 經緯仪測地形	35

§ 8. 小平板仪与經緯仪配合測量地形·····	37
§ 9. 大平板仪測繪地形·····	39
§10. 小平板仪測繪地形·····	40
§11. 百尺标与横断面測繪地形·····	43
§12. 三种主要測繪地形的方法的比較·····	45
§13. 測繪地形工作中的建議·····	46
§14. 复測車站平面图的測繪內容和要求·····	48
第四章 整理結束工作·····	52
§ 1. 图之整理·····	52
§ 2. 底图繪制·····	54
§ 3. 底图的上墨及着色·····	56
§ 4. 小数点的位置及字的方向·····	57
§ 5. 图纸的測繪檢查·····	58
§ 6. 結束工作及其他·····	61

第一章 勘測的組織

§ 1. 了解目的

地形測量，是把地面上的地貌、地物（如：山川、河流、房屋和水塘等）用一定的比例尺，通過一系列的儀器操作，把地表的實況繪在圖紙上。這種圖紙，是我們設計建築物，如鐵路和公路的選綫、廠址的選定、修建堤壩、開采油田或礦山、興修農田水利等所必需的基本依據。根據它，可以研究作出各種經濟上的比較和選定合理的方案。

有等高綫、同時能顯示地表的自然現象及人工建築物的一定比例尺的圖紙，通常稱為“地形圖”。

我們所要解決的，是有了一張具有經緯距導綫點、各主要標高的底圖時，如何通過測量的方法，把地表的自然面貌及人工建築物用一定的比例尺測繪在圖上，以供設計應用。

為了使問題敘述簡明與具體起見，本書主要圍繞鐵路的帶狀地形，或者是碎部測量的施測，來說明地形測量的情況。

§ 2. 一般要求

在我們接受了地形的測量任務以後，技術人員就要着手研究測量的各種要求和精確度，並辦好與有關單位的介紹信件。更確切的說：我們必須注意以下事項：

（1）導綫之聯系、閉塞情況。與輔助導綫取得閉塞。

如果用經緯儀作輔助導綫，要符合：

角度閉合差 $\pm 3\sqrt{n}$ （分）；

相對長度閉合差 1:400；

高度閉合差 $\pm K\sqrt{LD}$ （公尺）。

式中 t ——游标精确度(分)；

n ——經緯仪置鏡点数；

L ——导綫长度(公里)；

D ——照准綫平均长度，

$$= \left[\frac{\text{导綫总长}}{\text{置鏡点数} - 1} \right] (\text{公里})；$$

K ——公里长导綫之最大誤差(公尺)。

当 傾斜角 $\geq 5^\circ$ 时 $-0.2^m/KM$ ；

傾斜角自 $5^\circ \sim 7^\circ$ 时 $-0.3^m/KM$ ；

傾斜角大于 7° 时 $-0.4^m/KM$ 。

(2) 平板仪轉点(經緯仪求高差)，不能連續三次。方向的允許差誤，根据比例尺的大小不同而定，不能硬性規定。

水平标高(即高程)，用双轉点联系。在一般情况下，轉点标高取小数点后的三位；地形点标高取小数点以后的一位或两位。等高綫的間距，因比例尺的大小不同，随需要确定之。

(3) 比例尺。有大小两种：

①大比例尺 $1:2000 \sim 1:100$ 或以下者；

②小比例尺 $1:2000 \sim 1:100000$ 或以上者。

我們测量的图，一般采用 $1:1000$ 、 $1:2000$ 和 $1:5000$ 为测量地形之常用比例尺。也就是我們口头上常說的“縮尺”。

(4) 在测量之先，要明确和了解施测地形的范围大小、面积多少？通过那些重要的村鎮、城市、河流、山川和控制点？有那些主要道路和交通工具？

(5) 事先确定施测方法。是用小平板配合經緯仪？还是用单独經緯仪装备？确定这种原則时，要考虑人力及仪器的情况、視距尺及使用仪器的各种規定等。

(6) 对采用图例的标准形式，事先也要研究和熟記。

(7) 以前有的，可供参考的軍用地图(通常比例尺是 $1:50000$)，或工厂、矿山小区域的平面图，碎部勘测图表等資料，我們应尽量搜集。比較这些图表的导綫、水平等关系与我們

的要求有什么不同，以及目前改变的情况和可能利用的程度。

(8) 对地形点的要求。除特殊情况，可以按下列原则：即当图纸的比例尺为

1:1000时，一般30公尺跑一点；

1:2000时，一般40公尺跑一点。

即是说：在地形图上，点与点之间的距离不能大于 2 公分 (1:1)。对于一些小的变化处所，如：低于 0.5 公尺的小坎，土方不大于 10 立方公尺的土堆及人工挖的坑，小于 0.5 公尺的屋簷等，在 1:2000 的地形图上可以不表示。

(9) 测量辅助导线时，视距尺应带水泡装备，或者挂长吊鉤亦可。

(10) 辅助导线或打转点的所测高差，应用往返一次测量，它的允许误差是 $\pm 30\sqrt{n}$ (公分)；采用一次全量法测量垂直角。辅助导线或转点要经过误差分配后方可绘入底图而进行地形测量。误差的分配可用经纬距的计算方法进行平均误差的调整，也可用计算较费事的“误差传递”而进行分配。

§ 3. 定员分工

一般，每个地形组应配有技术人员 2 名，技术工人 6 名。现就用经纬仪配合平板仪测繪地形的办法，详述定员及分工的情况：

(1) 技术员 2 人：

司经纬仪者 1 人。负责讀视距、垂直角，兼用计算盘计算高差、求算视距改正数。

司平板仪者 1 人。负责分配全组工作同志的任务，以照准仪测定地形点的方向。根据高差及视距改正数，求出标高及点的水平距离，将该点落于图上。原则上要求在現場繪制地形图，若时间不允许，不可能在現場勾图时，亦必需将地貌輪廓及主要的高线描出。

(2) 测工 6 人：

置经纬仪 1 人。负责置鏡（即经纬仪之俗称，下同）、显示

旗語，并与司鏡者、司平板者保持密切的联系。

司平板儀 1 人。安置平板，必要时协助司鏡作計算工作或兼做記錄。

持尺 4 人（其人数可視地形复杂与平坦，酌量增减）。負責跑点。

如果除了跑地形点的工作及其他原因，測工不能定員过多时，还应有两名普通工或临时工的定員。他們分工如下：

① 1 人負責对后点，对完后点后再持尺沿中綫附近跑点。

② 1 人負責打伞、砍除及清理置鏡、置平板处的杂草，协助置鏡者在由这点搬到那点时携带工具。

普通地形測量，不作記錄。遇有天雨只用經緯儀施測时，或者作釘設車站主要座标点之測繪时（此处指铁路复測，归綫改造測量地形），应作記錄。該項記錄工作，由司鏡者兼做，或請司平板儀者担任之。

以上是比較复杂的地形測量的一般定員組成情况。在比較平易的沙丘、草地等地区，也可由 5 人組成一个測量小組来完成任务。他們的組成及分工是：

技術員 2 人：

① 1 人为生产小組长。掌握計劃进度、技術領導、司鏡和視距計算盘高差、改正距离計算。

② 1 人司平板，繪等高綫，測点上墨前的計算标高，清理底图。

測工 2 人。除負責跑点以外，其中 1 人負責方向，找地形輔導綫点；另外 1 人負責記錄生产中的点滴經驗，保管小組生产工具及管理伙食。

普通工（或临时工） 1 人。負責打伞或协助跑地形点。

根据任务的繁簡情况，小組定員减少至 4 人或 3 人也可做地形測繪工作。

§ 4. 研究任务

接受了上級交給的任务以后，根据工作量、定員情况，我們在詳細的了解要求完成任务的期限、工作量应该成套完成的日期、質量标准以后，即布置分工，組織人力去現場了解实际的情况。一般由技术員及測工混合組成前往。了解的重点应放在：

(1) 現場導綫木樑（即俗称木桩）的合理位置；

(2) 标高的联系情况；

(3) 来去的道路，可以住宿的村鎮；

(4) 鏡子安置的概略位置及先后，轉点（打輔助導綫）可以利用的地形位置（以能看最多的地形点为原則。因之，要求轉点一般要高，能够看得远。）；同时，我們要初步肯定施測地形的难易程度；

(5) 須和施測範圍內的工矿企业、軍政团体等机关联系，了解和調查他們的上級机构。如果要測量他們所管轄的範圍的話，要通过那些手續、办理那些介紹信等。

看完現場情况后，即返小組，进行开会研究。在會議上，除了調查工作的同志彙报情况以外，并应結合实际情况研究决定：

① 勘測的主要方法及仪器装备；

② 計算工时、安排計劃、拟定計劃进度、确定工率；

③ 更明确更細致的分工；

④ 建立制度（詳見§ 5.）。

§ 5. 各項制度

根据已往的經驗，要搞好一件工作，必須要有一些必要且完整的制度。地形測量工作，也不例外。总的說来，它有以下一些制度：

(1) 工具負責制——測量工具应由小組同志分別負責保管。选出工具負責小組长統一安排檢查。每天出工清点工具，看是否攜帶齐全、有无損坏。

(2) 安全生产制——选派安全值日。负责一天工作时间内操作的安全。

(3) 出工点名制——由行政组长或工会小组长点名。同时，在点名后，立即布达本日的工作情况，检查携带工具是否适用。

(4) 生产日志——指定专人填写。记录：工作情况，优缺点，经验教训，谁完成任务最出色，谁没有完成任务等。

(5) 质量检查制——制订“自检”质量检查的办法、检查期限及由谁来负责等。

(6) 内外业联系合同——为了平行作业，内业和外业互相签订资料供应合同。

(7) 呼唤应答制——在测量中，如报数字，当报完后，听的一方在记录完时应照原数回话，以免错误或笔误。

(8) 碰头会——每天收工后，利用5~10分钟的时间，总结当天的情况。最好在一周或半月举行一次业务会议。在会上，除了总结过去的优缺点外，并指出今后努力的方向；对学习、生活等问题，尤其是团结互助、劳动纪律等，也应召集一定的会议来研究。

§6. 工具定额

测量用的工具随测量的方法而异。现就平板仪配合经纬仪地形测繪的情况，提出下列工具定额（如表1），以供参考。

表 1

顺序	名 称	单位	数量	顺序	名 称	单位	数量
1	经纬仪	架	1	11	防雨篷罩	个	1
2	平板仪	架	1	12	帆布袋	个	1
3	视距尺	根	4	13	絨 线	公尺	10
4	小鋼尺 (2公尺)	整	1	14	花 杆 (2.5公尺長)	根	2
5	折 尺	个	1	15	方向架 (活动的)	个	1
6	指揮旗	付	1	16	50公尺繩尺	根	1
7	口 笛	个	6	17	30公尺皮尺	整	1
8	標誌旗 (帶色的)	面	4	18	小号圖板	塊	1
9	雨 傘	把	2	19	HB繪圖鉛筆	支	2
10	雨傘架	个	2	20	普通鉛筆	支	2

續上表

順序	名 稱	單位	數量	順序	名 稱	單位	數量
21	圖 釘	盒	1	58	收獎登記簿	本	1
22	綉花針	包	1	59	迴紋針	本	1
23	2H繪圖鉛筆	支	2	60	日報表	本	1
24	平板用油布	塊	1	61	酒 精	瓶	1
25	記錄本	本	8	62	分度器	個	1
26	老虎鉗	把	1	63	三角板	付	1
27	手水平	個	1	64	視距計算盤	個	1
28	三稜尺 (比例尺)	支	1	65	紅藍鉛筆	支	1
29	水 壺	個	2	66	鉛筆套	個	2
30	急救藥箱	個	1	67	兩用橡皮	塊	2
31	繪圖儀器	付	1	68	小圖筒	個	1
32	直 尺	個	1	69	小日記本	本	2
33	雲形板	塊	1	70	導線記錄本	本	1
34	黑墨水 (繪圖用)	瓶	2	71	草稿紙	本	10
35	色墨水	瓶	3	72	紅油漆	听	1
36	米厘方格紙	卷	1	73	白油漆	听	1
37	透明紙	卷	1	74	毛 筆	支	2
38	繪圖紙	張	20	75	鉛 絲	斤	0.5
39	繪圖鋼筆尖	打	1	76	大小鉄釘	斤	1
40	砂 紙	張	1	77	繩 子 (粗、細)	斤	1
41	吸墨紙	張	1	78	洋 腊	包	1
42	膠 水	瓶	1	79	洋油灯	盞	3
43	卷 夾 (卷宗)	個	10	80	望遠鏡	個	1
44	算 盤	把	2	81	袖珍放大鏡	個	1
45	旅行箱	口	4	82	活動櫥	把	2
46	復寫紙	盒	0.5	83	活動桌	張	2
47	印 泥	盒	1	84	行軍床	張	12
48	計算尺	把	1	85	帳 篷	個	2
49	視距表	本	1	86	軍用小洋鍋	把	1
50	三角函數表	本	1	87	柴 刀	把	1
51	對數表	本	1	88	斧 子	把	1
52	視距計算尺	把	1	89	扁 担	根	2
53	曲綫表	本	1	90	小 刀	把	1
54	日 历	本	1	91	籬 筐	付	2
55	拍紙錄	冊	4	92	手電筒	個	4
56	總結紙	本	1	93	水 桶	個	2
57	釘書机	架	1	94	行軍鍋	口	2

此外，还有一些用品，如：碗、筷、手巾、肥皂、布袋、水杯等属于自己生活的必备品，就不一一例举了。

§7. 仪器保管

仪器的保护非常重要。我們測量人員用的仪器，就好像軍人用的枪支一样。为了慎重起見，茲将一般仪器的保护方法分述如下：

(1) 每日出工及收工时，由专人檢查仪器是否有损坏或遺失。組內保管仪器的人应明确分工。

(2) 每隔一定的时间，仪器应予校正一次。如果在校正仪器过程中，发现有关机具及螺絲有不懂其用途的，自己以前也未看过的，最好翻翻有关的書籍，或者請教別人后再予校正。切不要不懂装懂，乱摸，使校正工作因不懂仪器的性能反而造成仪器的损坏。

(3) 每日收工，应将个人負責保管的仪器分別擦拭干淨，整理妥当。有些測量用品，如鋼尺等还要涂“凡士林”一类的油，以防生鏽。如遇天雨，保管人应用細絨布把仪器各部份雨水，或者因空气潮湿而在仪器表面生的水汽擦拭干淨，完后再上油，使各部螺絲不致生鏽。对于仪器的鏡頭应少擦拭。因鏡頭玻璃被擦毛后，会影响反光。是什么原因？可見(4)。

(4) 鏡頭是仪器主要組成部份之一。爱护它應該像爱护人的眼睛一样。遺憾的是有些使用或保管仪器的同志，‘好心腸’的用普通粗糙的衣襟或手帕去擦拭鏡頭，本意在除灰尘，然而这样长此已往，反而把衣襟上或手帕上的肮髒东西粘上鏡頭，而且也擦毛或划破了鏡頭表面。一般仪器的鏡頭，有一层藍紫色的加膜，它是保护和保持‘焦点’清晰、避免强烈的反光，而造成良好的折光用的。但这层薄的藍紫加膜层，很容易受外界的擦拭而脫落。如果没有保护好，即可形成鏡頭模糊不清，或者无法視距，如果影响了放大倍数而調整无效时，仪器就不能使用了。

(5) 經緯仪、平板仪、水平仪等三脚架(俗称鏡腿或鏡

架)，每次用完后，宜把上下各部螺絲稍加松开，三脚架收攏，以恢复原整体状态。搬鏡子时，应将經緯仪或水平仪的致平螺絲擰平（即仪器下盘下的三个三脚鼎立的螺絲、擰得适度的一样高）；将望远镜的接物镜头戴好鏡帽。如是經緯仪，則将望远镜鏡筒豎立，戴好鏡套再搬动。

（6）現行仪器的种类很多，各国的仪器在装置和构造上不尽相同。因此，應該十分強調，在得到仪器的同时，应将研究該仪器的使用办法的說明書，到明确后，再使用仪器。如不然，采取摸索的办法去探求經驗而理解仪器性能，即有可能形成不該紧的螺絲紧了；不該松的螺絲松了。

（7）如果用平板仪及經緯仪配合起来測量地形，最好把經緯仪的上盘固定而松开下盘。因为不讀水平角，对讀垂直角不必要固定下盘而松开上盘。这样，就可以免除因松开上盘而固定下盘所造成的上下盘邊緣的磨損。如不然，在施測地形中，由于来回施測旋轉的次数很多，形成度盘邊緣受到摩擦，時間一久，必然形成水平角的刻度游标磨耗，水平度盘漸漸模糊不清起来，严重者用时差誤增大，可以引起根本不能讀角。如果要用来打閉塞导綫，由于仪器的差誤及无法讀角而憑猜测或臆断，在不堪使用的情况下勉强讀角，势必造成精确度不高而返工。

（8）外业或内业，对仪器要妥善的安置。如果日久放在潮湿的地方，就会使望远镜筒里的物鏡或目鏡及反光鏡发生霉斑。如果鏡筒里因水蒸汽或其他的气体而引起的白雾、斑点，当然就不能看了。气候太冷、太热、太湿（即阴雨綿綿的天气），起白雾的現象常出現，因此，常在仪器箱内放一小杯氯化鈣、用来吸收水份，保持仪器干燥。而免除水气中含有酸性气体对仪器产生的侵蝕和霉腐作用。

安置仪器的温度，亦不能过高或过低，一般保持人的体温（36.5 °C左右）的室内安置为宜。

（9）仪器的外层，常受外界的侵蝕。如在烈日下或风雨交加中施測，而沒有妥善的安排和采取必要的措施，由于仪器各部

份金属受冷、热不同及各部金属本身膨胀系数不同，热胀冷缩的结果，使各轴中心的关系发生变化，影响仪器的精度。

(10) 如发现仪器有小的故障时，即应及时纠正，不要勉强使用。防止形成“小不治则大患至”，直到不能收拾，修理困难。还有，不能随使用粗糙的工具拆修仪器。如：用小刀的刀尖取螺丝，用过粗或过细的铁丝或测钎代替接针校正仪器。同时，应尽一切可能防止仪器的各部松紧不对，下上脱节的现象，以延长仪器使用寿命。

§8. 領取證件出发

在出发以前，要办好領取證件的手續。一般，对内或对外单位我們应有下列文件和許可証：

- (1) 勘測任务書；
- (2) 經行铁路、隧道、桥梁的許可証；
- (3) 铁路、公路等工程建筑物的調查和測量的許可証；
- (4) 野外勘測地形的許可証；
- (5) 測量經行地帶、砍伐树林、踢青苗的許可証(必要时，应与地方政府取得密切的联系。双方協議后方可进行測量)；
- (6) 請領組的公章。如果沒有，应請領适当数量的空白介紹信(即盖有公章，以备急用时填写公文的公用信件)。
- (7) 出差証明書，乘車証等。

出发到了基地以后，应即与当地政府和机关联系，主动爭取地方党委的直接领导和地方广大羣众大力支持和帮助，为工作的顺利开展打下基础；对于一些軍政机关，应及早的事先联系，訂立允許勘測的協議，必要时，在協議書上应写明进厂或进入該机关团体範圍內的勘測時間、人員、所測範圍、保卫事項等。尤其对于一些国家保密的工厂、矿山的勘測，千万要做好这项联系工作。

第二章 繪制地形圖的基本要素

§1. 等高綫

联接地面上高度相等的各点的曲綫，叫等高綫。因为等高綫上各点的标高均相等，故又称水平封閉曲綫。

地形測量，往往是一个綜合性的測量。有了一張地形圖，我們不但能看到一些地物的位置，同时也可以知道地勢的起落、高低等变化情况。

一般的鐵路、公路、水利測量，均采用碎部或区域測量。見得更多的是帶狀地形測量。我們通常采用有代表性的直綫来表示曲綫，即是用水平投影綫来表示測量区域内的起伏地勢，以便在紙上繪出其水平位置。等高綫，就是傾斜面用投影綫的綫段来代替的。如图 1 及图 2 的形式。

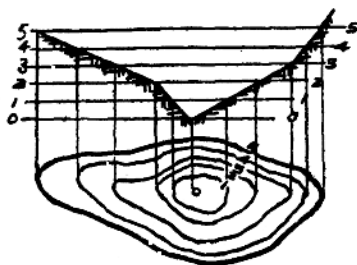


圖 1

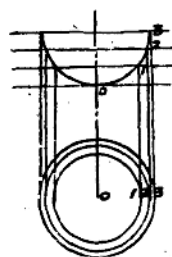


圖 2

图 1 及图 2 的上半部为地形的縱剖面或圓（球体之半）的剖面；下半部即等高綫。

等高綫既然为表示地勢之高低，那末，我們視其形状即可知实际地形之情况。为了充分的利用等高綫和熟悉等高綫，我們首先要研究等高綫的性質。茲根据目前已总结的等高綫特性，列举如下：

(1) 凡等高綫上的各点，其高度必須相等。如图 3 中沿着

104等高线上的所有P点，高程都等于104公尺。

(2) 凡等高线首尾皆能衔接，或在图的界限以内，或在界限以外成为一封闭之水平曲线。如图4。等高线115，在图内封闭；等高线110、105、100、95、90及其他，均在图幅以外的其他图纸上封闭。尤其平坦地区的等高线，图外封闭较多。



圖 3

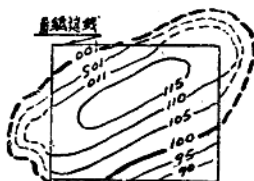


圖 4

(3) 等高线在图上衔接者，为表示山岭或洼地。如图5中高程130表示山岭；而高程100则表示洼地。

(4) 凡坡度较缓，斜度变化均衡的地势，其等高线之间距离约相等。如图6。



圖 5

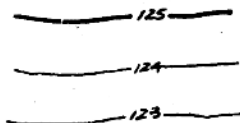


圖 6

(5) 等高线之间的距离愈小，则表示地面倾斜度愈大；其距离愈大，则地面愈平坦。

如图7，在高度120~110间就倾斜度大；在100~90间倾斜度小。

(6) 凡等高线同时经过一点，必与该点成最陡的斜坡线，斜坡往往接近直角，则此处表示悬崖或陡坡、陡坎。



圖 7