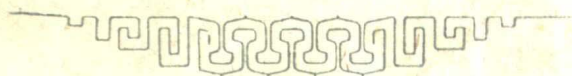


007621

鐵路勘測設計技術資料

微波通訊設計中的測量工作

鐵道部第三設計院編



人民鐵道出版社



微波通訊是一項新的很有發展前途的通訊方式，而在設計微波通訊時的測量工作對我們說來是一個新問題，本小冊子即是介紹微波通訊測量工作的內容和在实际工作中的体会，可供各單位在設計微波通訊時參考用。

本文執筆者：范桂珍，叶俊，呂士佩，黃人喜



鐵路勘测設計技術資料
微波通訊設計中的測量工作

鐵道部第三設計院編
人民鐵道出版社出版
(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

書號 1325 開本 787 × 1092 毫米 印張 3 字數 10,000

1959年4月第1版

1959年6月第1版第2次印刷

印數 1,210 冊 [果] 1,710 冊

統一書號：15043.014 定價 (7.00)

(一) 微波通訊測量工作簡單介紹

微波通訊是一種新的而有很大發展前途的通訊方式，微波通訊測量工作則是一項新的工作。

微波是一種超短波，波長僅有幾公寸，其主要特點是直綫傳播，方向性準確，只有在該方向上才可收聽到，所以它的保密性較強；又因為是無線通訊，可以節省大批有色金屬，僅一部機器即可同時能通 600 對話路，而且發射功率小，傳播 50 公里只需幾瓦電流就夠了，此外還可用來傳播電視等等。

因為它是直綫傳播，中間不能有阻擋，可是地球曲率影響着它的傳播距離，如果距離遠，鐵塔就要修得很高，通話時的衰落現象也將增加，因此是不經濟的。現在一般在 40~60 公里時便設立一所中繼站，同時為了避免阻擋，故中繼站的站址多半選在較高的山峯上。

微波通訊測量隊的重要工作就是測定站址在地球上的座標及其絕對高程，站間的天文方位與距離，以及站間縱橫断面。這些工作主要靠天文測量和三角測量來完成。

(二) 工作內容

1. 天文測量

目的：為確定站址在地球上之位置及兩站之天文方位和距離。

方法：一般在夜間觀測恆星而不觀測太陽，因測太陽達

不到要求之精確度。

① 若站址在平地或距離住所不遠時，可以直接在站址釘設大木桩進行觀測。

② 若站址在高山山，則可不必一定在站址上觀測（因夜間上山工作較為不便，同時需增加人員或僱民兵防禦野獸之侵襲，冬季山頂較冷對工作亦要有一定之影響），而可在山下合適的地方打一三角網（亦可作引高程用）在基綫上觀測，然後利用天文台供給之“子午圈及緯度弧長數值表”推算出站址之經緯度及方位，並不影響其精確度。

2. 断面測量

目的：為求得電波和地面之空隙以設計塔高。

方法：欲測兩站間縱断面是有很大困難的，因一般站間距離多在50公里左右，且為叢山峻嶺所阻，無法實測，只有利用交會法測出橫断面，確定每座山之距離後再利用每座山之俯仰角用正切公式求得縱断面方向上各座山之距離及高程。雖橫断面測量之目的為求得縱断面，但據電務人員說橫断面亦有其用途，因電波左右之空隙程度對波之傳播亦有其一定之影響。

這項工作應在天文測量後，已求得兩站間之方位時進行，這樣可以使橫断面寬度最小且不會造成反工現象，亦不須為了測俯仰角再上山一次。根據寶鳳和京大綫的經驗，橫断面均系在未求得站間方位時進行的，這樣僅能按軍用圖量出方位後用羅盤儀大致指出另站之方向，往往造成錯誤和浪費，因測断面須要清晰之天氣，而這樣又往往使縱断面方向出了所指定之範圍，同時在未求站間方位時，亦可能觀測俯仰角，這樣須等兩次較好的天氣，對工作的進度是有很大的影響的。

3. 三角高程測量

目的：为引出站址在山上的高程及为测断面用的基线的高程。

方法：

- ① 如地形平坦，可用水平仪直接抄平。
- ② 如地形复杂，则须在靠铁路附近处适当位置作一基线，丈量基点之距离并抄出其绝对高程，再通过三角高程测量（考虑地球曲率之影响）求出山上各点之高程。

4. 站址地形

目的：供房建人员设计高塔基础及维修人员住房。

方法：用小平板测绘出站址位置之地形，面积 100 M^2 ，比例尺 $1/500$ ，注明真北方向。

5. 概貌图

目的：表示站址和铁路、河流、公路、水源点主要山头，上山道路，输电线路，村庄所有测量标志桩的关系等及其他重要地貌之关系。

方法：若有较为准确之军用图便可应用，若无军用图可利用时，则须实测，只须测出有控制作用之地形点和地貌点，过远控制点可采用交会法或目测。

测量范围一般能将站址及车站包括在内即可，比例尺为 $1/25,000$ 。

6. 抄平

目的：为引出基点之高程，与一般测量同，不详述。

7. 内业计算及内业整理

内业工作实质上就是利用天文测得的观测资料，根据不同的方法来进行经度纬度方位的计算，结果得出接近正确的站址的经纬度及方位的数值来，故天文的计算工作量很大。

除进行天文的计算外，还要进行三角高程的计算，站间方位纵横断面的计算，地形图的绘制，概貌图的绘制及一切

資料的成果整理工作。

(三) 人員組織及工作順序

1. 人員組織

要求：技術人員能較快的掌握天文測量及熟習地面測量，並具有一定的計算能力。

工人：具有一定文化程度能獨立進行地形、抄平等測量工作。

人員配備（按1組考慮）：

技術人員 4 人

測工 3 ~ 4 人

事務員、炊事員各 1 人

醫務人員 1 分隊可配備 1 人，在各組輪流走動。

分工：

一、天文測量

技術員 3 ~ 4 人——1 人司鏡；1 人記錄並記氣壓及溫度；1—2 人收時或計時（2 人時工作迅速，可提高精度）。

測工 2 人——1 人操縱照明設備及傳運計時儀；

1 人擺設砣牌，對點（測真北時用）。

二、縱橫斷面測量

技術人員 2 人——1 人司鏡；1 人記錄並繪圖。

測工 1 人——擺鏡及對點。

三、地形：概貌及抄平同一般綫路測量，最好能由工人獨立進行，這樣可以節省技術人員的時間用來計算天文資料，同時亦可消除工人窩工之現象。

2. 工作順序

由電務人員確定站址位置後，打下大木桩，在適當位置選出基綫（以引标高用），同時亦在山上找出合適之基綫

(以作横断面用)即可进行抄平,量出三角关系推算距离、标高,其余人员可以准备夜间测量之用具及计算观测时间。因此,这两项工作可平行进行,利用计算天文资料时又可作地形等工作。外业工作完成便进行内业整理。有时天文资料计算较繁重,技术人员工作较紧张,而工人在目前条件下参加计算还有困难,这时须抽出工人去前方作下一点之一切准备工作,以免造成忙乱现象。

(四) 工具配备及应用

1. 工具配备

一、仪器(按1组考虑):

(1) 精密经纬仪2部(如T010或T3)及其全部附件(钢视距尺,砧牌及三个镜腿基线表照明设备等);

(2) 水平仪1部;

(3) 计时仪(秒表5块或计时器一部);

(4) 直流或直交流收音机1部(3波或2波的);

(5) 望远镜2架(放大倍数较高的);

(6) 经过国家气象台校正后的气压计代温度计1个(精度较高的);

(7) 平板仪一架;

(8) 照像机1部。

二、工具:

(1) 电筒两个;

(6) 测钎一组;

(2) 水平尺两根;

(7) 垂球2个;

(3) 花杆6根;

(8) 大锤和斧头各一个;

(4) 视距计算盘1个;

(9) 大红白旗6面;

(5) 50°或30°链子一盘;

(10) 大小木桩及洋钉适量。

三、圖書資料:

- (1) 本年度天文年历 2 册
- (2) 对数表 (七, 八位均可) 2 册
- (3) 八位三角函数表 1 册
- (4) 星图 1 張
- (5) 全国及分省地图 1 份
- (6) 实用天文学每位技術人員 1 本
- (7) 測量学教程 1 册

四、文具用品:

- (1) 算盘 3 个
- (2) 计算机 1 台
- (3) 計算尺 1 把
- (4) 比例尺 1 根
- (5) 大小三角板各 1 付
- (6) 半圓仪一个
- (7) 橡皮紙适量
- (8) 米厘紙
- (9) 透明蜡紙
- (10) 各种記錄本
- (11) 釘書机一个
- (12) 图釘, 漿糊及鉛笔、小刀等工具
- (13) 計算用草稿紙及練習本若干

五、收集資料:

- (1) 經緯度推算資料
- (2) 有关铁路沿綫基标标高 (及断面)
- (3) 有关三角点資料 (經緯度及高程)

2. 应用

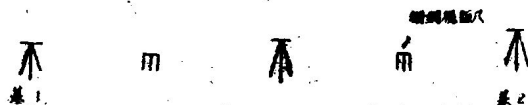
一般測量工具不再詳述, 仅将各种不常用的列述如下:

(1) 鋼鋼視距尺

应用条件：在山地拉鏈困难时，用此較為方便且能达到要求之精确度，距离在30~50公尺結果較為良好，过长則誤差将增大，若在地面时用鋼尺拉距离較此更为迅速。

方法：置鏡于基綫之一端，前視另一端，于中間每隔30~50公尺打一小木桩或用測釵留下記号，將鋼鋼尺放于該点上，对点整平后，从鋼鋼尺上視線方向（鋼鋼尺中央有一白色直綫使与鏡筒重合即表示視線垂直于鋼鋼尺）量其夹角，由鋼鋼視距表上查得距离，間隔置鏡于各点，量出夹角后求得距离，依次做下去，即得基綫間之距离。

現將測量方法以簡圖表示：



(2) 对时

一般天文測量應該用計时仪或恆星鐘計时較為准确。用秒表对时有一定缺点，会造成三次誤差，如对表不可能完全符合于报时，夹表时由于手的灵敏性也会造成一次誤差，計时时又会造成一次視力誤差。这样就会影响測量之結果，但由于我們受設備限制，目前只能用秒表对时。

(五) 微波通訊測量工作細部介紹

1. 准备工作

(1) 在未出工前分队长应召集一个有电务設計事務所同志參加的會議，說明現場的工作、生活、气候、交通等方面的情況，討論具体工作的进行步驟，工作的操作方法及要求資料，并进行小組划分及分工。

(2) 每个技术人員应熟悉仪器之性能并进行校正。

学习实用天文学及星图，要求能独立的辨明星座，争取在开工前能实际操作 1~2 次并进行计算。

(学习实用天文学中之第四、七、十一、十二、十四等章，其他各章亦需陆续学习以便掌握观测之各种方法。)

(3) 练习收听发报之标准时，并练习对表，达到迅速熟练，误差不超过 $\pm 0.1''$ 。

2. 正式工作

(1) 天文测量

1) 纬度观测：

方法：

① 用观测北极星上(下)中天法：有条件时最好用此法简单而准确。

② 用观测北极星任意时角法：当上(下)中天在白天或有云不能观测时用此法，但须测三组以上，取接近之二组平均。

举例如下：

甲、用观测北极星上(下)中天法：

时间计算见1958年天文年历第418~419页。

如：求1958年6月17日某地之纬度

记录结果：北极星视高度 $h = 39^\circ 50' 41''$

温度 $+20^\circ\text{C}$ ，气压 636mm 。

由天文年历 294 页查得北极星赤纬 $\delta = 89^\circ 03' 45''.91$

所以极距 $p = 90^\circ - \delta = 0^\circ 56' 05''.09$ 。

蒙气差改正：由实用天文学254页查得：

$A = -0.0714$ ， $B = -0.1632$

由实用天文学 294 页查得：

$\gamma_0 = 71''.90$

$\therefore$ 改正值 $R = 71.90 (1 - 0.0714 - 0.1632)$

$$= 71.90 \times 0.7654 = 55''.03$$

$$h = 39^\circ 50' 41''$$

$$- R = 55''.03$$

$$\text{眞高度 } h = 39^\circ 49' 45''.97$$

$$+ P = 56'' 05''.09 \quad (\text{若为上中天則} + P)$$

$$\text{該地緯度 } \varphi = 40^\circ 45' 51''.06 \quad (\text{下中天則} - P)$$

乙：用北极星任意时角法（參閱第三設計院編“北极星任意时角法測定眞子午綫及緯度”一表，人民鐵道出版社，1959年）：

測量方法同上，記下北极星視高度，溫度气压及平時，再由天文年历332—335頁三表內查即得該地之緯度，但須將平時化為恆星時：

觀測時之地方平時

$$- 8^h$$

觀測時格林維治地方平時

該地之經度（以時表示）

以世界0時為準之恆星時（由年历8—23頁查得）

+ 將平時化為恆星時之改正值

觀測時之地方恆星時

2) 方位角觀測：

方法：

① 用觀測北极星東西大距法：有條件時盡量用此，因計算簡單且準確。

② 用觀測北极星任意时角法：見第三設計院編“北极星任意时角法測定眞子午綫及緯度”（人民鐵道出版社，1959年版）。

操作和計算同綫路之眞北測量。

3) 經度觀測：

方法：用恆星高度法：即觀測卯酉圈附近之恆星，並應

在东西方各选一星作为一组，最少观测 2 组以上，所观测恒星之高度角须在 15° 以上，因这时蒙气差较为稳定，但若超过 50° 时，用普通经纬仪观测亦有困难，所选之星亦不一定正在卯酉圈上，距卯酉左右 15° 以内之星均可观测。

举例如下：

记录：观测地点 $\times \times$ 省 $\times \times$ 县 $\times \times$ 山（或 $\times \times$ 村附近）

观测星座	观测平时时刻	天 顶 距	附 注
大小 α	21h 0.6 ^m 33 ^s .5	280° 12' 20".2	日期 1957.12.21
	21h 0.5 ^m 56 ^s .5	79° 19' 53"	气压 623 ^{mm}
(东星)	21h 12 ^m 33 ^s .2	78° 3' 53"	温度 -1.5°C
	21h 17 ^m 15 ^s .4	282° 24' 08"	
平均值	21h 11 ^m 18 ^s .15	178° 49' 20".7	

计算：

- 高度角 平均天顶距 $78^\circ 49' 20''.7$
蒙气差 $4' 04''.44$
改正天顶距 $78^\circ 53' 25''.14$
高度角 $h = 11^\circ 06' 4''.86$

2. 极距：

由天文年历查得星之赤纬 $+5^\circ 19' 53''.03$
" " 赤经 $7^h 37^m 07''.981$
极距 () $84^\circ 40' 06''.97$

3. 时间计算：

$$n = 11^\circ 06' 34''.86$$

$$\text{该地纬度 } \varphi = 34^\circ 29' 07''.84$$

$$P = 84^\circ 40' 06''.97$$

$$2S = 130^\circ 15' 49''.17$$

$$S = 65^\circ 07' 54''.585$$

$$S-h = 54^\circ 01' 19''.725$$

$$S - \varphi = 30^{\circ} 38' 47''.245$$

$$S - \rho = 19^{\circ} 32' 12''.385$$

$$\log \cos S = 9.6137988$$

$$\log \sin (s - h) = 9.9080796$$

$$\log \cos (s - \varphi) = 0.2916520$$

$$\log \sec (s - \rho) = 0.0257523 (+)$$

$$\lg \lg t = 19.8502827$$

$$\log t/2 = 9.92514135$$

$$t/2 = 40^{\circ} 05' 10''.6$$

$$\text{时角 } t = 80^{\circ} 10' 21''.2$$

$$= 5^h 20^m 41''.413$$

$$\text{时角 } t = -5^h 20^m 41''.413$$

(东星为一，西星为+)

$$\text{星之赤經} \quad 7^h 37^m 07''.981 (+)$$

$$\text{观测时刻之地方恒星时} \quad 2^h 16^m 26''.568$$

$$+ \quad 21^h$$

$$26^h 16^m 26''.568$$

$$\text{观测时刻} \quad 21^h 11^m 18''.15$$

$$- \quad 8^h$$

$$\text{格林平时} \quad 13^h 11^m 18''.15$$

$$\text{以世界 } 0^h \text{ 为准格之恒星时} \quad 5^h 57^m 11''.45$$

$$\text{平时化为恒星时之改正位} \quad 2^m 09''.99 (+)$$

$$\text{观测时刻之恒星时} \quad 19^h 10^m 19''.50$$

$$\text{恒星时之差} = \text{經度} \quad 26^h 16^m 26''.588$$

$$- \quad 19^h 10^m 39''.590$$

$$\text{恆时差} \quad 7^h 05^m 46''.978$$

$$\therefore \text{經度} \quad 106^{\circ} 26' 44''.67$$

若不在站址观测經緯度，則須进行經緯度之推算。

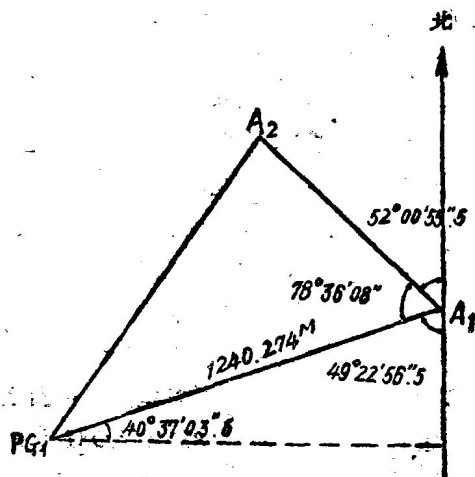
例如：

= 12 =

已知 A_1 之緯度 $\lambda = 114^\circ 13' 25''.509$

緯度 $\varphi = 40^\circ 45' 51''.06$

求 PG_1 之 λ 及 φ :



$$y = \sin 49^\circ 22' 56''.5 \times 1240.274^M = 941.456^M$$

$$x = \cos 49^\circ 22' 56''.5 \times 1240.274^M = 807.428^M$$

当 φ 在 $40^\circ-41^\circ$ 时子午圈每秒弧长 30.842^M

$40^\circ 45'$ 时, 緯度圈 " " 23.444^M

緯度差 $807.428/30.842 = 26''.181$

經度差 $941.456/23.444 = 40''.158$

PG_1 点之 $\lambda = 114^\circ 13' 25''.509 - 40''.158$

$$= 114^\circ 12' 45''.351$$

$$\varphi = 40^\circ 45' 51''.06 - 26''.181$$

$$= 40^\circ 45' 24''.879$$

4. 站間方位及距离之計算

(1) 方位角:

已知 甲站之 $\lambda_1 = 116^\circ 19' 31''$ 乙站之 $\lambda_2 = 115^\circ 57' 48''$

$$\varphi_1 = 39^\circ 54' 14''$$

$$\varphi_2 = 40^\circ 19' 17''$$

$$\text{經差 } t = 21' 43''$$

$$\begin{aligned} \tan A &= \frac{-\sin t}{\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos t} = \frac{-\sin t}{\cos \varphi_1 \tan \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cos t} \\ &= \frac{0.00631708}{0.7612161 \times 0.84870367 - 0.64150170 \times 0.99998005} \\ &= 33^\circ 25' 42'' \end{aligned}$$

根据两站 λ, φ 之座标可确定其方位在第几象限

$\therefore$ 甲——乙之方位角 $A = 326^\circ 34' 18''$

(2) 距离

已知 甲站之 $\varphi_1 = 40^\circ 30' 20''$ 經差 $t = 16' 15''$

乙站之 $\varphi_2 = 40^\circ 23' 28''$

$$\cos D = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos t$$

$$= 0.64952178 \times 0.64800175 + 0.76034299$$

$$\times 0.7616885 \times 0.99998883$$

$$= 14' 08'' = 0^\circ.2356$$

$$D = 0^\circ.2356 \times \text{地球平均半径} \times \text{弧度}$$

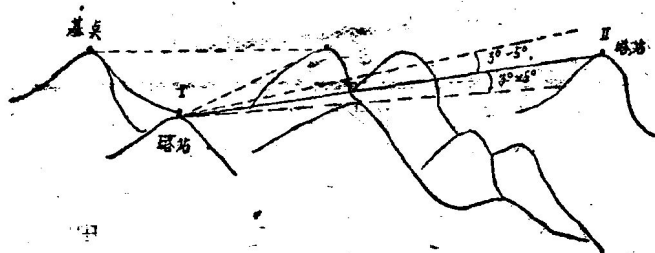
$$= 0^\circ.2356 \times 6367554 \times 0.01745329 = 26.1784 \text{ 公里}$$



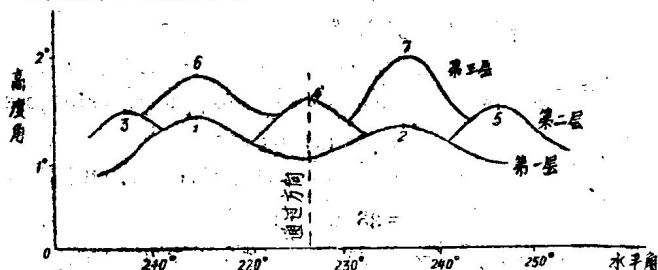
(2) 断面測量

用交会法

举例:



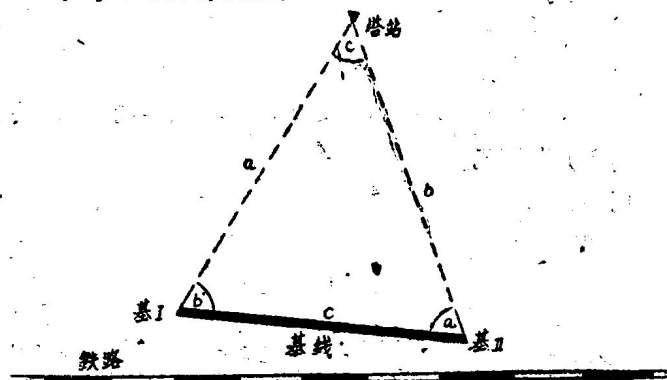
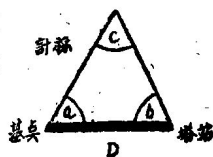
記錄并予現地繪圖



將鏡分別置于站址及基点上，交出各層山易尋而显目之点，量出水平角及立角，記下层数并編号以免搬鏡后忘記，其余各点只須記下立角、水平角即可，不須編号。

求出 C 角后利用正弦及正切公式求得 C 点之距离及高程，計算高程时考虑地球曲率。

(3) 三角高程測量



- 1) 抄出基 I、基 II 之标高
- 2) 量出 $\angle a$ 、 $\angle b$ 、 $\angle c$ 之三个角，誤差、 $>6''$ 并讀俯仰角
- 3) 求出 a 、 b 之距离，并計塔站之高程，由两边推算結果塔站之高程誤差、 $\pm 1M$ (考虑地球曲率見測量学教

程三角測量一章)。

(4) 其他測量 (即地形、地貌、抄平等) 同一般綫路，故不在此介紹。

(六) 應交出資料

1. 各站天文計算資料 (經度緯度及方位角)
2. 站間距離及站間方位計算資料
3. 俯仰角記錄本
4. 橫断面記錄本，橫断面計算資料及橫断面圖
5. 站址地形圖
6. 概貌圖
7. 抄平記錄本
8. 三角高程計算資料
9. 量角記錄本

(七) 体会和建議

1. 微波通訊勘測是一項新的而有很大發展前途的工作，所做的一切工作對我們來講都是生疏的，如經緯度測算，就因為方法、設備及技術能力的限制不可能勘測的很准，故而不能高度滿足設計要求。

據我們在國家測繪局了解，認為我們現在採用的經緯度測算方法，根本不能達到任務書所要求的精度 (經度4" 緯度及真北方位2")，建議今後院內能抽出部分同志學習一下有關微波通訊勘測的知識。

2. 我們覺得電務選點人員一定要和測量人員密切配合，測量人員一定要等電務選點人員把點和站確定後再出工，以免形成窩工和造成過多的廢棄工作。

3. 断面測量因受天氣影響很大，故任務書很難規定完工日期，否則盲目的確定了工期後易形成因受氣候條件以致測量人員不能按期完成任務。建議今後微波通訊勘測工作的