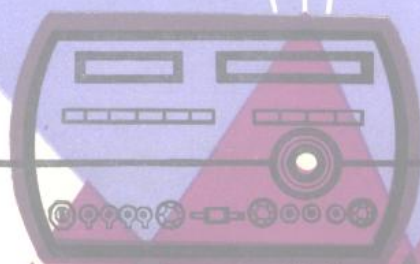


# 电磁波测距技术基础

袁宇正 编著



国防工业出版社

56.11.1  
472

# 电磁波测距技术基础

袁 宇 正 编著

国防工业出版社

DL76 60

## 内 容 简 介

本书共十四章。第一章概述电磁波测距的几个基本问题；从第二章到第七章扼要介绍有关电磁波测距技术所必要的一些基础知识，包括光学、电工学、电子技术、无线电技术、脉冲与数字电路等；第八章到第十二章在讲述了电磁波测距基本原理和方法之后，分别介绍了几种典型的电磁波测距仪器，包括短程红外测距仪、精密激光测距仪和微波测距仪；第十三章分析了电磁波测距仪的测距误差，并介绍了仪器精度的检测；最后一章指出了电磁波测距仪发展中的某些特点。

本书可供工业、农业、交通、水电、矿山、城市建设等勘测部门的工程技术人员阅读，也可作为测绘工作者培训参考书，并可供大专院校有关专业的师生参考。

## 电磁波测距技术基础

袁宇正 编著

\*

国防工业出版社出版、发行

新华书店经售

河北涿中印刷厂印装

\*

850×1168 1/32 印张17<sup>3</sup>/<sub>8</sub> 462千字

1990年1月第一版 1990年1月第一次印刷 印数：0,001—2,000册

ISBN 7-118-00327-1/TN63 定价：10.60元

# 前 言

电磁波测距是利用电磁波作为载波来测量两点间的距离。随着电子学、激光、计算机等现代科学技术的迅速发展,大大促进了测绘仪器的发展。近十多年来,国内外相继生产出各种新颖的电磁波测距仪,已在我国国民经济各个部门广泛的应用。目前电磁波测距仪正在向着更高的自动化、数字化、小型轻便化,以及高可靠性、高效率、多功能的综合测量系统方向发展。为了使广大测绘工程技术人员能了解电磁波测距仪的工作原理、测距方法、仪器性能,以及能正确使用和维护仪器,编写了本书。希望它能为我国测绘事业在实现四个现代化过程中贡献一份力量。

本书内容共分十四章。第一章概述电磁波测距的几个基本问题;第二章介绍了与电磁波测距技术有关的一些光学基础知识;第三章对光的发射和光的接收作了综合性介绍;第四、五、六、七章系统地介绍了掌握电磁波测距技术必须具备的电方面的基础知识,即电工学基础、晶体管电路基础、无线电技术基础,以及脉冲与数字电路等,其中对当代发展的新兴技术,如激光、集成电路等方面也作了最基本的介绍;第八、九章介绍了电磁波测距基本原理和测距方法;第十、十一、十二章具体介绍国内、外有代表性的几种电磁波测距仪器,其中分短程红外测距仪、精密激光测距仪和微波测距仪等几类来加以说明;第十三章分析、讨论了电磁波测距仪的测距误差及仪器精度的检测;第十四章简要指出了电磁波测距仪发展中的某些特点。

本书在编写过程中,刘世修、卢润身、沈锡森、徐惠民、徐前徽等同志给予了关心和帮助,储钟瑞、李洛童等同志审阅了全书内容。作者谨向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中定有错误和不当之处,欢迎读者批评指正。

作 者

# 目 录

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| <b>第一章 概述 .....</b>        | <b>1</b>   |
| § 1-1 什么叫电磁波测距 .....       | 1          |
| § 1-2 电磁波测距仪的分类 .....      | 2          |
| § 1-3 电磁波测距仪的工作原理 .....    | 5          |
| § 1-4 电磁波测距仪的发展概况 .....    | 7          |
| <b>第二章 光学基础 .....</b>      | <b>12</b>  |
| § 2-1 光是一种电磁波 .....        | 12         |
| § 2-2 光的反射和折射 .....        | 14         |
| § 2-3 光的干涉 .....           | 16         |
| § 2-4 光的双折射和电光效应 .....     | 19         |
| § 2-5 光的偏振和偏振片 .....       | 21         |
| § 2-6 光的吸收和光的色散 .....      | 24         |
| § 2-7 光的速度和群速折射率 .....     | 27         |
| <b>第三章 光的发射和光的接收 .....</b> | <b>30</b>  |
| § 3-1 发射光源 .....           | 30         |
| § 3-2 光的调制 .....           | 40         |
| § 3-3 光接收器件 .....          | 56         |
| § 3-4 光学天线 .....           | 61         |
| § 3-5 内光路系统与观察望远镜系统 .....  | 65         |
| § 3-6 反射镜 .....            | 66         |
| § 3-7 光在大气中传输 .....        | 68         |
| § 3-8 测距仪的测程 .....         | 71         |
| <b>第四章 电工学基础 .....</b>     | <b>75</b>  |
| § 4-1 直流电路 .....           | 75         |
| § 4-2 正弦交流电路 .....         | 100        |
| <b>第五章 晶体管电路基础 .....</b>   | <b>125</b> |
| § 5-1 晶体二极管 .....          | 125        |

|        |                      |     |
|--------|----------------------|-----|
| § 5-2  | 晶体三极管 .....          | 130 |
| § 5-3  | 晶体管放大电路 .....        | 136 |
| § 5-4  | 直流稳压电源 .....         | 167 |
| § 5-5  | 正弦波振荡电路 .....        | 180 |
| 第六章    | 无线电技术基础 .....        | 197 |
| § 6-1  | 无线电信号的发送和接收过程 .....  | 197 |
| § 6-2  | 谐振放大和倍频 .....        | 200 |
| § 6-3  | 调制 .....             | 210 |
| § 6-4  | 解调 (检波) .....        | 223 |
| § 6-5  | 变频 .....             | 231 |
| § 6-6  | 锁相技术 .....           | 239 |
| 第七章    | 脉冲与数字电路 .....        | 250 |
| § 7-1  | 脉冲电路的基础知识 .....      | 250 |
| § 7-2  | 脉冲波形的变换 .....        | 255 |
| § 7-3  | 脉冲信号的记忆、整形和产生 .....  | 263 |
| § 7-4  | 数字集成电路 .....         | 275 |
| § 7-5  | 在测距仪中应用的基本逻辑部件 ..... | 300 |
| 第八章    | 电磁波测距基本原理 .....      | 320 |
| § 8-1  | 相位法测距的基本原理 .....     | 320 |
| § 8-2  | 差频测相原理 .....         | 326 |
| § 8-3  | 差频测相方法 .....         | 329 |
| § 8-4  | 相位-距离信息的处理 .....     | 346 |
| § 8-5  | 倾斜距离的改正 .....        | 354 |
| 第九章    | 其他几种电磁波测距方法 .....    | 359 |
| § 9-1  | 脉冲法激光测距 .....        | 359 |
| § 9-2  | 脉冲-相位法测距 .....       | 365 |
| § 9-3  | 超高频调制法测距 .....       | 369 |
| § 9-4  | 双色激光测距 .....         | 372 |
| § 9-5  | 干涉法测距 .....          | 377 |
| 第十章    | 短程光电测距仪 .....        | 379 |
| § 10-1 | 长征DCH-1型红外测距仪 .....  | 380 |
| § 10-2 | DI-3S型红外测距仪 .....    | 399 |

|        |                           |     |
|--------|---------------------------|-----|
| § 10-3 | HP3820A电子全站仪 .....        | 417 |
| 第十一章   | 远、中程激光测距仪 .....           | 430 |
| § 11-1 | JCY-3型精密激光测距仪 .....       | 430 |
| § 11-2 | AGA-600型激光测距仪 .....       | 450 |
| 第十二章   | 微波测距仪 .....               | 466 |
| § 12-1 | WJ-1型微波测距仪 .....          | 466 |
| § 12-2 | ADM-4型微波测距仪 .....         | 484 |
| § 12-3 | 地面反射误差和气象元素的影响 .....      | 500 |
| § 12-4 | 微波测距仪的检验 .....            | 505 |
| 第十三章   | 电磁波测距仪的测距误差及仪器精度的检测 ..... | 508 |
| § 13-1 | 电磁波测距仪的测距误差 .....         | 508 |
| § 13-2 | 仪器精度的检测 .....             | 518 |
| 第十四章   | 电磁波测距仪最新发展中的某些特点 .....    | 540 |

# 第一章 概 述

## § 1-1 什么叫电磁波测距

无线电台是通过发射天线向周围空间发射无线电波来传送各种节目信息的，这种无线电波是我们最熟悉的一种电磁波。无线电波是以电场和磁场不断交替变换的方式向空间传播的，这种紧密联系和变化着的电场和磁场称之为“电磁场”。我们把电磁场在空间由近及远地向外传播叫做“电磁波”。电磁波的波长是反映电磁波特性的一个重要物理量，就无线电波来说，按其波长不同而划分为长波、中波、短波、超短波等。波长约为分米以内的无线电波即为微波。随着人类对自然界认识的逐步深刻，证实了各种光波、 $X$ 射线和 $\gamma$ 射线的传播过程也是通过电磁场来传播的，它们和无线电波在本质上都是相同的，因此，也是一种电磁波，只不过波长（或频率）各不相同而已。

利用电磁波（光波或微波）作为载波来测定两点间的距离，称为电磁波测距。利用电磁波作为载波制成各种测量距离的装置统称为电磁波测距仪。电磁波测距仪是通过测量电磁波（光波或微波）在待测距离上往返传播的时间来计算出待测距离

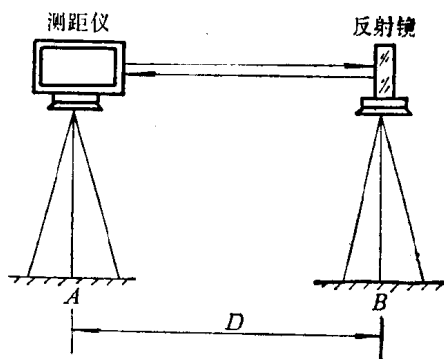


图1-1 电磁波测距示意图

值的。图1-1为电磁波测距示意图。假设 $A$ 和 $B$ 两点之间的距离为待测的距离 $D$ 。 $A$ 点放置测距仪（即发射、接收和测量光信号

或电信号的装置称为测站)， $B$ 点放置反射镜（即反射光信号或电信号的装置称为镜站）。对微波测距仪而言，在 $A$ 点是主台，在 $B$ 点是副台。如果测距仪测量出信号到达 $B$ 点后，再返回到 $A$ 点所需的时间为 $t_{2D}$ ，又知道光波或电波的传播速度 $c$ ，那末就可按下式计算出待测距离 $D$ ：

$$D = \frac{1}{2} c \cdot t_{2D} \quad (1-1)$$

式中， $c$ 是光波或电波在大气中传播的速度（在真空中的传播速度 $c_0 = 299792458 \pm 1.2 \text{ m/s}$ ），它取决于大气的折射率 $n$ （即 $c = \frac{c_0}{n}$ ），而折射率 $n$ 又与大气的温度 $t$ 、压力 $p$ 和湿度 $e$ 密切相关。要准确知道 $n$ 值在全段测线上的变化情况是很困难的，通常只是测量出测站和镜站处的气象元素（即温度、压力和湿度值）来求出大气折射率 $n$ 的平均值，从而近似地求得电磁波在实际大气中的传播速度。

## § 1-2 电磁波测距仪的分类

从上节可知，电磁波测距，就是直接或间接测出电磁波在被测距离上的传播时间。如果我们按照测定电磁波传播时间的不同，电磁波测距仪可以分为如下两类：

### 一、脉冲法测距仪

脉冲法测距仪，是直接测定电磁波的传播时间的。由测距仪发射系统发射光或电脉冲，射到被测目标上被漫反射，在发射处接收返回来的脉冲信号，测出发射脉冲和接收脉冲的时间间隔，就可按距离公式（1-1）求出测距仪到被测目标的距离。这种直接测定发射的脉冲信号在测线上往返传播时间的测距仪，称为脉冲法测距仪。这种仪器由于发射脉冲功率高，因此其作用距离远。但是，对于一般的脉冲法测距仪来讲，精度较低。通常应用于精

度较低的远距离测距、地形测量和炮瞄雷达测距等。

在距离公式 (1-1) 中, 若把  $c$  值看成是常数, 并将该式对时间  $t_{2D}$  微分后, 得

$$dD = \frac{1}{2} c dt_{2D}$$

如果要求测距精度为  $\Delta D \leq 1\text{cm}$ , 则测定时间间隔的精度应为

$$\Delta t_{2D} \leq \frac{2 \cdot \Delta D}{c} = \frac{2}{3} \times 10^{-10} (\text{s})$$

目前对于一般的脉冲法直接测定时间  $t_{2D}$  要达到上述测时精度的要求是很困难的, 因此, 在要求高精度的距离测量中, 一般多采用相位法测距。

## 二、相位法测距仪

相位法测距仪, 是通过测量连续的调制信号在待测距离上往返传播所产生的相位变化来间接地测定信号传播时间的, 从而求得被测的距离  $D$ 。这种仪器称为相位法测距仪。

由于相位法测距仪比脉冲法测距仪精度高, 因此, 目前在大地测量、工程测量方面广泛采用相位法测距仪。

在上述两类仪器基础上出现一种脉冲-相位法测距仪, 它是发射脉冲信号, 而测量连续的调制波信号在待测距离上往返传播所产生的相位变化来间接地测定信号传播时间的。这种仪器吸取了上述两类仪器的优点, 即具有脉冲法测距仪作用距离远的特点, 又具有相位法测距仪测距精度高的特点。它是一种很有发展前途的测距仪器。

从上节又可知, 电磁波测距是利用电磁波作为载波来测定两点间距离的。如果我们按照仪器的光源发射载波的不同, 电磁波测距仪又可分为以下两类:

### 1. 光电测距仪

光电测距仪包括普通光源 (如白炽灯、高压水银灯、氙气闪光灯等) 的光电测距仪; 用红外光作为光源 (如砷化镓发光二极

管和半导体激光器等)的红外测距仪;用激光作光源(如气体激光器、固体激光器等)的激光测距仪。

根据测程的长短,我们大致可以把光电测距仪分为如下四种:

### 1) 短程测距仪

一般测程在5公里以内,大多是用红外测距仪,适用于各种工程测量。

### 2) 中程测距仪

一般测程在5 km 到15km 左右,采用氦-氖(He-Ne)气体激光器为光源的激光测距仪和红外测距仪,适用于三、四等三角边测量、城市导线测量。

### 3) 远程测距仪

一般测程在15km 以上到100km 左右,多采用氦-氖(He-Ne)气体激光器为光源的激光测距仪(此外,微波测距仪也属远程测距仪),适用于大地控制测量、地震形变测量及导线三角测量。

### 4) 超远程测距仪

这种测距仪测程在几百公里到几千公里,多采用固体激光器作光源的激光测距仪,适用于测量导弹、人造卫星、月球等空间目标的距离。

## 2. 微波测距仪

微波测距仪是以无线电波段中厘米波或毫米波作载波的测距仪器。微波测距仪和光电测距仪相比较具有测程远、对测线的观测条件要求低等优点,一般应用于导线三角测量,航测飞机定位,航海及海岛联测等。

在上述这两类仪器的基础上,为了克服气象因素的影响,提高测距精度,研制出多载波测距仪。这种测距仪是利用两个或两个以上不同波长的激光和微波作载波,测量同一距离,利用电磁波不同波长的色散作用而对克服气象误差有较好的效果。这类测距仪具有超高精度和远测程的特点,是一种有发展前途的远程精密测距仪。

### § 1-3 电磁波测距仪的工作原理

在测绘工作中所应用的电磁波测距仪，一般均为相位法测距仪。从前面两节我们已经知道，相位法测距仪，是测量测距信号在待测距离上往返传播所产生的相位变化来间接得到信号传播时间的，从而求得待测距离。根据相位 $\varphi_{2D}$ 和时间 $t_{2D}$ 的关系为

$$t_{2D} = \frac{\varphi_{2D}}{\omega} = \frac{\varphi_{2D}}{2\pi f} \quad (1-2)$$

以式 (1-2) 代入式 (1-1)，得到距离 $D$ 为

$$D = \frac{c}{2} \cdot \frac{\varphi_{2D}}{2\pi f} = \frac{c}{4\pi f} \cdot \varphi_{2D} \quad (1-3)$$

式中， $f$ 为测距频率，是已知的。所以从式 (1-3) 可见，只要仪器测得相位 $\varphi_{2D}$ ，就可求出相应的距离 $D$ 值。

为了实现测距，电磁波测距仪必须由以下几个部分组成，即光源或电信号源、发射系统、接收系统、测相系统，此外，还有保证各部分工作的电源（图中未画出），在被测距离终点放置反射装置，基本原理框图如图1-2所示。

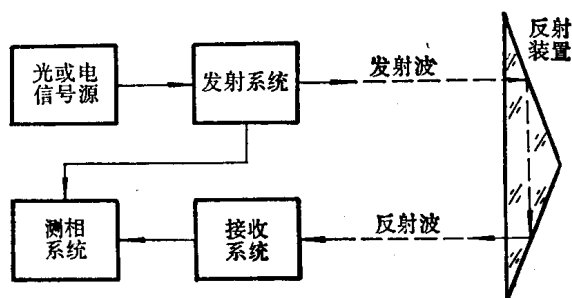


图1-2 电磁波测距仪的基本原理框图

其简单的工作过程如下：

光信号或电信号源产生光信号或电信号，经发射系统放大和调制，发射一个已调制的测距信号，经过待测距离 $D$ 后达到反射装置，经反射后返回到测站，测距信号在往返于待测距离 $D$ 以后

相位产生了变化, 这样到达接收系统的信号是带有距离信息的, 叫做被测信号。接收的被测信号经放大、解调后, 被送到测相系统。而发射系统的测距信号除发射到反射装置去以外, 同时还将测距信号的一小部分直接送到测相系统, 该信号叫做基准信号(或叫参考信号), 测相系统对被测信号和基准信号进行相位比较, 得到测距信号往返待测距离后所产生的相位差 $\Delta\varphi_{2D}$ 。我们把信号在待测距离往返一次所产生的相位变化展开后, 示于图1-3。相位是以 $2\pi$ 为周期, 其一个周期相应于一个波长 $\lambda$ , 由图可知, 信号在待测距离上往返一次所产生的总相位变化 $\varphi_{2D}$ 为

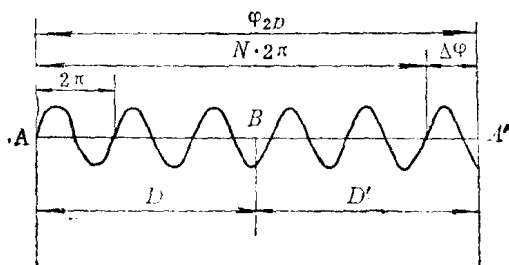


图1-3 相位法测距的波形展开图

$$\varphi_{2D} = 2N\pi + \Delta\varphi \quad (1-4)$$

将式(1-4)代入式(1-3), 得到所测距离 $D$ 为

$$\begin{aligned} D &= \frac{c}{4\pi f} (2N\pi + \Delta\varphi) = \frac{c}{2 \cdot f} N + \frac{c}{4\pi f} \cdot \Delta\varphi \\ &= \frac{\lambda}{2} \left( N + \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \right) \end{aligned} \quad (1-5)$$

上式就是相位法测距的基本公式。

式中,  $c$ 、 $f$ 是已知的;  $\Delta\varphi$ 是否是整波长的相位尾数, 可由仪器测得;  $N$ 为整波长数, 它不能由仪器直接测出来。这样公式中就有距离 $D$ 和整波长数 $N$ 两个未知数, 因而产生了多值性的问题。为了解决这个问题, 一般电磁波测距仪采用两种办法: 一种是均匀改变测距信号的频率, 使得在待测距离上的往返波长数恰好凑整为半波长的整倍数, 而使相位差 $\Delta\varphi = 0$ 或 $180^\circ$ , 相应出现“暗

点”或“亮点”，这种称为可变频率式的光电测距仪；另一种是采用两个以上的测距频率，通过一定的计算方法而求得待测距离，这种称为固定频率式的光电测距仪。现在相位法光电测距仪大多是采用固定频率式的。

## § 1-4 电磁波测距仪的发展概况

自从1948年瑞典AGA公司制成第一台光电测距仪后，测距技术开始从光学测视差角和基线大量转入到光电测距的阶段。五十年代初期，光电测距仪问世后，世界各国迅速开展了对光电测距技术的研究，并研制了各种型号的测距仪。这些早期的光电测距仪，由于采用一般光源如白炽灯、高压水银灯、氙气闪光灯等，所以体积重、耗电多、只能夜间作业，并且自动化程度不高。随着无线电电子技术的发展和砷化镓半导体发光管、激光器等新颖光源的出现，给光电测距仪的发展创造了有利的条件，使得光电测距仪有可能做得小型轻便、自动化程度高、而且白天黑夜都能够作业。六十年代以来，光电测距仪发展很快。1960年7月美国梅曼研制成功世界上第一台红宝石固体激光器后，1961年美国宇航局就研制了人卫激光测距仪。这种仪器是采用了窄脉冲、高功率的固体激光器作为光源的脉冲式激光测距仪，其测距精度从开始时第一代仪器的米级精度、第二代仪器分米级精度发展到第三代仪器厘米级精度。现在有很多国家制成了人卫激光测距仪，我国从1972年开始研制人卫激光测距仪，于1975年底进行了人造卫星测距。在人造卫星激光测距的基础上提高激光脉冲的峰值功率，实现了地球到月球的激光测距。目前，测月精度已达到 $\pm 0.5$ 米。自1961年世界上第一台氦-氖(He-Ne)激光器问世后，很快就利用氦-氖激光器取代光电测距仪的白炽灯光源，1966年美国光谱物理公司研制成功Geodolite-3G型激光测距仪，是世界上最早的远程精密激光测距仪，测程70公里，测距精度 $\pm (2\text{mm} + 1 \times 10^{-8} \cdot D)$ 。1967年瑞典AGA公司研制成功AGA-8型激光测距仪，

光源是一种半内腔式的输出功率为5mW 的氦-氖激光器, 测程白天为40公里, 夜间可测100km, 测距精度为 $\pm(5\text{mm} + 1 \times 10^{-6} \cdot D)$ 。到1977年该公司又生产了AGA-600型激光测距仪, 它比AGA-8型激光测距仪功耗小、重量轻。此外, 美国K+E (Keruffe-Esser) 仪器公司生产的Rangemaster-Ⅲ型激光测距仪, 测程60km, 测距精度 $\pm(5\text{mm} + 1 \times 10^{-6} \cdot D)$ , 自动数字测相, 能自动气象改正, 仪器体积小、重量轻、性能稳定可靠。七十年代, 我国先后研制成功多种型号的远程激光测距仪, 1974年武汉地震研究所研制成JCY-2型精密激光测距仪, 测程20km, 测距精度 $\pm(5\text{mm} + 10^{-6} \cdot D)$ , 采用声光调制器; 以后相继出现了DC-30JG型(后改为DCX-30型)、HQ-102型等激光测距仪。到1981年在JCY-2型基础上进一步改进提高, 研制成JCY-3型精密激光测距仪, 测程可达50km, 测距精度 $\pm(5\text{mm} + 1 \times 10^{-6} \cdot D)$ , 它与JCY-2型仪器比较, 具有自动数字测相、测程远、稳定性好等特点, 适用于大地测量、科学实验、地壳形变测量等精密测距。

在研制远程激光测距仪同时, 为提高测距精度、减小气象条件的影响, 人们开展了对多载波激光测距的研究, 如双色激光测距仪是采用两个不同的激光器各自发出一种颜色的激光, 也可以采用一个激光器而发出两种不同颜色的激光。美国环境研究实验室研制成功的ESSA 双色激光测距仪, 是采用一个氦-氖激光器其发出波长6328 Å 的红光和一个氦-镉 (Ne-Cd) 激光器其发出波长4416 Å 的蓝光。1974年英国国家物理实验室 (NPL) 和伦敦帝国大学地球物理系共同研制成功的Georen-I型双色激光测距仪, 是采用一个脉冲式氩 (Ar) 离子激光器, 而发出波长为4580 Å 的蓝色激光和波长为5140 Å 的绿色激光, 仪器最大测程为30km, 测距精度达二百万分之一。在双色激光测距仪的基础上, 增加一个对空气湿度敏感的微波作为载波, 就形成了三载波测距仪, 如1974年美国华盛顿大学应用物理研究室 (APL) 研制成APL型三载波测距仪样机, 是采用5mW 的氦-氖激光器 (波长6328 Å)、5mW 的氦-镉激光器 (波长4416 Å) 和频率为9600MHz

的微波源作为载波源。经野外实验表明,在大气变化异常的情况下,测量 5.3km 的距离其长期标准偏差为  $\pm 1.3 \times 10^{-7}$ , 测量 10.1km 的距离其短期标准偏差为  $5 \times 10^{-8}$ 。

在五十年代初期,南非联邦电信研究所研制成一种用 10cm 波作为载波的微波测距仪。1957 年南非特鲁罗梅特 (Tellurometer) 仪器公司生产了 MRA-1 型的微波测距仪。从此,微波测距技术在大地上测量作业中开始应用。微波测距仪与光电测距仪相比较,具有昼夜均可观测、测程较远、对测线观测条件要求低、不受气象条件限制,以及对测线两端主台和副台相对定向的要求低等优点,但受地面反射的影响,测距精度比光电测距仪要低。六十年代以来,微波测距的发展比较缓慢。1963 年英国 Tellurometer 仪器公司研制了 MRA-3 型微波测距仪,测程 65km,测距精度  $\pm (1.5\text{cm} + 3 \times 10^{-6} \cdot D)$ , 以后几年, MRA 系列仪器进一步改进,出现了 MRA-4、MRA-5 型。此外,世界各国还研制了各种型号的微波测距仪。我国研制、生产的微波测距仪有北京无线电二厂的 WJ-1 型、北京 701 厂的 DWJ-1 型、解放军某部的 DWY-Ⅱ型,以及南开大学物理系的 CWG-1 型等。微波测距技术除用于陆地测距外,还用于飞机上作控制测量的空中微波测距和用于舰船上作定位观测的海上微波测距。

六十年代初期,砷化镓 (GaAs) 半导体发光二极管和激光二极管的出现,大大促进了短程测距仪的发展。砷化镓半导体发光二极管和激光二极管用来作为短程测距仪的新颖光源,具有体积小、重量轻、调制方便、功耗小等优点,其发射波长为 0.75 到  $0.92\mu\text{m}$  的红外光,因此,用这种光源制成的测距仪称为红外测距仪,1963 年英国 Tellurometer 仪器公司和瑞士 WILD 厂就开始研制以砷化镓半导体发光二极管作光源的红外测距仪。到了六十年代后期,红外测距仪进入了实用阶段,1968 年瑞士 WILD 厂最先生产了 DI-10 型红外测距仪,同一时期也有一些国家研制成这种短程的红外测距仪,例如,英国 Tellurometer 仪器公司的 MA-100 型、西德 opton 厂的 SM11 型和 Reg Elta 14 型。后一种仪器采用

了红外测距系统，用编码度盘测角并带有计算机打印记录输出设备，这是最早出现的自动化程度较高的仪器。到了七十年代初期，短程红外测距仪得到了迅速发展，许多国家相继研制出各种类型的红外测距仪。例如，瑞士 Kern 厂的 DM-1000、DM-500 和 WILD 厂的 DI-3；日本测机舍的 SDM-1、SDM-2；东德的 EOK-2000 以及美国 K + E 公司的 Microrange 等。随着集成电路和微处理机的迅速发展，近十年来短程红外测距仪在自动化、高精度、轻小型、多功能诸方面都有了巨大变化，出现了新一代的小型轻便、多功能的所谓“电子速测仪”(Electronic Tachometer)，它是一种具有自动测距、测角、计算和记录功能的测量系统，在一个测站上能得到水平距、水平角、竖直角，以及待测定点的高程、坐标，因此这种仪器又称为“全站型”仪器(Total station instrument)，这类仪器有瑞士 Wild 厂的 TC1 型和 Kern 厂的 DM-502；西德 opton 厂的 Elta-2、Elta-4；瑞典的 AGA-120、AGA-116；美国 H-P 公司的 HP3820A 和 K + E 公司的 Vectron 系统等。近几年来，国外红外测距仪采用新颖、优质的红外发光器件和探测器件，改善仪器及反光镜的设计和制造工艺，以及改进电子器件和提高接收信噪比等方法来提高测程，由原来 2km 以内的短程向 5km 以上的中程扩展。例如，瑞士 Wild 厂的 DI4L、DI5 将测程提高到 5km，DI20 将测程提高到 14km 和 Kern 厂的 DM-503 型由原来 DM-502 型的 2km 改进为 5km；西德 Opton 厂的 Eldi2s 是 Eldi2 的改进型，它的光学系统是采用 Eldi1 的大孔径接收物镜，将原来测程 2km 扩大到 5km；瑞典的 AGA-14A 是 AGA-14 的改型，测程达 14km；美国 HP3808A 采用了砷化镓半导体激光二极管作为光源，测程达 10km 等。这类仪器在扩大测程同时仍保留原来的自动化、高精度、轻小型、多功能的特点，这样就使得红外测距仪能够适用于控制测量和大地测量的要求，并且有取代体积较大的以氦-氖气体激光器为光源的中程激光测距仪的趋势。我国七十年代初期，开始进行了短程红外测距仪的研制，到 1975 年北京大学物理系和北京测绘仪器厂研制和批量生产了 HGC-1 型