

鐵路航空勘察技術匯編

(10)

航空無線電抄平及制圖

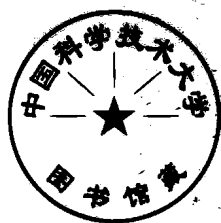
鐵路專業設計院航空勘察處編

人民鐵道出版社

铁路航空勘察技术汇编

航空无线电抄平及制图

铁路专业设计院航空勘察处编



人民铁道出版社

一九五九年·北京

本書共分兩部分，第Ⅰ部分介紹航空無線電抄平的基本原理和工作方法；第Ⅱ部分介紹利用無線電抄平資料編制地形圖的方法。

本書編寫者：第Ⅰ部分為劉道存同志；第Ⅱ部分為李煒同志。並經叶森同志校核。

鐵路航空測量技術匯編

(10)

航空無線電抄平及制圖

鐵路專業設計院航空測量處編

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1571 開本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印張3 $\frac{2}{3}$ 字數85千

1959年12月第1版

1959年12月第1版第1次印刷

印數0,001—1,000冊 定價(7)0.28元

目 录

I、利用无线电测高仪进行航空抄平	1
第一章 概說	1
§ 1. 航空抄平的原理	2
§ 2. 航空抄平在铁路航空勘察中的应用	5
§ 3. 航空抄平的仪器装置	7
第二章 航空抄平的外业工作	15
§ 4. 准备工作	15
§ 5. 建立地面校正場——改正仪器的构造誤差	17
§ 6. 航空抄平的几种方法	20
第三章 航空抄平的內业工作	25
II、利用无线电抄平資料編制1:100,000地形图	49
第一章 概說	49
第二章 外业控制测量和調繪	49
§ 1. 独立基綫控制测量作业过程	50
§ 2. 象片調繪	51
第三章 象片导綫测量	57
§ 3. 准备工作	58
§ 4. 观测工作	60
§ 5. 計算工作	63
§ 6. 象片导綫测量的精度	71
§ 7. 工作中的体会	75
第四章 多倍仪空中三角测量	83
§ 8. 准备工作	83
§ 9. 相对定向	83

§10.	絕對定向	86
§11.	高程平差	96
第五章	空中三角網的縮放	96
§12.	底圖展繪	96
§13.	網的縮放	97
§14.	縮放工作中的体会	98
第六章	用反光立體鏡描繪等高綫	104
§15.	准备工作	104
§16.	选标准点	104
§17.	地貌描繪和調繪	105
§18.	描繪象片的接边	107
第七章	編制图解图	108
§19.	准备工作	108
§20.	分帶轉繪	110
§21.	原图的鉛筆处理和图幅接边	113
§22.	檢查和驗收	114
§23.	工作中发生的問題	115

I、利用無線电測高仪 进行航空抄平

第一章 概 說

目前我国大部份地区还没有大比例尺的地形图，因此在铁路勘测设计中，既有的地形图資料远不能满足工作需要。随着我国各项建设事业的飞跃发展，铁路勘察工作也采用了新的航空勘察的方法，来解决铁路勘察设计问题。铁路航空勘察就是首先进行航空目测调查，确定线路可能方案，然后进行航空摄影；如果要把摄影后的象片编制成地形平面图，还需要为数不多在地面实测的平面控制点和高程控制点；为了减少在地面实测高程和平面控制点的繁重工作，提高勘察工作的速度，特别是在人烟稀少和高山地区采用無線电測高仪进行航空抄平，有着十分重要的意义。

随着無線电技术的发展，采用無線电測高的方法解决高程问题，还在不断地研究改进，因此它在航测工作中是一个发展的方向。

以往求算高程控制点，总是在地面上用下列几种方法来测量：

1. 高程水准测量。系利用水平仪进行观测，求得高差：

后视 - 前视 = 高差；

2. 三角高程测量，根据三角关系，利用经纬仪进行观测，量得二点间的距离和傾斜角，利用公式：

$h = S \cdot \tan \alpha$ 或根据視距和傾斜角，利用公式：

$h = \frac{KS}{2} \sin 2\alpha$ 求得高差；

3. 气压高程测量：根据物理关系，利用大气分子运动所产生的气压变化进行高程测量。由于大气压力与空气温度、湿度、观测地点的地理纬度、海拔高度等有着错综复杂的关系，因此近代由不少学者所推算的公式，为数很多，其中一般常用的公式如：

$$h = K \log \frac{B}{b} (1 + \alpha t)$$

式中：K——18488（常数）；

B——低站之大气压力（毫米）；

b——高站之大气压力（毫米）；

α ——空气体积膨胀系数（1/273）；

t——两点间之平均空气温度（摄氏）。

至于无线电测高的方法（亦即航空无线电抄平），它是在进行航空摄影的同时，利用无线电测高仪发射电波至地面，然后由地面反射回的电波被测高仪接收器接收，而测得飞机至地面的距离，求得各象主点的标高作为编制地形图的高程控制点。

目前在铁路航空勘察中使用PB-17型的无线电测高仪（包括其它附属仪器）所得高程资料，可用作编制1:25,000至1:100,000的地形平面图的根据。

§ 1. 航空抄平的原理

航空无线电抄平工作需要飞机上安装有下列仪器：

1. 无线电测高仪——用来测量飞机到地面的距离，现在采用的无线电测高仪有PB-10、PB-17、PB-ТД等几种类型；

2. 高差仪——用来记录飞机飞行时，离开等压面的偏差；

3. $\Phi-24$ 摄影记录器——用来记录飞机飞行时，各种飞行要素（绝对航高、航向、空速、时间、机外温度、机舱温度、飞机的升降度等）；

4. 航摄仪——用来对大地表面进行摄影。

无线电测高仪测定高度是由发射机发出的电波，触及地面后，立即反射回来，被接收机所接收，并以一定形状的信号显示在阴极射线管的承影盘上，在承影盘的前面，装有固定的照象机，把承影盘上显示的脉冲信号自动地记录下来。

根据电波由发射至接收的时间，可以得出飞机至地面的距离。

$$H = \frac{Vt}{2}$$

式中： H ——天线至地面的距离；

V ——无线电波的传播速度；

t ——电波从飞机上发出至接收的时间。

例如：确定距离的精度规定为：

$$\Delta H_m \leq 15 \text{ 米}$$

则时间的量测精度为

$$\Delta t \leq \frac{2\Delta H_m}{V}$$

无线电波的速度 $V = 300,000$ 公里/秒

则：

$$\Delta t \leq \frac{2 \times 15}{3 \times 10^8} \approx \frac{1}{10^7} \text{ 秒} = \frac{1}{10} \text{ 微秒}$$

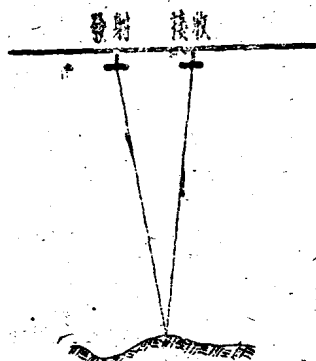


图 I-1

1 微秒 = $\frac{1}{1,000,000}$ 秒，所以量测电波的时间是要很精确的。

假定地面上有 A_1 及 A_2 两点，其高差为 h ，如果 A_1 高程为已知，在航空无线电抄平中，就可以得出 A_2 点的高程，依此，飞机顺序的飞行就可以得出 $A_1, A_2, \dots, A_n$ 一系列的高程点。

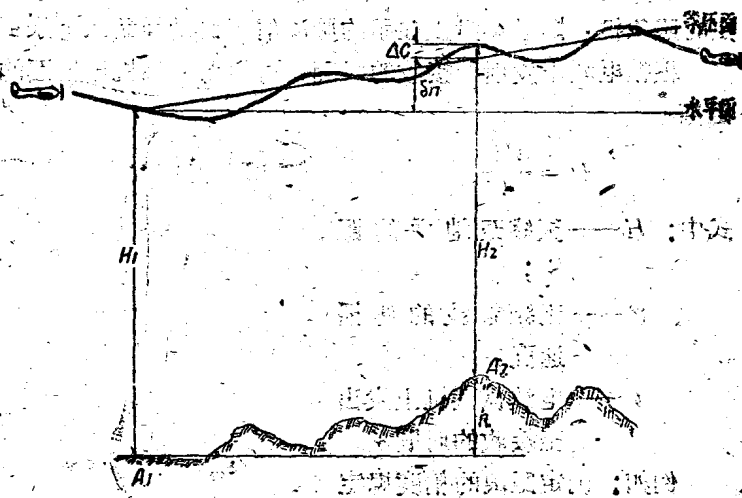


图 I-2

如图 I-2 所示，它们的关系如下：

$$H_1 = h + H_2 \mp \Delta C + \delta_n$$

$$\text{则 } h = H_1 - H_2 \pm \Delta C + \delta_n$$

式中： h —— 两点间的高差；

H_1 —— 为飞机至 A_1 点的高度；

H_2 —— 为飞机至 A_2 点的高度；

ΔC —— 为飞机离起始点等压面的偏差；

δ_n —— 为等压面离开水平面的偏差。

$H_1 H_2$ 由无线电测高仪指示器上显示并自动地记录下来。

ΔC 是由盛有液体的高差仪中求得。外界大气压力变化时，液体产生升降，则高差就随着变化。它由暗盒中的底片自动摄影记录下来。

δ_n 是由于等压面与水平面成倾斜而飞机是沿着等压面飞行而产生的，在计算高程时，必须考虑到等压面倾斜的改正。根据苏联的经验公式来计算等压面的改正数：

$$\delta_n = -0.002 \cdot V \cdot S \cdot \sin \varphi \cdot \sin 2\delta$$

式中： δ_n ——等压面倾斜的改正数（米）；

V ——飞机的空速（公里/小时）；

S ——两点间的直线距离（公里）；

φ ——两点间的平均纬度；

δ ——摄影时的航偏角。

根据以上的计算，并考虑气压变动、仪器的构造误差，同时地面有少数已知高程的控制点，航空抄平时，在这些已知点上闭合平差，就可以算出每个航空抄平点的标高。

§ 2. 航空抄平在铁路航空勘察中的应用

在铁路线路勘察中，采用航空目测，选择线路方案；并采用航带摄影编制地形平面图等的工作中，用航空抄平方法起着一定的作用。目前利用无线电抄平的高程资料可以编制 1:25,000 及更小比例尺的地形平面图。目前还在研究如何改进仪器构造和操作方法，进一步提高精度，编制更大比例尺的地形图。

进行铁路航空勘察时，采用航空抄平，可以解决下列问题：

1. 在航空目测选线过程中，确定盛口和地面特征点的

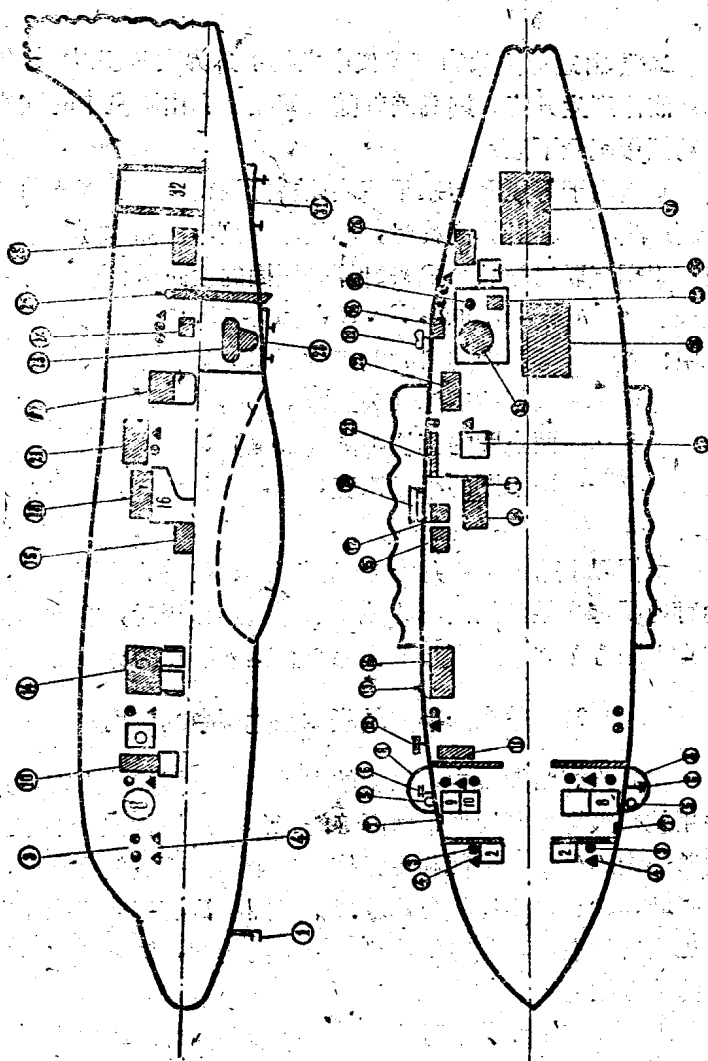


图 I-3. ИЛ-12 型飞机内仪器布置示意图

1. 静压力的接收器补充管； 2. 正副驾驶员的位置； 3. 供氧气的插头； 4. 通底设备的插头； 5. 航空照准仪
PKBП-7； 6. 航空照准仪БД-2； 7. 机舱右侧小隔板开关； 8. 领航员位置； 9. 测高仪位置； 10. 报务员
位置； 11. C-5 型测高仪； 12. 文氏管； 13. 电感温度计接收器； 14. Ф-24 自动摄影照象器； 15. МА-250
型电动交流发电机电机； 16. 仪器作业员操作台； 17. 指示脉冲的标器器； 18. 无线电测高仪指示器； 19. АРФА航
高自动照象器； 20. 机外温度计； 21. 配电盘； 22. РБ-17 无线电测高仪收发机； 23. 航空摄影仪； 24. КИП-3
时间间隔器； 25. ОИВ-1 或 В-3 照准仪； 26. 补充蓄电池； 27. 仪器操作员位置； 28. 发射天线； 29. 重量数
调整器； 30. 摄影员位置； 31. 接收天线； 32. 机舱尾部障壁。

标高，以及河床坡度作为初步选择线路可能通过的方案。

2. 在航空摄影过程中，确定每张象中象主点的航高，作为象片选线及象片导线测量时的依据。

3. 进行专门的航空无线电抄平，求得高程控制资料，编制地形平面图。根据内业制图方法的要求，在已进行过航带摄影的象片及复照图上，布置高程控制点，并在每个控制点上进行航空抄平，得出这些控制点的高程，作为制图时的高程控制点。

4. 沿河流飞行，可以确定水流或河床的坡度。

§ 3. 航空抄平的仪器装置

(一) 进行航空抄平时飞机的设备及仪器布置

在铁路航空勘察中，同时采用无线电抄平方法时，对于航测飞机的要求，除与其它的航测飞机一样外，应注意下列几点：

1. 航察飞机的窗口应使领航员和勘测人员有广大的视域。

2. 机组和航测人员之间应有通话设备。

3. 如果采用 РБ-17 无线电测高仪时，应安装特殊的同相天线，减小电

波发射角。

4. 在高空飞行时应有足够的氧气供应。
5. 应有航空抄平仪器操作人员的工作台。

图 I-3 为 ИЛ-12 型飞机内仪器的布置图。

上面仅是仪器装置的一种形式。对不同的飞机类型和不同的仪器，应根据不同的情况进行安装。在安装时应注意下面几点：

1. 发射天线与接收天线之间的距离不得小于三米，以防止互相间的干扰。

2. 飞行时测高仪电波最大辐射矢量，必须与地面垂直，如 ИЛ-12 型飞机的冲角为 $3-5^\circ$ ，则天线装置必须与飞机底部平面成 4° 的角度。

3. 静电管的导管应尽量短，以减小导管的阻力。

4. 所有航空抄平仪器应放在缓冲架上，以防止冲击和震动。

5. 接通所有仪器的电路，以便能协调地进行工作。

6. 能使操作人员有方便的工作条件。

下面将简述无线电测高仪、高差仪、Ф-24 摄影记录器的构造及工作原理。

(二) 无线电测高仪

现在一般所采用的无线电测高仪有 PB-10、PB-17、PB-TД 等几种类型。铁路航空勘察中曾使用 PB-17 无线电测高仪，安装特殊同相天线，使发射角度减小，发出的脉冲能正确地在地面象底点附近反射回来。在航空测量中，较早使用的是 PB-10 无线电测高仪，但此种仪器的精度稍差于其他两种仪器。现在还有使用 PB-TД 型的无线电测高仪，这种仪器的功率较强，因此能比较清晰地将地面离飞机最近一点的脉冲接收回来，显示在指示器的荧光屏上，但需要在精

密立体量测仪上安装航摄像片（或负片），并用球面视差网进行立体观测后，算出垂直航高。

无线电测高仪由下列各部份组成：

发射接收机、天线、指示器、电动交流发电机、电缆等部件。

当进行航空摄影时，无线电测高仪的发射机，通过发射天线，发出超高频短脉冲，这些脉冲向地面发射，并从地面反射回来，经接收天线，进入接收机，并将接收回来的脉冲适当放大，然后脉冲信号进入指示器，并在指示器萤光屏上显示出来，由照象机自动地将这些信号记录下来。

指示器由扫描放大器、视频放大器、高压整流器、阴极射线管等组成。

无线电测高仪指示器上的阴极射线管与一般的示波管不同，该管只有一个辅助电极，即辐向偏斜电极，该电极是杆状形的，与射线管轴在承影板中心相接。在承影板上刻有以时间化为高度的分划线，电子射线偏斜时，承影板上产生一个绿色光环，脉冲在辐射或接收时，使电子射线产生附加的偏斜，即在绿色光环上出现一突圆（如图 I—4 所示），这个突圆的左端与承影板分划尺相切，即能读出飞机到地面的高度。

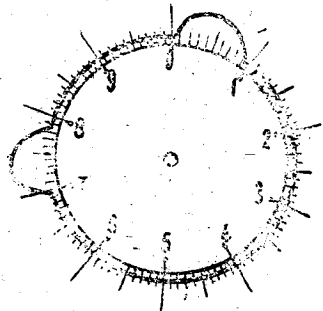


图 I—4

在铁路勘测中，我们采用脉冲式的 PB-17 型无线电测高仪，配合 ДМГ-7 型同相天线，脉冲的发射角度为 25° — 30° 。

（三）C—51 型高差仪

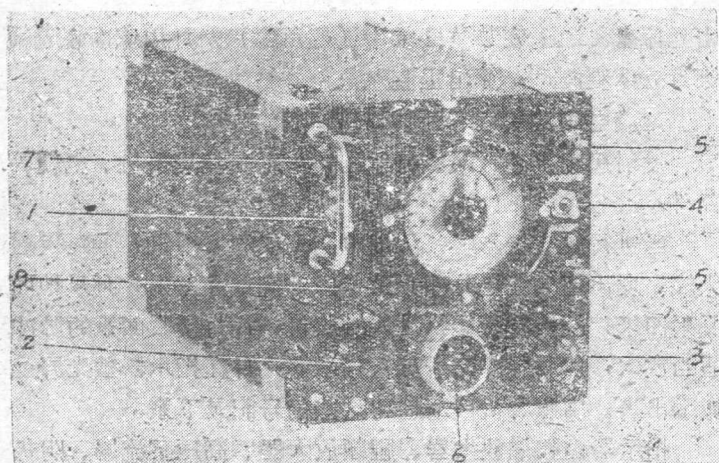


图 I-5 无线电测高仪指示器

1—开关； 2—调整直达脉冲的手柄； 3—调整圆周宽度的手柄；
4—低高度 (MX1) 和高高度 (MX10) 的开关； 5—调整 (MX1) 和
(MX10) 起始脉冲之零位置； 6—电缆接头插销； 7—保险丝；
8. 信号灯。

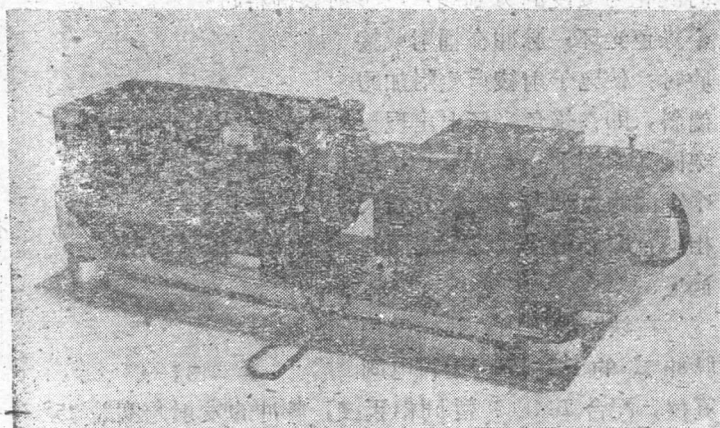
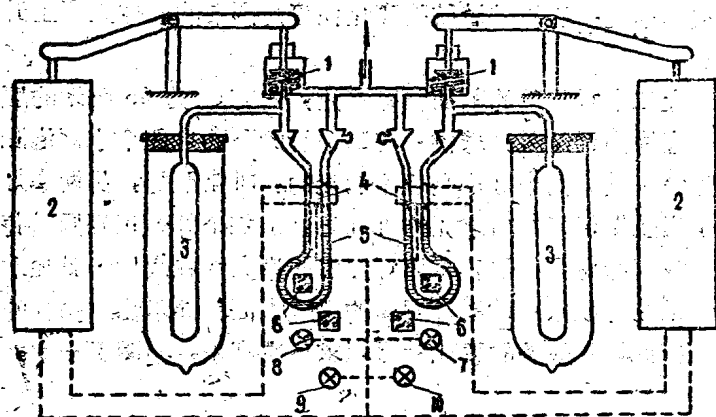


图 I-6. 无线电测高仪指示器及自动摄影记录仪之外形

高差仪是被用来测定各張象片主点的高程差，現在常用的是C—51型測微高差仪，其构造原理如图I—7。



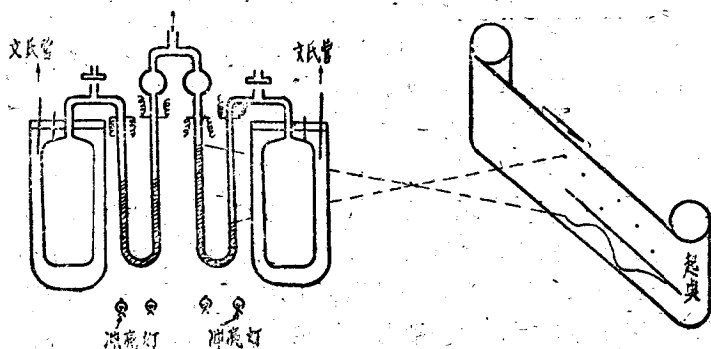
图I—7. C—51型測微高差仪

1. 活塞； 2. 继电器； 3. 空气瓶； 4. 电极； 5. 液体气压管；
6. 反光鏡； 7、8. 冲亮灯； 9、10. 常照灯。

C—51型高差仪中有二个U形的气压管，管内装有比重很輕的液体，如戊醇或丁醇。气压管的一端与外界相通，另一端与空气瓶相連，空气瓶內保持恒等的温度。两个U形管是互相交替工作的。当一个U形管工作时，另一个U形管不工作。工作的U形管的一端与外界相通，另一端不与外界相通，不工作的U形管，与空气瓶相通的一端的活塞打开，使二端与外界相通，使U形管二端的液面保持在一个高度上。工作的U形管随着航高和相应的外界空气压力的变化，而使管内液体水平面升高或降低。当航高变化很大时，管内液体也产生很大的升降。当管内液体之一端上升到一定程度时，为使液体不流出管外，故在一定的水平面上装有电极，液体上升触到电极时，电路便自动閉合，就由一个U形管轉換到另一个U形管工作。同时原来工作的管与空气瓶相通的一端

的活塞自动打开，这样管内两端的液面又保持相同高度。另一原来不工作的U型管的活塞则自动关闭，使管的一端与外界空气相通，这样随着航高变化使管内两端的液体又产生升降。

在二个U型管的前面装有暗匣，内有宽为35毫米的底片，底片由马达带动卷绕。在二个管的下面有四个小灯泡和反光镜，其中两个灯泡是经常明亮的，叫常照灯，另两个灯泡是当航摄影照象时才亮的叫冲亮灯。每个灯泡正好照着每一个液体弯月面，这样常照灯照着的弯月面在底片上就显示出一系列的线条，冲亮灯照着的弯月面就显示出一系列的点。根据点和线条的变化就可以求出航高差，如图I—8。



图I—8

(四) Φ -24摄影记录器

Φ -24摄影记录器的作用是在进行航空摄影时把各项飞行要素能自动地摄影记录下来，作为内业整理资料时的依据。

摄影记录器的构造主要部份有仪表盘、照象机、小马达及照明灯泡。