

航空摄影

А. И. 耶弗謝夫—西多罗夫 合著
Я. Л. 集 曼

測繪出版社

航空攝影

A. И. 耶弗謝夫—西多羅夫 合著
Я. Л. 集 曼
諸 葛 峻 鴻 譯

苏联內务部測繪总局学校管理处审定作为
中等專業学校“航空攝影”專業教科書

測繪出版社

1958·北京

А. И. ЕВСЕЕВ-СИДОРОВ
Я. Л. ЗИМАН

АЭРОФОТОСЪЕМКА

Геодезиздат Москва 1956

本書是供培养航攝領航員使用的航空攝影課程教科書，亦可供專業相近的學生和實習航攝領航員參考之用。

本書詳盡地敘述了面積航空攝影的領航方法，也闡述了在航行中保持和確定航攝諸要素（航攝高度、航攝像片的縱向和橫向重疊等）的理論。此外，本書尚對航行和攝影設備作了說明，這對航攝領航員在飛行中正確利用這些設備是必需的。

本書由諸葛峻鴻同志翻譯，陳賢鏗副教授校閱。

航 空 攝 影

著 者 А. И. 耶弗謝夫-西多羅夫

Я. Л. 集 曼

譯 者 諸 葛 峻 鴻

出版者 測 繪 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街三號

北京市書刊出版業營業登記證出字第081號

發行者 新 華 書 店

印刷者 北 京 市 印 刷 一 廠

北京西便門南大街乙一號

印數(京)1—1,300冊 1958年7月北京第1版

開本31''×43'' $\frac{1}{2}$ 1958年7月第1次印刷

字數220,000 印張10 $\frac{1}{2}$ 插頁5

定價(10)1.50元

目 录

中文版序言	5
原序	6
緒論	7
§ 1. 航空摄影及其应用	7
§ 2. 航空摄影飞机	12
§ 3. 航空摄影机	15
§ 4. 面积航空摄影	18
第一章 航空摄影的基本要素	22
§ 5. 航空摄影比例尺	22
§ 6. 航摄像片的纵向重叠和航空摄影的基线	24
§ 7. 航摄像片的横向重叠	27
§ 8. 摄影航线的方向	29
§ 9. 关于确定航空摄影要素的精度	34
第二章 航空摄影的高度	39
§ 10. 确定和保持航空摄影高度的各种仪器	39
§ 11. 航空摄影高度的计算	53
§ 12. 保持航高和航摄原定比例尺的精度	58
第三章 航空摄影的空速	64
§ 13. 摄影飞行的空速和状态	64
§ 14. 空速表	65
§ 15. 飞机空速的计算	67
§ 16. 确定空速的精度	70
第四章 航空摄影的时间间隔	73
§ 17. 航空摄影的地速和时间间隔	73
§ 18. 航行和航摄瞄准器	75
§ 19. 航空摄影时间间隔的确定	83
§ 20. 测量航摄时间间隔和保持航摄像片原定纵向重叠的精度	86
第五章 摄影航向	95
§ 21. 磁罗盘和陀螺磁罗盘	95
§ 22. 太阳阴影罗盘	103
§ 23. 按偏流角选择摄影航向	116
§ 24. 确定摄影航向的其他方法	121
§ 25. 空气动力偏流角和罗盘、瞄准器及航空摄影机的安装误差	124

§ 26. 磁罗盘罗盘偏差的消除和记录	130
§ 27. 空气动力偏流角和瞄准器, 罗盘以及航空摄影机安置误差的确定	135
§ 28. 测量偏流角和确定摄影航向的精度	145
第六章 摄影航线的进入	156
§ 29. 摄影航线进入的种类和方法	156
§ 30. 供进入航线使用的仪器	160
§ 31. 航空摄影计算尺	163
§ 32. 小比例尺航空摄影的进入	166
§ 33. 大比例尺航空摄影的进入	177
§ 34. 进入摄影航线的精度	188
第七章 摄影航线的敷设	197
§ 35. 敷设摄影航线的辅助仪器	197
§ 36. 摄影航线的敷设	200
§ 37. 在山区摄影航线的敷设特点	205
§ 38. 大比例尺航空摄影时摄影航线的敷设特点	206
§ 39. 进行补摄时敷设摄影航线的特点	208
§ 40. 摄影航线敷设的精度	209
第八章 航摄露光计算	215
§ 41. 确定空中摄影露光时间的因素	215
§ 42. 利用АЭН-IV航摄露光计算盘确定露光时间	219
§ 43. 摄影影像的位移	222
第九章 摄影飞行的准备和进行	225
§ 44. 领航地图及其准备	225
§ 45. 航空摄影的计算	233
§ 46. 飞行前航空摄影的准备	240
§ 47. 飞行中摄影飞机空勤组的工作	244
结论(航空摄影发展的远景)	252
附录	257
1. 时差(η 以分计)和太阳赤纬($\delta_{\odot}$ 以度计)	257
2. HЛ-7、HЛ-8和HЛ-10航行计算尺(插页)	
3. 苏联领土比例尺1:1 000 000、1:2 000 000和1:2 500 000的地图集插图(插页)	
4. 度化小时换算表	258
5. 航摄计算	259
6. 比例尺1:100 000和1:10 000地形图图幅面积表	263
7. 确定日出和日没时间的图解图(插页)	
8. 执行航摄飞行任务书	264
9. 高差仪工作报告书	265
10. 苏联领土内飞行摄影季节的概略数据	266
参考文献	267

中文版序言

由于社会主义各国工、农业的急剧发展，就要求不断地提高和改进地形图。这一任务对于拥有辽阔疆土的苏联和中华人民共和国尤为重要。如果说对于不大的面积可通过地面测量的方法进行制图的话，那么，对于大面积和难以到达的地区来说，这种方法的收效是很小的。而必须应用航空方法，航空摄影就是制图的主要方法。因此，在苏联航空摄影对于整个国民经济有着极其重要的意义，它的发展达到了很高的水平。同样，航空摄影对于社会主义中国的国民经济也起着十分重要的作用。

如果这本书对年青的中国航摄领航员有所裨益的话，如果它有助于中国航摄领航员掌握这门有趣的事业，并对中国社会主义建设事业和为争取人类美好未来斗争中有所贡献的话，我们将感到莫大高兴。

A. 耶弗谢夫-西多罗夫

Я. 集 曼

原 序

本書是根据著者1947—1955年期間，在莫斯科航空攝影学校（現改名为地形測量技术專科学学校）航攝班培养航空攝影領航員的講稿編写而成。

本書是根据航空攝影課程的教学大綱編写的。著者在准备教材时，力求闡述航空攝影的理論基础，并提供了对航空攝影領航員在实际工作中所必需的面积垂直航空攝影方面的知識。

1—7、35—39、41—47 諸节主要是由 А.И.耶弗謝夫-西多罗夫編写；8—34、40 諸节和結論是由 Я.Л.集曼編写。

在本書的編写过程中，承蒙莫斯科地形測量技术專科学学校的教师 В.А. 伊万諾夫和 В.М. 加弗里洛夫的协助，承蒙技术科学領士 В.И. 阿弗格維奇講師和航攝領航工程师 А.С. 耶格罗夫評閱原稿，以及工程师 В.В. 斯特罗科夫对本書原文进行校訂，并对11、12、22、28、43和45諸节作出很多补充，著者在此一一致以謝意。

本書在付印前，承蒙技术科学博士 М.Д. 康新教授审閱，并提出很多宝贵意見，著者在此也致以深切的謝意。

著者請求航攝領航員和所有使用本書的人，提出批評意見和建議，逕寄測繪出版社（莫斯科，弗拉基米尔街，門牌6号）。

А. 耶弗謝夫-西多罗夫

Я. 集

曼

緒 論

§ 1. 航空攝影及其應用

由飞机或其他飞行器械对地面攝影的过程叫做航空攝影。

航空家 A.M. 科万卡大尉，于 1886 年 5 月 18 日在俄国首次进行了对地面的空中攝影。攝影是使用像幅 12×16 公分的普通攝影机进行的。

兩月后，俄罗斯技术协会航空部組織了利用气球的第二次攝影飞行。航空家 A.M. 科万卡和 Л.Н. 茲維林采夫曾应用專門航空攝影机对地面进行了攝影，这种專門航空攝影机是由协会的著名活动家 В.И. 斯列茲涅夫斯基設計的。

第一个自动航空攝影机是由大尉 С.А. 烏尼揚林設計的，而第一个多鏡頭的航空攝影机是由工程师 Р.Ю. 齐列設計的。

1894 年，航空家 В.Ф. 納依捷諾夫工程师首次發表了关于論述攝影測量方面的作品。

航空攝影开始是在气球、空中風箏和飞艇上进行的，但在二十世紀的前十年間，这些工具就为比較新式的飞行器械——飞机所代替。

自 1912 年起，在俄国軍隊中开始將航空攝影用于軍事偵察。在第一次世界大战期間，俄国的一位团长 В. 波捷創造了世界上第一个半自动軟片航空攝影机，研究和改进了航攝像片攝影測量作業的方法，出刊了“航空攝影測量消息”杂志，召开了專門的代表大会，并在基輔开办了測繪訓練班。

我国的航空攝影事業，仅在偉大的十月社会主义革命和社会主义制度在我国取得胜利之后，始获得广闊的發展。

1919 年 3 月，根据 В.И. 列宁所簽署的指令成立了測量总局。

在指令的第一条中写道：

“为了研究俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国的地形，以便提高和发展国家生产力及技术、财力和时间的经济起见，在最高国民经济会议的科学技术局内成立测量总局”。

1924年，航空摄影在我国开始用于地形测图。全苏“志愿飞行者”协会成立，该会的第一位组织者和领导者是 М.Д. 邦契-布魯耶維奇；而航空摄影部分是由 В.С. 茲維特-高尼金斯基领导的，他在航空摄影领航方面的成就是众所周知的。

1929年初，在列宁格勒成立了以 А.В. 費尔斯曼院士为首的航空摄影科学研究所，该所以后与中央测绘科学研究所合併。

在1930年，出现了第一个苏维埃 АФА-13 航空摄影机。在1932年，出品了 Ф.В. 德罗貝雪夫教授设计的 АД-2 九镜头航空摄影机，这种航空摄影机是供小比例尺摄影用的。

М.М. 魯西諾夫发明了宽角航摄影镜头，这对航空摄影是一项重大事件，这种镜头给进行精确的立体地形测量提供了可能。

随着航空摄影的发展，摄影测量学——研究航摄影片上地物摄影影像各种几何特性的科学也获得了发展。

А.С. 斯基里多夫、Г.В. 罗曼諾夫斯基、М.Д. 康新、Ф.В. 德罗貝雪夫和 Н.М. 阿列克薩波利斯基諸位教授，在制订摄影测量、主要是立体摄影测量的方法上作出了巨大的贡献。

自1936年起，在 В.И. 謝苗諾夫的领导下，顺利地开始了按縫隙式航空摄影机的工作原理制造新式的航空摄影机。这些年以开始了航空摄影机迴轉稳定方面和制作無惰性太陽航向指示器方面的工作而著名。

早在1924年，苏联航摄领航員柳比茲基就提出了，按垂直柱投射在航向仪刻度盤上的太陽陰影来駕駛飞机的創議。

這項創議經 А.П. 柳比莫夫工程師詳細研究后，設計了很多太陽航向仪，并創立了实际应用这种仪器的理論基础。

在偉大的衛國戰爭期間，航空攝影的方法仍然不斷地提高。這些年代里，用於夜間航空攝影的航空攝影機獲得了顯著地改進，並出品了擺動式航空攝影機座架(АКАФУ)和像幅 30×30 公分的 АФА-33 航空攝影機。

在這一期間，Г.Д.班科弗斯基在組織航空攝影工作方面起了卓越的作用。

戰後，航空攝影穩步地繼續向前發展着。

成套的航攝設備中附有高差儀和無綫電測高儀，由於利用了這些附屬設備，所以採用立體攝影測量制圖的可能就顯著的擴大。

自 1947 年起，開始成批地出品 А.П. 柳比莫夫太陽航向儀，這種儀器提高了航空攝影的效率。

1950 年出品了由工程師 С.П. 沙根和 Г.Г. 戈爾頓設計的 АФА-ТЭ 新型地形測量航空攝影機，這種攝影機內的機械機構已改為電動機構。

自 1952 年起，蘇聯部長會議所屬民航總局（民航），就是進行航攝工作和科學研究工作的主要民用機構。

由於空中攝影任務的不同，所以採用航攝的種類亦不同。在各種航攝工作中，以利用航攝像片編制地形平面圖和地形圖的地形測量航空攝影為最複雜。

在這種情況下，對空中攝影所獲得的航攝像片提出了嚴格的要求；要求航攝像片上的地形和輪廓與其在地面上的位置呈相同的幾何形狀。

對航攝像片和空中目視調查材料的同時分析，乃是調查地面和地下礦藏的新的航空地質調查法。

航空攝影在農業方面獲得愈益廣泛的應用。例如，根據航攝像片可解決土地的規劃問題，計劃和計算各種農作物的播種問題。

航空攝影同樣可用於森林經理，計劃林木的種植和采伐工作。

在設計和改建城市時，航空攝影可為建築工作服務。沒有任何一

种測量能把居民点的所有碎部，像显現在像片平面圖那样全部地反映出来。

航空攝影可用于勘察和建筑桥梁建筑物、公路和鐵道，也可用于国民經济的其他方面。

根据航攝像片的数量和排列、航空攝影光軸的位置和航攝比例尺，可將航空攝影加以分类。

根据航攝像片的数量和排列、航空攝影可分为三类：單片航空攝影、航綫航空攝影和面积航空攝影。

各航攝像片不具有地面攝影影像共同部分的，即各像片互不重叠的这种攝影叫做單片航空攝影。如果每一攝影地物的影像可以显現在一張航攝像片上，并且沒有必要对該地物进行立体观察时，則可采用这种航空攝影。

將狹窄地帶攝照成一系列連續航攝像片的攝影叫做航綫航空攝影。而且，每后一張航攝像片（就飞行方向言）与前一張航攝像片攝有共同的地面部分。沿航綫連續的航攝像片間影像的这种重叠叫做縱向重叠（圖1）。航綫航空攝影有直綫、折綫和曲綫等类。

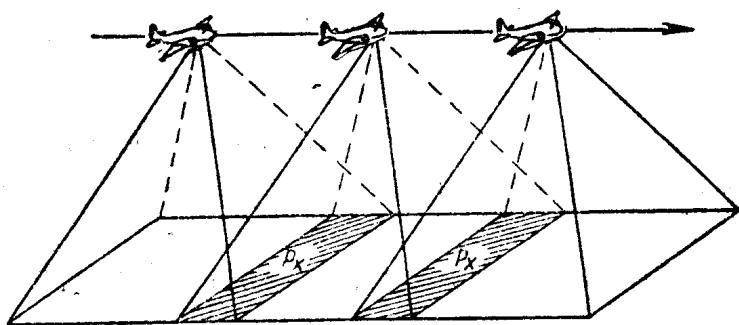


圖 1. 航攝像片的縱向重叠

对于在寬度和長度上超过一張航攝像片所能包括面积的地區的航空攝影叫做面积航空攝影。这种攝影是通过敷設一系列的相互平行的直綫攝影航綫进行的。而且，每前一条航綫的航攝像片与后一条航綫

的航攝像片均具有共同的影像部分。相隣航綫航攝像片上攝影影像的这种重叠叫做橫向重叠（圖 2）。面积航空攝影是十分复杂而困难的一种航空攝影，因为它要求空勤組按照預先拟定的相互平行和等間隔的航綫进行精确的領航。

由于航空攝影机主光軸位置的不同，航空攝影又分为垂直航空攝影和傾斜航空攝影。

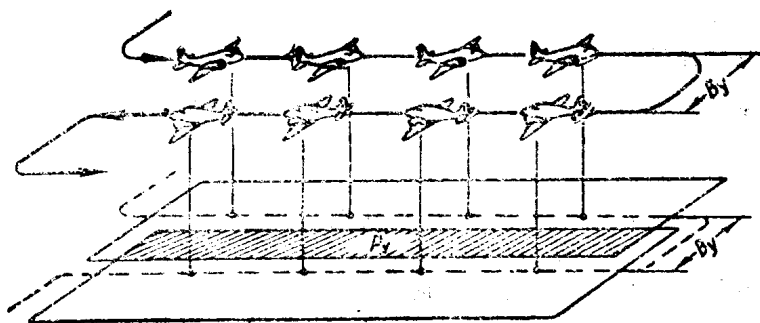


圖 2. 航攝像片的橫向重叠

当航空攝影机光軸成預定垂直位置时所进行的航空攝影叫做垂直航空攝影；当航空攝影机光軸具有某种預定傾斜角度时所进行的航空攝影叫做傾斜航空攝影。

在飞行中，不可能准确地保持航空攝影机光軸的預定位置，这是很自然的，因为，在水平状态飞行时，飞机总有一些繞其本身三軸的偶然振动。因此，在进行垂直航空攝影时，允許航空攝影机光軸与鉛垂綫的偏差不得超过 3 度。而在傾斜航空攝影时，允許偏差的度数更大。

当利用具有一垂直光軸和若干个傾斜光軸的多鏡箱或多鏡頭的航空攝影机时，就产生了一种混合航空攝影，这种攝影叫做垂直-傾斜航空攝影。当使用單鏡頭航空攝影机攝影时，如果具有在飞行中改变光軸位置的專門設備，那末也可获得这种攝影。寬帶稜鏡裝置或自动摆动的攝影机座架可用作这种設備。

垂直航空攝影是航空攝影的主要形式。

垂直航空攝影可按各種比例尺來進行。按不同比例尺進行航空攝影時，在攝影和領航的技術上並無原則區別，正如逐漸增大或減小比例尺時無明顯的界限一樣。

然而，在進行較大或較小比例尺的航空攝影時，按領航的特點可大致將航空攝影分為大比例尺、中比例尺和小比例尺的航空攝影。

大於 1:12 000 比例尺的航空攝影為大比例尺航空攝影，而小於 1:35 000 比例尺的航空攝影為小比例尺航空攝影。

本書所述只限於以不同比例尺進行面積垂直航空攝影時，領航的理論、方法和技术。

§ 2. 航空攝影飛機

各種類型的飛機均可用於航空攝影。

對於航空攝影飛機的主要技術要求列述於下。

1. 機艙應便於安置航攝設備，易於在航行中對其操作和消除微小

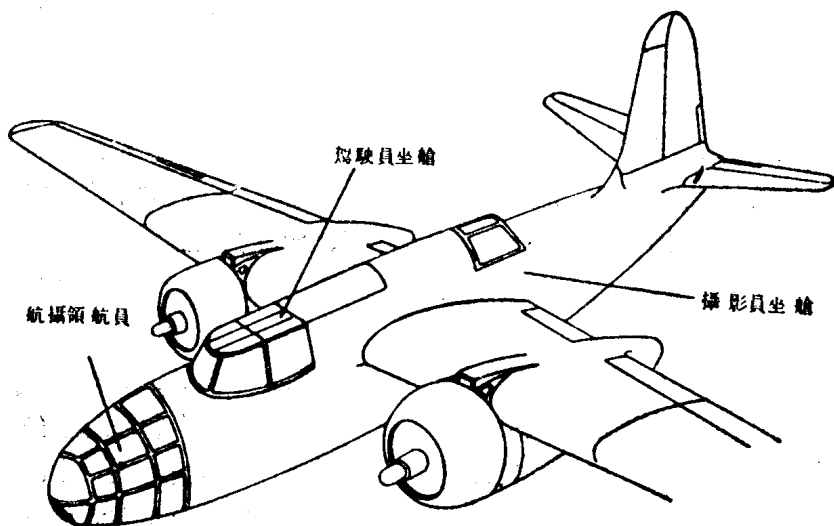


圖 3. 航攝飛機空勤組人員坐位示意圖

故障。

2. 航攝領航員的工作地方應便于向機外的前方、兩側和下方進行觀察。

3. 航攝所要求的航高不應為該種飛機的最大昇限。飛機應輕便迅速地爬至所必需的攝影航高，并能穩定地加以保持。

4. 飛機的儲備油料不應少於 6—7 飛行小時。

航攝領航員的座位如在飛機最前端的玻璃艙內（圖 3），對領航員來說是十分方便的，它可保證領航員有良好的視野，並可在整個領航過程中不轉換坐位進行領航。

在 Лн-2 和 Ил-12 飛機上，航攝領航員的坐位是在駕駛員坐艙的後面，通過專門安裝在飛機兩側的兩個球形的膠玻璃罩 2（圖 4）對地面觀察。這兩個玻璃罩能保證航攝領航員對左、右半球面（前後、左右和下方）進行充分的觀察。但是，在攝影時，航攝領航員必須經常地由這一玻璃罩轉移到另一玻璃罩，因而，在長時間飛行時，他會感到疲倦。

攝影員和航空攝影機以及其他航攝設備的位置系在飛機的中部或尾部。

在 Ан-2 飛機上，航攝領航員的工作地方系在裝有玻璃罩和全部領航儀表的後艙內，攝影員也在該艙工作。

如果攝影的航高不高，並且攝影分區距機場有相當距離時，則飛機爬高速度並不十分重要，



圖 4. 通過玻璃罩觀測時航攝領航員的位置
1—偏航綫瞄准器；2—玻璃罩；3—航向瞄准器

表 1

用于航空摄影的飞机的主要数据

飞 机 类 型	最 大 飞 行 重 量 (吨)	发 动 机 类 型	发 动 机 数 量	平 均 使 用 速 度 V_{np} (公里/小时)	平 均 油 料 消 耗 (每 小 时, 公 斤)	降 落 速 度 (公里/小时)	实 际 界 限 (公尺)	在 額 定 工 作 状 况 下 爬 高 时 间 (分)						滿 載 油 料 飞 行 时 间 (小 时)	停 机 角	空 勤 组 人 数
								1000 公尺	2000 公尺	3000 公尺	4000 公尺	5000 公尺	6000 公尺			
Ил-12	16.1	АШ-82-ФН	2	290	400	135	6250	3	5	9	13	19	28	8	0° 0	6
Ли-2	10.7	АШ-62-ИР	2	220	200	108	5600	4	8	13	21	31	—	11	11.5	6
Ан-2	5.2	АШ-62-ИР	1	180	125	75	5200	4	9	14	23	36	—	7	11.0	3-4
По-2	1.1	М-11	1	110	20	65	3100	8	18	38	—	—	—	7	14.0	2

因为，在这种情况下，飞机将在飞抵摄影分区的期间内爬到所需的航高。但是，当航空摄影的航高比较高（例如，在高山地区进行小比例尺摄影等），机场距摄影分区的距离不大时，则爬高速度小的飞机就会降低摄影飞行的效率，增大非生产油料的消耗。

为了能稳定地保持空中摄影高度，所以这一高度不应大于摄影飞机最大高度（上昇限度）的 $\frac{2}{3}$ 。如果空中摄影的高度接近于飞机最大高度时，则照例，当飞机转弯时，高度就会降低，这样就使得领航技术大大地复杂化。

航摄飞机的主要飞行技术数据载于表1。

大比例尺的航空摄影，现在使用直昇飞机来进行。这种飞机的水平速度小，非常便于进行这一十分困难的摄影。

§ 3. 航空摄影机

航空摄影机是供由飞机上摄得地表面的像片——航摄像片之用。

航空摄影机应：（1）保证获得清晰易于判读的并与地面几何相似的航摄像片；（2）通过一定的时间间隔，自动地摄照一系列航摄像片；（3）在振动、急剧振荡、负载过重和低温条件下，能不间断地工作；（4）使用简便。

目前，航摄时用于制图方面的航空摄影机，按其主要特征——用途、像幅和焦距大小可加以分类。

就用途而言，航空摄影机分为地形测量和非地形测量的航空摄影机。

凡能保证获得适于高精度摄影测量的航摄像片的航空摄影机叫做地形测量航空摄影机。为此，这种航空摄影机应具有：严格光学特点的镜头；保证内方位元素（焦距和像主点在航空摄影机标框坐标系内的位置）不发生变化的坚固构造以及在航摄时压平航空软片的可靠系统。

非地形测量航空摄影机与地形测量航空摄影机不同之处就在于，前者的构造既不能保证各内方位元素的不变，又不能可靠地保证压平

航空軟片。

目前，非地形測量航空攝影機很少用于制圖工作，利用這種攝影機所攝得的航攝像片僅供判讀地面景物之用。

就像幅而言，國產航空攝影機可分為兩類。

具有 18×18 公分標準像幅的航空攝影機屬於第一類；具有 30×30 公分寬像幅的航空攝影機屬於第二類。所有地形測量航空攝影機均具有標準像幅的航攝像片。

就焦距的大小而言，航空攝影機可分為短焦距（焦距不超過 150 公厘），中焦距（焦距由 150—300 公厘）和長焦距（焦距大於 300 公厘）航空攝影機。

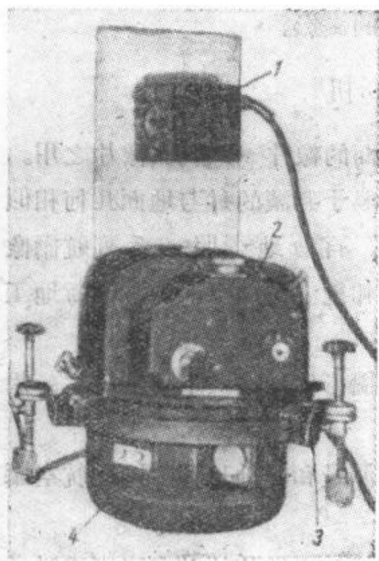


圖 5. АФА-ТЭ 航空攝影機全圖：
1—時間間隔控制器；2—暗盒；3—航空攝影機座架；4—鏡箱部分

新式航空攝影機的主要部分（圖 5）包括時間間隔控制器 1、鏡箱 4、暗盒 2 和航空攝影機座架 3。

時間間隔控制器可每隔一定的時間間隔自動地使航空攝影機作單張像片的攝影。新式時間間隔控制器可按任何實際上可能的時間間隔進行攝影。此外，在時間間隔控制器上安裝有很多檢查裝置。借助於信號燈和脈沖計算器等可對航空攝影機各部分的工作情況加以觀察。

航空攝影機的鏡箱部分包括鏡頭和帶有調節露光時間裝置的快門和濾光鏡。在某些航空攝影機內，快門和暗盒的工作由分電機構使其調協，而 АФА-ТЭ 這種調協工作是依靠電動方法進行的。在鏡箱上部有一確定焦點平面位置的標框。

航空攝影機暗盒具有轉動、測片和壓平機構。在順序攝影後，轉