

月 球 飞 行 器 I

2.0 摄 影

这篇月球飞行器 I 的最终报告包含摄影结果的全部说明，特别是摄影记录的再现和汇集。提供了需要鉴定和分析这些图象的全部数据，包含简短说明摄影分系统的作用，以便了解摄影中所受的限制。这种分系统的详细说明见于“月球飞行器用的摄影分系统的参考手册”伊斯脱门·科达克公司，L—018375—RU，1966年3月15。

月球飞行器 I 得到的照片是在月球近方的 262,000 平方公里上的数据，该详图的水平比从地面得到的好 2 个多数量级。在重要区域之内的 9 个预选场地之中拍摄了 156 张中和高分辨率的照片，地带为月球纬度 $\pm 5^\circ$ 和经度 $\pm 45^\circ$ ，在那个范围内必须鉴定和确定阿波罗登月舱用的降落场地。此外拍摄了 45 张中和高分辨率幅面的专门感兴趣的近方和远方区域（包含背景为地球的月球远方的东部的斜视图）。总的在远方的 3,000,000 平方公里中用一种分辨率为 250 米来拍摄，其中 400,000 平方公里用一种分辨率为 30 米左右来拍摄。摄影分系统的工作（包含地面再现和汇集的工作）是满意的，但有一个较主要的例外。焦平面快门在速高比传感器工作时的定时工作的错误降低了所拍下的高分辨率的照片。但是，在某些情况下，直至几米大小的表面详图有关的定性信息可以从这些照片推论出来。这样的照片可用来帮助判断在 80 毫米透镜照片中示出的对应区域。用 80 毫米透镜拍下的照片曝光满意时，在照片的中心区之内从标称高度 46 公里可分辨出相当于 8 米的地形。在低衬度感光过度的照片中最

小可觉察的东西是较大的。

2.1 摄影飞行

在 1966 年 8 月 14 日飞行器以近月点 199 公里、远月点 1850 公里和倾角为 $12.05 \pm 0.05^\circ$ 射入月球附近的椭圆轨道。预定 4 天，在这个椭圆轨道上精密测定轨道特性和适当的靶照明。在轨道 25（1966 年 8 月 18 日）通过一连串的摄影机操作开始摄影工作，从胶片导杆拉出胶片并把胶片移动到摄影机。集中在东经 92 度，纬度 0° 的地点 I—0 做了 20 多次曝光，这是在高度为 208 公里的下一个轨道上进行的。这种摄影是定时的，以便为初期摄影分系统的评定、操作控制和特殊压力的解除在戈尔茨坦（DSIF-12）能够读出。

8 月 21 日格林威治平均时间 09:44:58 在轨道 44 飞行器转移到第二个椭圆轨道。为指定地点的摄影而设计的这个椭圆轨道近月点为 50 公里。为了提供精确的椭圆形计算和等待适当的靶照明，在九次计划跟踪的轨道之后拍摄了地点 I—1。在这个椭圆轨道中拍摄了地点 I—1、I—2、I—3、I—4 和 I—5。在轨道 30 期间内，飞行器转移到原有的近月点为 40 公里的第三个椭圆轨道。地球和月球引起轨道摄动的影响，结果使在摄影完成时近月点的高度增大到 48 公里。

这种变化是在企图校正焦平面快门的工作而失败时提出的。在这个椭圆中连续拍摄剩下的靶位置，加上相当特殊的近方和远方位置。

所有的靶场地的摄影和特殊近方和远方曝光列为表 2.1—I。

表2.1-1 飞行摄影一览

场地摄影	曝光帧数
I-0	20
I-1	16
I-2	16
I-3	16
I-4	8
I-5	16
I-6	8
I-7	16
I-8.1	16
I-9.2a	8
I-9.2b	16

其它照片	17
近方	11
远方	15
飞行B场地	2
地球	10
其它和实验	55
总曝光数	211
包括热门闭合的四张照片：因此空白	

2.1.1 摄影分系统的功能

为了在特殊的照度和衬度条件下达到用中等分辨率分辨宽广区和用高分辨率分辨狭窄区，设计出在图2.1-1示出的月球飞行器的摄影分系统。为了再现时接近于密度公

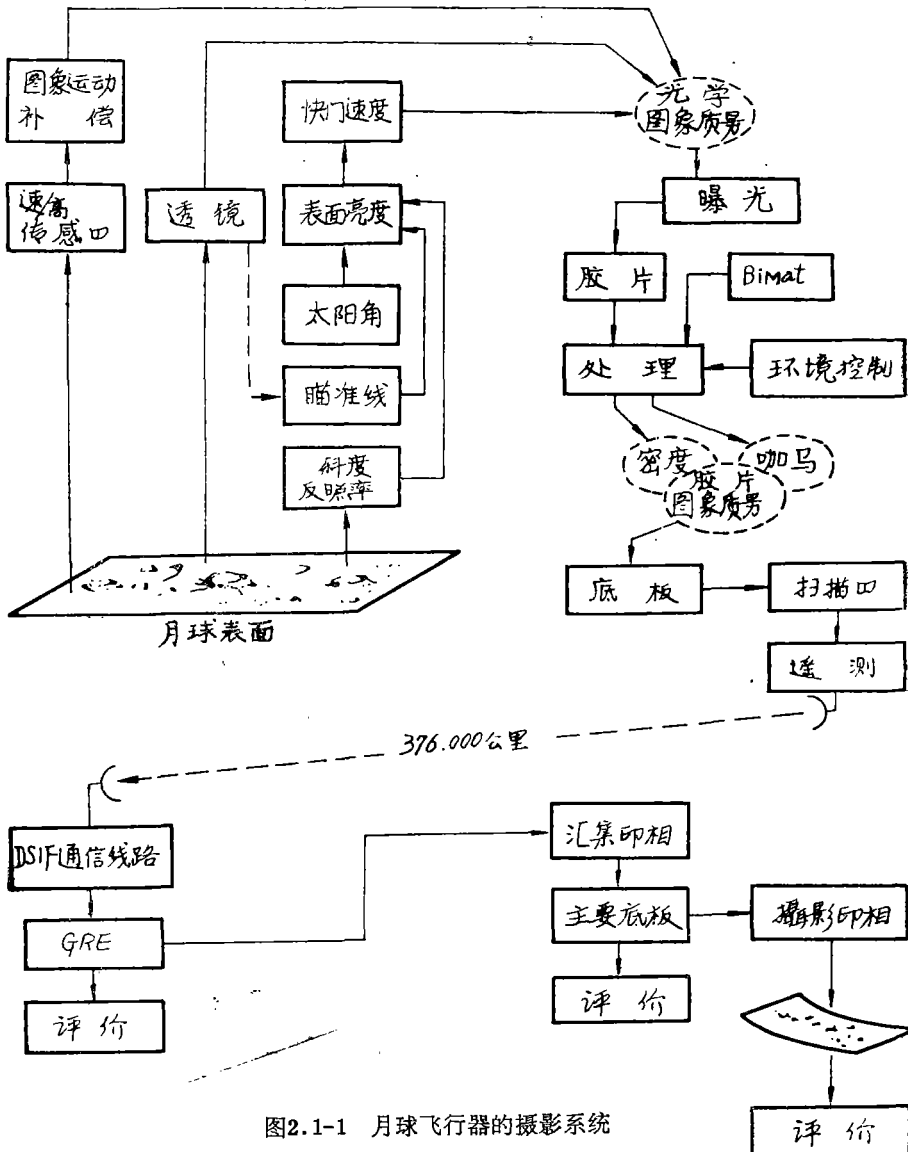


图2.1-1 月球飞行器的摄影系统

差和拷贝之间最小分辨率的损耗，设计了地面基地的设备。

如图2.1—I所示，摄影系统是由三个主要的部份组成的：

- 1) 飞行器摄影分系统；
- 2) 地面再现系统；
- 3) 汇集加工。

分系统的设计表明，透镜、胶片和为从标称高度为46公里所得到1米和8米分辨率的照片的扫描读出的最佳平衡。根据四个主要的理由不用电视方法而选择摄影的方法。

- 1) 本质上分辨率只受胶片的粒度限制并且提供了大幅面的高分辨率；
- 2) 要处理和发送图象的功率是非常低的，因为读出的时间分散；
- 3) 在给定尺寸和重量下胶片比磁带提供较高的数据存储量；
- 4) 图象可以按要求读出并发送。

2.1.1.1 摄影机

摄影机是由如图2·1-2所示的在70毫米胶片上产生中等的和高的两种分辨率图象的双物镜系统组成的。中等分辨率物镜是一个Schneider Xenotar 80毫米透镜，而高分辨率物镜是一个太平洋光学公司作的Paxoramic 610毫米透镜。两个透镜都以固定的孔径 $f/5.6$ 工作。80毫米透镜用一中心快门，610毫米透镜用一双帘布聚焦为快门，通过任务控制的指令来选择1/25，1/50或1/100秒快门速度。两个快门都以同样的标称速度工作。通过胶片压板和真空系统作用把胶片保持在焦平面，这种真空作用在曝光期间内使胶片变平。在每次曝光之后胶片前进大约298毫米。地面示令选择摄影机的工作参数：每次的帧数，曝光之间时间间隔、快门速度、透镜扫描管的焦点和视频增益。

对典型的轨道速度为1.936公里/秒来说，在1/25秒曝光期间内摄影靶移动77米；因此，由于这种位移产生的拖影必须补偿。补偿数量决定于速度和高度。实验表明，如果图象运动是小于最小可分辨细节尺寸60%（在月

球飞行器的情况为0.6米），象质下降将不引起探测能力的损失。为了使拖影降低到0.33米（在46公里高度时），完全在0.6米极限之内，要设计精度达0.5%的月球飞行器的图象运动补偿。是通过移动底板实现的，以便沿着正行方向跟随图象。

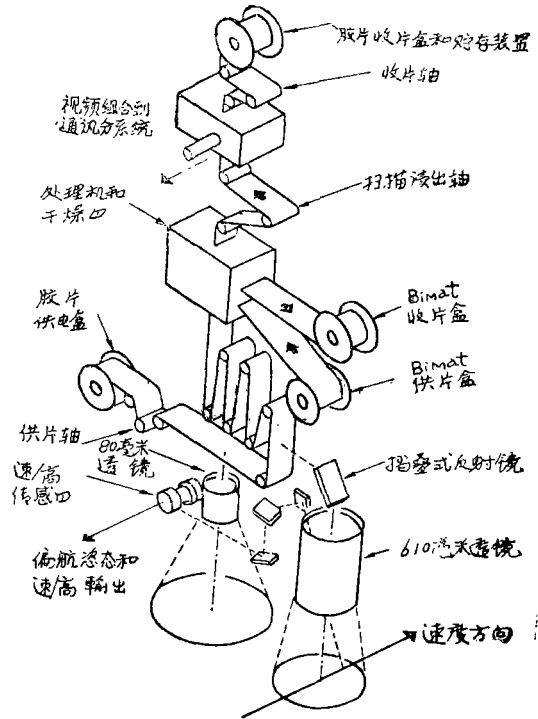


图2·1-2 摄影机系的示意图

台板运动是由速高比传感器控制的，这个传感器跟踪610毫米透镜瞄准的表面的一部分。为了得到摄影区的适合重迭，速/高比传感器也测定曝光序列的速度(图2·1-3略)。按指令照出单一的双画面，或者用4、8、或者16个双画面的自动顺序进行曝光。双画面就是同时曝光一个高的和一个中的分辨率画面。顺序速度可以是产生中分辨率区域50%重迭的“慢型”，或者“快型”，这使610毫米透镜作出邻接的复盖，和80毫米透镜产生87%重迭。

图象形式及其在胶片上的部位表示在图2·1-4(略)。为了控制和校准照片，准备了高和低衬度的分辨图，一个9级灰色标度、线性图形和画面数（如图2·1-5所示，略），这

些沿着胶片的一边缘曝光。表示曝光飞行器时间的二进位时间编码是在胶片各幅面之间空隙中进行曝光。

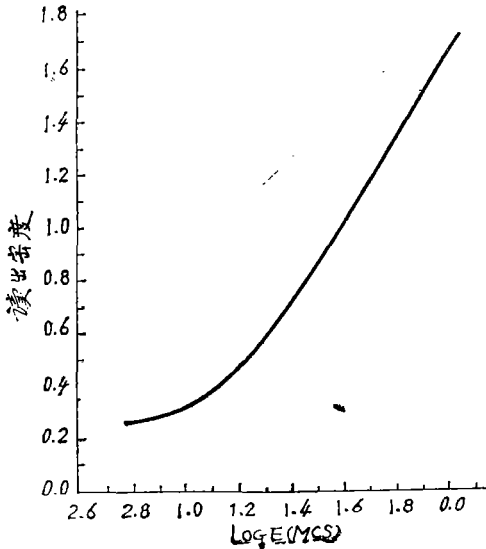


图2.1-6 SO-243 型胶片的性能 (H与D曲线)

胶片曝光的速率比其处理的速度要快得多。能容纳20帧的片环装置接收胶片并把它保持到处理为止。

为月球飞行器选择的胶片是伊斯脱门·科达克公司特殊的高清晰度的航空胶片SO-243型，这种胶片的性能表示在图2.1-6。虽然胶片的美国标准曝光指数为1.6，同普通的乳胶相比较低些，但是它有非常细的粒度和特别高的分辨率(接近每毫米250条线)。胶片对辐射比较不灵敏是它被选择的主要理由。在使用了100个拉特(rad)的辐射剂量的时候，只失去大约一半的胶片性能，于是这种剂量是个上限，即胶片可容许的并且仍然给出有用的(但是质量降低的)照片。要决定是否这个100拉特剂量极限在月球飞行器飞行期间内会超过，将从三种根源来估计辐射：

1) 银河系宇宙固有的全向的、通量总和为5拉特的综合辐射；

2) 地磁学上，在Van Allen带的陷阱辐射，有在1和6拉特之间变化的综合辐射，它决定于靠月球这边(Cislunar)的弹

道；

3) 辐射级可超过100拉特(3级和更大的光斑)的太阳跃斑。

太阳耀斑对胶片具有最严重的威胁。但是，在30天飞行期间内实现100拉特总辐射的概率计算只为4%。飞行器备有相当于2克/厘米²的屏蔽，又在供片盒的附近附加2克/厘米²。屏蔽的结果把100拉特剂量大概降低到小于1%。100拉特辐射剂量的大概使胶片的最大分辨率从1米变到1.1米。在第1次飞行期间内胶片质量没有降低。

2.1.1.2 胶片处理机—干燥器

为了给照相底片，用伊斯脱门·科达克公司的“Bimat”(SO-111)片来处理曝光的SO-243胶片显影。处理是属于非液体性质的。Bimat保持着单浴处理溶液(PS485)它被吸收在乳胶上。在完成处理的时候胶片只是潮润并且能够容易干燥。曝光的胶片与Bimat片接触并在温度为85°F下用3.4分时间处理完成。

在胶片和Bimat离开处理机鼓轮的时候，它们便分成单片。Bimat片被卷在独立的卷片装置的卷轴上，并且使有点潮润的SO-243胶片与加热到95±3°F干燥器的鼓轮接触。湿气是用硫氰酸钾干燥剂吸收。胶片是以每分钟2.3时速度处理，在一次轨道通过期间内全部曝光的幅面因此能在开始再一次通过之前处理完毕。

三个主要限制支配光学系统的工作：

1) Bimat供给的温度必须保持在70°F下。在70°F时Bimat有28天寿命，而在40°F时增加到56天寿命。

2) 胶片和Bimat不得继续接触多于15个小时，否则它们将粘住。

3) 胶片不能连续静止在滚筒上八个小时，超过这个时间胶片将产生变形；在台板上胶片将展不平，因此引起聚焦破坏和把胶片移到随后的位置时要求过度的功率。

后两种限制要求，至少每一次8个小时把胶片在系统中移动，以防止胶片变形。这

些是“胶片变形”幅面。处理过的胶片从干燥器移到收片装置和存储卷轴，在那里保存它直到读出为止。

2.1.1.3 读出扫描器

通过把图象密度变换到电视频号（如图2.1-7所示）来完成拍摄图象传送到地面。

在线扫描管(LST)中，一束束从电子枪直线地移动横过转动的荧光物质，因此在连续扫描时各个区域受轰击。6.5微米光点像通过扫描器的透镜聚焦在胶片上。下一次扫描把透镜对胶片作垂直移动，结果形成一个由16,359条线的光栅组成的“幅面”(framelet)，每条2.67毫米长，正个占70毫米胶片的57毫米范围。完成一个幅面以后，

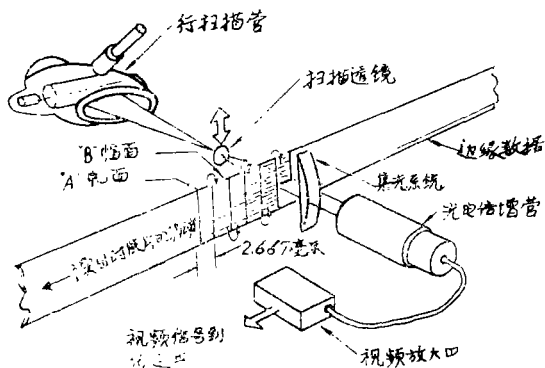


图2.1-7 读出子系统的示意图

胶片移动2.54毫米，以便开始扫描第二个幅面，扫描器的透镜朝这个幅面相反的方向移动（幅面规定为A或B，它决定于在幅面形成期间机械扫描透镜运动的方向）。产生A幅面时扫描从边缘数据一侧开始，而在回程时产生B幅面。在行扫描的每个末端的行扫描管的荧光物质上划出的符号产生混合视频信号的基准符号，这种信号提供系统放大率的校正。全双曝光幅面（298毫米）要求117这样的幅面。

由图象密度调制的通过胶片的光，经过关联的集成光学系统由光电倍增管来接受。产生并放大与透射光的密度成比例的模拟电号，并把计时和同步脉冲加进去形成混合

视频信号（图2-5-54），这将供给飞行器的视频发射机。

读出期间内胶片运动是与拍摄和处理期间内胶片运动相反。处理机不能倒转运行直到所有胶片处理完毕和Bimat从处理机清除的时候。四帧的片环器装在处理机和扫描器之中，它允许在摄影轨道之间并在切断Bimat之前读出四帧。所有照片的最后读出只是在拍摄和处理所有照片、并且Bimat切断和从处理机清除之后才完成的。

2.1.1.4 地面再现系统

在三个深空站的任一个上（以指令）接收到混合230-千赫的视频信号与飞行器的100兆赫S带射频信号多路传输。在深空站把记录记在两个地面再现电子设备和Ampex FR900宽带旋转一头磁带记录器上。带子记录10兆赫未探测的视频信号。在再现过程的限制内，再现的图象几乎和原来的35毫米胶片记录相同。

用装在每个深空站的地面再现电子装置作35毫米胶片的记录。为了分离230千赫的混合视频信号把10—兆赫信号解调、处理、显示在显象管上并用地面再现的电子装置的摄影机记录。在每个深空站装设两台地面再现的电子装置。

在深空站上处理胶片并发送到纽约Rochester的伊斯脱门、科达克公司，在那里汇集完成。磁带作为最后文件包的一部分传递到宇航局兰列研究中心。带子将对地面再现电子装置提供产生其它再现记录的输入。

2.1.1.5 汇集加工

35毫米再现记录用手工汇集，或者自动地通过照相投影印相汇集在9 1/2吋(24.2厘米)胶片上。这种机器的汇集将地面再现电子装置的胶片图象以0.893系数缩小，并且在高分辨率幅面的适当定向的时候将A—B幅面倒转校正。

为了产生一个9×14吋的分幅面需要14帧小幅面汇集。两个幅面重叠附近的分幅面。对一个单独中等分辨率照片需要大约三

个分幅面，而对每个高分辨率的照片来说需要七个分幅面。

这个序列在图 2·1-8 表示出。

2·12 飞行摄影

在第一个椭圆轨道期间内摄影计划包含下列：

- 1) 在转换到第二个椭圆轨道之前验证和估价分系统的工作；
- 2) 验证飞行以前所预先进行的曝光；
- 3) 拉出在处理机中的胶片，以便有可能作所选择的照片的读出。
- 4) 在摄影机和处理机的相继工作之间

满足时间延迟的限制。

根据第一批几幅场地 1—0 照片的分析，对飞行以前的计划作了一些修正。还有些幅面作判断用途，以便拉出读出试验曝光的胶片并满足胶片变形的限制。有一些则用于拍摄月球的远离的一方。

不用操纵飞行器而使胶片变形幅面曝光的飞行以前的计划通常是遵循着的；但是，对飞行器工作的信任导致决定操纵飞行器去取得远方的拍照。这种拍照要 180° 旋转操纵，并得到地球的照片。

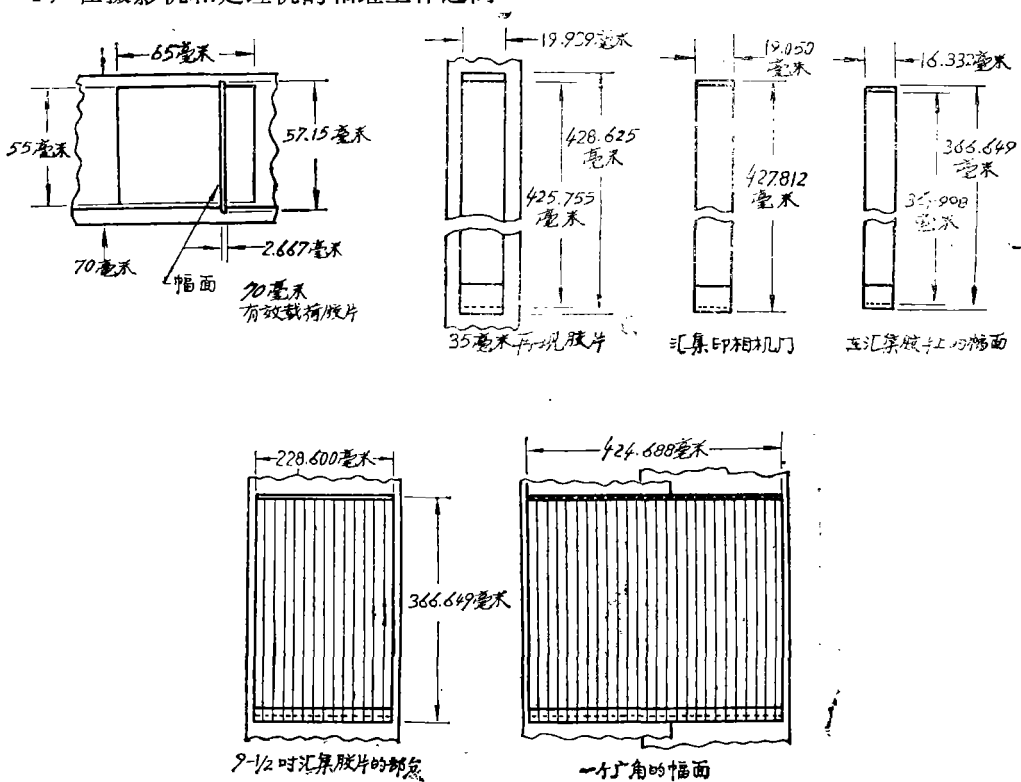


图 2·1-8 汇集的序列

1966年 8 月在 12:42:49.9 格林威治平均时间在轨道 26 期间内以接近 208 公里的高度开始第一次椭圆轨道摄影。场地 1—0 的照片是沿着从东经 84°36′，北纬 1°40′ 到东经 98°12′，南纬 1°24′ 的轨道轨迹曝光的，太阳的相位角为 62.9°。拍摄区域是 Mare Smythii 的邻近区，并且包含地势有海和高地两种型式，以提供曝光检验用的反照率

范围。飞行前的预测表示海区的反照率为 0.065，要求曝光为 0.02 秒。

第一个椭圆轨道摄影包含：

场地 1—0	20 帧
近方胶片装置	6 帧
试验和胶片拉片	5 帧
远方照片	8 帧
总共	39 帧

将在 2·2·1·2 节参看这第一个椭圆轨道照片的说明和评价。

把阿波罗降落区的地势型式和各型式组合的靶位置详细记录。它们包含“Surveyor” I 的降落区。为取各种地势型式作样品，其它位置分布在经度的广阔范围上。在 2·1·3 小节给出预先选择靶的位置（以地面为依据观察得到的）。

1966年8月21日在 11:28 格林威治平均时间在第二个椭圆的轨道 I 上，作为胶片变形曝光（在第二个椭圆上再开始编号的轨道。从这个椭圆拍摄场地 I—1 到场地 I—5）开始拍照。8月27日在轨道30期间内进行后退速度的操纵，以便飞行器安置在近月点大约 5 到 7 公里以下的第三个椭圆上。8月29日 13:24 格林威治平均时间对场地 I—9·2 完成摄影。8月30日 18:14 格林威治平均时间 Bimat Web 被切断并开始最后的读出。9月14日完成最后的读出。所有包含预先曝光的和处理的 Goldstone 试验胶片的幅面成功地读出。

2·1·3 摄影的目的

飞行摄影的目的如下：

- 1) 要得到月球表面所选择区域的中级和高级分辨率的照片；
- 2) 拍摄围绕“观察者 I”周围的区域；
- 3) 提供地形情报，这个将扩充对月球表面性能的科学知识。

除用“徘徊者” V II, V III 和 I X 与“观察者 I”得到的有限区域范围外，月球地形学的知识限制到用光学方法进行地面基地的观测，这种观测所能取得的最好的分辨率大约为 0.5—1 公里。阿波罗着落的表面分辨率的要求大约为 1 米。希望在一些部位上有着落场地，以满足阿波罗计划的探索和科学目的并提供适当的发射窗口，以达到满意的照度。月球飞行器飞行摄影即使不是解决这些，也将对这些要求给予主要的帮助。

飞行 I 号的特殊摄影目的是那些月球区，即从地面基地观测似乎是为阿波罗着落候选场地提供的不同地势型式的典型。为了完成这个，飞行计划如下：

- 1) 在每个预先选择的靶场地范围内用快序列的型式获得一连串 16 次双幅曝光。这些曝光必须提供高分辨率的邻近复盖和中级分辨率的前后重迭，这些幅面适合于立体测量。将从标称 46 公里高度进行拍摄。

- 2) 第一阶段将按照照度限制和飞行计划（场地 I—0）尽可能向东获得一连串 16 次曝光。

- 3) 为了在不与飞行 1 号相干扰的基础上得到拟议中的飞行 B 靶场地的照片，采用胶片变形曝光。

- 4) 为了及早地评价照相分系统和系统性能，在射入第二个椭圆轨道之前，从第一个椭圆轨道阶段选择出照片，予以读出并传送到 DSN。

- 5) 在照相轨道之间把选择的照片读出并传送到 DSN，以便发射控制和对系统操作的认可。

- 6) 紧接着完成摄影，把在全发射时得到的所有照片读出并传送到 DSN。

2·1·4 摄影场地

在飞行之前由美国宇航局月球飞行器设计部 (LOPO) 作出须要摄影场地的选择和详细说明。

为这次飞行挑选十个靶场地。场地的选择当然以从地面的望远镜观测为基础并因此具有许多不可靠性。

美国宇航局月球飞行器设计部 (LOPO) 对指导和直接选择适当的靶场地确定一组基本规则见于月球飞行器飞行说明书 (NASA LOTD—1021)，基本规则为：

- 1) 获得有意义的地势型式的一些样品；
- 2) 为阿波罗发射窗口的考虑，应该适

度地分布开同样地势型式的样品。

3) 集中在纬度为 $\pm 5^\circ$ ，经度为 $\pm 45^\circ$ 的阿波罗区内最有希望面积上。

4) 检查有希望的“观察者”场地。

5) 如果取得更多情报并且时间允许的话，便选择受摄动的场地。

飞行中的一些限制给予如下：

1) 除了在“观察者 I”场地上用两次 16—幅面程序之外，通过把摄影限制到当经过每个靶时只作单独一次拍照，使姿态控制的气体消耗量达到最小。

2) 为可靠性和飞行控制在场地之间作

照片读出。

3) 在阿波罗区内最多 9 个赤道场地。

4) 用一次通过，在每个场地取得最大摄影范围。

5) 轨道的倾角将为 $11-12^\circ$

6) 照度条件和高度必须适合于：

a) 探测出相当于基底直径为 2 米和高度为 0.5 米的锥体；

b) 探测出面积为 7×7 米的 7° 坡度。

注意：这种要求是飞行前预计的，这把相位角限制在 50 和 80° 之间与名义近月点高度为 46 公里。

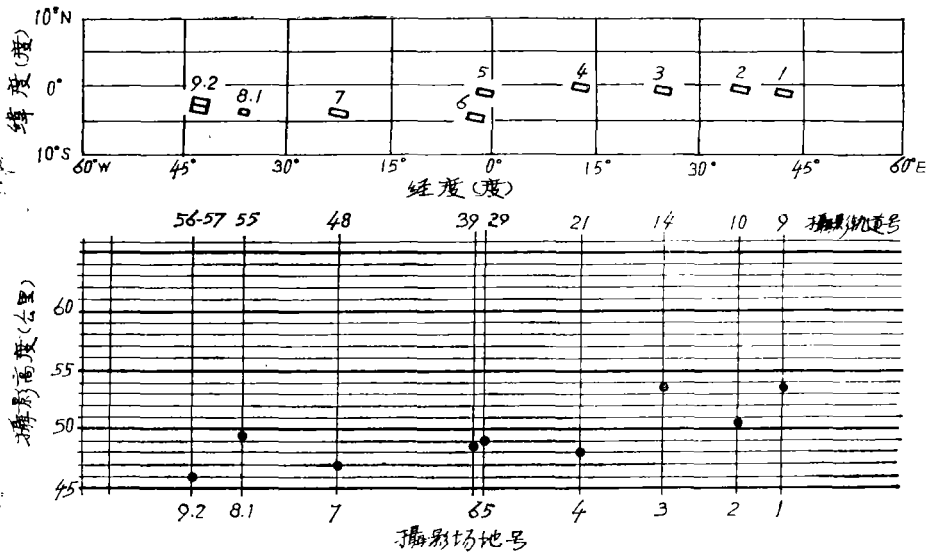


图2·1-9 飞行 I 基本场地的位置

2·1·4·1 场地选择的准则

飞行用的靶场地选择的详细介绍被见于上面给的参考文献(NASA LOTD-102-1)。

靶区域的选择是以赤道区 1:1,000,000 比例尺的美国地质测绘月球地势图为根据。这个图的月球表面形态是由定量资料得出的，这个资料包含倾角量的研究，相对起伏的研究和环形山的密度研究。定性资料的来源是：

1) A.C.I.C.月球地图集和它的图；

2) 以地面为基地的摄影；

3) 美国地质测绘局 1:1,000,000 比例尺的地质图；

4) 徘徊者 V II, V III 和 I X 的摄影。

这些研究包含广泛的工作，这些工作是由美国地质测绘局用光度计方法推出倾角测量和倾角频来完成的。徘徊者 V II、V III 和 I X 飞行给出大部分有用的资料，从阿波罗着落舱的着落要求的观点来看，表面粗糙度具有重要意义。这个因数用作场地分析中的主要参数。为地势校准目的所考虑的关键性的地势单元的是用 1 公里分辨率推出倾角的基础上确定的。

科学意义以及对阿波罗飞行直接意义的可能有的信息在选择靶场地的时候也要考虑。

2·1·4·2 场地的定位

每个场地的定位（它的说明是以飞行前的情报为根据的）及其在 NASA LOTD-102-1 给出的评定，下面简单介绍。表示场地在月球赤道地方之内的近似定位的图在图 2·1-9 示出。

月球飞行器场地的评定

飞行 I

场地 I—1 南 $0^{\circ}50'$ ，东 $42^{\circ}20'$

评价 A：在这个场地包含的黑暗海和中等发亮的海和高地使它成为有价值的地势校准区域。两种型式的海的 1 米粗糙度具有特殊意义。在高山和黑暗海交际的地方发生学的关系的可能探测在科学上是特别重要。海（Maria）这部分是有希望的阿波罗着落场地。

场地 I—2 南 $0^{\circ}10'$ ，东 $36^{\circ}00'$

评价 B：这个场地上预测的重要地势校准数据是在高地部分 II A 和 II B 与海。在这里可能发现可用的阿波罗着落场地。

场地 I—3 北 $0^{\circ}20'$ ，东 $24^{\circ}50'$

评价 B：应当得到关于这个区域的小比例尺的粗糙度和形态的有用数据。它是有希望的 Surveyor 和阿波罗的着落场地。

场地 I—4 $0^{\circ}00'$ ，东 $12^{\circ}50'$

评价 A：预测，地势单元 II—A，II—B、II—C 和 II—D 的高分辨率摄影将提供为明确高地区域 1 米粗糙度的分辨率所必要的的数据。这场地是有希望的 Surveyor 和阿波罗着落区。

场地 I—5 南 $0^{\circ}25'$ 西 $1^{\circ}20'$

评价 B：这是具有低山脊结构的光滑海特别好的样本，这样的结构在评价海的起源和发展方面是重要的。它具有作为阿波罗和 Surveyor 着落场地的高可能性。

场地 I—6 南 $4^{\circ}00'$ 西 $2^{\circ}50'$

评价 A：这个区域对地势校准是特别重要的，因为它提供高地单元 II—D 以及变形的环形山底面 IV—B—2 的高分辨摄影。环形山底面是预先选择的 Surveyor 着落的场地。预测，对主要的地势取得承受强度的数据的时候，这个范围将具有高价值。

场地 I—7 南 $3^{\circ}45'$ ，西 $22^{\circ}45'$

评价 B：这是海的一个中等好的样本，它有低起伏分水线，小环形山和微弱的射线范围。它将提供有关旧海表面的发展及其性能的形态学的重要情报。它是预先选择的 Surveyor 着落场地（16—50）。

场地 I—8.1 南 $3^{\circ}00'$ ，西 $36^{\circ}30'$

评价 A：这是一个相对线性的海分水线系统的优秀样本，在确定 1 米级粗糙度的时候这个系统是特别重要。它提供研究与这种型式海的形态学发展有关的发生过程的极好机会。它是高度评价的“观察者”着落场地（11—50）。

场地 I—9.1 南 $2^{\circ}21'$ ，西 $43^{\circ}22'$

“观察者 I”着落场地。

注意：这个场地的定位在“观察者 I”位置改进后的基础上有所改变。此外，在两个连续轨道上拍摄了这个区域。因此场地的选定改变到场地 A 9—2A 和场地 A—92 b。

译自“NASA CR 847”