

评航天飞机大像幅摄像机对 中国西部地区的摄影*

Jerry D. Greer

(美国农业部林业局)

1988年2月3日收稿

摘 要

1984年10月,美国“挑战者”号航天飞机携带的大像幅摄影机,对中国西部部分地区拍摄了一套分辨率极高的照片。本文对这次实验的结果以及所拍摄的中国西部地区照片的特点进行了认真细致的研究和评价,并探讨了这些照片的应用前景。

一、飞行使命

1984年10月5日,美国将“挑战者号”航天飞机送入了一条使之飞越地球表面北纬57度至南纬57度区域的轨道,从而使航天飞机飞越地球陆地大部表面。执行这次STS41-G飞行,这条轨道尤为重要。航天飞机携带大像幅摄像机是实施一项利用不同感光胶片获取高分辨率地球图像的实验。此次飞行还进行了地面特征识别与定位实验、从外空测量空气污染实验及航天飞机成像雷达实验。飞行期间,机组人员还将测定地球辐射量的实验卫星送入了一条独立轨道。

二、大像幅摄像机实验

这次航天飞机上的摄像机拍摄的像幅尺寸为22.9厘米×45.7厘米。为了保证图像的清晰度,使用了前进运动补偿,为了适应航天作业,对摄像机作了特殊的设计和安装,其它方面的工作方式与航空摄像机相似。该摄像机可携带1220米长,24.1厘米宽的胶片。此种胶片有四种不同感光乳剂,由柯达公司专门制造。不同型号的胶片按计划好的重复方式拼接为一体,从而使不同的胶片交替使用。表1为这次摄影所使用的四种胶片。

每张照片上有12个坐标点,长边各5点,短边中心各1点。每拍摄一张照片时,有45个格网式光源闪光记录;格网式光源在照片上的分布方式为5列,每列9个光源,间距为5厘米。这种方法有助于分析原始或复制图像中由于胶片的不稳定性而产生的误差。

* 作者是美国农业部林业局项目负责人,就职于犹他州盐湖城全国林业应用计划办公室。该室负责协调遥感与航空摄影技术的评价工作,以及帮助资源管理人员掌握遥感方法、提高管理水平的工作。

本文是作者为本刊撰写的专稿,原稿为英文,中文稿由林业部调查规划设计院李生协助译出,李留瑜校订——编者。

表 1 大像幅摄像机使用的胶片类型
Table 1 Film Types Used in the LFC Mission

柯达胶片类型	说 明
3414	高清晰度航空胶片
341.2	全色-X 航空 II 型胶片
SO-131	高清晰度航空彩色红外反转胶片
SO-242	航空彩色胶片

每张照片上标有系列编号,拍摄日期、小时、分、秒和毫秒,飞行号以及时序帧幅号。而且每张影像上有表示飞行方向的箭头,但箭头与实际飞行方向相反。

摄像机镜头是专门设计制造的,以确保在太空环境下性能稳定;镜头是 9 片非球面设计,有效焦距为 305 毫米,镜头前装有防晕滤光镜。

大像幅摄像系统包括一个星体摄像系统。这是一个 70 毫米摄像系统并牢固地安装在大像幅摄像系统上。大像幅摄像机每拍摄一张照片,星体摄像机便拍下两个不同的星域。这些辅助照片有助于精密地确定大像幅摄像机光学轴心与地球天底点之间的关系。大像幅摄像机由依泰克 (Itek) 光学系统公司设计制造。

三、全球性试验结果

出乎意料及不幸的是,在这次飞行期间,地表很大部分被云覆盖。这个问题在北美和欧洲尤为严重。一位宇航员观察到,地球大约有 70% 被云覆盖,而正常情况下为 30%。由于云覆盖,在主要试验场地上空的摄影不得不取消高达 90%。最后,大多数照片都是在北纬 28.5 度和南纬 28.5 度之间的辅助试验场地上空拍摄的。尽管出现这种严重的问题,但在日照飞行期间还是拍摄了 2143 张有关地球陆地、海洋和云层的照片。大约有 40% 的照片不能使用或由对地球陆地表面有兴趣的人员勉强使用;60% 的照片列为可接受。有少数几乎无云的照片不能使用,原因是这些照片处于不同感光胶片连接处或因为前进运动补偿装置未能正常运转。

很多有大面积云层或全部被云覆盖的照片,对从事大气科学的研究人员极为有用。这些照片提供了很多有关云和云类的独特例子。

由于胶片感光乳剂不同,影像质量和分辨率也有差异。3414 型胶片产生的影像质量和分辨率最高。用这种胶片拍摄的照片有些已放大到一百倍,从这些照片上可看出飞行中的喷气式飞机有几个引擎。3412 型胶片提供了大量的非常好的影像。按地面分辨标准,SO-131 型胶片影像质量最差;然而,这些照片都可用于对植被分布或地质特征的区域性研究。SO-242 型胶片则提供了很多极好的天然彩色照片。

四、中国西部上空的摄影

航天飞机沿着五个不同轨道飞越中国上空时,大像幅摄像机在工作。表 2 列出了所

表 2 飞越轨道、帧幅号、胶片类型及覆盖地区

Table 2 Orbit Pass, Frame Numbers, Film Type, and Land Areas with Some LFC Coverage

轨 道	帧 幅 号	胶 片	摄影地区
15	159—174	3414	新疆, 西藏, 喀什, 珠穆朗玛峰
30	496—512	3414	新疆, 青海, 四川, 格尔木, 河西
46	816—837	3412	青海, 西藏, 云南, 昆明
62	1140—1159	SO-242	西藏, 云南, 思茅
78	1502—1517	3414	西藏, 云南, 保山

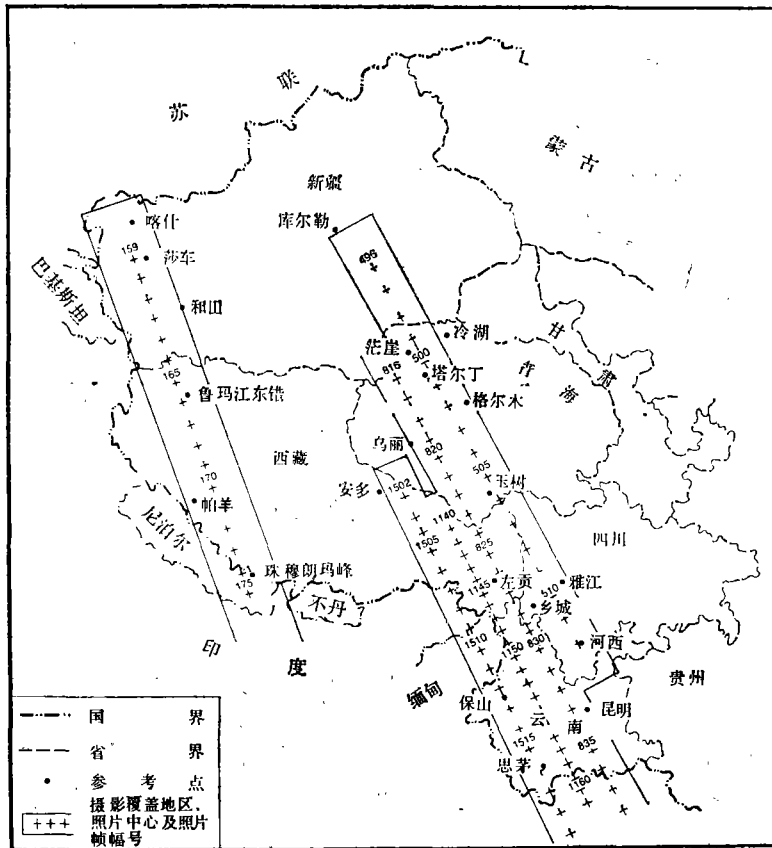


图 1 1984 年 10 月航天飞机摄影覆盖的中国西部地区

Fig. 1 A Map of the West Half of the Peoples Republic of China

拍摄的照片及其所覆盖的地区。图 1 是这次摄影所覆盖的地区图。每幅照片的技术说明刊登在美国国家航空宇航局出版的飞行历表中。表 3 列出了有关本文中提及的几幅照片的拍摄记录。

表 3 41-G 飞行历表中典型的摄影记录,所给数据为中国—尼泊尔边界珠穆朗玛峰的三幅照片。

Table 3 A Representative Part of the Photographic Log in the Mission Ephemeris for 41-G. The Data Shown is for Three Photographs on the China-Nepal Border at Mount Jolmo Lungma.

底片号		173	174	175
坐标	纬度	28.57N	27.81N	27.08N
	经度	85.96E	86.57E	87.15E
格林威治时间(日/小时,分,秒)		280/8:57:32.937	280/8:57:47.541	280/8:58:1.747
飞行姿态(度)	偏航角	0.08	0.08	0.08
	俯仰角	-0.01	-0.01	0.00
	翻滚	0.04	0.03	0.03
速率 (毫弧度/秒)	偏航角	0.00	0.00	0.00
	俯仰角	0.01	0.01	0.01
	翻滚	-0.01	-0.01	0.01
高度(公里)		360.01	359.83	359.66
垂直/水平(毫弧度/秒)		20.00	20.00	20.00
重叠(%)		80	80	80
胶片型号		3414	3414	3414
滤光镜		-B	-B	-B
曝光时间(毫秒)		23.2	22.9	26.1
太阳角(度)		36.42	36.31	36.18
云(%)		0	0	10

摄影记录表: 轨道号 15, 飞越编号 152, 时期 1985 年 4 月 4 日

五、中国西部摄影质量

在中国西部上空拍摄的大多数照片,由于当时中国西部大部分地区无云、照片极为清晰。这样高的影像质量,这次飞行只获得少数几个地区的。

表 4 列出了用不同类型的柯达胶片在中国上空拍摄的照片及云量不超过 35% 的可用照片总数。

飞越中国轨道的北部无云,在 30, 46, 62 和 48 号轨道的南端才有云的问题。15 号轨道上的所有照片(中国最西部)基本无云;30 号轨道上的所有照片几乎无云;46 号轨道上的图像除了最后三幅其余都很好,最后三幅云量过多;62 号轨道上大约有一半影像很好,另外一半影像有 50% 的云量。然而,很多幅云量超过 35% 的影像仍很有用;只要不是整幅完全被云所覆盖,那么在云周围或云间仍有很大地区可以看清。

使用 SO-242 型胶片拍摄的照片都很好,分辨率高于 SO-131,但低于两种黑白胶片;其色彩确有助于区分几种不同类别的地貌及植被。

航天飞机的飞行轨道为椭圆形。这条轨道有些部分离地球较近,有些部分离地球较远。在大像幅摄像机工作期间,照片是从 366.78 公里飞行高点和 255.64 公里的低点拍摄

表 4 中国西部地区影像及所使用的胶片类型和云量影响一览表

Table 4 A summary of images collected over parts of western China showing film type and impact of cloud cover

柯达胶片类型	照片数量	云量 ≤35% 的像幅数
3414	49	33
3412	22	19
SO-131	0	0
SO-242	20	10
总计	91	62

的。在中国上空摄影的高度有所变化,即高点为 362.51 公里,低点为 225.04 公里。沿着一轨道顺序拍摄的照片几乎都有比例尺差异。当顺序使用一条航线拍摄的照片时,立体应用不会有问题。像幅的最大高度差大约为 130 米。使用从这些高度拍摄的照片时,这种较小的比例尺差异可忽略不计。

使用不同轨道的临近影像时,可能会遇到较大的比例尺差异问题。使用这些照片之前,多数情况下,须改变影像的比例尺。表 5 列出了某些全球性的最大及最小比例尺变化。

表 5 大像幅摄像机摄影最大及最小比例尺

Table 5 Some Worldwide Maximums and Minimums for the Large Format Camera Photography.

	高度	比例尺	航向距离	旁向距离	覆盖面积
最大	366.78 公里	1:1,202,557	549.8 公里	274.9 公里	151,140 平方公里
	227.90 英里		341.6 英里	170.8 英里	58,345 平方英里
最小	221.47 公里	1:726,131	332.0 公里	166.0 公里	55,112 平方公里
	137.61 英里		206.3 英里	103.1 英里	21,270 平方英里

此次飞行间,为了使拍摄的像片具有 60%、70% 或 80% 的不同重叠度,摄像机设有不同的曝光时间间隔。所有中国西部的摄影分别为 70% 或 80% 的重叠。图 2 说明同一轨道拍摄的不同像片组合对的垂直变化。这可用来确定如何选择一组影像覆盖一个区域。在航天飞机携带的大像幅摄像机中,影像重叠为头尾相连,胶片传送方式平行于飞行方向。

六、当前与未来的应用

此次摄影结果,目前在自然资源管理方面的应用还不多;然而,某些国家在其它方面已有一些较大应用。据报道,澳大利亚人正广泛使用该像片进行地图更新;美国政府的某些机构已做了很多有关战图及航空三角测量方面的研究,美国林务局利用这次摄影的两

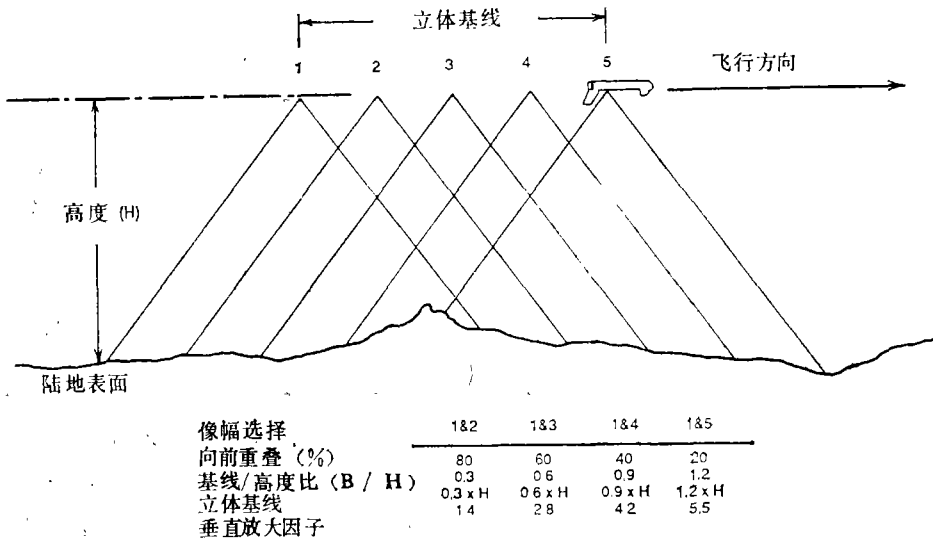


图 2 本图表明“挑战者号”航天飞机在 H 高度做机腹向上飞行，摄像系统处于适当位置拍摄航向重叠为 80% 的近似垂直照片的情况。在本图中，照片是在标有 1, 2, 3, 4 和 5 的位置上拍摄的。视场为轨道纵向 74 度横向 41 度。

Figure 2 This drawing is adapted from Schardt and Mollberg (1985). This illustration shows image acquisition in the 80 percent forward overlap mode. The Shuttle Challenger flying upside-down at a height "H", holds the camera assembly in proper orientation to take near-vertical photographs. In this sketch, an photograph is taken at the points labeled 1, 2, 3, 4, and 5. The field of view is 74 degrees along track and 41 degrees across track.

幅照片生产了一张有关佛蒙特州白山国有林区的正射影像图，该图由犹他州盐湖城几何电子服务中心 (Geometronics Service Centre) 制作；米尔沃克林务局的 Jim Colbon 计算了典型地形线，这些地形线叠加在照片上表示 200 英尺的等高线。所以生产正射影像图，是因为该地区的很大部分仍没有现行精确的地形图覆盖。

这次摄影为覆盖的所有地区提供了飞行期间独特的档案资料。不幸地是航天飞机在近期不能再次携带该摄像系统飞行。这些照片提供的是一次飞行摄影记录，如没有多次飞行，很难用于动态监测。

由于这次摄影覆盖地区广，其中最引人注目的是用于地质特征研究以及评价未开发地区的植被。根据美国宇航局主要研究员 Bernie Mollerg 讲，这次摄影在地质方面已有些重大应用。例如，这次飞行首次获得有关中国西部昆仑山地质断层的地区性照片等。

虽然此次摄影覆盖面积有限，但可有效地用于精确记录其它遥感数据。例如，Landsat 或 SPOT 数字图像或雷达数据，可以与照片上易于识别的特征相重合。

对于中国西部一些边远地区，这次拍摄的照片，对某些基本自然资源数据更新是有用的。对于还未预料到的其它方面，今后会证明这次摄影很有使用价值。目前，重要的是要看到拍摄的这套影像是个潜在的有价值的数据库。

七、获得照片的途径

需要大像幅摄影产品及复制品的研究人员,可从芝加哥航空调查公司 LFC 部订购,名称及地址为: LFC Department, Chicago Aerial Survey, Inc., 2140 Wolf Road, Des Plaines, Illinois, 60018 USA 照片为利用原始摄像胶片复制而成。预购者如需订购信息或订购表格,应写信与芝加哥航空调查公司 (Chicago Aerial Survey) 联系*。

八、结束语

从太空拍摄照片与航空摄影十分相似,不同的是要保证照片垂直则要控制飞机的高度;而且,“挑战者号”航天飞机如从地球上观察,实际为机腹向上飞行,货仓朝向地面;摄像机牢固地安装在货仓内。

航天飞机沿轨道飞行进行影像的摄取犹如常规的航空摄影。顺序拍摄之间的时间间隔由摄像机的电子系统计算,定时基于计算出的速度与高度比值;速度/高度比值由休斯顿约翰逊空间中心确定后传至航天飞机,摄像机工作不需宇航员干预。

主要研究者及有关这次飞行的科学家们认为,试验非常令人满意,几乎完成了所有目标。拍摄照片达 2000 余张。这些照片将被证明大有用处。但应记住真正的成就是在太空首次使用了精密的摄像机。当今是在太空使用摄像机的开拓年代,将来会有更多的开创。如果制造出载有独立轨道飞行器的摄像机并伴随宇宙空间站,那么,全世界的资源管理人员将有机会定期地使用从空间摄取的照片。

此次在中国西部上空的飞行是极其成功的。拍摄的大多数照片清晰地反映出了地质特征,植被分布方式及文化特征(如道路、灌溉工程、机场和村落)。很多航空摄影难于拍摄的地区都成功地被记录在像片上,其中包括有关珠穆朗玛峰和喜马拉雅山脉的几幅照片。图版 I 中的图 3 为 159 幅中一部分,从中可容易地看出新疆西部莎车附近的农田分布情况。照片左面是一个水坝拦有备灌溉用水。右面是一条网状河流蜿蜒流过泛洪平原。照片中心是一个居民区。图版 I 中的图 4 为 162 幅中的一部分,为新疆西部,图中水田与临近的旱地形成明显对比。图版 I 中的图 5 为 165 幅中的局部。图中最大的水域是鲁玛江冬错,位于西藏西部,较高的山峰覆盖有积雪。图版 I 中的图 6,为 174 幅中一小部分,其中心上方是珠穆朗玛峰。正中心为落泽(音译 Lhotse)。康双(音译 Kangshung)冰川自山峰向东(向右)移动。左上角为西莱布克(音译 Rongbuk)冰川的一部分。库姆布(音译 Khumbu)冰川位于照片中心左部。照片下部和左部为尼泊尔,上部及右部为中国。图版 II 的图 7 中地质特征明显,地区为青海昆仑山西部。阴影为云,海拔最高地区覆盖有雪。最突出特征是大湖下面从左至右横跨该照片的地质断层线。该照片源于 817 幅。图版 II 中的图 8 源于 509 幅,呈现出四川东南(译者注:应为西部,原文有误)雅江附近植被覆盖的山,上空云量不断增加,积雪覆盖仅限于较高的山峰。地形易于判读。一些主要道路明显。图版 II 中的图 9 源于 816 幅影象,月牙形沙丘贯穿青海最西部茫崖和塔尔丁附近的沙漠。月牙形沙丘。形状独特,在世界上出现的地区分布零散。沙丘“顶”向为

* 中国科学院遥感应用研究所资料室已购得部分照片,可提供国内用户使用——编者。

顺风向,内边面为陡坡移动面,迎风面坡度缓和。图版II中的图10示出了高分辨率摄影记录的青海西南部一条网状河流细节,这条河(大概是沱沱河)流入金沙江。主要的或最大的河道易于看出,数百条支流显而易见。本照片源于820幅;该幅照片有50%被云覆盖,但某些地区(如这个地区)则无云。图版II中的图11源于502幅。照片中显示出青海中部格尔木城。在原始照片上,道路、大街和公路清晰可见,城中建筑及农田易于辨认。穿城流过河流的水域及分流结构可见。

参 考 文 献

- [1] Greer, Jerry D. An Analysis of Space Shuttle Large Format Camera Coverage of National Forests in the United States, *Engineering Field Notes*, United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D. C., Vol. 19, July-August issue, 1987, pp. 21—35.
- [2] Greer, Jerry D. Space Shuttle Large Format Camera photography and resource management, *Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering*, Volume 833, Airborne Reconnaissance XI, San Diego, California, August 17—18, 1987.
- [3] Merkel, Ronald F., John G. Salmon, and Brent A. Sims, *Mission Ephemeris for the Maiden Voyage of the Large Format Camera (LFC) Aboard the Space Transportation System (STS) Mission 41G*, National Aeronautics and Space Administration, Houston, Texas, April 1985, 173 pages.
- [4] Schardt, Burton B. and Bernard H. Mollberg, Monitoring Earth's Ocean, Land and Atmosphere from Space-Sensors, Systems, and Applications, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. Volume 97, *Progress in Astronautics and Aeronautics*, 1985. Pages 684 to 709 and Plates 17 to 21.
- [5] *Large Format Camera Photographic Footprints. A Physiographic Atlas of Large Format Camera (LFC) Photography Acquired During the LFC Maiden Voyage Aboard the Challenger STS 41-G Mission—October 5—13, 1984.* A preliminary copy of an atlas of maps showing areas of coverage and numbered frame centers, 1:16, 190,000. Man-Systems Division, Space and Life Sciences Directorate, Johnson Space Center, Houston, Texas. JSC-20383 ADDENDUM, Nov. 12, 1985.
- [6] *LFC Payload.* A brochure published by NASA, Research and Engineering Directorate, April 1984.
- [7] *STS 41-G Large Format Camera Photographic Footprints.* A draft copy of a worldwide set of maps which show areas of coverage and numbered frame centers. Drafted on DMAAC 1:10,000,000 scale maps by Barbara Nowakowski.

A Review of Space Shuttle Large Format Camera Coverage of Areas in Western China

Jerry D. Greer

(United States Department of Agriculture, Forest Service)

Abstract

During October, 1984, the United States Space Shuttle Challenger carried a large format cartographic camera that took an excellent set of high resolution photographs of limited areas in western China. The results of this experiment (for both worldwide coverage and China coverage) are reviewed. The coverage of western China, the number of photographs taken, and the films used are all reviewed. in detail. The extraordinary high quality of the photographs of China is discussed. Some present and anticipated uses are reviewed. Examples of the photographs from western China are reproduced at various enlargements to illustrate the image characteristics.



图 5



图 6



图 3

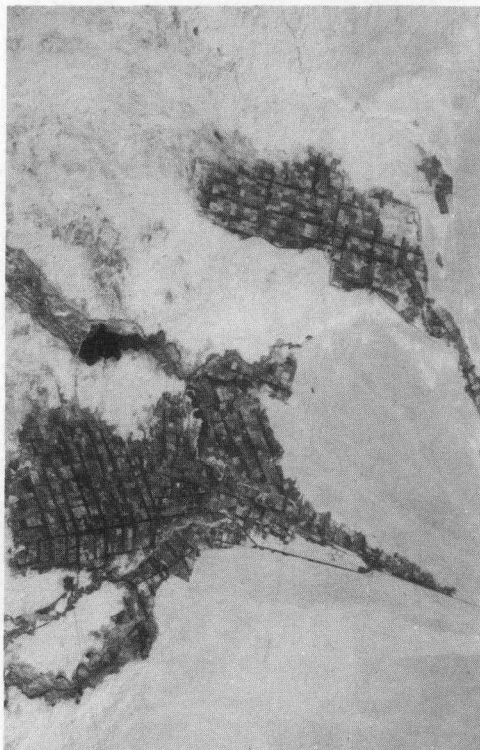


图 4

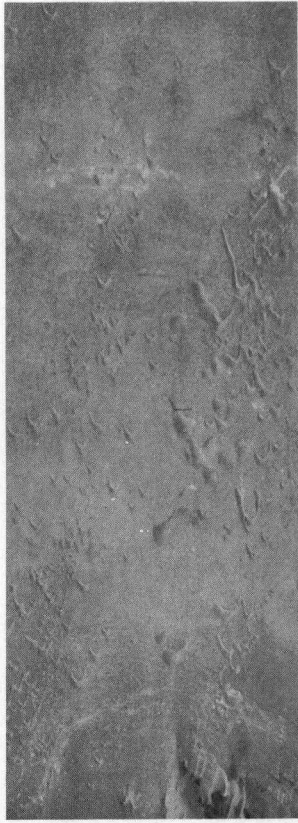


图9

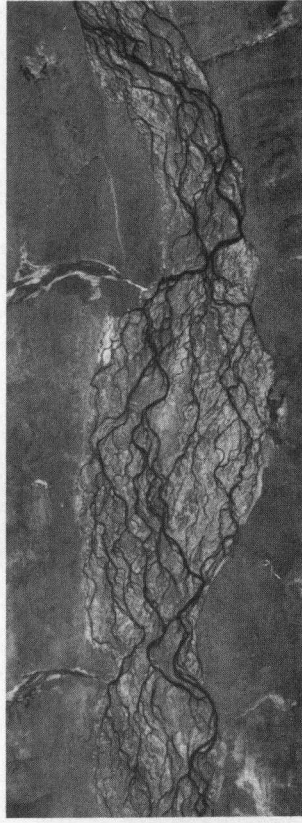


图10



图11



图7

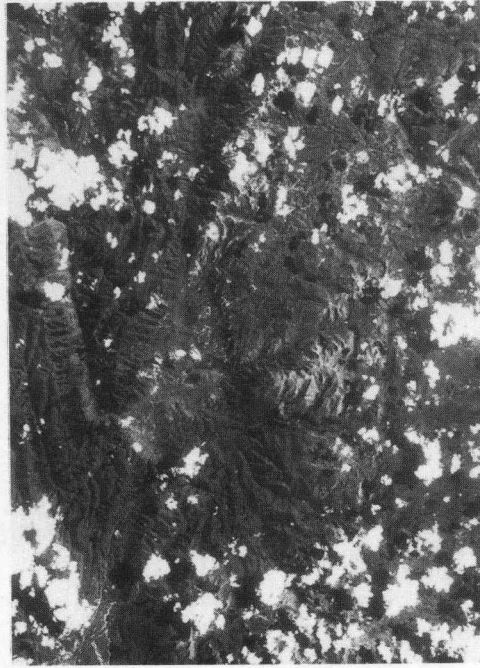


图8