

红水河龙滩水电站水库土地淹没损失及库周移民区土地利用的遥感调查与制图*

魏成阶

(中国科学院遥感应用研究所)

1988年12月26日收稿

摘 要

本文介绍了采用彩色红外航空遥感技术进行水电站水库土地淹没损失及库周移民区土地利用调查与制图的一些技术问题。工作区面积为1.9万平方公里。编制了1:1万《龙滩水电站库区450米高程以下土地利用现状图》和1:5万《龙滩水电站库周地区土地利用类型图》共300余幅,提供相应地区县、乡各地类面积数据7套。为取得高质量成果,工作中对扩充遥感信息源、建立适用的土地利用分类系统及其判读训练样区、更新制图控制底图、引用正射投影技术、用遥感方法处理线状地物等工作环节,均采取了严格的技术措施。从而开拓了水电站工作前期调查的新途径。

本调查成果已被设计部门应用。

一、问题的提出

水电站水库区的土地淹没损失调查,关系到国家、集体和当地人民的利益,也是电站建设中经济和社会效益综合评价必不可少的重要依据。红水河龙滩水电站是我国计划兴建的大型水电工程,坝址位于广西天峨县城以西16公里的龙滩。水库区展布于广西和贵州之间的红水河中游地区。当蓄水位达海拔450米时,水库淹没面积为1030.5平方公里;400米时,为553.5平方公里。水库及库周区属河谷向低中山过渡地带,海拔多在1000米左右,相对高差100—500米,在连绵起伏的山岭地带,交错分布着大小不等、形态各异的峡谷、河谷、盆地和岩溶洼地。复杂的地形条件给水库及其移民调查带来巨大的困难。有关电站水库的土地淹没损失调查,曾两次采用实地调查测量的方法作过统计,但都因调查数据与地方政府掌握的数据出入太大而未能在工程征地赔偿中使用。

为了落实确切的土地淹没损失指标,精确了解和量算库周移民区各类土地的使用状况,分布范围及其面积,提供电站初步设计和移民规划所需图件、数据,在水库范围及库周移民区约1.9万平方公里的范围内进行了1:3.4万比例尺的彩色红外航空摄影,并以取得的彩色红外航空像片作信息源进行了系统的遥感调查与制图。

本工作试图通过彩色红外航空遥感调查与制图,以国家《土地利用现状调查技术规

* 本工作是在陈正宜、林恒章指导下进行的。参加工作的还有陈捷、吕克解、张宗科、张浩信、朱博勤、张会来等。

程》(以下简称《规程》)中的二级分类标准为依据,详细清查海拔 450 米和 400 米高程两种水位方案的库区及库周移民区的各土地利用类型的数量和分布状况,分别绘制 1:1 万《龙滩水电站库区 450 米高程以下土地利用现状图》和 1:5 万《龙滩水电站库周地区土地利用类型图》,并分别以县、乡为统计单位,量算、统计出各类型的面积。前者作为水库土地淹没损失赔偿的依据,后者作为水库开发性移民规划的基础资料。

二、几项重要技术措施

考虑到本遥感调查是为水电站水库淹没损失赔偿和开发性移民规划服务的,既要达到土地利用现状详查的要求,又要满足水利水电工程计算水库淹没实物指标的特殊规定,故在遥感调查制图过程中,采取了一系列重要技术措施。

(一) 扩充遥感信息源

本次遥感调查制图工作的基本信息源,是工作区内的 1:3.4 万彩色红外航空像片。为了满足不同目的的要求,工作中,对此信息源进行了扩充。

定性判读的信息 为便于库区 1:1 万土地淹没损失调查与制图,保证一幅航空像片,正好编制一幅 1:1 万的成果图,根据航空摄影机和地区地貌状况,精确计算出实际摄影比例尺为 1:3.4 万左右。航线按 1:1 万地形图图幅中心设计。为使库区内每个 399.96 米²或以上的地物不致于遗漏,按地形图中所示的水库范围,抽取所有图像放大至 1:1 万比例尺。放大的彩色红外图像影像清晰、色彩鲜明,在淹没区各土地利用类型,特别是库区内量大面广、零散分布的水田、旱地、居民点和林地等重要地类的定性判读中起了重要作用。

定位判读的信息 库区地形起伏较大,在遥感影像中,由于地形起伏产生的投影差,影响了土地利用类型界线在图中的精确定位。为此,以 1:1 万比例尺地形图作控制,制作了淹没区 1:1 万正射影像图 122 幅。各类型经定性判读后,其图斑界线的定位转绘都以正射影像图上的精确位置为依据。

线状地物的信息 河流、道路等线状地物与水田田埂直接影响各图斑面积量算的精度。在库区地形条件下不可能实地逐条逐块地测量。为此,通过对不同地貌的分析,选取库区 78 幅正射像片,将其中与线状地物有关的地类影像放大至 1:2 000,进行类型和线状地物、田埂的判读量测制图,再输入图像处理系统处理、计算并归类统计,求出不同地貌条件下的扣除系数。

上述三种遥感影像和原始图像,以及部分大比例尺黑白航空像片就是此次工作所用的全部遥感信息源。

(二) 适用分类系统及其样区的建立

土地利用类型的分类系统是在库区实地踏勘后,以《规程》的一、二级分类为基础,并考虑淹没损失指标调查对生产用地尽可能详细的要求而制定的。分类系统要区分已利用和未利用土地以及已利用土地中的生产用地和非生产用地,进而在生产用地中尽量区分农业、林业和其它经营用地。凡是淹没赔偿和移民安置规划必需的指标都作详细表示,即

使不能和不够上图标准,也要用符号表示。例如一级类型中增加了疏林草地和特殊用地,耕地的二级类型中增加了轮耕坡地等。分类系统划分为 10 个一级类型,27 个二级类型。它们是:

- 1 耕地
 - 11 水田
 - 12 旱地
 - 13 轮耕坡地
 - 14 菜地
- 2 园地
 - 21 果园
 - 22 其它园地
- 3 林地
 - 31 有林地
 - 32 灌木林地
 - 33 疏林地
 - 34 未成林造林地
 - 35 火烧迹地
- 4 疏林草地
 - 41 疏林草地
- 5 草地
 - 51 天然荒草地
 - 52 牧草地
- 6 城乡居民点及工矿用地
 - 61 城镇居民点用地
 - 62 农村居民点用地
 - 63 工矿用地
- 7 交通用地
 - 71 国家公路用地
 - 72 乡村道路用地
- 8 水面
 - 81 河流水面
 - 82 水库、坑塘水面
 - 83 沟渠
- 9 特殊用地
 - 91 风景区用地
 - 92 自然保护区
 - 93 国防等特殊用地
- 10 未利用土地
 - 101 裸岩、石砾地
 - 102 裸土地

建立适用的分类系统后,先后分两组三次在库区内的广西、贵州的 8 个县约 8 000 公里的路段中进行了实地考察及像片调绘,建立了 32 个实地调查的判读训练样区,详细绘制了样区土地利用现状分类样图,实地总结不同地面特征的各种土地利用类型的影像判读标志,拍摄地面实况照片,填写了土地利用现状详查的专用表格。样区资料为指导室内的全面判读制图工作奠定了坚实的基础。影像判读标志除了通常所说的色像、色反差、形状、图斑内部结构特征以外,还引入了地学相关因子的分析,如成土母质、地表坡度、植物覆盖、侵蚀特征、地貌部位等等。

(三) 编制制图控制底图及其地图要素的更新

制图控制底图选用高斯投影地形图。它是绘制土地利用类型图的基础,关系到成图质量和面积量算精度。底图上的制图要素包括河流、道路、居民点、三角点、高程点及主要的地形线等。库区内一半地区只有 1960 年出版的 1:5 万地形图,以它绘制控制底图必须使用这次航摄的像片更新。先将原地形图的每幅按比例放大成 16 幅 1:1 万标准分幅地形图,图廓点在坐标仪上展绘。然后选取永久性地物作控制,制作正射像片,再将正射像片上的河流、道路、居民点等地图要素精确转绘到控制底图上,即用新航摄的像片更新制

图控制底图上的地图要素。水库区内的广西部分,全部采用地形图放大法制作更新后的制图控制底图。水库区的贵州部分,直接使用 1983 年出版的 1:1 万地形图制作控制底图。并制作正射投影像片。

上述控制底图选取 400 米和 450 米两条等高线作为不同水位的水库区制图范围。更新的地图要素用作各类型图斑的定位。将制图控制底图与正射像片相套合后,以正射像片为准勾绘类型界线。

控制底图上的县、乡境界线用收集的最新行政区划资料精确转绘。各县、乡淹没的各类土地面积以它们作边界分别测量、计算和统计。

(四) 正射投影技术的应用

库区地物影像轮廓线的平面位置必须经过投影改正和倾斜改正,并统一影像比例尺,才能达到制图成果满足水电工程淹没损失调查的要求。为此编制了全库区 1:1 万彩色红外正射影像图或正射像片。电站坝区周围地面高差大、坡陡,调查精度要求高,选用 AvioP Lan OR₁ 精密正射投影仪,以 1:1 万或 1:5 万地形图作控制制作彩色红外正射影像图。在 AC₁ 解析测图仪上进行区域网加密。用地形图与航空像片对照,选取控制点并量取平面坐标、读取高程。根据区域网的控制点群反复构网置平,求取最佳加密结果。此后,使用 AC₁ 精密立体测图仪及 EK₂₂ 磁带记录装置进行等高线和加测地形碎部点采样,经 Sora 程序处理文件控制 OR₁ 正射投影仪进行扫描,输出彩色红外负片,然后晒印出 1:1 万标准图幅的彩色红外正射影像图。该图点位的中误差为 ± 1.13 毫米,450 米等高线以下库区明显地物影像与相应地形图的套合差均在 0.5 毫米左右。

电站坝区以上的库区,地面相对平缓,是一些开发较好的河谷段,正射影像图使用 Topocart-B 型精密立体测图仪与 Orthophot-B 微分纠正仪连机制作。以 1:1 万地形图(包括使用 1:5 万放大的地形图)作控制定向,使用较窄的扫描缝隙,在立体像对上进行投影改正,同时改正倾斜差,统一像片比例尺,扫描输出正射影像负片,经晒印即获得正射像片图。抽样检查表明,正射像片图点位的中误差为 ± 0.67 毫米。由于正射像片是按库区农作物的生产区自由分幅的,所以全库区 122 幅正射像片包括了所有大块的水田区。极少部分分布于红水河支流上游峡谷地带的 400—450 米等高线之间的淹没区,多为非生产用地,采用 ZT-4 变焦立体判读转绘仪直接判读转绘。各土地类型界线,按地貌部位和高程分块分带,将遥感影像与控制底图套合后转绘成图。这类图斑的平面位置精度,满足《规程》中关于山区地物转绘的要求。

完成制图控制底图和正射像片图的编制后,使用放大的航摄像片,依据野外建立的判读标志和样区资料,对库区各图幅中的土地利用现状进行逐块定性判读,然后将正射影像图或正射像片中的边界位置,透绘到聚脂薄膜制图控制底图上。判读的定性、定位采用两人两次判读的方法。考虑到对调查成果的高精度要求,对图中各地类的最小图斑作了调整:耕地、园地等由《规程》规定的 6.0 平方毫米减小为 4.0 平方毫米,相当于实地约 399.96 米²;林地、草地等由 15 平方毫米减小为 6.0 平方毫米。

(五) 面积量算及其数据统计

面积量测工作在聚脂薄膜类型线划工作原图上进行。总的量算原则是,以图幅的理

论面积作控制,分幅量算,按面积比例分两级平差,自下而上逐级汇总。

以图幅的理论面积为控制,就是以《高斯投影图幅面积表》中的各幅 1:1 万地形图的理论面积控制相应图幅土地类型的总面积。为减少量算误差对淹没地块真实面积的影响,直接用理论面积控制不同等高线之间的地块面积,再由各地块面积控制类型碎部面积。地块面积分为 450 米等高线以上,450—400 米等高线之间,400 米等高线以下和双线河水面面积共 4 个图区。实践证明,采用这样的两级控制量算,效果良好。

分幅量算,即每幅图内的控制面积和图斑碎部面积的测量与平差,一律以图幅为单位进行。在相邻几幅图上的同一县、乡的土地类型逐幅量算,然后将各自平差后的数据,再按县、乡汇总。因此,最终数据消除了各幅工作原图伸缩变形和放大比例差异以及图斑量算误差等因素的影响。

按面积比例分两级平差,是指同一幅内的一级控制面积经用理论面积平差改正后,作为量算二级各类型碎部面积的控制依据,使得各类型碎部面积亦得到平差改正。图幅按几何图形量算的面积与一级控制的地块量算面积之和;一级控制的地块量算面积与之碎部量算面积之和的差值小于 1%,方可用理论面积进行平差。两级平差后的总面积与理论面积完全相等。

自下而上逐级汇总,是在所有图幅分别量算的平差合格的前提下,以乡为单位汇总出水库区 400—450 米等高线内和 400 米等高线以下各平差后的地类面积,再按县汇总,总共汇总出不同水库水位时各类型面积的总面积和水库总面积等七套数据资料。

面积量测针对不同大小和形状的图斑,分别采用求积仪法和方格法进行。

(六) 用遥感方法处理线状地物

线状地物是指图中不依实际比例上图的渠道、单线河、双线河、水涯线两侧的坡岸、道路和田间田埂等地物。当它们穿过图斑或位于一侧作图斑界线量算面积时,应从有关图

表 1 龙滩水电站地区各类线性地物的扣除标准
table 1 Deducted values of varied linear objects in Longtan power station region

扣除对象		扣除标准
单线河	平坝区	平均扣 10 米宽(一侧扣 5 米)
	沟谷区	平均扣 17 米宽(一侧扣 8.5 米)
双线河	(自水涯线向外两岸各另外扣除)	平均扣 8 米宽(即一侧扣 8.0 米)
公路	连接县与县的一级公路	扣 13 米宽(一侧扣 6.5 米)
	连接县内乡与乡的二级公路	扣 11 米宽(一侧扣 5.5 米)
水田田埂	平坝区扣除图斑总面积	5%
	窄埂型缓坡梯田扣除图斑总面积	12%
	较宽埂型缓坡梯田扣除图斑总面积	20%
	宽料埂型梯田扣除图斑总面积	35%

斑面积中扣除相应面积。考虑水库调查的特殊要求和一贯作法,这次特别规定,图上宽度大于 2.0 毫米的线性地物,都作单独图斑处理(《规程》规定大于 5.0 毫米才作单独图斑处理)。田埂系数的确定除了实地测量外,还将 1:1 万正射像片放大至 1:2 000 进行耕地净面积和田埂的判读、制图。然后将图形输入 4200 F 图像处理系统进行放大和比例系数的运算处理,求解出不同地貌类型的耕地中田埂所占比例。用这种方法建立田埂系数扣除的典型样区,并将所有样区的系数数据通过计算机归类统计,求出 5%, 12%, 20%, 35% 四个主要档次,指导全库区各块水田田埂系数的扣除。图像处理结果与实测资料吻合(图版 I)。

线状地物扣除标准见表 1。表中所列扣除标准只在水田、旱地、菜地、园地、林地等生产用地中使用。线性地物除田埂外,均由图中测量其长度,乘以规定宽度、得到面积后,直接从有关图斑平差后的面积中扣除。

三、成果检验及精度估算

对遥感调查成果的精度组织了三次实地抽样验证。采用预选抽样和随机抽样相结合的方法抽查图幅和图斑。预选抽样是事先按图幅分布选定若干被检查图幅,并划定抽样区,随机抽样是在抽样区内任选若干抽样点,在实地对照检查图斑定性、定位的准确性和耕地的定量精度。

定性检查是按图例的分类指标及含义,在实地用图幅内的相应图斑作对照;定位检查是依据实地地类的大小、形状与图斑用相关法作比较;定量检查则是用平板仪测量被抽查的耕地,与遥感面积数据作比较。

表 2 给出了库区土地利用图定性验证结果。作为淹没损失指标的主要生产用地,如水田、轮耕坡地、菜地、林地等的定性精度都超过或接近 95%。定性错误较多的旱地,主要原因是库区旱地多为分布在村寨附近的自留地,实行承包责任制后,农民在村寨周围放牧牲畜,使原来耕作良好的自留地抛荒成牧草地,而这些抛荒的旱地在 1985 年航摄的彩色红外像片上仍显示为旱地。此外,因近几年当地旱情较重,某些地势高、水源难以保证的水田已改种旱作甚至抛荒,也是旱地定性错误的原因之一。未成林造林地和园地的错判主要是由于飞机播种选林 3 年,果树则是在耕地中种植 1—3 年,它们都还矮小,树冠难以单独成像,与背景地类难以区别。

三次实地抽样定性验证库区土地利用现状图共 58 幅 5 642 块图斑,其中定性错误 496 块,定性精度 91.2%。验证库周区土地利用类型图共 17 幅 982 块图斑,其中定性错漏的 117 块,定性精度 88.1% (表 3)。图件经验证后的全面复查修改,定性精度将会进一步提高。

表 4 给出了三次实地定量验证的结果。用平板仪实地测量库区土地利用现状图中 393 块水田图斑,扣除线状地物后,实测净面积为 4.66 平方公里,相应遥感图斑的净面积为 5.06 平方公里,定量精度为 91.5%。三次验证都是遥感比实测的大。究其原因,除前面提到的最小图斑定小、量算误差增大和线状地物实地宽窄变化不一等原因外,实地平板测量误差和判读定位的制图误差等,也影响了定量统计的精度。

表 2 三次野外抽样定性验证结果统计表
table 2 Field qualitative checking results for three times

验证次数 类型及分类号	第一次验证(共 8 幅图)			第二次验证(共 29 幅图)			第三次验证(共 21 幅图)			三次合计验证(共 58 幅图)		
	验证图 斑总数	错误图 斑数	正确率(%)	验证图 斑总数	错误图 斑数	正确率(%)	验证图 斑总数	错误图 斑数	正确率(%)	验证图 斑总数	错误图 斑数	正确率(%)
水田(11)	138	13	90.6	795	38	95.2	217	3	98.6	1150	54	95.3
旱地(12)	43	5	88.4	187	54	71.1	65	35	46.2	295	94	68.1
轮耕坡地(13)	70	7	90.0	477	32	93.3	192	14	92.7	739	53	92.8
菜地(14)	23	0	100.0	23	0	100.0	/	/	/	46	0	100.0
园地(21—23)	4	1	75.0	5	2	60.0	2	0	100.0	11	3	72.7
森林地(31)	59	4	93.2	367	14	96.2	70	6	91.4	496	24	95.2
灌木林地(32)	84	8	90.5	556	27	95.1	212	11	94.8	852	46	94.6
疏林地(33)	15	2	86.7	69	18	73.9	33	3	90.9	117	23	80.3
未成林造林地(34)	17	3	82.3	41	10	75.6	9	1	88.9	67	14	79.1
火烧迹地(35)	/	/	/	4	2	50.0	/	/	/	4	2	50.0
疏林草地(41)	48	3	93.8	146	23	84.3	118	8	93.2	312	34	89.1
草地(51)	119	13	89.1	820	103	87.4	279	23	91.8	1218	139	88.6
城镇用地(61)	11	0	100.0	13	0	100.0	/	/	/	24	0	100.0
农村居民点用地(62)	46	0	100.0	153	1	99.4	24	0	100.0	223	1	99.6
工矿用地(63)	/	/	/	2	0	100.0	/	/	/	2	0	100.0
河流水面(81)	/	/	/	9	3	66.7	/	/	/	9	3	66.7
水库坑塘水面(82)	2	0	100.0	4	0	100.0	/	/	/	6	0	100.0
未利用土地(101,102)	5	0	100.0	36	1	97.2	30	5	83.3	71	6	91.5
总计	684	59	91.4	3707	328	91.2	1251	109	91.3	5642	496	91.20

表 4 三次野外抽样定量验证结果统计表
table 4 Field quantitative checking results for three times

项目 & 精度 验证次数	遥感水田面积 (平方公里)	实地测量面积 (平方公里)	差 值	精度(%)
第一次定量验证 (共 14 个图斑)	0.20	0.19	+22.3	92.0
第二次定量验证 (共 261 个图斑)	2.50	2.27	+349.5	89.7
第三次定量验证 (共 118 个图斑)	2.36	2.21	+220.2	93.4
总 计 (共 393 个图斑)	5.06	4.66	+592.0	91.5

四、结 论

(1) 应用彩色红外航空遥感技术进行大型水电站水库淹没损失和库周移民区土地利用类型的调查是可行的。完全能够满足水利水电工程计算水库淹没实物指标的精度要求。龙滩水电站遥感调查成果在电站初步设计中的应用,就是一个例证。

(2) 遥感调查成果的可靠性和详尽程度、图件、数据表达的直观性和宜用性,是传统的地面调查成果所无法比拟的。可以预见,遥感调查方法必将取代目前水电部门多年来沿用的地面调查方法。

(3) 水电站水库调查在没有大比例尺地形图作制图控制底图的情况下,可考虑采用中、小比例尺地形图放大作控制,用新的遥感信息源制作正射影像图,更新地图要素,编制新的制图控制底图,然后判读、编制专题图。这种方法无需重新测绘大比例尺地形图,而且制图成果同样可以满足水电工程的设计要求。

(4) 遥感调查在地形复杂的山区水电工程调查中更显示出其优越性,除了减轻工作强度,节省工程前期费用,加快调查速度外,还可以简化《规程》规定的航空像片全野外测绘工作。

(5) 遥感调查除了现已完成的库区土地淹没损失、库周移民区土地利用潜力、水库库岸稳定性、区域构造稳定性等项目外,还可以开拓一些新项目,如人口、房屋、道路、桥涵和环境质量评价及其预测等。其次,已经完成的项目尚需进一步提高成果精度。某些室内容易产生定性判读错误的类型还有待深化研究判读标志。此外,能否用平板测量成果验证遥感调查成果目前还有分歧。验证遥感调查成果的方法也还值得进一步研究。

The Use of Remote Sensing Data for Landuse Surveying and Mapping—Estimation of Flooded Region and Immigration Area in the Surrounding Area of Longtan Power Station

Wei Chengjie

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

This paper deals with some techniques of landuse surveying and Mapping using color-IR air photos for estimation the flooded region and immigration area caused by the construction of power station. The study area is 19 000 square kilometers, About more than 300 sheets of landuse status map and landuse type map had been compiled and 7 sets of varied landtypes area data in corresponding area were provided to users. The expanding of remote sensing resources, a suitable local landuse classification system and selected training areas, a good mapping mathematic base, orthophoto map and linear objects extracted technique etc., have been suitably created for getting a good results. In earlier stage of surveying of power station, the results had been used and shownagood future.

魏成阶：红水河龙滩水电站水库土地淹没损失及库周移民区土地利用的遥感
调查与制图

图版 I

Wei Chengjie : *Surveying and Mapping Using Remote Sensing
Data for Landuse - Estimation the Flooded Region
and Immigration Area in Longtan Power Station
Surrounding Area*

Plate I

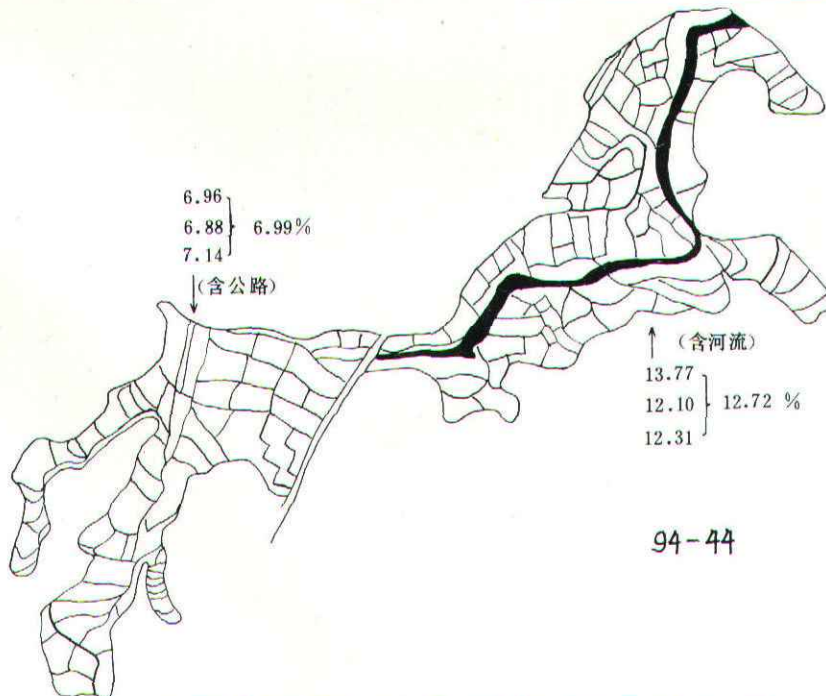
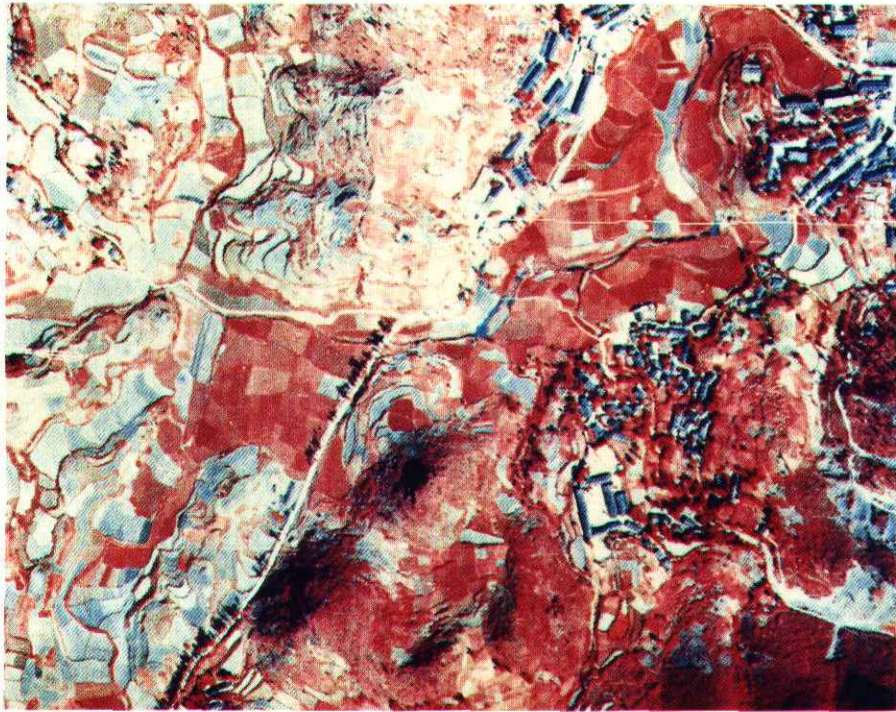


图1 彩色红外正射影像(上)及水田中线状地物及其系数(下)