

# “礼炮”号遥感图像在于桥水库流域土壤侵蚀调查及治理规划中的应用\*

陈庆男 魏成阶

(天津师范大学地理系) (中国科学院遥感应用研究所)

1991年10月22日收稿

## 摘 要

本文论述了采用前苏联“礼炮”号航天遥感图像作信息源开展天津市于桥水库流域1:10万比例尺土壤侵蚀现状调查与制图、面积量算、分区治理规划措施等项研究工作的方法和结果。并在典型样区初步探讨了遥感调查土壤侵蚀与氮、磷元素流失关系,为天津市人民生活 and 工农业用水水质富营养化问题的解决提供了科学依据。

**关键词** “礼炮”号影像 土壤侵蚀调查

于桥水库是天津市人民生活 and 工农业用水的大型蓄、供水水库。近年来水库流域土壤侵蚀致使水库水质富营养化日趋严重。调查流域土壤侵蚀强度与类型、提出相应的治理规划措施是解决此问题的先决条件。为此,笔者选择前苏联轨道联合体“礼炮”7号太空站拍摄的航天遥感图像,完成了流域1:10万比例尺土壤侵蚀现状调查与制图及其面积量算、分区治理规划等工作,取得了良好的应用效果。

## 一、流域概况

于桥水库流域位于天津市北部燕山沉降带的南侧,总面积2000多 $\text{km}^2$ 。北部为片麻岩、花岗岩山地,南部为石灰岩、泥质页岩丘陵。四周被丘陵山地环绕,中部为第四系覆盖盆地,盆地被石英砂岩丘陵山地分割为南北两个部分。由于岩石抗侵蚀能力差异,本区地形地貌由北向南呈阶梯状过渡,类型多样,组合形式复杂,以流水剥蚀地貌为主。

流域属温带大陆性季风型半湿润气候。由于燕山山脉的影响,地方性气候独特,多年年平均降雨量为750mm,且大部分集中在每年的7—8月汛期,占全年降雨量的83.5%。汛期降雨又常常集中于几场暴雨。暴雨过境,水土流失更为严重。

流域土壤主要是棕壤、褐土和潮土三大类,养分含量适中。主要植被是暖温带落叶阔叶林、温性针叶林和森林遭破坏残留的灌草丛。林地主要分布在北部山区,多为次生林,占流域总面积的20.8%。其中40.4%为疏林灌丛,减缓土壤侵蚀危害的能力较弱。

流域发育大小河流40余条,均发源于燕山山脉,为雨水-地下水补给型,属蓟运河水

\* 林恒章研究员参加了部分工作,钱育华副研究员协助查阅有关参数,特此致谢。

系。除较长的沙河、濛河、淋河外,都是河短流急的季节性河流。

## 二、遥感信息源

研究工作采用前苏联轨道联合体 KATΘ-200 空间摄影像机拍摄的画幅式光学图像。该像机主要用于从轨道高度对地表进行大面积测图和资源调查及地面目标的侦察,空间分辨率 5m。采用 CH-6M 双层感光乳剂彩色红外摄影胶片。该胶片有感红光和感红外光的两层感光乳剂,主要用于空中侦察摄影、森林和环境调查等,是一种假彩色“伪装探测胶片”,表 1 给出了它的感光测定特征参数。

表 1 CH-6M 摄影胶片的感光特性参数

Table 1 Sensitometric characteristics parameters of photographic film CH-6M

感光度	乳剂层光谱感光区 ( $\mu\text{m}$ )	反差系数	灰雾 $D_0$	最大光学密度 ( $D_{\text{max}}$ )	解象力 (线对/mm)
300—600 (全苏标准)	0.67—0.80 (红外层) 0.57—0.67 (全色层)	1.7—2.6 (红外) 1.8—2.7 (全色)	0.3	2.5	63

1984 年 5 月宇航员乘坐“联盟” T-11 号进入“礼炮” 7 号太空站,飞行高度 250—270km,在太空站内操作 KATΘ-200 像机,按用户要求,对地面目标进行连续的交向摄影,获取立体像对。拍摄后的胶片由“联盟” T-12 号飞船带回地面。记录胶片经摄影处理,获得负片。经投影改正后再放大晒印成 1:10 万比例尺航天遥感图像。由于收集到的遥感信息源是负片,在放大晒印时没有相应的双层乳剂假彩色像纸,只好采用富士彩色像纸替代。因此最终使用的彩色像片色彩还原效果欠佳。(图版 I 图 1)

于桥水库流域处于一幅“礼炮” 7 号航天遥感图像的中心部位,投影差很小。将图像中地物影像与同比例尺地形图套合,选取 12 个同名地物点作  $x$ 、 $y$  方向平面位移矢量误差的测量与平差;图像平面位置中误差小于 0.5mm,可以满足 1:10 万比例尺土壤侵蚀调查与制图的精度要求。

“礼炮” 7 号航天图像以高清晰度和假彩色影像详细地再现了流域地表宏观和微观特征。由于它采用了以侦察地面目标为目的的高空间分辨率的感光材料直接记录遥感信息,因此具有信息保真度好、几何畸变小、细小地物清晰、可直接判读制图等优点。其影像清晰度明显地高于 TM 和 SPOT 图像。表 2 列出了三者的部分比较结果(表 2)。

对比 TM 和 SPOT 图像,“礼炮” 7 号图像的主要优点是:

1. 空间分辨率高 “礼炮” 7 号的摄影像机直接采用感光材料记录遥感信息,地面 5m 以上的细小地物在图像中都能清晰显示。如农田田埂、居民地中的街道、独立房舍、乔木树冠、沟谷发育早期的细沟和浅沟,不同的农作物等。特别是线状地物,即使宽不足 5m,长超过 5m 时均有显示。

2. 对植被反映敏感 地表绿色植物在可见光谱段的反射特征差别不大,在红外谱段差别较大。“礼炮” 7 号摄影胶片利用这一特点,采用双层感光乳剂,其上层为感红外光层,对反射红外光的绿色植物非常敏感。由此获得的彩色正像呈不同密度的红色或褐色,

表 2 “礼炮”7 号与 SPOT 和 TM 航天图像应用效果比较  
Table 2 Comparison “Salyut”-7 with SPOT and TM image for applied results

比较项目 信息源种类	轨道高度 (km)	成像方式	探测目的	空间分辨率 (m)	光谱响应范围 ( $\mu\text{m}$ )	土壤侵蚀调查的应用效果			
						植被覆盖	沟谷及密度	土壤质地	土地利用
礼炮“7”号图像	250	画幅式光学摄影	立体测图， 资源调查、 地面目标侦 察	5	0.67—0.80 (红外) 0.57—0.67 (全色)	可区分乔灌 草三层结构， 树冠、和不同 农作物。	可区分冲沟、 切沟、浅沟、 细沟及沟谷 发育的各个 阶段	可直接区分 不同母岩及 其土壤类型 和被侵蚀状 况	可进行三级 分类。可判 读田埂、独 立交舍等
SPOT 图像	832	推扫式扫描成像	资源与环境 清查、监测 与管理	20 (多光谱图像) 10 (全色图像)	全色 0.45—0.73 多光谱 0.50—0.59 0.61—0.68 0.79—0.89	区分乔灌草 三层结构要 借助间接标 志，只能区分 大树冠，可区 分农作物大 类	可区分冲沟、 切沟、线沟 的判断有困 难。可直接 区分切沟、冲 沟等的发育	可直接判读 土壤成土母 岩及土壤侵 蚀的宏观现 象	可进行二级 分类，个别 类型可区分 到三级，可 判读较大的 房屋建筑
TM 图像	705	推扫式扫描成像	资源调查	30 (可见光及近、 中红外) 120 (远红外)	0.45—0.52 0.52—0.60 0.63—0.69 0.76—0.90 1.55—1.75 2.08—2.35 10.4—12.8	区分乔灌草 三层结构困 难，不能显示 树冠，不同农 作物区分需 用间接标志 推測	只能区分冲 沟、切沟等 较大的沟谷	可判读成土 母岩和依据 间接标志推 测土壤类型	可进行二级 分类(个别二 级类型尚有 困难)只能判 读居民地轮 廓界线

有利于植被类型及其覆盖率的判读。再加上空间分辨率高,地表乔、灌、草三层结构的植被也容易判别。影像中乔木树冠、灌草丛和农作物植株的颗粒及其行、垄等影像特征在 TM 和 SPOT 图像中是很难判读的。

3. 可直接用于大面积的测量和制图 “礼炮”7号图像采用连续的对向摄影,获得幅式光学图像的立体像对,在确定了图像的内、外方位元素之后,可以按摄影测量方法直接进行大面积的测量与制图。这十分有利于土壤侵蚀影响因子,如地貌高差、沟谷类型及其切割程度的测量与定位。

此外,“礼炮”7号图像还在可见光波段保留了  $0.57-0.67\mu\text{m}$  的感光乳剂层,可用于记录地表植被以外的其他地物的遥感信息。其影像色彩虽然不如 TM 和 SPOT 图像丰富,但高空间分辨率和一定的光谱分辨率的结合可以弥补这一不足。对于土壤侵蚀调查与制图而言,“礼炮”7号图像完全可以满足需要,并优于 TM 和 SPOT 图像。

### 三、土壤侵蚀分类及其判读制图和面积量算

于桥水库流域土壤侵蚀分类系统是参照水利电力部 1988 年 4 月颁布的《水土保持技术规范》(以下简称《规范》)并结合本区土壤侵蚀的实地典型特点和遥感信息源判读的可能性提出的。采用三级分类:第一级为侵蚀类型,以水力侵蚀为主,本区仅此一类;第二级为侵蚀强度,分为 4 级;第三级为侵蚀类别,由不同侵蚀强度的地面背景因子组合而成。考虑到本区没有《规范》中的极强度、剧烈侵蚀,其侵蚀强度仅分为微度、轻度、中度、强度 4 个等级。表 3 给出了本区 4 种土壤侵蚀强度被侵蚀的物质量的分级指标和对应的判别因子;

表 3 土壤侵蚀强度划分指标及相对应的判别因子

Table 3 Discriminating indices and relative factors in soil erosion intensity classification

指标与因子		侵蚀强度			
		微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀
等 分 级 指 划 标	侵蚀模数 ( $T/\text{km}^2/\text{年}$ )	<500	500—2 500	2500—5000	>5 000
	年平均土壤流失厚度 (mm)	<0.4	0.4—2.0	2.0—4.0	>4.0
等 级 判 别 因 子 指 标	植被覆盖度(%)	高覆盖>70	中覆盖 50—70	低覆盖 10—50	裸露<10
	地形坡度	平地<3°	缓坡 3—7°	较陡坡 7—15°	陡坡>15°
	沟谷密度 ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	—	<1	1—2	>2
	沟谷面积 (占单位面积百分比)	—	<10	10—15	>15

土壤侵蚀是多种自然因素和社会因素引起的一种自然灾害,根据“礼炮”7号图像的可判读性,我们选择了表 3 中植被覆盖度、地形坡度、沟谷密度及其面积作为土壤侵蚀强

度等级划分的直接判别因子。以下对各因子分别叙述。

植被是地表最上层覆盖物,可以拦阻雨滴和水流对土壤的直接冲刷破坏。植被覆盖度高,且具乔、灌、草三层结构的地区,土壤侵蚀强度小,缺乏植被覆盖的地区,则土壤侵蚀强度相应地大。“礼炮”7号图像具有 $0.67-0.80\mu\text{m}$ 和 $0.57-0.67\mu\text{m}$ 两个光谱区。前者摄影红外波段是植被强反射的“陡坎效应”区,极有利于探测植被、水体及水陆界线。后者为覆盖叶绿素的强吸收谷。两者之间的差值,表征叶绿素浓度极为灵敏。图像上不同的植被类型表现不同影像特征,如乔木呈深褐色颗粒状,灌丛呈褐色细小斑点状,草地呈淡黄色平绒状的细微纹理结构,反映明显。不同的植被覆盖度影像特征也不同。高覆盖度,具乔、灌、草3层结构的呈红色或褐色,且有深褐色密集的颗粒状结构,这是密集的乔木树冠影像;中覆盖度,乔、灌、草3层结构稍差,呈浅棕色,有较稀疏的深褐色颗粒散布其间;低覆盖度,乔木少,以灌草丛和草地为主,呈黄色,其极稀疏的乔木树冠分布呈褐色细小斑点。裸露区缺乏植被覆盖,主要是不同土壤,岩石的影像,呈淡蓝、青和灰白或淡黄色等。

地形坡度是构成水流侵蚀的动力条件,影响降雨和外营力再分配,改变地表物质的分离、搬运和堆积过程及其速度。地形坡度愈小,坡长相对愈长,土壤侵蚀则愈弱;反之则愈强。“礼炮”7号图像地形信息丰富,可建立光学立体模型直接用于地形坡度的测量。根据图像阴影及投影差,结合地形图等高线和坡度尺的应用,将本区地形坡度划分为平地( $<3^\circ$ ),缓坡( $3-7^\circ$ ),较陡坡( $7-15^\circ$ ),陡坡( $>15^\circ$ )4个与土壤侵蚀强度相对应的等级是比较容易的。

沟谷类型及密度反映了一个地区的沟蚀强度和发育过程,是确定以流水侵蚀为主的地区土壤侵蚀强度的主要依据。“礼炮”7号图像的高空间分辨率和光学摄影成像方式有利于沟蚀形成的地表线状地物的突出显示。流域内除了沟谷发育最初期的纹沟在影像中判读较困难外,细沟、浅沟、切沟、冲沟等和大小河谷都可以判读。沟谷发育的不同阶段被流水切割的宽度、长度、密度及面积都可以通过图像测量。为便于作沟谷密度与侵蚀强度的对比分析,笔者用“礼炮”7号图像编制了《于桥水库流域水系及沟谷分布图》,从图中可见:沟谷密度大的地区一般是裸露的松散堆积物分布区,地形坡度较陡,土壤侵蚀较强。

此外,将地貌类型和地表组成物质作为流域土壤侵蚀强度划分的间接判别因子。其目的是为了表明地面背景条件,以便于制定相应的水土流失治理措施。以“礼炮”7号图像为依据,将地貌类型划分为山地、丘陵台地、高地或梁状高地、山间盆地或谷地、平原等,并编制成《于桥水库流域地貌类型图》,将地表组成物质划分为石质、土石质、土质(含黄土质)、砂质、砂砾质等,并勾绘出它们的分布范围。由于地貌类型和地表组成物质不直接参与土壤侵蚀强度的判别,仅为水土流失治理措施的制定依据,因此它们只在确定土壤侵蚀第三级分类时起作用。即在土壤侵蚀强度分类类型之前加的名称表明地表组成物质,之后表明地貌类型。据此侵蚀强度分为4个等级,地面背景条件分为25个类别(表4)。

各个类型的图斑界线采用植被、地形坡度、水系与沟谷等单因子进行专题判读和各种图件复合的多因子综合判读完成。体现了以外营力为主导判别因子的特点,发挥了遥感图像判读分析的优越性,提高了各类型图斑的定性、定位及其定量的正确率。

各类型图斑判读直接转绘到透明工作控制底图上,并经实地验证后,最终编制成《于

表 4 土壤侵蚀分类及判读标志和面积

Table 4 Classification system of soil erosion, relating image interpretation key and area data

土壤侵蚀强度		土壤侵蚀类别及其含义		影像判读标志 (主导判别因子)	面积 (km <sup>2</sup> )	占流域 总面积 (%)
编号	名称	编号	名称			
1	微 度 侵 蚀 区	11	石质微度侵蚀山地	灰白色、青色,抗风化能力强的基岩裸露区	4.40	0.21
		12	土石质微度侵蚀山地	深褐色密集斑点,高覆盖林区	136.9	6.70
		13	石质微度侵蚀丘陵台地	青色,坚硬裸露基岩、沟谷发育甚少	15.90	0.77
		14	土质微度侵蚀平原	白色、青色、粉红色,基本农田清晰,大面积平坦农业耕作区,可判读农作物的颗粒	618.58	30.15
		15	砂砾质微度侵蚀丘陵台地	红色、褐色图斑内深棕色密集颗粒状反映乔、灌、草三层纹理结构	0.49	0.02
		16	土石质微度侵蚀山间盆地	地表平坦、农田轮廓清晰且有工程措施的农业耕作区,呈青色田块	8.95	0.44
		17	土质微度侵蚀丘陵、台地	深褐色密集颗粒状乔木高覆区(加密的板栗林)	14.35	0.70
2	轻 度 侵 蚀 区	21	石质轻度侵蚀山地	灰白色、青色,抗风化力较强,但有沟谷发育的基岩裸露区	1.38	0.07
		22	土石质轻度侵蚀山地	稀疏沟谷粉红色中覆盖次生林,褐色颗粒较密	133.90	6.50
		23	石质轻度侵蚀台地	稀疏沟谷,青色、淡绿色,坚硬裸露基岩区	18.77	0.90
		24	土石质轻度侵蚀丘陵、台地	被侵蚀切割的洪积台地上,生长有稀疏的栗林,局部有农田但呈干旱状	100.37	4.90
		25	土石质轻度侵蚀梁状高地	缓坡农、林间作区,呈粉红色和白灰、青色相间图斑,且有褐色颗粒	21.93	1.10
		26	土质轻度侵蚀倾斜平原、高地	山前倾斜平原、地表较平坦,沟谷较少、已开发利用为农田,并有工程措施	186.60	9.10
3	中 度 侵 蚀 区	31	石质中度侵蚀山地	地形较陡,沟谷较密,抗风化较差的灰白色、青色裸露基岩	5.41	0.26
		32	土石质中度侵蚀山地	微红色、青色,低覆盖次生林区,沟谷较发育,地形较陡	123.18	6.00
		33	石质中度侵蚀丘陵台地	沟谷发育,抗风化力较弱的基岩裸露区,呈青色或白色	24.68	1.20
		34	土石质中度侵蚀丘陵台地	褐色低覆盖栗林呈散布的裸粒状,兼有青—浅绿色—微红色草丛	124.36	6.10
		35	土质中度侵蚀丘陵台地	缺乏植被覆盖较陡坡农业开垦区	17.11	0.80
		36	黄土质、土石质中度侵蚀山间盆地	冲沟发育,未经治理的山间盆地	5.60	0.27
4	强 度 侵 蚀 区	41	土石质强度侵蚀山地	地表裸露、地形较陡、沟谷密集的毁林开垦区,林地问呈白色块状	86.81	4.20
		42	石质强度侵蚀丘陵台地	抗蚀能力较弱的基岩裸露区,地形较陡,沟谷密集	31.95	1.56
		43	土石质强度侵蚀丘陵台地	沟谷发育密集,地表人为破坏较重呈灰白色裸露状	24.97	1.22
		44	黄土质强度侵蚀丘陵台地	冲沟非常发育,地表裸露,呈淡黄色,无工程措施,耕作粗放的农业区	4.92	0.24

续表 4

土壤侵蚀强度		土壤侵蚀类别及其含义		影像判读标志 (主导判别因子)	面积 (km <sup>2</sup> )	占流域 总面积 (%)
编号	名称	编号	名称			
4		45	砂砾质强度侵蚀丘陵台地	山前冲积扇、冲沟发育,地表破碎呈裸露状,尚未开发利用,干旱缺水	3.83	0.19
		46	强度侵蚀半流动、流动沙丘、沙地	几条较大河流的泛滥区,缺乏生物和工程防护措施,在风蚀作用下,呈白色流动,半流动沙丘、沙地	42.77	2.10

桥水库流域水土流失现状图》(1:10 万比例尺), 各类型的面积量算与平差则在该图上进行。

面积量算与平差的统计结果: 流域总面积为 2051.80 km<sup>2</sup>, 其中水土流失总面积 958.63 km<sup>2</sup>, 占流失总面积的 46.72%。在水土流失总面积中, 轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀面积各为 463.04 km<sup>2</sup>、300.34 km<sup>2</sup>、195.25 km<sup>2</sup>, 分别占流域总面积的 22.57%、14.64%、9.52%; 并分别占水土流失总面积的 48.30%、31.33%、20.37%。表 4 给出了各土壤侵蚀第三级分类的面积及其所占流域总面积的百分比。

#### 四、土壤侵蚀与氮、磷元素流失关系

土壤侵蚀不仅造成表土的大量流失, 而且也造成土壤中氮、磷元素的流失, 特别与磷元素的流失关系更密切。一般来说, 磷元素在土壤中的移动性较差, 它们在酸性和石灰性土壤中, 使溶解度降低, 常成为难溶盐, 吸附在土壤胶粒上, 当暴雨冲刷缺乏植被保护的表层时, 土壤随水流失, 同时造成溶解在水中的氮和吸附在土粒上的磷也随之流失。根据“礼炮”7 号图像判读制图及其面积量算结果, 在流域内选择了冷咀头、接官厅、马伸桥三个小流域作典型样区, 用 1988 年汛期实测计算的泥沙流失量、全氮、全磷流失量等数据, 研究了 3 个样区面积和土壤侵蚀强度的分区等级与泥沙流失总量和氮、磷元素流失量

表 5 不同小流域典型样区泥沙流失量与全氮、全磷流失量的关系

Table 5 The relationship between the amount of soil lost and the amount of Whole Nitrogen and Whole Phosphorous lost in different test area in small watersheds

小流域典型 样区名称	样区面积 (km <sup>2</sup> )	土壤侵蚀 强度分区 等级	泥沙流 失总量 (t)	单位面积 泥沙流 失量 (t/km <sup>2</sup> )	全磷流 失总量 (kg)	单位面积 全磷流 失量 (kg/km <sup>2</sup> )	全氮流 失总 量 (kg)	单位面积 全氮流 失量 (kg/km <sup>2</sup> )
冷咀头	63.21	中—轻	26751.2	423.2	9827.84	155.48	29099.77	460.37
接官厅	32.79	轻—微	1419.6	43.3	1643.27	50.10	8353.17	254.74
马伸桥	22.57	微	14.3	0.6	750.49	33.25	11078.58	490.85

注: 表中泥沙、磷、氮元素流失量根据 1988 年汛期实测数据计算, 非全年的流失总量。

的关系,取得了初步的对比分析结果(表 5)。

从表 5 可知: 3 个典型样区中,冷咀头小流域水土流失最重,泥沙流失总量及其单位面积流失量最高。造成这种情况除了该小流域植被覆盖度小,地表物质疏松,地形坡度较陡等自然因素外,还有人为因素的破坏。该小流域是“京东板栗”主要产区,由于栗林稀疏、林下植被覆盖本来就差,采收板栗前还要砍灌割草,再加上小流域有一个较大铁矿正在开采。马伸桥小流域泥沙流失量及其单位面积流失量最低,但单位面积的全氮流失量却比冷咀头小流域还高出 30 多 kg(表 5),这是因为马伸桥小流域位于丘陵台地向平原区过渡的农林区,而且距蓟县、遵化县两县城较近,粮食、蔬菜、水果都种植,化肥用量高的缘故。接官厅小流域的耕地面积少、氮肥用量低,所以全氮流失量及其单位面积流失量均低于上述两个小流域。但泥沙流失量和全磷流失量及其单位面积的流失量介于两者之间。由此可见: 从“礼炮”7 号图像判读确定的土壤侵蚀强度与实测的泥沙流失量、全磷、全氮的流失量有较好的对应关系。土壤侵蚀强度较重的地方,泥沙、全磷、全氮的流失量也较大。但全氮流失量还与各地区化肥的施用量关系密切。

## 五、水土保持分区及其综合治理规划

根据“礼炮”7 号图像完成的土壤侵蚀调查结果和地方政府的规划要求,并结合“礼炮”7 号图像编制的植被类型及其覆盖特征图、地形坡度图、水系与沟谷分布图、地貌类型图、土地利用图及地表组成物质分布图等作复合分析评价,并以“礼炮”7 号图像的影像为依据,最终完成《于桥水库流域水土保持规划图》(1:10 万比例尺)的编制。该图将流域划分为 10 个不同的水土保持区,并依据每个区的地理单元和土壤侵蚀强度提出相应的综合治理措施,量算出它们的面积及占流域总面积的百分比(表 6)

表 6 于桥水库流域水土保持分区及其综合治理规划措施表

Table 6 water and soil conservation subregions and its comprehensive harness planning

分区编号	水土保持分区名称	区域面积 km <sup>2</sup>	占流域总面积百分比	所处地理单元 及土壤侵蚀强度	主要的分区综合治理规划措施
1	封山育林区	312.3	15.22	各河流域源地区,坡度 > 25°, 强度侵蚀	封山育林,恢复植被,严禁砍伐、放牧,退耕陡坡,建立林场,发展乔、灌、草结构的水源涵养林
2	林果水土保持区	189.6	9.24	各河流中游段,坡度 15°—25°, 中等侵蚀	发展以板栗树为主的经济林,及木材林、薪炭林,以工程措施为辅改造水平梯田或进行等高种植。林下种豆科植物,增加覆盖度。
3	果林和工程措施水土保持区	219.3	10.63	丘陵台地区,各河流中游段,坡度 7°—15°, “京东板栗”生产基地, 中等侵蚀	对稀疏果园补种改造,树下修树盆,新建果园实行梯田式栽种,合理密植,并实行低于矮冠整形,改变砍割林下植被的传统做法,向阳坡耕地实行水平耕作,在沟谷修谷坊,小型水库、塘、坝等。

续表 6

分区编号	水土保持分区名称	区域面积 km <sup>2</sup>	占流域 总面积 百分比	所处地理单元 及土壤侵蚀强度	主要的分区综合治理规划措施
4	耕作和工程措施水土保持区	102.1	4.88	山间宽谷和盆地,坡度 $<5^{\circ}$ ,重要的农业生产区,轻度—中等侵蚀	在沟头设沟头防护工程,支毛沟修谷坊,淤地坝,固定河道。在谷地、滩地上营造防冲林带,发展水浇地,坡面应采用水平沟耕作法和等高种植
5	农林间作水土保持区	234.7	11.44	山前倾斜平原,低缓岗地,坡度 $3^{\circ}-7^{\circ}$ ,杂粮和果林生产区,中等—强度侵蚀	改造现有农田和经济林为梯田或水平沟种植,补栽果树,合理增加密度,林下种植绿肥作物,提高植被覆盖度,增强对降雨的阻拦、含蓄能力
6	水库防护林区	48.2	2.35	北部山地丘陵中水库的库崖周围,由于修筑水库取土,植被尚未恢复,中等侵蚀	急需绿化,搞好库岸和山坡防护林,先草灌后乔木,种植耐水湿的树种,迅速恢复植被覆盖
7	林网油料作物区	43.5	2.21	几条较大河流的泛滥区,河流最新冲积扇上,地表多为砂质土,土质瘠薄,轻度侵蚀	适于种植花生等油料作物,由于常遭水灾、风灾,急需发展林网,推广林、油间作技术,保护表土不被侵蚀
8	林网粮、油种植区	251.7	12.27	流域北川冲积平原,地表平坦为重要的粮油生产区,微度侵蚀	以粮为主,粮油结合,发展水稻、小麦、玉米、花生、蔬菜等种植业,切实搞好农田园林化,在河道荒滩及“四旁”营造速生用材林,建立本区防护林体系
9	林网粮、棉种植区	421.2	20.52	流域南川,各河流下游段,地势平坦,水利条件优越,为重要的粮棉生产区,微度侵蚀	以粮为主,粮棉结合,尽快实现农田林网和“四旁”绿化,兴修水利工程,建设高标准园田,实行精耕细作,增强农田抗灾能力
10	果林、牧草水土保持区	161.0	7.85	流域南部丘陵台地区,坡度较北部丘陵缓,土层浅薄,干旱缺水,土地条件好的地方为水果集中产地,中等侵蚀	以果林为主,兼顾农牧。在果树种植区采用反坡梯田,宽条梯田,水平沟等整地措施,沤水保墒,林下种植绿肥作物,土层较薄的陡坡发展草灌水土保持林,提高拦蓄天然降水和开发地下水的功能

# THE APPLICATION OF "SALYUT" SPACE STATION REMOTELY SENSED IMAGE TO SURVEY OF SOIL EROSION AND PLANNING

Chen Qinnan

*(Dept. of Geography, Tianjing Normal University)*

Wei Chengjie

*(Inst. of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences)*

## Abstract

The paper describes the method and conclusion of soil erosion survey and mapping (scale-1:100,000), area measurement and regional planning in Yuqiao reservoir basin in Tianjing Area based on pre-USSR 'Salyut' Space Station remotely sensed image. The relationship between the soil erosion and whole nitrogen and phosphorous lost in typical sample area has been tantatively discussed, and this offered the scientific basis for the solution of eutrophication of water quality in inhabitants living, industry and agriculture in Tianjing Area.

**Key words** Salyut-7 image Soil Erosion Survey



图1 “礼炮”号卫星图像