

辽宁省应用遥感技术土壤侵蚀普查的研究

王振颖 寿祝邦

(辽宁省水土保持局 沈阳 110003)

摘 要 辽宁省是水土流失严重的省份,通过应用遥感技术,对全省进行了土壤侵蚀普查,现查明全省土壤侵蚀面积为 51 161km²,占全省总面积的 35.7%,同时利用大量小二水库测淤资料及径流小区试验资料,推算出全省不同类型区土壤侵蚀关系模型,并分析辽宁省土壤侵蚀的动态变化情况以及产生这种变化的原因。

关键词 土壤侵蚀 遥感技术 应用 辽宁

Using Telemetry Techniques to Survey Soil Erosion in Liaoning Province

Wang Zhenying Shou Zhubang

(Water and Soil Conservational Bureau of Liaoning Province Shenyang 110003)

Abstract Liaoning province is a severe water and soil erosion region in China. Through using tetemetering techniques, the whole province soil erosion has been investigated. The total soil erosion area is more 51 161km², which is the total soil area of 35.7%, At the same time, using various test data to calculate the models related to various types of soil and runoff, and the dynamic change situation of soil erosion were analysed here.

Key words soil erosion telemetry techniques application Liaoning province

辽宁省地处我国的东北地区南部,东西两厢为山地丘陵,中部为辽河平原,呈山地丘陵居高临下之势环抱平原。因长期开发利用,占全省总面积 60% 的山区都存有不同程度的水土流失,局部地区已相当严重,给当地经济的发展及人民群众的生产生活带来了不良影响,也是下游平原地区长期水患的直接原因。严重的水土流失造成了下游河道淤塞、水库淤积、交通设施毁坏、水利设施报废、水质恶化等灾害。为及时掌握全省的土壤侵蚀动态变化规律,制定科学的治理方略,辽宁省水土保持局于 1986 年、1996 年两次进行全省范围内应用遥感技术土壤侵蚀普查,取得了大量的数据资料,为领导科学决策提供了可靠的依据。

1986 年,根据全国统一部署,第一次应用法国的陆地资源卫星多光谱扫描仪(MSS)成像技术,合成辽宁省 1:50 万卫星假彩色合成照片,运用目视解译的方法,综合辽宁省各种土壤侵蚀技术资料,形成了辽宁省历史上第一张权威性的《辽宁省土壤侵蚀图》。从而科学定量地描

绘了辽宁省的土壤侵蚀状况,为随后出台的一系列治理水土流失方针政策、大规模的群众性治山治水和农田基本建设“大禹杯”竞赛活动提供了有力的资料保证。该项成果已被列入全国水土保持有关统计之中,数据资料在1987年编制的《辽宁省水土保持区划》、《辽宁省东部山区水土保持规划》、《辽宁省大凌河水土保持规划》、《辽宁省绕阳河水土保持规划》、《辽宁省水土保持监测网络规划》均得到了广泛地应用。也直接导致了省委、省政府及省人大对全省、辽宁东部山区以及各大流域治理水土流失决定和决议的出台。加速了辽宁省水土流失的治理步伐。

由于应用遥感技术在国土资源及山地灾害调查方面独特的方便、快捷性和在第一次遥感普查所取得的成功经验,辽宁省水土保持部门决定应用遥感技术进行第二次土壤侵蚀普查,用以查明全省近10年来土壤侵蚀动态变化情况,结合上次土壤侵蚀普查的成果技术,采用美国陆地资源5号卫星的专题制图仪(TM)假彩色合成照片,同样运用目视解译的方法,形成了成果更为精确的1:20万《辽宁省土壤侵蚀图》。从而建立起辽宁省大面积土壤侵蚀普查的监测机制,为及时准确掌握全省水土流失面积及强度的消长情况,提供了可靠的第一手资料。

1 辽宁省基本情况

辽宁省位于东经 $125^{\circ}46'$ ~ $118^{\circ}53'$,北纬 $33^{\circ}43'$ ~ $43^{\circ}26'$ 之间。东界吉林省,东南隔鸭绿江与朝鲜民主主义共和国为邻,南为狭长的辽东半岛及辽西走廊,临渤、黄二海。东西长约574km,南北宽约530km,全省总面积145 744.67km²。全省行政区划为14个市,72个县(市、区)。

1.1 气候

1.1.1 气温 全省平均气温为5~10℃,分布趋势是自西南向东北、自平原向山区递减,四季变化明显。冬季最冷月平均气温最低为-9~-27℃,极端最低气温-30℃以下,东北部山区可达-40℃。夏季7月份全省平均气温22~26℃,南北温差小于1℃,山地与平原温差为2℃,夏季最热月,平均最高为27~31℃,极端最高气温为40℃以上。

1.1.2 降水 多年平均降水量为400~1 200mm,其分布趋势自东南向西北递减,最多为宽甸县,年降水可达1 200mm以上,西北建平县不足400mm。降水变化明显,12月至次年2月,3个月的降水量仅为全年的1%~5%,6~8月份,3个月雨量占全年降水量的60%~70%,其它月份占全年的20%~30%,3~5月降水量略低于9~11月。全年降水日数大致与降水量分布相似,从东南向西北递减,山区高于平原。全年降水日数中,小雨(日雨量0.1~9.9mm)为50~100d,占全年降水日数的70%~80%,中雨(10~24.9mm)为10~18d,占10%~12%,大雨(25~49.9mm)3~8d,占4%~6%,暴雨(大于50mm)日数最少,只占2%~3%,各地暴雨发生在6~9月之间。

1.1.3 风速、风向 年平均风速为2~4m/s,其分布规律从沿海向内陆、从平原向山区递减。大连市年平均风速最大,达4.8m/s。东部山区最小,为2m/s以下。风速季节性变化较大,春季风速最大,秋季次之,冬夏最小。春季大风日数较多,西部山区时有沙暴和旱风出现。全省各地风速大于10m/s的大风日数在20d以上。

1.2 地质、地貌

辽宁在地质构造上属于华北台块,主要分为辽东台背斜,燕山沉陷岸和下辽河内陆断陷三个构造单元。此外宝国图至开原以北一线属于海地槽,自古生代以来,地壳不断发生变化,特别是燕山运动时期由于岩浆的侵入和喷出,形成强烈皱褶和断裂,导致辽河平原开始断裂下降。

喜马拉雅山运动时期,辽河平原强烈下陷,两侧山地多次间接上升,形成辽宁省自北向南,自东西向中间倾斜的鞍形地貌。东西两侧分别为辽东山地丘陵和辽西山地丘陵,中部为广阔的辽河下游平原。

1.3 河流水文

全省大小河流 300 余条,其中河流面积大于 $1\,000\text{km}^2$ 干支流 40 多条,主要水系有辽河、浑河、太子河、柳河、绕阳河、鸭绿江、大洋河、大、小凌河以及渤海西岸和辽东半岛直流入海诸河。

1.4 土壤

省内山地丘陵土壤,具有较强的地带性,辽东山地丘陵主要分布为棕壤。因所处地形部位、植被情况及人为活动的影响,腐殖质与土层厚度不一。因此构成交错分布的粗骨性棕壤和侵蚀到母质层的棕壤,以及可见发育层次的棕壤和草甸棕壤。辽西山地丘陵区,除建平县、北票市、阜新市北部有土层不厚的褐土外,也多属棕壤。与内蒙接壤的彰武县、康平县、昌图县北部有风沙土。

2 遥感技术在土壤侵蚀普查中的应用

2.1 应用遥感技术

自 1972 年美国发射第一颗陆地资源卫星(Landsat-1)以来,陆地卫星已获得了二十几年全球影像资料,目前大约有近 150 个国家与地区应用了陆地卫星遥感信息。我国自 1976 年大规模引进陆地卫星影像资料以来,已经在全国性地质构造、土地利用和省级、市和大流域的农业资源普查方面有了卓有成效的应用。1986 年我国建立第一个陆地卫星遥感地面站以来,我国的环境资源遥感已步入了动态研究阶段。

辽宁省第一次应用遥感技术土壤侵蚀普查,采用了美国 Landsat-4 卫星 MSS 影像资料,比例尺为 $1:50$ 万,采用了目视解译方法。1996 年又进行了全省第二次应用遥感技术土壤侵蚀普查,采用的系美国 Landsat-5 卫星假彩色合成照片,影像质量大为提高。MSS 四波段杂散光较多,影响了成图质量,TM 的七个波段彼此拉开了距离,使得每个波段的特性明显。TM1、2、3、4 四个波段根据地物光谱研究设计的,比 MSS4、5、6、7 有了明显的改善,同时又增加了中红外波段 TM5、7。这两个波段对岩性识别有较好的辨认能力。另外,TM 的几何分辨率比 MSS 提高了,一幅 $185\text{km}\times 185\text{km}$ 的单波段数据影像由 7.58×10^6 像元提高到 3.8×10^7 像元,数据量大大增加。

土壤侵蚀是由气候、植被、土壤及人类活动等自然和社会活动综合作用地表的结果,土壤侵蚀面积及强度的增减均与上述因素的变化有着密切的关系。因此,通过卫星照片对地表下垫面情况进行光扫描,所得的影像信息,能直接和间接的描述地表的影响土壤侵蚀因素如:土壤、岩性、植被、坡度情况,从而详细分析出某一地区的土壤侵蚀状况成为可能。还由于卫星可短时间内对同一地区进行重复拍摄,信息的现时感很强。卫星照片的造价低廉也成为遥感技术得以广泛应用的又一因素。

经过分析,我们采用 Landsat-5 卫星专题制图仪(TM)的 2、3、4 波段,经蓝、绿、红可见光假彩色光学合成放大成 $1:20$ 万比例尺相片($1\text{m}\times 1\text{m}$),覆盖辽宁省 19 幅。时像大部分为 1995 年 5 月份或 10 月份,由于云量的限制,个别卫片有选 1994 年或 1993 年的。选 5 或 10 月份,主要考虑到当时的森林植被变绿而农作物尚未全部长起的时段,这样便于区分农地和林

地。

2.2 解译方法

卫片所反映的影像信息是地物反射波谱的综合反应,正确描述对土壤侵蚀影响较大的地物情况,需正确地解译卫片,即建立起卫片信息与地面实物的对应关系。目前应用较多的为目视解译、计算机解译、目视—机助解译方法。我们这次采用的是目视解译方法,主要原因在于全省范围解译,要求精度较低,而且费用低廉,另外目视解译一个主要优点在于解译人员能把对本辖区情况的了解融入到解译过程中,从而有效地避免卫片上的异物同谱和同物异谱等现象。

人肉眼的分辨率按5线对/mm(0.2mm)计算,在判读TM影像时,若用1:20万影像图片,则可分辨50m的地物,大约相当于实际地面分辨率的1.6倍。由于卫片不同级的放大不可能增加信息量,从物理上讲放大只能增加信息的模糊,但为了便于勾划成图,放大为1:20万比例尺是适合的。

2.3 土壤侵蚀图的编制

作为定量描述全省土壤侵蚀状况——土壤侵蚀图是最为直观与可靠的方法。它能直接从图上查明任何一地点或一定区域的土壤侵蚀量以及造成这种侵蚀级别的相关因素:植被、土壤、坡度等情况,同时表明此种土壤侵蚀量的潜在危险程度—抗蚀年限等指标。因此,科学、精确编制《辽宁省土壤侵蚀图》是此次遥感普查的关键性工作。

2.3.1 基础图件的选择 为提高解译判读质量,充分体现当前土壤侵蚀现状,本次遥感以1995年的卫片为基础。挑选了植被生育繁茂时期及无或少植被时期两个时像的影像作参照对比,各幅卫片的时像见表1。

解译用底图选用1:20万比例尺军用地形图的分幅复制部分地理要素的透明图,覆盖全省计41幅。附“覆盖辽宁1:20万分幅地形图编号及卫片影像图轨列号接图表”。本次使用卫片的注记说明如下:

LANDSAT—5 TM BAND234 LATN38:53:47 LONE120:49:34 10—OCT—1994

ORBIT56421D HEADING190.5 SUN EL/AZ 38.54/144.41 SCENE WRS120—033

LANDSAT—5

美国陆地资源卫星第5号

TM

表明“专题制图仪”

BAND234

波段,表明用2、3、4波段合成

LATN38:53:47LONE120:49:34

表明该幅卫片像幅中心的北纬和东经度、分、秒

10—OCT—1994

扫描时间 1994年10月

ORBIT 56421 D

轨道转数

HEADING 190.5

航向

SUN EL/AZ 38.54/144.41

扫描时太阳角度、高度角、方位角

SCENE WRS 120—033

轨列编号 120—033

2.3.2 土壤侵蚀图斑的分级与分类 根据辽宁省土壤侵蚀的特点,并考虑与全国对土壤侵蚀级划分的一致性,本次对土壤侵蚀图的图斑采用6位编码定名。编码的第一、二位为表明土壤的侵蚀强度,第一位以土壤侵蚀模数为指标,共划分9级,1、2两级分别为土壤侵蚀模数小于200t/(km²·a)地块,属无明显侵蚀级。大于500t/(km²·a),土壤侵蚀模数按1000t及1500t变幅定为3~9土壤侵蚀级;第二位是根据土层厚度与年侵蚀深度之比值,表明抗蚀年限,以危险程度表示,抗蚀年限大于1000年,定名为无险型,100~1000年为较险型,20~100年为危险型,小于20年为极险型,裸岩属毁坏型,分别用1、2、3、4及0为代号列入编码;第三

位编码指岩性,分为石质、土石质、土质及砂质4类,代号分别为1、2、3、4,其中石质包括裸岩和砾石含量 $>50\%$ 的地段。砂质主要指风蚀类型区;第四位表明坡度,按 5° 级差分为5级,即 $<5^\circ$ 、 $5\sim10^\circ$ 、 $10\sim15^\circ$ 、 $15\sim25^\circ$ 、 $>25^\circ$,代号分别由1、2、3、4、5。在小于 5° 的级别中,包括大于 3° 的浅丘漫岗;第五位表明土地利用类别,分为林、草、果、农、荒等5个类别,代号分别用1、2、3、4、0表示;第六位表示植被盖度,分为 $>90\%$ 、 $70\%\sim90\%$ 、 $50\%\sim70\%$ 、 $30\%\sim50\%$ 、 $10\%\sim30\%$ 、 $<10\%$ 6级,另以1、2、3、4、5表示,编号0表示无工程坡耕地(参见土壤侵蚀图图斑分类编码表2)。6位的首位构成土壤侵蚀强度分级,6位数字的组合构成土壤侵蚀分类单元。

2.3.3 建立卫片解译标志 应用遥感进行土壤侵蚀普查目视解译技术主要是判读土壤侵蚀因素的种类和量级,为增强对信息判读的精度,统一解译认识,通过试判后进行了大量的野外现地查勘,这次共查勘路线总长5700km,勘查样方44个,积累并丰富在卫片上识别地物地类的定性、定量影响特征的经验。为能准确的判读土壤侵蚀垫面的条件,除选购了有植被覆盖和无植被遮挡两个时像的卫片,在解译中参照对比外,对于各种信息的特征以文字固定下来供解译参照,并为减免对植被盖度定量的目视误差,配合采用CMFA型反射密度仪在卫片上读数(L)对应野外实测过植被盖度(C)的样方点求出的数学方程式: $C = 0.36L$,从而使解译工作中的定量依据更加充分。

在卫片上除较易判读的市镇、水域等块状地物及铁路、公路、河流等线性地物外,主要包括影响侵蚀的因素如岩性、地貌、坡度、土地利用、植被种类及覆盖度。上述各项因素及其量级,在一定时像的合成卫片上可根据色调、密度、均匀度、条纹形状排列形式、几何图形等特征建立直接解译标志。为补充解译标志不足特别是对岩性和地形坡度的解译还需要在同一地区,另一时像的卫片上,按上述特征补充解译标志,在个别图幅上因时像跨度大,光学处理差异,对某些解译标志还需要修正补充。为判读影像特征差异较小如林种、坡耕地工程、坡度级的精确划定等,还编录了间接解译标志,包括相关标志和比较标志。

上述土壤侵蚀因素的定量分级,涉及对侵蚀强度级的确定,为能如实反映现状,减少误差和误判,还同时对各项因素的判读建立了参考标志或叫作检验标志。有关土壤侵蚀因素解译标志见表3。

2.3.4 最小填图图斑的规定 土壤侵蚀图是以图斑形式表示的专题图,在1:20万比例尺上, 1mm^2 即相当实际面积 4hm^2 ,在卫片上已经包括45个像元。对某些特征的地面信息可以通过目视解译判读,但在成图操作上很难实现,特别是成图后要按图斑进行求积,而现用的求积仪小于 4mm^2 的图斑面积不能显示,根据实际可能规定图斑最小边长大于 3mm 的斑块为最小上图面积。

2.3.5 专题图的编制 为提供卫片解译中鉴别下垫面辅助资料,提高解译分类的精度,针对分类编码的要求,在本次工作之前即着手编制了辽宁省坡度分级图,辽宁省坡耕地分布图,辽宁省土层厚度分布图,辽宁省水土保持小流域分布图等专题图件。上述图件均为1:20万比例尺。各专题图件的编制概述如下:

(1)坡度分布图。地形坡度是影响土壤侵蚀中较为重要的一个因素,为辅助和修正在卫星影像图片地形坡度目视解译误差,我们进行了坡度专题图的编绘工作。编图采用总参测绘局1971年版的1:10万比例尺地形图,利用坡度尺圈绘成图,以县(区)为最小统计单元逐步求积,最后所制成1:20万比例尺分幅成果图。

坡度的分级,划为 $<5^\circ$ 、 $5\sim10^\circ$ 、 $10\sim15^\circ$ 、 $15\sim20^\circ$ 、 $>25^\circ$ 共5级。

该图对修正解译的土壤侵蚀分类的第4位编码即坡度的定量起到了较为重要的作用。

现查明:全省小于 5° 的面积为 $75\,352.3\text{km}^2$,占全省面积的 51.7% ; $5\sim 10^{\circ}$ 缓坡地 $12\,241\text{km}^2$,占 8.4% ; $10\sim 15^{\circ}$ 中坡地 $12\,670.9\text{km}^2$,占 8.7% ; $15\sim 25^{\circ}$ 陡坡地 $25\,817.9\text{km}^2$,占 17.7% ; 大于 25° 极陡坡 $19\,662.6\text{km}^2$,占 13.5% 。

(2)坡耕地分布图。为了正确解译卫片上耕地与荒地及耕地不同坡度的差异,需要进行坡耕地分布校正,从而更深一步剖析辽宁省坡耕地的土壤侵蚀现状。为此我们编绘了全省坡耕地分布图。

坡耕地分布图是以县(区)为单位,参照近期各基层乡或县编绘的土地资源详查图,第二次土壤普查成果图及县级区划办编印的土地利用现状图等资料,经现场核查、转绘、编成 $1:50\,000$ 比例尺坡耕地分布图。

坡耕地资源现状图是以图斑形式表示,图斑的分类和定名根据坡度、土层厚度、岩性(地表组成物)和沟壑密度等4项特征的不同等级,采用多名法。见坡耕地特征编码表4。

命名按岩性(3位)—土层厚度(2位)—沟壑密度(4位)—坡度(1位)顺序。例4433即石质极薄少沟壑陡坡耕地。

坡耕地分布图的完成,也成为解译卫片时判读坡耕地、梯田等地类极为重要的参考资料,在确定和修正土壤侵蚀图的分类编码发挥了较为重要的作用。

全省坡耕地面积为 153.6万 hm^2 ,其中已修并保存完好的农业水平梯田 24.5万 hm^2 ,占坡耕地 15.9% ,现有坡耕地按坡度划分 $3\sim 5^{\circ}$ 面积 64.8万 hm^2 ,占 42.2% , $5\sim 15^{\circ}$ 坡耕地 52.4万 hm^2 ,占坡耕地的 34.1% , $15\sim 25^{\circ}$ 面积 10.8万 hm^2 ,占 7.0% ,大于 25° 坡耕地 1.15万 hm^2 ,占 0.7% 。从坡耕地的土层厚度统计结果,大于 60cm 的占尚未建梯田工程坡耕地的 52.7% 。按地面土质条件,在小于 15° 以下坡度的土质及土石质坡耕地占 81.2% ,各类特征面积的分布(详见“辽宁省坡耕地表5”)将成为制定开发利用及治理规划的重要科学依据。

(3)全省小流域分布图。为适应水土保持以小流域为单元进行综合防治的要求,提高水土保持管理水平,从1989年,开展了在规划区编制“小流域分布图”工作,成果图是以县为单位,用 $1:50\,000$ 比例尺地形图,以山脊为界河谷为干,适当照顾行政区划划分的。根据现有资料,结合部分实地调查查明小流域水土流失的防治工程量、治理难易程度、人均收入及人均占有粮食等指标,分别给定等级以作为选择防治重点,确定治理顺序的依据。结合本次研究,将全省山区共划成流域面积为 $5\sim 50\text{km}^2$ 不等小流域5141条。与此同时编制成 $1:20\text{万}$ 的分幅小流域分布图,另附包括小流域编号、名称、流域面积、水土流失面积及防治特征分类和管理要素等内容的数据库,以便对应分布图检索,并作为水土保持小流域档案管理的索引。

自1981年全省开展以小流域为单元进行综合防治至今,已竣工验收的小流域为369条,根据竣工小流域在图上的具体分布位置,和验收报告中各项治理保存面积,在解译卫片时增加了对图斑编码确定的判读条件,它成为划分人工幼林和疏林地、坡耕地与农业梯田、工程造林和一般造林、疏林与果园之间差异的间接解译标志,从而也增加了解译人员发现上述地类在卫片上的微小差异,增加了直接判读的经验,提高解译成果的精度。

例如在121—031卫片的N4149“E12948”处,具有一斑坡耕地的黄白色调,边缘较为规整特征标志的斑块,用地理位置相应的“小流域分布图”覆盖,该点是建平县编号为13—5—01—120号杨树岭小流域,已于1990年竣工验收,建农业水平梯田占治理面积的 83.2% 。用放大镜仔细观察卫片,可以发现在列入坡耕地的斑块上,具有不明显的平行于坡度的暗色条带。

表 1 解译使用卫片时象及象幅中心经纬度

	项 目	122 *	121	120	119	118	117
* 30	时 象	1994-01-06	1994-04-24	1994-07-22	1995-05-15	1995-07-11	
	象幅中心纬度					43°10′53″	
	象幅中心经度					125°17′05″	
	时 象	1994-10-24	1994-09-15	1994-10-10	1994-11-04	1994-11-13	
	象幅中心纬度			43°10′50″	43°10′50″		
	象幅中心经度			122°12′24″	123°46′37″		
031	时 象	1995-07-07	1994-04-24	1995-05-22	1995-05-15	1993-05-18	1994-05-30
	象幅中心纬度				41°46′01″		
	象幅中心经度				123°16′58″		
	时 象	1994-10-24	1994-09-15	1994-10-10	1994-11-04	1994-11-13	1994-11-22
	象幅中心纬度		41°45′42″	41°40′4″			41°45′57″
	象幅中心经度		120°11′27″	121°44′5″			126°24′11″
032	时 象	1995-05-04	1995-05-29	1995-06-07	1995-05-15	1993-05-18	1994-05-30
	象幅中心纬度		40°19′48″		40°19′59″		
	象幅中心经度		119°43′50″		122°49′13″		
	时 象	1994-10-24	1994-09-15	1994-10-10	1994-11-04	1994-11-13	1994-11-22
	象幅中心纬度		40°20′3″	40°19′52″		40°19′50″	
	象幅中心经度		119°43′53″	121°16′17″		124°22′40″	
033	时 象			1995-05-06	1993-05-25		
	象幅中心纬度			38°53′48″			
	象幅中心经度			120°49′55″			
	时 象			1994-10-10	1995-01-07		
	象幅中心纬度			38°53′47″			
	象幅中心经度			120°49′34″			

注：* 卫星轨列号。

表 2 土壤侵蚀图图斑分类编码表

编码位	第一位	第二位	第三位	第四位	第五位	第六位
项 目	侵蚀强度 t/(km ² ·a)	危险程度 a	岩 性	地形坡度	利用类型	盖度%
量 级 代 码	1 极微度<200	无险型>1000	石质 砾石含量>50%	平地、漫坡地 <3~5°浅丘	林	高覆被 >90 或有工程
	2 微度 200~500	较险型 100~1000	土石质	缓坡 5~10°	草	中高覆被 70~90
	3 较轻 500~1500	危险型 20~1000	土质	中坡 10~15°	果	中覆被 50~70
	4 轻度 1500~2500	极险型<20	砂质	陡坡 15~25°	农	中低覆被 30~50
	5 中度 2500~3500			急陡坡>25°		低覆被 10~30
	6 重中 3500~5000					无覆被<10 或 无工程、林带
	7 较强 5000~6500					
	8 强 6500~8000					
	9	裸岩			荒,植被盖度<10% 无工程坡耕地	

注：<5°坡耕地另加副码，<3~5°加 B，平原区不加。侵蚀模数>8000 编码为 9。

表 3 土壤侵蚀因素解译标志

解译项目		5~6 月时象卫片上特征	10~11 月时象卫片上特征
岩性	石质	无或少植被特征,表明盖度低	不均匀暗棕色或略深于基岩色调
	土石质		介于石质与土质之间色调
	土质	在撂荒及轮荒地上可见 10~11 月时象特征	黄、浅黄、黄白色调均一,在黄土丘陵沟壑发育强烈区,影像纹理密集
	沙质	条状林带下背景色调白色	白色、明亮
地形及坡度	中山>25°	植被色调暗红,高山顶部有黑红色边缘不明显斑。	山脊线清晰、阴影明显,多呈现暗棕色调由山脊逐渐变淡,倒置卫片山脉起伏明显,脊谷间距很窄,多<0.5cm
	低山 10~25°	植被色调红—粉红	沟谷相对宽阔,阴影较窄,山麓以下色调明显变成黄白暗灰,脊谷水平距>1.0cm
	丘陵 5~15°	色调复杂,有林地、草地、耕地呈粉红、黄色或淡黄沟短	山体浑圆,山脊线难以分辨,无阴影,纹理密,土质丘陵呈黄白色调,且较均一
	平原<5°	淡蓝灰色,有规整的方或长方形格状地块,水田有明显蓝灰色	均一黄,灰黄色,有明显直线格网
土地利用及植被盖度	林地及盖度	在山丘分布区色调由黄白向深红,均匀度由弱向强过渡,表明林地盖度由弱向强过渡,50%以下盖度林地山地向阳坡脊谷成脉状,条纹较明显,随盖度增加均为红色覆盖,灌木林及灌丛浅红或黄红色调表现,且不均匀,林带呈红黄色条或网状,有规则排列白或灰色田块。光密度仪反射数值与盖度关系>1.83 为 90%,1.64~1.83 为 70%~90%,1.43~1.64 为 50%~70%,1.16~1.43 为 30%~50%,<1.16 为<30%	针叶林红色,针阔叶混交林成红色斑点状
	草地	在山地沟谷两侧,缓坡丘陵,呈浅红色—红黄与耕地差异特点是无明显边界且不规整	
	果林	红色小斑块、点,与周围林草地色调发灰,且有蜂窝状,边界明显	
	农田(坡耕地)	粉色,粉灰色,隐约可见田格线条,水田呈蓝灰色条格,分割明显。平地农田色调均匀,坡耕地成斑块状,大面积梯田可见平行坡度的暗条	白或灰白色,田格线较清晰,与荒地、草地可区分,平耕地宏观格网清晰
	柞蚕场	与林地特征相同,郁闭度偏低	
	荒地(裸岩)	灰、黄色的植被,密度不均,沟谷纹理清楚	与 5~6 月时象卫片对照,背景色调近似
	河流水库	有水呈现黑色界线清楚,极易判读	与 5~6 月时像卫片对照,背景色调近似
	市镇居民点	淡蓝色调斑块	与 5~6 月时象卫片对照,背景色调近似
	露天矿	蓝白色,有清晰不规则边线	
	险滩	暗蓝,黑色有明显规则格网	
	铁路公路	暗尘色线状延伸	

续表

表 3土壤侵蚀因素解译标志

解译项目		间接标志(相关、比较)	参考标志及检验
岩性	石质	分布山地中上部或山脊连续带	辽宁省土层厚度图的二级分类。土壤分类的初育土纲中石质土、粗骨土,棕壤褐土类的砾石含量>50%的薄层土
	土石质	广泛分布在山丘区,且占较大比重,缓平山顶,较窄沟谷也多分布。	棕壤、褐土类中的中层,或中厚层各属土种
	土质	平原区,山丘坡脚及较宽河谷区域	其他土种(略)
	沙质	辽北内蒙科尔沁沙地边缘,辽河老哈河、柳河、绕阳河,沿岸滩地、阶地及盖县、瓦房店沿海部分地段	风沙土类分布区
地形及坡度	中山>25°	多在东部山区西部分布较窄,工作图上高程点>1000m 密集,极少居民点	辽宁省坡度图
	低山 10~25°	工作底图高程点相对高程 200~500m,山麓山脚有耕地分布。沟谷可见居民点	辽宁省坡度图
	丘陵 5~15°		辽宁省坡度图
	平原<5°	沿水系较宽可各段	
土地利用及植被盖度	林地及盖度	人工林边界多规整,高山远山(远居民点)多属高复被。自然保护区,风景区为高复被	工程造林参照竣工小流域分布图,柞蚕场植被参照 1986 年辽宁国土资源图集 35~38 页
	草地	主要分布在丘陵地区及山丘谷地两侧	竣工验收小流域分布图的种草措施面积分布
	果林	辽东半岛及丘陵的中下部	竣工验收小流域分布图的果树比重大的分布地块
	农田(坡耕地)	广大辽河平原,及山丘地河谷水平地丘陵分布地区,中低山区多呈小斑点较难圈绘。辽西耕垦系数高分布较多	坡耕地分布图
	柞蚕场	东部山区岫岩、凤城、宽甸多集中分布近居民点。	辽宁省国土资源图集 38
	荒地(裸岩)	与临近耕地、林地色调明显浅淡,山地丘陵中上部位	
	河流水库		
	市镇居民点		
	露天矿	铁矿分布区	
	险滩	分布沿海	
	铁路公路		

表 4坡耕地特征编码表

编码位数含义		一、坡 度	二、土层厚度 cm	三、岩 性	四、沟壑密度 km/km ²
等级代码	1	平耕地<3°	厚>100	土质	无 0
	2	缓坡耕地 3~5°	中厚 60~100	土石质	极少 0~1.0
	3	坡耕地 5~15°	薄 30~60	石质	少 1~2.0
	4	陡坡耕地 15~25°	极薄<30		多 2~3.0
	5	急陡坡耕地>25°			极多>3.0

表 5 辽宁省坡耕地情况表

摘 要			面 积		其 中							
					3~5°		5~15°		15°~20°		>25°	
			hm ²	万 hm ²	hm ²	万 hm ²	hm ²	万 hm ²	hm ²	万 hm ²	hm ²	万 hm ²
现有坡耕地			1291411	129.14	648196	64.82	523559	52.36	108108	10.81	11548	1.15
现有水平梯田(农)			244744	24.47								
小 计			1536155	153.62								
梯田占坡耕地%			15.9									
坡 耕 地 中	土 层 原 厚 度 岩 性	>100cm	356193	35.62	248887	24.89	93684	9.37	13345	1.33	277	0.03
		60~100	402347	40.23	187175	18.72	187255	18.73	26378	2.64	1539	0.15
		30~60	426403	42.64	173673	17.37	199940	19.99	47392	4.74	5398	0.54
		<30	106468	10.65	38461	3.85	42680	4.27	20993	2.10	4334	0.43
		土质	541672	54.17	337365	33.74	185499	18.55	18224	1.82	584	0.06
		土石质	593198	59.32	249309	24.93	276797	27.68	61959	6.20	5133	0.51
		石质	156541	15.65	61522	6.15	61263	6.13	27925	2.79	5831	0.58
补充说明			1. 现有坡耕地不包括<3°均缓坡漫岗。 2. 全省>3°坡耕地根据坡度、土层厚度、岩性和沟壑密度,统计共出现 207 种组合。 3. 梯田原始条件,只有大连、锦州、营口、铁岭等 4 个市作了调查,其余市有待补充。									

表 6 小二型水库(塘坝)测定统计表

市 名 称	测定总数		其 中 各 县 (区) 测 定														
	合计	本次测定	1			2			3			4			5		
			县(区)名	本次测	计	县(区)名	本次测	计	县(区)名	本次测	计	县(区)名	本次测	计	县(区)名	本次测	计
全省计	293	96		25	72		28	80		22	72		14	43		7	26
沈阳市	14	7	苏家屯	1	1	新城子	1	1	东陵	1	1	康平	2	6	法库	2	5
大连市	48	12	金州	2	8	普兰店	4	15	瓦房店	3	13	长海		1	庄河	3	11
鞍山市	11	7	旧堡	1	1	海城	2	2	岫岩	4	8						
抚顺市	26	6	抚顺	2	5	新宾	2	6	清原	2	15						
本溪市	13	4	明山		3	本溪	2	4	桓仁	2	6						
丹东市	25	9	振安	2	5	凤城	3	7	东港	2	6	宽甸	2	7			
锦州市	19	6	凌海	1	3	北宁	2	7	黑山	1	4	义县	2	5			
营口市	10	4	大石桥	2	5	盖州	2	5									
盘锦市																	
阜新市	20	6	阜新	4	13	彰武	2	7									
辽阳市	8	3	辽阳	2	5	灯塔	1	3									
铁岭市	22	8	铁岭	2	5	开原	2	6	西丰	2	4	昌图	2	7			
朝阳市	52	14	朝阳	4	13	北票	3	11	建平	3	11	喀左	2	7	凌原	2	10
葫芦岛市	25	10	连山	2	5	兴城	2	6	绥中	2	4	建昌	4	10			

表 7 土壤侵蚀模数的数学模型

适用区域和对象	<i>n</i>	<i>r</i>	数 学 模 型
东部山区坡耕地侵蚀模数(<i>E</i>)与坡度(<i>S</i>)	30	0.9829	$E = 46.93 \cdot S^{1.56}$
辽西丘陵区坡耕地侵蚀模数(<i>E</i>)与坡度(<i>S</i>)	20	0.9983	$E = 62.59 \cdot S^{1.53}$
东部山区<15°坡植被盖度(<i>C</i>)的土壤侵蚀模数(<i>E</i>)	10	-0.725	$E = 2606.51 - 28.96 C$
东部山区 15~25°坡植被盖度(<i>C</i>)的土壤侵蚀模数(<i>E</i>)	26	-0.9568	$E = 6752.93 - 81.39 C$
东部山区>25°坡植被盖度(<i>C</i>)的土壤侵蚀模数(<i>E</i>)	20	0.9619	$E = 11293.20 - 131.03 C$
辽西丘陵区<5°坡地植被盖度(<i>C</i>)的侵蚀模数(<i>E</i>)	5	-0.8796	$E = 506.87 - 5.22 C$
辽西丘陵区 5~10°坡地植被盖度(<i>C</i>)的侵蚀模数(<i>E</i>)	10	-0.7985	$E = 2315.56 - 24.58 C$
辽西丘陵区 10~15°坡地植被盖度(<i>C</i>)的侵蚀模数(<i>E</i>)	24	-0.8819	$E = 4614.40 - 51.59 C$
辽西丘陵区 15~25°坡地植被盖度(<i>C</i>)的侵蚀模数(<i>E</i>)	9	-0.9669	$E = 9818.58 - 115.75 C$

表 8 坡耕地土壤侵蚀量编码的确定

码后三位数字		×××140A	×××140B	×××240	×××340	×××440
编 码 说 明		<3°缓坡漫	3~5°	5~10°	10~15°	15~25°
		岗坡耕地	坡耕地	坡耕地	坡耕地	坡耕地
辽 东 地 区	计算土壤侵蚀模数	260.5	577.9	1703.9	3207.4	7116.0
	编码第一位数字	2	3	4	5	8
辽 西 地 区	计算土壤侵蚀模数	336.1	734.4	2120.8	3943.9	8616.9
	编码第一位数字	2	3	4	6	9

* 辽东包括辽北铁岭、康法及辽东半岛。

(4)土层厚度图。土层厚度的广义概念是可以生长植物层次的土壤厚度,就山地丘陵而言,土层是指尚未风化的母质上面的残积或坡积的碎屑松散物质。在流失冲刷速度大于风化速度的情况下,通过土层厚度和年侵蚀深度而计算的抗蚀年限,作为土壤侵蚀强度的又一个指标,对于石质山丘区而言,具有较强的科学指导意义。为求得这一指标,根据第二次土壤普查的土壤图,按土种一级的分布,转绘成大于 100cm、60~100cm、30~60cm 及小于 30cm 四级土层厚度,与此同时把不含砾石和含砾石 50%或介于期间的分别定为土质、石质和土石质及砂质等 4 个二级分类。

分布图是在 1:5 万土壤图上圈绘后求积,制成 1:200 000 比例尺成果图。

2.6 土壤侵蚀量的确定方法

根据 Landsat-5 的 TM 多光谱合成的假彩色图片的色调、纹理、密度及几何图形等信息,在参照有关专题图件同时,可以较为精确地把每个图斑的土层厚度、岩性、地形坡度、利用及植被盖度区分开并加以定量,但无法从影像上直接确定土壤侵蚀量,如何应用上述定量的侵蚀因素,计算出每个地块的具体侵蚀量,我们根据不同侵蚀类型,采用了以下方法。

2.6.1 水力侵蚀类型的侵蚀量 从 1985 年第一次应用遥感技术测查全省土壤侵蚀现状开始,到本次研究工作前,曾先后在全省 46 个县共进行 293 个座包括塘坝在内的小二型水库测淤及上游集水区景观调查(见表 6)。根据统一编写的《小二型水库淤积量及集水区景观调查方法》各地均分别编写了调查报告,并据实测淤积量,计算不同地类土壤侵蚀模数。

同时广泛收集了省内 9 个水土保持试验站、点多年连续的径流小区试验资料,特别是铁岭泉河水水土保持试验站经 11 年连续测定坡耕地的定点观测资料,经整理编拟了不同地类的侵蚀量数学关系模型作为测淤的计算依据。各类型的土壤侵蚀模数计算的数学模型见表 7。

表 9 风力侵蚀强度分级及参照指标

侵蚀分类编码	地理位置	地貌特征	风沙移动及危害
214141	建平西北、阜新市东北及康平、昌图与内蒙接壤地带,另辽中、新民、台安等地	固定平坦沙地,坳间平地、草甸、低洼沙地	春季干旱地表裸露时期起沙风速>5m/s
314141 或 314123	彰武、康平北部,黑山东台安桑林北,辽中茨榆坨及辽河、浑河、柳河冲积的河漫滩地	固定和局部未固定沙地,呈微起伏漫岗、阶地	春旱时>5m/s 风速可起沙,但不构成危害。有风沙压灾害发生
414104	彰武的章古台、后新丘、西六家、四合城乡等镇,昌图、台安北部、黑山东部、瓦房店,以及老哈河、辽河、浑河、柳河、绕阳河等部分河段的滩地、阶地	半固定沙地交错分布有流动沙地呈微起伏波状地貌	起沙风速 4m/s,风沙压毁作物时有发生,虽可生长植被,但春季多风,风蚀较为强烈
北部沙丘区 614206 中南部沙丘 (地) 514106	彰武、康平北部、台安西北、大连瓦房店东岗、横山乡,及上述河流部分河段	地面高差 2~10m 多呈新月型沙丘,或高差 1 m,迎风坡有明显沙垄,多为波状起伏地面	沙体有明显移动现象,旱风季节,飞沙弥漫,遮天蔽日,搬运堆积的特点明显可见

侵蚀分类编码	植被与盖度		土壤理化性质	卫片显示特征
		包括作物(%)		
214141	多数已垦为耕地,低地生长莎草、香蒲草,有防护林网	70(耕地)	耕地有机质含量>1%,非耕地 0.5%~0.8%,物理粘粒含量>10%,持水量>6%,属高容水沙地。	
314141 或 314123	约 50%耕种,植被有小片杨柳树蒿草、茅草,有防护林带。	50~70 (耕地)	未利用沙地有机质含量 0.5%左右,物理粘粒不足 10%,耕地可见不明显腐质层。	
414104	常见沙生植物群落,如沙蓬,沙蒿,酸枣、麻黄、甘草	30~50	有机质 0.3%~0.4%,物理粘粒含量 7%~10%,持水量 4%~5%,发育层次不明显	
北部沙丘区 614206 中南部沙丘 (地) 514106	植被稀疏或无植被生长,间或有差木嘎蒿,小红柳、沙蓬草丛,遇强风连根拔起	<30	北部草原风沙土有机质含量极低或只有痕迹,中部沿河沙丘稍高,粘粒含量也因分布地区不同,但土壤极为松散,毫无结持力	

表 10 土壤侵蚀危险程度确定表

土壤侵蚀强度分级、量、深		厚度	Ⅳ<30cm		Ⅲ 30~60cm		Ⅱ 60~100cm		Ⅰ >100cm		V 裸岩
		抗蚀年限编码	年数	编码	年数	编码	年数	编码	年数	编码	
1	<200t	<0.16mm	1250	1	2187	1	4375	1	5625	1	全部<20年填写参与均为4
2	200~500t	0.16~0.4	~500	2	~875	2	~1750	1	~2250	1	
3	500~1500t	0.4~1.2	~167	2	~292	2	~583	2	~750	1	
4	1500~2500t	1.2~2.0	~100	2 或 3	~175	2	~350	2	~450	1	
5	2500~3500t	2.0~2.8	~71	3	~125	2	~250	2	~321	1	
6	3500~5000t	2.8~4.0	~50	3	~87	3	~175	2	~225	1	
7	5000~6500t	4.0~5.2	~38	3	~67	3	~134	2	~173	1	
8	6500~8000t	5.2~6.4	~31	3	~55	3	~109	2 或 3	~141	1	
9	>8000t	>6.4	<30	4	<55	3	<100	3	—	1	

表 11 山丘区非耕地(林、草、果、柞、荒)土壤侵蚀量编码确定

图斑编码第六位数			×××××1	×××××2	×××××3	×××××4	×××××5
辽 东 地 区	第四位编码为 3 或<3 时 即<15°坡	计算侵蚀量 $t/(km^2 \cdot a)$	0.1	289	868	1548	2172
		第一位编码数	1	2	3	4	5
	第四位编码为 4 即 15°~25°坡	计算侵蚀量 $t/(km^2 \cdot a)$	20	242	1869	3497	5532
		第一位编码数	1	2	4	6	7
	第四位编码为 5 即>25°坡	计算侵蚀量 $t/(km^2 \cdot a)$	240	810	3431	6052	9328
		第一位编码数	1	3	6	8	9
辽 西 地 区	第四位编码为 1 即>5°坡	计算侵蚀量 $t/(km^2 \cdot a)$	37.1	89.3	193.7	298.1	350.3
		第一位编码数	1	1	1	2	2
	第四位编码为 2 即 5~10°坡	计算侵蚀量 $t/(km^2 \cdot a)$	103.4	349.2	840.8	1332.4	1578.2
		第一位编码数	1	2	3	3	4
	第四位编码为 3 即 10~15°坡	计算侵蚀量 $t/(km^2 \cdot a)$		487.2	1519.0	2550.8	3066.7
		第一位编码数	1	2	4	5	5
	第四位编码为 4 即 15~25°坡	计算侵蚀量 $t/(km^2 \cdot a)$		558.6	2873.6	5188.6	6346.1
		第一位编码数		3	5	7	7

表 12 辽宁省诸流域土壤侵蚀面积统计 km^2

代码		01	02	03	04	05	06	07	08	09
流域	合计	辽河	浑太河	鸭绿江	大凌河	辽东半岛 入黄海	辽东半岛 入渤海	渤海西岸 入海	入滦河	入第二 松花江
总面积	145744.7	41835.7	27654.0	16654.7	20340.4	16483.3	7791.7	12734.9	1710.0	540.0
<500t/ (km ² ·a)	79777.6	24096.2	19099.5	12085.2	6973.9	8376.2	3472.4	4579.6	686.5	408.10
小 计										
1	63920.1	20604.2	15816.6	10336.4	5922.9	4405.9	2147.7	3779.4	610.1	296.9
2	15857.5	3492.0	3282.9	1748.8	1051.0	3970.3	1324.7	800.2	76.4	111.2
>500t/ (km ² ·a)	51161.0	12239.0	4874.3	3973.6	11835.3	6712.9	3580.9	6877.9	951.7	115.4
小 计										
3	20156.3	5964.0	2900.8	2399.7	2865.3	2820.6	1203.1	1651.7	245.8	105.8
4	14648.4	3995.1	1427.8	926.8	2641.2	2374.0	1580.2	1453.5	247.4	2.4
5	7477.4	1359.2	352.8	141.3	2760.9	634.3	322.0	1850.9	50.0	6.0
6	5302.1	764.4	123.1	416.4	1726.1	710.1	354.2	1064.0	142.6	1.2
7	1781.20	81.80	8.0	—	923.8	66.0	65.2	528.0	108.4	
8	1536.60	66.1	47.4	55.4	824.3	104.3	25.0	282.6	131.5	
9	258.5	8.4	14.4	34.0	93.7	3.60	31.2	47.2	26.0	
其 它	14806.1	5500.5	3680.2	595.9	1531.2	1394.2	738.4	1277.4	71.8	16.5

表 13

土壤侵蚀动态变化

km²

市 名 称	总 面 积	土壤侵蚀面积变化比较						其中各级变化情况					
		1986 年		1996 年		减少		轻度 500~2500t/(km ² ·a)					
		侵蚀面积	占总面积 %	侵蚀面积	占总面积 %	面积	占 1986 年 %	1986		1996		减少	
								km ²	%	km ²	%	km ²	%
全省计	145744.7	65648.0	45.0	51161.0	35.1	14487.0	22.1	39164.0	59.7	34805.2	68.0	4358.8	11.1
沈阳市	12861.4	2694.5	21.0	1980.4	15.4	714.1	26.5	1818.3		1729.2		891	
大连市	12797.5	8308.2	62.79	5722.7	44.7	2585.5	31.1	6325.8		4231.4		2094.4	
鞍山市	9244.5	3086.6	33.4	2815.9	30.5	207.7	8.8	3086.6		2417.9		668.7	
抚顺市	11256.2	2739.6	24.3	2092.3	23.9	47.3	1.7	2533.4	92.5	2416.9	89.8	116.5	4.6
本溪市	8408.2	2099.8	25.0	1576.4	18.7	523.4	24.9	2026.1	96.5	1221.6	77.5	804.5	39.7
丹东市	14685.2	4907.0	33.4	3968.6	27.0	938.4	19.1	3688.2		3440.8		247.4	
锦州市	9836.0	4250.7	43.2	3509.5	35.7	741.2	17.4	2288.6		2330.6		+42.0	
营口市	5289.6	2073.5	39.2	1807.8	34.2	265.7	12.8	1664.5		1501.0		163.5	
盘锦市	3354.4	50.0	1.5	38.4	1.1	11.6	23.2	50.0		38.4		11.6	
阜新市	10349.7	7001.9	67.7	5498.4	53.1	1503.5	21.5	3678.4	52.5	4268.1	77.6	+589.7	+16.3
辽阳市	4722.1	1234.9	26.2	920.8	19.5	314.1	25.4	905.9		756.0		149.9	
铁岭市	13014.4	3694.2	28.4	2649.4	20.4	1044.8	28.3	3071.3		2484.9		586.4	
朝阳市	19682.2	15960.3	81.1	11951.4	60.7	4008.9	25.1	5117.6	32.1	5152.3	43.1	+34.7	+0.7
葫芦岛市	10243.3	7546.7	73.7	6029.0	58.9	1517.7	20.1	3398.7		2816.1		582.6	
其 中 各 级 变 化 情 况													
中度 2500~5000t/(km ² ·a)						强度 5000~8000t/(km ² ·a)						极强>8000t/(km ² ·a)	
1986		1996		减少		1986		1996		减少		1986	
km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
19069.0	29.0	12779.5	25.0	6289.5	33.0	6113.0	9.3	3317.8	6.5	2795.2	45.7	1302.0	2.0
876.2		250.4		625.8		—		—		+0.8		+0.8	
1982.2		1285.7		696.5		—		—		+178.4		178.4	
489.5		347.7		141.8		—		47.5		+47.5		—	
206.2	7.5	242.8	9.0	+36.6	+17.7	—		25.8	6.96	+25.8		6.8	0.25
73.7	3.5	270.2	17.1	+196.5	+267.0	—		54.6	3.6	+54.6		30.0	1.9
1218.8		468.8		732.0		—		30.2		+30.2		—	
1837.9		1038.9		799.0		124.2		140.0		+16.0		—	
409.0		279.6		129.4		—		22.8		+22.8		—	
—		—		—		—		—		—		—	
1858.9	26.5	1039.5	18.9	819.4	44.1	1369.6	19.6	183.1	3.3	1186.5	86.6	95.0	1.4
329.0		151.6		177.4		—		12.0		+12.0		—	
622.9		138.1		484.8		—		26.4		+26.4		—	
5983.0	37.5	4604.1	38.5	1378.9	23.0	3652.6	22.9	2062.1	7.3	1590.5	43.5	1207.1	7.6
3181.8		2644.1		537.7		966.2		534.1		432.1		—	
各级侵蚀的各年后面的%,指占总侵蚀面积的%,增长%,指的是 1986 年的%。													

为了方便土壤侵蚀图图斑的前两位即土壤侵蚀强度和危险程度分级的确定,根据上述数学模型,计算出对应有关侵蚀因素应划定的量级,编拟出“土壤侵蚀量编码确定表”和“侵蚀危险程度确定表”,方便图斑侵蚀量的标定。(见表 8)。

2.6.2 风力侵蚀类型的侵蚀量 辽宁省风力侵蚀类型区,主要分布在干旱多风、古湖、河海沉积和近代泛滥洪积的沙性母质、植被稀少的风沙土类区域,其风蚀强度与砂土的成因、所处地理位置以及人为活动有关。从风力侵蚀的危害角度,主要表现沙丘移动,沙地的风剥、沙压,因此对风蚀的强度分级不采取移动的沙量作为分级指标,重点以上述危害形式的发生频率定量。

表 14 辽宁省山地丘陵坡度与土壤侵蚀

km²

市 名 称	总 面 积	平地 $\leq 3^{\circ}$				山区合计 $\geq 3^{\circ}$						
		小计	%	$\leq 200\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	$200 \sim 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	小计	占总面积 %	$\leq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	占山区 %	$\geq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	占山区 %	
全省市	145744.7	44162.8	30.3	34553.1	9609.7	86775.8	59.5	35614.8	41.0	51161.0	59.0	
沈阳市	12861.4	7979.7	62.0	7014.4	965.3	2318.9	18.0	3385	14.6	1980.4	85.4	
大连市	12797.5	4005.9		2814.5	1191.4	7414.6	57.9	1691.9	22.8	5722.7	77.2	
鞍山市	9244.5	3178.9		2071.6	1107.3	5010.1	54.2	2194.2	43.8	2815.9	56.2	
抚顺市	11256.2	1488.8		780.8	708.0	9306.6	82.7	6614.3	71.1	2692.3	28.9	
本溪市	8408.2	832.0		534.4	297.6	7248.6	86.2	5672.2	78.3	1576.4	21.7	
丹东市	14685.2	2438.9		1468.1	970.8	11680.2	79.5	7711.6	66.0	3968.6	34.0	
锦州市	9836.0	4927.4		4593.1	334.3	3644.2	37.1	134.7	3.7	3509.5	96.3	
营口市	5289.6	1558.1		1045.7	512.4	2850.2	53.9	1042.4	36.6	1807.8	63.4	
盘锦市	3354.4	1700.1		1700.1	—	38.4	—		38.4	38.4	38.4	
阜新市	10349.7	3512.7	2750.1	762.6	5912.0	57.1	413.6	7.0	5498.4	93.0	3087.4	
辽阳市	4722.1	1324.3		1156.0	168.3	2732.9	57.9	1812.1	66.3	920.8	33.7	
铁岭市	4722.1	1324.3		1156.0	168.3	2732.9	57.9	1812.1	66.3	920.8	33.7	
朝阳市	19682.2	4168.2		3078.9	1089.3	4582.0	74.1	2630.6	18.0	11951.4	82.0	
葫芦岛市	10243.3	2319.2		1753.6	565.6	6972.0	68.1	943.0	13.5	6029.0	86.5	
		浅丘 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$			缓坡 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$			中坡 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$				
		小计	占山区 %	$\geq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	小计	占山区 %	$\leq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	$\geq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	小计	占山区 %	$\leq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	$\geq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$
全省市	145744.7	13204.3	15.2	13204.3	17022.2	19.6	3277.0	13745.2	11870.3	13.7	3337.8	8532.5
沈阳市	12861.4	1338.9	1338.9	510.4		198.5	311.9	333.2		80.8	252.4	129.6
大连市	12797.5	916.0		916.0	2047.4		515.6	1531.8	1641.8		90.0	1551.0
鞍山市	9244.5	500.0		500.0	396.3		138.7	257.6	675.4		451.8	222.6
抚顺市	11256.2	1051.8		1051.8	588.3		232.9	355.4	1479.1		919.8	559.3
本溪市	8408.2	433.2		433.2	427.6		63.2	364.4	392.1		247.7	144.4
丹东市	14685.2	1650.0		1650.0	772.5		145.5	627.0	702.9	310.7	392.2	4090.4
锦州市	9836.0	652.36		652.3	1242.6		133.1	1109.5	775.1		1.6	773.5
营口市	5289.6	182.8		182.8	517.6		69.0	448.6	311.2		16.0	295.2
盘锦市	3354.4	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
阜新市	10349.7		3087.4	2098.9		413.6	1685.3	336.1		—	336.1	334.8
辽阳市	4722.1	221.2		221.2	302.7		58.3	244.4	361.0		175.4	185.6
铁岭市	4722.1	1400.0		1400.0	1403.3		454.4	948.9	802.5		584.4	218.1
朝阳市	19682.2	1126.0		1126.0	5022.9		687.6	4335.3	2948.3		448.4	2499.9
葫芦岛市	10243.3	606.3		606.3	1691.7		166.6	1525.1	111.6		11.2	1100.4
		陡坡 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$				急陡 $\geq 25^{\circ}$						
		小计	占山区 %	$\leq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	$\geq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	小计	占山区 %	$\leq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	$\geq 500\text{t}/$ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$	其他		
全省市	145744.7	24031.4	27.7	15677.2	8354.2	20647.6	23.8	13322.8	13322.8	7324.8		
沈阳市	12861.4		59.2	70.4	6.8		—	6.8	256			
大连市	12797.5	1916.1		682.5	1233.6	893.3		403.8	489.5	137		
鞍山市	9244.5	2022.9		1260.5	762.4	1415.5		343.2	102.3	105		
抚顺市	11256.2	4341.1		4047.5	293.6	1846.3		1414.1	432.2	46		
本溪市	8408.2	1991.6		1823.2	168.4	4004.1		2538.1	466.0	32		
丹东市	14685.2		33810	709.4	4464.4		3874.4	590.0	50			
锦州市	9836.0	413.6		—	413.6	560.6			—	560.6		
营口市	5289.6	885.8		603.2	282.6	952.8	354.2	598.6	88			
盘锦市	3354.4	—	—		—	—	161					
阜新市	10349.7			334.8	54.8		—	54.8	92			
辽阳市	4722.1	1026.0		973.1	52.9	822.0		605.3	216.7	66		
铁岭市	4722.1	2618.7		2552.3	66.4	795.6		779.6	16.0	126		
朝阳市	19682.2	2497.0		—	2497.0	2987.8		1494.6	1493.2	92		
葫芦岛市	10243.3	1718.8		249.7	1469.1	1843.6		515.5	1328.1	90		

表 15

土壤侵蚀危险程度与侵蚀强度分布

km²

侵蚀强度	合计	无险型 抗蚀>1000 年	较险型 抗蚀 100~ 1000 年	危险型 抗蚀 20~ 100 年	极险型 抗蚀 <20 年	毁坏型 裸岩
合 计	* 130938.6	92185.3	19649.6	16197.7	124.4	2781.6
<500t/(km ² ·a) 无明显侵蚀	79777.6	74674.1	2321.9	—	—	2781.6
>500t/(km ² ·a) 侵蚀合计	51161.0	17511.2	17327.7	16197.7	124.4	—
轻度侵蚀 500~2500t/(km ² ·a)	34805.2	17455.6	16585.7	763.9	—	—
中度侵蚀 2500~5000t/(km ² ·a)	12779.5	55.6	742.0	11981.9	—	—
强度侵蚀 5000~8000t/(km ² ·a)	3317.8	—	—	3317.8	—	—
极强侵蚀 28000t/(km ² ·a)	258.5	—	—	134.1	124.4	—

* 全省总面积为 145744.7km²,上表未包括居民点、水域、场矿等占地 14806.1km²

表 16

林草植被覆盖度与侵蚀

项 目		计	>90%	70%~90%	50%~70%	30%~50%	10%~30%	<10%	其他
总计	km ²	145744.7	24041.3	11347.4	9895.2	6714.3	4922.2	8816.9	65201.5
	%	100.0	16.5	7.8	6.8	4.6	3.4	6.0	
<500t 无明显侵蚀	km ²	79777.6	24041.3	5790.8	758.9	238.3	1096.0	1918.3	45934.0
	%	100.0	30.1	7.3	0.95	0.3	1.4	2.4	57.6
	占各盖度级的%		100.0	51.0	7.7	3.6	22.3	21.8	
>500t 土壤侵蚀计	km ²	51161.0	—	5556.6	9136.3	6476.0	3826.2	6898.6	19267.5
	%	100.0	—	10.9	17.9	12.7	7.5	13.5	37.6
	占各盖度级的%			49.0	92.3	96.4	77.7	78.2	
500~2500t 轻度级	km ²	34805.2	—	5556.6	5633.9	4118.0	1044.6	701.1	17751.0
	%	100.0		16.0	16.2	11.8	3.0	2.0	51.0
	占各盖度级的%			49.0	56.9	61.3	21.2	8.0	
2500~5000t 中度级	km ²	12779.5	—	—	3502.4	1162.7	1376.2	5527.0	1211.2
	%	100.0			27.4	9.1	10.8	43.2	
	占各盖度级的%				35.4	17.3	28.0	62.7	
5000~8000t 强度级	km ²	3317.8	—	—	—	1195.1	1367.4	577.1	178.2
	%	100.0				36.0	41.2	17.4	5.4
	占各盖度级的%					17.8	27.8	6.5	
>8000t 极强强度级	km ²	258.5	—	—	—	—	38.0	93.4	127.1
	%	100.0					14.7	36.1	49.2
	占各盖度级的%						0.8	1.1	

表 17 坡耕地分布与土壤侵蚀

项 目		合计		3~5°		5~10°		10~15°		15~25°		>25°	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
计	km ²	18730.5		10575.4	56.5	6578.8	35.1	1217.0	6.8	252.1	1.35	53.2	0.3
	%												
轻 度	km ²	17154.2		10575.4	61.6	6578.8	38.4						
	%	91.6		100.0		100.0							
中 度	km ²	1271.0						1271.0	100.0				
	%	6.8						100.0					
强 度	km ²	178.2								178.2	100.0		
	%	0.95								70.7			
极 强	km ²	127.1								73.9	58.1	53.2	41.9
	%	0.68								29.3		100.0	

辽宁省风沙土的现有研究成果表明,形成风蚀的起沙风速,因风沙土的沙粒粒径而异,古代冲、坡积沙地的起沙风速 5m/s,沿河堆积地 2m/s,沿海沙地 5m/s。但由于沙土的颗粒组成复杂及所处地理位置、地形条件不同,每个地块的风蚀程度较难以确定。特别是有无防护林网及其防风的效能,风沙土本身有机质和粘粒的含量,土壤结持力的增强程度都将影响土壤抗蚀力的变化。综合上述条件,根据已有资料对辽宁省分布的风蚀类型区,划定为 4 个侵蚀等级亦采用 6 位编码分类,大体与土壤学分类上划定的流动、半固定和固定风沙土发育的 3 个阶段相符,详见“风力侵蚀度分级及与参考指标表(见表 9)”。

2.6.3 重力侵蚀 辽宁省重力侵蚀主要表现形式有崩塌、泥石流、山洪及滑坡,多发生在山地地区。山坡陡峭岩体破碎的中山区,由于人类生产和生活的不合理开发利用,使实际危害的发生与波及范围扩大,在低山丘陵区也时有发生。特别是近年来,辽东地区重力侵蚀发生频繁,灾害波及范围也日益扩大。1981~1987 年段除 1983 年外,每年都有发生,波及东部山区 7 个县,14 个乡镇,死亡人数 780 人,为 1981 年前 21 年的 12 倍,冲毁耕地 46 467hm²,住房 34 228 间,直接经济损失 3.24 亿元。冲毁公路、铁路、桥梁、水利工程、输电、通讯等设施以及因停工所造成的直、间接损失颇巨。在辽宁省境内的重力侵蚀,不论是以何种形式发生均显示了受灾面广,成灾迅速,灾情严重,损失巨大。人为破坏作用速度增快,暴雨的诱发作用增强等特征。根据解译及实际调查,对重力侵蚀多发区的表示方法仍采用倒三角标志在图上标出。

2.7 土壤侵蚀危险程度的确定

土壤侵蚀危险程度指标是指现有土层厚度的抗蚀年限分级。计算的两个条件,一是土层厚度,二是根据土壤侵蚀强度计算的年侵蚀深度,前者已有同比例尺专题图件,经覆盖后即可清楚判定图斑的土层厚度(z)。后者年侵蚀深度(e)则根据侵蚀强度计算得值,抗蚀年限(Ye)的计算公式: $Ye = z/e$ (mm)。

为使计算值贴近实际情况,对土层厚度值减去 10cm 无效土层作为运算值,从低到高的摆动值取中间平均数,年侵蚀深度采用上限值,为填图方便,编写了“土壤侵蚀危险程度确定表(见表 10)”。

3 土壤侵蚀现状

3.1 土壤侵蚀面积分布

经建立解译标志,目视解译成图,野外验证,修正补充及求积量算等一系列步骤,得出全省

土壤侵蚀面积[侵蚀模数大于 $500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$]为 $51\,161.0\text{km}^2$, 占全省总面积的 35.1% 。其中水蚀类型为 $49\,098.1\text{km}^2$, 占侵蚀面积的 95.96% , 风力侵蚀类型面积 $2\,062.9\text{km}^2$, 占 4.03% 。

全省按土壤侵蚀模数分级, 属无明显侵蚀分为 $<200\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 及 $200\sim 500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 两个极微度及微度级, 面积分别为 $63\,920.1\text{km}^2$ 和 $15\,857.5\text{km}^2$ 。上述两级除分布在辽河冲、淤积平原外, 有 44.6% 分布在山地丘陵区。在土壤侵蚀模数大于 $500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 全省共划分为 7 个侵蚀级, 其中较轻度级 [$500\sim 1\,500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$] $20\,156.8\text{km}^2$, 轻度级 [$1\,500\sim 2\,500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$] $14\,648.4\text{km}^2$, 中度级 [$2\,500\sim 3\,500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$] $7\,477.4\text{km}^2$, 重中度级 [$3\,500\sim 500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$] $5\,302.6\text{km}^2$, 较强度级 [$5\,000\sim 6\,500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$] $1\,781.2\text{km}^2$, 强度级 [$6\,500\sim 8\,000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$] $1\,536.6\text{km}^2$, 极强度级 [大于 $8\,000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$] 258.5km^2 , 随侵蚀强度增大所占面积越小。

3.2 土壤流失量

将土壤侵蚀强度换算另一个量级概念——土壤流失量, 即用各级侵蚀面积分别乘以该档次的平均侵蚀模数, 经累计, 全省年土壤流失量估算为 1.18 亿 t , 约占全省在册耕地的 12% , 相当于 4.07 万 hm^2 耕地的 20cm 耕层土壤消失。从总流失量推算, 辽宁省山丘地区平均土壤侵蚀模数为 $1\,356\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 各市年土壤流失量大体与土壤侵蚀面积比例相一致, 辽西仍属较强侵蚀区, 辽东半岛次之, 再次属辽北, 辽东最轻。辽西朝阳市山地丘陵面积占全省山地丘陵面积的 16.8% , 而年流失量占全省的 32.8% 。

3.3 土壤侵蚀面积在流域分布

按辽宁省流域划分, 各级土壤侵蚀面积的分布见表 12。

3.4 土壤侵蚀危险程度

土壤侵蚀的另一个分级指标是危险程度, 它以抗蚀年限划定依据, 全省无险型(抗蚀年限大于 $1\,000$ 年)面积 $92\,185.3\text{km}^2$, 占全省 63.3% 。其中除全省冲淤积平原为 $44\,162.8\text{km}^2$, 占无险型的 47.9% 外, 另 52.1% 分布在土壤侵蚀强度弱的地区。即分布在山丘区的无险型面积为 $48\,022.5\text{km}^2$, 占全省山丘面积的 55.3% 。全省无险型(抗蚀年限 $100\sim 1\,000$ 年)面积 $19\,649.6\text{km}^2$, 占 13.5% ; 危险型($20\sim 100$ 年)面积为 $16\,197.7\text{km}^2$, 占 11.1% ; 极险型(<20 年)及裸岩面积 $2\,906.0\text{km}^2$, 占全省面积的 20% 。危险程度的分级与土壤侵蚀面积及强度的分布, 大体随险型增加所占侵蚀面积和侵蚀强度级别也递增。

3.5 土壤侵蚀类型

辽宁省土壤侵蚀类型包括水力侵蚀、风力侵蚀和重力侵蚀 3 种。分述如下:

3.5.1 水力侵蚀 以降雨、径流为主要动力的侵蚀, 广泛分布在辽宁省东西两厢及辽东半岛山丘和辽北丘陵地带, 面积为 $49\,098.1\text{km}^2$, 占总土壤侵蚀面积的 96.0% , 是辽宁省土壤侵蚀的主要类型。在水力侵蚀类型中, 因地质、岩性条件差异而表现斜面与沟谷侵蚀两种形式, 本次调查结果表明, 在坡度较陡的石质山地多斜面侵蚀, 发育在较难风化的石英岩、花岗岩及石灰岩的山地丘陵, 罕见新发育的侵蚀沟, 辽宁东部山区属于斜面侵蚀。沟谷侵蚀多发生在丘陵及山地中下部, 地质条件多属抗蚀弱的砂页岩及第四纪黄土堆积区, 辽西及辽东半岛符合上述条件, 因此在斜面侵蚀时常伴有程度不等的沟蚀, 甚至因沟谷的溯源下切侵蚀及塌岸, 常构成主要的侵蚀沙源。

在水力侵蚀类型, 对侵蚀等级的划分采用两个指标, 其一是以土壤侵蚀模数的大小划分, 辽宁共出现从 $500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 到大于 $8\,000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 7 个等级, 其中较轻度级侵蚀模数 $500\sim$

1 500t/(km²·a)分布最多 19 332.4km²,占全部水蚀类型 49 096.8km² 的 39.4%,大于 8 000t/(km²·a)极强度侵蚀级仅占 0.2%。其二是按土地资源厚度的抗蚀年限为指标,用危险程度分级,以突出那些处于强烈侵蚀区但多石质山地,侵蚀沙源少,仅用侵蚀模数不足以表明其危害程度的侵蚀地带。

3.5.2 风力侵蚀 以风为主要动力的侵蚀区,是以风沙土区为重点区,在辽宁集中分布在西北部与内蒙科尔沁砂地南缘相接壤区,还零星分布于辽河及其右岸支流柳河、绕阳河两岸及其古河道区的部分河段,另在洋河与沙河、蒲河之间的下游段,呈有零星分布,但近年固沙措施已发挥效果,侵蚀程度已大大减弱。以风力侵蚀为主的面积 2 539.2km²。风力侵蚀的强度是以危害程度和发生频率划分,在辽宁出现较轻、轻、中及重 4 级,统用水力侵蚀分级分类编码,但不表示其移动的沙量。在 4 级中最多是轻度级,其面积为 1 186.4km²,占风力侵蚀类型的 57.5%。最少为中度级仅占风蚀的 0.5%。

3.5.3 重力侵蚀 主要发生在辽宁东部山区,大体是从桓仁西南经宽甸、凤城、岫岩至庄河与海城东南、营口、盖州、瓦房店至普兰店所夹山地,主要为龙岗——千山山脉的南段延续部分。山地坡陡谷深,岩体主要属花岗岩、片麻岩,多垂直节理,土薄岩裸,植被稀疏,基岩风化,在雨季 24h 降雨多出现 100~200mm、最多可达 300mm 以上(据岫岩水文站从 1976~1988 年 13 年间测定 24h 降雨有 9 年大于 100mm,1 年大于 300mm)。在较强水力动能作用下,受地貌、岩体及植被等综合影响,山体以崩塌、泥石流、山洪和滑坡等形式出现危害严重的山地灾害,重力侵蚀区多交错分布在水力侵蚀类型区内,限于本次成图比例尺小,难以图斑形式标出,对多发区以(^)符号标志成图。

3.6 土壤侵蚀图斑分类

土壤侵蚀图斑分类是指土壤侵蚀的危险程度及土壤侵蚀因素,包括岩性、地貌、坡度、利用及植被覆盖度等差异,出现在每个侵蚀强度中的不同类型,按 6 位编码的不同组合。本次调查共出现 130 个分类,其中小于 500t/km² 无明显侵蚀的两个微度级中,有 43 个分类,大于 500t/km² 的有 87 个,其中较轻度级 27 个,轻度级 20 个,中度级 16 个,重中度级 9 个,较强度级 4 个,强度级 4 个,极强度级 7 个。

各个分类的面积相差悬殊,从几平方公里到万余平方公里,如分类编码为 313313 应命名为“石质中坡中覆被林地无险型较轻度侵蚀区”面积仅 7.6km²,分布在辽北石质丘陵阳坡。而分类编码 112511 为“土石质中低山急陡坡高幅度林地无险型无明显侵蚀区”面积 11 312.7km²。

土壤侵蚀分类还有较明显的地域差异性,特别是在中强度以上的侵蚀级中表现明显,如分类编码为 632306,其分类命名为“土石质中坡荒地危险型重中度侵蚀区”分布面积为 1 933.2km²,其分布在辽宁西部的朝阳、葫芦岛及阜新 3 个相邻的市辖区内,又如分类编码为 8320440 为“土石质、低山陡坡耕地危险型强度侵蚀区”,面积为 178.2km²,只分布在长大铁路线以东的辽宁东部山区范围内。

由于对土壤侵蚀的分类重点放在辽宁的山丘区,故对平原区的土地利用、类别未加划分,如分类编码为 113140,皆命名为“土质平原农地无明显侵蚀区”。泛指辽宁广大冲积平原,其中包括水旱田耕地、经济作物、园田、也包括轮荒、盐碱、涝洼湿地等难利用土地。

4 土壤侵蚀动态

如前所述辽宁省于 1986 年曾在水利部统一部署下,应用遥感技术编制全省 1:50 万比例

尺土壤侵蚀现状图,该项工作从1984年开始到1986年10月完成经松辽水利委员会汇同水利部派员验收。该项成果成为辽宁省首次通过普查,阐明了全省土壤侵蚀现状分布。

此前各有关单位曾对辽宁的土壤侵蚀情况进行过许多工作,如50年代末期水利勘测设计院曾根据辽河流域规划、大小凌河流域规划、绕阳河上游流域及辽宁东部山区规划中的土壤调查资料,编制1:100万比例尺的“辽宁省侵蚀类型区划图”,1965年中国科学院林业土壤研究所与辽宁省农业厅编制1:200万比例尺“辽宁省土壤侵蚀分区图”,1972年水力勘测设计院水土保持组根据各水文站多年输沙模数编制1:100万比例尺的“辽宁省侵蚀模数等值线图”,综上述成图,限人、物力条件,均非经实际调查测绘,多属利用有关资料整编,且比例尺小,分级指标不一,分布及面积数字误差较大,研究动态可比性差。

本次普查与1986年相比,第一次遥感普查采用的卫片中约占一半以上是使用分辨率低的MSS信息,而本次全部使用分辨率高的TM信息,从而为判读不同地类和其边界轮廓更加清晰、精确,为完成较大比例尺的成图创造了条件。本次土壤侵蚀强度的分级虽然划分为9级,但其每两级的上下限与第一次分级吻合,由于先后两次普查的手段、方法相同,分级标准一致,可比性较强。

4.1 土壤侵蚀变化情况

4.1.1 土壤侵蚀的面积变化 全省现有土壤侵蚀面积已从1986年的65 648km²降为51 161km²,减少14 487km²,是1986年的9.9%。即全省土壤侵蚀面积从原来占全省面积的45%降为35.1%。这种变化有区域性差异,辽西地区土壤侵蚀面积从1986年占全区的69%降为53.8%,降15个百分点,而辽东地区从28.4%降24%仅降低4个百分点(表13)。

4.1.2 土壤侵蚀强度级的变化 将本次测定的9个侵蚀强度按侵蚀模数小于500t/(km²·a)、500~2 500t/(km²·a)、2 500~5 000t/(km²·a)、5 000~8 000t/(km²·a)及大于8 000t/(km²·a)5个级别合并与1986年分布的各强度级比较。就全省统计,各强度级均呈减少趋势,减少的幅度随侵蚀强度增大而增加。轻度级减少11.17%,中度级减少33.0%,强度级减少45.7%,极强度减少80.1%。各强度级占总侵蚀面积比例也出现变化,轻度级从原占总侵蚀面积的59.7%增为68.0%,增加8个百分点,而中度级由原来占侵蚀面积29.0%降为25.0%,强度级和极强度级也分别由原来的9.3%、2.0%降为6.5%和0.5%。各强度级均比1986年减少,扣除轻度级增加,其它强度级占总侵蚀面积的比例降低,进一步说明土壤侵蚀向逐渐减轻发展。但各市变化情况则不尽相同,符合上述统计结果的集中在阜新、朝阳辖区的西部山区,以阜新为例,土壤侵蚀面积较1986年降低14.5%,各侵蚀强度级除轻度增加16.3%以外,其它中度以上各级面积均明显减少,减少幅度分别是44.1%、86.6%和91.1%。第二种情况是除轻度级面积减少外,从中度级即出现增加趋势,但因增加幅度不大,尚未使总侵蚀面积发生逆向变化,必须引起重视。如抚顺和本溪总侵蚀面积分别比1986年减少0.4%和2%,轻度级分别减少4.6%和39.7%,但中度级分别比1986年增加17.7%和26.70%,同时出现占各侵蚀面积的1.2%和5.5%的强度级以上的土壤侵蚀面积。符合上述情况主要发生在桓仁、本溪、清原和新宾4个县,新发生的侵蚀强度级分别占各县总面积的7.3%、2.4%、2.3%和1.85%。第三种情况即轻度、中度个别,如葫芦岛市辖区连同强度级均呈减少变化,且减幅比重较大,但均新产生分散且面积较小的强度和极强度的侵蚀地段(表13)。

4.1.3 年流失量的变化 根据各侵蚀强度级土壤侵蚀模数的平均值乘以分布面积所估算的年土壤流失量,本次计算结果为11 766.8万t,以相同的估算方法,1986年为18 123万t,

减少 6 356 万 t,减少量是 1986 年的 35.1%,变化幅度远大于总侵蚀面积减少比例,符合本次调查中、强、极强度侵蚀面积大幅度减少的客观事实。按土壤年流失量推算,山丘区平均侵蚀模数,全省从原 1986 年 $2\,088\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 下降为 $1\,356\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。年流失量减幅最大的是阜新市,从 1986 年的 2 215 万 t 降为 1 516 万 t,山丘区平均侵蚀模数从 $3\,747\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 降为 $1\,718\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,1986 年按侵蚀模数排列仅次于朝阳市,占第 2 位,现降为第 4 位。

4.2 原因分析

4.2.1 加强预防管护 自 1991 年 6 月《中华人民共和国水土保持法》颁布实施以来,落实国家对水土保持工作实行“预防为主,全面规划,综合防治,因地制宜,加强管理,注重效益”的方针,各地的预防监督工作取得了明显的成效。全省先后组织了 42 个县开展了监督执法试点工作,执法试点县,首先从组织上落实了专职监督管护员 4 000 多名,平均每人控制面积 21.7km^2 ,从而为切实遏制新的水土流失,制止人为破坏有了可靠的组织保证。抚顺县的土壤侵蚀面积减少了 28%,是其所在市减少量的 6 倍,其中度侵蚀减少了 48.8%。由于该县是国家的执法试点县,全县共有水土保持执法监督员 297 人,人均控制面积 5.5km^2 。另外,从植被盖度的变化可以看出,植被盖度 $>70\%$ 的植被面积从 1986 年的 $33\,150\text{km}^2$,增加为 1996 年的 $35\,389\text{km}^2$ 植被盖度 $>90\%$ 的植被面,从 1986 年的 $12\,411\text{km}^2$ 增加为 $24\,041\text{km}^2$,增幅为 93%。

4.2.2 治理标准质量的提高 进入 80 年代以小流域为单元,对水土流失进行综合治理,取得了明显的成效。在实际工作中,以全国水土保持重点治理区柳河流域为龙头,以省级为重点治理区凌源、建平为两翼,带动全省先后开展了上千条小流域水土保持治理,其中 369 条小流域达到国家竣工验收标准。阜新柳河流域上游是 80 年代全国水土保持重点治理区,1986 年测查其土壤侵蚀面积为全市 14.8%,其中强度土壤侵蚀面积为 698.5km^2 ,占全市的 51%,经过对流域内 62 条小流域重点治理,全市的强度土壤侵蚀面积降为 183.1km^2 ,而柳河流域只有 3.6km^2 ,占全市的 1.97%。

朝阳市全区 1986 年土壤侵蚀模数为 $4\,362\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 降为 1996 年的 $2\,649\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。一个很重要的原因,其所属的凌源县是中央财政部扶持的重点小流域水土保持治理县,治理程度达到了 82%;建平县自 1984 年开展了以沙棘为主要树种的大规模造林活动以来,已形成了几十万公顷的人工沙棘林景观,水土保持效果显著。联合国也曾经对此市的治山治水工作中进行过资金扶持,治理标准要求较高。

5 土壤侵蚀面积的变化特点及今后工作的指导意义

5.1 水土保持工作任重道远

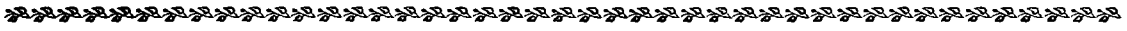
从两次土壤侵蚀遥感普查的成果来看,10 年间减少 22.1%。理论上,到下一世纪 40 年代,在不发生重大地质灾害事件和大量人为因素破坏的情况下,按目前的治理速度,可望基本控制辽宁省的土壤侵蚀,但从中度以上级土壤侵蚀大幅度减少的情况分析,如果继续坚持当前的治理方略,进一步加大治理资金的投入力度,坚持集中治理、连续治理、科学治理,可望提前实现控制辽宁省土壤侵蚀的目标,从而从根本上改变辽宁省生态环境。

5.2 辽西仍是辽宁省的治理重点地区

纵观 10 年间辽宁省土壤侵蚀变化,辽西的土壤侵蚀面积的减少幅度大于辽东山区。这与
(下转第 27 页)

1. 采用冬季时相的 TM 片,由于地被植物和云量比夏季少,影像清晰、逼真,有利于确定地物位置,研究地貌,划分土地利用类型,加上充足的野外调查资料与之对应,误判的可能性相当小。本次研究的结论是利用冬季时象的 TM 片进行地物的定性研究是一种方便、快捷、准确、经济的科学方法。

2. 利用 5 月份时象的 TM 片进行植被盖度的定量研究,弥补了全靠肉眼观测植被盖度之不足,卫片上植被盖度定量尺度的建立的植被因子解译工作更加完善,它的可操作性不仅克服了室内判读的人为性和盲目性,而且增加了准确性和客观性,提高了室内判读的效率。



(上接第 22 页)

近期水土保持的治理重点战略有着密切的关系。但从现状看,辽宁西部山区的水土流失状况仍是辽宁省的“重灾户”,其侵蚀面积占总面积的百分数远高于全省侵蚀面积占总面积的平均数(35.1%)。尽管朝阳市由 1986 年的 81.1%减少为现在的 60.7%,葫芦岛由 73.7%减少为 58.9%,阜新市由 67.7%减少为 53.1%,但仍比东部山区各市高出 1.5~2 倍。本次查明抚顺市、本溪市、丹东市土壤侵蚀面积占总面积的百分比分别为 23.9%、18.7%、27%。因此把辽宁西部山区作为水土保持的治理重点是必要的。

5.3 低山丘陵区应重点管护

土壤侵蚀模数小于 $500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 称为微度侵蚀,或无明显侵蚀。在辽宁省的分布面积达 $79\,778\text{km}^2$,除平地 $44\,163\text{km}^2$,其余 $35\,615\text{km}^2$ 分布在山丘区,表明占山丘区面积 $86\,776\text{km}^2$ 的 41% 为无明显侵蚀,分别分布在丘陵、低山、中山地貌为 13.5%、56.1%、84.9%;而侵蚀发生在各地貌则为 86.5%、43.9%、15.1% 随地形起伏成反相关。这种情况表明相对高度低、坡度较缓的丘陵、低山由于开发历史长、人为活动强烈导致了土壤侵蚀面积分布广、强度高。因此,低山丘陵区的开发频繁区域应成为今后时期内的重点管护对象。

5.4 进一步强化封山育林措施

辽宁省覆盖度大于 30% 的林草地面积为 $51\,988\text{km}^2$,占总面积(不包括城镇、水域、厂矿等其它面积)的 39.7%,占山丘区面积的 59.9%。从这次普查成果来看,林草地的土壤侵蚀,是随覆盖度的降低而加大。覆盖度大于 90% 的林草地,土壤侵蚀模数均低于 $200\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,属不明显侵蚀区域。覆盖度在 70%~90% 林草地的土壤侵蚀面积占该覆盖度的 49%,而覆盖度在 50%~70% 及 30%~50% 的两个档次侵蚀面积的百分比分别为 92.3% 和 96.4%。与 1986 年普查结果相比较, >90% 覆盖度的林草地面积由占总面积的 18.1% 增加到 46.2%,增加了近 28 个百分点。显示了强化管护,严格封育的效果,是全省土壤侵蚀面积减少的主要原因之一。

5.5 警惕强度侵蚀

强度侵蚀[土壤侵蚀模数大于 $5\,000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$]是一种强烈的环境灾害,危害性极大。表现在西部地区为剧烈的侵蚀沟沟蚀;东部山区则为泥石流、山洪、滑坡等突发性山地灾害事件,往往造成财产损失和人员伤亡。近几年来,由于山区经济活动不断增大,破坏了原有的生态平衡,形成强度侵蚀灾害的潜在可能性逐步加大。1986 年东部山区还没有强度侵蚀,但这次普查可以看出很多市县出现了强度侵蚀和极强侵蚀,丹东、本溪、抚顺、大连 4 市这次就出现了 363.8km^2 。从卫片上,这些侵蚀呈点状分布,范围小而分散,这与东部山区的参场、蚕场、开矿、采石等开发建设活动有很大关系。由于东部山区是辽宁省的绿色屏障,一旦遭到破坏,极难恢复,因此,要有针对性地进行防治,及早动手。