

# 基于 GIS 技术的黑龙江省典型土壤有效土层厚度调查研究

解运杰, 刘凤飞, 白建宏, 孙雪文  
(黑龙江省水土保持科学研究所, 哈尔滨 宾县 150400)

摘 要: 东北典型黑土层厚度一直是诸多生态学者普遍关注的社会问题, 在水利部《东北黑土区水土流失现状及潜在危险程度研究》技术框架下, 通过土层厚度影响因子归类调查法, 在 GIS 环境下建立黑龙江省典型土壤土层厚度的评估数据库, 系统分析了全省典型土壤不同立地条件下的厚度量级指标, 以期为相关领域研究提供科学依据。  
关键词: 黑龙江省; 典型土壤; 有效土层厚度  
中图分类号: S 152. 2; S127 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 06-0251-03

## Investigations on Typical Effective Thickness of Soil Layer of Heilongjiang Province Based on GIS Technology

XIE Yun-jie, LIU Feng-fei, BAI Jian-hong, SUN Xue-wen  
(Scientific Research Institute of Soil and Water Conservation of Heilongjiang Province, Bin County, Harbin 150400, China)

**Abstract:** The thickness of black soil layer of the Northeastern model has been the social concern that a great deal of ecologists have generally paid close attention to all the time, under the technological frame by Ministry of Water Resources ‘Study on current situation and potential danger degree of soil erosion in Northeastern black earth district ’, the assessment database of the typical thickness of soil layer in Heilongjiang Province was set up based on GIS, through the method of factors classification of soil layer thickness, the indexes of thickness of provincial typical soil layer in sites were analyzed systematically, in the hope of offering scientific basis for studying relevant field.  
**Key words:** Heilongjiang Province; typical soil; effective thickness of soil layer

### 1 有效土层厚度调查

土壤是地表生物依附生长的自然承载体, 土壤性状是反映土地生产力的重要指标, 由于土壤内部生物化学演变, 物质迁移积累、能量转换等一系列过程均在土体环境内部进行, 因而, 土壤的三维性状即成为衡量土壤持久肥力和持续利用的重要标准。黑龙江省具有有效土层浅薄、土壤侵蚀潜在危险程度高的地域特点。所谓有效土层, 是指具有肥力特征的土壤腐殖质层(A)或耕作层(A<sub>p</sub>)。黑土区典型黑土(黑土、黑钙土)的有效土层一般以黑土层亦即腐殖质层的厚度衡量, 非典型土壤(暗棕壤、草甸土、白浆土)有效土层厚度一般以耕作层以上活土层厚度衡量。土壤环境以有效土层厚度为表观对土地生产力发生影响, 基于这一原则, 针对土壤三维性状的直观指标—有效土层厚度, 结合水利部下达给东北四省区的合作攻关项目《东北黑土区水土流失现状及潜在危险程度研究》, 开展相关项目的调查研究。

### 2 研究过程及方法

土层厚度调查采用影响因子归类调查法。综合分析确定影响土层厚度的自然地理因子, 矢量生成各因子的数据层面, 在 GIS 环境下对因子矢量建库, 叠置集成, 提取因子组合

类型, 按照抽样调查的技术规范布设样区(点), 应用 GPS 卫星定位系统进行野外定位, 开展土壤剖面调查。

#### 2. 1 土层厚度影响因子确定

- (1) 土壤类型。土类是影响土层厚度的原发因素, 根据土壤发生学原理, 由于成土因素不同, 形成了形态各异的土壤类别及其垂直层次的剖面特征, 进而产生了土层厚度的差异。因而, 土类与土层厚度具有较强的关联性。根据全国土壤普查结果, 黑龙江省主要土类分列如下。
- (2) 地形地貌。地形地貌是影响土层厚度的环境因素, 地形地貌作用于土层厚度既有水平分布的地带规律, 也有随海拔升高而呈现的垂直分布规律。一般在宏观和中域研究中以地貌作为影响因子的划分尺度, 在微域分布及其组合选取坡度、坡位为划分尺度。本项研究中参照《中国地貌制图规范》, 对全省按五级分类。
- (3) 土地类型。土地类型是影响土层厚度的社会因素, 对于某一特定地理环境的土壤而言, 耕作土壤与非耕作土壤、人工牧场与荒坡草被均可表现出不同的土层剖面差异。土地利用方式对土层厚度的影响一定程度上反映了人为活动引起的土壤性状的变化, 土地结构依据《土壤侵蚀遥感调查技术规程》划分如下:

\* 收稿日期: 2005-01-26  
基金项目: 水利部水土保持监测中心《东北黑土区水土流失现状及潜在危险程度研究》(2003—2005) 资助  
作者简介: 解运杰(1971—), 男, 黑龙江省鸡东县人, 工程师, 从事水土保持监测与科研工作。

表 1 东北黑土区主要土壤种类统计表			
土 纲	亚 纲	土 类	GIS 编码
淋溶土	温暖温淋溶土	暗棕壤	88
	湿温淋溶土	白浆土	89
	湿寒淋溶土	棕色针叶林土	10
半淋溶土	半湿温半淋溶土	黑土	16
钙层土	半湿温钙层土	黑钙土	18
初育土	土质初育土	风沙土	31
半水成土	暗半水成土	草甸土	38
水成土	矿质水成土	沼泽土	43
盐碱土	盐土	草甸盐土	45
	碱土	草甸碱土	50

表 2 地貌类型					
地貌类型	坡度组成	GIS 编码	地貌类型	坡度组成	GIS 编码
中 山 (绝对高程> 1000 m、 相对高程> 500 m)	3~ 5	12	台 地 (绝对高程< 300 m、 相对高程< 100 m)	< 3	41
	5~ 8	13		3~ 5	42
	8~ 15	14		5~ 8	43
	> 15	15		8~ 15	44
低 山 (绝对高程300~ 1000 m、 相对高程200~ 500 m)	3~ 5	22	平 原(绝对高程< 200 m,相对高程< 50 m)	> 15	45
	5~ 8	23		< 3	51
	8~ 15	24		3~ 5	52
	> 15	25			
丘 陵 (绝对高程< 500 m、 相对高程< 200 m)	< 3	31	(注: 由于不同坡位土层厚度的差异较大, 本次 调查采用坡上、中、下位三处剖面的平均厚度作 为该立地类型的厚度典型值。)		
	3~ 5	32			
	5~ 8	33			
	8~ 15	34			
	> 15	35			

表4 黑龙江省典型土壤有效土层厚度调查成果表								
项目类别	不同厚度土层面积及其典型立地条件类型							
	< 20 cm		20 ~ 40 cm		40 ~ 60 cm		> 60 cm	
	面积/km <sup>2</sup>	典型立地特征	面积/km <sup>2</sup>	典型立地特征	面积/km <sup>2</sup>	典型立地特征	面积/km <sup>2</sup>	典型立地特征
暗棕壤 88	7177	> 8 农地	152317	< 3 农地	431	< 3 农地	1027	< 3 农地
		> 8 疏幼林地		5~ 8 中高覆盖草地		< 3 中高覆盖草地		< 3 中高覆盖草地
		> 8 低覆盖草地		8~ 15 灌木林地		< 3 有林地		< 3 有林地
		8~ 15 高覆盖草地		> 8 有林地		< 3 灌木林地		< 3 灌木林地
白浆土 89	961	> 3 农地	30718	5~ 8 农地	431	3~ 5 农地	1027	< 3 农地
		5~ 8 草地		5~ 8 有林地		< 3 中低覆盖草地		< 3 中高覆盖草地
草甸土 38	84	8~ 15 农地	12469	5~ 8 灌木林	48022	5~ 8 低覆盖	23674	< 3 农地
				5~ 8 农地		3~ 5 农地		< 3 中高覆盖草地
				> 15 草地		3~ 8 中高覆盖草地		< 3 有林地
风沙土 31			199	8~ 15 低覆盖	433	5~ 8 低覆盖草地	3666	< 3 灌木林地
				3~ 5 中低覆盖草地		3~ 5 灌木林地		< 3 农地
								< 3 林地
								< 3 草地
黑钙土 18	975	5~ 8 农地	22219	3~ 5 农地	23	3~ 5 农地		< 3 农地
		3~ 8 低覆盖草地		3~ 8 中高覆盖草地		5~ 8 有林地		< 3 中高覆盖草地
				5~ 8 灌木林地				< 3 有林地
黑土 16	2827	5~ 8 农地	45920	3~ 5 农地	49	3~ 5 农地		< 3 农地
		5~ 8 灌木林地		3~ 5 灌木林地		< 3 农地		< 3 农地
		3~ 8 低覆盖草地		3~ 8 中高覆盖草地				< 3 中高覆盖草地
碱土 50			29	3~ 8 有林地	168	< 3 农地	914	< 3 农地
				< 3 农地		< 3 中覆盖草地		< 3 中高覆盖草地
盐土 45			18	< 3 低覆盖草地	168	< 3 灌木林地	914	< 3 有林地
				< 3 中低覆盖草地		< 3 农地		< 3 中高覆盖草地
沼泽土 43			6369	< 3 中覆盖草地	24150	< 3 灌木林地	4280	< 3 农地
				< 3 低覆盖草地		< 3 中高覆盖草地		< 3 灌木林地
棕色针叶林土	5515	> 8 农地	38559	< 3 农地		> 8 高覆盖草地		> 8 高覆盖草地
		8~ 15 有林地		8~ 15 灌木林地		8~ 15 有林地		8~ 15 有林地

2. 2 专题要素 GIS 数据制备

土壤类型: 采用中科院与农业部共同制作的数字化土壤数据。该土壤数据源自全国第二次土壤普查。数据格式为 ARC/INFO/coverage 文件和 E00 转换文件。等面积双标准纬线割圆锥投影。

地形地貌: 采用国家测绘局发布的 DEM 数据。1954 北京坐标系, 高斯- 克吕格投影系统, 按5 级级差(< 3、3~ 5、5~ 8、8~ 15、> 15) 进行坡度分级。输出 ARC/INFO/coverage 分级数据。

表 3 土地结构分类表			
一级分类	二级分类	GIS 编码	备注
1. 农地	水田	111 ~ 114	
	旱地	121 ~ 124	
2. 林地	有林地	21	
	灌木林地	22 ~ 24	
	高覆盖草地	31	覆盖度> 50%
3. 草地	中覆盖草地	32	覆盖度20% ~ 50%
	低覆盖草地	33	覆盖度在5% ~ 20%
4. 水域		41 ~ 44	非调查地类
5. 城镇工交		51 ~ 53	非调查地类
	沙地	61 ~ 62	
6. 未利用地	盐碱地	63	
	沼泽地	64	
	其它	65 ~ 67	

土地结构: 采用第三次全国土壤侵蚀遥感调查数据源——1999 年度土地结构 GIS 数据库。数据格式为 ARC/INFO/coverage, 双标准纬线等面积割圆锥投影。

上述专题数据提取到 GIS 平台 ARC/INFO 环境下, 转换为等面积双标准纬线割圆锥投影体系, 使之实现统一的数学空间基础。采用 GIS 叠置分析技术, 对土壤类型层面、地形地貌层面、土地利用层面进行矢量叠加运算, 生成黑龙江省土层厚度要素本底图层。

### 2.3 土层厚度影响要素归类分析

在 ARC/INFO 环境下, 对土层厚度要素集成 GIS 数据库的属性记录按照唯一性原则进行归类提取, 鉴于本次调查的地理尺度要求(1/10 万), 在不降低精度的前提下, 对面积成数小于 1/10 000 的特征类型予以忽略。计提取典型土壤土层厚度影响要素类型 113 种, 遴选主要类型 83 种, 覆盖面积 434 483 km<sup>2</sup>, 占调查面积的 95.58%。

### 2.4 野外踏勘及数据整编

野外踏勘应用 GPS 精确定位技术, 依据要素样点的地理坐标, 采取野外实地定位进行土壤剖面调查。填写样点剖面调查表, 录入数据管理平台。

以合并生成的土层厚度影响要素 GIS 数据库为本底, 通过对要素合集类型的归纳分类, 建立类型样本—类型总体间的数据关联, 使之由样点数据推广到面上图斑, 进而生成全省土壤厚度分布 GIS 空间数据库。该库在 1/10 万地理尺度上, 对全省不同立地条件下典型土壤的有效土层厚度作以全面评估。

参考文献:

[1] 解运杰, 王岩松. 东北黑土区水土流失重点治理区农耕地侵蚀现状与潜在危险程度分析[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 78–80.

[2] 杨华. 基于 GIS 和 RS 的土地利用变化趋势研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 144–147.

[3] 曾昭顺. 黑龙江土壤[M]. 哈尔滨: 黑龙江出版社, 1962.

[4] 席承藩. 中国土壤志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1988.

(上接第 75 页)

(2) 水土保持设施运行情况的监测。水土保持设施运行情况的监测, 应以基于侵蚀营力、地貌类型和水土保持防治措施布设而划分的水土保持监测类型区为单元, 对每一单元内的重点水土保持工程设施如挡渣墙、拦渣坝、护坡等工程的质量、完好性、稳定性进行普查, 对截排水沟、沉沙池等工程质量实施抽查, 对拦渣、沉沙工程的拦渣淤泥量进行抽样调查, 对不同植物措施的成活率、生长状况等, 设置样方进行调查。对于植物措施保存面积、保存率等指标的监测, 因植物措施面积大, 形状不规则, 现地量测困难, 可考虑结合样方调查结果使用最新的遥感影像进行判读, 用地理信息系统(GIS)进行统计和分析。

根据监测结果, 对水土保持设施运行情况做综合评价。

(3) 水土保持效益的监测。开发建设项目水土保持效益分三个方面: ①防治效果, ④社会效益, ④经济效益。

对于防治效果, 应根据前述项目的监测结果, 并运用一定的模型技术对扰动土地治理率、造成水土流失面积的治理度、水土流失控制比、拦渣率、植被恢复系数、植被覆盖率等六项指标进行定量计算。

参考文献:

[1] 中华人民共和国水利行业标准. 水土保持监测技术规程[S]. 2002. 10.

[2] 姜德文, 刘朝辉. 开发建设项目水土流失监测[A]. 全国第一届水土保持监测学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001. 67–72.

## 3 结果与分析

本项调查选取全省 5 个水土保持分区的 21 个流域和自然村屯, 计完成土壤剖面调查 258 个。典型土壤土层厚度调查结果如下:

由上述数据可见, 由于严重的水土流失, 黑龙江省典型黑土(黑土、黑钙土)土层厚度已在开发初期 60~80 cm 基础上发生了速度惊人的土壤损失, 目前黑土层残存厚度在 40~60 cm 的土地面积为 72 km<sup>2</sup>, 仅占黑土土壤面积的 0.1%。黑土层残存厚度在 20~40 cm 的土地面积为 68 139 km<sup>2</sup>, 占黑土土壤面积的 94.7%。局部陡坡耕地黑土层残存厚度<20 cm 的土地面积 3 802 km<sup>2</sup>, 占黑土土壤面积的 5.3%。受同类因素影响, 黑龙江省典型林业土壤—暗棕壤, 在局部毁林开荒地、低价次生林及疏幼林地的土壤流失有上升趋势, 目前暗棕壤残存土层厚度<20 cm 的土地面积为 7 177 km<sup>2</sup>, 占土壤总面积的 4.5%。

## 4 结 语

黑龙江省作为我国重要的农业大省和商品粮生产基地, 其土壤资源的质量及数量对于农业强省建设和实施农业可持续发展战略具有重要影响, 在当前黑土层加速变薄和逐渐消失的严峻形势下, 全面加快水土流失治理进度, 保护珍贵的黑土资源已成为关系全省农业兴衰乃至东北地区粮食安全和生态安全的重大举措, 势在必行。

对于社会效益, 可通过向社会发放问卷, 进行调查。

对于经济效益, 有直接的经济收入, 尤其是植物措施, 还有间接的经济效益分析。

## 6 结 语

跨区域大型线状建设项目, 引发水土流失的因素多, 产生水土流失的空间广、数量大、形式多, 水土保持措施类型复杂。我们不可能不分巨细、一丝不漏地对每一部分的水土流失及水土保持状况进行测定, 往往是以部分代表性点位的监测结果来反映总体的情况, 这就要求<sup>①</sup>监测点位必须具有代表性, <sup>④</sup>确定的点位数量必须合理, <sup>④</sup>每一点位监测结果的精度要高。

本文首先根据侵蚀营力、地貌类型及水土保持措施布设分区对监测单元进行了划分, 在每一监测单元内, 侵蚀营力、地貌类型和土质基本一致, 然后根据不同工程部位土壤侵蚀特点, 对监测点位进行了布设, 再针对每一点位上可能发生的侵蚀形式和危害以及水土保持特点提出了监测的内容和主要的监测方法。