

# 1 25 万土壤及地形数据库及指标体系研究

包亮<sup>1</sup>, 宇振荣<sup>2</sup>, 门明新<sup>2</sup>, Van Englen<sup>3</sup>

(1 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019; 2 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094; 3 荷兰瓦格宁根大学国际土壤信息与参比中心, 荷兰 0037)

**摘要:** 根据土壤及地形(SOTER)数据库基本原理和方法建立 1 25 万 SOTER 数据库, 重点研究和修正大中比例尺 SOTER 主地形体划分指标体系, 提出海拔高度分组指标、坡度分组指标和地势起伏强度分组指标, 并利用上述 3 个指标组合计算出样区 SOTER 主地形体组分(中坡度丘陵、低坡度山体台地、山谷、中坡度山体、山前倾斜平原和冲洪积平原), 以进一步发展和完善 SOTER 数据库理论方法体系。同时, SOTER 数据库的建立使原有的历次土壤普查、国土资源详查的资料信息化, 使之服务于土地资源的评价、管理与保护。

**关键词:** SOTER; 主地形体指标; 土壤及土地资料

中图分类号: S12

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)04-0259-05

## 0 引言

为了正确掌握土地资源与环境变化的动态规律, 以便制定相应的对策, 20 世纪 80 年代以来, 联合国粮农组织(FAO)、联合国环境署(UNEP)、联合国开发计划署(UNDP)、国际土壤学会(ISSS)等国际组织, 先后提出各种研究土壤退化和环境保护的时空变化规律方案<sup>[6]</sup>。终于在 1986 年, 国际土壤参比信息中心基于 Sombroek 的研究报告<sup>[8]</sup>提出了 SOTER 计划((Soils and Terrain Spatial and Attribute Digital Databases, 简称 SOTER))。后经过多年多区域实践, 1995 年 ISRIC 正式出版《SOTER 手册(第五次修订版)》<sup>[9]</sup>, 标志着 1 100 万全球和国家尺度 SOTER 方法的成熟。

SOTER 计划的目的是建立一套世界范围的 1 100 万信息库, 最终服务于全球和区域性的作物适宜性、土壤退化、森林生产力、全球土地变化、灌溉适宜性、农业生态分区和干旱灾害评价与治理<sup>[9]</sup>。因其解决了数据采集、组织、管理上缺少统一可比标准的问题, 实现了数据资源共享, 为土壤信息系统走向规范化、全球化、实用化奠定了应用基础, 在世界各地得到广泛应用<sup>[11]</sup>: 全球尺度, 目前工作重点完成 1 500 万全球 SOTER 数据库, 用以更新并取代 FAO 在 20 世纪 80 年代初完成的世界土壤图, 拉丁美洲及加勒比海地区 1 500 万 SOTER 数据库已经完成, 其它地区如东非、南非、北亚、中亚、东南亚、欧洲、北美等地区工作都正在进行中; 国家尺度, 1 100 万乌拉圭、肯尼亚、阿根廷(北部地区) SOTER 数据库, 1 50 万匈牙利、约旦、叙利亚数据库都相继完成, 其它如中国、俄罗斯等也都在进行这一尺度的研究; 地区尺度, 目前主要还是处于试验性研

究阶段中, 涉及尺度 1 25 万至 1 5 万不等, 叙利亚、黎巴嫩、埃及、埃塞俄比亚、突尼斯等已开始或即将开始这一尺度的研究工作。

我国的土壤土地工作者, 几十年来从事了大量的土壤调查与制图工作, 编制了各种不同目的与不同比例尺的土壤图, 但由于制图所采用的数据缺乏统一性、系统性与动态性的严格科学标准, 特别是由于土壤分类及分析方法不断有所改变, 难以将不同图幅的数据相互转换, 也难与国际兼容, 而且土壤图的质量与实用性也无法提高, 因此建立我国 SOTER 数据库, 对于管理和使用好我国的土地, 充分发挥土地生产力, 促进土地资源的持续利用有重要意义。同时, SOTER 数据库可系统地组织土壤土地资料, 使我国历次土壤普查和国土资源调查资料数字化和信息化, 有效地防止了资料的损坏和丢失。比较而言, 我国 SOTER 工作起步较晚, 主要涉及 1 50 万与 1 100 万 SOTER 数据库两个地区尺度<sup>[2-5]</sup>。另外 1 25 万县域尺度 SOTER 数据库地建立已有报道<sup>[6]</sup>, 但基本是沿袭 1: 100 万 SOTER 数据库的作法, 没有很好的解决建设大比例尺 SOTER 数据库的问题。

国内外对于大中比例尺 SOTER 数据库研究不多且不够深入的一个重要的原因是缺乏适合大中比例尺的 SOTER 主地形体划分指标。2000 年由荷兰 SA L 基金会资助, 瓦格宁根大学与中国农业大学主持的“Towards Sustainable Land Management, 简称 SULUMA 项目”, 1 25 万 SOTER 数据库及其应用研究作为子课题之一, 在我国黄淮海平原选取有代表性地区- 邯郸地区作为样区, 研究建立 1 25 万中尺度 SOTER 数据库。1 25 万中尺度 SOTER 数据库与全球和国家级(1 100 万~ 1 500 万) SOTER 数据库相比, 信息量更大而且分辨率更高, 可操作性和实用性更强。这个数据库的建立不仅在理论、方法上对进一步发展和完善 SOTER 数据库理论、方法体系有指导作用, 而且对有效利用和管理邯郸地区土地, 促进二熟地区农业可持续发展具有重要意义。本文介绍了依据 SOTER 的基本原理建立邯郸地区 1 25 万 SOTER 数据库, 重

收稿日期: 2003-04-22 修订日期: 2004-05-13

基金项目: 荷兰 SA L 基金会的“中荷合作项目”“可持续土地管理(SULUMA)”(SA L - SPP299. 399); 内蒙古农业大学博士科研启动金(k13613)资助

作者简介: 包亮(1970- ), 男, 内蒙古呼和浩特人, 副教授, 博士, 主要从事土地资源管理与草原土壤研究。呼和浩特 内蒙古农业大学生态环境学院, 010019

点研究了适用于该比例尺的主地形体指标,为今后大中比例尺 SOTER 数据库工作提供借鉴。

## 2 研究区概况和基础资料

### 2.1 研究区概况

邯郸地区位于黄淮海平原中部,北纬 $36^{\circ}03' \sim 37^{\circ}02'$ ,东经 $113^{\circ}27' \sim 115^{\circ}29'$ ,总面积 $1.2 \text{万 km}^2$ 。地势西高东低,以京广铁路为界,东部地区为山前洪积冲积平原,西部为侵蚀剥蚀地形。气候属暖温带半干旱半湿润气候,年均温 $12.5 \sim 13.9^{\circ}\text{C}$ ,年降水 $485.6 \sim 589.9 \text{mm}$ 。土壤类型有棕壤、褐土、新积土、风沙土、石质土、粗骨土、沼泽土、潮土、水稻土和盐土。土地利用以农业为主,种植小麦、玉米、棉花等作物。

### 2.2 基础资料

#### 2.2.1 数字高程模型(DEM)

数字高程 DEM 是计算主地形体的基础,其制作有多种方法包括遥感图像、地形图以及地面实测等。邯郸地区 DEM 的制作以 1:25 万地形图(Arc/INFO Coverage 格式,国家基础地理信息中心提供)为基础,在 ArcView 工作平台上分 4 个步骤完成。

1) 利用 ArcView 3D(三维分析)模块建立邯郸地区矢量数字高程 TIN:西部山区等高线密集清晰,直接基于等高线建立 TIN;东部平原海拔高度 $30 \sim 50 \text{m}$ 之间,而 1:25 万地形图等高线间距为 $100 \text{m}$ ,因此东部平原区没有等高线分布,采用高程控制点替代等高线建立 TIN。

2) 利用 ArcView Grid Analysis(栅格分析)模块中的 Conversion to grid(转换成栅格)命令分别将西部山区和东部平原 TIN 转为栅格文件格式,设定栅格大小为 $500 \text{m} \times 500 \text{m}$ 。

3) 利用 ArcView Grid Analysis 模块 merge 命令合并西部山区和东部平原 grid 文件,以等高线精度较高的西部山区为基准图层。

4) 利用 ArcView Grid Analysis 模块 extract grid with shapefile(利用 shape 文件提取栅格)命令提取邯郸地区 DEM 栅格图(图 1)。



图 1 邯郸地区数字高程图

Fig 1 The DEM of Handan

#### 2.2.2 土壤普查资料

建立邯郸地区 1:25 万 SOTER 数据库主要采用邯郸地区 1:25 万土壤图以及相应的土壤数据。数据类型分描述性和数值型两类:描述性指标如土属种类名

称、土壤剖面代码、质地类型和土壤结构等;数值型指标包括发生层深度(cm)、全氮(%),全磷(%),全钾%、Olsen 磷(mg/kg)、碱解氮(mg/kg)、有效钾(mg/kg)、有机质含量(%)等。但是以上资料存在以下问题:建立邯郸地区 1:25 万 SOTER 数据库缺乏地质图,考虑到邯郸地区主要以冲洪积平原为主以及 1:25 万 SOTER 单元图显示图斑精度,采用 1:25 万母质图作为 SOTER 数据库岩性分类底图;土壤分类系统是我国发生分类系统,在建立 1:25 万 SOTER 数据库时需要与中国土壤系统分类或 FAO 1988 分类系统进行对比;土壤剖面数据严重缺乏。

## 3 邯郸地区 1:25 万 SOTER 数据库的建立

SOTER 是利用现代信息技术,通过对制图区域内土地类型的系统辨识,建立一个包括数字化地图单元及其相应属性数据的土壤地形体数字化数据库<sup>[9]</sup>。其中,划分 SOTER 单元是 SOTER 数据库建立的关键。基于大地形、岩性等指标对研究区域进行初步划分,划分出的单元称为地形体;地形体单元是较为初步的,通常还包含着一个或更多中地形及土壤类型的组合,因此需要作进一步细分;根据地形体单元内的地表形态、坡度、中地形和母质等差异,将地形体继续细分为若干个地形体组分;在地形体组分基础上,根据土壤类型差异又将其进一步细分为若干个土壤组分。

SOTER 属性数据记录涉及到从地形体到土壤组分的一系列属性特征的变化内容,记录数据文件包括地形体属性表、地形体组分属性表、土壤组分属性表、代表性土壤剖面属性表、代表性土壤剖面层次属性表等,涉及有关土壤及地形地貌数据达 118 个。各属性文件间通过关键字段连接起来,由关系数据库管理系统组织管理。通过 SOTER 单元标识码将属性数据库和 SOTER 单元图连接起来,形成完整的 SOTER 数据库。

### 3.1 主地形体

地形体(landform)反映区域的地形特征,主要根据海拔高度、坡度、地形起伏分辨,是 SOTER 数据库第一划分层次,描绘 SOTER 单元的地貌特征,主要根据 SOTER 第一、二级地形体划分指标<sup>[9]</sup>。但 SOTER 手册中地势强度化分指标不统一,以 $100 \text{m}/\text{km}$ 、 $600 \text{m}/2\text{km}$ 、 $50 \text{m}/\text{坡地单位}$ 和可变参量 4 种单位存在,仅仅适用于以地形图纸图为基础的主地形体绘制,不适用于以 GIS 为平台的空间数据计算。此外, SOTER 手册中地形体及其指标体系服务于 1:100 万 SOTER 空间数据库,并不适合大比例尺 SOTER 数据库的建立。因此,在国际土壤参比中心 Van Engelen 博士的指导下,根据邯郸地形地貌特征对地形体划分指标进行修正。

#### 3.1.1 海拔高度分组

基于邯郸地区 DEM 将海拔高度分为 6 组(图 2):冲积平原 $30 \sim 100 \text{m}$ ;山前倾斜平原 $100 \sim 300 \text{m}$ ;丘陵台地区 $300 \sim 600 \text{m}$ ;低山区 $600 \sim 1000 \text{m}$ ;低中山区 $1000 \sim 1500 \text{m}$ ;高中山区 $1500 \sim 1800 \text{m}$ 。

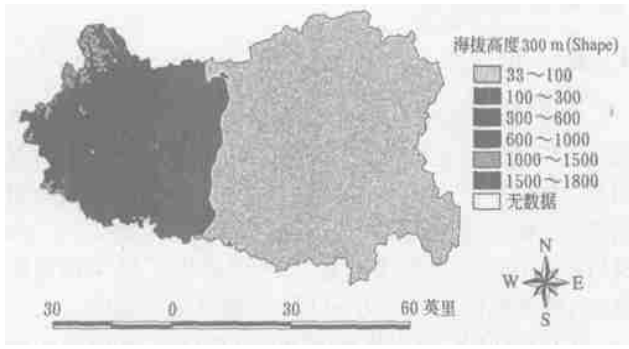


图 2 邯郸地区海拔高度分组

Fig 2 The elevation groups of Handan

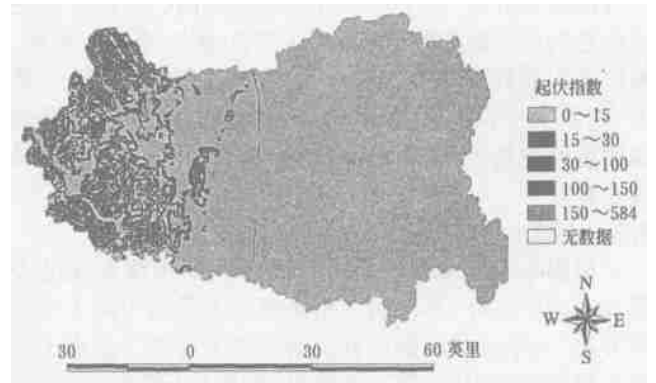


图 4 邯郸地区地势起伏指数分组

Fig 4 The relief index groups of Handan

### 3.1.2 坡度分组

基于DEM图采用Grid Map Calculation 栅格图形计算模块计算坡度,运用3×3窗口移动平均算法计算坡度,进一步根据地表坡度与地形关系将坡度分为4组(图3):极平地0~2%;平地2~8%;坡地8~30%;陡坡地>30%。

### 3.1.3 地势起伏强度分组

地势起伏强度(relief intensity)指特定距离地形内最高点与最低点的中数差异,这一特定距离是可变的,但在数据库中均以m/km表示。这个指标由于距离可变,只适合在地形图纸图上的手工计算。因此,Van Engelen在西欧地区主地形体(landform)图制作过程中针对地势起伏强度指标缺陷,提出地势起伏指数(relief index)。地势起伏指数是指一定距离范围内最低点和最高点海拔高度的差值<sup>[10]</sup>。

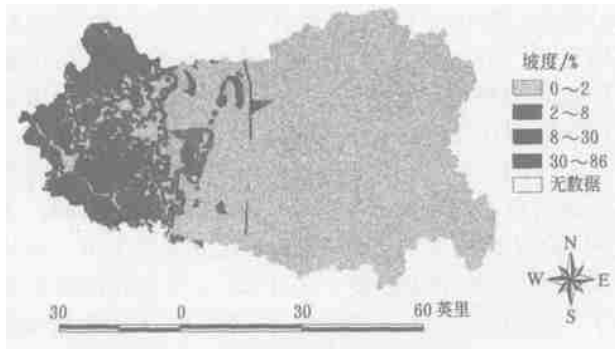


图 3 邯郸地区坡度分组

Fig 3 The slope groups of Handan

表 1 邯郸地区主地形体类型及其指标体系

Table 1 Landform and its indexes of Handan

主地形体类型	主地形体名称	海拔高度 /m	坡度 /%	地势起伏指数/m
LP	冲洪积平原	30~100	0~2	0~15
LF	山前倾斜平原	100~300	0~2	0~15
LM	低坡度山体台地	300~600	2~8	15~30
SH	中坡度丘陵	300~600	8~30	30~100
SM	中坡度山体	600~1000	8~30	30~100
TM	高坡度山体	1000~2000	>30	100~150
LV	山谷	300~600	0~2	0~15

利用Arcview Spatial Analysis 中Reclassify 分类命令将海拔高度、坡度和地势起伏指数按表1分类;随后在Grid Map Calculation 中按照表1的指标组合计算主地形体,最后利用邯郸地区矢量地形图校正主地形体边界,Edit 中编辑数字化生成邯郸地区主地形体图(图5)。

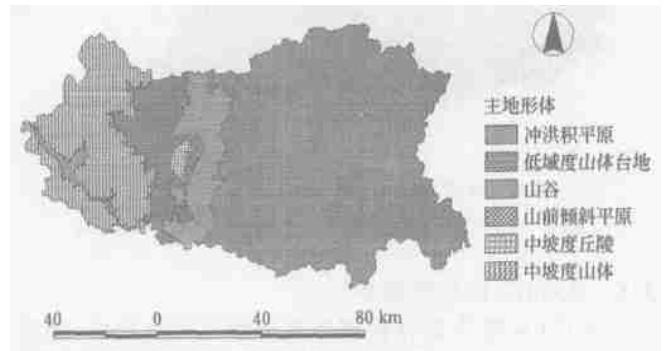


图 5 邯郸地区主地形体图

Fig 5 The landform of Handan

对于邯郸地区而言,地势起伏指数计算移动窗口大小与计算坡度时移动窗口大小相同。在Arcview Spatial Analysis 空间分析模块中选用Neighborhood Analysis 邻域分析命令,首先计算最大海拔高度,随后计算最小海拔高度,最后利用Grid Map Calculation 计算海拔高度差值得到地势起伏指数。根据地势起伏指数与地形的关系将地势起伏指数分为5组(图4):平坦0~15m;微起伏15~30m;起伏30~100m;较起伏100~150m;剧烈起伏>150m。

### 3.1.4 计算主地形体

根据海拔高度、坡度和地势起伏指数3个指标,按照表1所列指标组合划分样区主地形体。

### 3.2 母质

由于我国第二次土壤普查采用的发生分类体系中,土类以下主要根据土壤母质、质地、土层厚度区分,因此可以根据《邯郸土壤》中亚类名称更新1:25万邯郸土壤图的属性表,如邯郸低中山区广泛分布的钙质残坡积石灰性褐土,由土壤亚类名称可知其土壤母质为钙质残破积物。随后在Arcview 中利用Dissolve Wizard 命令进行图斑合并,产生1:25万邯郸母质图。样区母质主要包括钙质残破积物、硅质残破积物、泥硅质残破积物、酸性硅铝质残破积物、中性硅铝质残破积物、红黄土、黄土、砾质洪冲积物、砂质洪冲积物、砂壤质洪冲积物、轻

壤质洪冲积物、中壤质洪冲积物、壤质洪冲积物、粘质洪冲积物。

### 3.3 土壤

根据 SOTER 制图要求并结合我国土壤系统分类研究工作的实际,本次制图中土壤分类采用中国土壤系统分类,土壤分类级别以到亚类为基本标准<sup>[7]</sup>。由于基础土壤资料(包括土壤文字资料、剖面分析资料)是在发生分类的基础上完成的,因此不能直接为 SOTER 利用,制图前需要对发生分类资料按系统分类标准进行参比、转换。样区土壤可归属于雏形土、新成土、有机土、人为土、盐成土 5 个土纲,分为筒育湿润雏形土、筒育干润雏形土、底锈干润雏形土、灌淤干润雏形土、淡色潮湿雏形土、湿润正常新成土、干润冲积新成土、干润砂质新成土、扰动人为新成土、纤维正常有机土、筒育水耕人为土、潜育水耕人为土、潮湿正常盐成土 13 个土类。

### 3.4 SOTER 单元的确定

SOTER 单元应包含主地形体、母质、土壤类型等三个层次的信息。因此使用 Union 命令将以上三个层次的地图进行叠加。第一步:主地形图和母质图叠加,产生 SOTER 景观单元图。第二步:SOTER 景观单元图和土壤图叠加,产生包含主地形、母质特征及土壤三类信息的 SOTER 单元(图 6),并进行 3 级编码,分别代表主地形属性、母质类型和土壤类型。

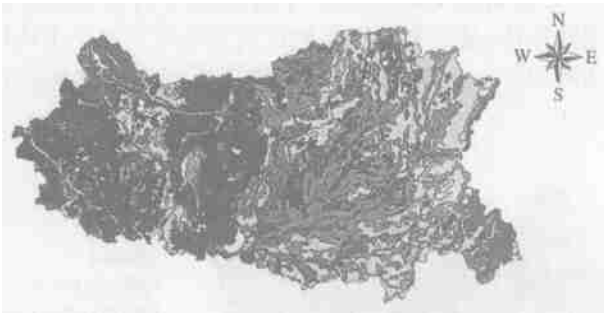


图 6 邯郸地区 1:250000 SOTER 单元图

Fig. 6 The 1:250000 SOTER unit map of Handan

### 3.5 SOTER 属性数据库

SOTER 整个属性数据库主要由 6 部分组成:地形体属性文件、地形体组分属性文件、地形体组分数据文件、土壤组分文件、土壤剖面属性文件及土层属性文件。SOTER 数据主要包括有地形数据:如高程、地表坡度、地势起伏强度、坡长、坡形等;岩性母质数据;土壤数据,是占比例最大的数据,包括土壤类型、诊断层、诊断特性、理化分析指标等;水文数据,如地表水体、地下水深度、洪水情况、侵蚀情况,包括地面切割程度、侵蚀类型、程度及影响面积等;各种编码,用于数据库各文件间的联系,如 SOTER 单元编码,地形体组分编码,土壤组分编码和剖面编码及土层编码等。属性数据库可以通过 Access 分层建立。

## 4 结论

如何利用过去几十年积累的地形、地貌、土壤、水文、气候、植被、土地利用等数据,使之服务于当代乃至

后代,为可持续土地利用提供科学决策依据,已成为制约我国农牧业可持续发展的“瓶颈”问题之一,而 SOTER 方法的出现为解决该问题提供了较为理想的框架,邯郸地区 1:25 万 SOTER 研究工作表明。

1) SOTER 数据库的理论、方法体系已经较为完善,可以扩展到小尺度应用。但将 SOTER 数据库应用于小尺度时,要根据研究区地形和地貌特征进行修正,如本文针对 1:25 万比例尺提出相应的主地形体指标(海拔高度分组指标、坡度分组指标、地势起伏强度分组指标);

2) SOTER 工作对数据的要求比较高,涉及到从地形体到土壤组分多达 118 个数据,而我国现有的土壤普查资料仅能提供不多可应用性指标,如何通过少量调查分析结合我国第二次土壤普查资料计算土壤传递函数,进而估算 SOTER 所需要的指标是我国建设 SOTER 数据库面临的主要问题;

3) 国外在建立 SOTER 数据库的基础上,已经开展了水土流失危险性评价<sup>[11]</sup>、土地退化和粮食产量评价<sup>[12]</sup>、土壤盐碱化<sup>[13]</sup>以及土地评价<sup>[14]</sup>等方面研究工作。我国 SOTER 数据库的应用研究主要集中于土地生产力评价,如安徽农业大学基于 SOTER 数据库开展水稻土生产力评价研究<sup>[4]</sup>,南京土壤研究所在海南省 SOTER 数据库的基础上应用 ALSES (Automated Land Evaluation System) 对海南省热带作物适宜性评价进行了研究<sup>[5]</sup>。因此,在 SOTER 数据库的基础上,如何借鉴国外成熟的模型定量研究水土流失、土地退化、土壤盐碱化等资源环境问题,还有待进一步深入开展研究。

SOTER 是一个面向全球的土壤信息系统,它为各国土壤信息系统资源的交流、共享奠定了一定基础。通过 SOTER 数据库的建设,有助于促进我国土壤土地数据库规范化、标准化建设。SOTER 工作在我国已经积累了一定的经验,进一步加强与完善 SOTER 数据库建设,对于当前土地资源的开发、利用和保护以及草地资源可持续利用有着十分重要的理论和现实意义。

### [参 考 文 献]

- [1] 龚子同,张学雷,等 SOTER 的建立及其在世界上的传播[J],地理科学,2001,(3):217-223
- [2] 陈学华 四川盆地 SOTER 数据库的建立方法[J] 土壤通报,土壤系统分类与 SOTER 专辑,1999,19(5):39-41
- [3] 张国枢 1:50 万 SOTER 制图与数据采集—以辽河下游地区为例[J] 土壤通报,1999,30(12):35-38
- [4] 张定祥,于东升,史学正 苏南 SOTER 数据库的建立及其在水稻土生产力评价上的应用[J] 安徽农业大学学报,2001,28(2):119-124
- [5] 张学雷,张甘霖,龚子同 SOTER 数据库支持下的土壤质量综合评价—以海南岛为例[J],山地学报,2001,19(4):377-380
- [6] 余炜敏,周建南 建立海南县级 1:25 万 SOTER 数据库的方法[J] 华南热带农业大学学报,2003,8(1):18-23
- [7] 龚子同 中国土壤系统分类—理论·方法·实践[M] 北京:科学出版社,1999

- [8] Sombroek W G. Towards a global soil resource inventory at scale 1:1M [R]. Working paper and preprint 84/4, ISRIC, Wageningen, 1984.
- [9] Global and National Soils and Terrain Digital Database Procedure [R]. International Soil Reference and Information Center, 1995.
- [10] Vincent van Engelen. Revision of the SOTER methodology [R], SOTER New letter, Num. 12, July 2002, ISRIC.
- [11] Van Engelen, Resink V W P J W, Gicheru P T Kenya: A study using the SOTER methodology [Z]. In N. Middleton and D. Thomas (ed) World Atlas of Desertification 2nd Ed Arnold, London, U.K. 1997.
- [12] Batjes N H. Degradation and vulnerability database for central and eastern Europe—preliminary results of the SOVEUR project [R]. Report of concluding workshop (Busteni, 26-31 October, 1999), Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), Room, Research Institute for Soil Science and Agrochemistry (RISSA), ISRIC, Wageningen, Netherlands 1999.
- [13] Romans A, Riezebos O. SO SA, SOTER salt status assessment program [R]. Bataversio, ISRIC, Wageningen, Netherlands 1997.
- [14] Mantel S. The automated land evaluation system applied to SOTER: With an example from West Kenya [Z]. Working Paper and Preprint 95/03 ISRIC, Wageningen, Netherlands 1995.

## 1 250000 soil and terrain spatial and attribute digital databases and its landform indexes system

Bao Liang<sup>1</sup>, Yu Zhenrong<sup>2</sup>, Men Mingxin<sup>2</sup>, Van Englen<sup>3</sup>

(1. College of Ecology and Environmental Sciences, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

3. International Soil Reference Information Center (ISRIC), Wageningen University, Netherlands 0037)

**Abstract:** Soil and terrain spatial and attribute digital databases (SOTER) at a scale of 1:250000 was studied according to the theory and methodology of SOTER database. The research focused on exploring suitable landform indexes for this scale. The classification of elevation, slope and relief index was produced. Based on elevation, slope and relief index, landform of research area were calculated and delineated, they are medium slope hill, low slope mountain and mesa, valley floor, medium slope mountain, gentle slope floor and alluvial-diluvial plain. The construction of SOTER makes it possible that historical soil and land survey data, which had been set aside without usage, was transformed into information system. These data can serve for land evaluation, land management and land protection. The theory and methodology of SOTER was also extended by this research, this showed an example of the application of SOTER methodology to small scale.

**Key words:** SOTER; landform index; soil and land information