

基于地理信息系统技术的土壤质地分类 特征提取与数据融合^{*}

张时煌 彭公炳 黄 玫

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要 根据不同来源不同比例尺的土壤质地分布图资料(比例尺为1:1400万, 范围为中国境内)、土壤发生学分类的土壤类型分布图资料(比例尺为1:400万, 范围为中国境内)以及土壤诊断学分类的土壤类型分布图资料(比例尺为1:500万, 范围为(5~65°N, 60~150°E))提取其相同的特征, 借助于地理信息系统(GIS)技术, 将几份土壤分类资料进行数据融合、转换得到可供集成沙尘天气数值预报系统中风沙模式使用, 且符合美国农业部(USDA)土壤质地分类标准的资料。

关键词: 土壤质地; 数据融合; 地理信息系统; 陆面过程; 风沙模式

文章编号 1006-9585 (2004) 01-0065-15 **中图分类号** P461⁺.4 **文献标识码** A

1 引言

各地不同的土壤质地类型表明各地土壤表层内具有不同的矿物质颗粒大小分布特点, 而不同的颗粒大小分布特点又具有不同的辐射传输、水分平衡、热量平衡等特点。因此, 土壤质地类型资料可广泛应用于土壤资源评价、土壤肥力估计、大气热力学及动力学方程等。很多国家都有各自不同的土壤质地类型分类标准, 尤其是美国农业部的土壤质地类型分类资料被广泛应用于土壤风蚀模式、地表土壤水文学、大气和陆面过程模式等的研究^[1~3], 土壤质地类型是一个非常重要的地表特征参数。由邵亚平^[1,2]发展的包括区域大气模式、陆面过程模式、风沙模式(包括起沙、输送和沉降模式)和地理信息系统在内的集成沙尘天气数值预报系统是一个比较完善的沙尘天气数值预报系统。其中大气模式为风沙模式提供风速、降水等物理场; 陆面模式预报土壤水分、摩擦速度等物理量的变化参数; 风沙模式主要预报沙尘的源地、浓度、与沙尘的传输及沉降; 地理信息系统为模式提供土壤质地、植被覆盖、植被类型、叶面指数等地表特征参数, 同时为大气、陆面与风沙模式提供其他必须的输入参数。在集成沙尘天气数值预报系统预报过程中发现, 土壤质地类型分布是一个非常重要而且敏感的模式输入参数, 它的准确与否直接关系到预报结果的好坏(包括沙尘天气发生的源地、范围以及沿途沙尘天气的加强等)。目前绝大部分数值模式, 包括集成沙尘天气数值预报系统中的风沙模式, 对于土壤特性的输入参数都是沿用美国农业部(USDA)制定的土壤质地分类标准进行分类的土壤质地类型分布资料; 但在我国及周围邻近区域尚没有

2004-01-08 收到, 2004-02-10 收到修改稿

^{*} 国家财政部“西北地区土壤水分、沙尘暴监测预测研究”项目(Y0101)资助

USDA 标准的土壤质地类型分布资料,只是用 1:400 万土壤类型资料根据其某些土壤特性与 USDA 标准的土壤质地类型建立简单的对应关系,从而得到我国境内符合 USDA 标准的土壤质地类型分布资料;对于邻近区域的土壤质地类型分布采用的是 Zobler^[4]基于世界粮农组织 (FAO) /联合国教科文组织 (UNESCO) 世界土壤图估算得到的 (转化成 USDA 标准) 资料,网格精度为 0.05°经纬度,是由 Zobler^[4]的 10 网格精度的全球土壤质地资料转换而得。由于 1:400 万土壤类型资料是根据土壤发生学进行的分类,强调土壤与成土因素和地理景观之间的相互关系,以成土因素及其对土壤的影响作为土壤分类的理论基础,同时也结合成土过程和土壤属性作为土壤分类的依据。而土壤质地类型是根据土壤性质进行的分类,强调土壤是由许多大小不同的土粒按不同的比例组合而成的,这些不同的粒级混合在一起表现出来的土壤粗细状况,称为土壤质地。所以,这两种土壤分类之间很难建立起合理确切的对应关系,如果必须进行转换,这种转换也只能作为一种临时的措施。至于邻近区域的土壤质地资料,由于其来源是 Zobler^[4]的 1°网格精度的全球土壤质地资料,所以精度较差。因此,本研究的目的是要利用现有的多种来源的土壤资料按照其内在的特征联系,较为科学地建立 (5~65°N, 60~150°E) 这一区域内 0.05°网格的可为数值模式直接使用的土壤质地类型分布资料。这一区域范围是集成沙尘数值天气预报系统所要模拟并进行预报的范围,它包括中国及其周边地区。

2 资料介绍

在本文的研究过程中,我们主要用到了 3 种土壤资料。第 1 种是中国 1:1400 万土壤质地类型图,它主要反映各地土壤表土层内矿质颗粒大小的比例情况和我国境内不同土壤质地的地理分布特点及规律。土壤是由许多大小不同的土粒按不同的比例组合而成的,这些不同的粒级混合在一起表现出来的土壤粗细状况,称为土壤质地 (soil texture),亦称土壤机械组成。土壤质地分类是以土壤中各粒级含量的相对百分比作为标准。该图主要以建国以来的大量土壤颗粒分析结果 (吸管法分析) 为基础,以 1981 年中国制土壤质地分类 (参见表 1) 为标准,以 1:1400 万中国成土母质类型图 of 底图,并参考中国科学院南京土壤研究所编制的中国土壤图编制而成,1986 年由地图出版社出版。其图像精度在 1.4~6.4 km,经数字化后,得到 1:1400 万中国土壤质地类型数字化矢量图 (数字编码参见表 2),其投影为 Albers 双标准纬线等积圆锥投影,在 ArcGIS 中将投影转换为经纬度坐标,得到经纬度坐标的 1:1400 万中国土壤质地类型数字化矢量图 (参见图 1)。

第 2 种是中国 1:400 万土壤类型图,主要依据土壤发生学而进行的土壤分类。土壤发生学分类认为土壤是一个独立的历史自然体,它不是孤立存在的,而是与自然地理条件及其历史的发展紧密联系着。成土因素的发展和变化制约着土壤的形成和演化,土壤是随着成土因素的变化而变化的。由于成土因素,特别是气候和植被,具有地理分布的规律性,因而土壤的分布也表现出地理分布的规律性。因此,以土壤形成和演化的地理环境作为土壤划分的主要依据,同时强调以成土条件、成土过程和土壤属性三结合来进行具体的土壤分类。该图的编制单位为中国科学院南京土壤研究所,出版时

间为 1978 年，由地图出版社出版，投影方式为 Albers 等积圆锥投影，图像精度在 0.4 ~1.6 km 之间。1999 年由中国科学院地理研究所对其进行了数字化并公开发布，土类编码参见表 3，图 2 为经纬度坐标的中国 1：400 万土壤类型分布。

表 1 中国制土壤质地分类（1981 年）

土壤质地		颗粒组成		
质地组	质地名称	砂粒 (粒径 1~0.05 mm)	粗粉粒 (粒径 0.05~0.01mm)	粘粒 (粒径<0.001 mm)
砂土	粗砂土	>70%		<30%
	细砂土	60%~70%		
	面砂土	50%~<60%		
壤土	砂粉土	≥20%	≥40%	
	粉土	<20%		
	砂壤土	≥20%	<40%	
粘土	壤土	<20%		
	砂粘土	≥50%		≥30%
	粉粘土			30%~<35%
	壤粘土			35%~40%
	粘土			>40%

表 2 中国土壤质地分类编码表

编码	名称	编码	名称	编码	名称	编码	名称
11	石砾	21	粗砂土	31	砂粉土	41	粉粘土
12	沙	22	细砂土	32	粉土	42	壤粘土
		23	面砂土	33	砂壤土	43	粘土
				34	壤土		

表 3 中国土壤类型分类编码

编码	土类	编码	土类	编码	土类
01	南方水稻土	21	褐土	41	碱土
02	鲜血水稻土	22	灰褐土	42	磷质石灰土
03	北方水稻土	23	暗棕壤	43	石灰（岩）土
04	黄刚土	24	漂灰土	44	紫色土
05	黄壤土	25	灰黑土	45	龟裂土
06	黄垆土	26	黑土	46	风沙土
07	娄土	27	白浆土	47	山地草甸土
08	黑垆土	28	黑钙土	48	山地灌丛草原土
09	绵土	29	栗钙土	49	黑毡土
10	熟黑土	30	棕钙土	50	巴嘎土
11	潮土	31	灰钙土	51	草毡土
12	灌淤土	32	灰漠土	52	沙嘎土
13	绿洲土	33	灰棕漠土	53	高山漠土
14	砖红壤	34	棕漠土	54	寒漠土
15	赤红壤	35	暗色草甸土	71	冰川和雪被
16	红壤	36	灰色草甸土	72	盐壳
17	燥红土	37	沼泽土	90	湖泊
18	黄壤	38	滨海盐土		
19	黄棕壤	39	盐土		
20	棕壤	40	内陆盐土		

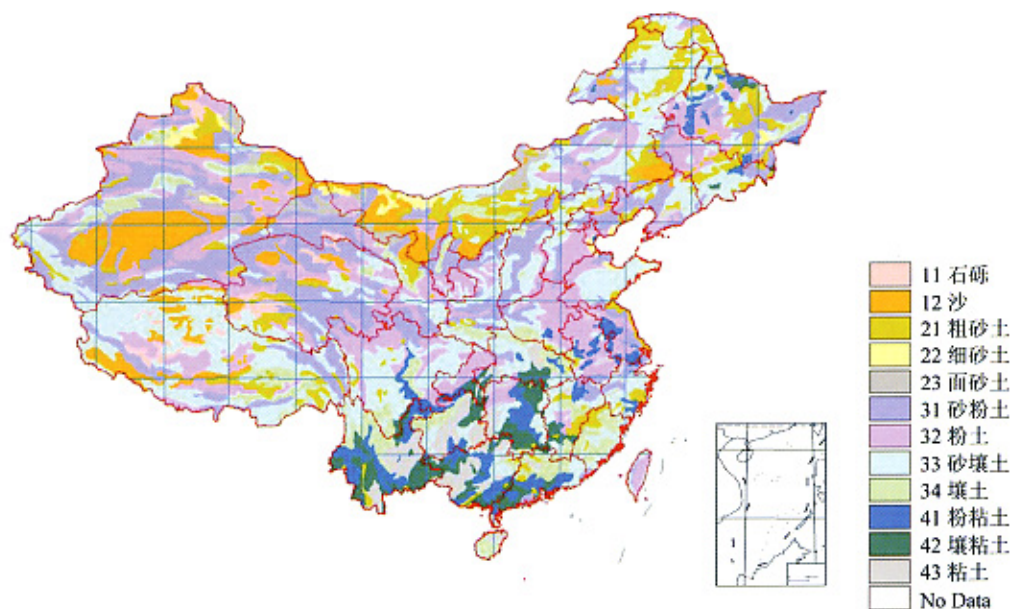


图 1 中国 1:1400 万土壤质地类型
经纬度坐标系统



图 2 中国 1:400 万土壤类型
经纬度坐标系统

第 3 种是世界粮农组织（FAO）/联合国教科文组织（UNESCO）的 1：500 万全球土壤类型图^[5]，早期出版于 1974 到 1978 年之间，并于 20 世纪 80 年代初期由 ESRI 公司数字化，包括 26 个土壤大类，106 个土壤类型。早期的 FAO/UNESCO 的 1：500 万全球土壤类型图在西半球是双极圆锥等角投影（Bipolar Conic Conformal Projection），在东半球是米勒扁球体立体照相投影（Miller Oblated Stereographic Projection）。为了建立全球一致且便于比较的土壤类型数据，1992 年完成了对 1：500 万全球土壤类型图数据的更新，包括将全球土壤类图数据转换成经纬度坐标系统，改正了一些错误，并根据 1992 年 FAO 的土壤类型划分标准进行了土类的更新。FAO/UNESCO 的土壤分类标准是属于土壤诊断学分类，诊断学分类的基本观点是：分类所依据的具体指标是可以直接感知和定量测定的土壤属性，土壤类型的划分，主要根据诊断层和诊断特性。土壤诊断学分类由美国首创，目前世界上已有 45 个国家直接应用美国土壤系统分类，其诊断的基本方法也为 FAO/UNESCO 拟定的世界土壤图图例及其先后召开的国际性土壤分类学术会议上所采用。中国科学院南京土壤研究所正在拟定实施中的中国土壤系统分类也属于诊断学分类，但目前还没有完成土壤图的编制。该图的图像精度在 0.5~2.0 km。图 3 为只取空间范围为（5~65°N，60~150°E）的 FAO/UNESCO 全球 1：500 万土壤类型分布。

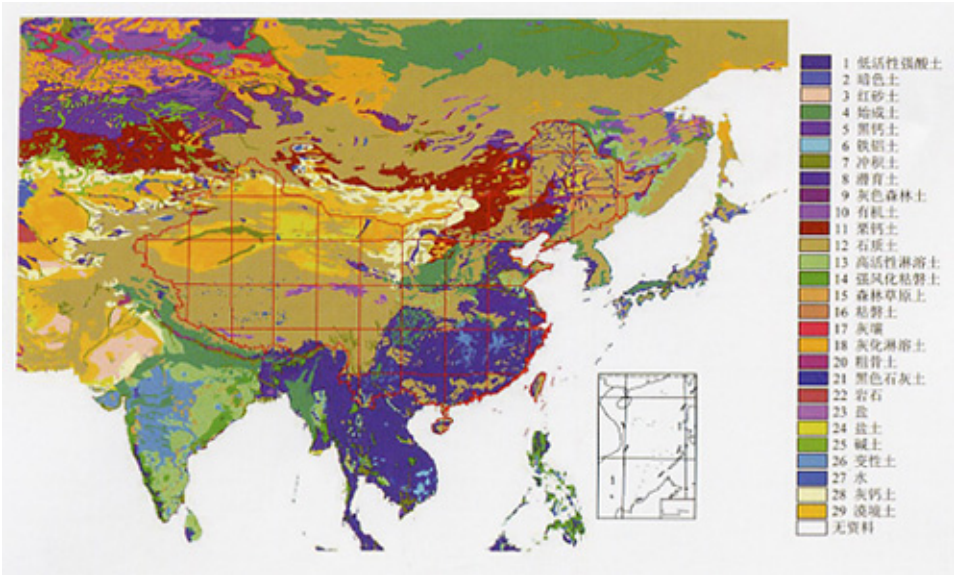


图 3 全球 1：500 万土壤类型（5~65°N，60~150°E）
经纬度坐标系统

3 有关土壤分类标准介绍

以下介绍几种与本研究有关的土壤分类标准。第 1 种是中国 1981 年制定的土壤质地分类标准（参见表 1）^[6]；第 2 种是 1952 年美国农业部制定的土壤质地分类标准（参

见表 4 和图 4)^[6]；第 3 种是 1978 年由中国土壤学会制定的以土壤发生学分类为主的中国土壤类型分类标准，土壤类型分类系统采用 6 级分类制，即土纲、土类、亚类、土属、土种和变种，前 3 级为高级分类单元，以土类为主，后 3 级为基层分类单元，以土种为主。在 1978 年中国土壤学会召开的土壤分类学术会议上，讨论通过了“中国土壤分类暂行草案”，共划分为 46 个土类，并概括为 11 个土纲^[7]。分类是根据土壤发生学的原理，基本依据是成土条件、成土过程和土壤属性三者的综合^[8]（参见表 5）。最后一种就是 1992 年以土壤诊断学分类为主的 FAO/UNESCO 的土壤分类标准（参见表 6)^[5]。

表 4 美国农业部土壤质地分类 (USDA, 1952 年)

土壤质地		颗粒组成		
质地组	质地名称	砂粒 (粒径 2~0.05 mm)	粉粒 (粒径 0.05~0.002 mm)	粘粒 (粒径<0.002 mm)
砂土	砂土	>85%		<10%
	壤质砂土	70%~85%		10%~15%
	粉砂土	<20%	≥80%	<10%
壤土	砂质壤土	50%~70%	<50%	5%~20%
	壤土	≤50%	30%~50%	5%~25%
	粉砂壤土	20%~50%	50%~80%	0%~25%
	砂质粘壤土	45%~80%	<30%	0%~35%
	粘壤土	20%~50%	60%~70%	25%~40%
	粉砂粘壤土	<20%	60%~70%	25%~40%
粘土	砂质粘土	45%~70%	<20%	35%~55%
	粉砂质粘土	<20%	40%~60%	40%~60%
	粘土	<45%	<40%	>40%

表 5 中国土壤类型分类标准简表 (1978 年)

土 纲	土 类
富铝土 (红壤)	砖红壤、赤红壤、红壤、黄壤、燥红土
淋溶土 (棕壤)	黄棕壤、棕壤、暗棕壤、漂灰土、灰色森林土
半淋溶土 (褐土)	褐土、壤土、灰褐土、黄绵土
钙层土	黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰钙土、黑垆土
石膏-盐层土 (漠土)	灰漠土、灰棕漠土、棕漠土、龟裂土
盐成土 (盐碱土)	盐土、碱土
岩性土	紫色土、黑色石灰土、红色石灰土、磷质石灰土、风沙土、火山灰土
半水成土	潮土、砂姜黑土、草甸土、黑土、白浆土、灌淤土
水成土	沼泽土、泥炭土
水稻土	水稻土
高山土	高山草甸土、亚高山草甸土、高山草原土、亚高山草原土、高山漠土、高山寒漠土

表 6 FAO/UNESCO 全球土壤分类标准简表（1992 年）

序号	土壤大类	土壤类
1	Acrisols（低活性强酸土）	Ferric Acrisols, Gleyic Acrisols, Humic Acrisols, Orthic Acrisols, Plinthic Acrisols
2	Andosols（暗色土）	Humic Andosols, Mollic Andosols, Ochric Andosols, Vitric Andosols
3	Arenosols（红砂土）	Albic Arenosols, Cambic Arenosols, Ferralic Arenosols, Luvic Arenosols
4	Cambisols（始成土）	Chromic Cambisols, Dystric Cambisols, Eutric Cambisols , Ferralic Cambisols, Gleyic Cambisols, Humic Cambisols, Calcic Cambisols, Vertic Cambisols, Gelic Cambisols
5	Chernozems（黑钙土）	Glossic Chernozems, Haplic Chernozems, Calcic Chernozems, Luvic Chernozems
6	Ferralsols（铁铝土）	Acric Ferralsols, Humic Ferralsols, Orthic Ferralsols, Plinthic Ferralsols, Rhodic Ferralsols, Xanthic Ferralsols
7	Fluvisols（冲积土）	Calcaric Fluvisols, Dystric Fluvisols, Eutric Fluvisols, Thionic Fluvisols
8	Gleysols（潜育土）	Calcaric Gleysols, Dystric Gleysols, Eutric Gleysols, Humic Gleysols, Mollic Gleysols, Plinthic Gleysols, Gelic Gleysols
9	Greyzems（灰色森林土）	Gleyic Greyzems, Orthic Greyzems
10	Histosols（有机土）	Dystric Histosols, Eutric Histosols, Gelic Histosols
11	Kastanozems（栗钙土）	Haplic Kastanozems, Calcic Kastanozems, Luvic Kastanozems
12	Lithosols（石质土）	Lithosols
13	Luvisols（高活性淋溶土）	Albic Luvisols, Chromic Luvisols, Ferric Luvisols, Gleyic Luvisols, Calcic Luvisols, Orthic Luvisols, Plinthic Luvisols, Vertic Luvisols
14	Nitisols（强风化粘磐土）	Dystric Nitisols, Eutric Nitisols, Humic Nitisols
15	Phaeozems（森林草原土）	Calcaric Phaeozems, Gleyic Phaeozems, Haplic Phaeozems, Luvic Phaeozems
16	Planosols（粘磐土）	Dystric Planosols, Eutric Planosols, Humic Planosols, Mollic Planosols, Solodic Planosols, Gelic Planosols
17	Podzols（灰壤）	Ferric Podzols, Gleyic Podzols, Humic Podzols, Leptic Podzols, Orthic Podzols, Placic Podzols
18	Podzoluvisols（灰化淋溶土）	Dystric Podzoluvisols, Eutric Podzoluvisols, Gleyic Podzoluvisols
19	Rankers（薄层土）	Rankers
20	Regosols（粗骨土）	Calcaric Regosols, Dystric Regosols, Eutric Regosols, Gelic Regosols
21	Rendzinas（黑色石灰土）	Rendzinas
22	Rock（岩石）	Rock
23	Salt（盐）	Salt
24	Solonchaks（盐土）	Gleyic Solonchaks, Mollie Solonchaks, Orthic Solonchaks, Takyric Solonchaks
25	Solonetz（碱土）	Gleyic Solonetz, Mollic Solonetz, Orthic Solonetz
26	Vertisols（变性土）	Chromic Vertisols, Pellic Vertisols
27	Water（水）	Water
28	Xerosols（灰钙土）	Haplic Xerosols, Calcic Xerosols, Luvic Xerosols, Gypsic Xerosols
29	Yermosols（漠境土）	Haplic Yermosols, Calcic Yermosols, Luvic Yermosols, Takyric Yermosols, Gypsic Yermosols

4 土壤分类编码表

在制图以及地图数字化过程中，一般都要设计一定规则的与土壤类型相对应的编码标注在图上，这样可以大大方便地图的编制、阅图、数字化地图的检索以及空间分析等。如中国土壤质地分类编码中，采取两位数编码的第一位码表示土壤质地的第一级分类单元：第一位码是“1”表示“石砾和沙”；第一位码是“2”表示“砂土”；第一位码是“3”表示“壤土”；第一位码是“4”表示“粘土”。具体分类编码参见表 2、表 3、表 7、表 8 和图 4。

表 7 美国农业部土壤质地分类编码

编码	英文名称	中文名称
1	Sand	砂土
2	Loamy Sand	壤质砂土
3	Silt	粉砂土
4	Sandy Loam	砂质壤土
5	Loam	壤土
6	Silt Loam	粉砂壤土
7	Sandy Clay Loam	砂质粘壤土
8	Clay Loam	粘壤土
9	Silt Clay Loam	粉砂质粘壤土
10	Sandy Clay	砂质粘土
11	Silt Clay	粉砂质粘土
12	Clay	粘土

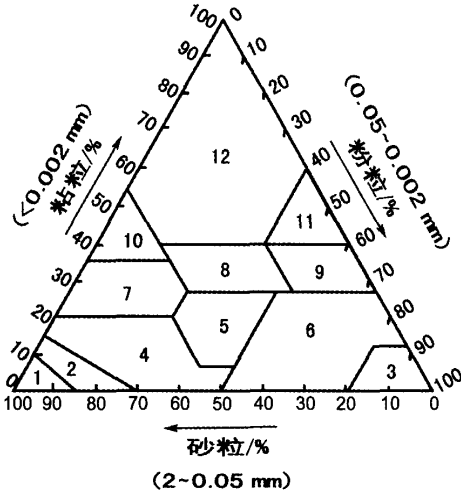


图 4 美国农业部土壤质地分类图示

表 8 联合国 FAO/UNESO 土壤类型分类编码

编码	单元名称	编码	单元名称
1	Acrisols (低活性强酸土)	16	Planosols (粘磐土)
2	Andosols (暗色土)	17	Podzols (灰壤)
3	Arenosols (红砂土)	18	Podzoluvisols (灰化淋溶土)
4	Cambisols (始成土)	19	Rankers (薄层土)
5	Chernozems (黑钙土)	20	Regosols (粗骨土)
6	Ferralsols (铁铝土)	21	Rendzinas (黑色石灰土)
7	Fluvisols (冲积土)	22	Rock (岩石)
8	Gleysols (潜育土)	23	Salt (盐)
9	Greyzems (灰色森林土)	24	Solonchaks (盐土)
10	Histosols (有机土)	25	Solonetz (碱土)
11	Kastanozems (栗钙土)	26	Vertisols (变性土)
12	Lithosols (石质土)	27	Water (水)
13	Luvisols (高活性淋溶土)	28	Xerosols (灰钙土)
14	Nitosols (强风化粘磐土)	29	Yermosols (漠境土)
15	Phaeozems (森林草原土)		

5 中国土壤质地类型编码与 USDA 土壤质地编码的对应关系

为了将以中国土壤质地类型分类标准划分的中国土壤质地类型分布图，转换成以 USDA 土壤质地类型分类标准来划分的中国土壤质地类型分布图，我们必须对两种土壤质地分类标准进行比较，建立某种对应关系。经过仔细比较表 1 和表 4 以及表 4 和表 2，同时依据它们的土壤性质差异，我们建立了中国土壤质地类型分类标准及编码与 USDA 土壤质地类型分类标准及编码的对应关系（参见表 9）。由表 9 可以看出，USDA 土壤质地分类中编码 10（砂质粘土）和 11（粉砂质粘土）并没有出现在编码对应表中，说明将 1：1400 万中国土壤质地类型分布图转换成以 USDA 土壤质地类型分类标准及编码的分布图时，转换过程还不够完整，还需要通过其他方法来补充。

表 9 中国土壤质地分类与 USDA 土壤质地分类对应表

中国土壤质地分类		USDA 土壤质地分类	
编码	名称	编码	名称
43	粘土	12	Clay 粘
42	壤粘土	9	Silt Clay Loam 粉砂粘壤土
41	粉粘土	8	Clay Loam 粘壤土
34	壤土	5	Loam 壤土
33	砂壤土	7	Sandy Clay Loam 砂质粘壤土
32	粉土	3	Silt 粉砂土
31	砂粉土	6	Silt Loam 粉砂壤土
23	面砂土	4	Sandy Loam 砂质壤土
22	细砂土	2	Loamy Sand 壤质砂土
21	粗砂土	1	Sand 砂土
12	沙	1	Sand 砂土
11	石砾	1	Sand 砂土

6 经 USDA 编码转换后的中国土壤质地类型分布图

将前面得到的经纬度坐标的 1：1400 万中国土壤质地类型数字化矢量图在 ARCGIS 软件中进行栅格化，得到分辨率为 0.05°网格的中国土壤质地类型数字化栅格图。同时，在 ARCGIS 软件的 GRID 模块中，按照表 9 中的对应关系，将栅格图中每一个栅格单元其编码为中国分类标准的编码数值分别用对应的 USDA 编码数值来代替，得到以 1：1400 万中国土壤质地图为底图分类标准为 USDA 的中国土壤质地类型分布图（分辨率为 0.05°）（图 5）。

7 中国土壤类型分类编码与 USDA 编码的对应关系

在第 5 节中我们提到在将 1：1400 万中国土壤质地类型分布图转换成以 USDA 土壤质地类型分类标准及编码的分布图时，转换过程还不够完整，因为 USDA 土壤质地分类中编码 10（砂质粘土）和 11（粉砂质粘土）并没有出现在表 9 中，因此，我们尝试着利用 1：400 万中国土壤类型图来进行补充。根据中国土壤类型分类标准（1978 年，参见表 3），通过比较土壤类别的不同特点及其理化性质，与 USDA 分类标准建立简要的对应关系，例如编码为 46 的“风沙土”，它是在风成砂性母质上形成的土壤，流动风沙土几乎全由细沙粒（0.25~0.05 mm）组成，物理性粘粒含量一般不超过 1%~2%；编码为 53 的“高山漠土”和编码为 54 的“高山寒漠土”，他们的成土母质主

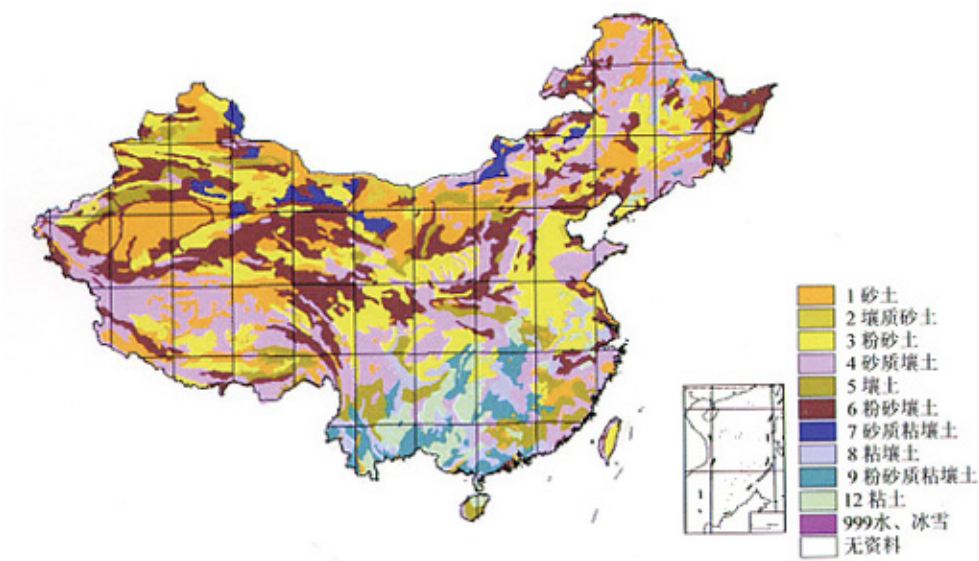


图 5 以 USDA 为标准的中国土壤质地类型分布
1:1400 万中国土壤质地地图为底图,经纬度坐标系统

要是各种岩石风化的残积物、坡积物和冰积物,土层薄,石砾多,细土少。所以将上述 3 类土壤与 USDA 分类标准中编码为 1 的“砂土”对应。根据同样方法,我们将其他土壤类型的编码与 USDA 土壤质地编码建立了对应关系,参见表 10。

表 10 中国土壤类型分类编码与 USDA 编码的对应关系

中国土壤类型编码	USDA 编码
46, 53, 54	1
12, 13, 32, 34, 38, 41, 45	2
18, 33, 40, 42, 5, 9	3
19, 21, 39	4
22, 31, 8	5
30, 7	6
44, 4, 6, 10, 15, 17, 26, 29	7
27, 28, 43	8
36, 49, 50, 51, 3, 11, 16, 20, 23, 25	9
48, 52, 24	10
1, 2, 35	11
14, 37, 47	12
71, 72, 90	999

8 由土壤类型经 USDA 编码转换后的中国土壤质地类型图

将 1:400 万中国土壤类型数字化矢量图在 ARCGIS 软件中进行栅格化,得到分辨率为 0.05°网格的中国土壤类型数字化栅格图。同时,在 ARCGIS 软件的 GRID 模块

中，按照表 10 中的对应关系，将栅格图中每一个栅格单元其编码为中国分类标准的编码数值分别用对应的 USDA 编码数值来代替，得到以 1：400 万中国土壤图为底图，分类标准为 USDA 的中国土壤质地类型分布图（分辨率为 0.05°）（图 6）。

9 中国境内土壤质地类型图的融合

假设图 6 中编码为 10、11 和 999 的图斑是可信的，由于它们有确切的对应关系，而假设图 5 中与其相应的 3 个图斑位置的编码是不可信的，由于它们没有确切的对应关系；将图 5 中相应位置图斑的编码用 10、11 和 999 来代替，也就是所谓的图像融合，形成一幅中国完整的采用 USDA 编码标准的土壤质地分布图（图 7）。

10 FAO/UNESCO 土壤类型编码与 USDA 土壤质地编码的对应关系

在得到中国境内完整的以 USDA 分类标准编码的土壤质地图后，下一步的工作就是如何得到研究区范围内中国邻近地区的土壤质地分布，这里我们将利用全球 1：500 万土壤类型图根据其土壤特性等来进行推演。

将全球 1：500 万土壤类型图（只取范围（5~65°N，60~150°E），即我们所选定的研究区）在 ARCGIS 软件中进行栅格化，得到这一区域 0.05°网格的土壤类型栅格图。为将 FAO/UNESCO 土壤类型编码与 USDA 土壤质地编码建立对应关系，我们首先根据 FAO/UNESCO 土壤诊断分类标准中的不同土壤类别依其土壤理化性质的特点，其次根据全球 1：500 万土壤类型图在中国境内的分布与我们上面得到的中国境内完整的以 USDA 分类标准编码的土壤质地图，对其编码逐一进行比对，总结出 FAO/UNESCO 土壤类型编码与 USDA 土壤质地编码的对应关系（参见表 11）。

表 11 FAO/UNESCO 土壤类型编码与 USDA 土壤质地编码的对应关系

FAO/UNESCO 土壤类型编码	USDA 土壤质地编码
18, 29, 3	1
28	2
11	3
4, 14	4
8	5
24, 7	6
17	7
15, 5	8
13	9
21, 20, 12, 6, 9	10
26	11
25, 19, 1, 10, 16, 2	12
27, 23, 22	999

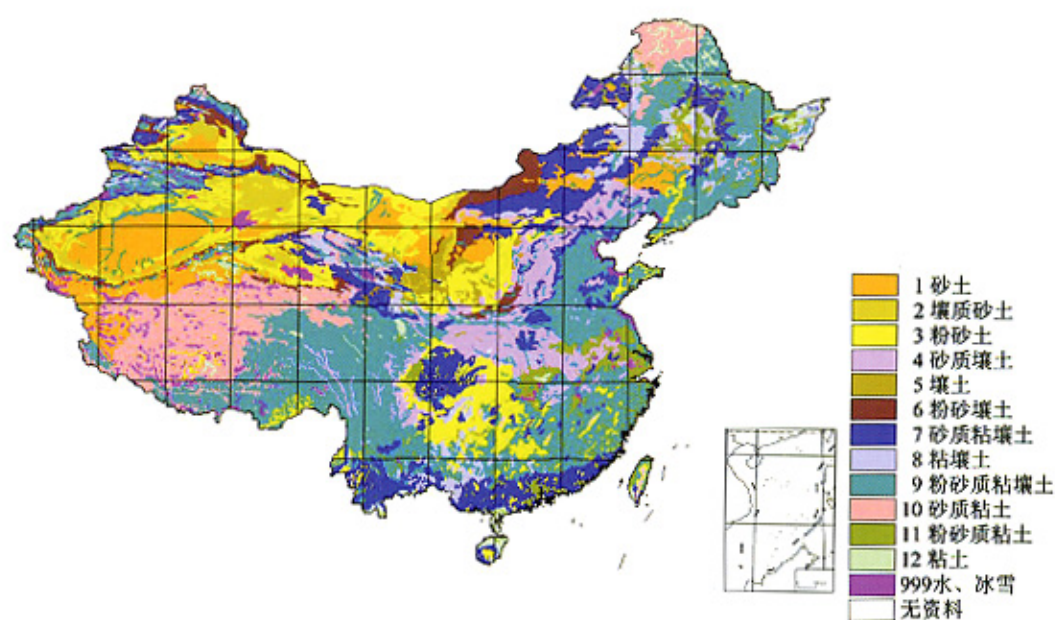


图 6 以 USDA 为标准的中国土壤质地类型分布
1:400 万中国土壤类型图为基础图,经纬度坐标系统

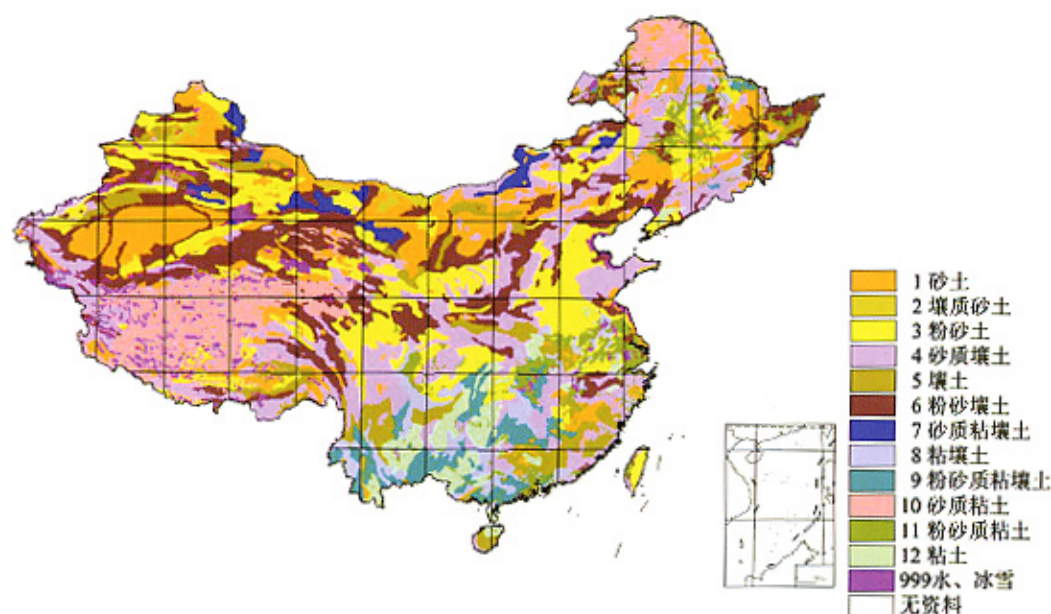


图 7 中国境内完整的以 USDA 分类标准编码的土壤质地
经纬度坐标系统

11 由 FAO/UNESCO 土壤类型直接得到的研究区内土壤质地类型图

将前面得到的经纬度坐标的 1：500 万、并且已经栅格化的 FAO/UNESCO 全球土壤类型图（亚洲部分，分辨率为 0.0333°）（图 3），在 ARCGIS 软件的 GRID 模块中，按照最近邻域法归并网格，得到分辨率为 0.05°网格的土壤类型数字化栅格图。同时，按照表 11 中的对应关系，将栅格图中每一个栅格单元其编码为 FAO/UNESCO 土壤类型分类标准的编码数值分别用对应的 USDA 编码数值来代替，得到以 1：500 万全球土壤类型图为基础图，分类标准为 USDA 的研究区内土壤质地类型分布图（分辨率为 0.05°）（图 8）。

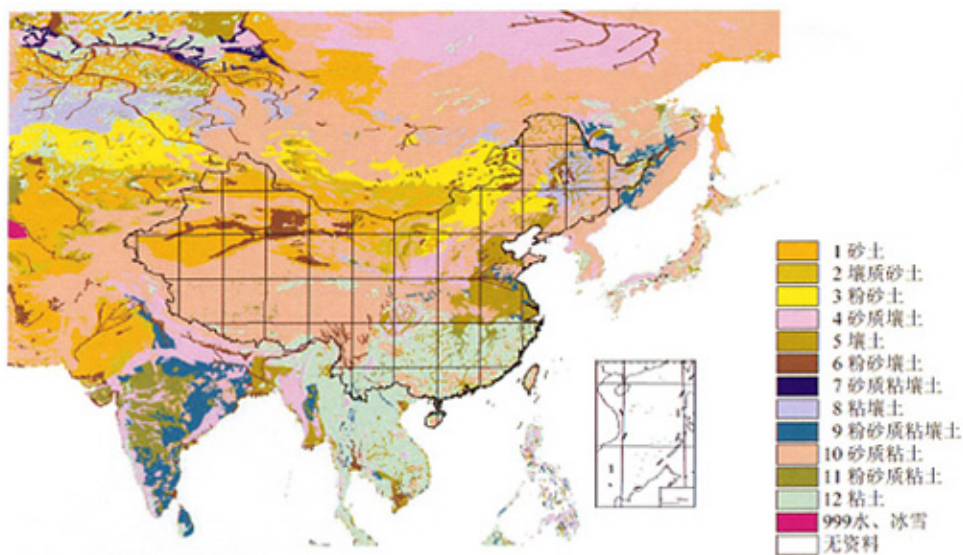


图 8 由 FAO/UNESCO 土壤类型直接得到的研究区内土壤质地类型
经纬度坐标系统

12 土壤质地类型图的叠加

将上面得到的研究区内土壤质地类型图和中国境内完整的以 USDA 分类标准编码的土壤质地图（图 7）进行叠加。由于图 7 是由比较确切的对应关系得到的，因此，在这里我们认为，由 FAO/UNESCO 土壤类型直接得到的研究区内土壤质地类型图，在中国境内没有图 7 表示的准确。所以，将图 7 与图 8 进行叠加时保持图 7 的值不变，最终得到研究区内完整的土壤质地类型图，其将满足风沙模式及其他有关大气模式对土壤质地资料的需求（图 9）。

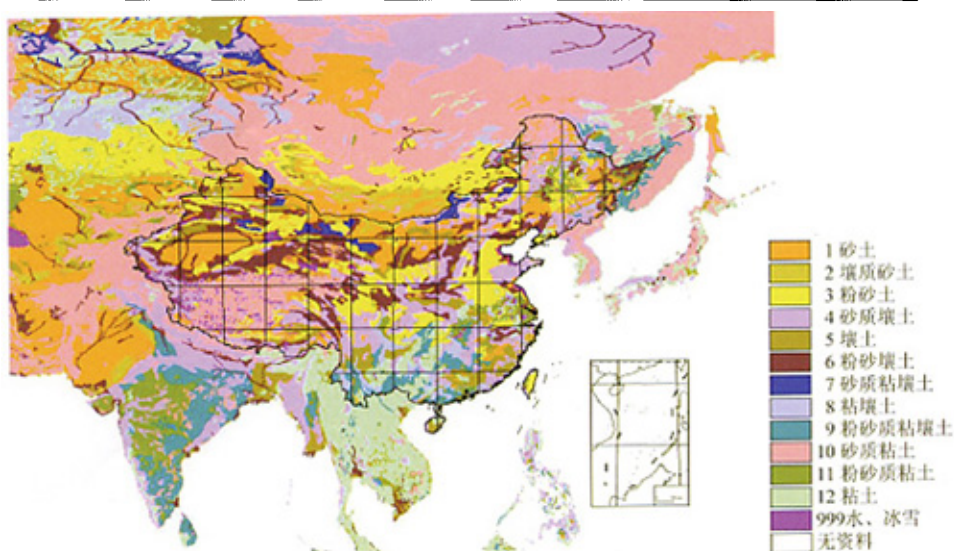


图9 研究区内完整的土壤质地类型分布
经纬度坐标系统

13 结语

在没有得到准确土壤质地资料的情况下,为满足风沙模式及其他大气模式对高分辨率土壤质地资料的需求,将多种土壤资料进行融合而提取土壤质地资料的做法不失为一种行之有效的方法。利用这种方法获得的研究区内土壤质地资料,在我们进行的集成沙尘天气数值预报系统预报过程中发挥了重要的作用,提高了沙尘天气预报的准确率^[9,10] (包括发生沙尘天气的时间、范围和强度)。我们将在另文中介绍其具体情况与更多实例。

参 考 文 献

- 1 Shao, Y., A model for mineral dust emission, *J. Geophys. Res.*, 2001, **106**, 20239~20254.
- 2 Shao, Y., *Physics and Modelling of Wind Erosion*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- 3 蔡其发、张立风、张铭, 中期数值天气预报的集合预报试验, *气候与环境研究*, 1999, **4** (4), 365~374.
- 4 Zobler, L., Global Soil Types, 1-Degree Grid (Modified Zobler). Data set. Available on-line (<http://www.daac.ornl.gov>) from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, U. S. A., 1999.
- 5 FAO/UNESCO, 1992, UNEP Gridded FAO/UNESCO Soil Units, Digital Raster Data on a 2-minute Cartesian Orthonormal Geodetic (lat/long) 10800×5400 grid. In: *Global Ecosystems Database Version 2.0*, Boulder, CO; NOAA National Geophysical Data Center. 1 single-attribute spatial layer, 58, 343, 747 bytes in 6 files (first published in 1984).
- 6 朱鹤健、何宜庚, *土壤地理学*, 北京: 高等教育出版社, 1992.

- 7 张俊民等, 我国的土壤, 北京: 商务印书馆, 1984.
- 8 张凤荣等, 土壤发生与分类学, 北京: 北京大学出版社, 1992.
- 9 孙建华、赵琳娜、赵思雄, 一个适用于我国北方的沙尘暴天气数值预测系统及其应用试验, 气候与环境研究, 2003, **8** (2), 125~142.
- 10 Shao Yaping, Yang Yan, Wang Jianjie et al., Northeast Asian dust storms: Real-time numerical prediction and validation, *Journal of Geophysical Research*, 2003, **108** (D22), 4691~4708.

The Feature Extraction and Data Fusion of Regional Soil Textures Based on GIS Techniques

Zhang Shihuang, Peng Gongbing, and Huang Mei

(*Institute of Geographical Science and Natural Resource Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Abstract Using three kinds of soil data with different scales and from different sources: the first one is the soil texture distribution data within the area of China and in the scale of 1 : 1 400 000 000, the second one is the soil type distribution data in a classification of soil genetics within the area of China and in the scale of 1 : 400 000 000, and the last one is the soil type distribution data in a classification of soil diagnostics within the area (5~65°N, 60~150°E) and in the scale of 1 : 500 000 000, we obtained the soil texture distribution data in the area of (5~65°N, 60~150°E) in the U. S. Department of Agriculture soil texture classification system which is important to the wind erosion model for the integrated dust prediction by extracting the common properties from them, the data fusion from the three kinds of soil data by means of the transformation among soil codes using GIS techniques was satisfied.

Key words: soil texture; data fusion; geographical information system; land-surface process; wind erosion model