

## 浙江省土壤发生分类与系统分类参比及制图研究\*

荆长伟<sup>1</sup> 章明奎<sup>1</sup> 支俊俊<sup>1</sup> 林声盼<sup>1</sup> 吴嘉平<sup>1†</sup> 倪治华<sup>2</sup> 徐进<sup>2</sup> 陈红金<sup>2</sup>

(1 浙江大学环境与资源学院, 杭州 310058)

(2 浙江省土肥站, 杭州 310009)

**摘要** 利用新建立的浙江省 1:5 万土壤数据库, 对土壤发生分类土种与中国土壤系统分类亚类进行了参比, 编制了土壤系统分类亚类分布图。结果表明, 发生分类基层分类单元归属较为清楚, 但高级单元关系较为复杂。99 个土属有 62 个参比归属唯一, 277 个土种有 252 个参比归属唯一, 通过参比将大比例尺土壤普查成果转换成系统分类体系是可行的, 可以满足 1:10 万的系统分类亚类制图要求。浙江省土壤参比后归属于 8 个土纲, 以锥形土土纲面积最大, 占总面积的 31.3%; 人为土次之, 占总面积的 21.4%, 有机土面积最小。在系统分类土纲层次, 土壤区域分布规律较为明显。研究结果对指导土壤系统分类具有一定的参考价值, 也为省域范围的系统分类制图提供了范例。

**关键词** 发生分类; 系统分类; 分类参比; 土壤数据库; 制图

**中图分类号** S157 **文献标识码** A

从目前土壤分类发展趋势来看, 以诊断层、诊断特性为基础的系统分类代表了当前土壤分类的主流。我国于 20 世纪 80 年代中期开始土壤系统分类的研究, 在以中国科学院南京土壤研究所为代表的全国 37 家单位的努力下, 历时 20 年, 完成了“中国土壤系统分类”(Chinese Soil Taxonomy, CST) 高级分类单元的制订, 实现了我国土壤分类从定性向定量的跨越<sup>[1]</sup>。但不可忽视的现实是, 我国系统分类基层分类研究还很薄弱, 在全面推进系统分类应用上仍然进展缓慢。土系作为系统分类基层分类单元的核心, 目前已得到较为规范记叙的仅有 1 000 多个<sup>[2]</sup>; 基于系统分类的土壤调查制图研究取得了一定进展, 但相应的调查制图技术还没有形成统一规范<sup>[3]</sup>; 基于系统分类的土壤专题图件仍然较少, 远不能满足实际需求。我国已有土壤基础数据资料多是基于土壤发生分类系统(Genetic Soil Classification of China, GSCC), 人们更熟悉发生分类, 认知和熟悉系统分类需要一个过程, 中国仍处在两种分类体系并存与使用的过渡期<sup>[4]</sup>。充分利用已有土壤研究成果, 对土壤发生分类和系统分类进行参比研究, 使原有土壤资料能统一到系统分类体系下, 不仅可以加快基层分类研究进展, 对进一步了解土

壤系统分类和加强国际交流, 以及发展我国土壤科学也具有重要现实意义和积极推动作用<sup>[5]</sup>。

目前国内在 GSCC 和 CST 两种分类体系的参比方面已经做了大量的研究工作, 既有整个系统的参比<sup>[5-6]</sup>, 也包括地区性的参比<sup>[7-10]</sup>, 但受基础数据、研究区域及尺度限制, 仍有一些遗憾和不足。参比研究多以高级分类单元的参比对应关系呈现, 较少涉及 GSCC 土种在 CST 单元中的参比归属; 由于缺乏土壤数据库的支持, 对 CST 分类单元数量和空间分布特征描述明显不足, 空间尺度上的参比研究较少, 仅有于东升等<sup>[4, 11]</sup>借助中国 1:100 万土壤数据库对淋溶土、高山土等土类的参比特征进行了研究。目前应用系统分类编制的土壤图大体可分两类, 一类是以中国土壤系统分类理论为指导, 用优势土类上图, 应用最成功的是中国科学院南京土壤研究所编制的 1:100 万中国土壤图, 该成果集成了全国 7 292 个土壤剖面的属性数据, 并成为世界统一土壤数据库(Harmonized World Soil Database)的重要组成部分<sup>[12-13]</sup>; 另一类是应用中国土壤系统分类的概念和分类单元, 采用复合制图单元, 以土壤类型组合上图, 如海南、山东等地土壤地形数据库的构建<sup>[14-15]</sup>。这些成果多是在原有中小比例尺图件基础

\* 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB410810)和浙江省科技厅重点项目(2006C22026)资助

† 吴嘉平(1962—), 男, 博士, 教授, 从事土壤地理、环境遥感与信息技术应用研究。E-mail: jw67@zju.edu.cn

作者简介: 荆长伟(1983—), 男, 博士研究生, 主要从事土壤资源调查与制图研究。E-mail: changweij@126.com

收稿日期: 2012-05-24; 收到修改稿日期: 2012-11-12

上编制的,比例尺过小使其实际应用受到了很大的限制。在难以开展第三次土壤普查的背景下,借助分类参比进行土壤系统分类制图应是很有意义的尝试。

在浙江省已有土壤分类及参比研究成果的基础上<sup>[16-22]</sup>,借助新建成的浙江省 1:5 万土壤数据库,本文对浙江省省级普查汇总土种(GSCC 土种)在 CST 亚类中参比归属进行了研究,汇总分析了各级单元参比关系,并在数据库中完成了分类体系的转换,编制了基于系统分类的土壤成果图件,探讨了浙江省土壤系统分类高级单元的基本特征,以期对相关研究及应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

浙江省位于我国东南沿海长江三角洲南翼,地处东经 118°01′ ~ 123°10′,北纬 27°02′ ~ 31°31′之间,陆域总面积 10.51 万 km<sup>2</sup>。属亚热带季风气候,地带性植被为中亚热带常绿阔叶林。地形地貌复杂,整个地势由西南向东北倾斜。全省大致可分为浙北平原、浙西山地丘陵、浙南山地、浙中丘陵盆地、浙东南沿海平原及滨海岛屿等五个地形区。

全省土壤类型多样,主要有红壤、黄壤、粗骨土、石灰岩土、紫色土、水稻土、潮土和滨海盐土等类型。红壤几乎遍布全省海拔 500 ~ 900 m 以下的丘陵山地,占土壤总面积的 39.9%;黄壤占土壤总面积的 10.6%,多分布在海拔 600 m 以上;粗骨土占土壤总面积的 14.2%,主要分布在丘陵山地;水稻土占全省土壤总面积的 21.9%,主要分布在水网平原、滨海平原与盆地、河谷平原。

### 1.2 数据基础

浙江省 1:5 万土壤数据库由浙江大学环境与资源学院联合浙江省土肥站共同构建。数据库由空间数据库、属性数据库两部分组成,空间数据库以市县 1:5 万比例尺土壤普查图件为基础,经过扫描、校正、数字化、市县接边而形成,以普查土种作为基本制图单元,共划分土壤类型图斑 156 581 个;属性数据库主要收录了县级土壤志中各土种典型剖面,并补充省土种志剖面及土系调查剖面,目前共搜集整理典型剖面 2 677 个<sup>[23]</sup>。

浙江省现行土壤发生分类系统参照 1988 年全国土壤普查办公室修订的《中国土壤分类系统》制定,共分为 5 个土纲、6 个亚纲、10 个土类、21 个亚类、99 个土属和 277 个土种<sup>[24]</sup>。浙江省土壤系统分类高级分类单元已经确定,分为 8 个土纲、15 个亚纲、

33 个土类和 57 个亚类,但基层分类单元(土族、土系)的划分尚不完善,已建立的土系只有 152 个<sup>[22]</sup>。

### 1.3 分类参比

作为两种完全不同的分类系统,由于参比单元类型、研究范围、占有资料情况、人员知识经验等因素对参比结果均有重要影响,GSCC 和 CST 只能作近似参比。浙江省现行的 277 个 GSCC 土种是在市县普查的基础上汇总确定的,土种个数相比市县普查成果有较大变化,以海宁市为例,市县普查土种有 68 个,汇总后的 GSCC 土种只有 34 个,其他市县也有不同程度缩减。与 GSCC 土种相比,市县普查土种实体性更强,参比更易于把握。

20 世纪 90 年代以来,浙江省不同地貌区域的土壤系统分类特性和参比特征相继得到了分析和归纳,如厉仁安<sup>[16]</sup>对海岛丘陵土壤系统分类的研究,章明奎和厉仁安<sup>[17-18]</sup>对平原旱地、浙西北山地土壤系统分类特性的研究,魏孝孚<sup>[19]</sup>对水耕人为土鉴别特性及分类的研究,陆宏和厉仁安<sup>[20]</sup>对慈溪土壤系统分类的研究,章明奎等<sup>[21-22]</sup>归纳了全省 173 个主要土种与 CST 亚类的参比归属关系以及 152 个土系对应主要优势土种。综合上述文献中的研究成果,根据“把握特点、占有资料、着眼典型、依次检索”<sup>[7,25]</sup>的参比原则,以普查土种典型剖面的三个属性表(剖面形态特征表、机械组成表、化学性状表)为主要数据,参照土壤系统分类相关标准进行检索<sup>[22,26]</sup>,对 CST 土纲至亚类作系统鉴别和比较划分。

需要指出的是,普查土种一般只有一个典型剖面可供分析,限制了其只能有一个参比归属;典型剖面多存在于县域优势土种,以海宁市为例,剖面记录三表齐全的土种只有 31 个,对于缺少实际剖面的土种,只能从性状描述、位置分布特征、成土母质、利用方式以及土属相同或相近等几个方面进行定性参比。省级剖面描述和实验分析方法与土系划分要求基本接近,可作为普查土种参比的基础;土系剖面由于已有确定系统分类单元名称,可用于土种参比结果的验证。在土种参比中,过多施石灰的烂黄泥砂田可参比为复钙潜育水耕人为土,但是由于其空间分布无法定位,在土壤图及面积统计中均将其归并到普通潜育水耕人为土中。

### 1.4 分类转换

分类转换主要包括三方面内容:市县普查土种与 GSCC 土种对应关系整理、普查土种参比结果数据库录入、土壤数据库分类编码标准化。GSCC 土种与普查土种的对应关系参照浙江省二次土壤普

查数据册<sup>1)</sup>进行整理,由于市县 1:5 万土壤图是以普查土种作为基本制图单元,土种的对应关系及参比结果均可通过关键字段连接的方式批量输入。土壤数据库采用两套分类体系,其中发生分类采用土类至土种四级编码体系,系统分类采用《中国土壤系统分类检索(第 3 版)》<sup>[26]</sup>制定的土纲至亚类四级编码体系。最后,逐级汇总 GSCC 各级单元与 CST 高级单元参比关系。

### 1.5 制图综合

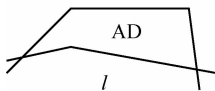
制图表达是土壤分类应用的重要方式,相比复杂、单调的土壤调查报告,非土壤学方面的用户更倾向于从土壤图上直接获取相关信息。编制基于 CST 的土壤图可以促进人们对 CST 的熟悉和认同,

从而推动 CST 的普及与应用。本研究采用 CST 亚类作为制图单元,由于发生分类土种与 CST 亚类参比关系多属多对一格局,需要对分类转换后的土壤数据库分类进行制图综合处理,主要包括同类图斑合并、小图斑消除、线平滑等。

作为制图综合的重要技术指标,最小上图面积的确定参考了土壤普查及土地调查相关规范,面积小于 5 mm<sup>2</sup> (对应实地面积 1.25 hm<sup>2</sup>) 的图斑可直接合并,面积小于 25 mm<sup>2</sup> (对应实地面积 6.25 hm<sup>2</sup>) 的视图面要求合理取舍。在研究中,采用自动化与手工相结合的方法完成了制图综合处理,并借鉴相关资料<sup>[27-29]</sup>,按照 1:50 000 比例尺标准,选取了部分指标对土壤图进行了精度评定(表 1),其中 IMR

表 1 土壤图精度评定指标

Table 1 Indices for precision assessment for soil map

指标 Index	计算公式 Formula	含义 Explanation
图斑平均尺寸 Average size delineation (ASD)	$ASD = \frac{\sum_{j=1}^m A_j}{m}$	图斑平均尺寸(ASD),其中 $A_j$ 为第 $j$ 个图斑的面积, $m$ 为图斑个数 The average size delineation (ASD) is the arithmetic mean of the sizes of the delineations on the map, where $A_j$ stands for the area of the $j$ th polygon and $m$ for the total number of polygons
最大衰减指数 Index of maximum reduction (IMR)	$IMR = \sqrt{\frac{ASD}{MLD}}$	最大衰减指数(IMR),为平均图斑尺寸(ASD)与最小可读面积(MLD)的比值,MLD 采用默认面积为 40 mm <sup>2</sup> Index of maximum reduction (IMR) is the factor by which the scale of the map could be reduced before ASD was equal to the minimum legible delineation (MLD uses 40 mm <sup>2</sup> as default)
有效比例尺 Effective scale number (ESN)	$ESN = NSN \left( \frac{IMR}{2} \right)$	有效比例尺(ESN),作为精度评定指标,用来比照土壤图图面特征复杂度是否与其表达的比例尺对应,NSN 是其图面比例尺 Effective map scale is a precision measure that demonstrates if the intricacy of the patterns depicted on the soil map corresponds to the presentation scale, where NSN is the nominal scale number
平均形状指数 Mean shape index (MSI)	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^m \left( \frac{P_j}{2 \sqrt{\pi \cdot A_j}} \right)}{m}$	平均形状指数(MSI),为所有图斑周长与同面积圆周长比值的均值,用于描述多边形的普遍几何特性, $P_j$ 为第 $j$ 个图斑的周长, $A_j$ 为第 $j$ 个图斑的面积, $m$ 为图斑个数 Mean shape index (MSI) is the perimeter-to-boundary ratio, which is used to describe the general geometry of soil polygons. $P_j$ stands for the perimeter of the $j$ th polygon, $A_j$ for the area of the $j$ th polygon, $m$ for total number of polygons
图斑定位精度 Positional accuracy of the delineation (PAD)	$PAD = \frac{AD}{l + l'}$ 	图斑定位精度(PAD),用来评定土壤图斑边界位置的不确定性,图斑差异面积(AD)即为土壤图图斑边界与控制底图边界构成的闭合图斑面积, $l$ 为土壤图图斑边界长度, $l'$ 为控制底图边界长度 Positional accuracy of the delineation (PAD) is used to measure the uncertainty with respect to the location of soil boundaries, area of disagreement (AD) is the area of the patch constituted by the boundary of evaluated soil map and its counterpart in the control map, $l$ and $l'$ is the boundary length of the delineation on the soil map and control map respectively
分类内容正确度 Accuracy of classification content (ACC)	$ACC = \frac{\sum_{j=1}^m X_j}{m} \times \%$ $X_j = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	分类内容正确度(ACC),是衡量土壤类型图斑属性内容正确程度的百分比, $m$ 为检验图斑个数,当分类正确时 $X_j$ 为 1,反之为 0 Accuracy of classification content (ACC) is to measure accuracy of the attribute contents of soil patches at soil type level in percentage, where $m$ stands for number of delineations checked. $X_j$ will be 1 when the classification is accurate, otherwise zero

最优值为 2.0, 小于 2.0 表示识别度降低, 大于 2.0 表示过分表达, 浪费地图空间。需要指出的是, 由于采用已出版的 1:5 万市县土壤图作为制图依据, 其图斑定位精度已经固化, 土种与 CST 亚类参比的精确度是影响分类内容正确度的唯一因素, 本研究仅对图斑平均尺寸 (ASD)、最大衰减指数 (IMR)、有效比例尺 (ESN)、平均形状指数 (MSI) 进行了评价。

## 2 结果与讨论

### 2.1 GSCC 基层分类单元参比

表 2 反映了 GSCC 基层分类单元土属、土种与 CST 亚类参比归属关系及分布, 99 个土属中有 62 个参比归属唯一, 277 个土种有 252 个参比归属唯一, 占土壤总面积的 80% 以上。对系统分类单元而言, 级别越高, 其诊断指标标准越宽松; 发生分类单

元级别越低, 其分类属性的统计学特征越强, 参比越易于把握, 将 GSCC 基层分类单元参比到 CST 亚类, 易出现多对一的格局。本研究通过土种与 CST 亚类参比, 逐级汇总 GSCC 各级单元参比关系, 既衔接了市县土壤普查成果, 又降低了参比难度。基层分类单元参比的高集中度也表明, 通过分类参比将 GSCC 基层分类单元转换为 CST 高级单元是可行的, 这也为 CST 高级单元制图提供了依据。

必须强调的是, 由于分类系统的根本性差异, GSCC 与 CST 的参比只能是近似参比, 本研究用剖面多是二次普查剖面, 参比结果只能反应 20 世纪 80 年代土壤特性。浙江省现有土系只有 152 个, 可供参考土系数量不足成为影响 GSCC 与 CST 参比单元层次的最重要因素。需要引起重视的是, 部分 GSCC 土种参比并不唯一, 它们在系统分类中归属于几个不同的亚类、甚至亚纲、土纲。

表 2 土壤发生分类土属、土种与系统分类亚类参比种类及面积比例统计

Table 2 Statistics of classification and area proportion of soil genus and soil species of GSCC and soil subgroups of CST

归属关系 Corresponding relationship	土属 Soil genus		土种 Soil species	
	数量 Number	面积比例 Percentage of area (%)	数量 Number	面积比例 Percentage of area (%)
一对一 One to one	62	46.4	252	80.5
一对二 One to two	23	22.8	22	12.6
一对三 One to three	11	18.9	3	6.9
一对四 One to four	3	11.8		

### 2.2 GSCC 高级分类单元参比

表 3 中列出了 GSCC 土类可参比到 CST 土纲、亚纲的统计结果, 与 GSCC 基层分类单元参比关系相比, GSCC 土类参比关系明显复杂, 多数土类可参比为两个以上土纲, 但优势土纲较为明显, 如红壤、黄壤均可参比为富铁土、淋溶土、雏形土, 但雏形土占红壤土类总面积的 58.8%, 富铁土占黄壤土类总面积的 86.0%。从 GSCC 土类与 CST 亚纲参比归属关系上看, 只有潮土参比为新成土土纲对应砂质新成土、冲积新成土两个亚纲, 其余 GSCC 土类均只对应一个亚纲。

表 3 中 CST 单元面积比例与 Shi 等<sup>[30]</sup> 提出参比度相同, 与各土类全国尺度参比度相比<sup>[31]</sup>, 部分土类参比度差异较大。差异原因与研究的尺度不同有关, 参比范围从全国尺度缩小到省域, 原参比

度较小的土类对应的参比度将增大, 最大参比土纲类型也可能会发生变化。

### 2.3 土壤图评价

表 4 中列出了原始土壤普查图及制图综合后的评定结果, 原始土壤普查图共有图斑 156 581 个, ASD 为 2.67 cm<sup>2</sup> (实地面积 66.9 hm<sup>2</sup>); IMR 计算值为 2.58, 与最优值 2.0 基本接近; ESN 计算值为 64 590, 表示其有效比例尺为 1:64 590, 与纸质土壤图件比例尺 1:50 000 相比, 有所降低; MSI 为 1.98, 表示图斑形状略有复杂, 但仍属简单。制图综合处理后的 CST 亚类图斑个数减少至 105 261 个, ASD 为 3.98 cm<sup>2</sup> (实地面积 99.5 hm<sup>2</sup>), 平均图斑尺寸有明显增加; MSI 为 2.05, 与原始普查图相比变化不大; ESN 为 78 859, 表示其有效比例尺接近 1:80 000, 可满足 1:10 万比例尺 CST 亚类单元制图要求。

表 3 土壤发生分类土类与系统分类土纲、亚纲的参比结果

Table 3 Association between soil group of GSCC to soil suborders and orders of CST

发生土类 GSCC groups	系统土纲 CST orders	系统亚纲 CST Suborders	面积 Area ( $\times 10^3 \text{ hm}^2$ )	面积比例 Percentage of subtotal area(%)
红壤 Redsoils	富铁土 Ferrosols	湿润富铁土 Udic Ferrosols	331	8.5
	淋溶土 Argosols	湿润淋溶土 Udic Argosols	1 264	32.7
	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	2 277	58.8
黄壤 Yellow soils	富铁土 Ferrosols	常湿富铁土 Perudic Ferrosols	885	86.0
	淋溶土 Argosols	常湿淋溶土 Perudic Argosols	0.31	0.1
	雏形土 Cambosols	常湿雏形土 Perudic Cambosols	143.4	13.9
紫色土 Purple soils	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	150.4	43.8
	新成土 Primosols	正常新成土 Orthic Primosols	192.6	56.2
石灰岩土 Limestone soils	均腐土 Isohumosols	岩性均腐土 Lithomorphic Isohumosols	5.64	3.6
	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	153.1	96.4
粗骨土 Skel soils	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	27.1	2.0
	新成土 Primosols	正常新成土 Orthic Primosols	1 356	98.0
红黏土 Eutric red soils	富铁土 Ferrosols	湿润富铁土 Udic Ferrosols	0.59	6.9
	淋溶土 Argosols	湿润淋溶土 Udic Argosols	7.93	93.1
山地草甸土 Mountain meadow soils	有机土 Histosols	正常有机土 Orthic Histosols	0.01	1.5
	雏形土 Cambosols	常湿雏形土 Perudic Cambosols	0.37	98.5
潮土 Fluvio-aquic soils	人为土 Anthrosols	旱耕人为土 Orthic Anthrosols	136.2	37.0
	雏形土 Cambosols	潮湿雏形土 Aquic Cambosols	198.2	53.8
	新成土 Primosols	砂质新成土 Sandic Primosols	0.69	0.2
滨海盐土 Coastal saline soils		冲积新成土 Alluvic Primosols	33.26	9.0
	雏形土 Cambosols	潮湿雏形土 Aquic Cambosols	86.72	21.8
水稻土 Paddy soils	盐成土 Halosols	正常盐成土 Orthic Halosols	310.9	78.2
	人为土 Anthrosols	水耕人为土 Stagnic Anthrosols	2 126	100.0

表 4 发生分类土种分布图与系统分类亚类分布图精度评定结果

Table 4 Precision assessment of GSCC soil species distribution map and CST subgroups distribution map

	图斑个数 Number of polygons	平均图斑尺寸 ASD ( $\text{cm}^2$ )	最大衰减指数 IMR	有效比例尺 ESN	形状复杂性指数 MSI
土种分布图 <sup>①</sup>	156 581	2.67	2.58	64 590	1.98
亚类分布图 <sup>②</sup>	105 261	3.98	3.15	78 859	2.05

① soil species distribution map of GSCC; ② soil subgroups distribution map of CST

需要说明的是,通过参比转换得到 CST 亚类单元图斑是由市县普查土种所确定的,与实际土壤系统分类调查所划分的单元必然存在差异。制图评价结果只能作为一种理论参考,其实际精度仍要通过实地调查确定。

## 2.4 土壤系统分类空间分布特征

浙江省土壤总面积 96 866  $\text{km}^2$  (限于耕地、园地、林地、未利用地和海涂),参比后归属于 8 个土纲(图 1)。雏形土分布最广,占总面积的 31.3%,以黄色铝质湿润雏形土亚类的面积最大;人为土为本省的第二大土纲,占土壤总面积的 23.4%,主要

为水耕人为土;新成土集中分布在江河的冲积平原、河口三角洲及山地丘陵区,占土壤总面积的 16.3%,其中以湿润正常新成土为主,占该土纲总面积的 83.7%;淋溶土主要分布在丘陵岗地上,面积占土壤总面积的 13.1%,以黄色铝质湿润淋溶土亚类为主。富铁土形成于温热气候条件下,其地形主要为低山丘陵,占总面积的 12.6%,以腐殖固育常湿富铁土亚类为主。盐成土主要分布在杭州湾以南沿海淤泥海岸带,多与海岸线平行,呈连片带状分布,占总面积的 3.2%;均腐土面积较小,不足总面积的 0.1%;有机土仅在乐清有极少量分布。

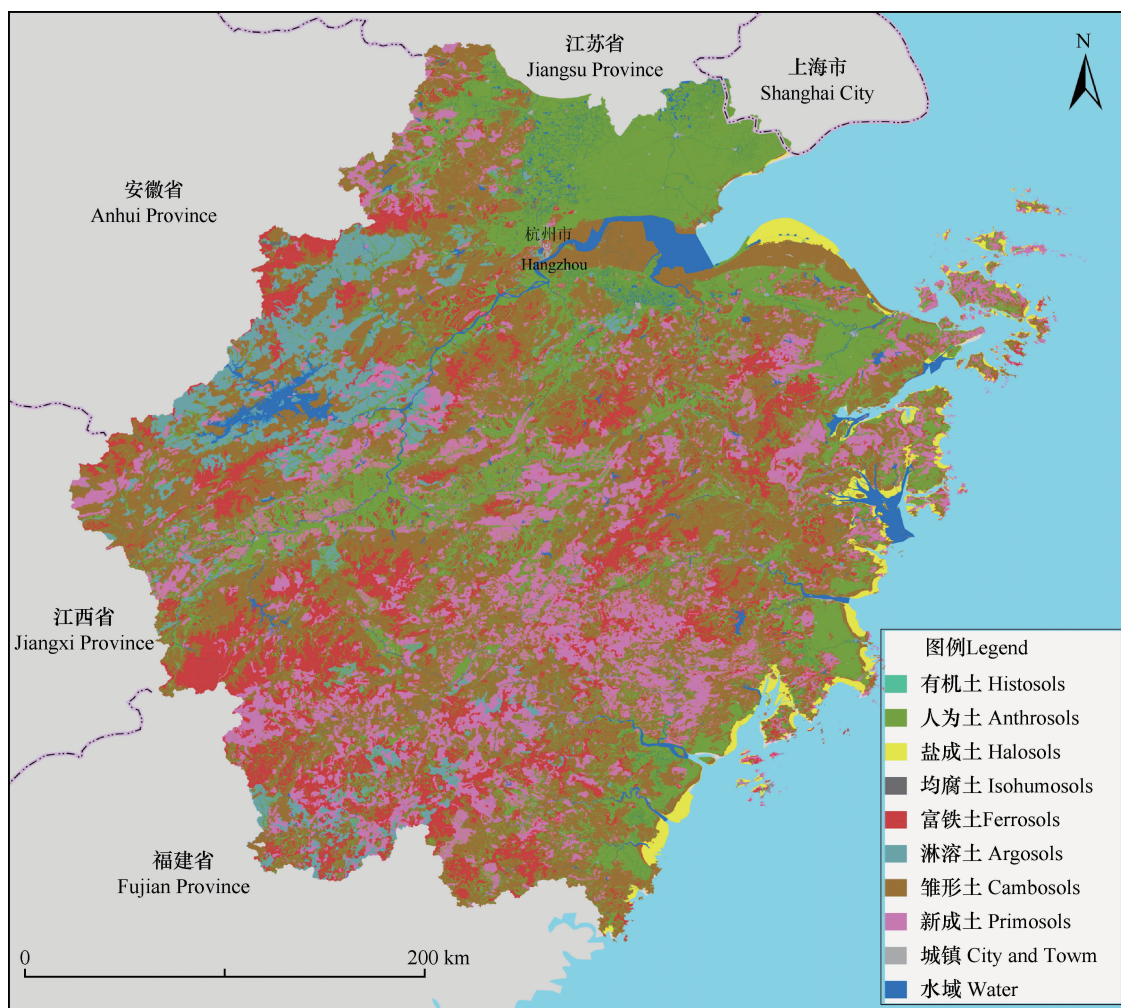


图1 浙江省系统分类土纲分布图

Fig. 1 CST soil order distribution map of Zhejiang Province

### 3 结论

本研究借助浙江省 1:5 万土壤数据库,对区域内的土壤发生分类和系统分类进行了参比,其中发生分类基层单元土属与土种的参比归属较为集中,但汇总后的发生分类高级单元参比关系较为复杂。浙江省土壤参比后归属于八个系统土纲,其中锥形土土纲面积最大,系统分类亚类单元空间分布有一定规律可寻。通过分类参比将基于发生分类的大比例尺土壤普查成果转换成系统分类体系是可行的,但目前土壤系统分类基层分类研究仍有很大不足,特别是土系数量与实际情况极不相称,使得两种分类体系的基层分类单元参比难度较大,限制了土壤系统分类的普及和应用。本研究初步完成了浙江省市县发生分类土种与系统分类亚类的参比,

编制了土壤系统分类亚类图,对中国土壤系统分类的普及与应用具有一定意义,但在参比体系、制图工艺等方面仍有不完善之处,今后还需要进一步深入研究。

### 参考文献

- [1] 龚子同,张甘霖. 中国土壤系统分类:我国土壤分类从定性向定量的跨越. 中国科学基金, 2006(5):293—296. Gong Z T, Zhang G L. Chinese soil taxonomy: A milestone of soil classification in China (In Chinese). Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2006(5):293—296
- [2] 王秋兵,王晶娟,韩春兰. 将土种资料转化为土系的必要性与可行性分析. 土壤通报, 2010, 41(1):17—22. Wang Q B, Wang J J, Han C L. Discussion on the significance and feasibility of converting soil species into soil series (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2010, 41(1):17—22
- [3] 杨志强,潘剑君,黄礼辉,等. 面向土壤系统分类的土壤调查制图方法的初步研究. 土壤, 2010, 42(5):842—848. Yang Z Q,

- Pan J J, Huang L H, et al. Preliminary study on soil survey and mapping for soil taxonomy (In Chinese). *Soils*, 2010, 42(5): 842—848
- [4] 于东升, 史学正, 王洪杰, 等. 发生分类淋溶土与系统分类参比特征研究. *土壤学报*, 2004, 41(6): 845—853. Yu D S, Shi X Z, Wang H J, et al. Characteristics of references between GSCC and CST for GSCC-Luvisols (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41(6): 845—853
- [5] 陈志诚, 龚子同, 张甘霖, 等. 不同尺度的中国土壤系统分类参比. *土壤*, 2004, 36(6): 584—595. Chen Z C, Gong Z T, Zhang G L, et al. Correlation of soil taxa between Chinese soil genetic classification and Chinese soil taxonomy on various scales (In Chinese). *Soils*, 2004, 36(6): 584—595
- [6] Shi X Z, Yu D S, Yang G X, et al. Cross-reference benchmarks for translating between the genetic soil classification of China into the Chinese soil taxonomy. *Pedosphere*, 2006, 16(2): 147—153
- [7] 陈健飞. 福建省土壤分类参比与土壤系统分类检索. *地球信息科学*, 2002(1): 67—70. Chen J F. Study on soil classification correlation and keys to soil taxonomical classification of Fujian Province (In Chinese). *Geo-information Science*, 2002(1): 67—70
- [8] 陈志诚, 赵文君, 龚子同. 海南岛土壤发生分类类型在系统分类中的归属. *土壤学报*, 2003, 40(2): 170—177. Chen Z C, Zhao W J, Gong Z T. Correlation of soil taxa of Hainan island between Chinese soil genetic classification and Chinese soil taxonomy (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(2): 170—177
- [9] 杜国华, 张甘霖, 龚子同. 长江三角洲水稻土主要土种在中国土壤系统分类中的归属. *土壤*, 2007, 39(5): 684—691. Du G H, Zhang G L, Gong Z T. Placement of paddy soils in the Yangtze Delta in the Chinese soil taxonomy (In Chinese). *Soils*, 2007, 39(5): 684—691
- [10] 美欣, 李巧云, 张凤荣. 新疆平原土壤发生分类与系统分类的参比. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2011, 37(3): 312—317. Guan X, Li Q Y, Zhang F R. Comparison of soil genetic classification and soil taxonomy for plain soil in Xinjiang (In Chinese). *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences Edition*, 2011, 37(3): 312—317
- [11] 于东升, 史学正, 王洪杰, 等. 发生分类高山土与系统分类参比特征. *土壤*, 2005, 37(6): 613—619. Yu D S, Shi X Z, Wang H J, et al. Characteristics of references between GSCC and CST for GSCC-high-mountain-soils (In Chinese). *Soils*, 2005, 37(6): 613—619
- [12] Shi X Z, Yu D S, Pan X Z, et al. Soil database of 1:1M digital soil survey and reference system of the Chinese Genetic Soil Classification System. *Soil Survey Horizons*, 2004, 45(4): 129—136
- [13] FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC. Harmonized world soil database (version 1.1). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria, 2009
- [14] 吕成文, 陈志诚, 陈鸿昭, 等. 海南岛 1:20 万 SOTER 数据库的组织与设计研究. *水土保持学报*, 2003, 17(6): 110—113. Lü C W, Chen Z C, Chen H Z, et al. Design of Hainan islands's SOTER database at 1:200 000 scale (In Chinese). *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(6): 110—113
- [15] 张学雷, 杨玉建, 肖光平. 山东省 1:100 万 SOTER 数据库的建立与初步应用研究. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2001, 32(2): 136—142. Zhang X L, Yang Y J, Xiao G P. Soil and terrain digital database and its preliminary application research in Shandong Province (In Chinese). *Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science Edition*, 2001, 32(2): 136—142
- [16] 厉仁安. 浙江海岛丘陵土壤系统分类研究. *土壤学报*, 1994, 31(4): 396—401. Li R A. Taxonomic classification of soils in island region of Zhejiang Province (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 1994, 31(4): 396—401
- [17] 章明奎. 浙西北山地土壤特性和系统分类的研究. *土壤通报*, 1995, 26(4): 153—156. Zhang M K. Study on characteristics and soil taxonomy of mountain soil in northwestern of Zhejiang Province (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 1995, 26(4): 153—156
- [18] 章明奎, 厉仁安. 中国土壤系统分类在浙江省平原旱地土壤分类中的应用. *土壤*, 1999, 31(4): 190—199. Zhang M K, Li R A. Application of Chinese Soil Taxonomy in classification of dry land soil in the plain of Zhejiang Province (In Chinese). *Soils*, 1999, 30(4): 190—199
- [19] 魏孝孚. 浙江省水耕人为土鉴别特性及系统分类研究. *土壤通报*, 1999, 30(1): 45—59. Wei X F. Study on characteristics for identification of stagnic anthrosols and soil classification in Zhejiang Province (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 1999, 30(1): 45—59
- [20] 陆宏, 厉仁安. 慈溪市土壤系统分类研究. *土壤*, 2006, 38(4): 499—502. Lu H, Li R A. Soil of Cixi County in soil taxonomy (In Chinese). *Soils*, 2006, 38(4): 499—502
- [21] 黄昌勇, 章明奎. 迈向 21 世纪的土壤科学. 北京: 中国环境科学出版社, 1999: 11—17. Huang C Y, Zhang M K. Soil science towards 21 century (In Chinese). Beijing: China Environmental Science Press, 1999: 11—17
- [22] 章明奎, 魏孝孚, 厉仁安. 浙江省土系概论. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 7—38. Zhang M K, Wei X F, Li R A. Soil series outline of Zhejiang Province (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000: 7—38
- [23] 吴嘉平, 胡义镰, 支俊俊, 等. 浙江省 1:5 万大比例尺土壤数据库. *土壤学报*, 2013, 50(1): 30—40. Wu J P, Hu Y L, Zhi J J, et al. A 1:50 000 scale soil database of Zhejiang Province, China (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2013, 50(1): 30—40
- [24] 浙江省土壤普查办公室. 浙江土壤. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1994: 63—82. Soil Survey office of Zhejiang Province. *Soils of Zhejiang* (In Chinese). Hangzhou: Zhejiang Scientific and Technical Press, 1994: 63—82
- [25] 龚子同, 张甘霖, 陈志诚, 等. 以中国土壤系统分类为基础的土壤参比. *土壤通报*, 2002, 33(1): 1—5. Gong Z T, Zhang G L, Chen Z C et al. Soil reference on the bases of Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2002, 33(1): 1—5
- [26] 中国科学院南京土壤研究所土壤分类课题组, 中国土壤系统

- 分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类检索. 第3版. 合肥: 中国科技大学出版社, 2002:192—214. Research Group and Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy. Index on Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). 3rd ed. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2002:192—214
- [27] Forbes T, Rossiter D, Wambeke A. Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories. 1987 printing edition of SMSS Technical Monograph 4. New York: Cornell University, Department of Agronomy, 1987:12—21
- [28] Finke P A. Quality assessment of digital soil map: Producers and users perspectives//Lagacherie P, McBratney A B, Voltz M. Developments in soil science, volume 31. Netherlands: Elsevier, 2006:523—542
- [29] Hole F D. An approach to landscape analysis with emphasis on soil. *Geoderma*, 1978, 21(1):1—23
- [30] Shi X Z, Yu D S, Yang G X, et al. Cross-reference system for translating between genetic soil classification of China and Soil Taxonomy. *Soil Science Society of America Journal*, 2006, 70(1):78—83
- [31] 赵其国, 史学正, 等. 土壤资源概论. 北京: 科学出版社, 2007: 138—142. Zhao Q G, Shi X Z, et al. Introduction to soil resources (In Chinese). Beijing: Science Press, 2007:138—142

## REFERENCING BETWEEN SOILS UNDER DIFFERENT SOIL CLASSIFICATION SYSTEMS AND SOIL MAPPING IN ZHEJIANG PROVINCE

Jing Changwei<sup>1</sup> Zhang Mingkui<sup>1</sup> Zhi Junjun<sup>1</sup> Lin Shengpan<sup>1</sup> Wu Jiaping<sup>1\*</sup> Ni Zhihua<sup>2</sup> Xu Jin<sup>2</sup> Chen Hongjin<sup>2</sup>

(1 College of Environmental and Resource Sciences of Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

(2 Zhejiang Provincial Station of Soils and Fertilizers, Hangzhou 310009, China)

**Abstract** Based on the newly established 1:50 000 soil database of Zhejiang Province, attempts were made to set up associations between soil species in the Genetic Soil Classification of China (GSCC) and soil subgroups in the Chinese Soil Taxonomy (CST) by referencing, and develop a CST soil subgroup distribution map. Results show that at the basic taxon level of GSCC, the referencing relationship was relatively clear, but at higher levels, the relationship got complicated. There were a total of 99 soil genus and 277 soil species in GSCC, among which, 62 genus and 252 species can be uniquely associated with soil subgroup in CST. So it is feasible to transform the large-scaled soil data yielded through the Second National Soil Survey using GSCC into CST, which can meet the requirements for plotting a 1:100 000 scale CST soil subgroup distribution map in theory. Through referencing the soils of Zhejiang could be sorted into 8 soil orders, of which Cambosols was in dominance, accounting for 31.3%, Anthrosols for 23.4%, and Histosols for the least percentage in area. At the order level in CST, soil distribution presented a clear pattern. These findings are of a certain value to directing soil classification using CST, and provide examples for CST soil mapping of Zhejiang Province.

**Key words** Genetic classification; Soil taxonomy; Association; Soil survey database; Mapping

(责任编辑:檀满枝)