

DOI: 10.11766/trxb201611160399

# 河南省典型含有人工制品土壤的系统分类研究\*

吴克宁<sup>1, 2</sup> 高晓晨<sup>3</sup> 查理思<sup>4</sup> 李方鸣<sup>1, 2</sup> 鞠兵<sup>5</sup> 李玲<sup>6</sup> 刘欢<sup>1, 2</sup>

(1 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083)

(2 国土资源部土地整治重点实验室, 北京 100035)

(3 河北省不动产登记服务中心, 石家庄 050051)

(4 广东财经大学公共管理学院, 广州 510320)

(5 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(6 河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002)

**摘要** 选取河南省10个典型含有人工制品的土壤剖面 and 3个自然土壤剖面作为研究对象, 基于剖面形态和理化性质的分析, 根据世界土壤资源参比基础(WRB)、美国土壤系统分类(ST)、中国土壤系统分类(CST), 对供试土壤进行分类研究。结果表明, WRB中关于人工扰动的前缀修饰词或后缀修饰词不能完全适宜于中国地区的含有人工制品的土壤, 而在ST中, 含有人工制品的土壤类型出现在各个土纲及其包含的亚类单元, CST中缺乏明确的诊断依据来描述、解释含有人工制品的土壤特征。参照WRB和ST中关于人工制品类别相关标准, 提出CST中含有人工制品的土壤定义, 新增“技术扰动层”诊断特性, 制定CST人工制品类别标准, 并将这一标准体现在CST土族命名中, 该分类方案能有效体现不同人为活动对土壤的影响结果, 一定程度上填补我国对这类土壤分类研究的空白。

**关键词** 土壤系统分类; 人工制品; 河南省  
**中图分类号** S155 **文献标识码** A

土壤分类反映了土壤科学发展水平, 是进行土壤研究、开发与利用土地资源的基础, 是国内外土壤信息交流的重要媒介, 具有学术理论和生产实践意义<sup>[1]</sup>。目前土壤及相关学科的专家学者多把研究重点放在传统农业或森林土壤上, 分析不同土壤生产性能间的相似性和差异性, 以期引导农业生产。然而从古至今, 非农业利用方式下形成的土壤, 因土体中侵入的人工制品, 其形态特征、理化性质不同于自然土壤, 尤其以强烈的人类活动影响、不规则的变换、外来材料的加入为特征<sup>[2-3]</sup>。例如, 在古文化遗址土壤中常见灰坑、灰烬层的人为土层, 以及陶片、石器与古人类活动相关的侵入体<sup>[4-8]</sup>。矿区复垦形成的土壤中常见因客土形成

的人为土层, 以及煤矸石、粉煤灰与采矿活动相关的侵入体<sup>[9-14]</sup>, 城市土壤中常见塑料、混凝土、砖块、生活垃圾等与生活生产活动相关的侵入体<sup>[15-19]</sup>。目前中国土壤系统分类中尚未明确的诊断依据来表征含有人工制品的土壤特征, 随着工业化和城市化不断加快, 人为扰动作用对土壤的影响愈发显著, 若不加强对含有人工制品土壤的研究, 部分土壤产生的变化将无法得到合理的解释。特别是古文化遗址土壤、复垦土壤和城市土壤不是分类学上的概念, 在现行中国土壤系统分类中缺乏对其定义与分类。目前, 国内外土壤学家已对工矿和城市土壤分类开展研究, 在人为土或新成土土纲中提出了新的分类检索建议, 这些可值得借鉴<sup>[20-25]</sup>。

\* 国家自然科学基金项目(4137226)和国家科技基础性工作专项(2008FY110600)资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (No.4137226) and the Special Project of National Science and Technology Basic Research (No.2008FY110600)

作者简介: 吴克宁(1963—), 男, 北京市人, 博士, 教授, 主要从事土壤分类和土地评价研究。E-mail: wukening@cugb.edu.cn

收稿日期: 2016-11-16; 收到修改稿日期: 2017-06-07; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-06-16

本文以河南省典型含有人工制品土壤剖面（简称人为土壤）为研究对象，并选取相同区域内无人工制品土壤剖面（简称自然土壤）作为理化性质对比，得出人为土壤的理化特征。然后根据世界土壤资源参比基础（WRB）、美国土壤系统分类（ST）、中国土壤系统分类（CST），对本文人为土壤剖面进行分类归属研究，探讨建立该类土壤特有性质的诊断层、诊断特性，提出适用于中国的含有人工制品土壤分类的建议方案。

### 1 材料与方法

河南省具有丰富的历史，从人类活动影响的历史进程和方式上看，既有代表性的古文化遗址，也有现代人类活动留下的并正在影响土壤属性和类型的痕

迹，如矿山废弃地、垃圾堆叠地等。因此，以河南地区的代表性剖面作为研究对象具有一定的代表性。

#### 1.1 研究剖面

3个古文化遗址土壤剖面分别采自澠池县仰韶村遗址，洛阳市汉魏洛阳故城遗址、偃师市二里头遗址区（图1），5个城市土壤剖面采自澠池县城（图1），2个矿区复垦土壤剖面采自平顶山市（图2）。3个自然土壤剖面采自澠池县和平顶山市，其中澠池县2个（图1），平顶山市1个（图2）。

#### 1.2 实验方法

基本物理性质分析：颗粒组成（激光粒度仪法）和容重（环刀法），基本化学性质分析：pH（电位法）、有机碳（重铬酸钾—硫酸氧化法）、全磷（H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub>混合酸溶，钼锑抗比色法）和全氮（开氏法）。



注：1.仰韶村遗址文化土壤剖面；2.汉魏洛阳城遗址文化土壤剖面；3.二里头遗址文化土壤剖面；4、5.无人工制品自然土壤剖面；6.道路封闭土壤剖面；7.生活垃圾堆积土壤剖面；8.废弃房屋土壤剖面；9.建筑垃圾堆积土壤剖面；10.废弃公路土壤剖面 Note: 1. Soil profile at the Yangshao village cultural relic site; 2. Soil profile at the HanWei Luoyang city cultural relic site; 3. Soil profile at the Erlitou cultural relic site; 4、5.Natural soil profile free of artifacts; 6. Soil profile of road closures; 7. Soil profile at a domestic waste dumping site; 8. Soil profile at a deserted building site; 9. Soil profile at a construction waste dumping site; 10. Soil profile at a deserted highway site

图1 澠池县及周边地区含有和不含有人工制品土壤剖面

Fig. 1 Soil profiles with and without artifacts in Mianchi County and its surrounding areas



注：11.多量煤矸石侵入土壤剖面；12.中量粉煤灰侵入土壤剖面；13.无人工制品自然剖面 Note:11. Soil profile intruded by a large volume of coal gangue intrusion; 12. Soil profile intruded by a meso-volume of flyash; 13.Natural soil profile free of artifacts

图2 平顶山市含有和不含有人工制品土壤剖面

Fig. 2 Soil profiles with and without artifacts in Pingdingshan City and its surrounding areas

## 2 结 果

### 2.1 土壤颗粒组成

本文按照美国制判断土壤质地，粗骨物质含量按粒径 $2 \sim 75$  mm的碎屑所占体积计算。自然土壤的黏粒含量随深度增加而增加，其中淅池县黏粒含量变化范围为 $14.11\% \sim 19.72\%$ ，平均值为 $17.16\%$ ；平顶山市黏粒含量变化范围为 $10.64\% \sim 13.28\%$ ，平均值为 $12.07\%$ 。人为土壤黏粒含量变化较复杂，因人类活动类型不同产生较大差异。其中遗址土壤黏粒含量变化范围为 $11.31\% \sim 22.13\%$ ，平均值为 $16.12\%$ ，因古人类用火产生大量粗颗粒物质，降低了黏粒百分含量；城市土壤黏粒含量变化范围 $21.21\% \sim 29.21\%$ ，平均值为 $26.38\%$ ，因客土较为黏重的土壤或疏松表土层被剥离；矿区复垦土壤黏粒含量变化范围为 $11.81\% \sim 14.73\%$ ，平均值为 $13.34\%$ ，因客土偏粗。此外，人为土壤剖面的粗骨物质含量远超过自然土壤剖面，以城市土壤表现最为显著，粗骨最高含量可达到 $90\%$ 。

### 2.2 土壤容重

自然土壤的容重随着深度增加而增加，其中淅池县土壤容重变化范围为 $1.24 \sim 1.52 \text{ g cm}^{-3}$ ，平均值为 $1.39 \text{ g cm}^{-3}$ ；平顶山市土壤容重变化范围为 $1.50 \sim 1.57 \text{ g cm}^{-3}$ ，平均值为 $1.54 \text{ g cm}^{-3}$ 。人为土壤的容重变化较复杂，因人类活动类型不同产生较

大差异。其中遗址土壤容重变化范围为 $0.79 \sim 1.44 \text{ g cm}^{-3}$ ，平均值为 $1.31 \text{ g cm}^{-3}$ ，因古人类用火产生大量疏松灰烬物质，容重变小；城市土壤容重变化范围为 $1.22 \sim 1.77 \text{ g cm}^{-3}$ ，平均值为 $1.57 \text{ g cm}^{-3}$ ，受道路建设、垃圾堆积等现代人类活动影响，土层被挤压，容重变大；矿区复垦土壤容重变化范围为 $1.31 \sim 1.61 \text{ g cm}^{-3}$ ，平均值为 $1.49 \text{ g cm}^{-3}$ ，受复垦翻动影响，土层变疏松，容重变小。

### 2.3 pH

自然土壤pH较稳定，变化幅度不大，其中淅池县土壤pH变化范围为 $8.21 \sim 8.82$ ，平顶山市土壤pH变化范围为 $7.31 \sim 7.84$ 。而人为土壤pH相比波动较大，因人为活动产生的侵入体，改变了土壤稳定的pH环境。其中遗址土壤pH变化范围为 $7.91 \sim 8.96$ ，因古人类用火产生大量偏碱性的草木灰物质侵入某一土层，导致pH变化较大；城市土壤pH变化范围为 $7.88 \sim 8.79$ ，因混凝土、石灰性建筑材料等碱性物质和生活垃圾等酸性物质侵入不同土层，导致pH变化复杂；矿区复垦土壤pH变化范围为 $8.03 \sim 8.39$ ，因粉煤灰、煤矸石等碱性物质侵入土体，pH相比较一致。

### 2.4 有机碳

自然土壤有机碳含量随着深度增加而减少，其中淅池县土壤有机碳变化范围为 $2.96 \sim 10.19 \text{ g kg}^{-1}$ ，平均值为 $5.88 \text{ g kg}^{-1}$ ；平顶山市土壤有机碳变化范围为 $4.12 \sim 8.36 \text{ g kg}^{-1}$ ，平均值为 $6.07 \text{ g kg}^{-1}$ 。人为

土壤有机碳含量变化较复杂,因人类活动类型不同产生较大差异。其中遗址土壤有机碳含量变化范围为2.10~11.32 g kg<sup>-1</sup>,平均值为6.43 g kg<sup>-1</sup>,古人类存储粮食和填埋生活垃圾,增加了土壤有机碳含量;城市土壤有机碳含量为1.50~11.45 g kg<sup>-1</sup>,平均值为6.67 g kg<sup>-1</sup>,受现代人类活动影响,如填埋生活垃圾等,增加了土壤有机碳含量;矿区复垦土壤有机碳含量变化范围为1.69~3.07 g kg<sup>-1</sup>,平均含量为2.30 g kg<sup>-1</sup>,受现代人类活动影响,填埋粉煤灰和煤矸石等,地表植物被破坏,土壤有机碳含量减少。

### 2.5 全氮和全磷

自然土壤全氮含量随着深度增加而减少,其中澠池县土壤全氮含量变化范围为0.30~1.07 g kg<sup>-1</sup>,平均值为0.59 g kg<sup>-1</sup>;平顶山市土壤全氮含量变化范围为0.29~0.57 g kg<sup>-1</sup>,平均值为0.44 g kg<sup>-1</sup>。人为土壤全氮含量变化较复杂,因人类活动类型不同产生较大差异。其中遗址土壤全氮含量变化范围为0.16~1.06 g kg<sup>-1</sup>,平均值为0.55 g kg<sup>-1</sup>,相较自然土壤,古人类活动对全氮含量基本没有影响;城市土壤全氮含量变化范围为0.27~1.75 g kg<sup>-1</sup>,平均值为0.61 g kg<sup>-1</sup>,受填埋生活垃圾等人为活动影响,全氮含量增加;矿区复垦土壤全氮含量变化范围为0.11~0.27 g kg<sup>-1</sup>,平均值为0.22 g kg<sup>-1</sup>,受人工采挖等活动影响,全氮含量最多的表层被剥离,客土全氮含量较低,且自然补给缓慢,全氮含量减少。

自然土壤全磷含量随着深度增加而逐渐减少,其中澠池县土壤全磷含量变化范围为0.52~1.45 g kg<sup>-1</sup>,

平均值为0.88 g kg<sup>-1</sup>;平顶山市土壤全磷含量变化范围为0.84~1.31 g kg<sup>-1</sup>,平均值为1.14 g kg<sup>-1</sup>。人为土壤全氮含量变化较复杂,因人类活动类型不同产生较大差异。变化范围为0.27~4.64 g kg<sup>-1</sup>,平均值为1.44 g kg<sup>-1</sup>。其中遗址土壤全磷含量变化范围为0.9~4.64 g kg<sup>-1</sup>,平均值为2.76 g kg<sup>-1</sup>,因古人类居住、饮食活动增加了土壤全磷含量;城市土壤全磷含量变化范围为0.30~0.68 g kg<sup>-1</sup>,平均值为0.39 g kg<sup>-1</sup>,现代人类活动减少了土壤全磷含量;矿区复垦土壤全磷含量变化范围为0.39~1.36 g kg<sup>-1</sup>,平均值为0.97 g kg<sup>-1</sup>,受人工采挖等活动影响,全磷含量最多的表层被剥离,客土全磷含量较低,并且自然补给缓慢,全磷含量减少。

## 3 讨论

### 3.1 WRB对含有人工制品土壤的分类

根据WRB(2014)方案,剖面1有雏形层,被划分为雏形土,剖面2、3分别有黏化层、雏形层,被划分为淋溶土和雏形土,其他土壤剖面被划分为技术土,详见表1。

技术土一级单元的前缀修饰词中表征了“薄层”、“封闭”、“缓渗”、“城市”、“工业废弃物”等人工制品的特性,其他一级单元如剖面2和剖面3的雏形土和淋溶土的后缀修饰词中也有“技术”前缀表征人工制品的影响。WRB设立技术土一级单元,且在其他一级单元中也有技术(Technical)、有毒(Toxic)和运移的

表1 河南典型含有人工制品的土壤WRB分类

Table 1 WRB classification of soil profiles with artifacts typical of Henan Province

剖面号 No.	诊断层 Diagnostic horizon	诊断物质 Diagnostic material	土壤类型 Soil type
1	雏形层	石灰性物质、人工制品	石灰饱和雏形土(壤质,碱性)
2	黏化层	人工制品	筒育低活性淋溶土(壤质,技术)
3	雏形层	人工制品	弱石灰反应低CEC雏形土(壤质,技术)
6	雏形层	技术硬物质	薄层封闭技术土(壤质,雏形)
7		人工制品	城市工业废物技术土(多人工制品,饱和的)
8		人工制品	城市工业废物技术土(多人工制品,不饱和的)
9		人工制品	城市工业废物技术土(多人工制品,不饱和的)
10		技术硬物质	薄层缓渗技术土(石灰性,致密)
11		人工制品	工业废物技术土(低活性,石灰)
12		人工制品	工业废物技术土(低活性,石灰)

(Transporting) 等后缀修饰词较好地体现了土壤受人工制品侵入影响的特性。但前缀修饰词或后缀修饰词不能完全适宜于中国土壤, 如参照 WRB 确定土壤剖面 2、剖面 11 和剖面 12 的类型时, 可供选择的修饰词不能完全体现该剖面的特性。

### 3.2 ST对含有人工制品土壤的分类

根据 ST (2014) 分类方案, 剖面 1、剖面 2、剖面 3 和剖面 6 中虽含有人工制品, 但是因其有雏形层或黏化层, 被划分到始成土或淋溶土中, 其他土

壤剖面被划分到新成土中, 详见表 2。

新成土均在其亚类中体现人为运移扰动特征, 且在土族命名中加入人为扰动和人为运移物质等级标准, 细化人工制品的类型和含量等, 充分体现了土壤受人类扰动的程度。然而人为运移扰动特征只在新成土中有所体现, 而其他土纲中未体现该特征, 这使得具有其他土壤特性的含有人工制品的土壤参照 ST 分类时, 只能体现自然成土特征, 而忽略人为运移扰动特征。

表 2 河南典型含有人工制品的土壤 ST 分类

Table 2 ST classification of soil profiles with artifacts typical of Henan Province

剖面号 No.	诊断层 Diagnostic horizon	诊断特性 Diagnostic characteristics	土壤类型 Soil type
1	雏形层	半干润水分状况、温性	壤质混合型高活性温性非酸性典型弱发育半干润始成土
2	黏化层	半干润水分状况、温性	壤质混合型高活性温性非酸性简育弱发育半干润淋溶土
3	雏形层	半干润水分状况、温性	壤质混合型高活性温性非酸性典型弱发育半干润始成土
6	雏形层	人工运移物质、半干润水分状况、温性	细粉质混合型活跃温性非酸性典型弱发育半干润始成土
7		人工运移物质、半干润水分状况、温性	粗骨壤质盖细粉质人工制品混合型活跃温性非酸性运移扰动半干润正常新成土
8		人工运移物质、半干润水分状况、温性	粗骨壤质人工制品混合型活跃温性非酸性运移扰动半干润正常新成土
9		人工运移物质、半干润水分状况、温性	细壤质盖粗骨壤质人工制品混合型活跃温性非酸性运移扰动半干润正常新成土
10		人工运移物质、半干润水分状况、温性	粗骨壤质盖细粉质混凝土混合型活跃温性非酸性运移扰动半干润正常新成土
11		人工运移物质、半干润水分状况、温性	壤质工矿废物混合型活跃温性非酸性运移扰动半干润正常新成土
12		人工运移物质、半干润水分状况、温性	壤质工矿废物混合型活跃温性非酸性运移扰动半干润正常新成土

### 3.3 CST对含有人工制品土壤的分类

根据 CST (2001) 分类方案, 剖面 1、剖面 3 和剖面 6 因有雏形层, 被划分为雏形土, 剖面 2 因有黏化层, 被划分为淋溶土, 剖面 7~剖面 12 被划分为干润正常新成土土类, 再根据是否具有石灰性分为石灰干润正常新成土和普通干润正常新成土, 这些土壤类型中均没有体现含有人工制品的特点。

含有人工制品的土壤参照 CST, 被划分为正常新成土, 属最适合的类型。但该类型土壤并不能体现土壤中包含人工制品等侵入体的特性, 故不能完全描述含有人工制品的土壤。所以目前 CST 分类方

案缺乏明确的诊断依据来描述、解释含有人工制品的土壤特征。

### 3.4 我国含有人工制品的土壤分类划分标准建议

参考 WRB 和 ST 的研究成果, 根据河南典型含有人工制品的土壤特征对现行中国土壤系统分类提出分类建议。建议含有人工制品的土壤定义为: 矿质地表至 200 cm 以上范围内有“技术扰动层”的土壤。新增一个“技术扰动层次”诊断特性, 定义为“在非农业活动影响下形成的扰动层”。根据供试土壤剖面的野外观察和实验数据, 发现在非农业活动扰动下, 土壤粒度、容重、pH、有机碳、全

表3 河南典型含有人工制品的土壤CST分类

Table 3 CST classification of soil profiles with artifacts typical of Henan Province

剖面号 No.	诊断层 Diagnostic horizon	诊断特性 Diagnostic characteristics	土族 Soil family
1	雏形层	半干润水分状况、石灰性	壤质混合型温性石灰性普通筒育干润雏形土
2	黏化层	半干润水分状况、石灰性	壤质混合型温性石灰性普通筒育干润淋溶土
3	雏形层	半干润水分状况、石灰性	壤质混合型温性石灰性普通筒育干润雏形土
6	雏形层	氧化还原特征、半干润水分状况	黏壤质混合型温性非酸性普通底锈干润雏形土
7		半干润水分状况、石灰性	粗骨壤质盖黏壤质混合型温性石灰干润正常新成土
8		半干润水分状况、石灰性	粗骨壤质混合型温性石灰干润正常新成土
9		半干润水分状况、石灰性	黏壤质盖粗骨壤质混合型温性石灰干润正常新成土
10		半干润水分状况	粗骨质盖黏壤质混合型温性非酸性普通干润正常新成土
11		半干润水分状况、石灰性	壤质混合型温性石灰干润正常新成土
12		半干润水分状况、石灰性	壤质混合型热性石灰干润正常新成土

氮和全磷变化情况复杂, 这表明人类活动明显干扰了土壤自然发生发育过程, 且不同的活动类型和强度对土壤造成不同影响, 目前得出较为共性且明显直观的诊断特征是侵入体的含量及人为形成土层的穿透性。故对“技术扰动层次”诊断特性提出以下条件: (1) 矿质土表至100 cm (或者浅于100 cm 的石质或准石质接触面) 范围内含有 $\geq 20\%$  (体积计, 加权平均) 的人为技术物质; 或 (2) 矿质土表至200 cm (或者浅于200 cm 的石质或准石质接触面) 范围内有一厚度 $\geq 50\text{cm}$  的层次中含有 $\geq 40\%$  (体积计, 加权平均) 的人为技术物质; 或 (3) 矿质土表至200 cm 范围内具有任何厚度的、人工构造的、水平连续的、缓透水或不透水的人为技术层。

为最小限度地改变原框架、概念和定义, 关于含有人工制品的土壤高级分类划分标准提出以下建议方案: 将“技术扰动层次”这一诊断特性加入到人为新成土的检索范围内, 扩充新成土亚纲中人为新成土的定义, 具体改为, 新成土中在矿质土表至50cm范围内有技术扰动层次或人为扰动层次或人为淤积物质。在人为新成土亚纲下新增“技术人为新成土”土类, 并最先被检索出来, 定义为“人为新成土中在矿质土表至50cm范围内有技术扰动层次”。在“技术人为新成土”土类下设石灰技术人为新成土、酸性技术人为新成土、普通技术人为新成土三个亚类。具体划分方案如下:

#### N新成土 亚纲的检索

N1 新成土中在矿质土表至50cm范围内有技术扰动层次或人为扰动层次或人为淤积物质。

人为新成土

#### N1 人为新成土

##### 土类的检索

N1.1 人为新成土中在矿质土表至50cm范围内有技术扰动层次。

技术人为新成土

#### N1.1 技术人为新成土

##### 亚类的检索

N1.1.1 技术人为新成土中有石灰性。

石灰技术人为新成土

N1.1.2 其他技术人为新成土中在矿质土表至50 cm范围内盐基饱和度均 $< 50\%$ 或 $\text{pH} < 5.5$ 。

酸性技术人为新成土

N1.1.3 其他技术人为新成土。

普通技术人为新成土

土族作为系统分类的基层单元, 携带有用以定义高级单元从土纲到亚类以及自身的一系列土壤性质, 是所属高级分类单元的续分。当含有人工制品的土壤不满足以上制定的技术人为新成土高级诊断特征时, 建议在土族增加人工制品类别, 以区别含有人工制品土壤和其他土壤的不同。由以上研究结果, 根据人工制品类型和含量的不同对土壤中水分、养分等运移的影响差异进行人工制品类型分析, 在土族划分中加入人工制品类别特征, 其中“柏油”、“混凝土”、“煤燃烧物”和“少

人工制品”参照ST的相关标准,“工矿垃圾”、“城市垃圾”和“有机垃圾”参照WRB技术土的相关标准,借鉴ST相关标准增加“灰烬”。该特征与其他四个土族鉴别特征一起使用,具体的土族名称描述按以下顺序组合而成。(1)颗粒大小级别与替代;(2)人工制品类别;(3)矿物学类型;(4)石灰性和酸碱反应类别;(5)土壤温度状况。

人工制品类别的控制层段是从矿质土表向下延伸至下列深度较浅者:A 200 cm,或B含有人工制品的最深的土层下边界;或C石质或准石质接触面。

人工制品类别检索标准如下:

A矿质土壤在人工制品类别的控制层段有下列特征之一:

1. 土体中有一层厚度 $\geq 7.5$  cm的土层,有大于35% (体积计)直径大于2 mm的沥青(柏油)。

柏油

或

2. 其他土壤中有一层厚度 $\geq 7.5$  cm的土层,有大于35% (体积计)直径大于2 mm的混凝土。

混凝土

或

3. 其他土壤中有厚度 $\geq 7.5$  cm的土层,有大于35% (体积计)直径大于2 mm的煤燃烧副产物(例如底灰或煤渣)。

煤燃烧物

或

4. 其他土壤中有一层厚度 $\geq 7.5$  cm的土层,有 $\geq 15\%$  (体积计)的植物等燃烧后的灰烬(0.02~0.25 mm)。

灰烬

或

5. 其他土壤中有一层厚度 $\geq 20$  cm的土层,有 $\geq 20\%$  (体积计)的人工制品,其中35%为工业废弃物如煤矸石、炉渣、碎石、粉煤灰、瓦砾等。

工矿垃圾

或

6. 其他土壤中有一层厚度 $\geq 20$  cm的土层,有 $\geq 20\%$  (体积计)的人工制品,其中35%为城市垃圾如砖头、瓦片、碎片和生活居住区的垃圾等。

城市垃圾

或

7. 其他土壤中有一层厚度 $\geq 20$  cm的土层,有

$\geq 20\%$  (体积计)的人工制品,其中35%为有机废弃物。

有机垃圾

或

8. 其他土壤中有一层厚度 $\geq 50$  cm的土层,有 $\geq 15\%$  (体积计)的人工制品。

少人工制品

B所有其他土壤:无人工制品类别的应用。

### 3.5 按建议方案河南省含有人工制品的土壤分类归属

如表4所示,6个剖面在新成土中体现了人为技术扰动特点,所有剖面在土族名称中体现所含人工制品类型,表明受到人为影响。与WRB相比,该建议方案既能体现土壤自然发生过程,又能表征非农业活动对土壤的影响,分类更加具体细致;与ST相比较,该建议方案不仅在新成土而且在淋溶土、雏形土等土纲中,均能体现含有人工制品的特点。

## 4 结 论

参照WRB和ST中的人工制品、人为技术物质和人为技术层的定义,借鉴ST中对含有人工制品的土壤土族划分标准,以及人为改变和人为运移物质等级的理念,结合中国含有人工制品土壤的性质,提出CST中含有人工制品的土壤定义,新增“技术扰动层次”诊断特性,并参照WRB和ST中人工制品类别相关标准,制定CST人工制品类别标准,并将这一标准体现在CST土族划分中,该分类方案能有效体现人为活动对土壤的影响结果。

本研究中的10个典型含有人工制品的土壤剖面,按照建议方案,将其中6个划分到技术人为新成土土类中,符合客观实际。但与此同时,此方案可能忽略了受到人为扰动、但不符合技术人为新成土的土壤,如本研究中的剖面1、2、3、6,虽然在土族中对人工制品有所体现,但仅表现了其类别,并不能体现诊断特征。故笔者建议在中国土壤分类系统检索中加入“技术扰动层次”诊断特性,放置在人为土土纲中,从而使含有人工制品的土壤最先被检索出来,并在人为新成土亚纲中补充不满足“技术扰动层次”诊断特性的含有人工制品的土壤类型,这样使得含有人工制品的土壤分类更加全面。下一步,将增加含有人工制品土壤的样本数

表4 河南典型含有人工制品的土壤CST建议方案

Table 4 Proposed CST classification of soil profiles with artifacts typical of Henan Province

剖面号 No.	诊断层 Diagnostic horizon	诊断特性 Diagnostic characteristics	土族 (CST2001建议方案) Soil family (proposed projects of CST2001)
1	雏形层	技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	壤质灰烱混合型温性石灰性-普通筒育干润雏形土
2	黏化层	技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	壤质城市垃圾混合型温性石灰性-普通筒育干润淋溶土
3	雏形层	技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	壤质灰烱混合型温性石灰性-普通筒育干润雏形土
6	雏形层	技术扰动层、氧化还原特征、半干润水分状况	黏壤质混凝土混合型温性非酸性-普通底锈干润雏形土
7		技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	粗骨壤质盖黏壤质城市垃圾混合型温性-石灰技术人为新成土
8		技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	粗骨壤质城市垃圾混合型温性-石灰技术人为新成土
9		技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	黏壤质盖粗骨壤质城市垃圾混合型温性-石灰技术人为新成土
10		技术扰动层、半干润水分状况	粗骨质盖黏壤质混凝土混合型温性非酸性-普通技术人为新成土
11		技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	壤质工矿垃圾混合型温性-石灰技术人为新成土
12		技术扰动层、半干润水分状况、石灰性	壤质工矿垃圾混合型热性-石灰技术人为新成土

量, 系统分析该类型土壤的形态特性、理化性质及变化规律, 完善划分标准, 优化划分方法。

**致 谢** 中国科学院南京土壤研究所张甘霖和赵玉国研究员、中国农业大学张凤荣教授、北京师范大学赵焯教授、北京林业大学孙向阳教授和四川农业大学袁大刚副教授。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 张甘霖, 王秋兵, 张凤荣, 等. 中国土壤系统分类土族和土系划分标准. 土壤学报, 2013, 50 ( 4 ) : 826—834  
Zhang G L, Wang Q B, Zhang F R, et al. Criteria for establishment of soil family and soil series in Chinese Soil Taxonomy ( In Chinese ). Acta Pedologica Sinica, 2013, 50 ( 4 ) : 826—834
- [ 2 ] 龚子同, 张甘霖. 人为土壤形成过程及其在现代土壤学上的意义. 生态环境, 2003, 12 ( 2 ) : 184—191  
Gong Z T, Zhang G L. Anthropogenesis and its significance in modern pedology ( In Chinese ). Ecology and Environment, 2003, 12 ( 2 ) : 184—191
- [ 3 ] Amundson R, Jenny H. The place of humans in the state factor theory of ecosystems and their soils. Soil Science, 1991, 151 ( 1 ) : 99—109
- [ 4 ] Schlezinger D R. Organic phosphorus and elemental ratios as indicators of prehistoric human occupation. Journal of Archaeological Science, 2000, 27: 479—492
- [ 5 ] Johnson K D, Terry R E, Jackson M W, et al. Ancient soil resources of the Usumacinta River Region Guatemala. Journal of Archaeological Science, 2007, 34 ( 7 ) : 1117—1129
- [ 6 ] 高华中, 朱诚, 孙智彬. 三峡库区中坝遗址考古地层土壤有机碳的分布及其与人类活动的关系. 土壤学报, 2005, 42 ( 3 ) : 518—522  
Gao H Z, Zhu C, Sun Z B. Distribution of soil organic carbon in archaeological strata of Zhongba Site in Three Gorges Reservoir and its relation to human activities ( In Chinese ). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42 ( 3 ) : 518—522
- [ 7 ] 查理思, 吴克宁, 冯力威, 等. 古人类活动对土壤形成、发育的影响——以河南仰韶村文化遗址为例. 土壤学报, 2016, 53 ( 4 ) : 850—859  
Zha L S, Wu K N, Feng L W, et al. Influence of ancient human activities on development of soil—A case study of Yangshao village cultural relic site, Henan Province ( In Chinese ). Acta Pedologica Sinica, 2016, 53 ( 4 ) : 850—859
- [ 8 ] 查理思, 吴克宁, 鞠兵, 等. 二里头文化遗址区土壤化学成分含量及变化研究. 土壤通报, 2013, 44 ( 6 ) : 1414—1417  
Zha L S, Wu K N, Ju B, et al. Research on the



- chemical constituents' contents and changes of Paleosol in Erlitou Culture Sites (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2013, 44 (6): 1414—1417
- [ 9 ] Jacinthe P A, Lal R. Spatial variability of soil properties and trace gas fluxes in reclaimed mine land of southeastern Ohio. *Geoderma*, 2006, 136 (3/4): 598—608
- [ 10 ] Shrestha R K, Lal R. Land use impacts on physical properties of 28 years old reclaimed mine soils in Ohio. *Plant and Soil*, 2008, 306 (1/2): 249—260
- [ 11 ] Ussiri D A N, Lal R, Jacinthe P A. Post-reclamation land use effects on properties and carbon sequestration in mine soils of southeastern Ohio. *Soil Science*, 2006, 171 (3): 261—271
- [ 12 ] 陈龙乾, 邓略中, 唐宏. 矿区泥浆泵复垦土壤物理特性的时空演化规律. *土壤学报*, 2001, 38 (2): 277—283  
Chen L Q, Deng K Z, Tang H. Law of temporal and spatial evolution of physical properties of soil reclaimed by hydraulic dredge pump in mining area (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38 (2): 277—283
- [ 13 ] 李新举, 胡振琪, 李晶, 等. 采煤塌陷地复垦土壤质量研究进展. *农业工程学报*, 2007, 23 (6): 2276—2280  
Li X J, Hu Z Q, Li J, et al. Research progress of reclaimed soil quality in mining subsidence area (In Chinese). *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23 (6): 2276—2280
- [ 14 ] 王煜琴, 李新举, 胡振琪, 等. 煤矿区复垦土壤压实时空变异特征. *农业工程学报*, 2009, 29 (5): 223—226  
Wang Y Q, Li X J, Hu Z Q, et al. Spatial-temporal variability of reclamation soil compaction in coal mine region (In Chinese). *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, 29 (5): 223—226
- [ 15 ] Biasioli M, Barberis R, Ajmone-Marsan F. The influence of a large city on some soil properties and metals content. *Science of the Total Environment*, 2006, 356 (3): 154—164
- [ 16 ] Lehmann A, Stahr K. Nature and significance of anthropogenic urban soils. *Journal of Soils and Sediments*, 2007, 7 (4): 247—260
- [ 17 ] 何跃, 张甘霖. 城市土壤有机碳和黑碳的含量特征与来源分析. *土壤学报*, 2006, 43 (2): 177—182  
He Y, Zhang G L. Concentration and sources of organic carbon and black carbon of urban soils in Nanjing (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43 (2): 177—182
- [ 18 ] 张甘霖, 朱永官, 傅伯杰. 城市土壤质量演变及其生态环境效应. *生态学报*, 2003, 23 (3): 539—546  
Zhang G L, Zhu Y G, Fu B J. Quality changes of soils in urban and suburban areas and its eco-environmental impacts—A review (In Chinese). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (3): 539—546
- [ 19 ] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 城市土壤的特性及其管理. *土壤与环境*, 2002, 11 (2): 206—209  
Lu Y, Gong Z T, Zhang G L. Characteristics and management of urban soils (In Chinese). *Soil and Environmental Sciences*, 2002, 11 (2): 206—209
- [ 20 ] Lehmann A. Technosols and other proposals on urban soils for the WRB. *International Agrophysics*, 2006, 20 (2): 129—134
- [ 21 ] Naeth M A, Archibald H A, Nemirsky C L, et al. Proposed classification for human modified soils in Canada: Anthroposolic order. *Canadian Journal of Soil Science*, 2012, 92 (1): 7—18
- [ 22 ] Burghard T W, Bertrab M V. Dialeimmasol, urban soil of pavements. *Journal of Soils and Sediments*, 2016, 16 (11): 2500—2513
- [ 23 ] Rossiter D G. Classification of urban and industrial soils in the world reference base for soil resources. *Journal of Soils and Sediments*, 2007, 7 (2): 96—100
- [ 24 ] Thurman N C, Sencindiver J C. Properties, classification, and interpretations of mine soils at two sites in West Virginia. *Soil Science Society of America Journal*, 1986, 50: 181—185
- [ 25 ] Prokof'eva T V, Gerasimova M I, Bezuglova O S, et al. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science*, 2014, 47 (10): 959—967

## Soil Taxonomy of Artificial Soils Containing Artifacts Typical of Henan Province

WU Kening<sup>1, 2</sup> GAO Xiaochen<sup>3</sup> ZHA Lisi<sup>4</sup> LI Fangmin<sup>1, 2</sup> JU Bing<sup>5</sup> LI Ling<sup>6</sup> LIU Huan<sup>1, 2</sup>

( 1 School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China )

( 2 Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China )

( 3 Real Estate Registration Center of Hebei, Shijiazhuang 050051, China )

( 4 School of Public Administration, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China )

( 5 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China )

( 6 College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China )

**Abstract** 【Objective】As of yet Chinese Soil Taxonomy (CST) doesn't have any explicit diagnostic basis for characterizing soil profiles with artifacts. With rapid development of industrialization and urbanization, the impact of human disturbance on soil is becoming more and more significant. It is, therefore, essential to intensify the research on soils containing artificial artifacts, or it would be very hard to explain reasonably how some changes occur in pedogenesis. 【Method】In this paper, 10 soil profiles containing artificial artifacts (shortened as artificial soil) typical of Henan Province were selected as objects for the study, including 3 at ancient cultural relic sites, 5 at urban sites and 2 at reclaimed farmland sites in industrial and mining areas. Besides 3 natural soil profiles (free of any artificial artifacts) were chosen in the same regions as control for comparison in configuration and physico-chemical property. Then the 10 soil profiles were classified in line with world soil resources reference basis (WRB) and Soil Taxonomy (ST) and CST and analyzed for soil diagnostic layer and diagnostic characteristic specific of these profiles. On such a basis, a proposed scheme was put forward, applicable to classification of the artificial soils specific of China. 【Result】Artificial soils are complicated in structure and property and vary sharply in particle size, bulk density, pH, and contents of organic carbon, total nitrogen and total phosphorus with type and intensity of human activities. The most intuitive feature is the fact that the content of coarse particles is much higher in the artificial soil profiles than in the natural soil profiles. The urban soils, in particular, are very high in content of coarse particles, up to 90%, and peculiar in soil penetrability, which is hindered by a soil layer formed of miscellaneous construction waste in these soils. In view of the characteristics of these artificial profiles, WRB is found not fully suitable soils because it lacks sufficient modifying prefix or suffix to describe diagnosis of these artificial soils containing artifacts; in ST, Soils containing artifacts appear in the various Soil orders and subgroups; and CST lacks specific diagnostic basis to describe and explain soil properties of these artificial soils. 【Conclusion】By referring to some standards in WRB and ST pertaining to artificial artifacts in soil, this paper has brought forth a definition for soils containing artificial artifacts, including an augment of "technical disturbance layer" as diagnostic feature, which is added as an index for search of entisol and as a supplement into the definition for the suborder of entisol in CST formulated standards specific to artificial artifacts in CST, and created a new soil group "Technical anthropogenic entisol", which will be first searched out under the suborder of entisol and three subgroups, i.e. calcareous, acidic and ordinary technical anthropogenic entisol under the group of Technical anthropogenic entisol. Moreover, when artificial soils do not fit in with the diagnostic features described in the preceding paragraphs, it is suggested that artificial soils should be added as a new type into the soil family to distinguish artificial soils from natural ones. This

proposed scheme for soil classification is believed to be able to reflect effects of human activities varying in type on soil, which fills a gap by a certain degree in the study on classification of this type of soils.

**Key words** Soil taxonomy; Artifacts; Henan Province

(责任编辑：檀满枝)