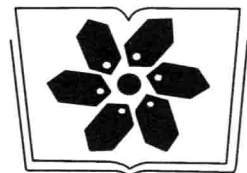


吴珊眉 等著

V 中国变性土
Vertisols in
China



科学出版社



中国科学院科学出版基金资助出版

中国变性土

吴珊眉等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

变性土(又称膨缩土、膨转土),与地质学的膨胀土同义,唯服务对象有别,研究的土层深度有异。本书是一部土壤地理学基础专著,全书贯穿变性土发生基本理论、分布规律,依据《中国土壤系统分类检索》(2001)对数十个典型剖面再诊断鉴定和系统分类命名。借鉴《美国土壤系统分类检索》(2010),发现我国除潮湿变性土、湿润变性土和干润变性土亚纲外,还具有寒性变性土、干旱变性土和夏旱变性土三个新亚纲,是基于对变性土形成条件、分布规律和土壤水热状况以及实地调查研究而产生的新认识和新观点。

全书共15章,第1章回顾我国变性土研究的成就并作展望;第2章论述变性土的地理分布规律、发生原理、诊断特征和性质的量化标准;第3~11章分区论述成土条件、典型剖面的诊断和分类,涉及新亚纲和新亚类等论述;第12~15章介绍变性土的肥力、水分物理性质和利用改良措施,以及膨胀土与工程建设和修建梯地保土等。

本书对地学、农学、林学、土壤学、资源环境学、土地利用与规划以及岩土工程学等有关领域的科学研究、教育和生产实践等人员均有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中国变性土/吴珊眉等著. —北京:科学出版社,2014.8
ISBN 978-7-03-041305-5

I. ①中… II. ①吴… III. ①变性土-研究-中国 IV. ①S155.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第140376号

责任编辑:周丹 胡凯 魏昌龙/责任校对:韩杨
责任印制:肖兴/封面设计:许瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2014年8月第一次印刷 印张:20 1/4 插页:2

字数:480 000

定价:158.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《中国变性土》著者名单

主要著者：吴珊眉 徐盛荣 马友华

潘剑君 邵东彦 熊德祥

著者成员：（按姓氏汉语拼音排序）

陈铭达 付建和 郭沂林 何传龙

胡宏祥 贾宏涛 龙显助 马友华

慕 兰 潘剑君 邵东彦 申 眺

王 斌 吴 洁 吴珊眉 熊德祥

徐盛荣 张文太 朱新萍

序

变性土 (Vertisols) 系一种含有多量膨胀性矿物的黏性土壤, 湿时泥泞, 干时产生大的裂隙。在农业生产上是一种低产土壤, 且十分不利于工程建设, 因而引起土壤、农业和工程建设人员的高度关注。

变性土纲首先由美国土壤分类第七次草案正式提出 (Soil Survey Staff, 1960)。但变性土的研究由来已久。20 世纪 30~40 年代各国土壤学文献中将此种土壤分别称为黑棉土 (印度)、黑黏土 (摩洛哥)、黑油土 (南斯拉夫)、黑土 (澳大利亚) 和砂姜土 (中国) 等, 并开始了一些研究。

根据我国土壤工作者, 特别是黄瑞采等人的研究, 在论文“中国土壤系统分类初拟”(1985) 中正式确认变性土在我国分类中的位置。

世界上变性土约占全球土壤总面积的 2.4%。在我国, 潮湿变性土主要分布在淮北平原; 湿润变性土主要见于福建漳浦、龙海一带, 广西右江及明江的河谷、广东雷州半岛也有分布; 干润变性土主要见于云南金沙江及其支流河谷。

1985 年以来, 中国土壤系统分类开展了对变性土的研究, 研究工作主要限于华东、两广和云南地区, 而且着重于变性土的形成分类、分布及其农业利用, 研究工作有待扩展。特别是在研究地区上应予扩展, 在工程上的应用要特别加强。吴珊眉、徐盛荣等所著《中国变性土》一书, 非常符合我国变性土的研究方向和发展趋势。除论述全面外, 该书主要有如下特点。

一、有长期的研究基础。早在 20 世纪 80 年代初吴珊眉和著名土壤学家黄瑞采即进行了变性土的研究, 并在印度举行的第 12 届国际土壤学大会上作了介绍。20 世纪末, 吴珊眉等一直在从事此项工作, 近年来在国内各地进行调查, 21 世纪初陆续有论文发表。

二、有较广泛的国际交流。吴珊眉长期在美国加州大学伯克利分校工作, 有广泛的国际交流, 十分了解研究的国际趋势, 因此研究工作起点较高。

三、扩大了研究范围。原有变性土研究限于南方, 吴珊眉等把变性土研究扩展至北方, 如东北平原以及黄土高原等地。

四、研究变性土的工程特性和应用。这是该书的一大特点, 书中论述了变性土在道路、桥梁、大型水利工程包括三峡大坝建设中的一些工程问题及其解决途径。不仅有学术价值, 且有重要现实意义。

五、集体合作研究。除了吴珊眉、徐盛荣、熊德祥等年长的土壤学家外, 还有中青年土壤学家马友华、潘剑君和胡宏祥等一起合作, 更可以集中智慧增加新内容, 提高该书的质量。

因此, 我认为这是理论和实践相结合, 是很有参考价值的一部专著。

中国科学院南京土壤研究所研究员

2011 年 3 月 1 日

前 言

变性土 (Vertisols) 是全球开发潜力较大的土壤资源之一, 是土壤系统分类制的一个土纲, 其名称源于拉丁文 *Vetere* (翻转), 由美国土壤系统分类组将 (verti)+(sol) 拼合而成, 我国土壤学家席承藩将其译为变性土, 台湾学者则译为膨转土。其与地质学称的膨胀土本质相同, 任务相异。变性土富含黏粒和 2:1 型膨胀性黏土矿物, 随着土壤水分含量的干湿季节变化, 土壤收缩-膨胀循环周而复始, 蒙皂石吸水膨胀产生很大压力, 使土相互挤压、搅动和滑动, 生成滑擦面和楔形结构, 干旱季节土块坚硬, 明显开裂, 伤根漏风, 是物理性质恶劣、适耕期短、农耕耗能大而整地质量差、土壤代换量高而有机质低的一种特殊土壤, 农业上属中低产田, 工程上属不稳定地基, 又称“问题土”。

20 世纪 60 年代, 美国设立了变性土纲, 世界主要国家相继认同而建立了变性土纲。全球变性土分布的地理范围跨越南纬 45° ~北纬 50° 的各个气候带。面积首推澳大利亚、印度和苏丹, 其次为乍得和埃塞俄比亚, 还有美国和中国, 等等。Dudal 于 1965 年估计全球暗色变性土约为 257Mhm^2 。1994 年美国农业部自然资源保护局 (NRCS) 估计的面积超过 320Mhm^2 , 约占全球土地 (非永冻) 面积的 2.4%。世界土壤资源参比基础 (WRB) 的估计面积增加到 335Mhm^2 。变性土亚纲面积, 以干润变性土最大, 约占全球变性土总面积的 55.86%, 其次为干旱变性土约占 28.14%, 第三位为湿润变性土约占 12.88%, 夏旱变性土约占 3.12%。我国变性土总面积有待填补。

1979 年, 南京农业大学黄瑞采开始研究我国变性土。1985 年, 龚子同主持建立变性土土纲, 下设潮湿变性土和湿润变性土亚纲, 1995 年又增加干润变性土亚纲。2006~2013 年, 作者研究范围涉及东北寒性土壤温度地区、黄土高原、淮南丘岗、汉江流域和三峡库区、川西和西南山间盆地、内蒙古高原与新疆等空白地区, 经过实地调查和系统研究, 发现和证实我国还有寒性变性土、干旱变性土和夏旱变性土三个亚纲。

本书是论述我国变性土 (包括变性的过渡性亚类) 的成土条件、分布规律、发生、诊断与鉴定和系统分类命名及利用的专著, 属于土壤地理学的基础研究, 它在土壤合理利用、管理、改良和发挥其生产潜力及土壤制图方面具有重要意义。本书旨在前人成就和实地调查研究的基础上, 多层次分析变性土的成土条件、分布规律和典型剖面的诊断特征和性质, 并应用《中国土壤系统分类检索》(2001) 和《美国土壤系统分类检索》(2010), 作出从土纲到亚类的系统分类和命名。

本书共 15 章, 第 1 章: 回顾我国变性土研究的成就并做展望。第 2 章: 综述成土条件、地理分布及其规律、发生原理、诊断特征和性质的标准。第 3~11 章: 按流域为主的 8 个地理分布区, 诊断和鉴定典型剖面的系统分类命名, 从而揭示过去未认识的变性土, 并作为设立新亚纲、新土类和亚类等的依据和参考。第 12~13 章: 概论变性土的养分状况, 水分物理性质和利用改良措施。第 14~15 章: 概述膨胀土与工程建设以

及修建梯地保土。书中呈现了多层次和多类型的内容，反映出我国变性土纲下，至少会有六个亚纲和若干新土类及过渡性亚类的新论点。

本书由吴珊眉、徐盛荣统稿，熊德祥主审。全书共 15 章，具体撰写分工如下：第 1 章，徐盛荣，吴珊眉；第 2 章，吴珊眉，陈铭达；第 3 章，吴珊眉，邵东彦，龙显助，付建和；第 4 章，吴珊眉，申眺，郭沂林，王斌；第 5 章，何传龙，吴珊眉；第 6 章，胡宏祥，马友华，吴珊眉；第 7 章，徐盛荣，吴珊眉，陈铭达；第 8 章，吴珊眉，熊德祥，吴洁；第 9 章，吴珊眉；第 10 章，吴珊眉，潘剑君；第 11 章，吴珊眉，贾宏涛，张文太，朱新萍；第 12 章，申眺，慕兰；第 13 章，何传龙，龙显助；第 14 章，徐盛荣，吴珊眉；第 15 章，徐盛荣，吴珊眉。中国变性土和变性亚类地理分布示意图编制者：吴珊眉和陈铭达。

致谢：谨对孙鸿烈院士、龚子同研究员，以及李忠佩、庄大方和张百平、曲永新和郭正堂等研究员；对沈其荣、胡锋、李辉信、潘根兴、盛建东、吴克宁、Zhang Hailin、L. C. Nordt、杨学明、丁瑞兴、韩高原、王立德、薛继承、孙维纶、高锡荣、仇荣亮、刘肇荣、王庆东、周勇和李玲等教授，以及刘友林、马艳兰、毛文友、迟凤琴、钱国平、马宏卫、金建松、俞小秋、王重廉、陈淑钦、陈红宇、王烨和 Mario Wash，北达微构测试中心庞小丽，中国科学院科学出版基金委员会和科学出版社南京分社对素材、野外考察和室内分析等方面给予诸多协助、支持及付出的辛勤劳动，特致以深切感谢！限于作者水平和条件，不妥和谬误之处，敬希读者予以批评指正。

吴珊眉

2012年3月29日

目 录

序

前言

第 1 章 中国变性土研究的历史回顾及今后任务	1
1.1 前人对中国变性土的研究	1
1.1.1 早期研究的情况	1
1.1.2 全国土壤普查时期	2
1.1.3 黄瑞采、吴珊眉等对变性土的研究	3
1.1.4 中国科学院南京土壤研究所“中国土壤系统分类协作课题组”的研究	4
1.1.5 砂姜黑土综合治理的研究	4
1.1.6 工程地质学界对膨胀土的研究	5
1.2 今后研究任务	5
第 2 章 中国变性土的地理分布、发生和分类	7
2.1 地理分布及规律性	7
2.1.1 东北平原寒性变性土、湿润变性土和潮湿变性土散布区	8
2.1.2 黄土高原和黄河-海河平原干润变性土散布区	9
2.1.3 淮北平原和山东半岛潮湿变性土分布区	9
2.1.4 淮南丘岗和平原湿润变性土散布区	10
2.1.5 汉江盆地潮湿变性土集中分布和湿润变性土散布区	10
2.1.6 东南沿海和南方丘陵盆地湿润变性土分布和干润变性土散布区	11
2.1.7 四川和川西南山间盆地及云贵干润、湿润和潮湿变性土分布区	11
2.1.8 内蒙古高原干润变性土和新疆干旱和夏旱变性土散布区	12
2.2 形成条件与发生过程	13
2.2.1 形成条件	13
2.2.2 发生过程	17
2.3 黏粒含量和诊断性形态特征	27
2.3.1 黏粒含量	27
2.3.2 诊断性形态特征	27
2.4 土壤系统分类原则、诊断和鉴定	30
2.4.1 原则	30
2.4.2 建立和应用诊断层和诊断特征	31
2.5 变性土不同分类级别的诊断鉴定标准	34
2.5.1 土纲 (soil order)	34
2.5.2 亚纲 (suborder)	35

2.5.3 土类 (great group)	36
2.5.4 亚类 (subgroup)	37
2.5.5 土属 (family)	38
2.5.6 过渡性变性亚类的鉴定条件	38
2.5.7 膨胀土的判定	39
2.6 本章小结	42
第3章 东北平原变性土和变性亚类	43
3.1 成土条件	43
3.1.1 气候	43
3.1.2 构造运动和地层	44
3.1.3 地形和地貌	45
3.1.4 成土母质	46
3.1.5 植被和人为活动	47
3.2 土壤	48
3.2.1 寒性变性土和变性亚类	48
3.2.2 湿润变性土和变性亚类	55
3.2.3 干润均腐土	57
3.2.4 潮湿变性土和变性亚类	58
3.3 区域治理和土壤改良	62
3.4 本章小结	63
第4章 黄土高原与黄河-海河平原变性土和变性亚类	65
4.1 黄土高原	65
4.1.1 成土条件	66
4.1.2 前人对本区三趾马红黏土的研究	68
4.1.3 土壤	71
4.2 黄河-海河平原	77
4.2.1 成土条件	77
4.2.2 土壤	80
4.3 土壤改良利用	86
4.4 本章小结	86
第5章 淮北平原与山东半岛变性土和变性亚类	88
5.1 成土因素分析	89
5.1.1 气候	89
5.1.2 成土母质	89
5.1.3 地形	91
5.1.4 人为活动	92
5.2 形成过程概述	92
5.2.1 草甸潜育化	92

5.2.2	碳酸盐的集聚	93
5.2.3	耕种熟化及脱潜育化过程	93
5.3	豫、皖淮北变性土	94
5.3.1	概况	94
5.3.2	典型剖面形态特征	94
5.3.3	土壤分类与命名	99
5.3.4	改良利用要点	100
5.4	山东泗河平原变性土	101
5.4.1	概况	101
5.4.2	典型剖面形态特征	101
5.4.3	土壤主要理化性质	102
5.4.4	黏土矿物组成和含量估测	102
5.4.5	土壤分类与命名	103
5.4.6	土壤障碍因素	103
5.5	山东沂沭河和胶莱平原变性土	103
5.5.1	概况	103
5.5.2	典型剖面形态特征	103
5.5.3	土壤基本理化性质	105
5.5.4	黏土矿物组成和含量	106
5.5.5	土壤分类与命名	106
5.5.6	土壤障碍因素	107
5.6	淮北江苏变性土	107
5.6.1	概况	107
5.6.2	典型剖面形态特征	107
5.6.3	土壤基本理化性质	109
5.6.4	黏粒的 X 射线衍射分析	110
5.6.5	土壤分类与命名	110
5.6.6	土壤农业利用与管理要点	111
5.7	本章小结	112
第 6 章	淮南丘岗与平原变性土和变性亚类	113
6.1	成土条件	114
6.1.1	气候	114
6.1.2	母质	114
6.1.3	地形、地貌	116
6.1.4	人为活动	117
6.2	土壤	117
6.2.1	安徽省江淮地区	117
6.2.2	江苏省江淮地区	120

6.3	土壤改良利用	127
6.4	本章小结	128
第7章	汉江盆地与丘岗变性土和变性亚类	129
7.1	成土条件	130
7.1.1	气候	130
7.1.2	地形	130
7.1.3	成土母质	132
7.1.4	植被与人为活动	133
7.2	土壤	134
7.2.1	陕南诸盆地	134
7.2.2	南阳盆地	136
7.2.3	鄂北丘岗阶地	143
7.2.4	江汉平原	145
7.3	土壤改良利用	147
7.3.1	丘岗阶地变性土地区	147
7.3.2	潮湿变性土地区	147
7.4	本章小结	148
第8章	东南沿海与南方丘陵地区变性土和变性亚类	149
8.1	成土条件	149
8.1.1	气候	149
8.1.2	成土母质和地貌	150
8.1.3	人为活动	153
8.2	土壤	153
8.2.1	湿润变性土	153
8.2.2	干润变性土	166
8.2.3	潮湿变性土	168
8.3	土壤改良利用	172
8.3.1	改善土壤物理性状	172
8.3.2	培肥	172
8.3.3	工程建设中的土壤改良	172
8.4	本章小结	173
第9章	四川与西南山间盆地及三峡库区变性土和变性亚类	174
9.1	四川盆地	174
9.1.1	成土条件	174
9.1.2	土壤	176
9.2	川西南山间盆地	182
9.2.1	成土条件	182
9.2.2	土壤	184

9.3	三峡库区	188
9.3.1	概况	188
9.3.2	成土条件	188
9.3.3	土壤	189
9.4	土壤改良和防治膨胀土危害措施	192
9.5	本章小结	192
第10章	云贵与西藏高原变性土和变性亚类	194
10.1	云南和贵州	194
10.1.1	成土条件	194
10.1.2	土壤	197
10.1.3	土壤改良利用	206
10.2	西藏高原	206
10.2.1	成土条件	207
10.2.2	土壤	209
10.3	土壤利用	211
10.4	本章小结	211
第11章	内蒙古高原与新疆变性土和变性亚类	213
11.1	内蒙古高原	213
11.1.1	成土条件	213
11.1.2	干润变性土	214
11.2	新疆	216
11.2.1	成土条件	216
11.2.2	土壤	223
11.3	土壤改良利用	229
11.4	本章小结	230
第12章	变性土的肥力、养分监测与培肥	231
12.1	土壤养分背景状况及土地利用综述	231
12.1.1	东北平原	231
12.1.2	黄河-海河平原	231
12.1.3	黄土高原	232
12.1.4	淮河流域岗地和低地	232
12.1.5	汉江流域丘岗与盆地	233
12.1.6	东南沿海玄武岩台地和南方丘陵	233
12.1.7	四川盆地	234
12.1.8	云贵山间盆地	234
12.2	土壤活性有机碳	235
12.3	变性土磷素组分与缺磷机制	236
12.3.1	有机磷的各组分含量与缺磷机制	236

12.3.2	无机磷的分组含量和磷的固定	237
12.4	变性土的钾素	238
12.5	变性土地区土壤的养分定位观察和培肥——以河南省为例	238
12.5.1	土壤养分动态变化	238
12.5.2	肥料投入	240
12.5.3	土壤改良利用	240
12.5.4	土壤利用改良存在的问题及对策	241
第 13 章	变性土的水分物理性质和农田水利	242
13.1	水分物理性质	242
13.1.1	土壤容重和孔隙性	242
13.1.2	土壤膨胀性	243
13.1.3	土壤渗水性	243
13.1.4	土壤持水性能	244
13.1.5	土壤导水性能	245
13.1.6	土壤毛管水上升性能	246
13.1.7	土壤水分蒸发性能	248
13.2	土壤水分物理性质改良	249
13.2.1	长期施用有机肥的影响	249
13.2.2	土壤全方位深松技术	250
13.2.3	粉煤灰对土壤不良物理性状改良效果	253
13.3	农田水利田间工程	253
13.3.1	排水与灌水的原则	254
13.3.2	排灌工程的设计	254
第 14 章	膨胀土与工程建设	256
14.1	基本概念和膨胀机理	256
14.1.1	基本概念	256
14.1.2	膨胀土的类型和膨胀机理	256
14.2	膨胀土的分布、成因与类别	257
14.2.1	分布	257
14.2.2	膨胀土的成因与类别	257
14.3	膨胀土的主要特征和特性	258
14.3.1	膨胀土的特征	258
14.3.2	膨胀土的特性	258
14.4	典型膨胀土的结构特征及其性质	259
14.4.1	结构特征	259
14.4.2	微结构特征	259
14.4.3	微结构特征与工程性质	261
14.5	工程建设中的膨胀土	265

14.5.1	长江三峡库区工程建设中的膨胀土	265
14.5.2	南水北调中线的膨胀土	266
14.5.3	中小型水利建设中的膨胀土	270
14.5.4	大丽铁路工程沿线的膨胀土	271
14.6	膨胀土危害的预防和处理	272
14.6.1	建筑物地基	273
14.6.2	边坡的防护与处理措施	273
第 15 章	膨胀土区坡地的固地保土	276
15.1	膨胀土区农地塌陷与水土流失的原因	276
15.1.1	引起土体塌陷与水土流失的内部机理	276
15.1.2	引起土体塌陷与水土流失的外部因素	278
15.2	膨胀土区农地固地保土的普遍措施	278
15.2.1	适地开展以坡改梯为主的工程措施	278
15.2.2	推行以等高固氮植物篱为代表的生物措施	278
15.2.3	进行作物结构和耕作技术改革	279
15.3	膨胀土坡耕地土坎梯地的建造	279
15.3.1	梯地建设的原则	279
15.3.2	土坎梯地建造的规格	280
15.4	土坎梯地的垮坎及其治理	281
15.4.1	土坎梯地垮坎的原因	281
15.4.2	土坎梯地垮坎的类别	282
15.4.3	土坎梯地垮坎的治理	282
参考文献		284
索引		295
后记		301
彩版		

Contents

Foreword

Preface

Chapter 1 Review of the studies of China's Vertisols and future tasks	1
1.1 Previous studies and achievements	1
1.1.1 Early study in 1930's	1
1.1.2 Studies during The National Soil Survey of China	2
1.1.3 Research in China's Vertisols by Huang R C and Wu S M	3
1.1.4 Research in China's Soil Taxonomy by a team organized by Gong Z T	4
1.1.5 Study on the comprehensive treatment of the soils in Anhui province	4
1.1.6 Studies in China's expansive soils by Engineering Geological Circles	5
1.2 Addressing some important future tasks	5
Chapter 2 Distribution, genesis, identification and taxonomic classification	7
2.1 Geographic distribution and regularities	7
2.1.1 Northeastern Plain: Cryerts, Uderts and Aquerts distributed scarcely	8
2.1.2 Loess Plateau and the Yellow River-the Hai River Plain; Usterts distributed scarcely	9
2.1.3 Huaibei Plain and Shandong Peninsula; Aquerts distributed predominately	9
2.1.4 Southern Huai River terrace and plain; Uderts and Aquerts are scarcely distributed	10
2.1.5 Han River basins and terraces; Aquerts distributed predominately in basins and Uderts distributed scarcely in terraces	10
2.1.6 Southeastern coastal basalt tableland and southeastern basins in rolling hills; Uderts and Aquerts distributed predominately and Usterts distributed scarcely	11
2.1.7 Sichuan Basin, the basins in mountainous areas of south-western Sichuan and Yunnan Guizhou region; Usterts, Uderts and Aquerts	11
2.1.8 Inner Mongolian Plateau; Usterts distributed scarcely; and Xinjiang; Torrerts and Xererts distributed scarcely	12
2.2 Soil-forming factors and genesis	13
2.2.1 Soil-forming factors	13
2.2.2 Genesis	17
2.3 Clay content and diagnostic characteristics	27
2.3.1 Clay content requirement	27
2.3.2 Diagnostic morphology characteristics	27

2.4	Taxonomy: principles, diagnosis and identification	30
2.4.1	Principles	30
2.4.2	“Vertic horizon” establishment or use of diagnostic “vertic characteristics (features)”	31
2.5	Standards of diagnosis and identification for different taxonomic levels	34
2.5.1	Order	34
2.5.2	Suborder	35
2.5.3	Great groups	36
2.5.4	Subgreat groups	37
2.5.5	Family	38
2.5.6	Requirement for identification of vertic subgroups	38
2.5.7	Judgment of expansive soils	39
2.6	Summary	42
Chapter 3	Vertisols and vertic soils in northeastern plain	43
3.1	Soil-forming factors	43
3.1.1	Climate	43
3.1.2	Tectonic movement and formation	44
3.1.3	Topography and morphology	45
3.1.4	Parent materials	46
3.1.5	Vegetations and human influence	47
3.2	Representative Pedons, identification and classification	48
3.2.1	Cryerts and vertic soils	48
3.2.2	Uderts and vertic soils	55
3.2.3	Ustic Isohumisols	57
3.2.4	Aquerts and vertic soils	58
3.3	Regional controls and soil improvement	62
3.4	Summary	63
Chapter 4	Vertisols and vertic soils in Loess Plateau and the Yellow River-the Hai River Plain	65
4.1	Loess Plateau	65
4.1.1	Soil-forming factors	66
4.1.2	Previous study on the nature and properties of Tertiary red clay	68
4.1.3	Soils-Representative profiles, identification and classification	71
4.2	The Yellow River-Hai River Plain	77
4.2.1	Soil-forming factors	77
4.2.2	Soils-Representative pedons, identification and classification	80
4.3	Land use and soil improvement	86
4.4	Summary	86

Chapter 5 Vertisols and vertic soils in Huaibei Plain and Shandong Peninsula	88
5.1 Soil-forming factors	89
5.1.1 Climate	89
5.1.2 Parent materials	89
5.1.3 Topography	91
5.1.4 Human activity	92
5.2 Formation process	92
5.2.1 Meadow and gleyfication process	92
5.2.2 Carbonate concretion accumulation	93
5.2.3 Anthro-curing and degleyfication process	93
5.3 Vertisols and vertic soils in Huai River Plain in Henan and Anhui Province	94
5.3.1 General conditions	94
5.3.2 Morphology of representative pedons	94
5.3.3 Classification and nomenclature	99
5.3.4 Soil improvement	100
5.4 Vertisols in Si River Plain	101
5.4.1 General conditions	101
5.4.2 Morphology of representative profile	101
5.4.3 Basic physical and chemical properties	102
5.4.4 Composition of clay minerals and contents	102
5.4.5 Classification and nomenclature	103
5.4.6 Factors that influence soil production	103
5.5 Vertisols and vertic soils in Yi-Shu River Plain in Shandong Province	103
5.5.1 General conditions	103
5.5.2 Morphology of representative pedons	103
5.5.3 Basic physical and chemical properties	105
5.5.4 Composition of clay minerals and contents	106
5.5.5 Classification and nomenclature	106
5.5.6 Factors that act as obstacles to soil production	107
5.6 Vertisols and vertic soils in Jiangsu Huaibei Plain	107
5.6.1 General conditions	107
5.6.2 Morphology of representative profiles	107
5.6.3 Basic physical and chemical properties	109
5.6.4 X-ray diffraction determination for clay particles	110
5.6.5 Classification and nomenclature	110
5.6.6 Land use and management	111
5.7 Summary	112