

第 18 届国际土壤学大会综述

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

1 第 18 届国际土壤学大会组织系统

本届国际土壤学大会组织系统分 4 个部门, 部门下分设专业委员会, 具体组织结构如下:

Division-1 (第一部门) 土壤的时空演变

Commsion-1.1 土壤形态与微形态 (专业委员会, 下同)

Commsion-1.2 土壤地理

Commsion-1.3 土壤发生

Commsion-1.4 土壤分类

Commsion-1.5 土壤监测

Commsion-1.8 古土壤

Division-2 (第二部门) 土壤性质及过程

Commsion-2.1 土壤物理

Commsion-2.2 土壤化学

Commsion-2.3 土壤生物

Commsion-2.4 土壤矿物

Commsion-2.5 土壤界面交互反应

Division-3 (第三部门) 土壤利用与管理

Commsion-3.1 土壤评价与土地利用规划

Commsion-3.2 水土保持

Commsion-3.3 土壤肥力与植物营养

Commsion-3.4 土壤工程与技术

Commsion-3.5 土壤退化的调控、恢复与修复

Division-4 (第四部门) 土壤在社会和环境可持续发展中的地位

Commsion-4.1 土壤与环境

Commsion-4.2 土壤、食物安全与人类健康

Commsion-4.3 土壤及土地利用变化

Commsion-4.4 土壤教育与公众认识

Commsion-4.5 土壤科学的历史、哲学及社会科学

2 第 18 届国际土壤学大会会议论文摘要选编综述

本节综述共分 4 个部门 (Division), 即土壤的时空演变、土壤性质及过程、土壤利用与管理、土壤在

社会和环境可持续发展中的地位等依次综述。

2.1 部门 1: 土壤的时空演变

第一部门土壤时空变化总共有论文 655 篇, 其中口头报告 74 篇, 主要包括土壤形态及微形态、土壤地理、土壤发生、土壤分类、土壤监测和古土壤 6 个专业委员会。本届大会在土壤的时空变化领域主要是针对当前土壤时空变化的一些热点和前沿问题进行了广泛的讨论, 具体的研究议题为: ①土壤资源评价的新领域; ②国际、国家、区域尺度下的地球化学模式; ③湿地的科学和管理; ④土壤-水-植物-环境系统中的土壤学科知识的模型和软件的综合运用; ⑤人为土的土壤变化; ⑥土壤特性的多尺度绘图—环境研究、农业和决策的依据。这些议题共有论文 214 篇, 其中口头报告 9 篇。

根据上述 6 个研讨议题的口头报告和墙报所提供的內容, 本次会议提供了下列最新进展信息: ①完善了土壤的概念。土壤不但是由矿物、有机物、液体和气体组成的物质, 还是母质经过长时间的成土作用而形成的三维自然体, 土壤资源评价中应结合土壤的物质概念和自然体概念一起进行。②土壤在时间上和空间上的变化很大, 但是在全球城市化和工业化快速发展的今天, 人为活动对土壤的作用更为强烈, 因此通过多尺度、多目的的土壤信息勘测、调查、制图与建模来摸清人类时期土壤分类的变化, 人类改变的土壤形态学的面积, 新人类时期土壤变化的最新进程, 城市面积的活动进程, 元素自然分布格局的影响因素以及元素不同形态分配与典型的土壤形成参数间的联系等十分必要。在今天这种人类作用及其负面的情况下, 应该统一土壤调查信息, 建立全球范围内的土壤资源信息系统, 有效地监测土壤变化, 保护和合理利用土壤资源。

2.1.1 专业委员会 1.1: 土壤形态学 土壤形态与微形态委员会共有 4 个专题讨论, 分别为: ①水文土壤学: 原理与实践; ②土壤扰动: 土壤形态学在土壤评价中的角色; ③土壤微形态学、考古定年学和考古学; ④土壤地形学: 概念、理论和实践。共有论文 119 篇, 其中口头报告 15 篇。

多学科交叉是整个土壤学科发展的趋势。在本次

大会上土壤水文学这个新的学科的发展倍受关注。关于专题①土壤水文学，在大会上口头报告 5 篇，墙报 25 篇，示范 28 篇，主要介绍了将宏观形态学和微观形态学，土壤渗流水文学和其他包括土壤、空气和水等学科紧密结合的新兴交叉学科水文土壤学的初步发展，并且介绍了通过水文土壤学与其他学科的联系可揭示这些学科的土壤分类特性和土壤形成因素。同时，还举例说明了如何用模型模拟长期的土壤水文学变化特征及如何用模拟的结果说明形成土壤形态学特性的必要的水文条件。专题②有口头报告 5 篇，墙报 11 篇，探讨了是否能从完全修复土壤的物理、化学和生物的形态学特征来判断过去对土壤的扰动，剖析了耕作、管理、种植、土地利用、污染等人为扰动对土壤形态学特征变化的影响。专题③介绍了考古序列中土壤微形态的正常情况和特殊情形的记录方法。Marie-Agnes 提出了正常考古序列可用 3 步分析法进行细微的分层次记录，特殊情形要在考古地点上调查，直接建立有争议的特殊情形的时序记录联接法，共有论文 24 篇，其中口头报告 5 篇。专题④对土壤地形学的概念、产生和发展的过程及基本理论进行了较为详细的阐述，描述了土壤地形与土壤母质的关系，土壤成土过程和地形变化过程的关系，并通过数字高程模型 (DEM) 技术将土壤地形进行定量化和可视化，共有墙报 21 篇。

2.1.2 专业委员会 1.2: 土壤地理学 土壤地理学委员会共有 57 篇文章，包括口头报告 10 篇。主要研究了土壤多样性的空间、社会和环境，土壤时间变异的系统行为特征和土壤尺度相关性 3 个专题。在土壤多样性的空间、社会和环境专题中，西班牙 Juan Jose Ibanez 教授阐明了土壤多样性分析的前景和挑战，Ibanez 指出，土壤多样性不仅仅是一个给定区域土壤系统分类的简单分析，还可以得出不同尺度和环境条件下的一些规律，因此，土壤多样性将要面临新的挑战，如土壤结构尺度、空间土壤系统分析和土壤空间分布的恒定性等。他还指出，利用传统土壤分类将连续的土壤分布分成不连续级别是不科学的，而通过地统计学、土壤组合的嵌套分析、土壤多样性区域（时间）的关联分析等数学技术，可更深入准确地进行土壤空间分布、土壤地理和土壤发生学分析。

“土壤时间变异的系统行为特征”专题共有论文 27 篇，包括口头报告 5 篇。英国学者提出通过建立地球科学共同体来提高土壤科学变革，他指出，土壤发生学中人类因素的忽视和长期土壤实验活动网络的显著缺乏直接限制了对土壤时间尺度的理解，人类因素对土壤变化越来越占主导作用，要认识人类是怎样改变全球土壤和临界区域，很有必要建立长期实验活动

网络，并从 3 个时间尺度（同时代的、历史性的、千年的）观察土壤发生学的变化。非洲学者提出通过建立最小数据库的方法建立土壤时空动力学模型来量化分析土地利用中土壤性质的变化，从而发展保持土壤肥力的方法和策略。

“土壤和土壤尺度的相关性”专题共有论文 18 篇。尼日利亚学者提出通过土链、地形系列和土壤结合体将非洲西部土壤分类、土壤发生和土地利用概念进行统一。他指出，通过地形系列和土链的概念可很好地解释坡壤土的演化过程。地形系列和土链已在土壤分类和制图中被广泛接受，而土壤结合体已成为对地形、土壤演化理论和范例探索中的桥梁与先导。

2.1.3 专业委员会 1.3: 土壤发生学 本委员会有 6 个专题：①土壤发生学的新领域；②自然和人类活动土壤发生过程的时间尺度的重要诊断；③暗色土及相关土壤；④干旱土壤：发生学、地形学和地考古学；⑤潮湿热带的成土与风化；⑥石灰土：性质、产生及在人类社会的角色。

“土壤发生学的新领域”专题中有 21 篇论文，其中包括 5 篇口头报告，中国有 4 篇论文入选。这个专题涉及了地球化学质量平衡法量化土壤发生学的速度，稳定同位素的生物地球化学法识别有机碳源，应用地球物理学、水文土壤学和矿物学方法预测区域复杂盐碱土景观的尺度变化行为，应用敏感地区土壤景观的物质通量剖析土壤空间变异性并通过全球土壤数据库 (ISRIC WISC 全球数据库，美国国家土壤特性数据库和澳大利亚 NSW SALIS 数据库) 研究不同土壤形成的环境因子与土壤分布之间的定量关系等各种土壤发生学的新方法。“自然和人类活动土壤发生过程的时间尺度的重要诊断”专题由中国科学院南京土壤研究所张甘霖研究员主持，共有 30 篇论文。龚子同认为，土壤是母质、气候、地貌、生物和时间 5 大因素形成的，但是人类活动可以很大程度上改变土壤组成，从而使自然形成的土壤旁边有新的土壤类型，中国亚热带地区的人为钙化水稻土就是与地带性土壤不同的由人类活动引起的土壤。张甘霖指出，人为土是人类活动的记录者，由现代工业和城市化等人类活动对土壤系统带来了空前最大的影响，根据表层土壤特征识别典型土壤的现代土壤调查法是理解从几十年到几千年过程中由人类活动引起的土壤变化的一个很有效的手段。会上很多研究指出人为活动对土壤不同程度的影响与土壤形成密切相关，因此，人为因素是土壤形成和演变的第 6 大因素，应对道库恰耶夫的成土因素进行补充。有关人为活动对土壤的影响的各方面研究在今后一段时间仍是研究的重点。

本委员会的第③、④、⑤、⑥专题共有论文 69

篇,均为墙报,主要介绍了暗色土等各种土壤的发生学特性和成土过程,巴西学者通过对巴西土壤诊断层有机质功能量化研究结果表明不同成土环境影响有机碳的含量和组分,建议土属和土系的土壤分类标准中应考虑有机质的组分。与此同时,母质是控制风化强度和土壤发育的一个重要因子,涉及到土壤发生时研究土壤母质是非常重要的。

2.1.4 专业委员会 1.4: 土壤分类 土壤分类专业委员会共有论文 38 篇,其中口头报告 10 篇,主要研究内容为:①国家土壤分类对土壤学和社会的影响;②民族土壤分类系统。

“国家土壤分类对土壤和社会的影响”专题有论文 27 篇,包括口头报告 5 篇。针对土壤分类系统在不同国家、组织间不一致的问题(如中国分类系统与美国土壤系统分类,德国分类系统与 WRB 等),各国通过各种数学和计算机处理以及建立参照基准等方法进行分类系统的解译工作,同时对土壤分类中土壤稳定特性与动态特性的区分提出了建议。

“民族土壤分类系统”专题有口头报告 5 篇,墙报 6 篇。该专题介绍了美国、墨西哥、尼日利亚、巴西等国的民族土壤分类系统,由于传统民族土壤分类系统与土壤科学知识在很多方面相冲突,通过对田间农民调查等方法可建立民族土壤分类系统与土壤系统分类的耦合。

2.1.5 专业委员会 1.5: 土壤监测 土壤监测委员会共有 3 个专题组,分别为:①土壤时空采样;②发散性反射光谱学;③土壤遥感和影像分析。共有论文 52 篇,包括口头报告 10 篇。

“土壤时空采样”专题有论文 18 篇。荷兰瓦格宁根大学土壤科学研究中心 Dick J. Brus 教授指出,根据状态监测、趋势监测和调节或顺从监测 3 种不同目的,自然资源监测的时空采样可采取静态、同步、静态同步和循环方式 4 种采样类型。如同步采样,空间上采用随机网格采样,时间上分区简单随机采样;静态同步采样,空间上采用中心网格采样,时间上系统采样等。悉尼大学 Alex Mcbratney 认为用拉丁超立方体采样法可较好评价前人遗留下的土壤数据库的质量并进行最优化土壤采样。美国农业部 Steven R. Evett 认为用中子湿度计和电磁装置组成的水分含量传感器可很好地监测土壤水分含量。法国 Luc Sorel 指出用虚拟现实景观模型可有效地验证农业生态系统管理中的根据不同采样设计和强度变化的采样策略。

专题②有论文 34 篇,主要是针对传统的土壤调查采样法效率低、费用高、不准确的问题,提出了采用土壤遥感和影像分析、地理信息系统、红外发射光谱法、发射性反射光谱法和光栅分类法等技术可提高

土壤监测的准确性。

2.1.6 专业委员会 1.6: 古土壤 古土壤专业委员会共有论文 55 篇,其中口头报告 10 篇,包括两个专题,分别为:①环境变化在古土壤上的表现特征;②亚马逊古陆的黑色土壤。

不同类型的古土壤的遗传特征、环境变化与古土壤关系以及古土壤的剖面发生学特征等方面的研究是古土壤研究的热点。由于各种类型的古土壤形成环境条件均不相同,因此可根据这个特性推测可能的古环境变化情况。Elizabeth Solleiro-Rebolledo 指出可根据古土壤序列的记忆特征推测古气候的变化,他指出分析火山岩古土壤的形态学特点、质地、矿物学特征,稳定同位素、可提取态铁、铝和硅等特性,不但可了解古气候的变化情况,还可区别环境变化对古土壤的影响及成土过程中时间变化对古土壤演变间的影响。Moshe Wieder 分析了以色列南海岸平原的古土壤,他指出古土壤剖面的不同发生层的特点指示着古土壤形成时的气候,并可根据剖面层中的土壤颗粒大小分析砂粒的来源。

2.2 部门 2: 土壤性质及过程

本届大会有关土壤性质及过程问题的学术报告有 649 篇,其中口头报告 59 篇,墙报 475 篇。包括 5 个专业委员会,分别是:土壤物理、土壤化学、土壤生物、土壤矿物和土壤界面交互反应。

研究的主要问题集中在:①新技术和新方法在研究有关土壤质量的颗粒物方面的应用;②土壤结构质量指标及土壤退化过程的量化;③土壤碳固定及其相关土壤过程及影响因素的研究;④土壤微生物环境特征及生物分子学的应用;⑤土壤矿物学与地球物理/遥感的交叉研究;⑥土壤物理-化学-生物界面的相互作用机制及其对环境污染物的影响。

近年来,新技术和新方法的应用在土壤性质和过程的研究中具有重要的意义。当前,同步光谱显微镜技术是一种新出现的研究技术,能够详细描述微米和亚微米空间的化学特征,为研究土壤中复杂的生物地球化学过程提供了可能,尤其适应于研究影响空气、水和土壤质量的颗粒物的化学特性。同步光谱显微镜技术在研究颗粒物及其对表面和亚表面水质量及土壤微环境中的影响具有重要的作用。S. Fendorf 等人指出,分光镜和显微镜技术的发展,为获取特定元素的信息,以及亚微米尺度下微生物群落的信息提供了良好的机会,并对控制或刺激土壤中 3 种威胁环境质量的元素砷、铬和铀的移动条件和阶段进行了研究。光谱技术(XRF: X 射线荧光;XAFS: X 射线吸收精细结构谱;XAS: X 射线吸收光谱)在研究土壤长期成土过程中的 Zn 形态变化,以及黏土矿物吸收铜的机

理研究中也取得了很好的结果。

2.2.1 专业委员会 2.1：土壤物理 土壤物理委员会有 2 个专题组，分别为：①土壤结构是土壤动力过程与颗粒的转移；②土壤水文学、结构和微形态特征（土壤多孔系统）。共有论文 87 篇，包括 10 篇口头报告，77 篇墙报。

从研究进展来看，土壤结构的量化及其随农业活动和季节动态的变化是当前土壤物理学研究的重点内容，主要目的是提出土壤结构质量的指标，并且定量土壤退化过程。土壤结构、土壤水文和土壤微形态学的交互研究，对阐明团聚体、多孔隙性、孔隙构造和土壤水力特性的关系具有重要的意义。孔隙的大小、连续性、连通性、方向性和不规则性的量化，能够更好地模拟土壤水运动和溶质运动。从总体上来看，团聚体的稳定性研究仍然是土壤结构研究的核心。R. Horn 等在研究压应力对耦合机械、水力过程的影响时指出，结构非饱和耕地和林地土壤中的压应力过程，主要依赖于内部土壤强度和现有水力、机械边界条件。A. Papadopoulos 等认为，研究不同农业措施对土壤结构的影响以及结构变化对土壤功能的影响对可持续的土地管理至关重要。

2.2.2 专业委员会 2.2：土壤化学 本委员会有 2 个专题组，分别是：①土壤有机质的稳定性及碳的固定；②土壤吸附过程是土壤生态功能的基础。共有论文 178 篇，其中口头报告 10 篇，墙报 131 篇。研究内容有：土壤碳固定、现代分析技术在土壤碳分析中的应用、全球土壤有机碳库变化的模拟系统 GEFSOC、影响土壤有机质释放的生物地球化学因素、土壤中与污染物吸附的相关物质的化学性质、影响土壤有机质吸附特征的因素、矿物的金属吸附特征研究。

从发展趋势上来看，土壤碳固定以及土壤吸附过程是当前土壤化学研究的重点。G.X. Pan 在回顾总结中国农田碳固定的基础上，指出中国农业充分接受了一种称为“双赢策略”的碳固定策略，并提出了优先研究的问题：①中国耕地土壤的总碳库及其随不同尺度农业发展的变化动态；②在集约农业和高化学物质投入的条件下，土地破碎化耕地土壤的碳循环特点；③未来可持续农业不同农业系统的土壤碳库和生产力增加的耦合机制。土壤吸附性质研究的新进展表明，土壤有机质的玻璃质聚甲基成分不仅能吸附而且能够长期固定土壤和沉积物中的憎水有机污染物（HOCs）。

2.2.3 专业委员会 2.3：土壤生物 本委员会有 3 个专题组，分别为：①微生物环境：在土壤中的演化、结构及分布；②土壤微生物生态学的分子研究方法；③植物病原土壤微生物的管理新策略：自然土壤镇压或遗传改良植物。共有论文 124 篇，包括口头报告 10

篇，墙报 96 篇。研究内容有：土壤结构中微生物的空间分布及其活性，运用扫描透射 X 射线显微镜进行土壤环境科学研究，土壤微结构和生物控制生态系统机能的相互作用，新型结合土壤物理、化学和生物界面的分析工具（NanoSIMS，纳米二次离子质谱仪），结合 DNA 分析方法与微土壤学研究非扰动土壤中的微生物，功能基因序列在研究土壤微生物群落空间变异中的发展与应用，分子手段研究土壤微生物群落生态学等。

从研究进展来看，土壤微生物环境的特征和动态及分子生物学在土壤微生物生态学中的应用是土壤生物学研究的重要内容。J. Six 和 A. Kong 在研究的基础上指出，将土壤结构成分与微生物活性的相互作用与生态系统机能联系起来，需要进行更多的研究：①小环境的结构动态研究，即定义的根际和微团聚体结构；②小环境中与碳、氮循环有关的微生物群落研究；③时间变异对土壤生物、土壤结构和养分动态关系的影响。现代分子技术和生物化学技术为研究土壤微生物群落空间变异及生态学特征提供了有力的研究工具。

2.2.4 专业委员会 2.4：土壤矿物 土壤矿物委员会有 2 个专题组，具体为：①土壤中无序排列的纳米颗粒物质；②土壤矿物和地球物理：环境与土壤管理和矿物开发。共有论文 25 篇，其中口头报告 10 篇，墙报 7 篇。

研究内容包括：地面穿透雷达的土壤适宜性图研究、 γ 射线光谱仪研究矿物学和地球化学、遥感监测草原灌溉土壤盐化的长期动态、GIS 研究土壤中痕量元素的分布、河流下游农田尺度阳离子交换量图的绘制与矿物学差异。

从研究趋势来看，土壤矿物学与地球物理遥感的交叉研究是土壤矿物学研究的重点，主要目的是提高地球物理学和遥感在矿物探测中的效率，并推动环境管理和风险评价。在技术方面，应该主要强调 2 个内容，即纳米微粒矿物学和特定地面气生地球物理学技术。J. Doolittle 等研究表明，地面穿透雷达适于美国土壤调查的相对适宜性。实地勘查资料结合遥感数据，能够较好地研究乌兹别克斯坦哥洛内亚草原灌溉土壤盐化的长期动态特征，评价该地区受盐化影响土壤的分布，追溯其以前的动态，预测将来的变化，并提出最适宜的盐化控制策略。

2.2.5 专业委员会 2.5：土壤界面交互反应 本专业委员会有 3 个专题组，分别为：①土壤物理化学-生物界面的相互作用：对金属与非金属的转化和生物有效性的影响研究；②黏土和有机质的交互作用及其对土壤环境中有机复合物的吸附和有效性的影响；③土壤物理化学-生物的交互作用。共有论文 161 篇，其

中口头报告 10 篇, 墙报 126 篇。主要内容包括: 可溶性有机质对土壤镉吸附的影响、黑曲霉对硅酸根钾溶解的影响、长期施用家禽粪便对土壤金属状况的影响、土壤-水稻系统中砷的生物地球化学循环研究、煤矿尾渣的地球化学和生物化学特性、土壤中黏土-腐殖质复合体及其交互作用、矿物质与有机质的交互作用、腐殖质对有机污染物的吸附、有机质-黏土复合物的分子水平研究及其在多环芳烃 (PAHs) 吸附中的作用、土壤金属和非金属的物理化学和生物界面交互作用、光电子能谱显微仪研究超积累植物钴形态与植物修复和植物采矿、微生物对金属和矿物质的转化研究等。

从研究进展来看, 土壤物理化学-生物界面的相互作用对金属和非金属 (环境污染物) 的影响, 黏土矿物和有机质的相互作用机制及其对有机复合物吸附的影响, 以及土壤金属和非金属的物理化学和生物界面交互作用等研究内容是土壤界面研究的重点。研究的目的是土壤不同界面的相互作用机制及其对金属和非金属的转化机制、动态和生物有效性的影响。不同种类的可溶性有机质能够调控土壤重金属污染, 温度对其也有显著作用。B.K.G. Theng 综述了土壤中黏土-腐殖质复合体及其交互作用对引入有机复合体的吸收和有效性的影响。土壤矿物质与有机质的交互作用对土壤中有机的数量、流转时间以及大气生态系统碳流动都具有决定性的作用。

2.3 部门 3: 土壤利用与管理

本部门分为 5 个专业委员会, 它们分别是: ①土壤评价与土地利用规划; ②水土保持; ③土壤肥力与植物营养; ④土壤工程与技术; ⑤土壤退化的调控、恢复与修复。共有会议论文 764 篇, 其中口头报告 36 篇, 我们选择翻译了其中的 32 篇报告摘要。

研究的问题主要集中在: ①为土地利用和管理服务的土壤评价的技术与方法; ②技术手段和模型方法在土壤侵蚀评价和模拟中的应用及不同国家、土地类型的水土利用问题; ③土壤-植物养分元素的迁移转化动力机制及利用效率; ④运用工程技术评价农业生态系统和土壤退化的动态变化以及减缓土壤退化进程; ⑤土壤退化的形式及污染的物理化学/生物修复的机理研究和应用研究

2.3.1 专业委员会 3.1: 土壤评价与土地利用规划

本专业委员会分 2 个专题组: ①土地利用规划-环境、经济和社会之间的均衡; ②土壤科学向农业和环境应用的转移。共有会议论文 86 篇, 其中口头报告 10 篇, 墙报 53 篇, 其他 23 篇。我们选择翻译了其中的 6 篇报告摘要。

专题①论文共有 47 篇, 其中口头报告 5 篇, 其主要研究内容有: 区域尺度上的决策支持系统; 非洲的

农业资源保持进展; 利用 GIS 技术评价土壤、农业区、生态区; 土地农业生态学评价; 基于遥感和 GIS 技术的印度卡纳塔里邦灌溉生态系统的可持续性土地利用规划的土地评价; 绿色食品生产适宜性的土壤质量评价; 基于土壤生态规则的决策支持系统等。

专题②论文共有 39 篇, 其中口头报告 5 篇, 研究的主要内容有: 土壤科学向环境与农业应用转变的政策; 土壤评价为环境友好型农业服务; 非洲土地退化的灾难; 水稻生产系统的土壤评价; 面向城市可持续发展的城市土壤评价等。

从会议论文的内容来看, 可以得到以下几点进展信息和启示: ①土地利用规划强调环境、经济和社会之间的均衡, 尝试采用各种综合的模型或分析方法来实现这种均衡。同时, 土地利用规划之前应对土壤的适宜性、土壤质量、土地退化、生态脆弱性等方面运用 RS、GIS、GPS 等技术手段进行可持续性评价, 做这些评价时土壤图以及土壤属性数据是非常关键的资源, 完成这些评价后可开发基于土壤生态的决策支持系统, 为规划和管理服务。以上这些对我国正在进行的土地利用总体规划修编工作具有借鉴意义。②为了将土壤科学向农业与环境应用, 欧盟正准备为其境内的土壤建立一套指导框架, 来保持土壤的功能和保障可持续发展。根据环境友好型农业的要求, 减少化学物质的使用量, 可以降低农业生产面临更大的危机, 促进土壤质量的好转。

2.3.2 专业委员会 3.2: 水土保持 水土保持专业委员会共有 3 个专题组, 分别为: ①土壤侵蚀的环境影响; ②干旱土壤的保持技术; ③未来水利用面临的挑战。共有论文 140 篇, 其中口头报告 15 篇。

“土壤侵蚀的环境影响”专题有口头报告 5 篇, 墙报 43 篇。研究涉及了土壤侵蚀风险预测、不同农业管理系统下土表生物和非生物过程的动态评价, 气候变化条件下的风蚀作用等。Seth M. Dabney 指出, RUSLE2 模型 (修正后的通用土壤流失方程) 在 USLE 模型 5 个预测平均每年土壤侵蚀量因素基础上加入了碳和钾两个因素来预测平均每天土壤侵蚀量, 可较 USLE 和 RUSLE1 更好地预测土壤侵蚀量和迁移量。Diane E. Stott 认为通过测定径流中可溶性有机碳的含量可更好地预测土壤侵蚀对环境的影响。K.O. Bhaware 认为, 利用分等级法将遥感和 GIS 技术与土壤侵蚀空间风险模型结合进行土壤侵蚀地理制图和评价对于加强流域管理、保持水土有重要意义。

专题②共有论文 38 篇, 其中口头报告 5 篇。该专题重点介绍了目前各国干旱土壤的保持技术, 提出保持和提高旱地土壤有机质含量、提高氮肥利用效率、合理进行养分管理等措施对于恢复旱地土壤生产力,

防止土壤硬壳化有重要作用。

专题③对未来水资源利用面临的挑战进行了论述，共有论文71篇。主要涉及到美国、叙利亚、韩国、印度等10多个国家使用河水、城市污水、工业废水、盐碱水等各种水体的合理灌溉问题。美国学者指出使用表面活性剂可提高沙质土壤水分和氮素的利用效率，减少土壤硝酸盐的流失。叙利亚学者通过对北非盐碱水的利用研究，指出合理利用盐碱水灌溉能够提高作物的产量。印度学者认为，城市污水中含有大量的有机物质和微量元素，合理利用可减少土壤对养分的需求，但不合理的污水灌溉也可能产生植物和地下水重金属污染等问题。

2.3.3 专业委员会 3.3：土壤肥力与植物营养 土壤肥力与植物营养专业委员会共有论文309篇，包括口头报告15篇。由磷肥与环境的未来挑战、养分利用效率及世界农业、干旱农业上碱土的改良管理以及离子胁迫下的植物响应与适应4个专题组成。这一部分的主要研究进展为：①磷元素利用率与环境效应是养分研究的热点。通过放射性同位素、核磁共振以及模拟等新技术的运用，发现无机磷并非一直处于闭蓄态和不可逆转的吸附之中。由于磷的流失易引起水体富营养化以及全球有限的磷储量等问题，我们应把土壤、农艺和环境问题结合起来，重新考虑磷肥利用效率的定义，同时必须考虑特殊的农艺、环境和社会经济条件进行最佳管理活动以减少磷输入水体的量。②通过分子和化学生物标记技术研究磷的微生物循环可更好地理解土壤中微生物调节磷转化的动力和机制。③提高粮食产量必须运用科学技术和理论来管理与作物品质和环境质量相关的农业生产上的时空变量，从而提高作物产量和养分利用效率（特别是氮、磷效率），其中提高土壤质量和土壤固有养分补给是改善生态环境中的关键步骤。④植物修复法是干旱农业盐碱土改良研究的热点。耐盐植物的培育和耐盐耕作技术的利用以及其他技术（如中子技术）的应用对盐渍化土壤的改良有重要的意义。

2.3.4 专业委员会 3.4：土壤工程与技术 土壤工程与技术专业委员会共有论文53篇，其中口头报告5篇，包括2个专题，分别为：①全球抵御土壤与土地退化：农业生态系统的过程与评价；②全球抵御土壤与土地退化：农业生态系统的开垦策略。

专题①主要对肯尼亚、中国、印度、泰国、伊朗等十多个国家的土壤退化状况以及土壤退化对土壤的物理化学和生物学特性的影响进行描述和分析，利用ALSAT-1、ETM等遥感卫星数据，结合地貌数字模型（DMR）和数字高程模型（DEM）以及GIS技术评价农业生态系统和土壤退化的动态变化，以揭示土壤

退化的过程、机理及退化土壤的自然恢复过程等，实现全球的土壤保护和粮食产量的可持续性发展。

专题②针对全球土壤与土地退化的各种现状，讨论了减缓土壤退化进程新的理论和实践方法，提出了多用途的土地覆盖和土壤资源保护和再生的手段、实践和方法以及农业生态系统的开垦策略。Jeffrey E. Herrick提出以土壤为基础进行架构整合，主要关注概念化的状态和转变模式的应用，以鉴别土壤退化和恢复的关键性质和过程，最终对土地退化进行评估、控制和管理。Alvin Smucker指出，新的同步加速器技术的应用大大推动了土壤团聚体的反馈机制和自我组织机制；Y. Pal指出，粉煤灰作为西澳州下层土壤酸性的潜在改良剂效果较好；Basu D. Regmi提出综合植物养分系统（IPNS）管理有助于减轻小块农用地土壤肥力问题，农民田间学校（FFS）是将技术广泛传播到农业团体的最好方法。

2.3.5 专业委员会 3.5：土壤退化的调控、恢复与修复 本委员会下有2个专题，即：①全球抵御土壤与土地退化：农业森林生态系统的物理化学生物过程；②全球抵御土壤与土地退化：盐化、固化及其他形式的退化，共有论文101篇，其中口头报告10篇，墙报91篇。

专题①有5篇口头报告，42篇墙报。本专题涉及到各种污染包括土壤碳、氮、磷淋失导致的水体富营养化、重金属污染和各种有机污染等，研究包括了各种污染的物理化学/生物修复的机理研究和应用研究。修复机理研究主要为污染物在土壤中的化学和生物有效性，以及污染物形态迁移转化的动力学过程。修复应用研究主要是采取硝化抑制剂、石灰、超累积植物、有机肥施用、生物刺激、生物扩张，改变pH值等措施降低污染物的有效性。

专题②有5篇口头报告，49篇墙报。这一专题对盐碱化、固化等各种形式的土地退化的起因、特征、时空分布等方面做了系统而深入的研究，探讨了有关各国对盐碱化等土壤退化的管理与改良措施，同时对咸水的灌溉利用，排水的再利用及其对土壤的影响也做了进一步的深入研究。

2.4 部门4：土壤在社会和环境可持续发展中的地位

本部门分为5个专业委员会，它们分别是：①土壤与环境；②土壤、食物安全及人类健康；③土壤及土地利用变化；④土壤教育及公众认识；⑤土壤科学的历史、哲学及社会科学。共有会议论文347篇，其中口头报告39篇，墙报265篇，其他52篇。我们选择翻译了其中的35篇报告摘要。

研究的问题主要集中在：①有机农业、集约化农业在土壤可持续利用中的作用及影响，尤其是农业生

态系统中营养元素的动态过程；②土壤中化学物质的迁移转化规律，以及对食品安全及人类健康的影响；③如何科学制定养分管理政策，并运用科技工艺改善管理；④提升公众对土壤科学的公众认识，构架起沟通科学与环境政策的桥梁。

2.4.1 专业委员会 4.1：土壤与环境 土壤与环境委员会共有 3 个专题组，它们分别是：①有机农业对水、土质量和可持续发展的优缺点；②土壤有机物质在土壤性质和环境中的功能与地位；③土壤与自然灾害。共有报告 131 篇，其中口头报告 10 篇，墙报 90 篇，其他 31 篇。我们选择翻译了其中的 9 篇摘要。

专题①共有 42 篇文章，其中口头报告 5 篇，其研究内容有：有机农业中的植物营养研究；有机和传统农作系统中营养物质利用效率和淋失；有机作物系统中营养元素的动态过程与利用效率；温带地区有机农业对土地可持续利用管理的贡献；有机和传统农业系统中土壤和养分侵蚀的风险。

专题②共有 52 篇文章，其中口头报告 5 篇，其研究内容有：挑选并利用土壤有机质部分来评价土壤的功能；土壤有机物质的纵向分布及其对土壤性质和作物产量的影响；有机物质对土壤饱和和水压的影响；新西兰的土地利用变化与土壤肥力；在农业生态系统中管理土壤中的动物区系来改善水和养分的利用效率。

专题③共有 27 篇文章，无口头报告，该专题的主要研究内容有：孟加拉国土壤中砷的状况；恒河冲积平原土壤特征对微量元素分布的影响；在可持续农业中运用镉-铋交互作用治理镉毒害；施加磷和堆肥对于去除受污染土壤重金属的影响；Cs-137 在土壤-植物中的迁移及其对土壤性质的依赖关系；印度低山和河谷平原区土壤和作物中重金属的毒理研究等。

从研究进展来看，研究热点和趋势表现在：①有机农业被认为是循环可持续的农业生态系统，关键在于废物的有效利用，土壤-植物系统的碳、氮及其他营养元素的动态过程与养分利用效率成为研究热点，认识和管理微生物的调节过程有待进一步开展；②土壤有机质成分的分离、评估和利用将是该领域研究的亮点并会在更大的范围里推动用土壤有机质测定来指导土壤管理工作。③土壤中有毒化学物质的迁移和交互作用在典型区域得到深入研究，土壤和作物中污染物质的毒性是土壤自然灾害研究的一个热点，同时如何通过土壤管理降低有害物质的毒害是土壤与自然灾害研究的重要课题。

2.4.2 专业委员会 4.2：土壤、食品安全与人类健康 本专业委员会分 3 个专题组，它们是：①土壤保育和土壤质量管理；②生物集约化农业；③土壤质量对粮食养分及人类健康的影响。土壤、食品安全及人

类健康专业委员会共有论文 110 篇，其中口头报告 15 篇，墙报 95 篇，选择翻译了该委员会的 14 篇文章。

专题①论文较多，共有 54 篇，其中口头报告有 5 篇，其研究的主要内容有：欧洲土壤保护政策的发展；土壤、生物多样性和生态系统评价；印度尼西亚通过休耕恢复退化土地；苏丹萨赫勒地区长期追加有机质对土壤碳含量和产量水平的影响；半干旱的摩洛哥和西班牙地区不同耕作管理制度下的土壤质量对照；热带农业生态系统下长期施用化学肥料及集约耕作对于土壤微量营养元素动态的影响；印度使用生物资源技术管理滨海盐化土壤；测试有机质活性作为土壤质量的一个指标等。

专题②共有论文 26 篇，其中口头报告 5 篇，研究内容主要有：面向可持续的未来的生物集约化农业；通过土壤管理解决人体元素失衡问题的机遇与限制因素；肯尼亚的生物集约化农业潜力；针对食品安全的阿根廷的生物集约化农业；塞纳加尔的水稻强化系统。

专题③共有论文 20 篇，其中口头报告 5 篇，其研究的内容是：土壤、农作物及人体中的重金属毒性和控制措施；长寿人口的概率分布与土壤中微量元素的关系；优化水和作物剩余物管理来提升水稻中锌的含量。

从研究进展来看，研究的热点和趋势表现在以下几个方面：①不同国家、不同地域通过试验方法，对不同的土壤类型，提出针对性的保育和管理措施，同时土壤保护政策的制定在全球越来越受到重视，如欧洲委员会公布了“土壤保护的主体战略”；②生物集约化农业是可持续发展的农业，被看作是友好利用资源的方式，消除饥饿和贫困的工具，同时也是提高农民收益的一个手段，世界许多国家致力于研究适合本地的生物集约化农业生产模式；③土壤不仅是提供食物的载体、同时也是有害物质和病原体的载体，土壤中微量元素及有害物质的环境效应和生物有效性得到广泛的关注，土壤中病原体、微量元素对人类健康的影响有待深入研究，如何通过人工管理去除或减少土壤中有毒物质对人类健康的损害是实用而迫切的课题。

2.4.3 专业委员会 4.3：土壤及土地利用变化 该专业委员会分 2 个专题组：①土地利用模型作为抵御土壤退化的工具；②高效的农业生产系统及环境。共有 40 篇论文，其中口头报告 5 篇，墙报 35 篇，选择翻译了该委员会的 3 篇口头报告摘要。

从会议论文摘要可以得出以下 2 点进展信息：①大型系统建模是研究土壤及土地利用变化的重要工具和发展趋势，系统模型采用模块集成的方式将土壤元素与土地利用方式结合起来，实现不同土地利用方式下土壤中碳、氮等重用化学物质的动态模拟，如

Century 和 RothC 模型来预测当巴西亚马逊河的森林转变为草场时土壤碳的动态；同时在小农场尺度上也发展了综合模型来评估农业资源管理，指导农业生产管理。②地表覆盖变化与土地退化耦合，对土地退化进行动态模拟，并指导土地退化恢复的管理工作。

2.4.4 专业委员会 4.4：土壤教育与公众认识 本专业委员会分 2 个专题组，分别是：①土壤与社会发展的历史案例；②土壤科学和国际组织。共有会议论文 25 篇，其中墙报 20 篇，口头报告 5 篇，我们选译翻译了其中的 2 篇摘要。

从会议的报告内容看，尽管在全球范围环境保护意识不断增强，但是普通公众并没有给予土壤充分的重视。古代文明到现代文明在地域上的转移与土壤的性质密切相关，人类文明的发展离不开土壤。因此，如何从文明的发展来看土壤的地位，如何在土壤科学知识 with 公众认识之间架起沟通的桥梁是该专业委员会的主题。与大众和政策制订者们沟通土壤科学知识可以从以下 2 个方面努力：①土壤科学家要与在不同土壤领域工作的土壤科学家、环境工程、生物学等相关科学家以及政策制订者沟通；寻找有效的方式来为普通公众收集有用的可靠的土壤信息，以确保社会改变土壤利用的行为；多角度而不从综合角度来认识土壤成为目前的发展趋势。②充分利用土壤学研究的专业机构和国际组织，它们不仅是土壤知识发现和土壤科学技术创新的孵化器，同时也是土壤科学与大众文化之间的沟通桥梁。

2.4.5 专业委员会 4.5：土壤科学的历史、哲学及社会科学 本专业委员会选取的论文是阐述发展中国家的土壤科学史，主要关注发展中国家土壤调查研究的发展，以及发展中国家与发达国家的土壤科学的交流历史。共有论文 21 篇，其中口头报告 5 篇，墙报 16 篇。

文章介绍中国、法属殖民地国家、英属海外殖民地国家、墨西哥、罗马尼亚、斯里兰卡、印度等发展中国家的土壤科学发展史及交流史，以及航海时代、殖民地时代等不同时代的土壤调查历史。该部分内容除了提供土壤学的发展历史知识外还提供了以下一些有趣的信息：Alfred Hartemink 指出尽管许多国家土壤科学家在减少，现在关于土壤的出版物却以 5% 的增长率增长；罗马尼亚土壤科学家 Ioan M. Munteanu 指出只有确立起支撑土壤学作为独立的自然原理体系的研究方法时，土壤哲学的基石才能稳固；基尔大学的 Hans-Peter Blume 共收集了 96 张关于土壤的邮票，分析了相关土壤学大事。

3 世界土壤科学优先领域与前沿综述

此次国际土壤学大会关于“土壤科学优先领域与前沿”的文章共有 8 篇，其中包括美国、亚洲、欧洲、南美、澳大利亚和新西兰、非洲等国的论文。现综述如下：

美国 2005 年研讨了 2 个土壤科学问题，一是“临界带界面研究的前沿”。包括 4 点：①临界带面控制的碳通量、微粒物质，土地表面和大气间微量气体的气压反映过程及这种过程中不同时间尺度上的变化；②控制土壤和水资源的长期可持续的临界带界面及其重要的生物地球化学过程和机制；③化学和物理风化过程对临界带界面的影响，这种由全球变化驱动的风化动力状况如何？④在临界带界面上，营养生态系统在地质和人类时间尺度上的变化过程。二是土壤科学研究的多学科交叉方法与趋势正不断增强，当前土壤科学面临的一个重要挑战是需要学科交叉研究。包括经典土壤科学的分支学科，如土壤化学、土壤物理学、土壤生物学、土壤矿物学、土壤学之间，都必须相互合作与交流，必须通过新技术和新手段，为土壤科学提供与提高解决问题的能力，特别需要从关联学科，如：微生物学、水文学、生态学、环境科学、地球化学、地质学、大气科学的知识整合上得到提高。值得讨论的问题是：土壤科学研究的前沿与潜在突破；土壤科学各学科间和学科交叉研究的领域；提升土壤科学对科技和计算技术等贡献。最近期间，美国通过高能力辐射资源建模和计算机的运用、可视化、分子遗传学、类蛋白学的发展，将土壤学引入到一个从纳米到米来观察土壤过程的变化，并创造各种条件理解土壤在大尺度环境进程中所起的基本作用。通过新的软件程序分析、建模、可视化遥感和地面收集空间数据，对土壤科学开阔了新的发展途径。

亚洲土壤研究的前沿有 4 个方面：①研究土壤圈与水圈、大气圈、生物圈之间的物质和能量交换。重点包括土地利用对空气中温室气体浓度增加或对土地固碳的影响、非点源污染对水体富营养化的影响、土壤质量变化对土壤生物多样性和生产质量的影响。②土地集约利用和快速经济发展条件下的土壤质量保护，以及土壤质量的基础调查与不同退化过程和相应的修复措施。包括土壤污染修复、土壤侵蚀与保持等。③土壤生物资源及其功能开发与利用。包括不同区域生物多样性的特点与管理措施、生物基因功能的发展、农业生产中有机资源的处理和利用。④可变电荷土壤的特性及其对不同元素的转化和运输的影响研究，根际及土-肥交界面土壤物质转化与迁移，土壤肥力与环境影响研究等。

欧洲土壤学研究新领域正在不断发展，表现在从生物、化学和计算机科学的联合建立的分子模型，分

析有机和矿物结构的具体连结过程。其次,表现在不同土壤学科之间的合作,如:土壤物理学、土壤微形态学、土壤矿物学、土壤化学、土壤微生物学之间的联合。一个明显的例子是“水土”的多学科项目,该项目由不同学科如水文学家、矿物学家、化学家、土壤学家、毒物学家等 50 多位专家联合,共同调查土壤、沉积物和领域范围内水质与水污染问题。通过社会与经济学,分析领域内土壤-沉积物-水系统的调研与管理。2002 年 15 个欧洲国家的科学家们,界定了土壤的 5 种功能和 8 种危险,其中 8 种危险包括土壤侵蚀、有机质流失、土壤污染、生物多样性损失、土壤盐化、土壤封闭、土壤淹水和土地滑坡,并对这些问题开展区域性研究,当前欧洲土壤研究的主要目标是环境视野下的土壤保护问题。

南美土壤学研究前沿的主要战略:第一是将已获知的土壤技术方面的信息转化为农产品和为决策制定者所用。包括土壤灌溉排水技术、消除作物生长病原体和杂草技术及提高土壤肥力与作物营养技术等。第二是加强对人类生命质量的重要问题研究,如:土壤生物多样性及微生物学保护和利用研究、污染土壤治理及修复、土壤适耕地管理、土壤对气候影响等,特别强调土壤科学应与社会经济科学相结合。

澳大利亚和新西兰的土壤科学前沿研究。鉴于这 2 个国家在景观特点以及科研资金来源与管理上的特殊性,当前需要进一步了解土壤功能和土壤中各个不同的生态过程,来解决一些环境事件,如:土壤盐渍化、酸化和营养物质流失等问题。此外,结合社会需求与经济发展,当前特别强调土壤作为自然资源的质量研究,通过这方面的创新研究,来保持和加强土壤的生态服务功能,为自然资源和高产土壤提供有效的管理方法,以满足经济上与环境上的效益。

非洲土壤研究前沿,共有以下几个方面:①土地利用与灾害防止和管理;②发挥土地资源潜力的土地利用政策;③土壤肥力提高和土地退化修复;④评价和检测土壤中碳的储存与固定;⑤生物多样性和生物技术,检测非洲国家有关转基因技术的状态与趋势;⑥土壤信息系统,包括辨认、量化、图化、评估和监测;⑦数据率和模型开发等。

最后,应该提到的是 D.D. Richter 所论述的关于研究土壤过程变化的新方法。他指出:当前人类如何改变地球上的“土壤和脆弱带”的问题仍未能解决,原因是因为土壤功能是运行在多元的时空变化尺度上。因此必须要对成土过程研究进行新的思考。首先,要对成土过程的时间尺度加以缩短(年/十年/世纪/千年),并突出人为活动对成土过程的特殊影响,尤其是对当代土壤管理、气候、污染等如何在人类代纪尺度

上改变地球上的土壤(成土过程)。另一方面,土壤是物理、化学和生物等高度作用的自然系统,正在进行的土壤变化,还要受到历史上自然系统过程对土壤的影响,同时土壤本身的变化也是由矿物、地形、长期气候和生物区几代人的影响。因此,从理论与实际出发,应从 3 个时间尺度对土壤过程与变化进行研究。一是千年尺度,即成土过程由矿物、地貌长期气候和生物区的几代人相互作用所决定。二是历史尺度,即人类活动的积累,或许持续作用从年到几千年。三是当代尺度,即土壤变化受当前生态系统的活跃功能所驱动。针对这些思路,在北美东部,曾进行了“当代/历史/千年”3 个尺度上的试验研究。结果表明,土壤在酸度、磷循环和铁的氧化与还原循环变化上,均受人类因素的强烈影响。

此外,C.RICE 也在论文中指出,土壤科学的新领域正处于一个开始阶段,当前出现的研究热点如:气候变化,固碳、水环境质量、营养物和污染物的渗流与传输、食物安全等,均需要对土壤过程和方法进行战略研究。

综上所述,当前对土壤形成过程的系统研究是土壤科学研究优先领域的一个新的战略方向。

4 “未来土壤学”一书综述

2006 年 7 月,第 18 届世界土壤学大会在美国费城召开。这是进入新千年后,世界土壤学界的又一次盛会。会议期间发行了这本英文名为《The Future of Soil Science》的书,它由 27 个国家的 55 名学者参加编写,看后觉得很有译为中文的必要。于是,组织学生将其翻译为中文。为便于读者阅读,仅在此写一篇综述。

随着人类的脚步迈入 21 世纪的门槛,世界土壤科学家们开始把关注的焦点放到了日益恶化的环境上。2005 年,联合国签署发布了“千年生态系统评估体系”,标志着人类对地球环境的关注已进入一个新的阶段—实施阶段。与此同时,非洲等一些欠发达国家由于连年战乱,饥饿问题远没有解决。面对环境和粮食短缺这两大难题,世界土壤科学家们陷入争论和沉思之中。

中国是一个发展中的大国。土壤环境问题和粮食安全依然突出。我们既要满足当代人发展而牺牲部分环境利益,也要为后代保留足够的发展空间而善待环境。经济的高速发展必然带来大量的优质土地被占用,这威胁着我们的粮食安全;另一方面,土地面积的减少和人口数量的增加形成了一对针锋相对的矛盾统一体。未获得解答此矛盾的钥匙,必然人为地干

预自然生态系统，施入更多的化肥、喷洒更多的农药、产出更多的粮食。这种做法又严重威胁了我们的环境安全和生物的健康安全，造成整个生态系统的破坏。

今天，全球化概念已经为人们所广泛地接受。经济领域的全球化是我们触手可及的，因为我们家门口就云集了多家跨国大公司。环境全球化是我们大脑更易接受的认识，毕竟大气和水源不会因国界就嘎然的停止循环和流动。因此，寻求解决国内环境问题的最佳途径就是研究国外科学家思考、认识和解决其所在国或全球环境问题的思路和方法。这样的资料到哪去找？本书就提供了世界范围内的土壤科学领域大家或大师们的精彩论断。

从本书所收集土壤科学家的 55 篇论文可以看出，未来的土壤科学将具有以下的发展特点：

(1) 微观研究领域。分子生物学是土壤微观研究领域所首选的方向，因为它不仅有基础研究的优势，又能在应用研究上为人类的继续发展作出贡献。该领域一个突出的特点是学科间的综合，上面提到的分子生物学在土壤中的应用是学科间的交叉。该领域的交叉综合不仅体现在传统的物理、化学和生物上，而且与材料、环境和微生物的交叉研究的趋势也很明显。突出的研究事例是土壤学在酿酒业和科技考古上的应用。

(2) 宏观研究领域。多学科的交叉仍然是宏观研究领域未来发展的特点。未来的土壤科学将会从田间尺度、区域尺度、流域尺度到国家范围以至全球尺度上，运用地统计学、遥感、地理信息系统、地球系统科学和计算机建模技术来解决各尺度的农业及环境的管理问题。在土壤的宏观研究中，土壤概念的重新定义和土壤发生分类的进一步研究也是未来土壤学家要做的工作。

围绕未来土壤科学发展的方向，不同国籍、所站角度不同的土壤科学家们展开了一场辩论：身处发达国家的科学家们，站在所在国人民的立场上，认为未来土壤科学的发展所首要解决的是环境问题。他们更为关心的是生活质量，提倡“绿色农业”和“有机农业”，粮食的产量是次要的，质量是为首要的。所以，他们拿出更多的资金资助土壤环境的研究，是一支不可忽视的能左右土壤科学发展的力量。另一方是维护弱者利益的群体，他们看到的是饥饿者的眼神和土壤不断沙漠化和盐渍化的趋势。他们认为未来的形势是悲观的，人口的剧增（全世界人口有增长到 100 亿的趋势）和土壤的不断退化，使地球面临越来越重的供应食物的压力。发达国家不应考虑减少粮食的产量而保护环境，而是应该以增加粮食产量为主要研究方向，毕竟我们的地球是一个统一体，当发展中国家面临严

重的粮食危机时，世界就会动荡不安，这是我们所不愿看到的。所以为防止这种不良后果的出现，我们就应未雨绸缪，增加或维持发达国家的粮食产量。并投入一定的资金和人力资源，以帮助欠发达国家研究适合当地实际的抵御土壤退化和土壤污染的维持和治理方法。他们主要强调的是，未来土壤科学还是应以增加农产品的产量和质量的方向发展为易。

这场以土壤科学未来发展方向为争论焦点的辩论贯穿全书，读者如有兴趣，可仔细阅读并领会本书的每一篇文章，最后您可形成自己的看法。俗话说：开卷有益。研读一下这本书，它将带领你走进土壤科学的最高殿堂。如果您是环境领域的一般读者，这本书对您同样有益。在书中，您可学习到考虑问题的一般方法，毕竟，这些文章的作者都是土壤科学领域的佼佼者。

为便于读者全面了解本书内容，我们将全书分成 3 个部分进行介绍，即关于土壤学概念的认识与研究前沿；关于全球不同地区的土壤学发展趋向；关于土壤学发展中存在的问题与建议。在各部分内容介绍中，仅按原文进行归并摘录，以供大家阅读参考。

4.1 土壤学概念的认识与研究前沿

(1) 土壤学早期的成功来自于矿物学、气象、土壤形成、土壤分类、土壤化学和土壤肥力学。今天土壤学学科的焦点是土壤和生态过程，包括土壤和人类。土壤的多孔性是土壤学研究的重要方面，土壤的孔隙以及在这个土壤生命空间中的水膜，是土壤中最活跃的部分。土壤生态系统确实是人类生命的基础，但缺乏魅力。将来，土壤科学家必须超越我们的许多技术成就，把土壤学变得更有兴趣、更生动、更重要，这是一个艰巨的任务，但这个挑战值得努力。

(2) 土壤科学应该在大学里拥有自己的一席之地。新的学科前沿包括微生物学、生物化学，它们正致力于研究生物多样性、土壤-植物相互作用和化学品在生态系统中的归宿、人类健康问题，这些均要求更多的行动来联系土壤和地球化学。随着土地严重退化面积每天增加，今天生态修复这个发展最快之一的方向，会变得越来越重要。将来要求土壤科学家以专业身份，更多地与其他学科交互研究来获得对地球生态系统更全面的理解。土壤功能和营养循环等功能，也是土壤科学未来的研究内容。

(3) 土壤科学在生态学和经济学领域中同时展开，土壤的角色可被看作是多种功能中一套交换的体系，这些土壤功能是由现代社会决定的。如果在以后几十年中，社会不够重视保护性地、合理地利用土壤资源，那么这种交换体系可能使我们走向“全球公民的悲剧”。

(4) 仅把土壤看作是农作物的生产者并采用几乎通用的尝试, 而没有认为土壤本身是一个有价值的自然体并值得进行所有对它的研究, 这种观点对科学的危害可能比大多数人认识到的要多。除了教育行为, 许多非农业的主题研究, 会提高我们学科的知名度。如全球变暖、是否有足够的地下水资源等, 这些课题值得更多土壤科学家参与进来, 因为土壤在这些问题中扮演了关键角色。现在, 土壤科学家应该进行更多深入研究的另外一个领域, 是土壤、动物或人类健康之间的可能联系。致命的、抑制再生的疾病如羊身上的“痒病”, 人类的 CJD 病和鹿的慢性消瘦病 (CWD), 尤其令人感兴趣。

(5) 有 3 个不同的方面来预测土壤科学的未来:

①土壤科学和社会; ②土壤科学和其他科学的关系; ③作为科学的土壤本身。土壤为人类和环境传输物质和服务, 例如为食物生产提供所需的生物、饲料和可更新能源。滤除、缓冲、净化地下水和空气, 包括碳的吸收、大量有机体的维持、生物多样性的保证等。此外, 土壤科学在一个多世纪前就从农业化学和农业地质中发展起来, 现在仍被广泛认为是生物生产的支持科学, 尤其是农业和林业。土壤科学不仅研究矿物学, 土壤成分的物理、化学 (尤其物理-化学的) 和相关过程, 也研究生物的土壤成分和相关过程。

(6) 我们应该创立精确测量土壤脆弱性和有效修复退化土壤的方法。与研究方法同样重要的是, 所有这些研究成果都应清晰、有效地传递给计划制定者和执行者, 以确保他们所获成果能得到贯彻实施并惠及土壤用户和整个社会。对于土壤, 还与很多需要我们去深入了解的, 如土壤的组成 (土壤矿物、有机质、土壤溶液和土壤空气), 土壤过程 (酸化、腐殖化、黏粒迁移、灰化作用和风化作用等), 各种土壤中碳、氮的固定作用, 水盐的运移等。有机、无机胶体的运移机理和它们担当污染物载体的原理是现在须加强研究的主题。另外, 土壤分类的方式也应做进一步的研究, 以便达到简化名称和友好应用的目的和用更加直接的方式来处理人类活动的影响。

(7) 土壤的研究是作为农业科学开始的, 但是它的未来在于环境科学。土壤是一个活体, 它是地球陆地生态系统的一个有机组成部分, 是提供全球环境服务和便利的一个重要成分。人类对自然资源的过度开采导致了全球生态系统 (自然资本) 的严重退化, 最新的估计是, 作为 GDP 可能增长 30%~60% 的后果, 这种退化将会持续到 2050 年, 即使全球人口有望稳定。对土壤科学家的挑战是整合和深化他们的学科, 与环境、社会、经济和政治专家们一起, 解决主要的全球环境问题。最近的 50 年, 比自 1700 年到 1850

年的 150 年, 有更多的土地变成耕地; 淡水减少了一半 (70% 用于农业), 被水坝围住的水增长了 4 倍; 生物中氮的流动翻番, 磷流量增加了 2 倍。自 1985 年以来, 几乎一半的合成肥料已被使用。自 1750 年以来, 大气中 CO_2 浓度增长了 32%, 1959 年以来增长的大约占了 60%。人类活动导致了野生动物栖息地和全球生物多样性的显著减少。由此可见, 生态系统的运转退化, 其实是资产的损失, 造成的损失比创造的最好社会利润更多。全球陆生环境由自然和人类使用土地的生态系统镶嵌而成。这些生态系统的健康, 即生态系统的完整性, 依赖于其组成和它们之间传递过程的协同。土地退化影响着生态系统组成和功能循环, 因此破坏了过程的协同性和流动的服务安全。土地退化的缓解和生态系统的恢复需要解决土壤学科有关的技术革新, 并提高土壤健康的经济效益。

(8) 从全球来看, 由于城市化发展、土地侵蚀和全球气候变暖导致的农业生产用地将会继续萎缩。因此越来越多地要求进行退化地和荒地的复垦、采用覆盖层、减少耕作、实践保护农业和提高每茬的作物数量等。目前所理解的现代农业的概念, 是建立在物理化学的角度来理解土壤的, 而基本不考虑土壤生物学的作用和因素。尽管最近在土壤系统中以生物作用为中心的观点逐渐被承认。科学家还需要找到利用自然过程来防治土壤的紧实、土壤盐碱化和土壤酸化等问题。重新审视李比希的最小养分定律, 不仅考虑土壤部分, 还要考虑影响产量的因素, 比如: 资金、劳动力、燃料以及其他外部供给、栽培模式, 更多地依靠种质在恶劣的土壤条件中的生物过程, 提高土壤中的生物学活性, 并通过优化养分循环来达到减少使用外部物质的输入、提高养分利用率的目的。为了应对这种挑战, 21 世纪的土壤科学家更应该使他们的研究方法更趋完善。在继续进行土壤物理、化学、生物学研究的同时, 也要利用模拟或模型的方法来对这些研究之间进行联系和深化, 同时也要同生产循环的其他部分相联系。

(9) 有 4 个主要领域促进了土壤地形特征从定性到定量的逐步转变: ①新的制图工具和技术, 例如土壤遥感 (电磁感应)、全球定位、空气传播、卫星遥感、光学侦测和修正 (LIDAR) 等。②数据管理, 地理信息系统和数据库管理系统。③处理多维环境数据的计算技术。④方法—先进的多元统计和地理统计方法, 建立土壤地形模型的三维重建技术和描述土壤过程的算法。这些方法经常和高等数学、统计结合来处理复杂、多维的环境数据, 并可测量的土壤观察相呼应。2004 年, 土壤测量法被国际土壤大会采用, 这个使土壤学更量化的方法缩小了知识缺陷, 并提高了我们在

微观、中观、宏观水平上对土壤起因过程的理解，了解生态系统的非线性行为、多尺度时空的生物地球化学循环，评估人类活动和自然作用对土壤质量的影响等。在土壤学应用中，考虑不确定性对优化可持续土地资源管理非常重要，尽管土壤特征和环境因子之间总的关系已经确定，但它们随着时间也会变化。

(10) 在社会不断发展的情况下，土壤科学将会沿着 4 个方向进行发展：①增加土壤的生产能力以维持食物的供应量；②恢复已退化的农业生态系统；③避免因农业的发展而带来的负面环境效应发生；④提供经济可行的土壤可持续发展管理技术。今天我们面临的形势已经完全不一样了。我们在考虑增加农产品产量以满足人口增长需要的前提下，还要设法突破环境限制的束缚。不仅如此，我们的世界还面临着水和油—现代农业的主要输入物质的短缺问题。所以加快土壤的循环利用就成为了增加粮食产量的唯一途径。土壤科学家将不得不关注自然环境下土壤具缓冲能力的条件和缓冲的过程，以便将其引入到管理技术中来。未来的土壤科学将可能是一门比现在更为复杂的综合性的学科。它的研究对象将更加广泛。它将多学科联合研究的方式将传统学科（物理、化学等）与创新性的学科（土壤生态、土壤经济等）相互联系在一块。土壤科学家们将迎接 21 世纪来自土壤科学的挑战。未来的成功将不会仅仅是依靠技术的进步，更重要的是依赖于土壤基本概念的拓展和应用模式的改变。

(11) 未来土壤科学的亮点将包含土壤中碳的固定及其在气候变化中的应用研究。土壤对碳的固定能力和碳在土壤中的恢复能力应该被认为是构成土地可持续管理项目的主要因素。而且，国家和地区范围的 C 素分布图的准备，为土地可持续管理项目的实施奠定了基础。土壤微形态学的研究前沿，可能是最具经济价值和最有回报的领域之一，它主要研究与土壤和沉积物有关的自然物质的物理形态、结构和微结构，如岩石，尤其是陶瓷和建筑材料，研究的尺度可以是宏观也可以是微观的。

(12) 土壤是一种空间和时间的连续体。所以，各种研究尺度上的综合方法有必要考虑土壤资源管理的可持续性。这就要求我们在发展测量网络时，更好地考虑土壤的多样性和根据土壤本身的限定和保障土壤多种功能的要求来优化人类的活动。与此相对应，这些监测网的架设将提供一种新的方式来探测土壤大尺度的状况和更好地理解与环境其他部分紧密相关的土壤的空间功能。

(13) 土壤科学研究中最棘手的问题之一，是该门学科研究对象所涉及尺度的广泛性—时间和空间。空间尺度涵盖从分子水平到区域规模，时间尺度从瞬间

持续到土壤形成的上百万年。信息技术在时空尺度中的持续应用将对土壤科学的未来产生巨大的影响。在时空尺度上，一端技术是各种分子生物技术—基因、蛋白质和新陈代谢，另一端是地理空间科学—遥感、地理信息系统和地球系统科学。土壤科学与这些学科相互交叠并联系在一起。对土壤科学而言，对这些信息的需求将日益增长，利用的机会也越来越多。土壤科学的未来发展必定是汇合各种研究手段而提供一种量化的框架。与此同时，将有一个对高精度全国尺度和全球尺度的土壤信息的不断增长的需求，这些信息的获取途径包括驱动模型和全国规模的土壤监控网。计算机运算速度的提高和地统计技术的应用，为土壤信息的快速获取提供了巨大的潜力，例如就数字土壤图而言，良好的精度来自于用地形、地质及其他精度不高的数据的插值结果。所有这些都必须是建立在对土壤性质的很好理解的基础之上，在解读土壤生物物理过程信息之前，要首先搞清土壤的物理、化学和生物驱动力。

(14) 土壤是人类文明的基础，优良的土地孕育并推动了科学文化的繁荣。但是，科学家们并没有能力改善土地和自然资源流失。土地无法承载人口的过度增长，这成了政治动荡、种族冲突及恐怖战争的诱因。Henry 对此总结说：“世界上没有比解决吃饭更重要的问题了”，他认为：爱情、事业、家庭、宗教、艺术和爱国主义，一旦碰到了饥饿问题就会显得形同虚乌。世界未来和平的威胁不是人与人之间的斗争，而是人和土地之间的战争。20 世纪的粮食巨大丰收，是以破坏环境质量为代价的，农业扩充导致土壤退化和环境的污染，过度的灌溉导致土地的盐碱化，森林的砍伐、过度农耕和工业产生的化学燃料使大气的 CO₂ 含量升高。因此，如何科学地利用和管理土壤，实现可持续发展，成为了土壤科学家主要的追求目标。包括如何阻止温室效应及全球变暖、地表水及地下水的污染、城市垃圾及工业废料。因此，未来的研究热点为以下 4 个方面：①充分发挥农艺措施和单位面积水、化学物质和能源的最大生产力。②最大程度地减少环境污染，尤其是水污染和土壤污染。③通过土壤和陆地碳的吸收和保留使大气净化。④利用土壤作为处理污染的介质，将碳循环（例如生物合成、呼吸作用、矿化和腐殖化作用），水循环（存储、土壤蒸腾损失量、渗透和流失）和氮循环（生物和工业固定、滤取和挥发）的研究优先结合起来。

(15) 全球众多有重要意义的挑战中，重要的有如下 5 条：①全球粮食安全。2000 年，全球平均谷物产量是 2.64 Mg/hm²，2005 年必须至少增长到 3.60 Mg/hm²，而到 2010 年则要达到 4.30 Mg/hm²。在中国

和印度, 谷类平均产量则在 2025 年须增加到 4.40 Mg/hm^2 。②生物燃料。随着食品安全的增加, 土壤科学家们需要致力于使用机械方式来提高太阳能 H_2 转化速率的研究。这些转变效率将更有利于在生产方面增加生物数量。③废物处理。土壤学家们应该在提高废物处理技术上发挥积极的作用。废物能源可转化为有用的土壤改善添加剂, 堆肥和垃圾掩埋可以用来产生沼气, 土壤动物可以用来降解污染物质。④水净化。对于所有的牲畜, 可耕地和干旱、半干旱地区的大多数国家, 洁净水的匮乏都将是一个主要的挑战。改良水净化处理的技术也同样可以减少沿海生态系统氧不足的问题。⑤土壤和气候。历史上, 土地已经是增加大气中的 CO_2 和其他温室效应气体的主要来源。随着土地和生物区增加, 燃烧成了工业革命开始以来 CO_2 的一个主要来源。因此管理系统必须使地球土壤成为一个巨大的 CO_2 接收器, 而且, 映射由气候变化导致的土壤性质的改变被认为是一个支撑持续发展系统的可行方法。世界能源需求正以每年 400 Quads (1 Quad = 1015 BTU) 的速度增加。在未来的几十年里, 对除石油外其他燃料的遴选, 将付诸实施。生物燃料和从生物体中产生的 H_2 是 21 世纪及其以后时期重要的能源物资。另外, 陆地生态系统所固定的碳也是一种可以与石油相媲美的能源。在退化和闲散土地上开发生物能源及人造林的技术, 是一个双赢的策略。

(16) 土壤是各种不同的生态系统的基础, 是地球生命兴旺的基础 (同时还需有水分的存在), 关系到全球的安全问题。以下的 3 步会帮助土壤科学向前发展: ①澄清认识。地球临界地带, 被认为是从地球上树的顶端到蓄水层底部的那一部分, 包括作为中心和基础的土壤圈。固体土壤和液体表层之间的相互作用决定了每一种维持生命和资源的可能性, 并提供所有人类活动的基础。因此, 临界地带的概念是一个理解的框架, 保持了持续的资本需求并加强了土壤学对未来水、岩石、空气和生物资源的整体研究。②与其他学科联合研究的方式。联合、交叉和促进是许多学科进步的 3 条基本规律。因此, 一个包含多学科完整的研究使我们有能力预测全球变化和社会上的一些主要问题, 例如, 人类安全与健康、经济发展及其可承受能力。③加大土壤科学的作用。本着重点开发区域结合的原则, 土壤因子起着 8 个角色的作用: 从基础地理科学到水文学、生态学、农学、工程学、环境科学、再到地球之外的开发。土壤科学一体化的观点将非常有助于进一步加强对科学领域的理解。与此同时, 我们需要精湛锐化我们的工具, 如地图、监控器、土壤学模型一体化程序, 也要加强土壤科学对社会的积极作用。

(17) 土壤学在研究和环境教育方面具有独特的

中介功能。它关注的是生态科学的多个方面, 包括水、大气和生物资源。土壤学一直在为生命资源的可持续服务, 比如粮食、居住、娱乐场地、工业活动和交通等。土壤是生态环境中一个非常关键的组成部分, 因此也是在土地利用成本效益的社会经济分析中必须首先考虑的因素。特别是在优先考虑交叉学科和学科内的研究领域的框架体系下确定本国需要优先研究的项目, 重点是以下这些: 土壤, 土地消费, 土地复垦和循环利用, 土壤和气候, 土壤和土地利用, 土壤研究中的创新和综合的方法, 国家和国际层次上的土壤研究, 土壤学方面的教育、高级培训和土壤学大会等。

(18) 科学应该是对自然界的全新的发现, 而非从现有知识里面的推断。这些新的知识需要通过对新的假设和观点进行演算和检验, 如果现在就能告诉你们这些新的知识是什么的话, 那么从逻辑上来说, 这个知识在将来也就不能算是新的了。根据拉姆斯菲尔德归类方法, 将 (土壤) 科学有关的知识进行适当的归类扩展, 可以分为以下 4 类; 即第 4 类 (我们知道的已知的知识); 这部分指土壤学的一些基本的概念, 所有专业的土壤学研究者多少都应该知道点。无论是现在还是将来, 我们必须对这些基本的概念进行重新核对和检验他们的真伪。比如, 美国土壤学家詹尼的功能因子理论的时代难道不是已经被超越了吗? 土壤质量的概念是不是只是一个虚假的概念, 还是一个死胡同? 第 3 类 (我们不知道的已知的知识); 显然这是关于教育的, 即让人们知道我们已经掌握了哪些知识和哪些是我们可以做到的。首先我们要对已有的知识进行合并和集成, 从而使它们不再那么分散, 然后向我们的科学同行、新一代、决策者和公众进行传播。这是一项艰巨的任务, 因为在许多国家, 我们的新一代和政府决策者都似乎变得不再着迷于科学。因此在这个方面, 我们需要花费 40% 的精力。第 2 类 (我们知道的那些未知的知识); 在这些我们知道的未知知识中, 有我们需要全面了解的土壤的生物学功能、有机质的真正的结构和功能、关于土壤变异的定量而非定性的理论、土壤性质和土壤过程的集合和分散。从技术上来说, 可以运用一些新颖的测试仪器, 但是我们不应该被仪器所奴役, 不能像沉迷于迷幻药那样被仪器所迷惑。我们只能用技术来帮助我们解决问题, 而技术本身不是我们要追求的最终目标。我们应该花 50% 的精力在这上面, 太多了显然就不合适了。第 1 类 (我们不知道的那些未知的知识); 这是真正的科学和研究。现在几乎没有人会从事这项研究了, 因为现在的政府和研究机构对这个研究也不熟悉, 所以就很难获得资金的支持, 不过做这项研究可能也不需要花太多的钱。我们需要许多时间来进行这项研究, 因为

它需要深层次的思考。土壤学的发展应该是有思想的、兼容并包的、向外看的观点。借用一句话：尽管我看不见，但是我会猜想，我有希望！

(19) 世界上各国面临的挑战和问题都是类似的：增加粮食产量的需求、城市化的增长、因侵蚀和沙漠化导致的土地退化、土地使用问题、全球气候变化、空气和水的质量、水供给、食物安全和人口增长。每一个主题都和土壤相关，因此土壤科学家们必须致力于这些问题的解决。下面是可能会对土壤科学产生影响的具体内容：气候变化；碳固定；转基因植物；废弃物堆放和再利用。所以如果要问土壤科学有未来吗？我的回答是肯定的。

(20) 作为地球科学和生命科学交叉学科的发生土壤学，是土壤学的最基础部分并成为土壤学的核心研究领域。发生土壤学让我们明白土壤是一个具体的自然体，是一个生物与非生物的开放系统，构成土壤圈。从土壤发生的角度研究当代土壤圈的观点应该是基于发生过程的研究，其目标应该是理解形成现存世界上各种各样土壤类型的土壤发生过程并指明未来土壤的演变方向（发展或退化）。作为基础科学的发生土壤学，其研究内容一大部分来源于土壤起源、演变、覆盖在陆地表层的土壤的地理分布和分类等知识的历史积累。我们把研究该部分内容的发生土壤学称作当代自然发生土壤学。发生土壤学中最成功的当属古土壤发生学，现已发展成为地球科学的一个独立分支学科。发生土壤学的另一个探索性分支是与生态学、地质学、水文学、水文地质学紧密联系的地球表层土和残积物（即所谓的地貌关键带）的演变问题。采用基于过程的土壤演变方法，能对该临界带在不同影响因素作用下的行为预测提供便利。也许发生土壤学的最新分支学科是对外星球（月球、火星、水星）的表层陆地土壤演变的研究。普通的发生土壤学应该包括以上各分支学科，我们通常的土壤发生学理论能够用在上述各种不同的土壤演变的研究中。

(21) 我们正处在从因数据贫乏而必须取样多种多样的定量辅助地球信息资源，以及从有限的直接土壤观测信息中，筛选和过滤有用信息的转变中。总的来说，我相信我们会从过去的地球信息缺乏向将来的信息量泛滥方向发展。

(22) 土壤科学与其他地球科学的紧密合作是土壤学未来的基础。一方面，这种合作能够从各种不同的角度交换观点和意见；另一方面，土壤学家因此也能对环境科学研究做出显著的贡献。这种合作将促进整个地球科学系统知识的进步，并使地球科学学会受益。

(23) 一些关于非土壤学界的研究人员对土壤学

的一些看法。认为土壤只不过是脏东西的代名词，但是在土壤学研究者眼中，土壤却是完成许多重要生态功能不可缺少的部分，是人类文明、文化传承和宗教信仰的根本。但事实上人们对它的这些重要性都没有很好的保护意识，对涉及到公众利益的生态问题也不太关心。所以建议将土壤学知识引进国民教育的项目中。除此之外，对土壤的认识除了完成生态功能的意义外，还需要补充更多、更新的最近的研究进展。一个可行的途径就是土壤、美学和艺术的共生结合。从不同的美学的方法来处理土壤的研究，在世界各地都有开展。土壤、艺术和教育的结合的途径可以是多元化的，为了让更多的普通大众了解和接受土壤的知识，我们已经尽可能多地收集或思考这些方法。这样，土壤才有可能成为景观艺术和建筑学的一个组成部分。

(24) 土壤科学研究的一个主要目标就是理解根区的各种不同生物过程。我们需要重视研究以下领域以解决涉及土壤中生物交互作用，尤其涉及根区生物交互作用，以及与营养物质的有效利用和能量流动相关的问题。在根区部分植物引发的生物过程，以及根区中与养分的有效利用、作物生产力和生态系统稳定性相关的各种不同微生物的交互作用；

(25) 土壤科学研究将会从农作物生产和基础土壤学研究拓宽到更多的领域，包括作物生产、人类健康和生态系统功能。此外，土壤学需研究以下内容：土壤圈和其他圈层、农业和环境、生物多样性和基因库、土壤质量以及微观领域的土壤研究。

4.2 关于全球不同地区的土壤学发展趋向

(1) 土壤学在发展中国家和发达国家之间有着截然不同的任务。在发展中国家，土壤学的研究还集中在农业领域，维持和提高土壤肥力，增加粮食产量。在这些地区，土壤学和作物学的联系程度将更加紧密。由于短期或长期的粮食不足，土壤学在这些地区的地位不容置疑。但是由于科研组织落后和缺乏科研物资，科研工作将受到严重的限制。在发达国家，通常食物供应充足，土壤比较肥沃，而且土壤养分，尤其是氮、磷，一般被认为会造成一些环境问题，比如水体富营养化。这种认识上的差别并由此形成的科研资金资助结构的变化，将使土壤学的研究领域更加扩大并需要重新考虑土壤学的研究对象。在这些国家，土壤学家在继续关注农用土地的土壤条件的同时，将加强土壤学在其他领域的研究，并使土壤学进一步向环境科学转变。在这些地区，其他地球科学，比如土壤地质学、生态学和工程环境等，借助其处理土壤相关问题的优势，将会和土壤学发生激烈竞争。土壤科学已经准备好应付世界粮食危机、全球变化与将来和土

壤相关的任何问题。我们已经逐渐认识到土壤科学影响我们每个人的生活并能解决现代社会所面临的一些问题。

(2) 在非洲, 土壤科学的未来与这块大陆的明显特征息息相关, 贫穷而高度集中的农民, 通过落后的工具在天生贫瘠的土壤上耕作, 支撑着民族经济。总的来说, 这些因素导致了土壤退化, 非洲对土壤衰落肥力恢复十分需求。科学和开发之间的连接是很重要的, 和非土壤科学学科的整合, 有助于提出更多有社会效益的土壤肥力管理方法。只有这样, 土壤科学在农业生产中才有一席之地, 才能对提高产品和收入做出贡献。非洲的土壤服务基础设施数量有限, 质量也不稳定。由于国家对研究投入的资助有限, 非洲研究实验室的装备和机能更多地依赖于研究者的技术。全球范围内研究资金减少的趋势, 将会使这种状况更糟。薄弱的基础设施阻碍了学生从事土壤科学的愿望, 资金匮乏导致功能和产量低下。

(3) 大多数发展中国家应通过良好的规划干预保护独特的生态环境系统, 在一个国家处于发展的阶段, 如果能够得到一个良好的生物物理和社会经济的数据的支持, 将会有效地遏制环境的退化。但事实上, 这样的数据非常缺乏。即使有, 在数据信息的形式和数据的尺度上都有差别, 难以或几乎不可能用于规划上。在发达国家, 利用土壤作为一个天然的生物过滤器是环境管理中的一个很重要的措施。但是在发展中国家, 废水和工业废弃物通常会被排放到水体中, 直接对环境 and 人体健康构成危害。全球的研究数据表明许多发达国家通过进口农产品而蓄积了大量的养分, 相反发展中国家的养分却出现亏缺。如果这能说明有机农业在一个农田的尺度内在任何一个适当的水平都不能可持续发展的话, 土壤科学研究者是否应该去游说支持实行化学肥料的使用补贴(设置一个世界通用价值), 而不是让发展中国家继续从事低产量的农业生产? 在最近的一个会议上得知, 尿素在欧洲的价格是 90 美元, 而在马拉维(一个非洲国家)的价格却要 700 美元, 那儿的农民基本上都用不起。发展中国家未来的土壤科学并不全是一般意义的科学问题, 当然有好的科学理论和丰富的实践经验对于理性的讨论是十分重要的。我们要呼吁回到这样的讨论中去, 特别是在诸如有机农业和其他像转基因生物(GMO)这样更广泛的农业问题的讨论中去。

(4) 土壤扮演着谋生介质, 基因库, 固体废物的处理场, 家庭垃圾、工业废弃物和其他污染物的环境接受器的作用。由于亚洲地区人均土地资源的拥有量在下降, 养活过快增长人口的唯一途径, 就是增强自然资源的生长力以及单位面积和单位时间的投入。土

壤的管理将会以高的资本投入、能源投入和知识投入为基础。由于营养物投入的减少和成本的下降, 年产水稻和小麦 $>10\text{ t/hm}^2$ 的印度恒河的平原, 其生产力已见乏力。土壤管理的另一种方式是增加种植的密度来代替高投入。据最新估计, 能量和水已成为全球土壤投资的最关键部分, 两者在土壤中是紧密相关的。除了人口增长, 亚洲在 20 世纪初的城市化速率是 10%~11%, 目前大约为 25%~30%, 到 2050 年将增长到 50%。大多数的能源生产和消费都是以环境恶化为代价的, 高度的城市化将可能产生大量的固体废弃物、生活和工业废水, 这些废物将会在郊区农地中进入循环体系。土壤被看作是未来取之不尽的基因库, 尤其是在成功地将 Bt 基因运用到各种农作物和日用品中以后。到目前为止, 对土壤中微生物的开发还处于开拓阶段, 我们不仅要研究它的性质、DNA 印迹, 还要对土壤的结构功能基因进行定量化和以文件的形式保存下来。气候的变化也将对土壤侵蚀、退化、土壤微生物和沉积过程产生显著的影响, 这是一个巨大的科学挑战。在环境变化的缓解项目中, 土壤起着全球温室气体的源和汇的作用。

(5) 将来有 2 个主要趋势: 在食物匮乏的国家, 只要这种匮乏还存在, 土壤科学主要就将致力于解决土壤肥力问题。不幸的是, 这种威胁在非洲、亚洲和中南美洲都不断增长。相比较, 在食物供应充裕的国家, 土壤科学将逐步致力于环境和文化问题, 例如保护食物链不受污染、保护地下水资源、保护空气和人类健康、也保护作为文化和自然遗产的土壤, 因为洁净的食物、水和空气是健康环境和保证人民长寿的基础。除了这 2 个主要趋势, 在工业国家, 土壤的其他方面也比较重要, 例如土壤对考古的年龄测定以及土壤科学对具体社会和经济需求的作用。在未来的 20~30 年, 这些特点不会有太多的改变,

(6) 中国应该尽快发展以下研究领域, 包括土壤资源信息、土壤演变、土壤分类, 应该指出, 建立一个世界通用的土壤分类系统是极为重要的。至少, 我们应该在各种不同的分类系统中建立一个全球的参比系统, 以满足土壤科学发展的需要。

4.3 关于土壤学发展中存在的问题与建议

(1) 从目前看, 土壤学的研究还是非常的自我为中心, 对于一些涉及到政策和学科交叉的内容被土壤学者认为是非科学的和妥协的。因此, 目前, 空气质量和水质已经被明确地定义, 并在环境法规上体现, 而土壤质量仍然没有明确的定义。这意味着土壤信息不能够如我们期望的那样有效地传达。在欧洲, 保护水质的管理手册很大程度上并不考虑土壤方面的专业意见, 而仅仅关注农业管理方面。但事实上, 土

壤可有效地控制着水体质量并且应该成为水质管理的基础。建议采取 5 项措施：①从一个景观范围内的土壤过程的综合分析开始，打破各领域之间相互独立的“原子化”现象，并最终为形成新的领先学科提供发展的空间；②通过从隐含和描述性水平到先进的定量水平，用这些不同的知识水平来定义土壤学的专业内容，以此促进与交叉学科项目的联系；③将土壤调查的内容从土壤系列的发生形态衍生到其物候形态，以此可以反映不同的土壤管理措施的效果；④运用大量的新颖的现代感应技术进行广泛的实地监测，而不要过于迷信已有的数据库；⑤通过现代信息技术，增加与同行、决策者和土地所有者的交流。

(2) 土壤科学在探测和解决区域尺度环境问题中起着重要的作用。为此，必须将我们的视角从农业生产转移到环境问题的解决上。土壤科学家要在介绍遥感技术方面做些工作，这些技术涉及从卫星传感器到包括地形探测仪、地电设施和磁力仪在内的地面接收装置。遥感技术在精准农业中用处较大。依据土壤图施用矿质肥料和应用 GPS 技术对拖拉机的位置进行精确定位的事例已很普遍。用遥感数据可以校正传统土壤调查得出的土壤图，显示它的精度和基于地统计得出的统计误差。当表征和表达土壤图的位置和总体精确度时，遥感数据可提供非常重要的信息。

(3) 土壤科学在未来的重要性同 3 个方面有关：

①从作为物质的载体以及作为环境及其快速变化的产物的角度研究土壤；②研究土壤在土地利用方面的作用；③将土壤科学与社会经济相联系。

(4) 需要进行土壤调查：①传承老一辈土壤调查人员的研究经验；②更新土壤图和数据库；③将这些信息转化成数据用户需要的内容和格式。土壤数字制图技术作为另一项表征土壤空间变异和多样性的工具也已经结合到传统的土壤制图的工具集中。将来，数据库的元素、质量保证和质量控制措施将会成为非常关键的一部分，尤其是这些数据要用于非土壤科学的领域。目前我们对土壤学的了解和掌握的知识，还远远不能达到定量的目的，因此我们还需要在定量土壤科学上做更多的研究工作，来更好地掌握土壤的规律。这种方法利用了最为先进的定量技术和数字资源来验证我们的设想，得到一个模拟的结果。它能够证明我们的想法是否正确。

(5) 有许多问题影响我们确保可持续农业系统的能力，在本质上它们大多是社会经济问题。3 个最重要的问题是：①由于许多国家土地的退化（沙漠化）和过度的资源消耗，全球自然资源在质和量上快速退化，尤其是发展中国家给全球农业造成了长期的负面后果。约 33% 的土地表面有沙漠化的可能。这大约是

4200 万 km^2 ，影响了超过 10 亿的人。到 2020 年，如果不采取合适的对策，受影响的人数将会超过 1 倍。由于人口的增长主要是在亚洲和非洲，这些地区受到的影响最大。②随着这些国家食物自给能力的减弱，食品安全将会成为一个全球的主要问题，迫使西方国家提供更多的食物。这将给土地带来更大的压力，包括捐赠国的资源耗竭和土壤营养的不平衡。这种状况可能因气候变化而恶化。③当前缺乏可靠的自然资源全球数据库，降低了发达国家解决潜在饥荒或社会政治动荡问题的能力，尤其是在土地贫瘠或缺乏的地方。

(6) 土壤学的研究在减少，但发表的论文数量每年都在增加，这可能是由于计算机的运用使得土壤科学无论从数据的收集还是文章的出版来说，都变得更为高效。当然我们也可能是在重复利用我们的想法。国际土壤学大会应该成为一个专业性机构，拥有永久性的秘书处，有一个专业的网站和一套优秀的发展策略同世界上任何一个科学组织进行交流。当然，这可能是费力费钱的事情，但做得越少可能代价越大。

(7) 由联合国签署的“千年生态系统评估体系”（MEA）于 2005 年发布，来自 90 个国家的 1000 多名科学家，花费 4 年的时间汇编完成了不同生态系统的数据库。他们评估了人类活动对未来环境的影响和未来环境可能的演变趋势。土壤是大多数生态系统的基本构成部分，它可能将我们许多的研究活动与其对环境和社会的影响相结合，得出未来土壤科学的研究趋势。

(8) 土壤科学在美国大学的未来如下：资金减少，通过特殊的拨款获得资金。也就是说土壤科学家需要老练的政治技巧，那些缺乏政治技巧的不得不去找其他的工作。传统土壤科学课程在消失。雇用和保留妇女及黑人仍然是一个挑战。

(9) 以下是罗列的土壤学在 21 世纪将面临的挑战，以及一些需要优先研究的领域：①土壤侵蚀：运用不同尺度的土壤信息和遥感技术相结合的风险评估。②土壤有机质与生物多样性：气候变化、土地利用和管理措施的影响；生物多样性与土壤功能的关系；过度施肥优化适合作物养分需求的氮、磷肥料的使用方法；根据土壤有机质的情况确定最佳的矿质和有机肥料的配比。③土壤污染：污染源（原生和人为引起的）的定性和定量解析；对大气沉降带来的污染物的测定发展新的方法；污染物对人体、动物、植物和土壤生物的生物有效性；发展新的污染土壤的修复技术。④土壤板结：对城区、郊区和农村地区的土壤和物质流动的影响；建立调查土壤板结的方法，并可以定性或定量地得到区域土壤板结的面积。⑤土壤紧实：分析土壤紧实对土壤质量的关系；确定对土壤紧实敏

感的土壤条件；发展管理措施来降低土壤的紧实。⑥土壤碱化：评价在不同的气候、土壤管理和灌溉水质量的情况下的土壤碱化情况；调查引起土壤对碱化或固化敏感的因素；不同的水流条件（介质和优势流的影响）对碱化的影响；土壤碱化和土壤沙漠化的关系以及整治碱化土壤的策略。

(10) 提高营养供应和保水能力，通过解决土壤物理限制来利用土壤中储存的水，营养和水保护方法，以及在工业和大城市中重新利用废水作为水调剂器，这些方案都将提高水的利用效率。大家所争论的是，能否通过恢复退化的被雨水浸泡的生产系统和被盐碱化灌溉的土壤来极大地提高生产效率。

(11) 为了突出强调土壤科学在未来世界发展中的位置，有必要加强有关土壤重要性的教育和公众的认知程度，使公众能够不同程度地了解土壤在人类生存中所起的作用。另外，我们在培养未来土壤科学家和训练土壤工作者时也要有一个重新定位。让他们在辅助做土地利用规划和设计时能充分考虑土地的历史和水文因素，逐步地将理论与田间工作进行有效的综合。为了确保跨学科方法的实施，有必要加强土壤科学家和相关领域科学家间的合作研究。这其中就包括了与土地利用及其管理领域的合作。

(12) 土壤学—纯粹科学还是应用科学？当土壤的应用事例已经得出或被接受后再去寻求理论科学的支持，发现这种寻找过程已经不是太容易了。尽管研究土壤功能的方法还存在诸多的争论，但对土壤的研究应能揭示其基础性。例如，土壤中有机质的强稳定性和微生物的令人吃惊的多样性都可以使人们很好地理解生命的起源。土壤科学的教学，为使将来有更多的土壤学家出现，我们应当将土壤科学的魔力和它们对人类的重要性传承给学校的学生，将战略性的思想传递给教师。现在土壤科学已经渗透到各个学科，这使学生在潜移默化中就已经受到了土壤学的教育。明显地，对所有的学生而言，教学应当是具有活力和挑战性的。

(13) 我们应与其他学科的科学一道为环境的好转作出自己应有的贡献。研究生态学、生物系统论、分子生物学、生物化学、成像科学和纳米技术等专家将不得不竭力合作解决问题。现在是确保土地有效利用、清洁环境和取得更好生活环境的难得机会，我们应当尽最大的努力为未来的生态安全维持这种至关重要的、不可再生的资源于一种清洁状态。现在全社会日益增长的生态意识给土壤学家们的工作带来了希望。让我们乐观的面对未来吧。

(14) 在过去的几十年里，多数欠发达国家中包括土壤在内的自然资源已经发生退化。对土壤科学家而言，目前最紧迫的任务是维持土壤资源的现有水平不退化，并在有可能的情况下，使土壤的退化过程发生逆转。在发展中国家，最具现实性的挑战问题就是满足迅速增长的人口所需粮食和纤维的同时对环境进行保护。为达到粮食安全的目的，我们需要尽力去增加粮食的产量，在农田水平上发挥基因技术的潜力以获高产。土壤就是一种不可再生的资源。所以，留给我们的唯一选择就是采取生态友好型的土壤管理措施，保存好这珍贵的土壤资源并不断地提高它的生产能力。只有应用精准农业技术来更好地理解土壤的变化过程，我们的目标才可能实现。土壤科学家应当选择既适合提高农产品的产量又能保护环境的课题进行研究。但是，由于土壤的极端复杂和巨大的变异性，维持土壤资源于可持续状态的任务的确具有很大的挑战性。土壤的管理不能仅限于生物圈内，因为土壤本身是一个完整的一部分。因此，未来在土壤管理方面的努力应该提倡各直接或间接相关的学科间的交叉与综合。环境问题的解答途径只有一个，那就是对物理、化学和生物过程进行透彻的理解。当前，在许多欠发达国家，解决环境问题的基本条件即合格的专家和/或基础设施恐怕都不足备。由于环境方面的发展需要匹配人力资源和大笔资金，这就需要决策者们调配足够的资源来满足此要求了。