

中国农学会会议-南京

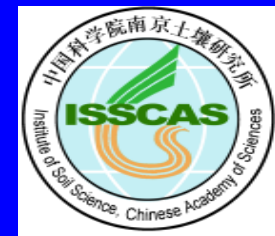
我国土壤污染防治中的若干科技问题与需求

骆永明



中国科学院南京土壤研究所

2018年11月21日



提 纲

- 一、我国土壤污染状况与防治科技进步
- 二、我国土壤污染防治中的若干科技问题
- 三、我国土壤污染防治科技研发若干需求

土壤污染：使土壤降低或失去生产力，危及农产品安全；威胁人居环境安全 and 人体健康；危及地下水安全和地下生物与生态系统安全



农地



城镇

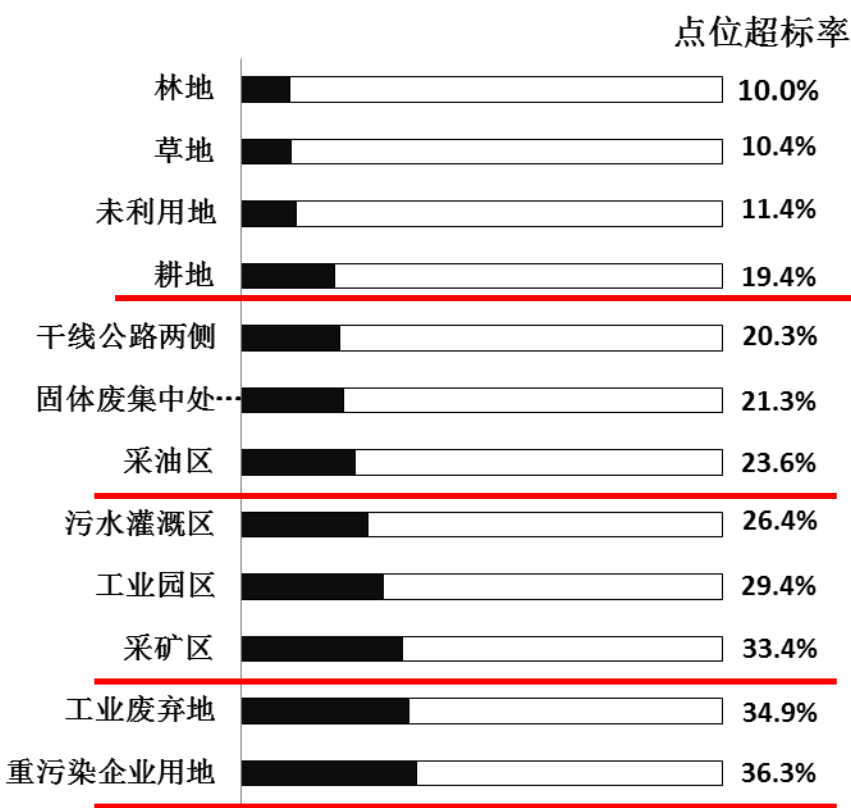
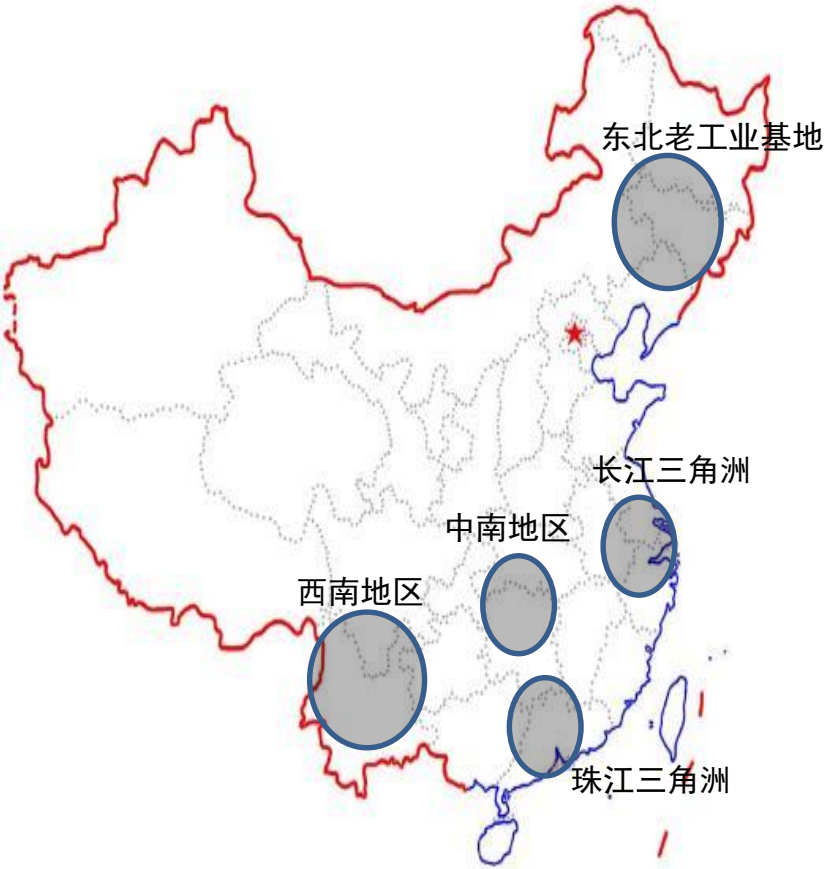


矿区



油田

土壤污染的人为性和区域性

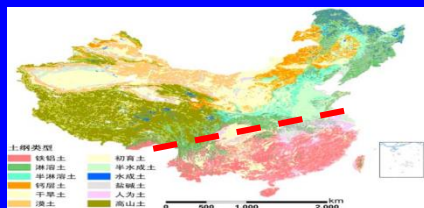


全国土壤污染状况调查公报 (原环境保护部 国土资源部, 2014)

全国土壤污染调查: 重金属和有机污染物:

Pollutants	Exceeding standard rate (%)	Exceeding rate at different contamination levels (%)			
		slight	mild	moderate	serious
Cd	7.0	5.2	0.8	0.5	0.5
Hg	1.6	1.2	0.2	0.1	0.1
As	2.7	2.0	0.4	0.2	0.1
Cu	2.1	1.6	0.3	0.15	0.05
Pb	1.5	1.1	0.2	0.1	0.1
Cr	1.1	0.9	0.15	0.04	0.01
Zn	0.9	0.75	0.08	0.05	0.02
Ni	4.8	3.9	0.5	0.3	0.1

For organic pollutants (0.5%): DDT, HCH, **PCBs**, PAHs...



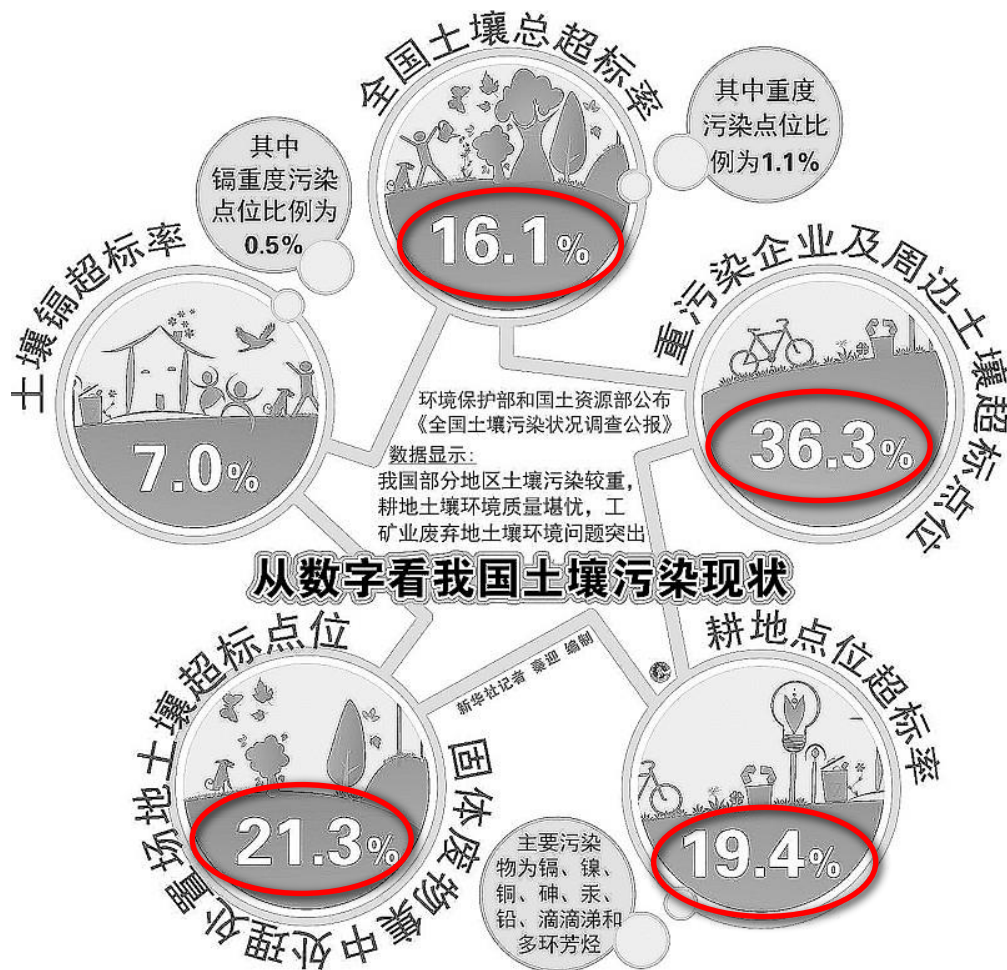
食物质量



- 中国镉标准
- 土壤: 0.3 mg/kg
- 稻米: 0.2 mg/kg

全国土壤污染状况

2005年4月至2013年12月，**环境保护部会同国土资源部**开展了首次全国土壤污染状况调查。**2014年4月17日**，环境保护部和国土资源部发布了全国土壤污染状况调查公报。



公报指出：**全国土壤环境状况总体不容乐观，部分地区土壤污染较重，耕地土壤环境质量堪忧，工矿业废弃地土壤环境问题突出。**工矿业、农业等人为活动以及土壤环境背景值高是造成土壤污染或超标的主要原因。

围绕主要科学、技术及管理问题开展研究



宏观

污染
特征

植物
修复
原理

界面
过程

微观

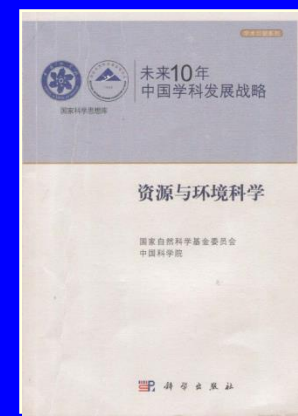
1. 多尺度土壤污染特征及评价

2. 土壤污染过程、形态及有效性

3. 土壤污染风险、控制修复及监管

土壤污染与修复：前沿基础科学研究进展

- 土壤污染发生及机制
- 土壤-植物-微生物系统中污染物的界面过程及生物有效性
- 土壤剖面和地下食物网中污染物的迁移和生物代谢过程
- 土壤中污染物的低剂量、长期暴露的生态效应
- 污染土壤（及地下水）的风险管控和修复技术



Strategies for Remediation Technology R&D

1. Gentle Remediation Technology for Farmland

- Phytoremediation of Metals (Cd/As...)
- Microbial Remediation (TPH/PCBs/PAHs...)

2. Aggressive Remediation Technology for Industrial Sites

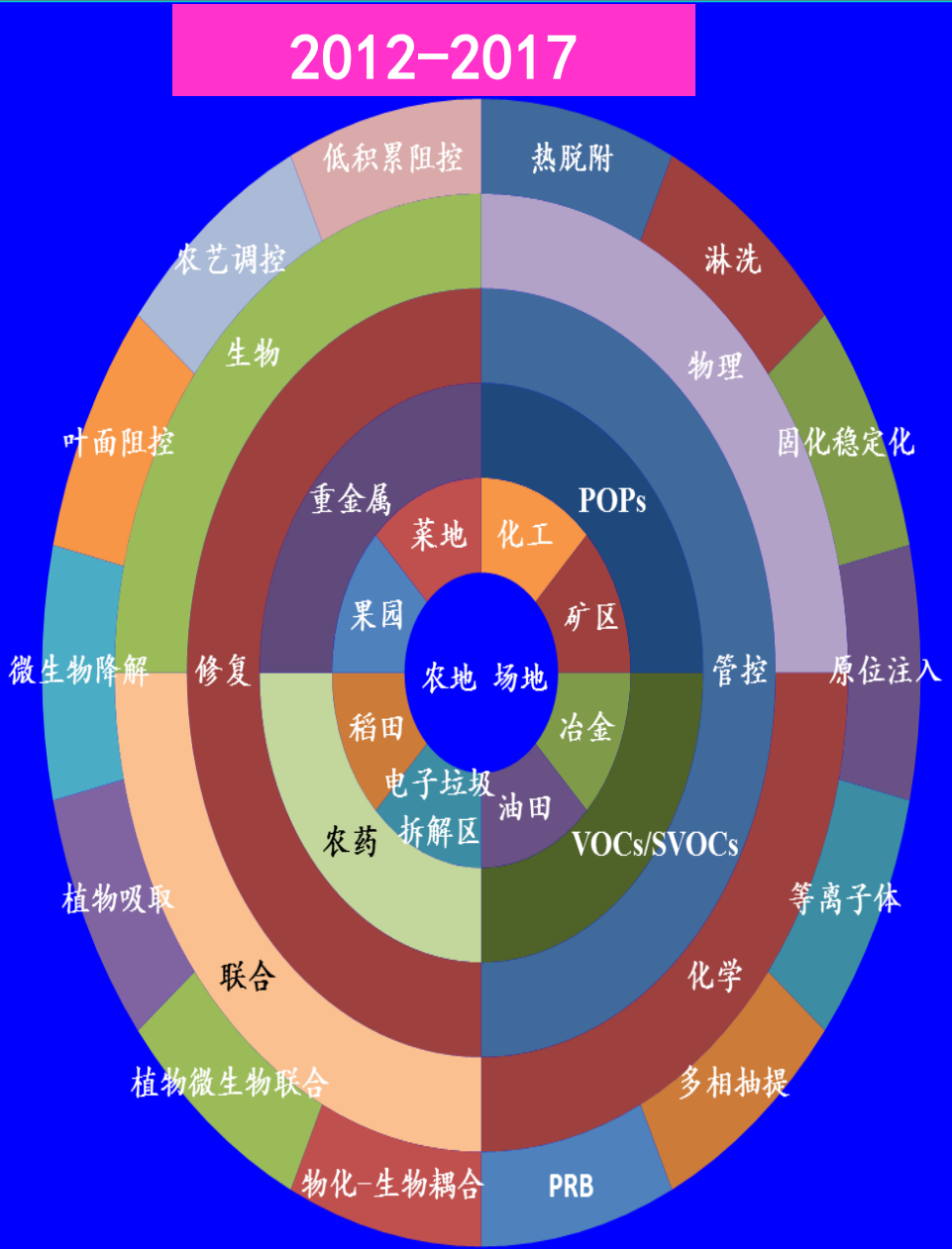
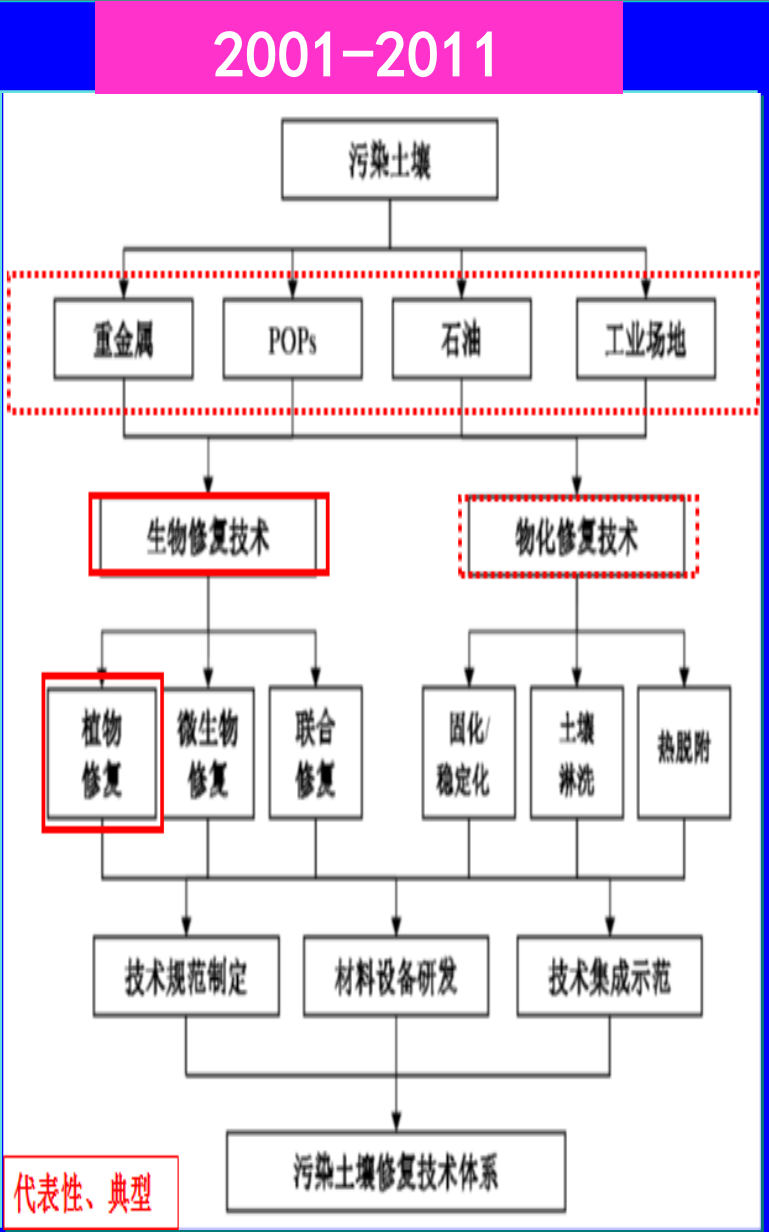
- Physical: Thermal Desorption, VE, MPE
- Chemical: ISCO, ISCR, Stabilization
- Physiochemical: Washing, PRB
- Biological: Biodegradation, bio-stimulation

3. Monitored Natural Attenuation

Strategies for Research and Application of Farmland Remediation **Technologies/Measures**

1. Using functional Plants and/or Microbes:
Phytotechnology/Rizhoremediation/Phyto-microbial Co-remediation: Uptake/Degradation
2. Using Soil Amendments: **Metal Immobilization**
3. Using Water Irrigation: **Redox Management**
4. Using Cropping Change or Crop Breeding:
Screening of Low or Moderate Accumulator (Economic) Crop; Genetic Engineering Breeding
5. Using (Foliage) Fertilizer: **Se, Si(nano)...**,
6. Using Chemical Washing and Magnetic Separation

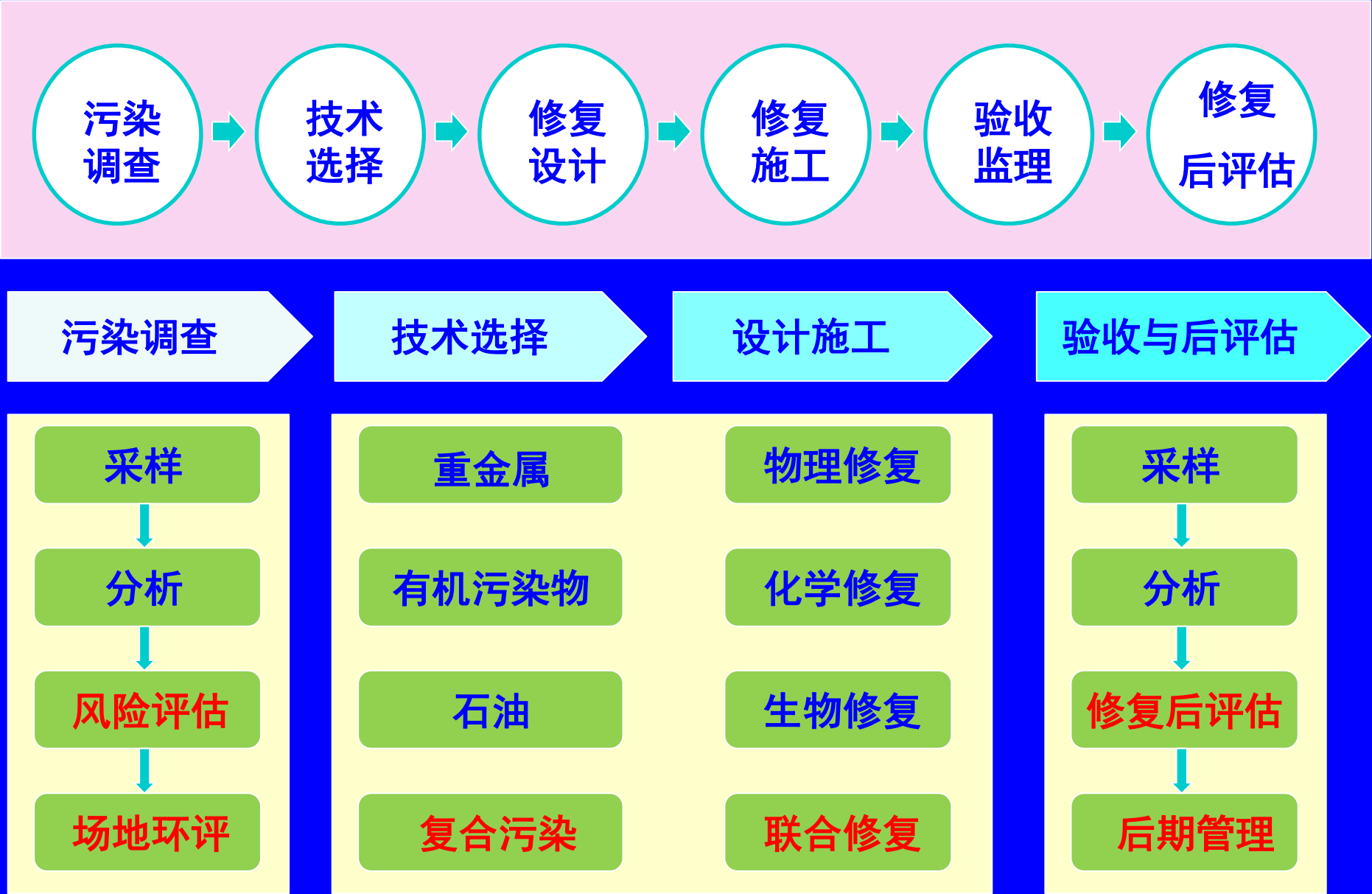
农用地和建设用地土壤（地下水）修复技术体系（14类）



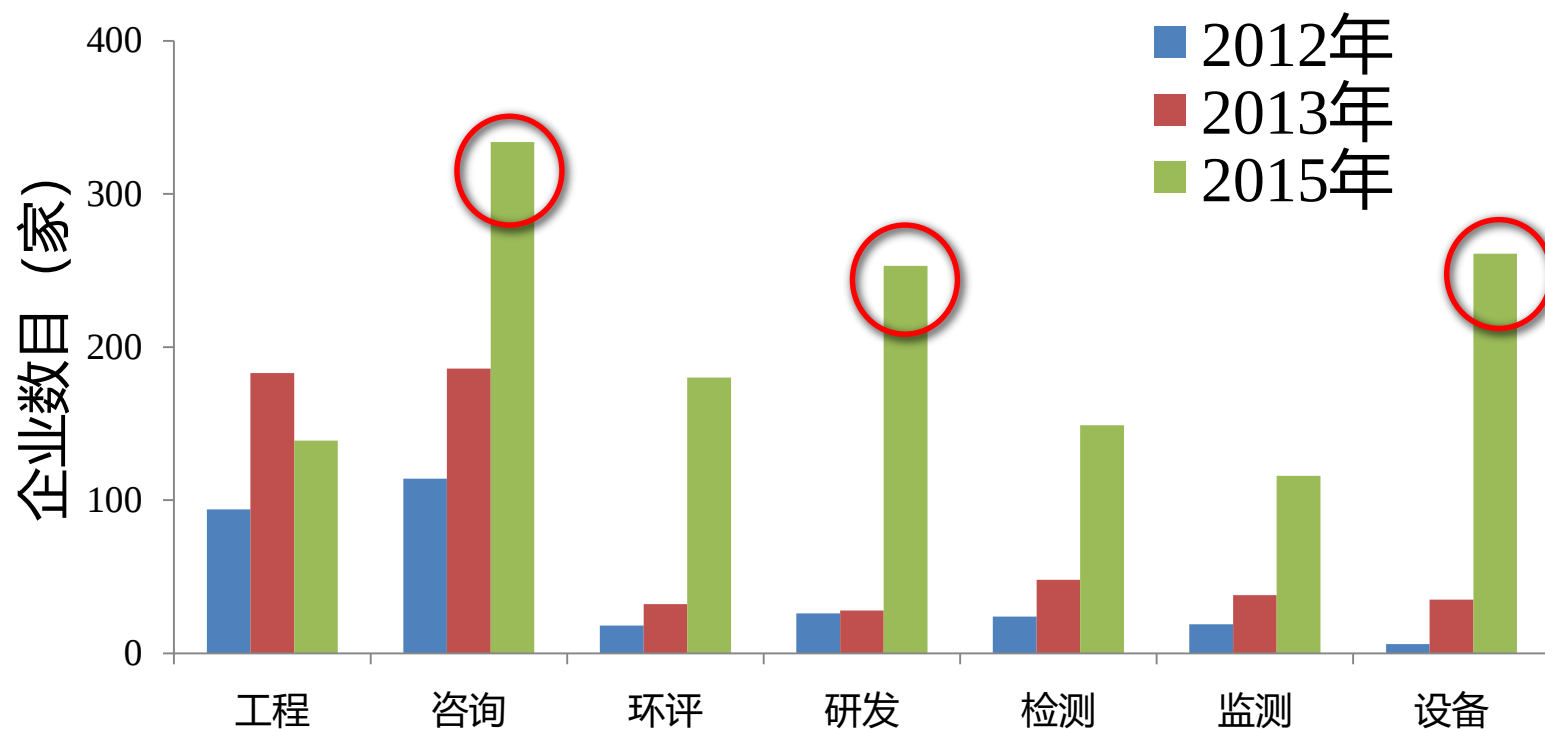
装备创新：研制了土壤**稳定化技术装备**及快速**检测采样器**



污染土壤修复工程流程图-规范化

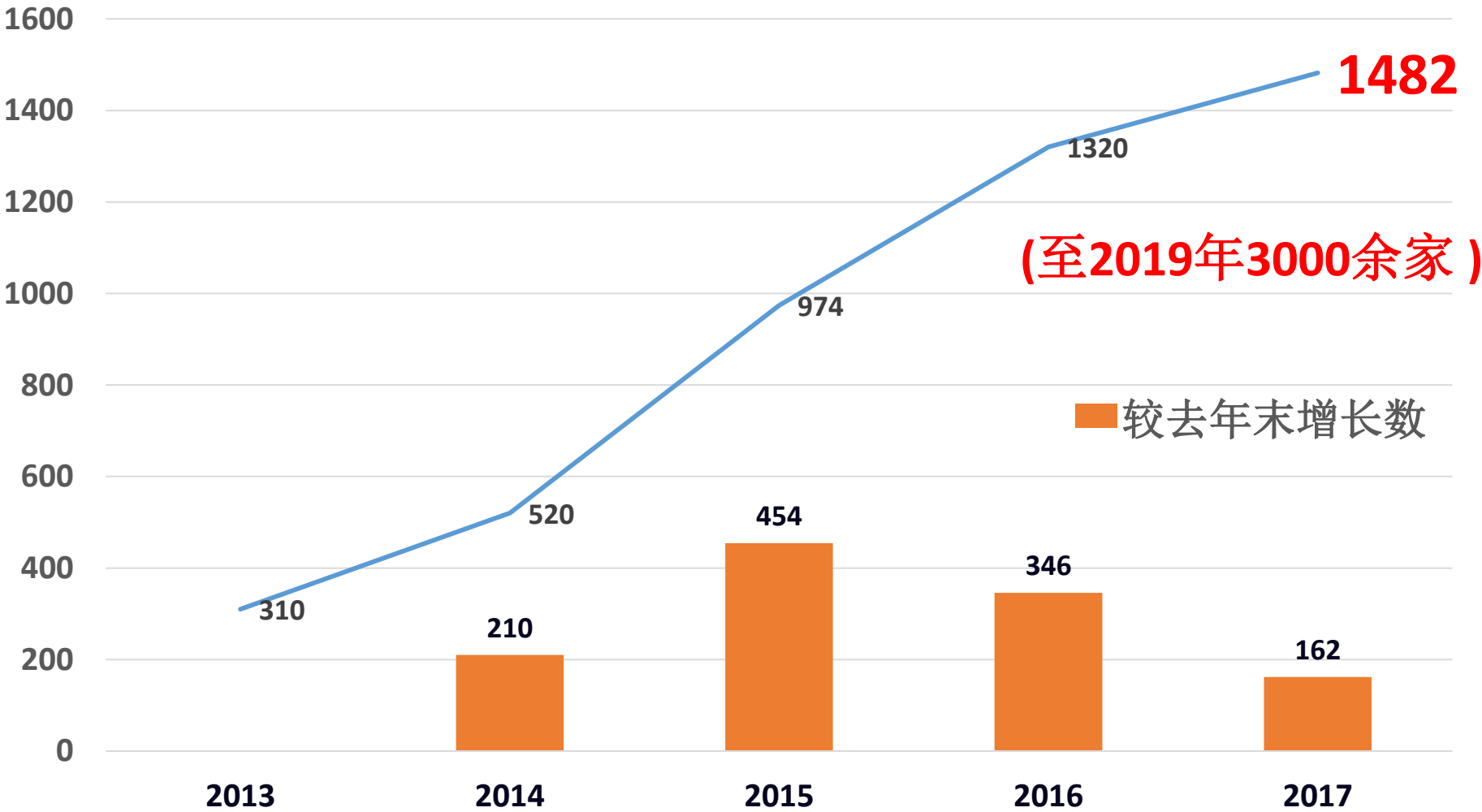


中国土壤修复产业链及其结构不断优化



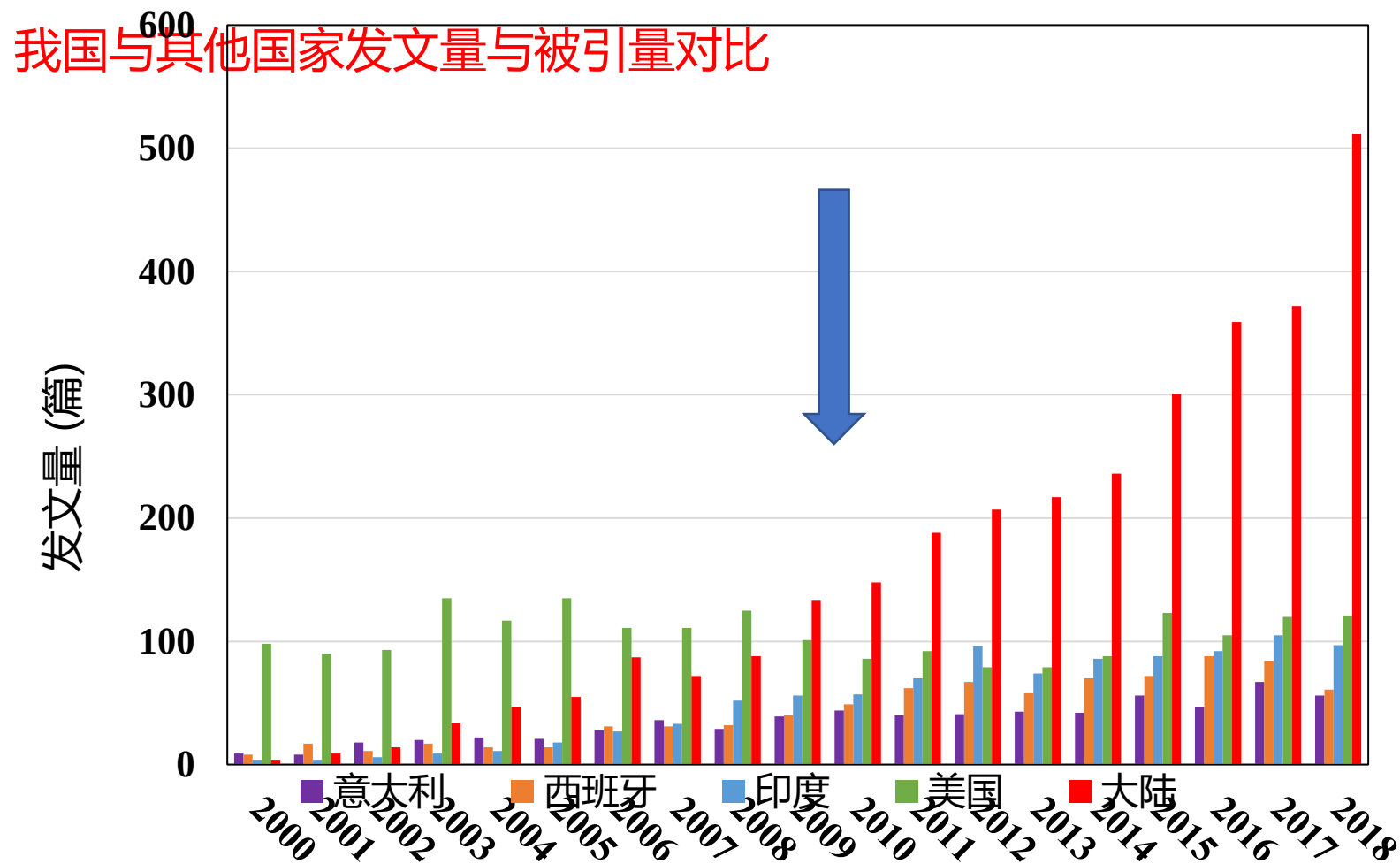
- 2012和2013年：工程类和咨询类单位为主
- 2015年：主要为调查咨询类、研发类、设备类单位
- 2015年：环评、研发、检测、监测、设备单位势头迅猛

中国土壤修复从业单位数量快速增加（至2017年9月）



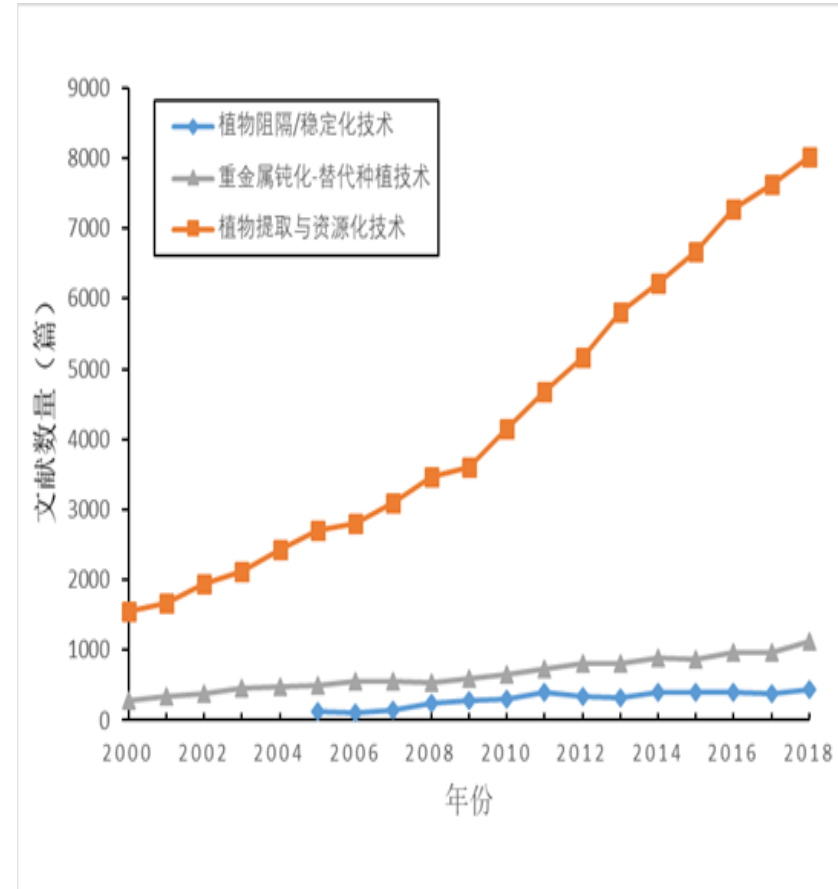
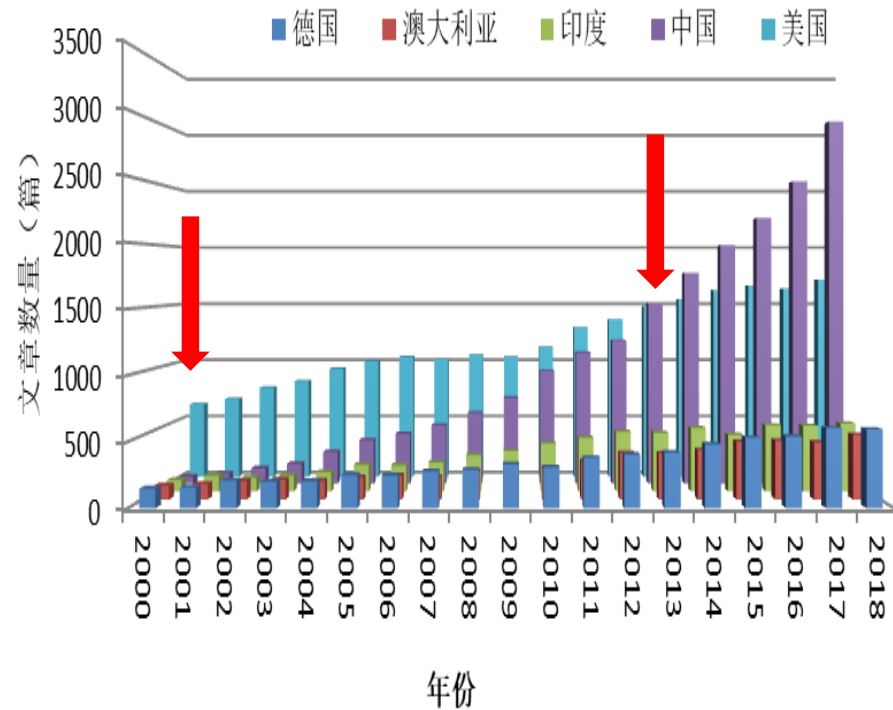
数据来源：中国环境修复网

土壤污染与修复：近20年我国与其他国家发表SCI论文量



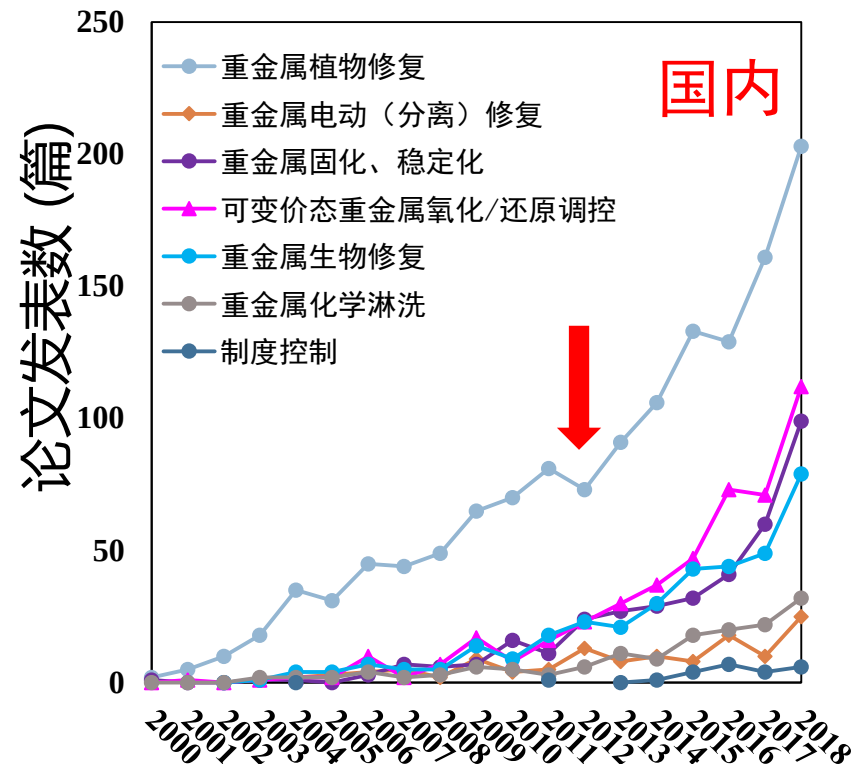
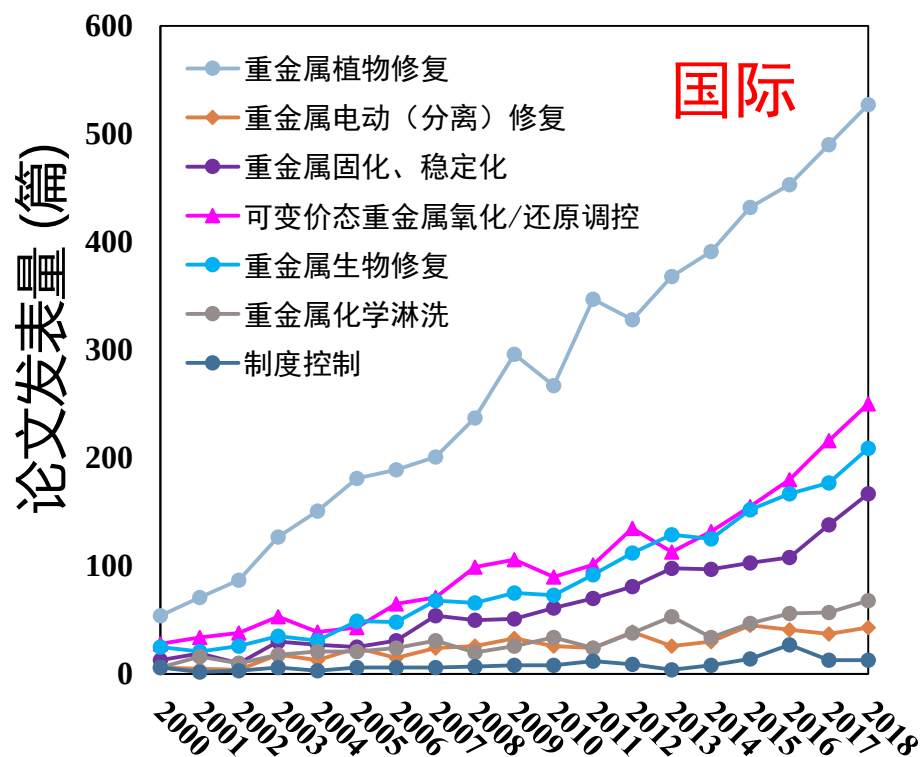
我国近20年发表SCI数量逐年增加，在2010年超过美国，位居第一。

近20年：农用地土壤污染治理技术发展趋势



- 我国较发达国家起步晚，进步快；
- 国际和国内论文、专利数量增幅明显：植物修复与资源化技术；

近20年：土壤重金属污染治理技术发展趋势



- ❑ 重金属污染的植物修复论文数量较高，其次为氧化/还原、生物和固化/稳定化技术
- ❑ 2012年以来，氧化/还原调控、固化/稳定化技术研究论文增加明显

缩短了土壤污染管控与修复技术国内外差距

中国污染土壤及地下水修复技术研发，于“十五”起步，“十一五”进步，“十二五”发展，带动了技术应用和绿色可持续修复产业化发展，在修复技术、装备及规模化应用上与发达国家的距离在加快缩短。

技术支撑：快速、原位的修复技术得到研究与应用，
基本建立场地土壤修复技术体系

技术装备：研制了能支持快速土壤修复的多种装备

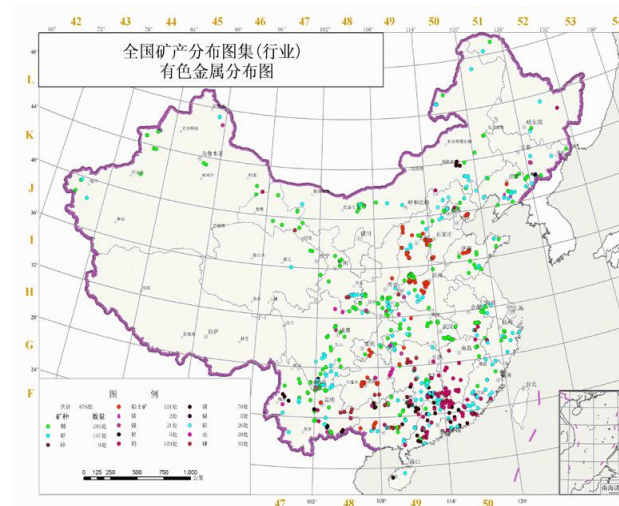
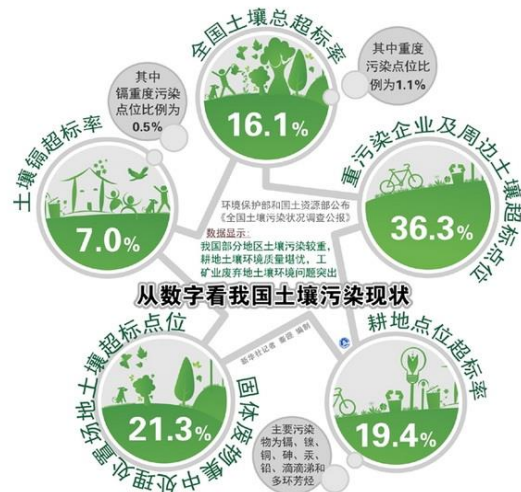
技术产业：研发的技术支撑了规模化应用及产业化运作

提 纲

- 一、我国土壤污染状况与防治科技进步
- 二、我国土壤污染防治中的若干科技问题
- 三、我国土壤污染防治科技研发若干需求

我国土壤污染防治的主要科技管理问题

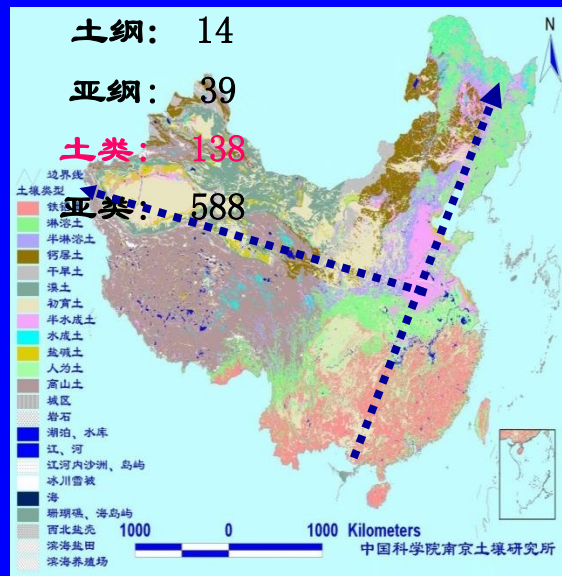
- 土壤（耕地）**污染成因、源不清、效应不明**
- 区域和行业土壤污染防治**技术、材料、装备支撑不足**
- 土壤环境管理缺乏**基准、标准和信息网络化平台支撑**



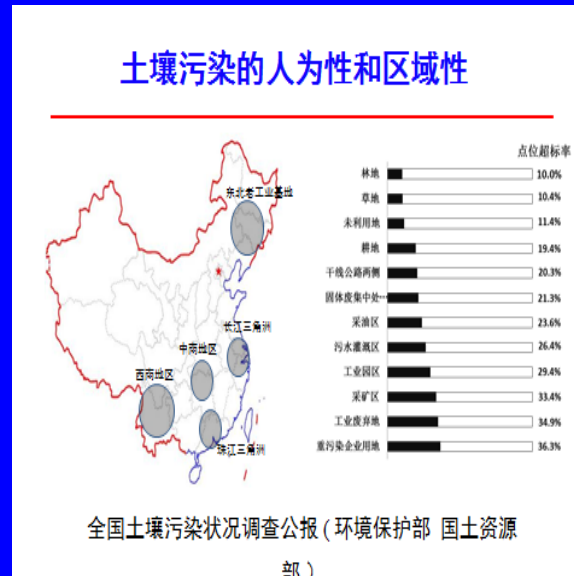
1、土壤环境基准严重不足，难以支持土壤质量标准制定，不能满足全国土壤环境科学管理需求

- 尊重自然规律，实现国家指导下的分区治理
- 区别于水、气环境管理办法，允许地方制定区域土壤环境标准
- 需要开展基于土壤类型及利用方式下污染过程-效应的环境基准系统研究，支持土壤环境质量标准系统制定，实现标准管理

土壤类型多样
污染类型复杂



土壤污染的区域分布与
利用方式上差异



农用地土壤污染风险筛选值

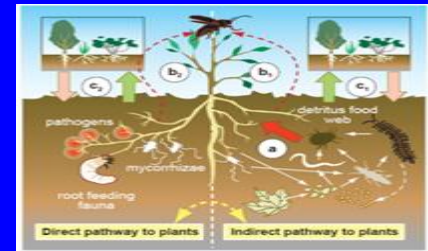
序号		污染物项目 ^①	风险筛选值 ^②			
			pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
1	镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8
		其他	0.3	0.3	0.3	0.6
2	汞	水田	0.5	0.5	0.6	1.0
		其他	1.3	1.8	2.4	3.4
3	砷	水田	30	30	25	20
		其他	40	40	30	25
4	铅	水田	80	100	140	240
		其他	70	90	120	170
5	铬	水田	250	250	300	350
		其他	150	150	200	250
6	铜	果园	150	150	200	200
		其他	50	50	100	100
7	镍		60	70	100	190
8	锌		200	200	250	300

单位: mg/kg

注: ①重金属和类金属均按元素总量计。
②对于水旱轮作地, 采用其中较严格的风险筛选值。

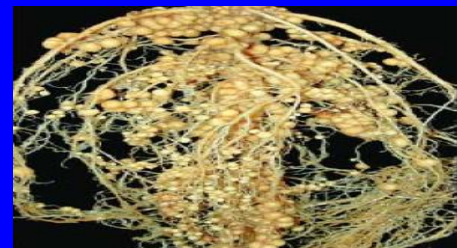
2、风险评估管理存在局限性，难以保障土壤环境质量安全及改善；需要加强生态风险评估研究，保护土壤生物安全及生态系统健康。

- 风险管理应以维护和改善环境质量为前提
- 加强风险评估理论与方法学及其适用性研究。发展和建立不同利用方式下的农用地土壤-作物系统的风险与安全评估方法学。避免在风险管控中产生新的不可接受的风险，尤其是对农用地土壤。
- 将生态风险评估引入，以保护土壤地下生物和生态系统安全，要保障土壤健康。
- 将环境迁移风险评估引入，以保护地下水环境安全。
- 仅仅应用土壤（人体）健康风险评估是不够的



3、基于风险管控的稳定化技术应用难以降低土壤污染物超标率；需要发展净土技术，改善土壤环境质量，保障农产品和生态安全

- 应以改善土壤环境质量，确保土壤安全、食物安全和生态环境安全为目标
- 研究土壤自净功能，发展原位自净技术
- 研发绿色可持续的净土技术



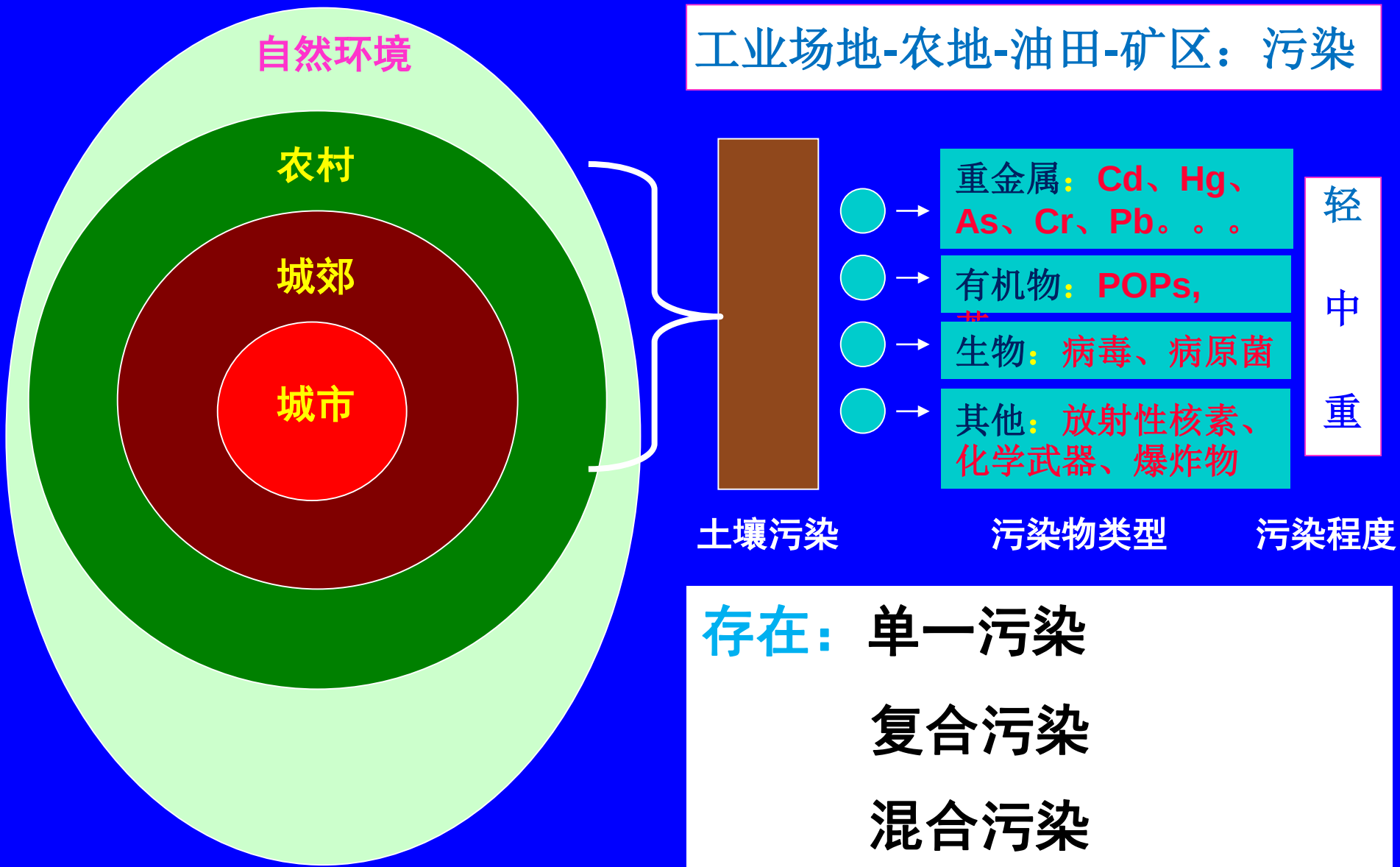
国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知国发〔2016〕31号

能否实现目标？

工作目标：到2020年，全国土壤污染加重趋势得到初步遏制，土壤环境质量总体保持稳定，农用地和建设用地土壤环境安全得到基本保障，土壤环境风险得到基本管控。到2030年，全国土壤环境质量稳中向好，农用地和建设用地土壤环境安全得到有效保障，土壤环境风险得到全面管控。到本世纪中叶，土壤环境质量全面改善，生态系统实现良性循环。

主要指标：到2020年，受污染耕地安全利用率达到90%左右，污染地块安全利用率达到90%以上。到2030年，受污染耕地安全利用率达到95%以上，污染地块安全利用率达到95%以上。

我国土壤污染防治：任重而道远



提 纲

- 一、我国土壤污染状况与防治科技进步
- 二、我国土壤污染防治中的若干科技问题
- 三、我国土壤污染防治科技研发若干需求

土壤污染防治：国家重大战略需求



- 强化土壤污染风险管控和修复

-让老百姓吃得放心、住得安心

- 全面落实土壤污染防治计划

- 《国家土壤污染防治行动计划》-土十条

7、开展污染治理与修复，改善区域土壤环境质量

8、加强科技研发力度，推动环境保护产业发展

- 《中华人民共和国土壤污染防治法》

土壤污染防治法

第十二条：“国家支持对土壤环境背景值和环境基准的研究”

第五十七条：修复活动应当优先采取不影响农业生产、不降低土壤生产功能的生物修复措施。

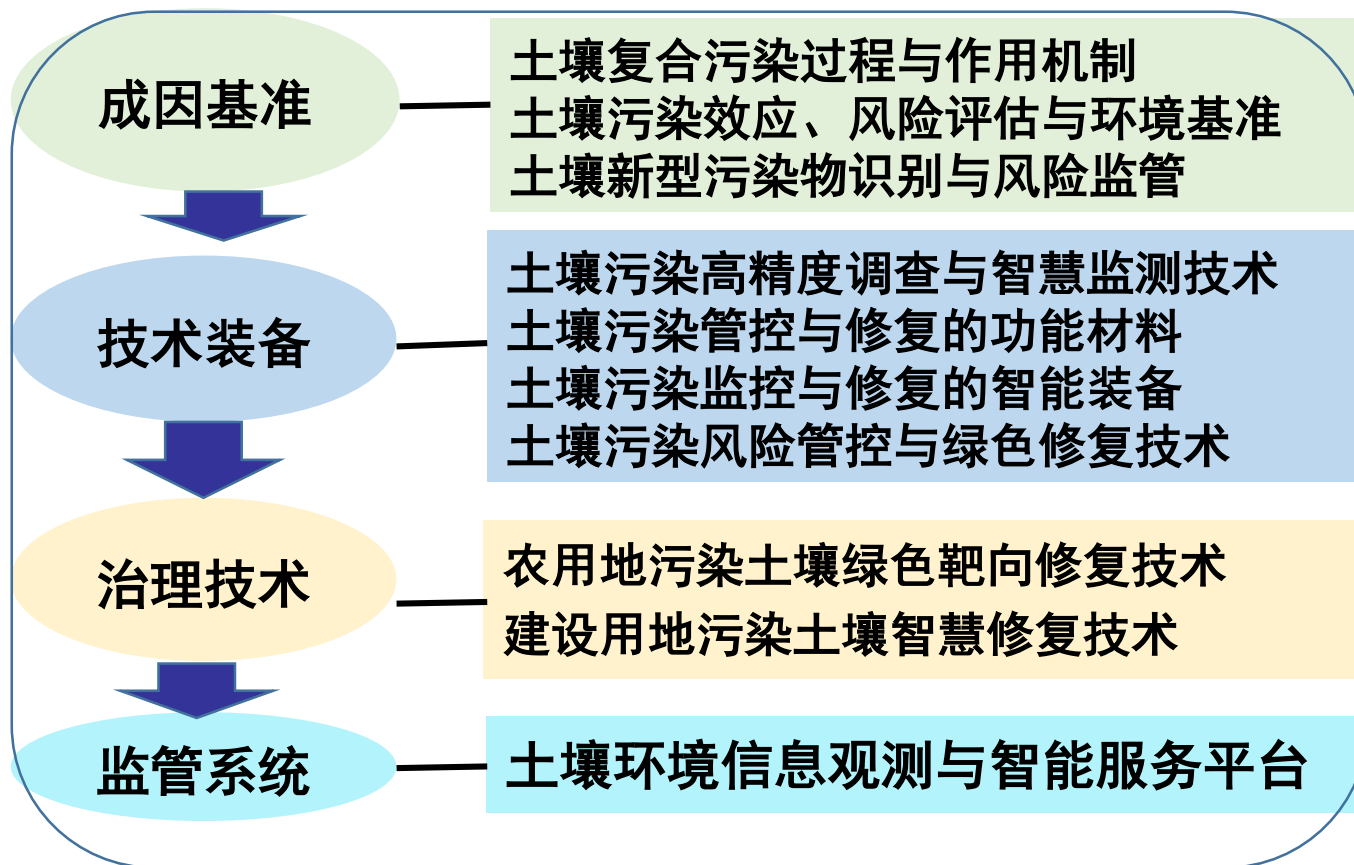
指导思想

- 以党的十九大精神为统领，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指引，围绕我国生态文明建设、美丽中国、乡村振兴等**重大战略需求**，针对我国社会经济发展中面临的**重点区域、重点行业、重点污染物的土壤污染问题**
- 以“**保护优先、综合防控、改善质量、安全利用**”为土壤污染防治出发点，构建基于“**基准**”和“**净土**”的土壤污染防治理论和技术创新、工程应用和管理支撑以及产业化发展的全链条式科技创新体系，形成我国土壤污染防治的完整治理体系
- **全面提升土壤污染防治科技有效供给能力**，支撑和引领土壤污染攻坚战，抢占土壤污染防治领域的国际战略制高点，保障健康土壤支撑美丽中国和生态文明建设

土壤污染防治战略目标和任务布局

目标

2025年，创新土壤**污染成因理论与管控修复技术体系**，提高污染耕地和场地土壤安全利用率；
2035年，创建**基于“基准（标准）”和“净土”**的土壤污染管控与修复理论、方法与技术体系，支撑实现全国土壤污染风险全面管控和土壤环境质量总体改善的目标。



支持实现土壤质量目标

- 污染土壤安全利用率达 >95%
- 土壤环境质量总体改善
- 让老百姓吃得放心，住得安心

(1) 研究土壤环境多尺度效应及其转化的新方法、新技术

加强长期定位观测、尺度扩展的方法学与数值模拟研究（包括土体的土壤-含水层污染研究），通过利用同步辐射、稳定同位素核酸探针（DNA/RNA-SIP）等微分析技术探明的微观机理解释宏观现象，支持区域土壤环境管理工作。



流域/区域



田间



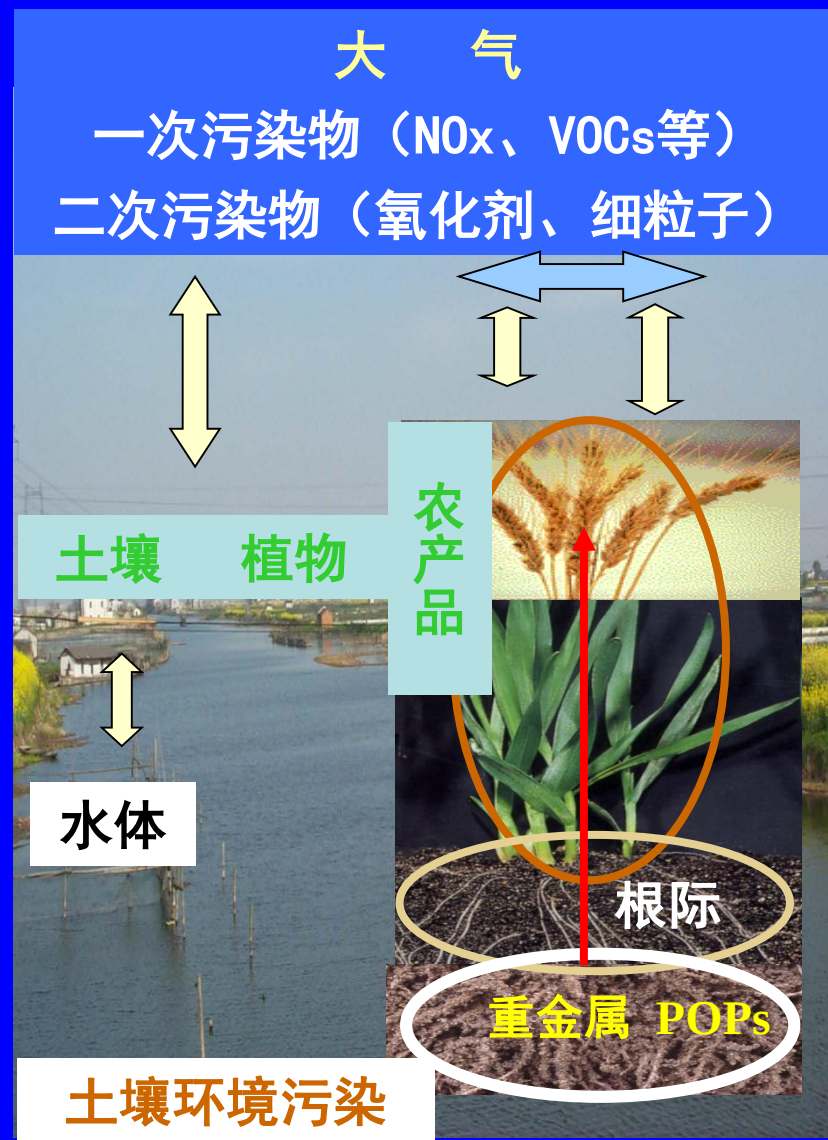
土体



原子/分子水平

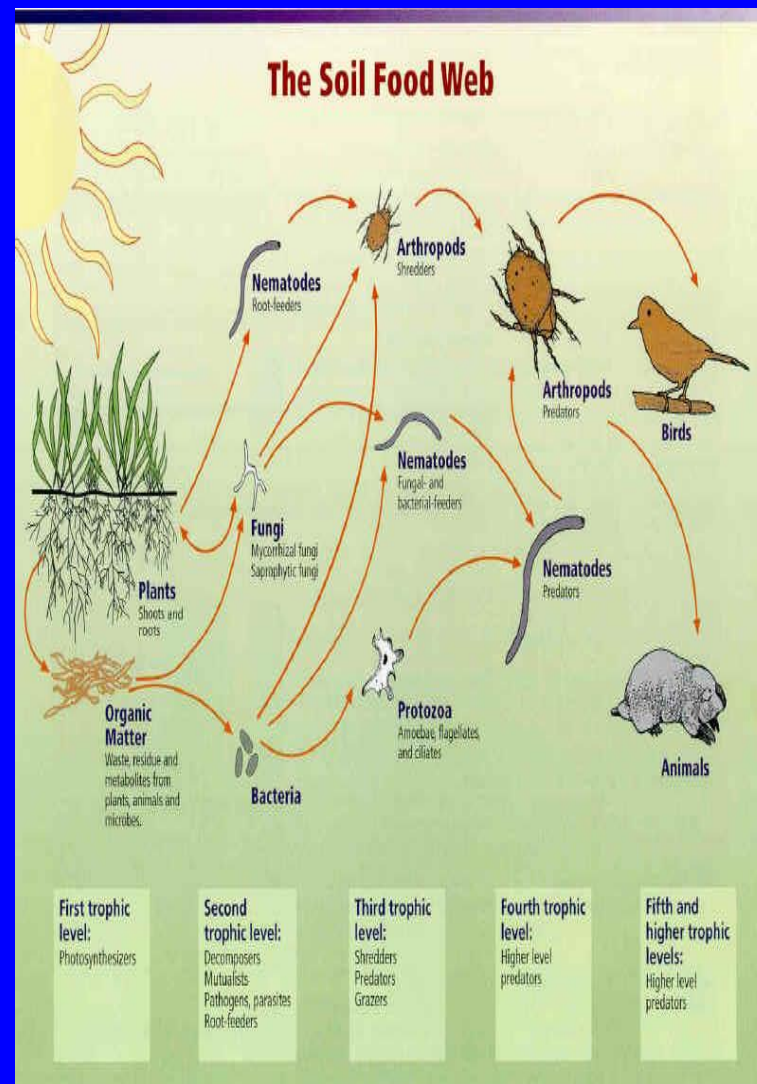
(2) 研究土壤环境系统界面耦合过程与动力学机制

研究土-水-气-植（生）界面污染物传递、转化耦合动态过程及其影响机制；多种先进微分析技术联合应用，从**分子水平上**认识土壤环境内部污染物与无机组分、有机物、微生物作用的微界面动力学过程机制，以及土壤生物对污染的响应机制。

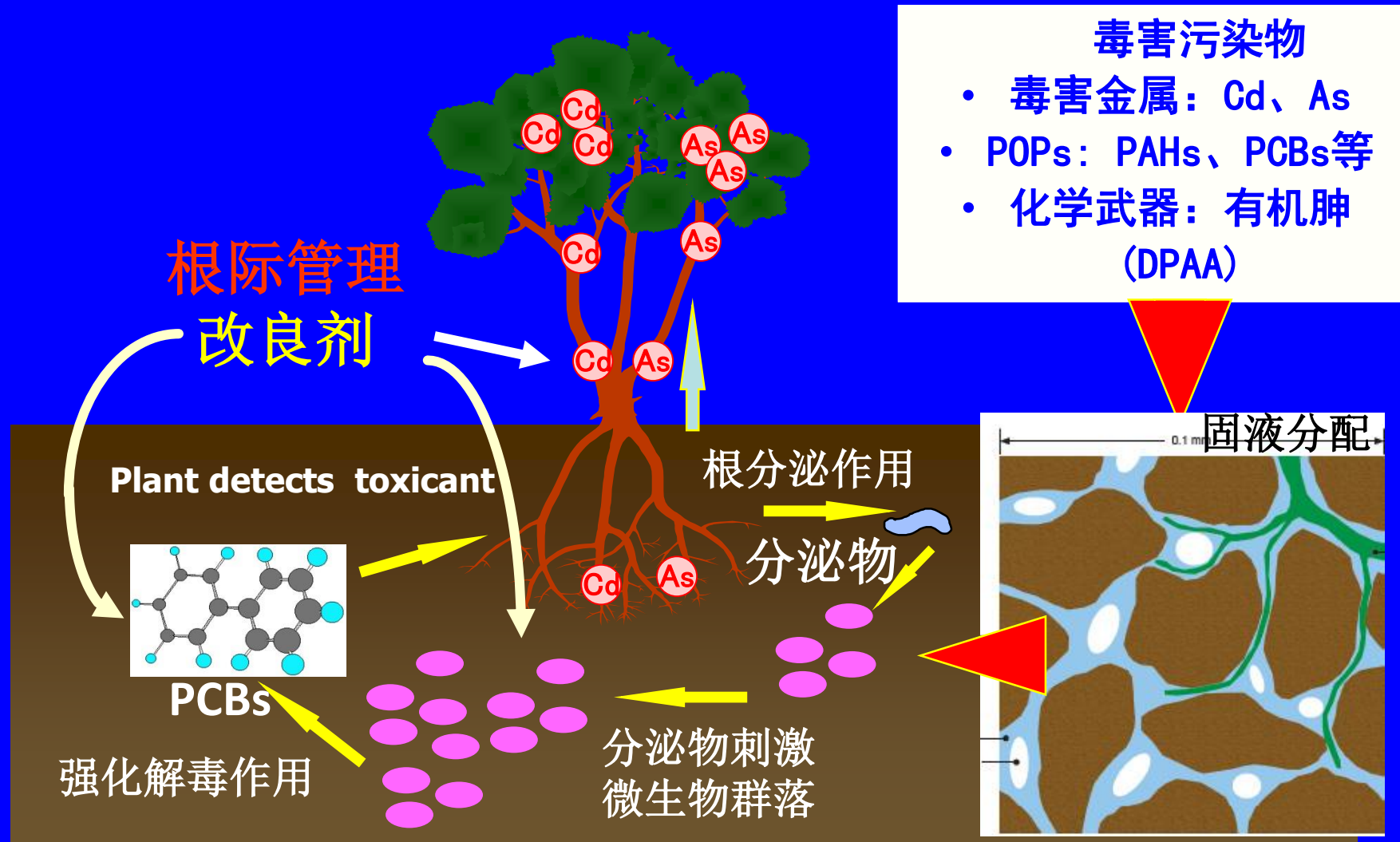


(3) 研究土壤污染的生态系统演变与健康指示

开展地上和地下生态系统的整体研究，系统地认识土壤污染对食物网生态系统结构、功能与健康的影响。包括（1）全球变化的土壤污染生态过程与生物响应机制；（2）污染土壤的植物-微生物净化机理；（3）在植被恢复过程中污染土壤生物协同演变及反馈机制，以及生物对土壤污染生态健康的指示作用等。



(4) 研究土壤-植物-微生物体系对土壤中污染物的储存、过滤、稳定、分解、积累、代谢（净化）等调控过程，认识土壤环境的自修复作用，发展强化修复技术原理。



沿着更加绿色和可持续的土壤修复方向发展 Green and Sustainable Soil Remediation (GSSR)

科学调研和评估土壤污染及风险危害，合理选择修复材料、技术和装备，全过程评价修复有效性、经济性、节能性和安全性，避免二次污染产生，实行修复后土壤资源化安全利用，使土壤修复的生态、环境、健康和社会效益最大化。

建立污染农地土壤的休耕修复制

Fallow Soil Remediation

(Fallow System Integrated with Soil Remediation)

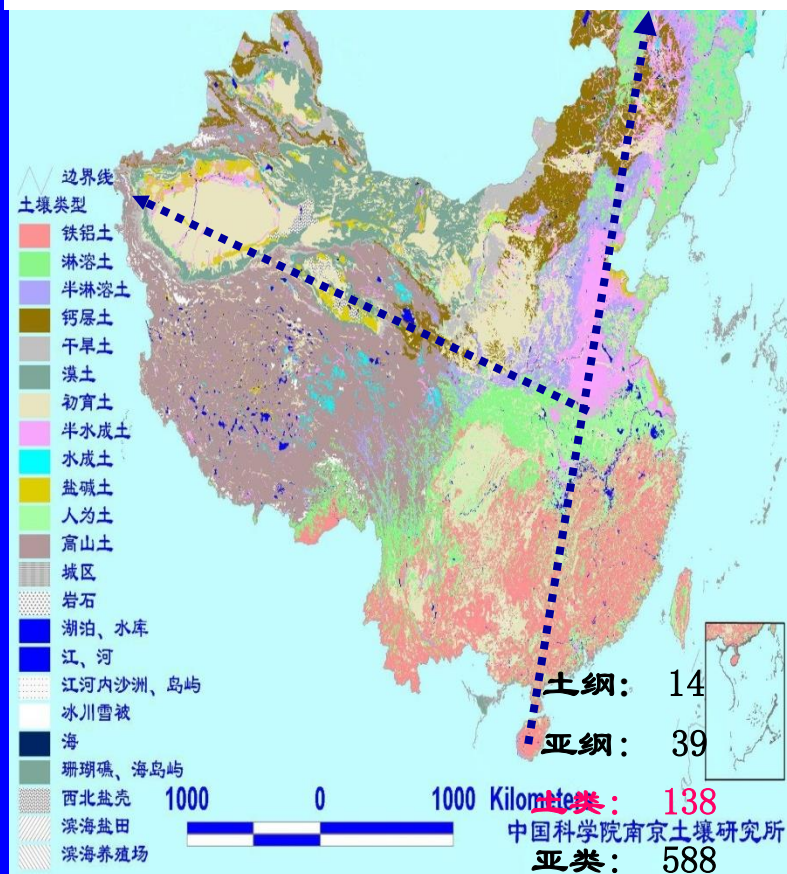
休耕修复：在休耕期进行污染土壤修复，或者结合污染土壤修复的休耕制。

在污染农田休耕期间，选用绿色、可持续修复技术（如植物修复、微生物修复及其联合修复等技术），移除重金属或降解有机污染物而净化土壤，改善土壤质量，提高生产力，同时资源化综合利用修复生物质（植物），实现农产品安全、生态安全和经济效益最大化。

创新土壤污染防治科技 促进乡村振兴产业发展

- 土壤及场地修复是去污染、复质量、再利用、保安康，需要**科学、技术、工程和管理**。
- 研发形成针对土壤，具有自主知识产权的实用、快速、**绿色、可持续**的修复技术与装备体系。
- 推进中国土壤修复**新兴战略产业**发展，改善土壤及地下水环境质量，增强**国际土壤修复市场**的竞争力。

土壤类型多样，污染场地多样，
污染类型复杂，区域发展不均。



我们的目标：净土、洁食、居安、健康

谢谢！
敬请批评指正！

