

河南省国土资源科学研究院系列丛书



中国生态环境问题的探讨

◎ 胡安国 胡 嵩 著

ZHONGGUO SHENGTAI
HUANJING WENTI DE TANTAO

地 质 出 版 社

河南省国土资源科学研究院系列丛书

中国生态环境问题的探讨

胡安国 胡 嵩 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书探讨如何将我国国土和领海建成大国国土资源并保护其不受污染的问题。全书共分4篇。第一篇讨论土地保护与草原建设、改造荒地沙漠、增加耕地、防治盐碱化的新概念,建议在岩漠、戈壁上建设荒漠型多年生农业。第二篇提出合适的水资源是实现上述目标的关键,建议丰水期从长江调水 $2000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 入华北地区,以消除南方水患,多余的黄河水引向西北地区;建设全国统一河网和各种地下水库。第三篇提出了11个地区的生态建设方案。第四篇认为:海水浮筏养贝可降低大气中 CO_2 含量,大气中 O_2 浓度正在下降,解决环境污染的办法是建设零排放产业集群,一切旧工业区皆可实现零排放,我国工业建设应以此为方向。

图书在版编目(CIP)数据

中国生态环境问题的探讨 / 胡安国等著. —北京:
地质出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-116-07038-7

I. ①中… II. ①胡… III. ①生态环境—研究—中国
IV. ①X321. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 249191 号

责任编辑: 宫月萱 孙亚芸
责任校对: 谭 英
出版发行: 地质出版社
社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083
咨询电话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324569 (编辑室)
网 址: <http://www.gph.com.cn>
电子邮箱: zbs@gph.com.cn
传 真: (010) 82310759
印 刷: 北京天成印务有限责任公司
开 本: $889\text{mm} \times 1194\text{mm} \frac{1}{16}$
印 张: 26
字 数: 800 千字
版 次: 2011 年 1 月第 1 版
印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷
审 图 号: GS (2010) 1520 号
定 价: 78.00 元
书 号: ISBN 978-7-116-07038-7

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

绪 论

1972年，罗马俱乐部的梅多斯研究小组完成的《增长的极限》报告，被西方称为“爆炸性的杰作”。该报告从全球范围来探讨当代世界人口、粮食、能源、资源和环境五大问题，并指出如不能很好地解决这些问题“世界就会面临一场灾难性的崩溃”，其解决的办法就是“经济零增长”。此报告引起了全人类的关注。1983年11月，联合国成立了世界环境与发展委员会，该委员会经过4年的研究，完成了《我们的未来》报告，提出可持续发展的模式。应当说罗马俱乐部提出的五大问题是正确的，这是他们对人类的伟大贡献，但结论却是错误的。正确的结论就是“可持续发展”。以我国而论，北方普遍缺水，沙漠化发展迅速，直逼京畿，旱灾与洪灾交替出现，耕地紧缺，粮食不能完全自给……这样多的问题，不发展如何解决？而发展又污染环境，有些地方甚至连饮水都短缺。所以，必须发展，但是，“可持续发展”只是一个方向，还缺乏实现的具体办法。粮食、能源资源可归结为资源，于是可持续发展可以理解为在节约与充分利用资源以及不污染环境条件下的发展。要兼顾资源、环境与发展3个问题，只能用系统的方法。本书就是讨论如何用系统的方法在中国实现可持续发展。简而言之，用水土、沙、盐、气与工农业生产的统一平衡来解决粮食、能源等资源问题；将工业企业组成一个整体——“零排放产业簇群”来解决环境问题。

开发第一产业的生产资源和改造生态环境，是维护人类生存的根本。民以食为天，经过20世纪60年代初3年自然灾害的人们都能深刻体会到高档的电器、豪华的别墅、轿车以及价值连城的珠宝在饥饿的时候都不能当饭吃。毛泽东主席曾说：“手里有粮，心里不慌；脚踏实地，喜气洋洋”，表明食物的价值高于任何其他商品。因此，我们把食物作为诸种资源中的重中之重。食物是由植物以阳光为能源，用水和二氧化碳合成的。土地是植物生长的基础，但本质上土地只是水的载体，所以五行学说主张“水生木”，木代表植物。只要水与各种载体有很恰当的结合，植物便能在这个基础上合成人类和其他动物需要的食物。所以本书在生态方面仅仅讨论这样一个问题：如何让水与我国 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的国土形成最佳结合，使已经利用的土地（耕地和草地）生产出更多的食物，使尚未利用的荒地和难以利用的土地——岩漠、戈壁、沙漠生长出人类需要的食物。

国家一再强调18亿亩●耕地的红线不能超越，但是在坚定地盯着这18亿亩耕地的同时，还必须把目光放在沙漠、裸岩、沼泽、湖泊、海洋这些国土资源上，采取一定措施，将其全面地开发利用，其效果远不止耕地增加一倍，这是一个全面开发和整治国土的系统。国土资源部当义不容辞地承担这个任务。

实现上述目标是一个系统工程。有人说，水库越修越多，水坝越筑越高，但水患越来越严重，水资源越来越短缺；沙漠治理局部效果良好，总体恶化；环境污染日益严重，恶性事件不断出现……

造成这种现象的原因有两个。其一是没有用系统的方法处理，各部门间缺乏协调。例如水利归水利部管辖，河道归交通部门管辖，沙漠归林业部管辖，土地归农业部和国土资源部管辖……干旱区在没有解决水源的条件下种防护林带，只能起到与农业、牧业争水的后果；用挖沟排水的办法解决土地盐碱化，不合于水源短缺的现实。其二是没有找准根本原因，没有抓住主要矛盾，故收效甚微。如洪灾的原因是水的输入量大于区域容量，解决的办法主要应是分水；形成沙漠的原因主要是干旱，解决的办法应靠调水……现今的问题是要从各个领域出现的纷繁杂乱问题中清理出一条主线，用系统的方法统一解决。我们认为当前发生各种问题的总原因是水在时间及空间上分布的不均匀性，解决的办法是

● 1亩=666.6m²。

尽量让水的分布均匀化。历史上我国洪水泛滥，禹的父亲鲧采用堵塞的办法治水，不见效果。后来大禹反其道而行之，采用疏导的方法很快把洪水治平，可见方向不同，效果迥然而异。事实上北方的水源缺乏、南方的土地短缺和水灾以及企业的污染已经到了极致，到了该改弦易辙、另谋新途的时刻了，本书正是要探讨这一新途。

改造生态环境，是造福子孙万代的工程，这一工程的实施应遵循如下原则：

1) 形成总体规划，避免无效工程。总量大于分量之和是优良系统的基本功能。政出多门，各行其是，会形成无效工程、降低系统的效果。以城市建设为例，今天地下水管道太小，挖了重建，明天铺设煤气管道，后天铺设通讯线路，再过几天又扩大车行道、修改人行道，许多城市对于街道的开挖修改几乎没有停止过，很难有一个稳定的时期。环境、生态、水利方面的工程，投资动辄几十亿至几百亿元，切不可随意改变，使建成的工程或炸掉，或改建，或重复，或闲置，或因设计不合理而废弃，解决这个问题的办法，就是制定长远的、高目标的、经得起几百年时间检验的规划，以后的一切大型工程都应是这个规划的一部分。

2) 规划要有远见。例如防洪防汛，最初是修堤坝，以后再在上游修建水库，拦蓄洪水，不能奏效时，又在中下游修建蓄洪区分洪，若仍不能奏效，再开挖河道分流，这种过程是被动的，如同战争，逐步增兵，最是军家大忌。规划的工程还要把长远性、安全性放在第一位，最好能千秋万代利用。

3) 在全国范围内以是否符合全民利益为判别方案优劣的标准。一个工程、一个技术措施，若在一个小区域内、在一个单一目标下合理，但在更大范围内，兼顾更多目标时，如有不足或错误时，则应予以放弃。

方案是现有经验的总和，作者绝无标新立异之意，本书提出的方案，只不过是把我国已有的一些成功做法组合起来，构成一个系统，形成一个整体，向更大范围推广。如都江堰工程、南方的梯田、陕北引水拉沙的造田、江苏东部的渠道网、沿海的浮筏养殖、太湖入海水道的疏浚……已经受了长时间的检验，并都产生了丰厚的回报。因此，本书方案虽是新提出来的，技术上却是成熟的，在其实施以后，全国生态环境将会有很大的改善。

对自然的改造，只要符合规律，都会收到丰厚的回报。过去强调“人定胜天”、“征服自然”，似乎人在自然面前是万能的；自从一些违背自然规律的做法遭到自然界的强烈报复后，人们又走向另一个极端，认为人对自然的任何行动都会遭到报复，只能维持现状。对自然的改造是得到自然界的报复，还是收到丰厚的回报，取决于该行动是否符合自然规律。许多事实都证明了这一点。南方种植水稻的水田，将大面积的旱地改造成人工湿地，许多山区，这种梯田从山麓延伸到山顶，蔚为壮观。几千年的事实证明，它不但保护了土地免遭侵蚀和河道的淤塞，且使农业稳产高产。都江堰的灌溉系统运行两千多年，将四川变成了天府之国，然而美索不达米亚平原的灌溉系统，却使伊拉克南部变成一片盐壳，使土地丧失了生产力。这些事例说明，改造行为的结果如何，取决于它是否符合自然规律。

本书提出的观点是否正确，取决于它是否符合地质运动规律。作者把本书视为“战略探讨”，并非说它在宏观方面具有战略意义，而是说它很难实现，只是一个长远的方向性讨论。南水北调工程从20世纪50年代就开始酝酿、调查，至今才动工。作为一个更大的工程体系，理应早作谋划。权威性的经典往往以可靠性、全面性、稳定性、精确性见长，但却缺乏富有生命力的新见解，缺乏开创性的新因素。本书虽然粗疏，且由于各种条件所限，许多数据也不一定精确，但在打破学术思想的沉闷僵局上却有所长，读者不可不察。

对于土地、沙漠、盐碱化、水利、气象、环保……这些行业，作者确是外行，我们也时时反问自己是否班门弄斧，仅凭一知半解、道听途说，便异想天开、大发议论？然而我们又深信所有这些都是地质学的分支，都是地球演化过程中发生的现象。我们从事地质工作多年，对河流、湖泊、沼泽、海洋、风化、侵蚀、沉积……都有细微的观察、亲身的研究、较深的心得。在工程或项目的实施细节上，我们确是外行，但从宏观上看，在更加漫长的时间尺度和宏大的空间尺度上，这些又都是地质工作者的专业，是我们的本行，而且依靠地质规律和地质历史能看得更远、更深、更全。专业的工程技

术人员，只有在建设了三门峡水库以后才发现淤库的严重性，在开垦了草原或疏干了泥泽以后，才知道沙漠化之难以抗拒。类似的事实在地球发展的历史中多次重复出现，因而地质工作者能依据地质规律，预见各种后果，这就是地质工作者能看得更远的原因。既然这些方面都是地质学的分支，对其发表一些看法，也是地质工作者应尽的职责。因此，我们把本书内容视为“应用地质学”。国家把土地和地质矿产归为国土资源部管辖，在组织上为应用地质学的发展创造了条件。即使本书所提观点不能付诸实施，也可为相关领域的发展起到抛砖引玉的作用。

本书的指导思想主要有以下几点：

1) 系统的思想。许多问题似乎难以解决，但纳入大的系统考虑，却可迎刃而解。例如中国局部地区水资源短缺，但纳入全国的系统考查时就会发现，其实中国淡水资源并不贫乏，否则便不会出现千里泽国的洪灾。又如“三废”污染，如把全国的工厂看作一个整体，则一个工厂的废物，就可成为另一个工厂的原料，从而形成零排放企业集群。

2) 系统的亏损与盈余。一切系统，当某种成分输入大于输出时，该种成分便在系统内积累，成为盈余系统；当某种成分输出大于输入时，这种成分在系统内便会逐渐减少，成为亏损的系统。工业废弃物对于环境而言是盈余系统，处理的原则是降低输入量（生成量），增大输出量（消亡量）。青藏高原干旱化的原因，是出境径流大于降水量，从而成为一个亏损的水文系统，解决的办法便是加大向当地的输入水量，减少输出。当前温室气体的浓度增加，是因为它是一个盈余的系统，所以在减排的同时，作者提出建立海洋农牧场，以加大 CO_2 从大气中的输出。

3) 环状结构与线状结构。我国古代的哲学著作——《周易》提到了环状结构与线状结构。线状结构是孤立的，端点是运动的终点，结果导致各种废物在那里积累。环状结构能将有限的事物转化为无限的运用之中，并能消灭在端点积累的废物。本书在分析问题时，广泛使用这一方法，循环经济是典型的例子。

4) 除弊与兴利并举。只有除弊与兴利并举，才能使系统实现最高的效率，洪水期将长江水向华北分流，对长江下游区是除弊，对北方而言则是兴利。建立海上农牧场对降低温室气体含量而言是除弊，形成巨大的产业则是兴利。除弊与兴利并举，能使一切措施都易于推行。

5) 均匀化。绝大部分灾害，均来自两极分化的极端事件。因此，均匀化是减灾的重要方法，即将突变转化为渐变。例如诱使地壳中积蓄的能量逐步释放，可降低地震的级别。让大气携带的水汽沿途降落，可消除特大暴雨造成的洪灾和减轻一些地区的干旱程度。加强地表和地下水储水，能使河流的流量在时间上均匀化，既可减少洪灾，又利于枯水期行船和增加水资源。

6) 天人合一。生态环境问题来源于三方面：宇宙对地球的影响；地球岩石圈与水、气两圈物质的自然交换；进入工业社会后矿业采出物在水、气两圈中的积累。中国古代用“天”代表自然，因此，我们用“天人合一”来说明生态环境问题产生的原因和解决的方向，主要是借鉴自然过程，让污染物回归岩石圈。

7) 可持续发展。食物、生态、环境是人类生存的根本。竞争经济、高消费实现高增长的经济模式……会加速自然环境恶化的进程。将建筑、汽车等高利润产业的一定资源转向生态建设，应是我国经济结构改革的重要方向。

8) 辩证的思想。作者认为一切事物都会变化，一切系统都可以向有利于人类的方向演变。沙漠可以变良田，从而耕地草场将成倍增加，干旱的气候也将会随之改变。

目 录

绪论

第一篇 土 地

第一章 土地概述	3
第一节 土地与大国土资源	3
第二节 土地的演化周期	4
第三节 世界土地资源	7
第四节 中国土地的特点和利用现状	9
第五节 耕地是土地的核心	11
第六节 土地的紧缺隐藏着社会的不安定因素	13
第七节 中国荒地概况及开发方向	13
第八节 草地建设和畜牧业的结构改革	15
第二章 沙漠	24
第一节 土与沙的组合	24
第二节 沙漠	26
第三节 沙漠化	33
第四节 沙尘天气	36
第五节 沙漠的成因	39
第六节 我国沙漠发展的趋势	42
第七节 现有沙漠防治技术简述	48
第八节 我国的防沙治沙工程	50
第九节 对治沙技术和治沙工程的粗浅看法	53
第十节 引水拉沙淤土造田	55
第十一节 本书所提方案的进度及效果	60
第十二节 固化沙丘, 发展多年生农业	63
第三章 灌溉与土地盐碱化	68
第一节 概述	68
第二节 盐水的运动规律	71
第三节 灌溉的模式	73
第四节 灌溉第三模式的本质是调水与稻田的结合	81
第五节 灌溉第三模式条件下的盐碱地改造	86
第六节 生物排水与种植耐盐作物	88
第四章 流水侵蚀与荒漠区开发	90
第一节 土地的侵蚀形式	90
第二节 土地的沉积形式	92
第三节 土地的侵蚀规律与侵蚀结果	93
第四节 土地侵蚀的防治	99

第五节 岩漠区的开发·····	103
第六节 荒漠型多年生农业·····	106

第二篇 水 资 源

第五章 水资源概述·····	115
第一节 地球上的水·····	115
第二节 水资源的性质·····	118
第三节 与水灾有关的几个因素·····	122
第四节 提高储量满足水资源需要·····	129
第六章 湿地及开发·····	133
第一节 湿地·····	133
第二节 湿地的功能和价值·····	135
第三节 中国湿地的变化·····	140
第四节 湿地的保护与开发利用·····	146
第五节 对太湖污染防治的建议·····	150
第七章 调水·····	152
第一节 中国水资源紧缺·····	152
第二节 几个调水问题的探讨·····	155
第三节 调水实例·····	156
第四节 汛期从长江三峡向北调水是解决长江水患和北方缺水的最好办法·····	159
第五节 全国统一考虑的治黄策略·····	164
第六节 下游分流是兴利除害的治黄方针·····	168
第七节 将黄河水引向西北，让长江水满足黄河下游的需要·····	173
第八节 建设全国统一河渠网·····	174
第八章 储水·····	178
第一节 解决降水在时间上分布的不均匀靠储水·····	178
第二节 储水形式与水土组合形式·····	180
第三节 水库的利弊·····	184
第四节 地下水库·····	189

第三篇 生态 建设

第九章 几个地区的生态建设建议·····	205
第一节 鄂尔多斯和关中平原·····	205
第二节 内蒙古内陆区和浑善达克沙地·····	210
第三节 松辽引水区和科尔沁沙地·····	214
第四节 石羊河流域和腾格里沙漠·····	216
第五节 黑河流域和巴丹吉林沙漠·····	220
第六节 疏勒河流域·····	223
第七节 准噶尔盆地·····	225
第八节 青藏高原和塔里木盆地·····	226
第九节 柴达木盆地·····	245
第十节 库姆塔格沙漠·····	246
第十一节 中央戈壁、哈顺戈壁和吐鲁番－哈密盆地·····	247

第四篇 环 境

第十章 地球大气圈与岩石圈的物质交换与平衡·····	251
第一节 碳循环·····	251
第二节 氧循环·····	271
第三节 硫循环·····	282
第十一章 “三废”的资源化·····	287
第一节 “三废”的资源化是工业社会是否合理及其是否能长期存在的决定因素·····	287
第二节 “三废”产生的原因·····	289
第三节 “三废”的类型·····	292
第四节 “三废”资源化是可持续发展的基本内容·····	300
第十二章 零排放产业簇群·····	303
第一节 零排放·····	303
第二节 零排放产业簇群·····	305
第三节 零排放产业簇群的组成·····	308
第四节 零排放产业簇群的结构·····	314
第五节 零排放产业簇群的分类·····	321
第六节 实现零排放的常用技术·····	323
第七节 创新是零排放产业簇群建设和发展的关键·····	325
第十三章 改造型零排放产业簇群·····	327
第一节 具有一定数量工厂的工业区皆可改造成零排放产业簇群·····	327
第二节 当前我国生态工业建设应以现有工业区的改造为主·····	328
第三节 数据库建设成为生态工业建设的武器·····	330
第四节 围绕核心企业的簇群·····	334
第五节 无主体企业的簇群·····	353
第十四章 新建零排放产业簇群·····	365
第一节 处理城市生活垃圾的产业簇群·····	365
第二节 为资源开发而建设的产业簇群·····	378
第三节 为特殊需要的产品建设的产业簇群·····	383
第十五章 结论·····	386
第一节 本书的指导思想·····	386
第二节 本书具体内容简述·····	389
参考文献·····	393
Introduction·····	395
后记·····	405

第一篇

土地

第一章 土地概述

第一节 土地与大国国土资源

一般认为,土地是地球上由空气、土壤、地貌、地质、水文、动植物以及人类活动的结果所组成的自然经济综合体。土地资源是指在一定的技术经济条件下,能直接为人类生产和生活所利用的土地,它包括土壤、山地、河流、湖泊、沼泽……根据本书的目的,暂从农业生产的角度按土壤来理解土地。即土地是指陆地地表具有和耕地相似的矿物组成,并具肥力、能生长植物的疏松层,当与水有很好的结合时,是天然植物或栽培作物的生长发育基地,是不可缺少的生产资料、劳动场所和劳动对象。土地的矿物组成有别于沙漠、水体,疏松结构有别于岩石,水的结合使已利用的土地与干旱造成的荒地有所区别。

从长远的历史看,有了土地才有陆地植物,有了陆地植物才有食草动物,陆地动物的进化才出现人类。从现实生活看,人类所赖以生存的食物主要是植物和动物,除部分来自海洋外,归根结底都来源于土地,土地是人类赖以生存的最重要资源。矿产、能源等资源的有无或多少,只决定人们生活质量的高低;而没有土地,人类就不可能存在或生存。

在斯德哥尔摩召开的联合国人类环境会议中,各国提供的国家报告和科学研究结果表明,由于土地侵蚀、盐渍化、沙漠化、不合理利用及其他生态影响而造成生产性土地的丧失,已成为许多国家,尤其是发展中国家所面临的主要资源环境问题之一。对于生产性土地的破坏,如不能得到有效制止,终将酿成大规模的灾害。

人口增长与土地资源有限性的矛盾日益尖锐和突出,渔猎时代,世界人口约 500 万,到公元元年世界人口增至 2 亿至 3 亿,19 世纪达 10 亿,20 世纪 50 年代达 30 亿,80 年代达 44 亿,1987 年达 50 亿,现正向 70 亿迈进,全世界每增加 10 亿人口的时间越来越短。目前每年世界上增加 8000 ~9000 万人,到 2050 年世界人口可能达到 94 亿。人口的增长和消费水平的提高导致对粮食的需求日益增加。1971 年以后,按人口平均计算的粮食产量开始下降,人口增长给土地资源带来更大的危机。因此,人们对地球或自己国家的土地究竟能养活多少人表示关心,积极进行研究。较早的是马尔萨斯的“人口论”,以后这方面研究层出不穷。对 117 个发展中国家的潜在人口承载能力的研究表明,到 20 世纪末,其中无法靠本国资源供养预期人口的国家,将不少于 64 个。这一结论表明,人口与土地资源的矛盾非常尖锐。2008 年粮食市场的紧缺,表明现实比研究结论更为严重。

我国人多地少,人口与土地资源的矛盾更为突出、尖锐、严峻,从而使作者萌生了对水体、岩石、沙漠、荒地进行开发,种植可以食用的植物,以扩大人类生存空间,解决人多地少矛盾的想法。在评审本书稿时,潘鸣钟教授升华了作者的想法,指出可用“大国国土资源”作为本书副标题。“大国国土资源”这个词对本书有提纲挈领、画龙点睛的效果,使作者的意图更加明白,因而用它来概括土地和其他虽非土地但却可以种植的国土资源。于是作者提出以下大国国土资源的观点:

大国国土资源	{	土地资源	{	已利用土地:耕地、草地、林地、建设用地……
			{	未利用土地:荒地、盐碱地、沙漠……
		非土地国土资源	{	水域:海洋

我国人口与土地的矛盾虽然尖锐,但大国国土资源的开发却使我们极为乐观,因为按作者设想,不仅土地的生产力可以提高,而且土地数量可以增加,生产食物的空间可以扩大,水利条件、气候条件都可改善,本书的内容就是阐明这一观点,探讨这一方向如何实现。

第二节 土地的演化周期

一、概述

中国古代的学者认为：“土者，吐也，吐生万物”，“土壤孕育万物”，“治之得宜，地力常新”。这意味着土地作为资源没有时间的限制，不同于矿产等不可再生资源；也不同于不断再生的生物资源。土地属于当代人，也属于子孙后代。但是土地资源长存只是相对的，因为土地演化周期长，人类的生命相对于这个周期而言只是一瞬间，所以把存在时间有限的土地当作永恒也是对的；但如果把土地的演化周期与地球的生命相比，土地存在的时间仍然是短暂的。在这个观念上的土地消亡是客观规律，是人力所不能抵御的。由于土地的存在与人类生命相比具漫长性，只要稍微延长其演化周期，就能满足人类对土地的需要。故探讨土地的演化规律，就是为了延长土地的演化周期，满足人类的需要。从现实情况看，土地遭到6个方面的破坏：① 侵蚀；② 沙漠化；③ 盐碱化；④ 变质退化；⑤ 污染；⑥ 人为硬化。其中，土地演化成岩漠、沙漠以及人为硬化导致土地的彻底消亡；土地遭受沙化、盐碱化、变质退化、污染等以后，虽仍然存在，但生产力下降，是走向彻底消亡的过渡阶段。

二、土地的组成与结构

土地同时具有持水性、肥力和便于植物根系生长的疏松结构，这是土地最有利于植物生长的原因。土地的这些性质是由它的成分和结构决定的。各种土壤，包括耕地、林地、草地、荒地都由以下3部分组成。

1) 固体土粒：固体土粒又分为矿物质和有机质两类，矿物质占固体部分质量的95%以上、容积的38%以上，有机质占固体质量的5%以下、容积的12%左右。

2) 粒间孔隙：孔隙中的气体有由大气中进入的 N_2 和 O_2 及其自身产生的 CO_2 和水汽，还有含溶解物质的水分。

3) 各种生物，如昆虫、蠕虫、藻类、微生物等。

许多学者认为，土壤的本质是肥力，即为植物的生长供应养分的能力。但肥力是依靠土壤中的固体土粒而存在的，没有固体土粒，当然谈不上肥力，而且各种营养成分也只有溶解于土壤中的水才能被植物吸收。因此，土与水的结合是问题的本质。

土壤中的矿物质按粗细可分为石砾（ $>2mm$ ）、沙粒（ $0.02 \sim 2mm$ ）、粉粒（ $0.002 \sim 0.02mm$ ）、粘粒（ $<0.002mm$ ；包括粘土质、胶质、胶体）。按矿物的生成，一类是原生矿物，即岩石风化过程中没有改变的原始矿物，最主要的是石英，且主要为沙粒；另一类是次生矿物，即在岩石风化及成土过程中新生成的矿物，也叫粘粒矿物，它们在矿物学中属于粘土矿物类。土壤具有吸湿性、持水性、可塑性和胀缩性；对离子的吸附性以及将土地结合成以肥力为中心的独立自然体均由这些粘粒矿物决定。因此，粘粒矿物是土地的基础。常见的粘粒矿物有蒙脱石族（如东北的黑钙土、华北的栗钙土、西北的灰钙土）、高岭石族（南方热带、亚热带土地中大量存在）、水云母族（华北干旱区含量较多）、绿泥石族以及氧化物类。

土壤中的有机质最多可达20%，低的不足0.5%，我国土壤中有机质通常在5%以下。有机质中含有营养元素，是微生物生命活动的能源，且对水、气、热起调节作用，影响土壤的结构和可耕性。有机质是由土壤中动植物残体分解形成的。

土壤结构中最重要的是孔隙性和土壤团粒。团粒主要由胶体凝聚、无机胶体和有机物的胶结等作用形成。

三、土地是岩石在外营力作用下的产物

1. 风化成土过程

地球分为地核、地幔和地壳，地幔的顶部和地壳合称岩石圈，意味着固体地球的外层由岩石组成。岩石是坚硬的刚体，不可能耕作。但是坚硬的岩石与大气圈接触后会受到地球外营力作用，使其一部分转化为土壤，这种转化分为两个方面。

(1) 一般岩石的化学风化作用

组成岩石的矿物如长石、辉石、角闪石、石英等，在岩石的结构遭到破坏时也只能是一片散沙或成为沙漠而不能成为土壤。但是化学风化作用，能使这些矿物变为粘土矿物，这就是形成土壤的物质基础。例如：钾长石→绢云母→水云母→高岭石的变化，钾长石 $[KAlSi_3O_8]$ 含 K_2O 16.9%，高岭石 $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$ 不含钾，可见当 16.9% 的 K_2O 全部被溶出后，钾长石最终转变为高岭石。

辉石 $CaFe[Si_2O_6]$ 或 $NaFe[Si_2O_6]$ → 绿泥石 → 水绿泥石 → 蒙脱石 → 多水高岭石 → 高岭石。在这个演变过程中，中间产物绿泥石、蒙脱石及最终产物高岭石都是土壤中的粘粒矿物，演变是否到达终点，视气候条件而定。当 CaO 和 Na_2O 溶出后，辉石转变成绿泥石，当 Fe_2O_3 溶出后，绿泥石转变为蒙脱石。当蒙脱石中含量不定的 Na_2O 、 CaO 、 MgO 被溶出后，蒙脱石转变为高岭石，可见当辉石彻底转变为高岭石时，辉石中的 Na_2O 、 CaO 、 Fe_2O_3 、 MgO 等可溶元素全部被溶出。

白云母 $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ → 水云母（伊利石）→ 贝得石 → 蒙脱石 → 多水高岭石 → 变水高岭石 → 高岭石。由白云母演化为伊利石时大约溶出了 1.8% ~ 3.8% 的 K_2O ，而由伊利石演化成高岭石时，溶出了 8% ~ 10% 的 K_2O ，由白云母演化出高岭石时，则溶出了 11.8% 的 K_2O 。

矿物在风化作用下的成分演化，在沉积岩石学中叙述极为详尽，但仅从以上例子已可看出，风化作用使钾、钠、钙、镁、铁等可溶性元素从岩石中溶出随水迁移；岩石中未溶解部分转变成的粘土矿物，根本不发生变化的石英以及尚未发生变化的长石、辉石等原生矿物（砂粒）共同组成岩石的风化壳。氢氧化铁虽不是粘土矿物，但却是风化壳以及后来变成的土壤中的基本成分。就是说岩石在外营力作用下分解为 3 个部分：随水迁移至异地的可溶盐，留在原地的次生成因的粘土矿物，未发生变化的原生矿物——沙粒。沙粒与粘土矿物共同组成风化壳——最原始的土壤。

风化壳与坚硬的岩石相比，虽然相对松散，能支撑植物生长，初步具备了土地的特性，但还不是真正的土壤。土壤是风化壳的表层带，经过植物的生长和耕作，即进行成土作用逐步具有肥力，才发育形成真正的土壤。土壤形成的速度比风化壳形成快得多，风化壳的形成需要几十万年至百万年以上，而土壤剖面的形成只需几百年。

由上述可见，岩石变为风化壳，风化壳演变为土壤，都是“一分为二”的分异过程。而土壤在以后的发展中，即在土地的整个演化周期中都是可溶盐和粘土矿物、形成沙粒的原生矿物以及水 4 种成分不断地进行着组合与分离，不断地进行着“一分为二”和“合二为一”的变化。四者的组合关系决定着土地生产力高低的变化以及演化周期的长短，作者将这四者的变化称为“水、土、沙、盐”的统一平衡。

(2) 粘土岩或含粘土岩石的风化作用

这种风化作用，没有新的粘土矿物生成，主要是原来岩石中的粘土矿物与非粘土矿物的分离或岩石结构遭破坏后粘土矿物从坚固的岩石中分散出来。前者如泥质石灰岩中的碳酸盐矿物被溶解、粘土矿物残留在灰岩的侵蚀面上，后者如粘土岩区的粘土层。

2. 沉积成土过程

无论土壤还是岩石，只要其所处的位置高于侵蚀基准面，都要遭受水的侵蚀作用，对于土地而言，无论是刚刚形成的零星残积土还是巨厚的风化壳与沉积层或良好的耕地，都免不了遭受侵蚀。最终土层全部被搬走，使坚硬的岩石彻底裸露。因此，在地壳上升区侵蚀作用可使土地的演化周期彻底结束。

侵蚀作用虽不可抗拒，但是死亡也孕育着新生。侵蚀基准面以上的土地被侵蚀，必然在侵蚀基准

面以下的地方沉积形成新的土地，例如被搬运的泥土，在河流两岸沉积为河漫滩。地壳上升，河漫滩成为阶地，阶地是最肥沃的土地。河流搬运的泥沙填满盆地，或在海的近岸地带沉积形成三角洲。沃野千里的平原是地球上土地的主体。例如我国东北的松辽平原、华北的黄淮海平原，以及长江中下游平原，这些平原不仅是我国粮食的主产区，也是我国经济发达的地区。可见沉积成土过程，才是土地形成的主体过程，风化作用的成土过程，虽是形成土地的根本原因，但在一定程度上，是为沉积成土准备原料。风化成土好比是溪流，沉积成土是这些溪流汇聚成海洋。

粘土矿物是形成土地的基本原料，有一定的粘土矿物，才能形成一定的土地。因此，粘土矿物也是珍贵的资源。沉积成土虽是形成土地的主体过程，但却是一个资源亏损的过程，其一是有大量的泥土（粘土矿物）被深埋在盆地之中（平原之下）；其次是流水搬运中的分异作用，将粗沙留在陆地而将泥土（粘土矿物）送入大海。这两种原因，都使粘土矿物未能充分发挥其作用。故作者提出采取多种措施，尽量使之保留在陆地上。

四、水、土、沙、盐、气的平衡是提高土地生产力和改善生态的根本

土地是生态系统和人类生存的基础，因此我们希望土地有更长的演化周期和更高的生产力。实现这个目标的方向是土地与水、沙、盐、气的最佳组合，达到水、土、沙、盐、气的统一平衡。以下简单说明土地与每一种因素的组合（平衡）关系。

1. 粘土矿物与沙粒的离合

土地的固体矿物部分有粘粒矿物与沙粒矿物，根据两者的比例，可以将土地分为不同的类型：粘土类（粘粒 $>25\%$ ），粘壤土类（粘粒 $15\% \sim 20\%$ ），壤土类（粘粒 $<15\%$ ），沙土类（沙粒 $>85\%$ ），如果沙粒继续增多，甚至没有粘粒矿物时，土地便演化成毫无粘结能力的散沙，即流沙，大范围的流沙便是沙漠。这是土地的第二次“一分为二”，即分为迁移出去的粘粒矿物与留下的流沙两部分。这种“一分为二”可以在不同的环境下由不同的原因产生；在极端干旱的环境，风可以把粘粒矿物吹走，留下沙粒成为沙漠。风还可以让沙向下风方向运动，掩盖土地，扩大沙漠的面积。在流水作用下，粘粒矿物可以随径流迁移，而留下较粗的沙，这是水土流失，长期水土流失也可使土地变成流沙。河流携带的泥沙也会分异，沙留在河道内而粘粒矿物输向大海。海洋的波浪潮汐作用，也会将沙留在海滨、粘粒矿物输向海洋较深处。可见土地的一分为二，主要是使土地转化为沙漠或沙地、沙滩而消亡。反之，人工控制的沙土合二为一，也可使沙漠、沙地恢复为土地而开始新的演化周期。

2. 土地与盐碱的分合

风化过程从岩石中分离出来的可溶性元素与 OH 根或酸根结合成碱或盐。因为只有 K、Na、Ca、Mg 等元素从岩石中分离出来，才有原始土地的生成，即盐碱与原始土地生成的数量成正比，但二者是分离的。盐碱随水进入海洋或内陆河的尾间湖，使它们成为咸水。岩石不断地风化，新的盐碱成分不断产生，在干旱条件下盐碱不能随水到达海洋或尾间湖时，水在某地蒸发，盐碱便在该地聚集。特别是地下水沿毛管带上升至地面蒸发后，盐碱便留在地表。这就是盐碱与土地的合二为一。当盐碱聚集到植物不能生存的程度时，便形成盐碱土，最终成为荒漠。有些地方，因水资源不足，无法将盐碱输向尾间湖，便留下一定的荒地，让盐碱在此聚集，以保证其他地区的土地耕作。但这只是一时的苟安。这些盐碱化土地的范围会逐渐扩大，最终使整个地区盐碱化。只有增加水资源，将盐碱地的盐碱洗出，再随水输向尾间湖和海洋，才是解决土地盐碱化的唯一正确途径。可见盐碱与土地的分合，仍由水起决定作用。解决土地盐碱化的正确方向是让盐碱进入海洋。

3. 水与土的分合

水与土的关系最为复杂和重要，只有在水的参与下，岩石才能变成土地；只有水与土的最佳结合才能支撑土与沙、盐的合理组合，支撑各种生态系统，支撑植物的生长，进而支撑人类的生存。土地中的水过多时，在平缓地区，便形成沼泽，这是当今最重要的生态系统之一；在坡度较大的地区，便会产生泥石流或泥石流，成为地质灾害；当水进一步增多时，便成为洪涝灾害，威胁人类生存。但是土

地中的水太少时，就不能支持植物的生长，长此以往，整个地区就会演变为荒漠。“赤地千里，饿殍遍野”，便是旱灾的写照。

水还会造成水土流失，甚至将土地全部侵蚀，形成岩漠，但被水搬运出去的土，会在低洼地区沉积，形成沃野千里的平原。无论是沙漠化、盐碱化、贫瘠化等渐变过程失去土地还是因侵蚀突变消亡的土地，这些过程无不与水有关，可见土地因水而生，也因水而亡。探讨水与土关系的目的就是寻找实现水、土最佳结合的途径，这是本书的重点。

4. 土地与大气的平衡

大气与土地的关系，表现在二者的交换方面。大气中的氮成为植物生长的肥料，大气中的 CO₂ 是植物生长最重要的物质基础，土地因此而成为碳库，是降低大气温室气体浓度的一个方向。大气中的 SO₂ 形成酸雨，淋洗土地的肥力，而后又转化为盐碱化的物质成分，因而 SO₂ 是降低土地生产力和缩短土地演化周期的一个因素。大气中其他不利成分对土地虽有威胁，但不如上述几个因素那样严重和直接。

综上所述，土地的演化有两种结束（消亡）形式：因质量变坏失去生产力而消亡；被水侵蚀变为岩漠而消亡。然而它们又都可以再生，已经变成沙漠的土地可以通过淤土而再生，盐碱化的土地可以通过洗盐而再生，干旱的荒地可以通过灌溉而再生……土地的所有消亡与再生都通过水来实现，因而将其称为水、土、沙、盐、气的统一平衡，包含延长土地演化周期及再生的两重含义。在上述 5 个因素中，土是基础，水是关键，为此，本书探讨如何在具体情况下实现五者的最佳组合，以求彻底改善我国生态面貌欠佳和水土资源短缺的现状。从水、土、沙、盐、气和工农业生产的平衡来研究土地是新形势的需要。土壤学将从传统的研究土壤自身的领域，发展为与环境相联系的一门宏观、综合的学科。只有从这个大系统中去研究土壤，才能满足当前社会经济发展的需要。

第三节 世界土地资源

一、概况

世界陆地面积约为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$ （包括南极洲），占地球表面积的 29.2%。世界上国土面积最大的是俄罗斯，为 $1707.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；其次是加拿大，为 $997.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；中国居第三位，为 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。就人口密度而言，1999 年，世界平均为 44.7 人/km²，人口密度超过 300 人/km² 的国家有荷兰、日本和印度。中国人口密度 1999 年为 132 人/km²，约为当时世界平均值的 3 倍（表 1-1）。

表 1-1 世界部分国家国土面积和人口

国家	国土面积/10 ⁴ km ²	1999 年人口/万人	1999 年人口密度/（人·km ⁻² ）
俄罗斯	1707.5	14719.6	8.6
加拿大	997.1	3085.7	3.1
中国	960	126683.8	132
美国	936.4	27621.8	29.5
印度	328.8	99805.6	303.5
以色列	2.1	610.1	290.5
日本	37.8	12650.5	334.7
法国	55.2	5888.6	106.7
德国	35.7	8217.8	230.2
荷兰	4.1	1573.5	383.8
英国	24.5	5897.4	240.7
澳大利亚	774.1	1870.1	2.4
新西兰	27.1	382.8	14.1

地球陆地表面近 50% 的面积是永久性冻土、干旱沙漠、岩石等难以利用或无法利用的土地。此外,尚有相当数量的土地存在各种障碍因素。适宜于人类利用的土地中,耕地约 $1380 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全球土地面积的 10.6%。亚洲耕地最多, 占全球 1/3 强, 欧洲、北美洲各占 1/5, 非洲、南美、大洋洲共占 1/5 强。亚洲耕地总量最多, 占土地面积比例最大, 但人均拥有量却最少。按国家分, 人均拥有耕地最多的是澳大利亚和加拿大, 超过 1 hm^2 , 俄罗斯、美国、新西兰和法国大于 0.3 hm^2 , 而印度、德国、英国、中国、荷兰、以色列和日本仅 0.1 hm^2 左右。灌溉是提高土地产量的有效措施, 因而随着技术和经济的发展, 全球灌溉面积不断增加。19 世纪初, 世界土地的灌溉面积约 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$; 1998 年达 $271.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中亚洲最多, 达到 $191.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占世界灌溉土地面积的 70.4%, 灌溉面积大的国家有印度、中国、美国, 其中印度和中国灌溉土地占耕地的比例均在 40% 左右, 说明中国和印度土地的开发程度都极高。

草地是为自由放牧牲畜和野生动物提供饲料的地域。据统计, 1998 年全球永久性草地为 $3400 \times 10^4 \text{ km}^2$, 亚洲约为 $1100 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。草场面积较多的国家有澳大利亚等, 中国草场面积约 $400 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。草场面积占土地面积比例大的国家为南非 (68.7%)、澳大利亚 (53.4%)、新西兰 (49.6%)、中国 (42.9%)。全球森林覆盖面积估计约为 $3454 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占陆地面积的 26.6%, 就国家而言, 世界森林资源的 60% 以上分布在 7 个国家: 俄罗斯 (占 22.1%), 巴西 (占 16.0%), 加拿大 (占 7.1%), 美国 (占 6.2%), 中国 (占 3.9%), 印度尼西亚 (占 3.2%), 刚果 (金) (占 3.2%)。世界森林覆盖率的平均水平为 26.6%, 南美洲为 49.7%。森林覆盖率最高的国家是圭亚那和苏里南, 达 94.4%, 法属圭亚那为 90.6%, 前苏联为 37.2%。世界上有 29 个国家有一半以上的国土为森林所覆盖。中国的森林覆盖率约为 13.4%, 低于世界平均水平。

其他土地指耕地、草地、森林以外的土地, 包括建筑物占地、交通运输用地和荒地, 全球约为 $1500 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占土地总面积的 11.5%。其中约有 $200 \times 10^4 \text{ km}^2$ 尚未利用, 但属于可以利用的土地, 其中欧洲有 $6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 北美洲和中美洲有 $30 \times 10^4 \text{ km}^2$, 南美洲有 $42 \times 10^4 \text{ km}^2$, 亚洲有 $66 \times 10^4 \text{ km}^2$ (不包括中国), 非洲有 $70 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。这些土地近期即可投入使用, 但中国这样的荒地已经极少。

二、世界土地资源的主要问题

1) 人口增加对土地资源的压力进一步加大。详见本章第一节, 在此略。

2) 耕地不断减少。建设用地不断增加, 1975 ~ 2000 年, 全球新增建筑面积为原有建筑面积的两倍半, 每年有 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的土地为工业或其他建设项目所占用。1950 年全球人均耕地 0.75 hm^2 , 1975 年为 0.31 hm^2 , 1998 年为 0.23 hm^2 。美国农业经济学界普遍认为, 平均每人不占有 0.4 hm^2 耕地, 断难解决食物问题。

3) 导致环境恶化。为了增加耕地, 解决食物问题, 人们便砍伐森林, 开垦草原, 围垦湿地, 于是又造成自然环境的恶化, 最后新旧耕地都会弃耕, 造成恶性循环。据估计, 1950 年以来全世界的森林已损失了一半, 1973 年人均草场 0.86 hm^2 , 到 1992 ~ 1994 年下降为 0.58 hm^2 , 沼泽地丧失达 25% ~ 50%, 许多国家达 80% 以上。

三、土地资源的质量正在退化

全球土地退化面积已达 $1960 \times 10^4 \text{ km}^2$, 非洲和亚洲尤为突出, 严重退化的 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 土地中有 $120 \times 10^4 \text{ km}^2$ 在非洲, $110 \times 10^4 \text{ km}^2$ 在亚洲, 土地资源质量退化主要表现在 5 个方面。

1) 水土流失: 据统计, 全世界水土流失面积占总退化面积的 84%, 是土地退化最主要的类型。每年全球土壤流失量达 $750 \times 10^8 \text{ t}$, 所损失的养分几乎等于世界商品肥料的生产量, 全世界每年有 $(7 \sim 9) \times 10^4 \text{ km}^2$ 农田因水土流失而丧失生产能力。印度每年流失的肥沃土壤约 $80 \times 10^8 \text{ t}$, 养分多达 $600 \times 10^4 \text{ t}$ 以上, 比施于耕地中的化肥还多。水土流失除使土壤肥沃的表层流失、降低土壤生产力以外, 还把泥沙冲向大海和淤积在河床、湖泊、水库中, 降低了行洪、调蓄洪水的能力, 威胁沿岸人民