

第 30 届国际地质大会论文集



第 1 卷

地 球 的 起 源 和 历 史

项礼文 主编



地 质 出 版 社

ISBN 7-116-02789-0



9 787116 027893 >

ISBN 7-116-02789-0

P · 2003 定价: 25.00 元

848

第 30 届国际地质大会论文集

(中 文 版)

陈毓川 赵 逊 张之一 主编
项礼文 蔡爱莉 曹佑功

内 容 提 要

本卷包括第30届国际地质大会的4篇主题学术报告和有关地球起源和历史的11篇论文。主题学术报告探讨了21世纪地球科学发展的趋势和需要、全球地质环境的变化、地质科学与人类生存、社会可持续发展的关系以及青藏高原隆起和构造演化。这些均是当前地球科学领域内的热点,并受到普遍关注的论题。本卷在地球的起源和历史方面,重点介绍了地球早期大气圈的形成和演化、地幔放气作用、地幔分异和演化、地壳的年代和增生、地球动力学、同位素地质学和元古宙的微体古生物学。可供从事地质、地理、环境、海洋等科研、生产的工作人员及有关院校的师生阅读和使用。

图书在版编目(CIP)数据

地球的起源和历史/项礼文主编. -北京:地质出版社,1999.7
(第30届国际地质大会论文集;第1卷)
ISBN 7-116-02789-0

1. 地… I. 项… II. 地球演化-国际学术会议-文集 N.P311-53

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第12528号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑 刘学琼

责任校对 田建茹

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本 787×1092 1/16 印张 10.875 字数 256000

1999年7月北京第一版·1999年7月北京第一次印刷

印数 1—500册 定价 25.00元

ISBN 7 116 02789 0
P·2003

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

第30届国际地质大会论文集英文版共26卷,已由荷兰国际科学出版社(VSP)于1997年全部出版。中文版由第30届国际地质大会组织委员会编辑,地质出版社出版。

第30届国际地质大会论文集卷目

- 第1卷:地球的起源和历史
- 第2卷:地学与人类生存、环境、自然灾害
- 第3卷:全球变化
- 第4卷:岩石圈构造和深部作用
- 第5卷:现代岩石圈运动 地震地质
- 第6卷:全球构造带 超大陆的形成与裂解
- 第7卷:造山带 地质填图
- 第8卷:盆地分析 全球沉积地质学 沉积学
- 第9卷:21世纪能源矿产和矿产资源 矿床地质 矿产经济学
- 第10卷:地学新技术方法
- 第11卷:地层学
- 第12卷:古生物学 地史学
- 第13卷:海洋地质学 古海洋学
- 第14卷:构造地质学 地质力学
- 第15卷:火成岩岩石学
- 第16卷:矿物学
- 第17卷:前寒武纪地质学和变质岩石学
- 第18卷:化石燃料地质——石油、天然气和煤
- 第19卷:地球化学
- 第20卷:地球物理
- 第21卷:第四纪地质
- 第22卷:水文地质
- 第23卷:工程地质
- 第24卷:环境地质
- 第25卷:数学地质和地质信息
- 第26卷:比较行星学 地质教育 地质学史

目 录

地球科学与社会——21 世纪的需求	W. S. Fyfe(1)
中国地质环境与全球变化	刘东生(12)
持续我们的生命维持系统	P. J. Cook(20)
青藏高原构造演化及隆升	肖序常,李庭栋(35)
地幔放气作用和大气圈的起源	YouXue Zhang(47)
地幔分异的脉冲模式——演化、地质年代学、地球化学、岩石学和地球动力学意义	Yu. A. Balashov(63)
中国东部前寒武纪大陆地壳增生、构造格架年代学研究	孙大中,李献华,邱华宁(78)
联合古陆周期、地球节律和可能的地球膨胀	王鸿祯,李翔,梅仕龙,张世红(89)
秦岭造山带地壳增生和地幔演化及其地质意义	张本仁,张宏飞,凌文黎,赵志丹,韩吟文,欧阳建平(105)
中国东南陆壳幕式生长的 Nd 同位素证据	周新华,胡世玲,李继亮,郝杰,S. L. Goldstein(117)
从板块构造到全球地球动力学	V. E. Khain(126)
地幔矿物之间的非平衡氧同位素分馏	郑永飞,李一良,魏春生(131)
北半球的中元古代微生物群及中—新元古代的转变	V. N. Sergeev(141)
新元古代生物遗体化石的组织学研究——对多细胞化和性起源的启示	张昉(148)
澳大利亚内陆新生代地表和硬壳的气候及其地球动力学意义	H. Wopfner(159)

地球科学与社会

——21 世纪的需求

W. S. Fyfe

(Department of Earth Science, University of Western Ontario,
London, Ontario, N6A 5B7, Canada)

摘 要 当今世纪世界人口增至 100 亿~120 亿之际,地球科学必将有一个突飞猛进的发展。为保持真正的持续发展,我们必须用比以往更丰富的智慧来利用有关我们这个星球的全部知识。我们必须综合所有的知识来解决一些关键问题,如能源供应、粮食保障、废物处理以及维持与我们休戚相关的各类生物所需的空气和水的质量。地球科学知识是我们生存支持系统的知识开发的核心。

关键词 资源管理 可持续发展 地质教育

1 引言

20 世纪以近代人类的发展而著称。2000 年以前,人口约为 3 亿。经过以后的 1700 年时间,人口才翻了一番,这是由于社会冲突、疾病和饥荒控制了全球人口的增长。接着是现代科学技术的诞生,以及关于我们这个星球的新知识的来临。1900 年前后的伟人(从莱伊尔到达尔文再到爱因斯坦)开创了对原子、能量及星球系统了解的新纪元。我们现在是处于对各种均衡进行观察的时代。由于对新知识使用的疏忽,导致了当今的人口爆炸。对许多人而言,生活质量得到了极大的改善。但是,今天我们关注和遵循的是著名的 BRUNTLAND 报告(世界环境和发展委员会,1987)中提出的“可持续”发展的新概念。

今天,极大多数人承认,在未来的 30~40 年间,当今世界的 60 亿人口将重新翻一番。但这将会是一个具有新型人口布局的世界。到 2050 年,欧洲和北美洲将只拥有世界人口的一小部分。人口膨胀最快的地区可能出现在所谓的发展中(或过度发达)国家。其人口出生率为:印度,3.8%;尼日利亚,6.5%;埃及,3.9%;巴基斯坦,6.2%;德国,1.3%;意大利,1.3%;瑞典,2.1%。

近来世界资料显示了人口过分增长的问题,像亚洲和非洲等主要地区,其最大的问题是营养不良^[1],以及与营养不良有关的所有问题,像肺结核和疟疾等传统疾病的蔓延,资源竞争的加剧以及 40 多个国家连绵不断的残酷战争等等。

所谓环境难民的涌现是当前形势的一个新动向。正如 Fell^[2]在《伊甸园的流浪者》一书中所述的那样:“到 2050 年,由于环境原因而逃离洪灾、干旱、沙漠化和其它冲击的成群结队的难民将高达二亿之多。那么到底是否有希望抵御这种全球性的灾难呢?”

到2100年,人类居住的星球表面将出现很大的变化。在过去几十年间,我们看到了环境科学的发展,并详细研究了10万年前的环境变化。我们还识别出了在漫长地质时期内造成太阳—大气—水圈—生物圈—岩石圈系统产生周期性变化的众多因素。我们所处的环境过去不是,将来也不是处于一个稳定的状态。

但是作为地球科学家,必须要实事求是。过去并不是开启新世界的一个万能钥匙。比如,当出现下述情况时,设想一下地球将会发生什么样的变化呢?

(1) 几乎没有河流自由流向海洋(例如1950年全世界约筑有5300个大坝,而1985年新增至36600个大坝^[3])。

(2) 许多国家无森林。

(3) 大陆灌溉将导致全球蒸发的新模式——形成新大陆水动态及盐碱化等。

(4) 全球土壤变得更为贫瘠及生物繁衍更少。

(5) 越来越多的异生物化学物,杀虫剂,除草剂等覆盖整个地球。

(6) 生物多样性急剧减少,而遗传变种充斥全球。

总之,我们这个星球将会出现一种新的化学和生物外层,形成一种新的反照率。

到2050年,生活的平均质量是否会提高些呢?笔者常常思索最重要的问题应该是“这个星球能否确实支撑住100亿~120亿的人类,并使之为我们下一代留下一个正常秩序,这个问题应由所有有知识的人们来回答。但是用我们目前的技术和社会道德,还不能回答这样的问题。在1960年,20%最富裕人口的财富与20%最贫困人口财富之比为30倍,可是今天这个比率已增至60多倍。是的,“全球化”或正如有些人所说的“集团封建主义”正在发生作用。

不管怎么样,应考虑一些急需的新发展,这些新发展的极大部分或部分,均涉及地球科学。只因万物均处于互为关系之中,因此很难把这些新发展置于任何优先秩序之列。

2 最优先的事项——大众化的素质教育

当我们思考人类的生存条件以及由于可持续系统的真正改变而引起环境日益改善的趋势时,世界资料是有清晰记载的(见世界资源研究院报告,1996~1997年)。在有良好教育的国家里,所有问题正在得以解决。在生物圈内,以及在这个星球上,人类社会正在承认这样的教育地位。正如笔者多次说过的那样,我们需要大众化的文化普及,教学能力以及科学知识。所有生活在太阳系中惟一有人类的一颗行星上的人们,必须懂得它们所起的作用,以及控制我们赖以生存的因素。当文化普及的需求已被认识之时,大众化的科学也应予以同样重视,这是显而易见的。利用行星系统向不同年龄和地位的人们介绍最基本的科学概念(物质—能量—动力),这是一种可行的办法。为了对全球负责,我们必须要加强教育^[4]。人们必须懂得我们这个星球上的所有条件永远不会处于一个稳定的状态。我们必须具备应付突然事变发生的可能,这就意味着我们必须要有积累。

在高科技机构、大学里,产生更多跨专业领域的时机已经成熟。因此我们必须拥有各类专家,但是今天我们必须配备能与其他行家对话的专家,而并不是专门玩弄技术术语的专家。最近,笔者重读了联合国儿童基金会的一份旧报告(1963年),文中说,到1970年止,疟疾将在我们这个星球上绝迹;因此给发展中国家提供的许多外援,都是以滴滴涕(DDT)的

形式出现的。但是这些专家们搞错了,他们并不了解生态学或进化。在环境科学的标题下,我们需要物理、化学、生物、地质、工程、社会学以及经济学等多学科领域的相互渗透。

3 地球科学中的一些优先领域

3.1 地质图的发展

从来没有像现在这样,需要如此高精度比例的地质填图,以适应正在考虑的发展问题。这些地质图在描述事件的时间概念和三维空间时必须精确。例如,如果我们考虑百万以上人口的都市发展,需要详细和广泛的地质知识来预防或减少费用昂贵的工程错误以供应和保护水源、防止污染等(如 Kobe, 日本),但这些要求远远超出了目前大部分填图系统的精度和范围。当前的研究,正如德国深钻试验(KTB)那样,明确显示了当今深部遥感技术远远不敷使用的情况。最近,笔者与葡萄牙的优秀地质构造学家(里斯本大学)在野外进行了考察。当谈到核废料堆放场所时,构造学家只是对某些感兴趣的地区进行了填图。该区由于一些主要断层结构而闻名。但是他们的详细研究明确透露了应力模式的复杂性,并表明了有微断层系统的存在,分布频率为几十米。这类细节对计划任何主要工程项目来说,均是必不可少的。在挪威的最近一次会议上,瑞典地质学家就已使用了高质量的地图设计新公路的确切位置,结果节省了一大笔费用为例作了报告。随着城区的扩展,对使用地下空间作为储存设施、工厂建设、交通路线等必须予以考虑。我们这个星球的表面应着重发挥它在粮食和纤维生产以及普通生物繁衍的作用。

地质图须包括地表化学(和农业发展潜力有关)以及在地表几千米范围内的地下水储存等内容。由国际地质科学联合会和联合国教科文组织主持的近期工作,表明了地表地球化学填图对从农业、公共卫生,直至废料处理^[5]的巨大重要性。

3.2 物质的质量控制

在所有物质描述方面,对无机物、各期生物体、空气、液体、固体,以及地表研究方面,今天我们已具有惊人的技术。在我们这个星球上,任何物质在被使用和摈弃之前,需要确切了解它到底是什么,以及它是如何与岩石圈表层发生反应的。正如下面所讨论的那样,地球物质大量地被使用和摈弃,而它们的化学特性等常常是到了出问题以后才进行研究。我们的一些传统专业,如矿物学和岩石学,在广义上应被认为是自然地球物质科学。

3.3 能源

目前,大部分世界能源均为煤炭、石油和天然气的燃烧所得。所有这些资源均是天然资源,且不能再生。然而对这些宝贵资源因缺乏考虑而引起的浪费,却是全球的一大灾难。在化石燃料资源中,只有煤炭和某些含碳丰富的沉积岩类才拥有我们感兴趣的几十年的能源储量。总的说来,在燃烧技术方面,几乎没有任何变化,仍然是加气—燃烧—排泄至大气中。

这里没有必要来讨论气候变化所引起的潜在的未来冲击,虽然事实上气候变化是由于我们使空气的化学成分急剧改变而造成的。一般讨论的是有关 CO_2 , CH_4 以及酸性化合物。但是,正如以前强调的那样^[6],许多煤炭含有大量的卤素:F, Cl, Br, I。由于这些油料燃烧所产生的影响,导致臭氧衰竭性灾难的日益临近。另外,煤炭和煤灰所含的详细化学成分目前还不清楚。许多煤炭含有大量的铀、砷等元素,而且许多重金属在煤这种富硫的还原介质中会稳定下来。然而对世界上这种主要燃料的组成和化学性质以及相化学的了解如此贫乏,真

是令人感到十分惊讶。

假设在我们的能源系统中,如果不使用化石燃料和原子能,而仅仅依靠风力、水力和生物质(biomass),那么到底有多少人能在这个地球上生存下去呢?

美国,还有中国和印度等国家,在今后几十年中主要依靠煤炭作为能源。为了减少煤炭燃烧而引起的环境污染,能否以合理的费用对燃烧技术进行改进?笔者认为答案应该是肯定的。在夏威夷一片密林覆盖下的一个透水的地下 Kauai 熔洞中,我们一直在对裂隙玄武岩中的 CO_2 和有机物进行固结(fixation)研究。每条裂缝均充填有白色物(二氧化硅、粘土、碳酸盐),这种白色物质是有机物与玄武岩发生化学反应而形成的,这是由周围细菌生物膜作媒体而促成的一个反应过程。在适宜的环境下,细菌可以生活在地下 4 km 深,温度高达 110°C 的地方^[7]。能否利用这样的作用过程来固结煤炭燃烧而释放出的气体呢?当然某些岩石类型比另一些岩石更为好些,正如夏威夷那样,含有钙长石和富含铁-镁相的火山岩应最为理想。另外还趣地发现,当给某些岩石加上 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 时,可能引起高放热反应,废气的处置还能带来一种地热能的实效。在某些反应中,每个碳原子释放的热量大约是每个碳原子原燃烧热量的 30%。最近,在中国进行一次野外考察时(北京东部),对他们利用迅猛开采的油气田处置各类废物的可能性进行了讨论。如果一个盆地能几百万年地圈闭住油气,无疑它有能力封住废料^[8],而且油田的构造及水文地质特性通常是清楚的。对这个地区的兴趣正迅速增长^[9,10]。

对深部生物圈的不断了解也提出了这样的可能性。在某些类型的碳酸盐沉积岩存在的情况下,可以利用微生物进行甲烷或氢的现场生产。在有各类水污染问题的露天深部采矿区,有无可能现场生产生物气体呢?

在我们这个地球上,并不缺少能源资源,我们这个世界最终必须走向使用各种太阳能(光电、风力、潮汐)以及地热能。风能利用正日益风行全世界。光电设备正变得更为有效和经济^[11]。

地热资源一般是与高热流地区有关(火山系统)。但为某些用途(城市供热、温室和水产养殖系统),正常的地热梯度能够提供基本供暖。大洋底部许多地区蕴藏了可观的地热潜能。要利用这些潜在能源,需要精确地了解深部地质构造、孔隙率、渗透性以及地球化学等专门的知识。在最近一期“经济学家”杂志上,笔者十分有趣地读到这么一篇文章,说是现在世界上缺少高纯度的硅。在我们这个地球上,哪里有纯度最高的、百万吨储量规模的 SiO_2 ? 对这类问题,我们必须引起注意。

3.4 水

如世界人口达 100 亿,且给这 100 亿人口提供充足的营养和清洁水,那就必须以极大的谨慎和注意管理好全球的供水。当进一步考虑水资源问题时,我们发现了水源确实是有限的,以及潜伏的环境灾害^[12,13]。

在全世界,降雨量约为 525100 km^3 ($1 \text{ km}^3 = 10^{15} \text{ g} = 10^9 \text{ t}$)。然而大部分雨量降落在大洋中(占 78%)。在陆地,一半以上的雨量被蒸发掉。供人类使用的可靠径流量约为 14000 km^3 (大部分径流仅在洪水期间才出现)。可靠的可用水约为 9000 km^3 。最后,人类能利用的约为 3500 km^3 ,大约是 40%。经人类使用后,水的化学和生物学性质就发生了变化^[14]。

就一给定的区域而言,水的供应可以用数量来表示。不过最好采用“岛屿”模式(例如,一条河流可以从一个区域流向另一个区域,不过谁能保证这种入流量—径流量—会保持下去

呢?)。在岛屿模式中,水资源要素包括:降雨量、地下水渗透量、蒸发量或蒸腾量以及流入海洋的径流量。首要的参数是降雨量的可靠程度,或变化程度。我们在计算可供水总量的平均值时,采用的是多长的时间期限?所使用的数据将部分地反映已有的或可能会具有的长期储水技术。

在制订岛屿供水管理计划时,有几个实际问题:

(1) 一定要具有充足的径流量,以防止盐碱化,因为径流可以从地表带走盐分和其它废物。

(2) 蒸发过程取决于岛屿的地表覆盖层的自然状况而定。而这将随着植被、城市发展状况及交通系统等因素而变化。

(3) 有利用前景的地下水资源取决于岩石的地质条件、深部孔隙度、渗透率及化学性质,这些因素会影响到水的化学性质及对于农业和工业等各种不同用途的适合程度。

(4) 地表蓄水会减少土地面积,并增加蒸发量。

(5) 如回灌超过抽水,且循环并未降低原有的孔隙度和渗透率,那么地下蓄水才可能持续利用。

许多地区在用水时,很明显没有对这些基础资料加以考虑^[13]。在许多地区,目前地下水正在被超量开采。

无疑,在不久的将来,特别是在城市和工业系统中,由于水的大量回收和重新利用,将会出现大量技术的开发。假如气候适宜,城市的工业污水可以通过充足的太阳能资源进行重新蒸馏——一种太空船地球(Space Ship Earth)技术(试设想一下在火星上有一片侨居地!)。通过采用某些合适的岩石,蒸馏水很容易被重新矿化,达到人类营养所需的矿物质含量水平。在工业使用方面,通过现代过滤系统(无机物过滤或生物过滤),不仅可以减少废水排放,而且还可以提供再生用水。

对众多主要问题具有潜力的一个大问题所涉及的是,许多主要径流系统的农业能源的用途。一条大河拦腰筑坝以供这类用途。由于降雨量波动,流入海洋的径流量也引起大幅度的波动。在下游,水生物的多样化及生物数量被严重扰乱。在入海口,海洋生物的营养供给也出现了令人担忧的紊乱。现代卫星图片已清晰显示出海洋生物是集中在大陆边缘的。

但是,也许最为严重的是,海洋水流系统可能受到干扰。大约在1万年以前,向大西洋、北冰洋地区输送能量的“墨西哥暖流”受到干扰。北半球进入了小冰期——新仙女木期事件。Broecker等^[15]对此解释说,曾经有一段时期,密西西比河系曾改道流入圣·劳伦斯河系。这样导致一股大陆轻水大量流向北大西洋洋面,因此扰乱了“墨西哥暖流”及北半球的能量输送。很快,北冰洋冰冻了。这种模式警告我们,如果一股大型外流量发生变化,那么洋流模式和海洋的混合状态可能会发生变化,会影响当地及全球的气候。但是,应该提及的是最近有人对Broecker等^[15]的模式提出了质疑^[16]。当规划对大陆径流做重大改变的时候,这种现象必须予以考虑。

最后,我们需要新技术对污水进行净化和补救。对于无机物、重金属、污染物而言,矿物表面的反应具有重要意义。因此,像铅和汞等元素常常可以被硫化物矿物表面所吸附才能被除去。铀和许多金属由适量的微生物吸附。通过简单运用太阳能对污水和盐碱水进行净化蒸馏处理的许多新技术正在被开发。当污染含有毒性有机化合物时,可通过使用适量微生物进行反复处理,这种方法正得到不断重视。而且,使用地下嗜热有机物的可能也令人很感兴

趣。此外,在炎热地区,蒸发作用强烈,要避免建造大面积的水库。我们需要探索地下蓄水的更好的办法,甚至惰性覆盖层技术等。像能观测土壤湿度的雷达卫星技术那样的新型观察技术,会促使农业生产规划更趋合理,减少灌溉用水。

3.5 空气

目前全世界正日益关注空气质量和公共卫生。比如,据统计,在英国^[17]“由于颗粒物污染引起的疾病、死亡和损失工作日,使全国每年损失 170 亿英镑。”在英国,主要问题来自运输技术。但是最近 Nriagu^[18]发表的一篇论文指出,空气中散发有令人难以置信的大量金属,例如现在每年有 400 万吨铅散发到空气之中。随着金属采矿业的生长,空中的散发物也相应增加。

在许多城区^[19]颗粒物不断增多,其来源和特性很少详细鉴定。现在急需对所有颗粒物及气体扩散加以研究,以发明对之加以控制的技术。这种状况一般与矿物燃料的利用情况相类似。我们知道这样的技术是能够办到的。

3.6 土壤

目前,至少有 10 亿人口得不到充足供应的营养价值均衡的食品^[1]。在全世界,木材正在变成一种昂贵和日趋匮乏的商品。尽管有了电子革命,纸张的使用还是有增无减,在过去的 40 年中,人均增加了 3 倍。此外,世界的海洋资源正以惊人的速度在锐减。更有甚者,贫—富差距极大加剧了世界人口的营养差异。

维持纤维质食品的生产主要取决于气候、气候变化、土壤质量及水资源等,而地球科学知识就涉及所有这些参数。如果我们不能为现有的世界人口提供充足的营养,那么,将来(增加的) 50 亿人口还有什么指望呢?

为了满足生命所需有机物的高效生产^[20],所有生物体需要大批的以及均衡的化学元素(大约 50 种)。土壤的地球化学和矿物学对于土壤维持有机物生产能力的评估至关重要。根据世界观察研究院的资料,全球每年损毁土壤耕种层近 1%,而自然补救可能需要几百年的时间。目前拥有控制侵蚀和盐碱化的技术,但是这些技术没有得到充分的利用。现在非常需要一批新的土壤图件,清楚地标明优质土壤,供森林生长所需的土壤以及我们弃之不用的土壤^[21]。

在土壤的物理化学性质一定的情况下,添加剂可以大大提高生物的繁衍能力。这些添加剂常常需要增加一些矿物质,如 K, Mg, Ca, P 等;以及适当增加一些微量金属,如 Co, Mo 等,这些元素在固氮的生物功能中起到关键作用。添加剂的类型(选择)与土壤的类型和气候条件有着密切的关系。在很多情况下,如潮湿热带的红壤,缓慢释放的矿物肥料(长石和磷酸盐岩中的钾)可能比易溶的化学肥料更为有效和更少浪费(见参考文献^[22])。

土壤含有一大批复杂的超细无机物和生物矿物质,它们在地表分布广阔,控制着主要的土壤-生物功能。目前凭借地表化学的现代技术(Auger, ESCA),以及现代高分辨能力传输电子显微镜的功能^[23,24],我们能够精确地观察到无机—生物—空气—液体之间的反应,这在 10 年前还是不可能办到的事。在土壤中,许多成矿过程都包含有与生命细胞的反应。在生物矿化科学中将出现一个新的世界,正如 Lowenstam^[25]在几十年前所说的那样,这种认识对至少具有 100℃ 的水生动植物环境来说具有重要的意义。

今天,我们能够大量减少各类土壤的侵蚀。可以不必大量使用极易溶解的化学肥料,而像污水、堆肥、岩粉、煤灰等废料可用作土壤的改良剂。但在使用过程中,对化学和微生物的

总量应有一个严格的质量控制。许多证据表明,生物多样性确能促进生物繁衍^[26]。生物多样性也能减少诸如干旱等气候变化的影响。

表 1 主要河流中的营养物

河 流	溶解钙	溶解镁	溶解钾	固体溶解物总量
密西西比河	39×10^{-6}	10.7×10^{-6}	2.8×10^{-6}	265×10^{-6}
L. 亚马逊河	5.2×10^{-6}	1.0×10^{-6}	0.8×10^{-6}	38×10^{-6}
L. 内格罗河	0.2×10^{-6}	0.1×10^{-6}	0.3×10^{-6}	6×10^{-6}
恒 河	24.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}	3.1×10^{-6}	167×10^{-6}

注:此表资料摘自文献^[27]。

我们如何评估当地和区域性土壤的优劣呢?笔者建议使用几种简单的方法对当地和区域性土壤优劣情况进行实用的评估。从细菌到树木,所有生物均需有一个含有多种常量和微量养分的广阔的栖息地。表 1 说明的是世界上 4 条大河中 3 种主要的常量营养分的含量。这些河流中的大部分水均流经地表土壤和岩石。常量营养物的含量以及溶解的无机物总量(固体溶解物总量)清楚地显示了这些河流排出的土壤状况。密西西比河和恒河系统流经造岩物的年轻土壤。而亚马逊河和内格罗河系统流经古老的红土地块。亚马逊河水显出在支持大量生物繁衍方面能力的不足,原因可能是该区在历史上从来都是人烟不甚稠密。

3.7 物质——矿物资源

如我们环视一下四周,将会发现我们已被各类变化的物质所包围,这些物质很大一部分来自地壳上部 1 km 左右之处。我们与混凝土、玻璃、沥青、陶器、钢铁、铜、铝、石头、锌等同在。我们使用的交通工具和电脑等几乎由元素周期表中的一半元素所组成。发达社会平均每人每年消耗 20 t 岩石提取物。为这 100 亿人口过着优越生活,这就意味着每年得消费 2×10^{14} kg 的岩石,约合每年 100 km³ 的岩石。此数量超过了全球(陆地和洋底)所有火山活动的体积一个数量级。人类活动目前是改变地球表面变化过程的一个主要组成部分^[6]。

我们能否为全人类提供必需的物资?如果我们拥有能开动机器、运输物资的能源,则回答也许是肯定的。但是,也应清醒的是,对于极少数常用物资(铜、锌等),由于严格地注意了回收再利用,环境的毁坏才可从目前的状况得以减缓,这一点是非常清楚的。设计产品要考虑回收利用这种新趋势,且必须成为今后的一种规定。在材料使用、能源利用及废料产生等总量上厉行节约,减少费用,会使回收利用成为未来经济上至关重要的措施。

今天我们使用的大部分原料均来源于木材。很显然,目前这种将木材产品用于建房、造纸、包装等的使用方式不能再继续下去了。砍伐森林对环境造成的影响是如此之严重,因此不允许像过去和现在这样的任意砍伐再继续下去了。木材将不会是个下世纪 100 亿人口的一种主要原料了。它的不再需求,是由现代建筑业和交通业的发展前景看,木材已不是那么必需了。

再者,必须强调指出,将来开发矿产资源一定要改进质量控制。在任何矿山开采之前,必须了解所有岩相的矿物学,及所有元素的总化学特性和化学环境。假如在对深部生物圈进行新的观察条件下,使用微生物进行现场采矿,将出现鼓舞人心的新的可能性^[28,29]。

3.8 全面的采矿技术

如上所述,要供给发达社会每人每年约 20 t 的岩石的资源消费量。大量的矿山开采巷

道要开拓到极大的深度,达地表以下几千米。但是最近才开始考虑如何对矿洞做最后的利用。

首先,如果从矿山中采出的矿石仔细地进行过分选和性能描述,也许很多矿石具有重要的使用价值。比如,在红土分布区,一些常见的矿物在当地可用作土壤添加剂。某些类型的矿井适合于储存废料。那么一些极深的矿井能否用来将放射性强度高和低的核废料隔开呢?在某些情况下,一些露天矿坑、近地表的矿坑可用于堆放城市垃圾的处置。而对一些有机质废料能否用合适的粘土材料进行封闭处理,以生产有用的沼气呢?

要使用这些有潜在利用价值的废矿井,自始至终需要全面的统筹规划。成功的关键往往在于对脉石矿物、粘土、二氧化硅矿物、碳酸盐等进行简单的分选。只要把尾矿利用放心上,这种设想就能大大提高采矿业的经济效益。

3.9 废料

利用化石燃料生产能源时会产生大量的废料。这里不需强调二氧化碳,温室效应,或者由于煤炭利用技术水平低下而形成的酸雨。同样地,我们使用“洁”煤技术这样的词语。除非二氧化碳得到控制,但正如许多地球化学家所知的那样,这并非是不可能的;否则煤炭的燃烧不说是十分肮脏的,至少也应说是肮脏的。即使是一次小小的气候变化或海平面上升所引起的经济和社会的后果会令世人极为震惊。我们需要全方位的经济考虑。

油料燃烧会释放出 CO_2 , CO , SO_x 和 NO_x 等气体,这已是众所周知的事。另一个严重问题是燃尘的处置。我们一直在印度工作,那里对高灰分的煤(含煤灰 10%~15%)是要利用的,因而引起了燃尘处置的大问题。煤炭是一种由大量不同的化学成分组成的物质,可能含有重要的高浓度的铬、砷、铅、铀等元素,但是煤也含有钾和磷这些有用的元素。在反应中,成玻璃质的煤灰对环境具有毒害作用。当前常采用的处置方法是向河流倾卸垃圾,但引起了严重的问题,如引发洪灾等。在全球,至少每年产生 1 km^3 的煤尘,煤尘的处置也愈来愈成为问题。常与煤中硫化物的氧化及微量金属元素淋漓有关的大规模的煤矿开采能引起地表和地下水资源的紊乱。

几十年以前,似乎出现了核能可以解决世界能源问题的可能性,而今天,我们对此表示忧虑。当可能性存在时^[30],核废料的处置问题还是没有彻底解决^[28,29]。在某些大陆,如非洲和南美洲,水力发电仍具有巨大的潜力。我们倾向把水力发电认为是一种对环境的良性循环。但是并不总是如此,巴西亚马逊河的经历即为一例。亚马孙河流域通常是巨大的粮食、森林产地。除非地形十分陡峭,否则水力发电可能引起大部分地区被洪水淹没,于是森林和农田也被淹,这就形成了热带水生疾病的发病区。目前对使用生物燃料(甲烷、乙醇、甲醇)的兴趣正日益增加。在这种来源于太阳能的、有潜力的、可再生的资源(糖→乙醇)方面,巴西处于世界领先地位。然而需要再注意的是,生物燃料需要土壤。当今世界的主要问题是营养物质不足以供应全部人口的问题^[1]。除非精确控制土壤的养分均衡,否则该技术不可能持续下去。如果世界上大部分农产区都用来生产生物燃料,那么在“欠收年”谁来提供食物储备以供“欠收年”之需呢^[31]?

在最近的一次 Dahlem 会议上^[14],对规模不断增长,充斥于现代的土壤—水—大气层系统的重金属和“异质生物”有机物的不良影响进行了讨论。目前利用的有机物中至少有 50000 种是没有天然的类似物质,其环境习性也不清楚。现在正逐渐采取行动消除这种有机物的扩散,以达到控制的目的;且常常用焚烧的方法来消除这种有机物。在发达国家,有关的

法规和管控措施大有改进(例如莱茵河系统)。但在大部分发展中国家,几乎没有任何控制。关于奇异的化学物对生态,当地居民及全球的影响还知之甚少,但是最近从东欧获得的资料,说明警钟已敲响了^[19]。由于一组简单化学物的缘故,引起了臭氧层的破坏,这种全球性的影响极好地说明了曾被认为是无害的化学物质不良影响的情况。

这里没有必要强调过量使用化肥、除草剂和杀虫剂对土壤、水、空气及生态平衡的影响,现在已越来越清楚地认识到了在这里已没有必要再加以强调。另外,“有机”耕种的局限性也认识到了。它表明如果只是采用有机耕种,将需要更多的农田来养活目前的世界人口。城市化消除了使人口悄悄疏散开去的想法。到下个世纪,2000 万人口的城市将变得更为普遍,那么垃圾到底往何处去呢?

我们逐渐又回到回收和重新利用废物的老办法上来。只要仔细处理,所有动物、蔬菜的废弃物都可制成优质肥料;或在某些系统中能用来制造甲烷和氢气^[32]。所有节能回收技术的关键乃是前期目标的质量控制。在工业投入时,如果我们能将所有的材料的特征进行充分地描述,那么在有效回收废料时,就会更经济合算。人们也许对月球上微量元素的了解比城市垃圾的了解更多些。垃圾回填应是最后的解决手段——我们不能再浪费土地了。现在对城市农业日益感兴趣。我们可以在城市内生产粮食并减少废料^[33]。

4 结论

世界资料十分匮乏^[19]。在有教育水平高和信息畅通的国家内,出生率正在下降。人民接受生育限制。一些气体释放也正得以大量减少(在德国,硫的量(以 SO_2 计)在 1970 年为 $3743 \times 10^3 \text{ t}$,至 1990 年减为 $939 \times 10^3 \text{ t}$),在许多国家,已证明回收再利用是很经济的。

对所需的新开发,我们需要新的系统来使所需的专门知识一体化,这也是显而易见的^[34]。例如,大部分发展中国家需要更多的能源。那么应该由谁来专门规划这些新开发呢?可供选择的方案和长远经济情况又是什么样呢?肯定地说,要有生物学家、生态学家、农业科学家、工程师、水文地质学家、综合性的地球系统科学家,还有许多来自高等物理、化学及材料科学的专家,他们都应与社会计划学家和经济学家共同协作工作。这些人员须从规划工作一开始起步就介入到其中。也许 Sir Krispin Tickell^[35]进行了概括性总结,他说,最近有人问我我是乐观主义者还是悲观主义者?最好的答案是由另一位人士做出的,他说他对才智持乐观态度,但对决心持悲观态度。总之,应有各种有效手段可以把我们对的问题束之高阁,而确定不使用他们。把长期的目标变为短期内的行动也决非易事。

有理由可以乐观。40 年代,Aldous Huxley 曾说过,我们是以贪婪、暴戾和缺乏理性的态度来对待自然的。但是今天缺乏理性这个词不再是个借口了。对成千上万出现的问题,有必要寻求一种一揽子解决的新方法。成功的关键是科学与坚实的经济相结合。如全人类要享受他们的人生^[36],那么就应该小心翼翼地善待这颗星球的地表以及我们的水圈、大气圈、生物圈系统。

我们有许多新的研究项目都证明了环境保护在经济上是有利的。当时间计算法是以 10 年为单位时,生态学和经济学(希腊文,Oikos,我的房子)互相并不矛盾。在我们的大学里,应该是改变我们许多课程的教学大纲并认清 2050 年世界之需求的时候了。

致谢 最后,我要感谢世界地质界以及中国政府在为组织 1996 年在北京召开的隆重盛大的第 30 届国际地质大会所作出的巨大贡献。毫无疑问,这次大会将会产生许多新思想和世界范围的新协作。在大会上,极大部分最为紧迫的问题得到了研讨。

(张利东译,籍传茂校)

参 考 文 献

- [1] Sadik N. The state of world population, 1989. United Nations Population Fund, U. N. , New York, 1989. 34
- [2] Fell N. Outcasts from Eden. New Scientist, 1996. 24~27
- [3] Abramovitz J N. Imperiled Waters, Impoverished future; The Decline of Freshwater Ecosystems. Worldwatch Paper, 1996. 128;80
- [4] Fyfe W S. Education for Global Responsibility. International Newsletter on Chemical Education, 36, December 1991. 1992a
- [5] Darnley A G. A global geochemical database for environmental and resource management. UNESCO Press, Darnley *et al.* , (Eds.), 1995. 122
- [6] Fyfe W S. Global Anthropogenic Influences. Encyclopedia of Environmental Biology. Academic Press Inc. , 1995. 2:203~214
- [7] Pedersen K. The deep subterranean biosphere. Earth Science Reviews, 1994. 34:243~260
- [8] Desseault T M B. Radioactive waste disposal. Nature, 1995. 375:625
- [9] Fyfe W S, Leveille R, Zang W, Chen Y. Is CO₂ disposal possible? Am. Chem. Soc. Division of Fuel Chemistry, 1996. 41(4):1433~1435
- [10] Hitchon B. Aquifer disposal of carbon dioxide. Geoscience Publishing Ltd. , Alberta, Canada. 1996
- [11] New Scientist. Cheap solar power, January 14, 1995. 11
- [12] Postel S. Last oasis-facing water scarcity. W. W. Norton and Co. New York, 1992. 239
- [13] Postel S. Dividing the Waters: Food Security, Ecosystem Health, and the New Politics of Scarcity. Worldwatch Paper, 1996. 132;76
- [14] McLaren D J, Skinner B J. Dahlem conference reports, John Wiley, New York, 1987. 940
- [15] Broecker W S, Kennett J P, Flower B P. Routing of meltwater from the laurentide ice sheet during the Younger Dryas cold episode. Nature, 1989. 41:318~321
- [16] Vernal A D, Hillaire-Marcel C, Bilodeau G. Reduced meltwater outflow from the Laurentide ice margin during the Younger Dryas. Nature, 1996. 381:774~777
- [17] Hamer M. Clean air strategy fails to tackle traffic. New Scientist, August 1996. 31;6
- [18] Nriagu J O. A history of global metal pollution. Science, 1996. 272:223~224
- [19] World Resources Institute. World Resources 1996~1997, Oxford Univ. Press. 1996
- [20] Mertz W. The essential trace elements. Science, 1981. 213:1332~1338
- [21] Fyfe W S. Soil and global change. Episodes, 1989. 12:249~254
- [22] Konhauser K O, Fyfe W S, Zang W, Bird M I, Kronberg B I. Advances in Amazonian biogeochemistry. Chemistry of the Amazon Seidl P R, Gottlieb O R, Kaplan M A C. (Eds.). Am. Chem. Soc. Symposium Series, 1995. 588
- [23] Tazaki K, Fyfe W S. Observations of primitive clay precursors during microcline weathering. Contrib. Min. Pet. 1986. 92:86~90
- [24] Tazaki K, Fyfe W S, Iwatzaki M. Clues to Arctic soil erosion from cryoelectron microscopy of smectite, Nature, 1987. 333:245~247
- [25] Lowenstam H A. Minerals formed by organisms. Science, 1981. 211:1126~1131
- [26] Tilman D, Wedin D, Knops J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems.

Nature, 1996. 379:718~720

- [27] Berner E K, Berner R A. The global water cycle. Prentice Hall Inc. , New Jersey, 1987
- [28] Fyfe W S. The Biosphere is going deep. Science, 1996a. 273:448
- [29] Fyfe W S. Energy and wastes; from plutonium to carbon dioxide. Science International, 1996b. (62):14~17
- [30] Krauskopf K B. Radioactive Waste Disposal and Geology. London, Chapman and Hall, 1988
- [31] Grove J M. The Little Ice Age. Methuen, London, 1988. 498
- [32] Baccini P. The Landfill. Berlin; Springer-Verlag, 1989
- [33] Nelson T. Closing the nutrient loop. Worldwatch, 1996. 9(6):10~17
- [34] King A, Schneider B. The first global revolution. Simon and Schuster, London. 1991
- [35] Tickell Sir Krispin. The future and its consequences. The British Association lectures, The Geological Society, London, 1993. 20~24
- [36] Fyfe W S. The Life Support System in Danger; Challenge for the earth sciences. Earth Science (Japan), 1992b. 47(3):179~201