

26

7013

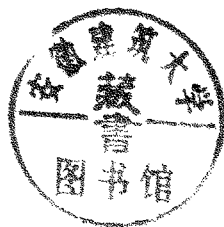
5 7

岩土工程新进展丛书

主编 吴世明 周 健 杨 挺

环境与岩土工程

周 健 吴世明 徐建平 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程新进展丛书/吴世明等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2001. 1

ISBN 7-112-04520-7

I. 岩… II. 吴… III. 岩土工程-研究 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 73677 号

环境岩土工程是岩土力学与环境科学密切结合的一门新兴学科。本书是一部介绍环境岩土工程的主要研究内容、方法及其最新进展的专著。本书内容丰富,取材新颖,较多部分含有编著者的最新研究成果和创见。本书反映了环境岩土工程领域的最新发展及当代水平。

本书主要包括:地震与环境岩土工程、垃圾土的工程性质、垃圾填埋场的设计与施工、考虑施工作用影响的土体环境理论与控制、地下水位与环境岩土工程以及地质环境与软土地下工程等。

本书可供土建、水利、地质和环境工程等部门的勘察、设计、施工和科研技术人员以及高等院校有关专业师生参考或作为本科生或研究生的补充教材。

* * *

责任编辑: 田启明
蔡华民

岩土工程新进展丛书

主编 吴世明 周 健 杨 挺

环境与岩土工程

周 健 吴世明 徐建平 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19¼ 字数: 465 千字

2001 年 1 月第一版 2001 年 1 月第一次印刷

印数: 1—1,500 册 定价: 102.00 元(共三册)

ISBN 7-112-04520-7

TU · 4028 (9970)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

人类赖以生存的地球生态环境正受到日益严重的污染,环境保护事业正面临着日趋严峻的任务。环境岩土工程是岩土力学与环境科学密切结合的一门新学科,它主要是应用岩土力学的观点、技术和方法为治理和保护环境服务。日益增长的环境保护要求,加速了环境岩土工程的发展。环境岩土工程目前所涉及到的问题主要有两类:其一是人类与自然环境之间的共同作用问题,这类问题的动因主要是由自然灾害引起的,如地震灾害、土壤退化、洪水灾害、温室效应等;其二是人类的生活、生产和工程活动引起的与环境之间的共同作用问题,这类问题的动因主要是人类自身,例如城市垃圾及工业生产中的废水、废液、废渣等有毒有害废弃物对生态环境的危害,工程建设活动如打桩、强夯、基坑开挖等对周围环境的影响,过量抽汲地下水引起的地面沉降等。

为促进环境岩土工程的发展,适应环境岩土工程实际的需要,作者学习和总结了国内外有关这方面的理论研究和工程实践,介绍了环境岩土工程的主要研究内容、方法及其最新进展,并放入编著者的最新研究成果和创见。

本书共分七章:第1章 绪论;第2章 地震与环境岩土工程;第3章 垃圾土的工程性质;第4章 垃圾填埋场的设计与施工;第5章 考虑施工作用影响的土体环境理论与控制;第6章 地下水位与环境岩土工程;第7章 地质环境与软土地下工程。

本书由周健、吴世明和徐建平编著,其中第1章由周健和徐建平编著,第2章由周健、吴世明和屠洪权编著,第3章由周健和徐建平编著,第4章由吴世明、徐建平和梅其岳编著,第5章由徐建平和周健编著,第6章由周健、吴世明和杜明芳编著,第7章由周健、徐建平和董鹏编著。

本书承蒙同济大学董建国教授于百忙之中认真审阅原稿,并提出了不少宝贵意见和建议,作者在此表示衷心的感谢。

谢。作者感谢池永、陈华剑等在本书编排过程中所付出的辛勤劳动。本书部分成果属国家自然科学基金重点(编号59738160)资助项目内容。书中引用了许多科研、高校、工程单位等的研究成果,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编著者

2000年9月于同济大学

第1章 绪 论

1.1 环境岩土工程的形成与发展

环境岩土工程是一门新兴学科,它既是一门应用性的工程学,又是一门社会学。它是把技术和经济、政治、文化相结合的跨学科的新型学科。它的产生是社会发展的必然结果。

人类进入现代社会后,对工程活动的评价标准已经从追求局部利益的阶段发展到了追求整体利益、全球利益的阶段。现代社会对人类工程活动的评价标准已经冲破了国界线,要求增强环境意识,共同思考人类赖以生存的地球状况,让世界各国人民携手保护环境。

当今世界的环境,可归纳为十大问题:①大气污染;②温室效应加剧;③地球臭氧层减少;④土壤退化和沙漠化;⑤水资源短缺、污染严重;⑥海洋环境恶化;⑦“绿色屏障”锐减;⑧生物种类不断减少;⑨垃圾成灾;⑩人口增长过快等。

由于环境条件的变化,迫使人类意识到自我毁灭的危险,人类活动的评价标准也随之不断扩展,所以新的学科也就不断地出现,老的学科不断地组合。

大约在20世纪70年代,美国、欧洲核电工业垃圾废物的安全处置问题和纽约 Love 河的污染问题引起了人们的强烈关注,而岩土工程师们在处理这些问题时起到了决定性作用。

到了80年代,随着社会的发展,都感觉到原来的土力学与基础工程这门学科范围已不能满足社会的要求,随着各种各样地基处理手段的出现,土力学基础工程领域有所扩大,形成了岩土工程新学科。

进入90年代,设计者考虑的问题不单单是工程本身的技术问题,而是以环境为制约条件。例如,大型水利建设,必须考虑到上下游生态环境的变化、上游边坡的坍塌、地震的诱发等等。又如采矿和冶炼工业的尾矿库,它的淋滤液有可能造成地下水的污染,引起人畜和动植物的中毒;大量工业及生活废弃物的处置,城市的改造,人们居住环境的改善等等。需要考虑的问题不再是孤立的,而是综合的;不再是局部的而是全面的。因此,岩土工程师面对的不仅是解决工程本身的技术问题,还必须考虑到工程对环境的影响问题,所以它必然要吸收其他学科,如化学、土壤学、生物学中的许多内容来充实自己,使之成为一门综合性和适应性更强的学科,这就是环境岩土工程新学科形成与发展的前提。

人类赖以生存的地球的生态环境所受到的污染日益严重,环境保护事业正面临着日趋严峻的任务。这种日益增长的环境保护要求,对环境岩土工程学科的发展过程起到了加速作用。环境岩土工程学科已经从原来作为岩土工程学科的一个分支,逐步发展成为了一个研究内容不断丰富、独立的学科。

1.2 环境岩土工程的研究内容与分类

环境岩土工程是岩土力学与环境科学密切结合的一门新学科,它主要是应用岩土力学的观点、技术和方法为治理和保护环境服务。目前,国外对环境岩土工程的研究主要集中于垃圾土、污染土的性质、理论与控制等方面,而国内则在此基础上有较大的扩展,就目前涉及到的问题来分,可以归纳为两大类^[1]:

第一类是人类与自然环境之间的共同作用问题。这类问题的动因主要是由自然灾变引起的,如地震灾害、土壤退化、洪水灾害、温室效应等等。这些问题通常称为大环境问题。

第二类是人类的生活、生产和工程活动与环境之间的共同作用问题。它的动因主要是人类自身。例如,城市垃圾、工业生产中的废水、废液、废渣等有毒有害废弃物对生态环境的危害;工程建设活动如打桩、强夯、基坑开挖等对周围环境的影响;过量抽汲地下水引起的地面沉降等等。有关这方面的问题统称为小环境问题。

表 1.1 具体列出了环境岩土工程研究的内容及分类。从表中可以看出,大环境和小环境之间相互是有联系的,例如大环境中的土壤退化、洪水灾害、温室效应等问题,也可能是由于人类不负责任的生产或工程活动,破坏了生态环境造成的;人类的水利建设也可能会诱发地震等等。

环境岩土工程的研究内容及分类 表 1.1

研究内容	分 类	成 因	主 要 研 究 问 题
环境岩土工程	大环境问题	内 成 的	地震灾害
		外 成 的	1. 土壤退化 2. 洪水灾害 3. 温室效应 4. 水土流失 5.
	小环境问题	生产活动引起的	1. 过量抽汲地下水引起的地面沉降 2. 生活垃圾及工业有毒有害废弃物污染 3.
		工程活动引起的	1. 基坑开挖对周围环境的影响 2. 在密集建筑群中打桩造成的挤土效应 3. 强夯施工等的振动、噪声对周围环境的影响 4. 城市地铁隧道盾构施工对环境的影响 5.

1.3 大环境岩土工程中的主要问题

大环境岩土工程问题主要是指人与自然之间的共同作用问题。多年来,在用岩土工程方法来抵御自然灾变所造成的对人类的危害方面已经积累了丰富的经验。

1.3.1 地震灾害

地震是由于地球内动力作用而发生在地壳表层岩石圈内的一种快速颤动现象,它是当前地壳运动的一种特殊形式。当组成地壳的岩石在地球内力作用下,产生构造运动而发生弹性应变,岩石以弹性应变的形式把应变能量积蓄起来,而一旦超过岩体弹性变形极限强度时,岩体就会发生剪切破坏或沿原有的破裂带(面)而重新发生错动(滑移),这时积蓄的应变能突然释放,并以弹性波的形式传播出去而引起地震。弹性波在地层中传播(主波和次波),与此同时,主波和次波混合着沿地表传播,称为面波。面波对建筑物更具破坏作用。

地震是一种危害性很大的自然灾害。由于地震的作用,不仅使地表产生一系列地质现象,如地表隆起、山崩滑坡等,而且还引起各类工程结构物的破坏,如房屋开裂倒塌、桥孔掉梁、墩台倾斜歪倒等。

此外,还有由于人类活动引起的地震,如水库蓄水、大级量的爆破和深井注水等人为原因引起的地震,其影响区域较小,震级不高,因而其破坏性也较小。

地震的危害包括一次影响和二次影响两部分。

一次影响是直接由地震引起的。如由地裂引起猛烈的地面运动,有可能产生很大的永久位移。1906年美国旧金山地震产生达5m的水平位移。猛烈的运动使地面的加速度突然增加;大树被折断或连根拔起;建筑物、大坝、桥梁、隧道、管线等被剪断。

二次影响如砂土的液化、滑坡、火灾、海啸、洪水、区域性地面下沉或隆起以及地下水位变化等。1920年12月16日,宁夏的海原地震,震级8.5级,震中烈度高达Ⅺ度,波及了甘、陕、晋、冀、鄂、川等十二个省区。地震时六盘山地区的村镇被悉数淹没,地面或成高陵或陷深谷,山崩地裂,地下水涌,海原、固原等四城镇全毁,全区因地震死亡者达20余万。1960年5月22日,智利发生8.5级大地震造成的损失主要是由于海啸引起的。海啸横扫太平洋,巨浪直驱日本,将大船掀上陆地的房顶, $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内发生地面变形,变形带长达1000km,宽210km,海底隆起达10m,而陆地沉陷了2.4m。

地震及其伴随的灾害对人类的危害是相当严重的,特别是一些大地震对人类的生命财产所造成的损失是非常惊人的。地震灾害对工程建筑物的破坏,造成生命财产的损失,主要是由于房屋的倒塌,大型建筑物或结构物的破坏,大规模的崩塌滑坡而造成的。因而,地震已成为许多科学工作者的研究对象,他们正致力于研究如何来预测地震和减少由此造成的损失。其研究重点主要包括作为抗震设计依据的地震烈度的研究、工程地质条件对地震烈度的影响、不同地震烈度下建筑场地的选择以及地震对各类工程建筑物的影响等,从而能够为不同的地震烈度区的建筑物规划及建筑物的抗震设计提供依据。

1. 地震对建筑物的影响

(1) 地震效应

在地震影响范围内,对于地壳表层出现的各种震害及破坏现象称为地震效应。对于工程建筑物来说,地震效应大致可分为地表破坏效应和振动破坏效应两个方面,它与场地条件、震级大小和距震中距离等因素有关。

a. 地表破坏效应

按其形成条件和破坏规模,可分为断裂效应、斜坡效应和地基效应等三个基本类型。由于类型不同,对建筑物破坏的影响也不相同。

(a) 断裂效应

地震导致岩土体直接出现断裂或地裂,引起附近或跨越断裂的建筑物产生位移或破坏的,称为断裂效应。断裂构造或断裂的发生把地层切割成各种形状的结构体,它对工程建筑物的影响是显而易见的。一座桥梁或一条隧道经常会遇到一组或几组断裂,设计者就应认真考虑地震时断裂活动或新产生的断裂对工程的影响。地震裂缝常分为重力性地裂和构造性地裂两种,它们主要表现在地面错动及其他形式的不连续变形,导致建筑场地地基失稳,而使结构物被动产生无法抵抗的错断或开裂,并由此导致地面工程震害加重。

(b) 斜坡效应

地震导致斜坡岩土体失去稳定,产生各种斜坡变形破坏,引起斜坡地段所设置的建筑物产生位移或破坏,称为斜坡效应,如崩塌、滑坡等。斜坡效应不但对斜坡上建筑物造成破坏,有时还会破坏斜坡下方的道路以及其他各种建筑物。

(c) 地基效应

地震使基底岩土体产生振动压密、下沉、振动液化及疏松地层发生塑流变形,使地基失效而建筑物产生位移或破坏的,称为地基效应。

b. 振动破坏效应

振动破坏效应是指由地震直接引起建筑物破坏的现象,一般包括建筑物的水平滑动、晃动及共振等造成的破坏,这是地震效应中的主要震害。

(a) 地震力对建筑物的作用

地震力是由于地震波直接产生的惯性力。它作为荷载作用于建筑物,使建筑物发生变形和破坏。因为地震力是由于地震波在传播过程中使质点做简谐振动所引起的,所以它的大小决定于这种简谐振动所引起的加速度。地震时质点运动的水平最大加速度为:

$$a_{\max} = \pm A \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \quad (1.1)$$

如果建筑物的重量为 Q , 在地震波作用下建筑物所承受的最大地震力 P 为:

$$P = \frac{Q}{g} a_{\max} = \frac{a_{\max}}{g} Q = K_c Q \quad (1.2)$$

式中 P ——最大地震力(N);

T ——振动周期(s);

A ——振幅(质点的最大位移值)(m);

g ——重力加速度(m/s^2);

K_c ——水平地震系数(以分数表示)。

地震系数是一个很重要的数据。当 $K_c = 1/100$ 时,建筑物开始破坏; $K_c = 1/20$ (相当于Ⅷ~Ⅸ度)时,建筑物严重破坏。通过大量数据的总结,我国现行地震烈度表已经给出了各级烈度的最大加速度、地震系数值,如表 1.2 所示。

地震烈度表

表 1.2

地震烈度	名称	地震加速度(m/s^2) a	地震系数 K_c	相应地震强度震级 M
I	无感震	<0.25	$<1/4000$	0
II	微震	$0.26 \sim 0.5$	$1/4000 \sim 1/2000$	2.0

续表

地震烈度	名称	地震加速度(m/s^2) a	地震系数 K_c	相应地震强度震级 M
III	轻震	0.6~1.0	1/2000~1/1000	3.0
IV	弱震	1.1~2.5	1/1000~1/400	3.5~4.0
V	次强震	2.6~5.0	1/400~1/200	4.0~4.5
VI	强震	5.1~10.0	1/200~1/100	4.5~5.0
VII	损害震	10.1~25.0	1/100~1/40	5.0~5.75
VIII	破坏震	25.1~50	1/40~1/20	5.75~6.5
IX	毁坏震	50.1~100.0	1/20~1/10	6.5~7.0
X	大毁坏震	100.1~250	1/10~1/4	7.0~7.75
XI	灾震	250.1~500.0	1/4~1/2	7.75~8.5
XII	大灾震	500.1~1000	>1/2	8.5~8.9

地震时,地震加速度是有水平向和垂直向的,因而地震力也是有方向性的,研究表明,垂直向和水平向加速度的比值变化范围比较大,垂直加速度一般为水平加速度的 $1/2 \sim 1/3$,考虑到建筑物竖向安全储备比较大,在计算建筑物抗震稳定时,除特殊建筑外,一般不考虑垂直地震力,因而把水平地震系数统称为地震系数。

(b) 地震周期对建筑物的影响

建筑物地基受到地震波的冲击而产生振动,同时建筑物一起振动,地基土和建筑物各有其各自的振动周期,当两者的振动周期相等或相近时,将引起共振,使建筑物振动的振幅加大,从而使之倾倒、破坏。研究表明,建筑物的自振周期一般都在 $0.1 \sim 2.5\text{s}$ 范围内,二、三层的结构物的自振周期约为 0.2s ,四、五层的结构物的自振周期约为 0.4s ,而十一、十二层的结构物的自振周期约为 1.0s 左右,可见建筑物愈是高层其自振周期愈长。所以常见长周期的地基振动使较高的多层建筑物破坏,而低层建筑物却无损坏。一般来说,距离震中愈远,地面振动的周期愈长,因而常见到距离震中较远处的高层建筑受到损害的现象。在松散堆积物巨厚的地区,由于表层堆积物对深层基岩传来的地震波起到选择放大作用,使地面振动周期变长,自振周期较长的高层建筑常因共振而破坏,而自振周期较短的低层建筑的破坏反而轻微。

(2) 饱和砂土的地震液化

饱和砂土在反复的地震力和其他动荷载作用下,由于孔隙水压力的升高,其抗剪强度或对剪切变形的抵抗能力的丧失的现象,称之为“砂土液化”。砂土的液化可视为砂土由固体状态向液化状态转化的作用和过程。

a. 砂土液化的危害

现场震害调查表明,在疏松而饱和的粉、细砂土地区,在地震时,大量产生地滑、边坡坍塌、建筑物的沉陷倾斜甚至倒塌,并在地面周围常常发生喷砂冒水现象。在这方面国内外的震例甚多。在国内,1975年2月4日,辽南海城发生了7.3级大地震,在营口、盘锦地区发生了大面积的砂土液化所造成的破坏。1976年7月28日,唐山丰南地区发生了7.8级强烈地震,在滦县、天津、塘沽、乐亭一带,在极大的范围内,发生喷砂冒水,出现了大面积的砂

土液化现象。在国外,1976年危地马拉7.6级地震,1977年阿根廷7.4级地震和1978年日本Miyagikenoki 7.4级地震,都给这些地区造成了大面积砂土液化,致使许多建筑物发生严重破坏。

液化多半发生于疏松饱和的粉细砂土,然而,目前已有许多证据说明,粘粒含量不高的粘性土(地基基础规范称之为粉土)也会在地震中发生液化。例如,前面所说的1975年海城地震,其中就有大量粉土地基发生了大面积的液化;76年唐山地震中,天津等沿海地区也出现了类似的现象。

b. 影响砂土液化的主要因素

饱和砂土的液化是砂土的类型、砂土的密度、饱和度等本身特性以及地震烈度、初始静应力、地震历时、地下水位变化等外部作用的变化这两方面的因素综合作用的结果。

c. 砂土液化的判定方法

对饱和砂土地基上的建筑结构进行抗震设计的首要任务,就是要进行砂土液化可能性的判别。现今常用及新近出现的评价砂土液化的方法,主要是动剪应力对比法、规范判别法和剪切波判定法。

(3) 饱和软土地基的震陷

震陷,就是饱和和软土等土层在地震力等往返荷载作用下产生的附加沉降。

a. 震陷的危害

震陷所引起的震害,在某些范围内是相当严重的。震陷可发生在多数地基土中,尤其在软粘土和饱和不排水砂土地基中的震陷更为严重。如唐山地震时,天津塘沽新港等沿海区域造成了软土地基上建筑物的普遍震陷,震陷量达30cm左右,有的建筑物发生了显著的倾斜;由通坨上行线咎各庄至坨子头的一段铁路,由于沂河故道砂层震后普遍液化,路面产生波状不均匀震陷,震陷量最大达2m;汉沽富庄村震前地形十分平坦,震后整个村几乎整体性震陷下沉,震陷量达2.8m左右,震陷面积达1~1.5km²。又如1964年新泻地震时,新泻城内大约有340幢建筑物遭到震陷破坏,最大震陷量达3.8m,建筑物普遍发生沉陷和倾斜。

b. 震陷的计算分析法

震陷计算分析方法主要包括软化模式、残余变形模式以及简化法等,这些方法大多是建立在理论与实验结果相结合的基础上的。

2. 地震的工程地质研究

地震的工程地质研究的任务是查明地区的地震地质条件,确定地区的地震烈度,对建筑场地进行工程地质评价,比选抗震性能最好的建筑场地,预测地震对该场地地震效应的类型和特点,以及对砂土液化和饱和软土地基震陷问题作出评价和分析并提出防治措施。

(1) 研究内容

a. 构造体系的分析。从区域地质研究入手,弄清场区所属构造单元和体系及其与其他构造体系的关系。主要分析判断所研究的地区有无活动性断裂及其规模和特点。由于断块运动往往造成接触地带的挤压、应力集中而成为地震活动带,因而应注意活动性断裂中的端点、拐点、交叉点、错裂点和最新活动性大的地段等,它们往往是震中的位置。据统计,活动性断裂延续长度达100km时,便具备了强震条件。在第四系岩层区,还应特别注意第四纪以来,断裂最后一次活动的时间。

b. 破碎带特性的分析。断裂破碎带胶结差或未胶结,构造岩中有错动现象,断裂面上

具有多组同方向或同方向不同深度的擦痕,构造岩中有新鲜的断层泥等,这些都是判定活动性断裂的标志。

c. 查明场地及其附近的地貌条件和自然地质现象。地区的切割深度、斜坡的坡度、特别是陡壁、悬崖对场地烈度影响较大。现有的滑坡、崩塌和岩溶洞穴等,对建筑物有很大威胁,应充分估计滑坡等在地震时可能活动的情况。

d. 查明建筑场地的土的类型、状态、厚度及分布情况等。特别注意软土层和可能发生液化的砂土层的分布范围、埋藏深度和厚度变化,分析场地在地震力作用下可能发生的震害类型和严重程度,作为抗震设计的依据。

e. 地下水的调查,主要是地下水埋藏深度的调查。因为地下水位的高低直接影响着地基土的性质和状态。

f. 历史地震资料的分析。沿断裂带,历史上地震震中有规律地分布,也是表明断裂活动性的重要资料。

(2) 地震烈度的确定

地震震害程度取决于地震烈度、地基条件和建筑物结构的抗震性能等三个因素,而地震烈度是主导因素,在同样地震烈度下,地基条件又起了主要作用。地震烈度是抗震设计的一个重要依据。工程地质工作者的主要任务是会同地震工作者确定地区的基本烈度,再根据建筑物的重要性、永久性、抗震性和在国民经济中的地位以及场地地质条件等,在基本烈度的基础上,按区别对待的原则,进行分析研究确定设防烈度(计算烈度)。

1.3.2 土壤退化

土壤退化是指由于使用土地或由于一种营力或数种营力结合致使干旱、半干旱和亚湿润干旱地区雨浇地、水浇地或草原、牧场、森林和林地的生物或经济生产力的复杂性下降或丧失,其中包括风蚀和水蚀造成的土壤物质流失,土壤的物理、化学和生物特性或经济特性退化以及自然植被长期丧失。

1. 荒漠化

根据联合国防治荒漠化《公约》的定义,“荒漠化”是指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化。

(1) 我国荒漠化的现状

a. 荒漠化土地面积大、分布范围广

根据《中国荒漠化报告》^[13],我国荒漠化土地总面积为 $262.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土面积的 27.3%, 涉及新疆、内蒙、西藏、青海、甘肃、河北、宁夏、陕西、山西、山东、辽宁、四川、云南、吉林、海南、河南、天津、北京等 18 个省(市、区)的 471 个县(市、旗), 其中 99.6% 分布于我国北方以及西藏 12 个省(市、区)的 420 个县(市、旗)。荒漠化土地中有 $114.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 分布在干旱地区, $91.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 分布在半干旱地区, $55.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 分布在亚湿润干旱区。荒漠化土地占荒漠化地区总面积的 79.0%, 远远高于全球 69.0% 的平均水平^[14]。

b. 荒漠化类型复杂多样、发展程度高

按动力类型划分,我国荒漠化土地中有风蚀荒漠化土地 $160.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 水蚀荒漠化土地 $20.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 土壤盐渍化土地 $23.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 冻融荒漠化土地 $36.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。按土地利用类型划分,有退化耕地 $7.7 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占耕地总面积的 40.1%; 退化草地 $105.2 \times$

10^4km^2 ,占草地总面积的 56.6%;退化林地 $0.1\times 10^4\text{km}^2$ 。按发展程度划分,有重度荒漠化土地 $103.0\times 10^4\text{km}^2$,占荒漠化土地总面积的 39.3%;中度和轻度荒漠化土地分别为 $64.1\times 10^4\text{km}^2$ 和 $95.1\times 10^4\text{km}^2$,分别占荒漠化土地总面积的 24.4% 和 36.3%。荒漠化土地占荒漠化地区总面积的比例和重度荒漠化土地比重都高于全球平均水平^[14]。

c. 荒漠化扩展速度快、发展态势严峻

据调查,50 年代以来我国荒漠化一直在加速扩展。以影响范围广、危害最为严重的风蚀荒漠化为例,20 世纪 50 年代末期到 70 年代中期平均扩展速度为 $1560\text{km}^2/\text{a}$ ^[15],70 年代中期至 80 年代中期增至 $2100\text{km}^2/\text{a}$ ^[16],至 90 年代中期已经达到 $2460\text{km}^2/\text{a}$,约相当于一个中等县的土地面积^[13]。荒漠化发展最快的有两类地区:一是贺兰山以东的农牧交错地区,如内蒙古乌盟后山、河北坝上等;二是内陆河下游的绿洲地区,如塔里木河下游的“绿色走廊”地带、黑河下游的额济纳绿洲、石羊河下游的民勤绿洲等。特别是,由于全球气候变暖,我国荒漠化地区普遍存在干旱化倾向,随着今后人口压力的增加和人类经济活动的进一步加强,如不采取应急措施,荒漠化将以更大的速度加速扩展。

(2) 荒漠化的危害

我国荒漠化危害严重,每年造成的直接经济损失达 540 亿元,而间接经济损失是直接经济损失的 2~8 倍,甚至达到 10 倍以上。荒漠化的危害主要表现在以下几个方面:

a. 荒漠化破坏生态环境,威胁人类生存,甚至使许多人沦为“生态难民”

由于荒漠化不断扩展,沙尘暴越来越频繁,不仅对生产建设造成极大破坏,而且给人民的生命财产带来重大损失,其中以 1993 年甘肃河西发生的“5.5”沙尘暴破坏最为严重。同时,沙尘暴还对包括北京在内的我国东部以及朝鲜、日本和美国的夏威夷等地的大气环境带来严重污染。荒漠化造成森林锐减、天然植被大面积死亡、地下水位下降、湖泊干涸。例如,塔里木河下游胡杨林面积由 50 年代的 $5.4\times 10^2\text{km}^2$ 减少到 90 年代的 $1.6\times 10^2\text{km}^2$,由北疆进入南疆的 180km“绿色走廊”正在消失。50 年代末,甘肃河西黑河流域的东、西居延海面积分别为 35.5km^2 和 267km^2 ,并分别于 1961 和 1992 年干涸,“湍湍不息”的居延海从此成为历史。内蒙古额济纳旗先后有 12 处湖泊、16 处泉水、4 个沼泽干涸,造成人畜饮水困难,一部分牧民沦为“生态难民”,四处迁徙。甘肃酒泉卫星发射中心也出现地下水位下降、水质恶化、盐碱化扩大、林木死亡、风沙频繁、铁路经常停运的现象。位于河西石羊河下游的民勤绿洲地下水位以 $0.5\sim 1.0\text{m}/\text{a}$ 的速度下降,地下水矿化度达 $4\sim 6\text{g}/\text{L}$,使 7 万余人、12 万头牲畜饮水发生困难, $2\times 10^2\text{km}^2$ 以上的农田弃耕,农民迁居^[17]。

b. 荒漠化破坏土地资源,使可利用土地减少、质量下降,造成农牧业生产减产甚至绝收

我国荒漠化地区有退化耕地 $8\times 10^4\text{km}^2$,每年因此损失的粮食超过 $3.0\times 10^9\text{kg}$,约相当于 750 万人一年的口粮。建国以来,全国共有 $6.67\times 10^3\text{km}^2$ 耕地变成沙地,平均每年丧失耕地 149km^2 ^[17]。另据估算,全国每年因风蚀损失土壤有机质、氮素和磷素达到 $5.59\times 10^7\text{t}$,折合化肥约 $2.68\times 10^8\text{t}$,价值近 170 亿元,如果要使严重荒漠化土地中的有机质、氮、磷等营养元素恢复到原生土壤状况,即使是在采取人工措施的条件下,也需要几十年、上百年甚至更长的时间。土壤质量下降导致粮食单产不断降低,例如,位于坝上地区的河北省丰宁县 60 年代粮食产量为 $133.5\text{t}/\text{km}^2$,70 年代为 $127.5\text{t}/\text{km}^2$,80 年代为 $90\text{t}/\text{km}^2$,90 年代仅为 $45\text{t}/\text{km}^2$ 左右,干旱年份甚至只有 $15\text{t}/\text{km}^2$ 左右,群众称“种一坡,拉一车,打一箩,煮一

锅”。根据荒漠化普查,荒漠化地区共有退化草地 $1.05 \times 10^6 \text{ km}^2$, 由于草地退化每年少养活绵羊 5000 多万只。建国以来,共有 $2.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ 草地变成流沙,平均每年减少 520 km^2 。内蒙古自治区 1983 年有退化草地 $2.1 \times 10^5 \text{ km}^2$, 1995 年发展到 $3.9 \times 10^5 \text{ km}^2$, 可利用草地退化面积以大约每年 2% 的速度增加^[13]。素以水草丰美著称的呼伦贝尔草原和锡林格勒草原,退化草原面积比率分别为 23% 和 41%, 退化最为严重的鄂尔多斯高原草场退化面积已达 68%。草地退化一方面表现为植株变得低矮稀疏,产草量下降;另一方面表现为豆科、禾本科等优良牧草数量减少,有毒有害、适口性差和营养价值低的植物增加,牧草质量下降。目前内蒙古天然草场载畜量仅相当于 50 年代的 75%, 60 年代的 80%。受荒漠化影响,畜产品产量随牧草产量和质量的降低而下降。如内蒙古乌审旗绵羊体重由 50 年代的平均 25 kg/只 降至 60 年代的 20 kg/只 , 到 80 年代又降至 15 kg/只 左右;同期山羊体重由 15 kg/只 降至 9 kg/只 左右。

c. 荒漠化破坏交通、水利等生产基础设施,制约经济腾飞

我国荒漠化地区铁路总长 3254 km , 发生沙害地段 1367 km , 占 42%, 其中危害严重地段 1082.5 km 。交通线路因荒漠化危害而发生阻塞、中断、停运、误点等事故时有发生,荒漠化使许多道路的造价和养护费用增加,通行能力减弱。1979 年 4 月 10 日一次沙尘暴就使南疆铁路路基风蚀 25 处,沙埋 67 处,受害总长 39 km , 积沙量 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3$, 桥涵积沙 180 处,南疆铁路因此中断行车 20 d, 造成直接经济损失 2000 余万元^[18]。因风沙磨损钢轨,使磨损速率增加 5~10 倍。公路沙害也非常严重,我国受荒漠化危害的公路近 $3 \times 10^4 \text{ km}$, 水蚀冲断、流沙埋压经常发生。荒漠化对民航运输也有很大影响,如 1988~1992 年期间,西藏的贡嘎机场因沙暴、扬沙、浮尘等风沙天气每年造成民航运输直接经济损失达 72 万元^[19]。荒漠化还常常对水利设施造成严重破坏,如泥沙侵入水库、埋压灌渠等。据调查,晋陕蒙接壤区库容大于 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的 46 座水库的总库容已被淤积 37.3%, 建于 1977 年的陕西省神木县瓦罗水库设计库容为 $626 \times 10^4 \text{ m}^3$, 1988 年时被淤满成为淤泥坝,并淹没了 $20 \times 10^2 \text{ km}^2$ 川地。青海龙羊峡水库,因受荒漠化影响而进入库区的总泥沙量每年有 $3130 \times 10^4 \text{ m}^3$, 仅此一项每年造成的损失就有近 4700 万元。同时,泥沙大量进入河道后,还使河床淤高,构成河堤溃决的严重隐患。在黄河多年平均年输沙量的 $16 \times 10^8 \text{ t}$ 中,就有 $12 \times 10^8 \text{ t}$ 以上来自与荒漠化有关的地区。荒漠化地区共有灌溉渠道 $12.6 \times 10^4 \text{ km}$, 经常受风沙危害的有 $5.1 \times 10^4 \text{ km}$, 占 40.5%^[19]。此外,荒漠化还对输电线路、通讯线路和输油(气)管线等产生严重威胁,有时甚至危及人身安全,造成重大事故。

d. 荒漠化加剧了农牧民的贫困程度,影响社会安定和民族团结

荒漠化使人类的生存环境恶化,耕地、草场、林地等可利用土地资源质量下降或生产力丧失;破坏生产和生活设施,严重时迫使人们背井离乡。因此,荒漠化是干旱、半干旱地区产生贫困的重要因素。据统计,我国荒漠化地区有国家级贫困县 101 个,占全区总县数的 21.4%, 占全国 592 个贫困县的 17.1%, 贫困人口约 1500 万, 占全区总人口的 65.2%, 占全国贫困人口 $1/4$ 左右。荒漠化地区 1995 年人均工农业生产总值为 4230 元, 为全国平均水平的 59.6%, 人均收入为 1038 元, 仅为全国平均水平的 49.3%^[17]。在一些地区,由于流沙前移埋压房屋和牲畜棚圈等,造成一些农户、居民点甚至县城不得不搬迁。根据荒漠化普查资料,我国北方 12 省区有 24000 多个村庄受到风沙危害。内蒙古鄂托克旗 1949 年至 1977 年间流沙埋压水井 1438 眼,埋压房屋 2203 间、棚圈 3312 间,有 698 户居民被迫迁走;

位于锡盟北部的苏尼特左旗因强烈的风蚀沙埋,使 500 多间房屋遭到破坏,旗政府所在地被迫搬迁。据调查,西藏自治区目前有 748 个村的建筑物受到风沙危害,仲巴县城因风沙危害将耗资 3000 万元搬迁,边防重镇阿里也正受到风沙的严重威胁,如果搬迁预计将耗资 2 亿多元。此外,荒漠化还是诱发社会不安定的重要因素,有时甚至引发民族矛盾。例如,甘肃、宁夏一些贫困地区的农民迫于生计,大批涌入草原地区采挖甘草、麻黄、搂发菜,经常发生殴斗,甚至造成人员伤亡。自 1993 年以来,内蒙古共发生故意破坏草原基础设施案件 4 万余起,阿拉善盟和伊克昭盟草原上的近 1300 眼水井遭到严重破坏,人、畜饮水发生严重困难。鄂托克旗布拉格苏木种羊场 67km² 草场网围栏的 18 万 m 网线、1 万多根角铁全部被来自宁夏的某些不法分子拔掉、运走。几年来搂发菜者故意破坏草原基础设施,累计损失达 9.6 亿元人民币。我国荒漠化地区多属老少边穷地区,同时又是少数民族聚居区,共有 31 个少数民族、220 个自治县(旗),少数民族人口约 2200 万人,占全区总人口的 20.19%,约占全国少数民族总人口的 1/3^[17]。其中作为我国少数民族人口主体的蒙古族、回族、维吾尔族和藏族等少数民族主要聚居于该地区,我国 5 个少数民族自治区中的新疆、内蒙古、西藏、宁夏 4 个自治区的大部分位于荒漠化地区。荒漠化和贫困的长期困扰以及与发达地区经济差距过大,有可能转化为社会矛盾,从而影响民族团结和社会安定。

e. 荒漠化使生物质量变劣,物种丰度降低,对生物多样性构成严重威胁

在干旱区尤其是荒漠地区,保护生物多样性具有特别重要的意义^[20]:①荒漠地区的动植物在极端的自然条件(干旱缺水、冬严寒夏酷暑、昼夜温差大、日照强、风蚀沙埋、土壤粗砺、多盐碱和石膏等)和长期进化过程中,成功地发展了许多适应机制(包括生态的、生理的、形态结构的、行为的、遗传的等等),其中许多野生植物是防治荒漠化生物措施的重要种质资源,许多动物是我们现在所养家畜的祖先;②荒漠动植物中包含许多有较高经济价值的种类。例如,许多荒漠草本和小半灌木是营养丰富的牧草,不少种类具有药用价值。据调查,仅中国的沙漠地区(包括部分沙地)就有药用植物 356 种,其中常用的 103 种;③荒漠生态系统在固定流沙、减弱风蚀、改善环境方面起着不可替代的作用,荒漠生态系统的破坏将导致环境的恶化。由于滥樵、滥采、滥垦、过度猎捕等不合理的人类活动以及由此而造成的荒漠化的迅速扩展,荒漠化地区的生物资源遭受剧烈摧残,生物多样性急剧减小。如荒漠植物三叶甘草、盐桦已经灭绝,荒漠动物中的新疆虎、蒙古野马、高鼻羚羊和新疆大头鱼也已经灭绝。另外,还有数十种处于濒危状态。在我国草原地区,由于人为破坏和土地沙化,许多昔日曾经广泛分布的中药材如麻黄、甘草、黄芪、防风、柴胡、远志、苁蓉和锁阳等数量也日趋减少,有些濒于灭绝。

f. 荒漠化灾害肆虐,影响我国的国际形象 and 地位

1992 年,我国政府在联合国环境与发展大会上签署了《里约环境与发展宣言》和《二十一世纪议程》等 5 个重要国际性公约,作为人类社会对环境与发展领域合作的全球共识和最高级别的政治承诺。1994 年 10 月,我国政府在联合国防治荒漠化《公约》上也签字承诺。中国是世界上受荒漠化危害最为严重的国家之一,保护环境是我国的基本国策。只有遏制荒漠化扩展,改善生态环境,才能进一步提高我国在国际社会中的影响力与参与度。

(3) 荒漠化发生的主要原因

a. 人口增长迅速,生产经营方式落后,是荒漠化扩展的内在动因

50 年代以来,我国北方气候的干旱化倾向,是荒漠化发展的基本背景条件,但是,不合

理的人类活动是荒漠化扩展的主要原因。

生态环境既是人类生存发展的物质空间,也是人类用以从事物质生产的一切自然资源的载体。但是,资源是有限的,生态环境可容纳的人口数量和人类对资源的开发利用强度也是有限的。人类只有科学地确定合理的人口容量、合适的资源利用方式和强度,才能保证人口、资源与环境的协调发展。荒漠化地区自然条件严酷,生态环境非常脆弱,一旦破坏,极难恢复,因此,正确处理上述关系尤为重要。联合国曾在 1977 年建议,人口密度在干旱区不应超过 7 人/ km^2 ,在半干旱区不应超过 20 人/ km^2 ,并提出在上述地区进行适度开发的原则^[21]。但是在我国,长期以来,人们对此缺乏足够的认识。主要表现为:

(a) 人口增长迅速

荒漠化地区人口增长速度明显高于其他地区。1994 年,全国人口自然增长率为 11.2‰,超过 13‰的 8 个省(区)主要位于经济落后、少数民族较多的地区,其中分布于荒漠化地区的主要有西藏、甘肃、青海、宁夏、新疆 5 个省(区)。经计算,从 1955 年到 1994 年底,全国总人口增加了约 1.05 倍,而新疆为 2.07 倍,宁夏为 1.60 倍(1958~1994),内蒙古为 1.70 倍,青海为 1.47 倍,甘肃为 1.10 倍,除甘肃外,都远远高于全国平均水平。西藏、甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙古 6 个省(区)总人口占全国总人口的比重 1955 年为 5.25%,1994 年底增加到 6.26%。人口的快速增长导致很多地区人口密度严重超标,如位于半干旱地区的陕西省榆林市由 1949 年的 14.3 人/ km^2 增加到 1992 年的 45 人/ km^2 ;内蒙古哲里木盟由 1949 年的 15 人/ km^2 增加到 1994 年的 51 人/ km^2 ;河北坝上和内蒙古乌盟后山地区已超过 60 人/ km^2 。

(b) 生产方式落后,经营粗放

由于荒漠化地区地处内陆,长期处于封闭或半封闭的以牧业为主的半农半牧状态,加之人口素质低,多数地区仍然维持广种薄收、重用轻养、靠天养畜的传统农牧业生产经营方式。以畜牧业为例,我国草地畜牧业到目前为止已有 3000a 以上的历史,比世界上其他几个草地大国早得多,可是在草地利用与管理方面却远较其他国家落后。传统畜牧业自给自足,满足于低投入、低产出,生产率和商品率均甚低。据统计^[22],1994 年内蒙古 1 hm^2 (1 hm^2 = 0.01 km^2)可利用草场平均仅生产 3.75kg 肉,900g 毛;新疆为 2.63kg 肉,45g 毛;西藏为 1.35kg 肉,11.25g 毛,还不及与我国自然条件相似的美国草地生产力的 1/20。产生这种后果的主要原因是,长期以来对草地资源只利用、不建设,采取掠夺式经营,因而导致草地大面积退化。据不完全统计^[22],1949~1989 年 40a 间,国家对草地建设投资总额约 46 亿元,平均每年 1 hm^2 草地只有 0.3 元多钱。但是草地畜牧业却对国民经济做出了很大贡献,如 1994 年全国羊毛产量的 43.9%、羊绒产量的 47.7%、牛奶产量的 25.6%、肉类产量的 4.3%来自草地。目前世界各国人工草地面积在草地总面积中的比重,美国为 9.5%,俄罗斯为 10.6%,加拿大为 24%,法国为 32.6%,英国为 59%,新西兰为 60%,荷兰为 80%,丹麦、德国、瑞典约为 70%,我国 1994 年底人工草地(包括经过人工改良的天然草地)占全国草地总面积的比重只有 3%^[22]。只要加大投入,草地畜牧业的增产潜力是非常巨大的。以内蒙古为例,据预测,通过围栏、补播、改良牧草和减少天然草场载畜量等措施,内蒙古天然草场的增产潜力约为 12%;增加人工、半人工草地比重,将水热条件较好的宜农草地作为人工草地开发,可增产 46.7%;通过牧草适当利用与保存、划区轮牧、家畜改良和品种优化组合、推行季节畜牧业、加快畜群周转等措施,提高草畜转化率,可增产 200%~300%。促进

落后的传统畜牧业向现代畜牧业转变,不仅能够减轻草地过牧压力,改善生态环境,而且还能使我国面临的养活 16 亿人口的粮食压力得到一定程度的缓解。

人口的增长带来对食物、燃料等基本生活资料的需求的增长,土地压力不断增加,使人口数量超过生态环境的容量,必然造成资源的过度利用,最终导致生态环境的破坏。粗放、落后的生产经营方式又加速了这一过程。结果陷入“越垦越荒,越荒越穷,越穷越垦,荒漠化不断加剧”的恶性循环。正是人口的快速增长和生产经营方式落后,造成了人类对资源的不合理开发利用,使荒漠化地区的生态环境不断恶化,荒漠化加速扩展和蔓延。这是我国现代荒漠化扩展的内在动因。

b. 人类不合理利用资源而产生荒漠化的主要行为

(a) 滥垦

滥垦是指在不具备垦殖条件又无防护措施的情况下在干旱、半干旱和亚湿润干旱地区进行的农业种植活动。它有两种方式:一是随着人口的增长,人均占有粮食的数量不断下降,农牧民在粮食单产较低的生产条件下为增加粮食产量盲目开荒,其规模较小,但量大、面广,数量难以统计。二是有组织的开荒,其特点是规模大、范围广。据内蒙古、新疆、青海、黑龙江等 10 省(区)不完全统计,近 20a 来草地被开垦 $6.8 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中大多是水草丰美的各类放牧场和割草场^[22]。由于过分强调“以粮为纲”,从 50 年代到 70 年代,在我国西北地区出现过 3 次大规模开荒,开垦草地在 $6.67 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上,影响范围从最北部的呼伦贝尔到科尔沁、浑善达克、毛乌素直至青海共和。开垦后,由于缺乏防护,表土受到风蚀或沙埋,单产急剧下降,只好撂荒。撂荒地由于植被遭到破坏,在风力作用下很快发生沙化。

(b) 滥牧

滥牧是指超过天然草地承载能力的放牧活动。草场只利用不建设,天然草场生产力低,随着人口增加和受市场利益驱动,牧民盲目增加牲畜头数,导致草场严重超载过牧,抢牧、争牧现象也经常发生。结果,一方面使牧草植株变稀变矮,优良牧草减少,毒草增加;另一方面使地表结构受到破坏,造成风蚀沙化。据调查,建国以来,我国牧区家畜由 2 900 万头(只)发展到 9000 多万头(只),草原面积却因开垦破坏和沙化减少 $6.67 \times 10^4 \text{ km}^2$,使过牧现象更为严重。目前,牧区牲畜超载一般在 50%~120% 以上,有的地区甚至超载 300%。以晋陕蒙接壤地区为例,伊克昭盟所属的伊金霍洛旗、东胜市、达拉特旗和准格尔旗,1990 年天然草地超载率为 170.6%,其中准格尔旗达 331.7%。根据计算,目前荒漠化地区共有 $1.05 \times 10^6 \text{ km}^2$ 草场发生不同程度的退化,长期超载过牧是一个重要原因。

(c) 滥樵

荒漠化地区燃料缺乏,由于生活贫困、交通不便,煤炭难以购进,农牧民主要以天然植物和畜粪为燃料。樵柴的方式通常是大片的连根挖掘,使地表植被和土壤遭到彻底破坏,在风力作用下大面积固定、半固定沙地顷刻之间变成流沙。荒漠化地区现有薪炭林面积 $2.47 \times 10^3 \text{ km}^2$,每年能提供 $5.94 \times 10^6 \text{ kg}$ 薪材,仅占实际薪材需求总量 $4.189 \times 10^7 \text{ kg}$ 的 14.2%^[6],缺额巨大。如果缺额完全来自天然植被,每年约需破坏草原 $2.36 \times 10^5 \text{ km}^2$,相当于该地区草原总面积的 9%,这是一个十分惊人的数字。据伊克昭盟统计,全盟每年砍伐沙蒿、沙柳等估计在 $5 \times 10^8 \text{ kg}$ 以上,从 60 年代到 80 年代的 20a 中因滥樵而使草原沙化和退化的面积多达 2000 km^2 。

(d) 滥采

滥采是指农牧民为了增加副业收入,无计划、无节制地掏挖药材、发菜等资源植物。荒漠化地区甘草、琐阳、肉苁蓉、发菜等易采集、价格高,一些邻近草原地区的农民以挖药材、搂发菜作为脱贫致富的捷径,常年采挖贩卖,特别是宁夏一些贫困地区,已发展成有组织的集团行动。由于采挖时铲掉草皮,挖土刨坑,翻动土层,严重破坏草场,大大加速了风蚀荒漠化过程。据估计,每挖 10kg 甘草要破坏 5.3~7.3 hm^2 草地。甘肃省 1994 年因挖甘草破坏草场 666.7 km^2 以上,给畜牧业造成的损失超过 1000 万元。内蒙古在 1993~1996 年间因搂发菜破坏草原 1.27 $\times 10^5\text{km}^2$,其中 4000 多 km^2 严重沙化,失去了利用价值。宁夏高沙窝乡流墩行政村有草场 77.82 km^2 ,近 15a 来因滥挖甘草使 5.21 km^2 草场变成流沙,66.8% 的草场发生不同程度的沙化^[6]。

(e) 滥用水资源

荒漠化地区滥用水资源的表现是,地表用水缺少上、中、下游统筹安排;过度开采地下水;用水浪费。据研究,建国以来河西黑河中游地区耗水量逐年增加,80 年代比 60、70 年代增加 3~5 倍,流入下游的水量从过去的 5~9 亿 m^3 减少到 3 亿 m^3 ,到 1992 年仅有 1.83 亿 m^3 ,河水断流时间由 50、60 年代的 100 d 左右增加到 90 年代的 200 d 左右,造成绿洲萎缩。塔里木河流域卡拉站水量 50 年代为 13.5 亿 m^3 ,60、70、80 和 90 年代分别为 12.4、6.69、3.92 和 3.54 亿 m^3 ,致使下游“绿色走廊”濒临消亡。此外,不合理的灌溉方式造成严重的土壤次生盐渍化。在我国西北干旱区,由于渠系不健全,田间工程不配套,灌溉普遍采用深浇漫灌方式,灌溉定额很高,导致盐渍化不断发展。以新疆为例,灌溉定额高达 150~225 万 m^3/km^2 ,有的甚至达到 375 万 m^3/km^2 ,超过全国平均水平的 3 倍以上;渠系利用系数平均为 0.4~0.45,年渠系渗漏损失量为 14.2 亿 m^3 ,约占地下水总补给量的 38.4%;全区灌区每年引水量为 460 亿 m^3 ,排水量只有 30~40 亿 m^3 ,灌排比远远低于通常要求的 3:1 的比例,导致严重的土壤次生盐渍化。目前全区 10 万 km^2 宜农荒地中,盐渍化土地占 70%~80%;现有的 4.43 万 km^2 耕地中,1.2 万 km^2 由于缺水和盐渍化而弃耕;在已利用的 3.23 万 km^2 耕地中,次生盐渍化面积达 1 万 km^2 ;据估计,土壤盐渍化使新疆每年损失粮食 2~2.5 亿 kg,棉花 2.5 万 t^[23]。

(f) 滥开矿

由于不重视生态环境保护,工矿开发及道路、城镇等基本建设常常导致荒漠化的发生。如露天开采毁坏地表土层和植被,矿山废弃物中的酸性、碱性或重金属成分通过径流和大气飘尘污染土地、水域和大气,尾矿坝或废石堆造成坍塌、滑坡或泥石流等。由于工矿建设而形成的荒漠化土地多呈“点”、“线”状分布,虽然面积小而分散,但遍地开花,发展速度快并且靠近人口稠密的工矿、城镇,危害非常严重。据不完全统计^[24],内蒙古全区共有各类矿点 3530 处,筑路长度 8000 多 km,固体废弃物 5600 多万 m^3 ,占地和毁坏植被 13201 km^2 ,相当于全区累计治理面积的 1/4。神府-东胜煤田自 1986 年开发建设以来,多次发生人为滑坡、崩塌和泥石流,冲毁公路、工厂,淤埋农田,给人民的生命财产带来严重损失。

(4) 荒漠化的防治

防治荒漠化是指通过人工措施消除荒漠化产生的人为因素,重建适于人类生存的生态环境,恢复和发展生产力,实现社会、经济的可持续发展。

以防为主,防、治、用结合,是根治荒漠化,实现荒漠化地区人口、资源与环境协调发展的根本途径。它包括防、治、用 3 个内容。“防”是防止荒漠化的发生;“治”是治理已有荒漠化