

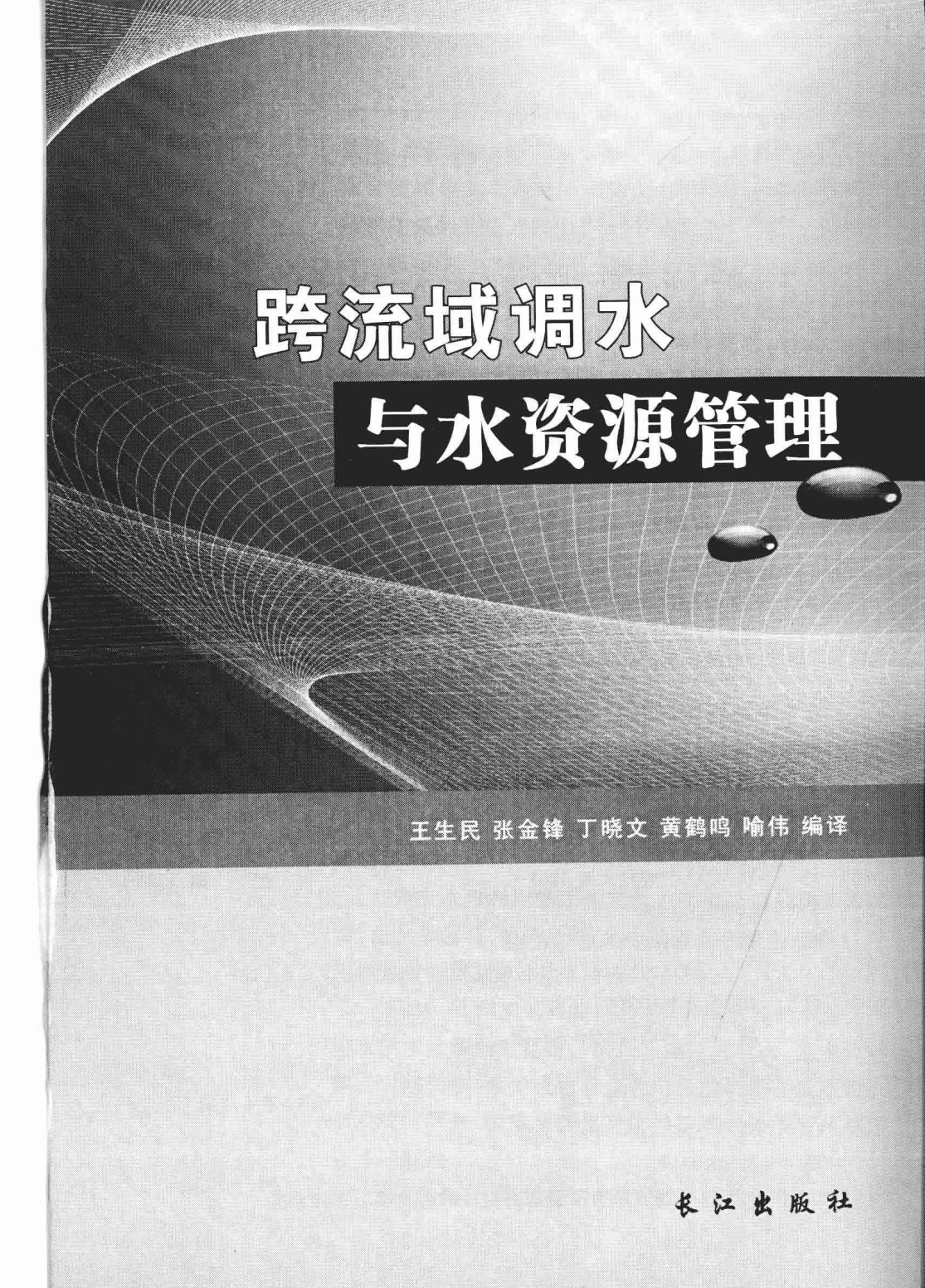
跨流域调水

与水资源管理

王生民 张金锋 丁晓文 黄鹤鸣 喻伟 编译

KUALIUYUDIAOSHUI
YUSHUIZHUYUANGUANLI

长江出版社



跨流域调水 与水资源管理

王生民 张金锋 丁晓文 黄鹤鸣 喻伟 编译

长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

跨流域调水与水资源管理/王生民等编译.—武汉:长江出版社,2010.1

ISBN 978-7-80708-895-0

I. ①跨… II. ①王… III. ①跨流域引水—研究—世界 ②水资源管理—研究—世界 IV. ①TV68②TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 013782 号

跨流域调水与水资源管理

王生民等 编译

责任编辑:贾茜

装帧设计:刘斯佳

出版发行:长江出版社

地 址:武汉市解放大道 1863 号

邮 编:430010

E-mail:cjpub@vip.sina.com

电 话:(027)82927763(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销:各地新华书店

印 刷:湖北通山金地印务有限公司

规 格:880mm×1230mm 1/32

10.25 印张 330 千字

版 次:2010 年 4 月第 1 版

2010 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-80708-895-0/TV · 127

定 价:28.00 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

前 言

进入 21 世纪以来,全球对饮用水、卫生用水、粮食和经济作物生产用水、防洪和水力发电的需求越来越大,已经占用了世界上有限的淡水资源的相当一部分。要满足这些不断增长的需求,就要求实现跨流域调水,修建更多的水坝、运河、管道、抽水站和更大规模的开采地下水。各国正通过提高水的利用效率、循环利用水资源、立法和进行市场调节等措施来更好地利用淡水资源。

随着世界人口的不断增长和气候变化的影响,流域水资源合理分配和提高用水效率日显重要,同时给跨流域调水工程的规划、建设及管理提出了新的挑战。本书概述了人口增长、经济发展等对土地、水资源和粮食生产带来的压力,研究分析了跨流域调水过程中存在的问题,诸如公众参与、影响评价、环境流量、经济评估及水权分配等,并以澳大利亚、美国、加拿大、印度的几个跨流域调水工程为例,总结了实施跨流域调水的经验教训。

本书由王生民、张金锋、丁晓文、黄鹤鸣、喻伟联合编译。其中,第一、二章由王生民执笔(6.5 万字),第三、四章由张金锋执笔(7 万字),第五、六章由丁晓文执笔(7.5 万字),第七章由黄鹤鸣执笔(6 万字),第八、九章由喻伟执笔(6 万字)。

本书在翻译过程中,得到刘子慧、黄灿灿等同志的大力支持。由于编译者水平有限,书中疏漏和错误之处在所难免,恳请广大读者批评、指正。

编译者

2009 年 12 月

目 录

第一章 世界人口及其对土地、水与食物资源的压力

1.1 人 口	/1
1.2 干旱地区	/3
1.3 人类活动引起的土地退化程度	/4
1.4 水资源	/8
1.5 农业用地	/17
1.6 粮食和纤维生产	/19
1.7 全球粮食问题	/21
1.8 “到 2025 年的世界水和粮食”	/23
1.9 “水和粮食的挑战计划”	/25
1.10 结 语	/26

第二章 跨流域调水问题

2.1 概 述	/28
2.2 跨流域调水的相关知识	/30
2.3 规划和公众参与	/35
2.4 影响评价	/37
2.5 河流需要的环境流量	/42
2.6 社会和文化问题	/48
2.7 经济评价	/50
2.8 水 权	/51
2.9 冲突及其解决方案	/54
2.10 综合评价和建模	/60
2.11 结 语	/62

第三章 澳大利亚的土地和水资源

3.1 地理区域	/63
----------	-----

3.2	人 口	/63
3.3	气 候	/67
3.4	气候变化	/69
3.5	干 旱	/72
3.6	洪 水	/73
3.7	土壤资源	/74
3.8	农业用地	/76
3.9	水资源	/78
3.10	环境恶化	/81
3.11	管理改革以及保护方案	/87
3.12	对未来需水量的预测	/94
3.13	国家水行动	/99
3.14	跨流域调水的潜在作用	/101
3.15	结 语	/103
第四章 雪山水电工程		
4.1	工程位置	/104
4.2	水 文	/105
4.3	降水量的减少	/105
4.4	历史背景	/107
4.5	“雪山水电电力法(1949 年)”	/110
4.6	工程造价	/111
4.7	工程技术特性	/111
4.8	泄 水	/115
4.9	发 电	/117
4.10	工程人员	/118
4.11	雪山工程的环境影响	/118
4.12	雪山工程的公司化运作	/119
4.13	“雪山水调查”	/120
4.14	环境流量协议	/123
4.15	增大降水量计划	/124
4.16	结 语	/125

第五章 新威尔士州沿海跨流域调水工程

- 5.1 概 述 /126
- 5.2 北海岸河流流域的环境问题 /128
- 5.3 提议的调水方案 /131
- 5.4 范围界定研究 /146
- 5.5 克拉伦斯方案与阿德雷德市的城市供水 /147
- 5.6 结 语 /147

第六章 美国的跨流域调水工程

- 6.1 地理、人口与水资源概况 /149
- 6.2 加利福尼亚的跨流域调水工程 /167
- 6.3 科罗拉多河流域调水工程 /198
- 6.4 结 论 /216

第七章 加拿大跨流域调水

- 7.1 地理区域 /218
- 7.2 人 口 /219
- 7.3 经 济 /220
- 7.4 气候与降水 /220
- 7.5 土地覆盖及利用 /221
- 7.6 水资源 /222
- 7.7 洪 水 /229
- 7.8 干 旱 /229
- 7.9 水力发电 /231
- 7.10 气候变化影响 /232
- 7.11 水资源管理 /233
- 7.12 简 介 /237
- 7.13 调水工程实例 /240
- 7.14 五大湖流域调水工程 /245
- 7.15 调水工程的影响 /248
- 7.16 加拿大调水经验 /249
- 7.17 大规模水资源输出计划 /250

7.18	水资源输出政策	/257
7.19	结 语	/260
第八章 印度的国家河流连通项目		
8.1	地理区域	/262
8.2	人 口	/263
8.3	经 济	/264
8.4	气候与降水	/264
8.5	灌 溉	/265
8.6	水资源	/266
8.7	洪 水	/271
8.8	干 旱	/272
8.9	气候变化影响	/272
8.10	建坝的影响	/273
8.11	国家水政策	/276
8.12	跨邦之间的水事纠纷	/278
8.13	跨流域调水背景资料	/278
8.14	已建项目	/279
8.15	20 世纪 70 年代提出的河流连通项目建议	/280
8.16	国家河流连通项目	/282
8.17	结 语	/296
第九章 跨流域调水的成功、失败和未来		
9.1	概 述	/300
9.2	跨流域调水工程的效益	/302
9.3	跨流域调水工程的影响	/308
9.4	大型调水项目的提议	/312
9.5	跨流域调水的必备知识	/312
9.6	跨流域调水、节约用水和供水的新途径	/313
9.7	跨流域调水和跨界管辖权协议	/315
9.8	世界大坝委员会的建议	/317
9.9	结 语	/318

第一章 世界人口及其对土地、水与食物资源的压力

1.1 人 口

公元 600 年,世界人口约为 2 亿,公元 1000 年达到 2.75 亿,公元 1500 年达到 4.5 亿,而在公元 1800 年左右则达到了 10 亿。随后人口急剧膨胀:130 年间达到 20 亿、30 年间达到 30 亿,尔后 14、13、12 年则分别达到 40、50、60 亿。最近十几年来,由于公共卫生和环境条件的改善,死亡率降低,人口增长率上升,发展中国家更是如此。1965—1970 年,人口年增长率达到高峰 2.1%,1975—1980 年,其增长率开始下降到 1.7%,并在 1995—2000 年下降至 1.3%(即每年约 8000 万)。1975—1980 年,人口出生率为 2.9%,1995—2000 年则下降到 2.7%(见表 1.1)

世界人口 1950 年约为 25 亿,到 2000 年增长到 60 亿,即增长了 2.4 倍,预计到 2025 年将达到 78 亿(见表 1.1)。人口的增长大多出现在发展中国家,到 2025 年,预计亚洲人口将达到 43 亿,撒哈拉以南的非洲地区将达到 11 亿。2000 年世界人口为 60 亿时,发展中国家人口就占了 78%。预计到 2025 年世界人口达到 78 亿时,发展中国家人口所占比例将上升到 83%。人口的增长,加剧了粮食、纤维物质、商品及生活物质的需求量,许多新的生命降临到地球时,将面临人们赖以生存的健康和教育资源的匮乏。城市是人口更拥挤、人口密度剧增之地,因为城镇地区经济发展的机遇更多,受教育的条件更优越,健康资源更丰富。

表 1.1 1950—2025 年估算的世界人口数量

地区	人口/10 ⁶			年均人口 变化/%		人口出生率/%	
	1950 年	2000 年	2025 年 (预测)	1975— 1980 年	1995— 2000 年	1975— 1980 年	1995— 2000 年
亚洲(包括 中东)	1338	3420	4308	—	—	—	—
欧洲	504	728	702	0.5	0.0	2.0	1.4
中东和北非	112	404	614	—	—	—	—
撒哈拉以南的 非洲地区	177	641	1095	—	—	—	—
北美	172	310	364	0.9	0.8	1.8	1.9
中美洲和 加勒比地区	54	173	236	—	—	—	—
南美	113	346	461	2.3	1.5	4.3	2.6
大洋洲	13	30	40	1.1	1.3	2.8	2.4
全世界	2521	6055	7823	1.7	1.3	3.9	2.7
发达国家	853	1306	1358	0.6	0.3	1.9	1.6
发展中国家	1668	4746	6459	2.1	1.6	4.7	3.0

尽管这些地区只占有地球土地面积的 4%，但却居住着世界近一半的人口。人口稠密的城市，即所谓巨型城市，构成了对地表水和地下水的一个巨大的污染源。

世界人口的主要特点之一就是人口老龄化，这在人类历史上是空前的。在 20 世纪，老龄人口(60 岁及以上的)数量持续上升：1950 为 8%，2000 年为 10%，预计到 2050 年将达到 21%，与此同时，也伴随着年龄 15 岁以下青年人口比例的减少。到 2050 年，预期全球老龄人口的数量将创超过轻年人数量的历史纪录。人口老龄化对人类生命引

起了多方面的强烈冲击。它不仅影响到经济增长、储蓄、投资、消费、劳务市场、养老金和税收,而且还涉及医疗卫生、家庭组建、居住和移居,甚至影响到投票选举及选举人。年龄在 15~64 岁帮扶人员与 65 岁以上的老年人的比例呈逐年下降趋势,1950 年为 12:1,到 2000 则降至 9:1,预计到 2050,这个数字将减为 4:1。

学者科恩 1995 年提出了一项地球极限人口承载能力的分析成果。但由于生态、社会、技术等众多因素对地球人口的制约,加上人们对人类应有的生活水准所持看法不尽一致,所以定义地球的承载能力就有多种不同的方式。科恩收集了 66 种地球可承受人口数量的估算数据。估算数据表明,能承受的人口少则 10 个亿以下,多则 1 万个亿,而且其中 1/4 是在 61 亿以下,半数在 120 亿以下,3/4 在 300 亿以下。另有估算表明,到 21 世纪中期,全球人口将稳定在 93 亿左右,比 2000 年 61 亿人口多出大约 50%(见表 1.1)。

1.2 干旱地区

人们采用干旱指数,已估算出世界各干旱地区的分布状况及范围。该指数的表达式为降水量与可能蒸散发量之比。各种干旱相应的干旱指数为:极度干旱 <0.05 干旱 $(0.05\sim0.20)$;半干旱 $0.21\sim0.50$ 干性半湿润 $0.51\sim0.65$;湿性半湿润及湿润 >0.65 。采用这种方法计算的结果,世界最干旱的居住地为旱地占 75%的澳大利亚见表 1.2,其次为非洲和亚洲。欧洲、北美洲和南美洲地区,旱地大约占 1/3,而在整个干旱地区中非洲和亚洲旱地面积最大,分别为 19.59 亿 hm^2 和 19.49 亿 hm^2 ,总计约占世界旱地面积的 64%,其土地面积约为 61.50 亿 hm^2 ,即占世界土地面积的 41%。从全球来看,极度干旱地区的面积约为 9.78 亿 hm^2 ,干旱、半干旱及干性半湿润地区为 51.72 亿 hm^2 。表 1.2 示出了全世界干旱地区的分布状况。

表 1.2 全世界干旱状况 (单位: 10^6 hm^2)

旱地分类	非洲	亚洲	澳洲	欧洲	北美	南美	全世界 总计
极度干旱	672	227	0	0	3	26	978
干旱	504	626	303	11	82	45	1571
半干旱	514	693	309	105	419	265	2305
半湿润	269	353	51	184	232	207	1296
总计	1959	1949	663	300	736	543	6150
占世界总量百分比	32	32	11	5	12	8	100
占全球大陆百分比	66	46	75	32	34	31	41

1.3 人类活动引起的土地退化程度

国际土壤参考资料中心 ISRIC 于 1991 年公布了一项成果,即《全球土地退化评价》GLASOD。该成果主要是依据《人类活动引起的土地退化状况世界地图》。这张比例为 1:10000000 的地图系由全世界若干国际机构约 250 名土壤学家协同努力并获得联合国环境署 UNEP 的财政支助绘制而成。土壤学家们的工作只是将二战以来受人类干扰引起的土地退化进行了分类。

设计出这张土地退化地图的目的,主要是促使决策者及公众在头脑中形成对土地退化状况的认知。全球土地退化评价地图覆盖了 $72^{\circ}\text{N} \sim 57^{\circ}\text{S}$ 总计 130 亿 hm^2 的地表面积。之所以如此,就是为了引起人们的警觉(不是为了企图阻止土地的退化),因为这种状况并不包括古代文明甚至殖民扩张所引起的退化,也不含土地的自然荒芜。

GLASOD 考虑了 2 种人类活动引起的土地退化过程。一是土料的位移造成的土地退化;二是土壤的物理化学退化。第 1 种土地退化有两种形式,即水和风的侵蚀。水侵蚀包括表土损失和地表变形。最常见的形式为细沟侵蚀、冲沟侵蚀和超强风作用。至于化学退化和物

理退化,前者是由营养物或有机物损失、土壤盐碱化、土地酸化及污染物污染造成的;后者是由排水或(和)氧化作用引起的土壤压实、水涝以及有机土下陷造成的。

从全球来看,水侵蚀是目前最突出的一种土地退化形式,占 10.94 亿 hm^2 ,即占人类活动引起的土地退化总面积的 56%(见表 1.3)。受风蚀影响的土地面积为 5.48 亿 hm^2 (占 28%),受土壤的化学退化影响的土地面积为 2.39 亿 hm^2 (占 12%),物理退化为 0.83 亿 hm^2 (占 4%)。

土地退化按严重程度分为 4 级(见表 1.3):①轻度退化,意即生产力水平有所下降,但通过当地的耕作制度可以得到控制,这种情形占整个退化土地的 38%。②中度退化,其所占比例较大,意即生产力水平下降严重,需要下大力气解决,但在发展中国家靠当地农民往往很难解决这类问题。③严重退化,这种情形在世界范围内普遍存在,总面积为 296 亿 hm^2 。这类土地不能再用于耕作,需要通过工程措施或国际援助进行恢复。④极严重退化,这类土地已无法恢复,其在世界范围所占的面积估计为 900 万 hm^2 。因人类干扰而导致的土地退化分为以下 5 种类型:

- (1)天然植被退化并消失,5.79 亿 hm^2 ;
- (2)植被上过度放牧,6.79 亿 hm^2 ;
- (3)农业耕地管理不善,5.52 亿 hm^2 ;
- (4)植被过度开采,为民用或住宅所用,1.33 亿 hm^2 ;
- (5)工业生产导致化学污染,2300 万 hm^2 。

表 1.4 列出了全世界超过 7600 万 hm^2 的土地受盐渍化影响的情况,其中亚洲 5270 万 hm^2 (占 69%),非洲 1480 万 hm^2 (占 19%),欧洲 380 万 hm^2 (占 5%)。轻度、中度、严重、极严重 4 种盐渍化的土地分别为 3460 万、2080 万、2040 万 hm^2 和 80 万 hm^2 。

由于资金问题,GLASOD 未能进行修正和更新,但现已发布了大量区域或国家级的有关土地退化评价的其他文件,现列举如下:

表 1.3 全球因人为因素引起的土壤退化 (单位: 10^6 hm^2)

类型	轻度	中度	严重	极严重	总计
表土流失	301.2	454.5	161.2	3.8	920.3
地表变形	42.0	72.2	56.0	2.8	173.3
水	343.2	526.7	217.2	6.6	1093.7
表土流失	230.5	213.5	9.4	0.9	454.2
地表变形	38.1	30.0	14.4	—	82.5
风	268.6	253.6	24.3	1.9	548.3
营养流失	52.4	63.1	19.8	—	135.3
盐渍化	34.8	20.4	20.3	0.8	76.3
污染	4.1	17.1	0.5	—	21.8
酸化	1.7	2.7	1.3	—	5.7
化学作用	93.0	10.3.3	41.9	0.8	239.1
压实	34.8	22.1	11.3	—	68.2
水淹	6.0	3.7	0.8	—	10.5
有机土下沉	3.4	1.0	0.2	—	4.6
物理作用	44.2	26.8	12.3	—	83.3
总计	749.0	910.5	295.7	9.3	1964.4

表 1.4 全球因人为因素引起的盐渍化程度 (单位: 10^6 hm^2)

地区	轻度	中度	严重	极严重	总计
非洲	4.7	7.7	2.4	—	14.8
亚洲	26.8	8.5	17.0	0.4	52.7
南非	1.8	0.3	—	—	2.1
北美和中美洲	0.3	1.5	0.5	—	2.3
欧洲	1.0	2.3	0.5	—	3.8
澳洲	—	0.5	—	0.4	0.9
总计	34.6	20.8	20.4	0.8	76.6

(1)1995 年,学者 Acton 和 Gregorich 介绍了加拿大的土地退化现状。在加拿大,几乎所有适合于农作物生产的土地,现都已开发。因此得慎用和维持现有的资源,既要保留这些土地的面积,也要保证其质量。资料表明:①加拿大的一些耕种土地受到侵蚀和破坏的可能性在减小,主要原因是加大了运用保持水土耕种方法的力度。②并非所有土地都存在这一趋势。③耕种土地的进一步维护和改良,在于土地的合理利用和实务管理。④需要政府出台一套新的水土保持政策,实现农业的可持续性发展,让农业生态系统属于更宽泛的环境这一概念为人们所接受。⑤土地管理计划最好按耕种水平、综合性管理实践拟定,以满足特殊的、局部土地的需要。

(2)1997 年,学者 vanLynden 和 Oldeman 就南亚和东南亚地区人类活动引起的土地退化进行了评价。本研究受联合国环境规划署委托对 GLASOD 方法稍作了修改,涉及的国家有 17 个:孟加拉国、不丹、柬埔寨、中国、印度、印尼、北朝鲜、南朝鲜、老挝、马来西亚、缅甸、尼泊尔、巴基斯坦、菲律宾、斯里兰卡、泰国和越南。图 1.1 示出了 GLASOD 和 ASSOD 两者的比较结果。从图中 GLASOD 显示的结果可以看出,水侵蚀对土地退化起着主导作用占退化土地的 72.5%。而 ASSOD 显示的结果起伏更大些。尽管水侵蚀在 ASSOD 体系中占退化土地的 47%,但物理和化学退化仍较突出。

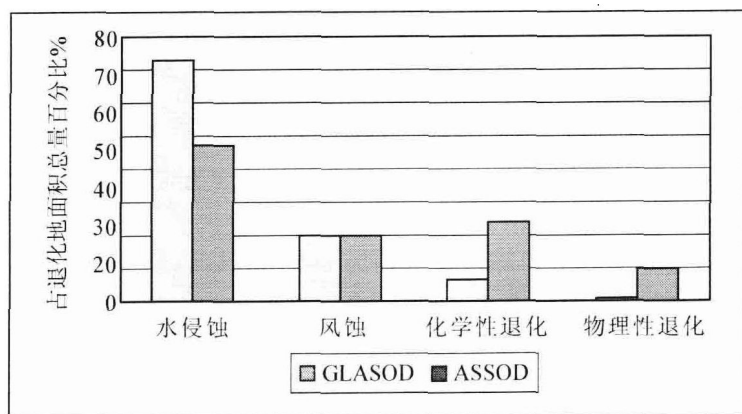


图 1.1 根据 GLASOD 和 ASSOD 评估的南亚和东南亚地区分布的主要土地退化类型占总退化面积的比例

(3)1998年,学者 Stolbovoi 和 Fischer 介绍了俄罗斯关于人类活动引起土地退化的一套数字式新地标数据库编纂成果。俄罗斯共有土地 17.1 亿 hm^2 ,包括 1.31 亿 hm^2 的耕地和 9100 万 hm^2 的其他农用地。土地退化的面积估计为 2.34 亿 hm^2 ,包括 5830 万 hm^2 的压实土地和 3570 万 hm^2 的人为沙漠化土地,2580 万 hm^2 受水和风侵蚀的土地,2540 万 hm^2 因砍伐和火灾形成有机土质层而被破坏的土地,以及 350 万 hm^2 二次盐渍化的土地。

(4)学者 Hamblin 介绍了澳大利亚的土地状况,并以此作为 1995—2000 年期间澳大利亚环境状况(2001 年)报告的内容,包括土的加速侵蚀和损失、碱度和酸性、营养化和碳循环问题,以及土地污染等。土壤酸化作用似乎成为澳大利亚土地退化的一个重大问题。据估计,澳大利亚已有 5000 万 hm^2 和 2300 万 hm^2 的农业区分别在表土层和次表土层受到土壤酸化作用的影响,在未能采取撒石灰等中和酸性的补救措施的情况下,估计在 10 年内,2900 万~6000 万 hm^2 土地的 pH 值将达到 4.8,1400 万~3900 万 hm^2 土地的 pH 值则会达到 5.5,这对敏感性植物类的生长很不利。

1.4 水资源

不仅是人类,地球上几乎所有其他的生命,都得靠淡水资源生存。然而,地球上的水分布是极不均匀的,且水的可用性和适宜性也受到限制。地球上分布的总水量约为 13.36 亿 km^3 ,其中约 96.5% 为海水,不适用于人类(见表 1.5),余下的 3.5%,即 3500 万 km^3 的水量为淡水,而这部分淡水中的 2400 万 km^3 又以冰层和冰川的形式储存,1050 万 km^3 为地下水资源。湖泊淡水总计为 9.1 万 km^3 ,河水为 0.21 万 km^3 。

地球表面的年平均降水量大约为 800mm,然而由于整个地球的水文循环,使得水的分布不均,因而全球可划分为水量过剩和水量不足两种地区。当降水量很大,足以满足植被蒸散发量的要求时,水则剩余,反之则水量不足。从总的情况来看,非洲的大部分地区、中东的相当一部分地区、美国西部、墨西哥西北部、智利和阿根廷的部分地区、澳大利亚的大部分地区,都是缺水地区。

表 1.5

全球水量分布

分布地带	水量/ 10^3 km^3	占水域总量 百分比/%	淡水占百 分比/%	更新期 /年
海洋	1338000	96.5	—	2500
地下水(重力和毛细作用)	23400	1.7	—	1400
主要为淡水的地下水	10530	0.76	30.1	—
土壤含水量	16.5	0.001	0.05	1
冰川和永久积雪	24064	1.74	68.7	—
南极	21600	1.56	61.7	—
格陵兰	2340	0.17	6.68	9700
北极	83.5	0.006	0.24	—
山区	40.6	0.003	0.12	1600
底土冰(永冻土)	300	0.022	0.86	10000
湖水	176.4	0.013	—	17
淡水	91.0	0.007	0.26	—
咸水	85.4	0.006	—	—
沼泽和湿地	11.5	0.0008	0.03	5
河水	2.12	0.0002	0.006	16
生态水	1.12	0.0001	0.003	—
大气水	12.9	0.001	0.04	8
水域总量	1386000	100	—	—
淡水总量	35029.2	2.52	100	—

不管哪个国家,河流径流都是供人类使用的主要淡水来源之一。相对于流动量较小的湖泊、地下水库和冰川,径流通过水文循环,不断更新,代表着地球全部水资源的动态部分。表 1.6 列出了各大洲河流径流的分布情况。全球年均径流量大约为 43000 km^3 ,其中亚洲的径流量最大(13510 km^3),南美和北美次之(分别为 12030 km^3 和 7870 km^3)。