



21世纪

高等学校精品规划教材

水土资源规划与管理

主 编 邵东国



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



高等学校精品规划教材

水土资源规划与管理

主 编 邵东国



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书首次比较系统地介绍了水、土地、水能资源综合规划与管理的基本理论和方
法。全书共分 10 章,包括绪论、水土资源规划与管理理论基础、水资源评价、土地资
源评价与规划、水库兴利调度理论与方法、农业水资源规划、城市水资源规划、水能资
源利用规划、跨流域调水规划及水土资源综合管理等内容。

本书可作为农业水利工程、水文与水资源工程、水利水电工程等水利、农业院校
的专业教学用书,亦可供从事水利水电与土地利用等工程规划、设计、管理实际工作的
技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水土资源规划与管理 / 邵东国主编. —北京: 中国水利
水电出版社, 2009

21 世纪高等学校精品规划教材

ISBN 978 - 7 - 5084 - 6348 - 3

I. 水… II. 邵… III. ①水资源管理-高等学校-教材
②土地资源-资源管理-高等学校-教材 IV.

TV213 F301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 034057 号

书 名	21 世纪高等学校精品规划教材 水土资源规划与管理
作 者	主编 邵东国
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 16 印张 379 千字
版 次	2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	29.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

水、土地和能源是人类赖以生存与发展的重要资源，它们之间存在着十分复杂的相互依存与相互作用关系。

长期以来，受学科和专业设置、教学学时计划等多种因素的限制，水资源规划与管理、土地资源规划与管理、水能资源规划与管理在高等学校相关专业大多是根据各自不同的需要分别开设。

随着经济社会的发展和科学技术的进步，以流域为单元的水、土地与水能等资源统一规划与综合管理，已成为当今流域管理的新需求和水资源科学发展的新趋势。“宽口径、厚基础”开始成为人才市场的基本需求和我国高等教育的新特点。过去专业划分很细，按小专业编制教学计划与教材的模式开始面临按大类招生和授课的挑战。

为此，全国水利水电专业指导委员会于1998年将“农业水资源规划与管理”列为农业水利工程专业大学生主干课程之一。1999年开始组织国内多年从事水、土地、水能资源规划与管理的有关专家学者编写。近10年来，我们根据流域和区域规划与管理的不断发展与迫切需求，结合农业水利工程和水文与水资源工程、水利水电工程等专业多年教学实践，不断修改、充实与完善，首次比较系统地综合介绍了水、土地、水能资源规划与管理的基本理论与方法，以满足高等学校水利类专业教学和相关规划设计及管理生产实践之需要。

参加本书编写的有武汉大学邵东国（第一至三章、第五至十章），蔡树英（第三章、第六章），崔远来（第二章），洪林（第三章），王修贵（第十章），邱元锋（第一章、第四章、第十章），华中电网调度有限公司孙新德（第五章、第八章）。全书由邵东国主编与统稿，研究生顾文权、邓宇杰、周琼、王文雪、刘丙军、黄显峰等也参加了部分统稿与材料收集编写工作。在本书编写过程中，雷声隆教授、袁宏源教授、谈广鸣教授、杨金忠教授曾给予了大

量指导与支持，并对一些章节提出了宝贵意见；武汉大学水利水电学院、水资源与水电工程科学国家重点实验室对本书的出版给予了大力支持；中国水利水电出版社为本书的出版付出了大量辛勤劳动，在此一并表示感谢。最后，本书参考了国内外相关文献，也一并致谢。

对于书中错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2009年1月于武昌

目录

前言

第一章 绪论	1
第一节 水土资源的概念及特征	1
第二节 水土资源状况与面临的问题	3
第三节 水土资源开发利用现状与前景	8
第四节 水土资源规划与管理内容	12
思考题	14
参考文献	14
第二章 水土资源规划与管理理论基础	15
第一节 分布式流域水文模型	15
第二节 宏微观经济分析	17
第三节 系统分析方法	25
思考题	31
参考文献	31
第三章 水资源评价	32
第一节 水资源评价原则与内容	32
第二节 地表水资源评价	34
第三节 地下水资源评价	38
第四节 水资源总量评价	47
第五节 水资源供需平衡分析	49
第六节 水资源质量评价	59
第七节 水能资源评价	61
思考题	63
参考文献	63
第四章 土地资源评价与规划	64
第一节 土地资源评价	64
第二节 土地资源开发利用规划	68
第三节 土地开发整理规划设计	77

第四节	水土资源平衡分析	85
思考题	.....	89
参考文献	.....	89
第五章	水库兴利调度理论与方法	90
第一节	水库兴利调度概念与原则	90
第二节	水库兴利调度计算方法	96
第三节	调度图及其绘制方法	109
第四节	兴利调度方案编制	119
第五节	兴利调度方案调整与评估	130
思考题	.....	137
参考文献	.....	138
第六章	农业水资源规划	139
第一节	农业水资源规划任务	139
第二节	山丘区农业水资源规划	142
第三节	平原区农业水资源规划	147
第四节	劣质水灌溉规划	159
思考题	.....	162
参考文献	.....	162
第七章	城市水资源规划	163
第一节	城市水资源规划任务	163
第二节	城市节水潜力分析	165
第三节	城市用水需求预测	170
第四节	城市水资源供需平衡分析	178
第五节	城市污水资源化利用	181
第六节	城市雨洪资源利用	185
思考题	.....	189
参考文献	.....	189
第八章	水能资源利用规划	190
第一节	河流梯级开发与水能资源利用	190
第二节	水电站保证出力和多年平均发电量计算	192
第三节	水电站装机容量组成与运行方式	194
第四节	水电站装机容量定值方法	198
第五节	水电站厂内经济运行	203
思考题	.....	207
参考文献	.....	207
第九章	跨流域调水规划	208

第一节	跨流域调水可行性分析	208
第二节	可调水量分析	213
第三节	用水需求分析与调配	215
第四节	调水规模选择	217
第五节	调水线路优选	219
第六节	调蓄工程规划	221
思考题	.....	223
参考文献	.....	223
第十章	水土资源综合管理	224
第一节	水土资源综合管理概念与原则	224
第二节	水权、水价与水市场	232
第三节	水资源优化配置	241
第四节	水资源管理信息系统	245
思考题	.....	248
参考文献	.....	248

第一章 绪 论

第一节 水土资源的概念及特征

一、水资源概念及特征

淡水资源是地球水圈的基本构成部分，是所有陆地生态系统不可缺少的可以更新的自然资源，是人类社会发展的重要物质基础。

水资源一词很久以前已经出现，国外更早一些，但由于水的表现形式多种多样，如降水、地表水、土壤水、地下水等，且相互之间可以转化；水具有流动性、侵蚀性和许多化学特性；事关经济、社会、生态、环境等部门，是社会经济发展的基本条件，生态环境的控制性因子等多种因素影响，对水资源含义的理解往往各不相同。

1894年，美国地质调查局（USGS）设立了水资源处，其主要业务是观测地表河川径流和地下水。因此，他们认为水资源主要是陆面地表水和地下水的总称。1963年，《英国水资源法》中定义水资源为“具有足够数量的可利用水源”。1988年，联合国教科文组织（UNESCO）和世界气象组织（WMO）共同制定的《水资源评价活动—国家评价手册》中，定义水资源为“可资利用或有可能被利用的水源，但应具有足够的数量和可用的质量，并在某一地点为满足某种用途而被利用”。

1987年，《中国大百科全书》大气科学、海洋科学、水文科学卷中，水资源被定义为“地球表层可供人类利用的水，包括水量（水质）、水域和水能资源，一般指每年可更新的水量资源”。

中国气象局的张家诚认为：降水是大陆上一切水分的来源，是一种潜在水资源，只有降水量中被利用的那部分水量才能算作水资源，包括四种：①水文部门：河川径流量与地下水补给量之和，扣除重复计算量；②土壤含水量，适用于农业和生物；③蒸发量即受自然抑制（如地膜、保墒等技术）以后的蒸发量，是一种潜在的水资源；④区域间径流交换量。

中科院刘昌明院士认为：水资源包括不同形式的淡水资源和不同矿化度的咸水资源。由于水资源隐含人水关系，狭义的水资源指能被人类利用的那部分水。对城市生活，常指优质的地表水和地下水；对工业用水，因行业与生产要求不同，既包括地表与地下淡水，也可包括一部分地表和地下咸水（如冷却水），但为农作物利用的、由降水转化蓄于土壤中的水是不能作为城市和工业水资源的。

不论如何定义，水资源内涵随着社会经济发展的需求不同而发生变化。广义而言，一切具有利用价值包括各种不同来源或不同形式的淡水，均属水资源范畴。它不仅指可被人们开发利用的那部分水，还有供生态环境利用的，甚至包括那些暂时无法利用但具有潜在

使用价值的那部分水。狭义而言，水资源主要指水循环周期内可以恢复再生的、能为人类直接利用的淡水资源。它具有如下特征：

(1) 水资源可再生性。水资源与其他固体资源的本质区别在于其流动性，是在循环中形成的一种动态资源。水资源在开采利用后，能够得到大气降水的补给，处在不断地开采、补给和消耗、恢复的循环之中。

(2) 储量有限性。水资源处在不断的消耗和补充过程中，在某种意义上水资源具有“取之不尽”的特点，恢复性强。但实际上全球淡水资源的储量是十分有限的，且淡水资源的大部分储存在极地冰帽和冰川中，真正能够被人类直接利用的淡水资源仅占全球总水量的 0.00768%。从水量动态平衡的观点来看，某一期间的水量消耗量应接近于该期间的水量补给量，否则将会破坏水平衡，造成一系列环境问题。可见，水循环过程是无限的，水资源的储量是有限的，并非取之不尽、用之不竭。

(3) 时空分布不均匀性。水资源在自然界中具有一定的时间和空间分布，时空分布的不均匀性是水资源的又一特征。我国水资源在区域上分布极不均匀。总的来说，东南多，西北少，沿海多，内陆少，山区多，平原少；在同一地区中，不同时间分布差异性很大，一般是夏多冬少。

(4) 因果随机性。自然界中可更新的水资源主要来源于大气降水和融雪水，其循环转换具有因果关系。由于大气降水和融雪水在时空上存在随机性，导致水资源转化过程中有随机性。如某一区域既有丰、平、枯三种年型，又有连枯、连丰情况，一年当中还有枯水和丰水期，这种变化都是随机的，具有一定的统计规律。

(5) 用途广泛性。水资源是被人类在生产和生活中广泛利用的自然资源，广泛应用于农业、工业和生活以及发电、水运、水产、旅游和生态与环境修复等。在各种不同的用途中，有的是消耗性用水，有的则是非消耗性或是消耗很小的用水，且不同目的的用水对水质的要求各不相同，这是水资源一水多用、充分发挥其综合效益的有利条件。

(6) 不可替代性。水是生命的摇篮，是一切生物的命脉。成人体内含水量占体重的 66%，哺乳动物含水量为 60%~68%，植物含水量为 75%~90%。水在维持人类生存发展和生态环境方面是不可替代的。

(7) 利害两重性。水量过多容易造成洪涝灾害，水量过少则易形成干旱。水资源这种双重性质，要求在水资源开发利用过程中强调统筹规划和合理调控，以达到兴利除害目的。

(8) 动态转化性。水资源动态转化既包括液态、固态水的汽化，水汽凝结降水等过程，又包括降水在地球表面形成的地表水、土壤水、地下水的聚集及其相互转化。各种不同水体的边界并非完全封闭，而是与外界环境存在各种物质能量交换，是一种既相互联系又相互转化的开放系统。例如，地表蓄水体，可以接受外界水溶解的化学盐类与泥沙及有机质的悬浮物，在重力与分子力作用下，发生的渗流、越流，可使地表水与地下水相互转换；在热力作用下，这些水体又可通过蒸发与凝结，与大气水分相互转化。因此，气候与下垫面变化都可能导致水资源量的变化。

(9) 地域变异性。受大气环流和重力作用，降水和融雪水在地球表面产流、汇集总是在一定地域从高向低处流动，这就决定了水资源演变转化总是在流域分水岭之间进行，显

现出明显的气候地域特征。受气候和地理位置等因素影响,水资源在流域之间和流域上、中、下游之间存在明显的差异,并随着社会经济发展状态不同而出现水资源量与质上的变化。

二、土地资源概念及特征

土地是指地球表面一定范围内由近地面气候、岩石、地貌、水文及水文地质、土壤、植物、动物及微生物等要素组成的相互联系、相互作用并受人类长期影响的不断发展的自然综合体。

土地资源则是与人类生产活动相联系,成为人类劳动和生产的对象,是人类藉以生产和发展的可开发资源。它是可以为农业生产所利用,也可以为城镇道路、桥梁建设,甚至为旅游开发所利用的资源。

土地资源是能为人类利用的自然资源中最宝贵的资源,是人类社会赖以生存和发展的最基本的物质基础,是创造其他社会财富的主要源泉,是经济社会可持续发展的重要依托。在人口、资源、环境和经济的发展关系中,土地资源始终居于其他资源无法替代的核心位置。与其他资源相比,土地资源是最能体现可持续发展战略理论的一种资源。因此,从某种意义上讲,实现土地资源的可持续利用是实现资源与环境持续性、社会持续性和经济持续性的重要课题,也是解决当今世界人类问题的主要途径。

土地资源作为一种独特的自然资源,具有以下显著特征:

- (1) 位置固定性。空间位置是固定的,不能移动的。
- (2) 面积有限性。土地作为陆地表面的部分,其面积是一个相对固定的数字。
- (3) 质量差异性。由于土地资源自身的区位条件及其覆被利用等相应要素条件的差异,土地质量存在巨大自然差异,且这种差异会导致人类生产和生活类型、强度的不同。
- (4) 功能永久性。土地在使用过程中,不会产生磨损和报废,作为“空间场所”是永存的。但如在土地利用过程中不加保护,会造成土地退化甚至破坏而失去其资源使用价值。

因此,土地资源是有限的,且具有易损性与脆弱性,需要人们在使用过程中自觉珍惜和保护土地资源,以促进土地资源增值与可持续利用。

第二节 水土资源状况与面临的问题

一、水资源状况及其面临的问题

地球上水量丰富,但可供人类生存所需的淡水资源却十分有限。地球水圈中有 13.86 亿 km^3 水储存量,其中,海洋总储水量约为 13.38 亿 km^3 ,占全球总储存水量的 96.54%;南极、北极和高山地区冰川积雪的储水量约 0.24 亿 km^3 ,占 1.74%;全球地下水约 0.23 亿 km^3 ,占 1.69%;存于陆地河流、湖泊、沼泽等地表水体中的水约 50.6 万 km^3 ,占 0.037%。在地球水圈中淡水仅占总水量的 2.53%,且主要分布在冰川与永久积雪和地下水中。如果考虑到现有的经济、技术能力,扣除目前暂时无法取用的冰川积雪及深层地下水,理论上可以开发利用的淡水不到地球总储存水量的 1%。

我国多年平均降水量为 648mm, 其中, 约 56% 消耗于陆面蒸发, 44% 转化为地表和地下水资源。多年平均年径流总量 27115 亿 m^3 , 年均地下水资源量为 8288 亿 m^3 , 扣除重复计算量 7279 亿 m^3 , 我国多年平均水资源总量为 28124 亿 m^3 , 居世界第六位, 占全球的 6%。按 1997 年人口统计, 人均水资源量仅为 2200 m^3 , 为世界的平均值的 1/4 左右; 到 2030 年, 我国人口 16 亿人, 人均水资源 1760 m^3 , 接近国际公认少于 1700 m^3 时为用水紧张国家的标准。亩均水资源量 1888 m^3 , 为世界亩均的 80%, 是世界上水资源十分紧缺的国家之一。

我国水资源时空分布很不均匀。最大与最小年径流的比值, 长江以南的河流小于 5; 北方河流多在 10 以上。径流量年际变化大于连续丰枯水段的出现, 使我国经常发生旱、涝或连旱、连涝现象, 加大了水资源开发利用的难度。

我国水土资源配置极不合理, 水资源供需矛盾日益突出。北方地区人口占全国总人口的 2/5 以上, 耕地占全国耕地总面积的 3/5, 而水资源总量仅占全国的 1/5, 人均水资源拥有量为 1127 m^3 , 每公顷耕地拥有水资源量为 9465 m^3 (亩均 431 m^3)。南方地区人口占全国的 3/5, 耕地占全国耕地的 2/5, 却拥有全国水资源总量的 4/5。在全国人均水量不足 1000 m^3 的 10 个省 (自治区) 中, 北方占了 8 个, 主要集中在华北地区。在全国耕地水量不足 1500 m^3/hm^2 的 15 个省 (自治区) 中, 北方占了 13 个。此外, 我国有 1333 万 hm^2 可耕后备荒地, 主要集中在北方的西北区和东北区。如果考虑开发这些后备荒地的用水量, 那么北方耕地拥有的可用水量仅为 7687 m^3/hm^2 (512 m^3 /亩), 为南方的 1/7.5。我国水资源空间分布的不均衡性与全国人口、耕地分布上的差异性, 大大增加了我国水资源开发利用的成本。

随着人口的增加和工农业的发展, 人类活动对自然界影响愈来愈大, 世界一些地区水资源正在出现危机。1988 年, 世界环境与发展委员会指出: “水资源正在取代石油而成为在全世界引起危机的主要问题”。1991 年, 国际水资源协会第七届大会上则进一步警告: “在干旱或半干旱地区国际河流和其他水源地的使用权可能成为两国间战争的导线。” 1992 年, 联合国环境和发展大会上通过的《二十一世纪议程》中提到: “淡水是一种有限资源, 不仅为维持地球陆上一切生命所必需, 且对一切社会经济部门都具有生死攸关的重要意义”。

1. 水旱灾害和洪涝灾害日益严重

受人类活动和全球气候变化的影响, 水旱灾害更加频繁, 洪涝旱灾害损失日益严重。

政府间气候变化专业委员会 (IPCC) 的科学报告指出: 受人类活动的影响, 大气中 CO_2 浓度增加一倍, 将使全球地面气温上升 1.7~5.2 $^{\circ}C$, 平均上升 3.8 $^{\circ}C$, 全球年降水量增加 2.5%~15%, 平均增加 6.5%。

1950~1990 年 41 年间洪水平均成灾率 55.2%, 其中, 20 世纪 50 年代出现中灾以上的灾害频率为 12.5%, 但 90 年代以来几乎年年遭受洪灾。如: 在 1991 年淮河大水, 1994 年与 1996 年洞庭湖水系大水, 1995 年鄱阳湖水系大水, 1998 年长江、珠江、松花江发生超历史纪录的洪水, 1999 年太湖流域发生超历史纪录的洪水, 2003 年淮河和渭河发生较大洪水, 2005 年珠江发生特大洪水。每年因洪水灾害造成的直接经济损失达数百亿元, 1998 年大水直接经济损失高达 2466 亿元。

近 50 年间, 全国性的大旱 (受灾面积超过 3066.7 万 hm^2 , 成灾面积超过 1066.7 万 hm^2) 有 10 年, 前 30 年和后 20 年各出现 5 次; 另外, 前 30 年间有 37% 的年份旱灾成灾率超过 40%, 而后 20 年间有 90% 的年份旱灾成灾率超过了 40%。2006 年夏季, 重庆市发生百年一遇特大旱灾, 直接经济总损失 81.5 亿元, 农作物受旱面积近 133 万 hm^2 , 农作物经济损失 60.31 亿元。

2. 水资源需求不断增长, 人水矛盾日益突出

在过去 100 年中, 世界人口增长了 3 倍, 经济增长了 20 倍, 水资源消耗总量增长了 10 倍, 燃料消耗增长了 30 倍, 水资源供需矛盾更加尖锐。据统计, 目前全球有 80 多个国家正面临着水资源不足, 16% 的城市人口缺水, 约 12 亿人严重缺少饮用水。据估计, 到 2050 年世界人口可能增长 1 倍, 达 106.4 亿人, 其中发展中国家占 87%, 即 92.9 亿人, 人类对水资源的需求必将大幅度增加。而我国农业灌溉水利用率为 0.45, 远低于先进国家的 0.8; 工业万元产值耗水量是发达国家的 5~10 倍; 工业重复水利用率为 30%~40%, 低于发达国家的 75%~85%; 节水、污水处理回用和雨水利用还没有得到很好的推广。由此导致我国人水矛盾更加突出。

3. 水污染现象突出, 导致水资源短缺现象更加严重

据统计, 全世界每年排向自然水体的工业和生活废水达 4200 亿 m^3 , 使 35% 以上的淡水资源受到不同程度的污染, 约 1/5 人口得不到符合卫生标准的淡水。在我国, 符合和优于 III 类水的河长只占总评价河长的 58.7%, 多数湖泊处于富营养化状态; 全国已监测的 118 个城市地下水中, 64% 受到严重污染。据估计在 2025 年将有 50% 的人口居住在城市, 人类活动的发展将使更多的废弃物不断污染可利用的水源。在污染物中, 未处理的或部分处理的污水中, 农业和工业排放的污水占主要部分。这些污染物将严重影响水质, 特别是生活用水的水质。因此, 许多过去认为可以经济开发的水源, 将来很可能成为不适宜的, 特别是不适于饮用的水。

4. 水土流失日益严重, 河湖泥沙淤积, 湿地面积不断缩小或消失, 生物多样性受到严重威胁

目前, 长江上游水土流失极为严重, 宜昌上游地区水土流失面积达 35.2 万 km^2 , 年均侵蚀量高达 15.6 亿 t, 而宜昌站的多年平均输沙量仅为 5 亿 t, 每年有 10 多亿 t 泥沙在上游堆积。与 20 世纪 50 年代初期相比, 全国湖泊面积减少 15%, 长江中下游的湖泊数量减少一半以上; 天然湿地面积减少 26%。

湖泊和天然湿地面积的减少, 导致水资源调蓄能力和水体自净能力下降及河道泄洪能力降低, 加剧了洪涝灾害和水质污染的危害, 对生物多样性也造成了严重破坏。迄今为止, 我国已有黄河、辽河等 90 多条河流发生过断流; 海河流域过量开采已形成近 5 万 km^2 地下水降落漏斗, 环渤海平原区海水倒灌面积超过 1334 km^2 。新疆塔里木河断流后, 罗布泊干涸, 附近 55 种高等植物减少到 36 种; 洪湖 20 世纪 50 年代有野生鱼类近 100 种, 到 90 年代减至不足 50 种。

二、土地资源状况及其面临的问题

(一) 土地资源状况

我国土地资源现状特点是: 总量大, 但人均少, 土地结构不合理, 可利用性低, 而且

分布不均衡。

1. 土地总量大，人均占有量小

我国土地总面积 960 万 km^2 ，仅次于俄罗斯、加拿大居世界第三。但人均占有量则不足世界的 1/3。据统计资料显示，全国耕地为 19.56 亿亩，以人均 1.43 亩计，也只是澳大利亚、加拿大、美国人均占有量的 1/24、1/15 和 1/6，而且低于法国和印度。而最新的统计显示我国的耕地面积已经锐减到 15.51 亿亩。同时，耕地分布也很不均匀，在自然条件相对恶劣的西北区、东北区、黄土高原区、青藏高原区人均耕地 2 亩以上，而自然条件较好的华北区、华南区、西南区、长江中下游区在 2 亩以下，福建、广东、北京、浙江、江苏均不足 1 亩，上海人均耕地仅 0.42 亩。

2. 山多平地少，耕地比例小

据最新资料，我国土地资源的利用类型是：国土总面积 143.97 亿亩，其中耕地 18.51 亿亩、园地 0.741 亿亩、林地 29.5 亿亩、草地 46.7 亿亩，居民居住地 2.7 亿亩、工矿 0.31 亿亩、交通 1.13 亿亩、水域 5.33 亿亩、其他 1.1 亿亩。耕地还不足土地总面积的 13%。山地、丘陵、高原占到国土面积 69%，平原、盆地仅占 31%。按海拔高度分，我国土地的分配比例是：分布在 500m 以下的占 16%，而分布在海拔 5000m 以上的占 19%。从土地资源的可利用性来讲，可利用程度高的土地资源相对较少。

3. 土地资源分布不均衡

我国幅员广大，土地资源类型多样。但受复杂的自然条件和社会经济因素的影响，我国土地的地理分布不均衡。有两条自然界线决定我国土地的分布与组成。一是 400mm 年降雨等值线，从东北的黑河经甘肃兰州到滇西高原。这一线以西属干旱、半干旱和高寒区，土地面积占国土面积的 45%，而耕地则只占 10%，而这一线以东属湿润、半湿润气候，土地面积占国土的 55%，而耕地则占 90%。二是以 1 月平均温度 0°C 等值线——秦岭、淮河为界。此线以北有 80% 的旱耕地，此线以南则分布有 90% 的稻田。

土地资源分布不均衡，不仅表现在地理分布，还表现在土地质量分布也极不均衡。到 2003 年底，耕地中高产地（稻谷 500kg/亩，玉米 350kg/亩以上）占 21.5%，中产地及低产地（稻谷小于 200kg/亩，玉米小于 150kg/亩）占 78.5%，而中低产地的 80% 以上分布在西北和黄土高原地区。有水源保证和灌溉设施的耕地只占 40%。土地资源中，低产田、低产地和低肥力土地达 60 亿亩以上。耕地中的坡耕地占 12 亿亩以上。耕地中存在土层薄、渍涝地、砾石层等情况的达 5.7 亿亩之多。

（二）面临的问题

在气候变化、地理变迁等自然因素与人口增长和经济发展等社会因素共同作用下，土地资源利用中面临的数量减少、质量降低以及生态恶化等问题更加突出。

1. 大规模的违规圈地，导致耕地资源数量迅速减少

在财政压力和政绩驱动下，一些地方政府为追求政绩，好大喜功，搞“形象工程”，乱占滥用土地，把土地资源作为地方上“原始积累”和政府消费的财源，在土地“农转非”这种使用形式转变过程中，大量获取土地资本增值收益，从而导致大量农用地转为建设用地，超计划利用土地，耕地数量迅速减少，以及土地补偿与土地收益分配的不公，农民对土地的所有权、使用权、收益权等财产权得不到充分尊重，土地使用

权的转移及补偿背离了市场经济法则，失去了公开、公平与公正原则，加剧了土地供需矛盾与社会矛盾。

2. 土地沙漠化在加速

我国现有沙漠及沙化土地面积达 168.9 万 km^2 ，比新中国成立初期扩大了 34.4%，占全部国土面积的 17.6%。据报道，我国土地沙化的扩展速度，20 世纪 50~60 年代为 $1560\text{km}^2/\text{a}$ ，70~80 年代为 $2100\text{km}^2/\text{a}$ ，90 年代为 $2400\text{km}^2/\text{a}$ ，目前已经上升到 $2460\text{km}^2/\text{a}$ 。在导致土地沙漠化的原因中，人为因素远比自然因素的破坏力更大。如 20 世纪的 50~70 年代，西北地区的三次毁林、毁草开荒高潮，破坏了 300 万亩森林、1 亿多亩草原，林、草破坏后，土下埋伏的古沙露出，形成沙化。改革开放后，内蒙、宁夏滥挖甘草、滥搂发菜，导致内蒙破坏草场 1.9 亿亩，600 万亩草场沙化；宁夏挖甘草破坏草地 800 多万亩，引起不同程度的沙化。

3. 水土流失导致土地退化、地力减退严重

滥砍滥伐、过度垦殖，是导致水土流失的主要人为原因。目前全国水土流失面积达 356 万 km^2 ，占国土面积的 36.8%，新中国成立以来修建的 8.4 万座水库中的总库容已淤积了 40%，每年造成的经济损失超过 100 亿元。在黄土高原，有 30 万条 1km 长的冲沟横七竖八地切割覆盖陕、甘、宁、青 4 省（自治区）的 138 个县 6000 万人赖以生存的土地。40 多年来，仅水土流失被冲入大海的国土便是中国土地面积的 1/6。

4. 土地污染现象加剧

“三废”污染物经水渗入土壤，导致土壤中毒形成污染。目前，我国“三废”排放量居世界之首，2002 年全国污水排放 417 亿 t。据对 1200 条河流的观测，有 850 条受到污染，受害耕地 900 万亩。2003 年污水排放达 460 亿 t，受不同程度污染的农田达 1.9 亿亩，粮食减产 160 亿 kg。据估计，我国每年因土地污染造成的直接经济损失就相当于同期国民生产总值的 1%。此外，土地污染会使污染物在植物体内积累，并通过各种食物链富集到人体或者动物体内，危害人畜的健康，引发癌症等各种疾病。含重金属浓度高的污染表层土在风力或者水力作用下进入大气和水中，导致大气污染、地表水污染、地下水污染和生态系统退化等其他生态环境问题。

5. 土壤贫瘠化趋势明显

土壤贫瘠化是地力减退的标志。主要表现为土壤理化性质的恶化和养分含量减少。土壤的侵蚀、沙化、污染等都是土壤贫瘠化的原因。因水土流失，相当数千万吨化肥的土壤养分的流失，严重导致土壤贫瘠化。据全国第二次土壤普查数据，我国有不同障碍因素的贫瘠土壤达 10 亿亩以上，其中含砾石层面积 5.6 亿亩、板结地面积 2.5 亿亩、渍涝地面积 1.3 亿亩、沙化面积 9 亿亩。

营养失调是导致土壤贫瘠化的又一重要原因。据报道，有机质含量 6%~8% 的荒地，垦后不足 100 年，有机质、全氮、全磷含量下降 50% 的土地分别占 75%、42% 和 23%。垦后施肥者，有机质年均下降 1%，不施肥者则下降 2%~3%，而且开垦越久，有机质下降的幅度越大，开垦 20 年的有机质下降 1/3，40 年的下降 1/2，80 年的下降 2/3。

第三节 水土资源开发利用现状与前景

一、水资源开发利用现状与前景

水资源开发利用是指人类通过劳动、科学技术和管理手段,使天然水资源能为人类发展服务有关活动的总称,包括认识水、控制水、保护水、管理水和利用水。水资源在未开发前,虽然和其他资源一样具有使用价值和价值,但其使用价值是潜在的。只有通过开发利用,才能转变为现实的使用价值,才具有真正的价值。

认识水的基本规律是取得水资源开发利用良好效果的基础;调节控制水的时空分布是兴水利除水害的基本手段;保护水免受污染是充分利用水资源、维护良好生态环境的必要条件;管理水是实现综合用水和不断提高经济效益的保证;利用水是满足工农业生产和人民需求的基本目的;水资源开发利用的最终目的是要达到人与水之间的协调。因此,水资源开发利用的过程和目的可以表述为:人们对自然状态的水,运用科学方法和技术措施,进行有目的、有步骤地控制与管理,使其在水量、水质、水能和水体形态(水位、水温、流速等)上满足社会经济发展和人民生活需求的全部过程。

水资源开发利用的历史伴随着人类文明的发展。公元前 3500 年,古埃及人用水位计量测河流变化规律,建立了最早的洪水预报系统;公元前 3000 年,尼罗河上修建了水坝;公元前 2200 年,中国大禹治水传说出现;公元前 1700 年,开罗附近 99m 深的 Joseph 井出现;公元前 1050 年,非洲出现了水量计(水表);公元前 486 年,中国沟通长江与淮河的邗沟工程建成;公元前 312 年,罗马建成水渠——世界上最早的供水排涝系统;公元前 256 年,中国都江堰建成。

在近代,随着社会经济的发展和科学技术的进步,水资源开发利用开始由过去单一的水运、灌溉、供水、排水、防洪等开发,向以流域或河流为单元的水力发电、灌溉、防洪、供水、跨流域调水等综合开发利用转变。1802 年,美国陆军工程师团成立,标志着进入水资源规划新阶段;1807 年,美国出现了第一个水资源综合规划报告,从此改变了单纯为了航运进行开发的历史;1882 年,美国建成第一座水电站 Wisconsin,开始进行水能开发利用;1913 年,美国进行了大迈阿密河流域的土地利用与防洪规划建设。

我国大江大河治理始于 1955 年。1958 年提出南水北调设想,1979 年开始致力南水北调东、中、西线规划,1986 年进行了全国水资源评价和水资源开发利用规划,并于 1990 年提出了全国流域综合治理与开发利用规划。1998 年长江、松花江发生特大洪水后,又进行了全国防洪规划。1999 年全国开展了大型灌区续建配套与节水改造规划,2000 年进行了全国乡镇供水发展规划和城市水资源规划,2001 年进行了全国水资源保护规划,2002 年进行了全国水资源综合规划,2006 年进行了流域综合规划修订等。

水利是国民经济发展的重要基础设施。至 2007 年底,我国已建成各类水库 85412 余座,总库容 6345 亿 m^3 。其中大型水库 493 座,总库容 4836 亿 m^3 ,占全国总库容的 76.2%;中型水库 3110 座,总库容 883 亿 m^3 ,占全部总库容的 13.9%。已建各种水闸 41110 座,其中大型水闸 438 座。在全部已建水闸中,分洪闸(进水闸)2656 座,排涝闸(退水闸)14288 座、挡潮闸 4941 座,引水闸 7562 座、节制闸 11663 座^[8]。已建成各类

固定机电抽水泵站 50.9 万处,装机容量达 4838 万 kW。江河堤防 28.38 万 km,累计达标堤防 10.9 万 km,堤防达标率为 38.4%;其中一、二级达标堤防长度为 2.43 万 km,达标率为 74.4%。全国农田有效灌溉面积达到 5778.2 万 hm^2 ,占全国耕地面积 44.4%。修建了江苏省江水北调、广东省东深供水,天津市引滦入津、引青济秦、引黄入卫,山东省引黄济青,辽宁省引碧入大、新疆塔里木河调水、宁夏扬黄扶贫等跨流域调水工程,年总调水量为 156 亿 m^3 以上;南水北调东线与中线、四川武都引水二期、青海湟水北干渠扶贫灌溉一期、二期和甘肃引洮供水一期等工程建设进展顺利。

全国 2007 年总供水量 5819 亿 m^3 。其中,地表水源供水量 4725 亿 m^3 ,占总供水量的 81.2%;地下水源供水量 1071 亿 m^3 ,占 18.4%;其他水源供水量 23 亿 m^3 ,只占总供水量的 0.4%。在地表水源供水量中,蓄水工程占 32.8%,引水工程占 38.2%,提水工程占 26.8%。在 1069 亿 m^3 地下水供水量中,浅层地下水占 81.0%,深层承压水占 18.5%,微咸水占 0.5%^[9]。

2007 年全国总用水量 5789 亿 m^3 。其中生活用水 481 亿 m^3 ,占总用水的 8.3%;工业用水 1390 亿 m^3 ,占 24%;农业用水 3711 亿 m^3 ,占 64%。

所有这些,都极大地缓解了我国缺水地区的水资源紧张状况与生态退化情势,提高了防御洪涝干旱等灾害的能力以及灌溉、供水、发电、航运等综合效益。但如何应对未来快速增长的水资源需求,目前水资源开发利用还存在以下问题:

(1) 南方地区供水主要是地表水,占 95%以上,但近些年地表水污染加重,地下水开发利用增多,特别是长江下游和珠江三角洲地区。

(2) 西南地区山高水低,开发利用不到 2%,以水能利用为主。

(3) 北方地区属资源性缺水,地表水严重不足,主要靠地下水,但超采严重。

(4) 西北内陆河地区主要靠地表水,占 90%,塔河、石洋河、黑河等的地表水开发利用程度已远超过国际公认的 40%标准;且目前农灌区地下水利用少,盐碱地较多。

到 21 世纪中叶,我国人口将达到 16 亿人左右,经济持续发展,人均国民生产总值将达到中等发达国家水平,水资源开发利用情势将更加严峻。

(1) 人均水资源量将进一步减少,从 1997 年的 2300 m^3 降到 2050 年的 1760 m^3 。

(2) 黄淮海地区缺水严重,目前人均水资源量 500 m^3 ,到 2050 年将进一步减少至 400 m^3 以下。

(3) 全国国民经济需水总量 2050 年将达到 7300 亿 m^3 左右,全国人均需水约为 457 m^3 。

(4) 农田灌溉面积将达到 9 亿 m^3 ,林草灌溉面积有较大增长,然而农业用水只能维持在 4200 亿 m^3 左右,比现状略有增加,增长率约为 7.7%。

(5) 工业用水将缓慢而持续增长,到 2050 年接近 2000 亿 m^3 ,比目前增加 860 亿 m^3 ,增长率约为 75%。

(6) 城镇生活用水增长较快,到 2050 年城镇化率由目前的 36%达到 60%,城镇人口将达 9.6 亿,城镇生活需用水 820 亿 m^3 ,比现状用水增长约 2 倍。

(7) 到 2050 年全国需水总量达到 7300 亿 m^3 左右,总供水量将比现状增长 1700 亿 m^3 左右,其中农业用水增长有限,主要是城市用水增长,包括工业和城镇生活,增长