

乌兰布和沙漠东北部

自然植被与水资源相互关系的研究

The relationships between the natural vegetation and the water resource in the northeast of Ulan Buh Desert

郭连生 田有亮 何炎红 叶冬梅

2.6

内蒙古大学出版社

乌兰布和沙漠东北部 自然植被与水资源相互关系的研究

The relationships between
the natural vegetation and the water resource
in the northeast of Ulan Buh Desert

郭连生 田有亮 何炎红 叶冬梅

内蒙古大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

乌兰布和沙漠东北部自然植被与水资源相互关系的研究 / 郭连生等著. — 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 2009. 6
ISBN 978 - 7 - 81115 - 683 - 6

I. 乌… II. 郭… III. 沙漠—植被—关系—水资源—研究—内蒙古 IV. Q948.522.6 TV211.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 097982 号

书 名	乌兰布和沙漠东北部自然植被与水资源相互关系的研究
著 者	郭连生 田有亮 何炎红 叶冬梅
责任编辑	张 志
封面设计	梁瑞萍
出 版	内蒙古大学出版社 呼和浩特市大学西路 235 号 (010021)
发 行	内蒙古新华书店
印 刷	呼和浩特欣欣彩虹印刷包装有限责任公司
开 本	787 × 1092/16
印 张	14.5
字 数	358 千
版 期	2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷
标准书号	ISBN 978 - 7 - 81115 - 683 - 6
定 价	32.00 元

本书如有印装质量问题, 请直接与出版社联系

内 容 简 介

本书评述了乌兰布和沙漠东北部的气象特征、沙漠土壤水分动态、自然植被特征、主要植物种的生理生态学特性，在此基础上构建了该区水分平衡模型。以植被的安全性、稳定性为前提条件，以土壤水分动态和植被生态需水量为基础，以植被的自我维持，自我调节能力作为土壤水分植被承载力的重要反馈机制，建立了以植被叶面积指数为主要调控指标的植被承载力模型。对该地区植被恢复与重建中的水资源合理利用有重要理论意义。本书可作为农林及生物学专业人员的参考书。

前 言

本书是国家自然科学基金重点项目“干旱半干旱地区森林与水资源相互影响及合理调控机理”（项目编号：30230290）的子课题——“典型沙漠干旱地区植被与水资源相互影响及合理调控机理”研究的总成果。该项研究工作历时4年（2003~2006），以内蒙古农业大学乌兰布和沙漠生态农业试验中心为基地，根据项目任务书要求，在研究了该区气象特征、沙漠土壤水分动态、自然植被特征、主要植物种生理生态特性的基础上，构建了乌兰布和沙漠水分平衡模型；以植被的安全性、稳定性为前提条件，以土壤水分动态和植被生态需水量研究为基础，以植被自我维持、自我调节能力作为土壤水分植被承载力的重要反馈机制，建立了以植被叶面积指数为主要调控指标的植被承载力模型。研究表明，植被叶面积指数大小是其蒸腾耗水的主要影响因子。根据不同植被的水分平衡特点，可通过调控叶面积指数来实现植被水分消耗量最少，水资源利用率最高的自然植被恢复的理想目标。这一成果对该地区自然植被恢复具有重要理论意义。

在研究工作期间，曾5次参加总项目的工作交流研讨会，两次参加与本项研究内容相关的国际学术会议（德国、北京），对本项研究的圆满完成起到了重要的学术支撑作用。特别值得提出的是，总项目主持人中国林业科学研究院研究员王彦辉博士和于澎涛博士曾亲临试验场指导研究工作，使我们受益匪浅。

在研究工作期间，内蒙古农业大学乌兰布和生态农业试验中心应勇主任为我们提供了良好的工作和生活条件，中国林业科学研究院沙漠林业实验中心主任王志刚研究员、副主任郝玉光研究员为我们提供了宝贵的研究资料，巴彦淖尔市林业局副局长张学钧、王正同志，治沙站站长安小平同志在生活和工作上给予了我们很大帮助，在此一并致以衷心感谢。

本书撰写的具体分工是：

郭连生：序言和第一章；

田有亮：第二、六章；

何炎红：第四章第一、二节和第五章；

叶冬梅：第三章和第四章第三节。

在本书付梓之际，还要特别感谢内蒙古农业大学校长李畅游教授的鼓励和支持。

作 者

2009年4月，呼和浩特

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 植被与水资源关系	(1)
一、水资源	(1)
二、水资源的现状	(4)
三、水资源与植被之间的相互关系	(7)
第二节 乌兰布和沙漠生态环境建设	(11)
一、乌兰布和沙漠的概况	(11)
二、乌兰布和沙漠生态环境建设	(17)
第二章 气象特征	(32)
第一节 主要气象因子变化特点	(32)
一、光照	(32)
二、气温与地温	(33)
三、自然降水	(35)
第二节 气候湿度指标	(39)
一、水面蒸发	(39)
二、潜在蒸发特性	(39)
三、气候湿度指标	(42)
第三章 乌兰布和沙漠土壤水分	(47)
第一节 概述	(47)
第二节 乌兰布和沙漠土壤物理特性	(50)
一、沙土	(50)
二、白刺灌丛阴、阳面土壤物理特性的垂直变化特征	(53)
三、不同样地持水量比较	(55)
第三节 乌兰布和沙漠土壤水分动态	(57)
一、乌兰布和沙漠流动沙丘不同部位水分时空变化	(58)
二、白刺灌丛阴、阳面土壤含水量的时空动态	(67)
三、流动沙地丘间地水分动态	(69)
四、半固定沙地水分动态	(72)
五、固定沙地水分动态	(73)
六、不同立地条件下土壤水分的年变化	(75)

第四节 土壤水分运动特征	(77)
一、土壤水分特征曲线	(77)
二、土壤导水率	(78)
三、降雨入渗	(80)
四、土壤蒸发特点	(84)
第四章 乌兰布和沙漠植被特征	(94)
第一节 概述	(94)
一、植被组成	(94)
二、研究方法	(94)
第二节 乌兰布和沙漠东北缘植被盖度、生物量	(95)
一、植被盖度、生物量和叶面积指数	(96)
二、白刺灌丛特性	(98)
三、沙冬青、油蒿灌丛地上生物量	(107)
四、白刺、油蒿、沙冬青、梭梭根系特征	(108)
第三节 植被特征与土壤水分的关系	(110)
一、白刺灌丛特征与土壤含水量的关系	(110)
二、不同白刺灌丛白刺生物量、叶面积指数等与其沙土含水量的关系	(111)
第五章 主要植物种生理生态特征	(114)
第一节 概述	(114)
第二节 光照强度、植物水分状况对气体交换的影响	(118)
一、植物光合速率	(119)
二、植物蒸腾速率	(131)
三、植物气孔导度	(135)
第三节 植物气体交换的日变化规律	(142)
一、主要气象因子日变化特征	(142)
二、主要树种叶水势日变化特征	(143)
三、主要树种气孔导度日变化及年变化特征	(146)
四、主要树种光合速率日变化及年变化	(148)
五、主要树种蒸腾速率日变化及年变化	(151)
六、影响主要树种光合速率、蒸腾速率和气孔导度日变化的主要因子	(153)
第四节 主要树种水分利用效率	(160)
一、日变化	(160)
二、水分利用效率与水势	(161)
三、最大水分利用效率	(162)
第五节 土壤水分和净光合速率的月变化比较	(165)
第六章 乌兰布和沙漠水分平衡	(176)
第一节 植被水分平衡特征	(176)

一、水分平衡是生态系统最重要的特征	(176)
二、乌兰布和沙漠水分平衡模型建立	(185)
三、乌兰布和沙漠水分平衡特点	(187)
第二节 土壤水分植被承载力	(194)
一、研究土壤水分植被承载力的基本原则	(194)
二、乌兰布和沙漠土壤水分植被承载力	(201)
三、乌兰布和沙漠植被光合生产	(204)

Contents

Chapter 1 Summarize	(1)
Section 1 Relationships between the vegetation and the water resource	(1)
1 Water resource	(1)
2 Status of the water resource	(4)
3 Relationships between the water resource and the vegetation	(7)
Section 2 Ecological environment construction in Ulan Buh Desert	(11)
1 View of Ulan Buh Desert	(11)
2 Ecological environment construction in Ulan Buh Desert	(17)
Chapter 2 Meteorological characteristics in the Northeast Part of Ulan Buh Desert	(32)
Section 1 Change characteristics of the main meteorological factor	(32)
1 Light	(32)
2 Air temperature and the earth temperature	(33)
3 Natural precipitation	(35)
Section 2 Climate humidity index	(39)
1 Water evaporation	(39)
2 Characteristics of potential evaporation	(39)
3 Climate humidity index	(42)
Chapter 3 Soil water in Ulan Buh Desert	(47)
Section 1 Summarize	(47)
Section 2 Soil Physical properties in Ulan Buh Desert	(50)
1 Sand	(50)
2 Vertical change of the physical properties of soil in the shade and sunny slope of Nitraria Shrub	(53)
3 Comparison among the water-holding capacity in different sample	

plot	(55)
Section 3 Soil water dynamic in Ulan Buh Desert	(57)
1 Temporal and spatial variation of soil water in different parts of sand dune in Ulan Buh Desert	(58)
2 Dynamic of temporal and spatial variation of soil water in the shade and the sunny of <i>Nitraria</i>	(67)
3 Soil water dynamic in the interdune area	(69)
4 Soil water dynamic in semi-fixed sandy	(72)
5 Soil water dynamic in fixed sandy	(73)
6 Annual change of the soil water in different site condition	(75)
Section 4 Characteristics of soil water movement	(77)
1 Soil moisture characteristic curve	(77)
2 Soil hydraulic conductivity	(78)
3 Rainfall infiltration	(80)
4 Characteristics of soil evaporation	(84)
Chapter 4 Vegetation characteristics in Ulan Buh Desert	(94)
Section 1 Summarize	(94)
1 Vegetation composition	(94)
2 Research method	(94)
Section 2 Vegetation coverage and biomass in the northeast of Ulan Buh Desert	(95)
1 Vegetation coverage, biomass and the leaf area index	(96)
2 Characteristics of the <i>Nitraria tangutorum</i> shrub	(98)
3 Aboveground biomass of <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> and <i>Artemisia ordosica</i> shrub	(107)
4 Root system characteristic of <i>Nitraria tangutorum</i> , <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> , <i>Artemisia ordosica</i> and <i>Haloxylon ammodendron</i>	(108)
Section 3 Relationships between Vegetation and soil water	(110)
1 Relationships between vegetation characteristic of <i>Nitraria tangutorum</i> and soil water	(110)
2 Rrelationships between biomass, leaf biomass, leaves area index and water content of sandy in different <i>Nitraria tangutorum</i> shrubs	(111)

Chapter 5 Main Physi-ecological characteristics of tree species	(114)
Section 1 Summarize	(114)
Section 2 Influence of the light intensity and plant water status on the gas exchange	(118)
1 Photosynthetic rate	(119)
2 Transpiration rate	(131)
3 Stomatal conductance	(135)
Section 3 Daily change of the plant gas exchange	(142)
1 Daily change characteristic of the main meteorological factors	(142)
2 Daily change characteristic of the leaf water potential of the main tree species	(143)
3 Daily and the annual change characteristic of the stomatal conductance of the main tree species	(146)
4 Daily and the annual change of the photosynthetic rate of the main tree species	(148)
5 Daily and the annual change of the transpiration rate of the main tree species	(151)
6 Main influence factors of the daily change of the photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance	(153)
Section 4 Water use efficiency of the main tree species	(160)
1 Daily change of water use efficiency	(160)
2 Relationships between of water use efficiency and plant water potential	(161)
3 Maximum water use efficiency	(162)
Section 5 Comparison of the soil moisture and net photosynthetic rate changes	(165)
Chapter 6 Water balance in Ulan Buh Desert	(176)
Section 1 Characteristics of the vegetation water balance	(176)
1 Water balance is the most important characteristic in the ecosystem	(176)
2 Establishment of the water balance model of Ulan Buh Desert	(185)
3 Characteristics of the water balance in Ulan Buh Desert	(187)

Section 2 Soil water carrying capacity of vegetation	(194)
1 Basic principle of studying the soil water carrying capacity of vegetation	(194)
2 Soil water carrying capacity of vegetation in Ulan Buh Desert	(201)
3 Vegetation photosynthetic production in Ulan Buh Desert	(204)

第一章 概述

Chapter 1 Summarize

第一节 植被与水资源关系

Section 1 Relationships between the vegetation and the water resource

一、水资源 (Water resource)

水是生态系统中最活跃的、不可替代的重要资源，是一切生物赖以生存和发展的基本条件，在生态与环境的保护与建设中起着重要的作用。水资源短缺是全球性问题。我国是一个干旱缺水严重的国家，在占国土面积 1/3 的西北干旱、半干旱地区水资源缺乏、自然环境恶化，成为该区社会、经济发展的桎梏，进而影响我国社会经济的发展。为此国家提出了以生态建设为中心的西部地区的可持续发展战略决策。植被建设是生态建设的主体，水资源是限制植被建设的主要因素，而科学合理地利用有限水资源进行植被建设是实现干旱、半干旱地区植被与环境统一的基本问题，因此，研究植被与水资源的关系，探讨二者相互作用的机理具有重要的理论和实践意义。

人类对水资源的认识 and 关注程度是随着水资源的日渐紧缺及生态与环境的日渐恶化而不断增强的。全面、准确地理解水资源的涵义，认识水资源的特性，既是做好水资源开发、利用、节约和保护工作的前提，也是管理水资源的基础和树立水资源可持续发展观的必然要求。

水资源有很多种定义，其涵义在国内外的有关文献中有多种说法，至今没有形成公认的定义。《中华人民共和国水法》（以下简称《水法》）中对水资源的定义为，“水资源，包括地表水和地下水”。《中国大百科全书大气科学·海洋科学·水文科学》中水资源的释义为，水资源是指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。《中国水利百科全书》中水资源是指地球上所有的气态、液态或固态的天然水。人类可利用的水资源，主要指某一地区逐年可以恢复和更新的淡水资源。《中国自然资源丛书》将水资源定义为凡能为人类生产、生活直接利用的，在水循环过程中产生的地表、地下径流和由它们存留在陆地上可再生的水体。对多年平均而言，水资源大致等于水循环过程中产生的地表、地下径流的总和。《英国大百科全书》中的定义为，水资源是全部自然界中各种形态的水，包括气态水、液态水和固态水的总量。《水资源评价活动——国家评价手册》（联合国教科文组织与世界卫生组织编写）指出：可以被利用的水源，具有足够

的数量和可用的质量,并能在某一地点(区)为满足某种用途而被利用。联合国教科文组织和世界气象组织 1988 年,作为水资源的水应当是可供利用或有可能被利用,具有足够数量和可用的质量,并可适当地为某地对水的需求而能长期供应的水源。《水与人类》(苏联水文学家, O. A. 斯宾格列尔)中的定义为:所谓水资源,通常理解为某一区域的地表水(河流、湖泊、沼泽、冰川)和地下淡水储量。水资源分为更新非常缓慢的永久储量和年内可恢复的储量两类,并指出在利用永久储量时,水的消耗不应大于它的恢复能力。

水资源之所以具有不同定义,是由于认识的出发点不同,相对于特定的研究学科领域而言,它们都具有合理的因素,它们的主要区别在于对水资源范围认识的广义和狭义的差别。其认识和理解不尽一致的主要原因在于,水的类型繁多,具有动态特征,各种类型水体相互联系,相互转化。水资源有广义水资源和狭义水资源之分。把水资源作为对人类具有直接价值和潜在价值的自然资源的一个普通分支,就是广义水资源的概念。其强调的是水资源具有被人类利用的潜力,地球上一切形态的水都有可能被人类利用,因此一切正在被利用和可能被利用的水都属于广义水资源。水资源是参与全球水循环,对人类有使用价值,具备一定数量和理化质量的水分,它的补给来源是大气降水,贮存形式是地表水、地下水和土壤水。狭义水资源是从广义水资源中剥离出来的一部分,有更强的约束条件。目前,较为统一的定义是自然水体中的特有部分,即由大气降水补给,具有一定数量和在人类现有技术条件下直接被利用,且年复一年有限可循环再生的,水质满足特定行业标准的淡水,它们在数量上等于地表和地下径流的总和,是广义水资源中参与陆地水循环的包括流量和存量的液态水。地表水资源和地下水资源都属于狭义水资源范畴。把水资源作为生物圈生态系统的有机组成部分,水是维持生态系统的基本要素,是一切生物,包括人类赖以生存发展的基础。水作为一切生物存在的生态环境的基本要求,是生态经济复合系统结构和功能的重要组成部分,支持生态系统、非生命环境系统和社会经济系统的正常运转,如果缺水或无水,地球将无法维持生命力和生态与生物的多样性;水作为国民经济和社会发展的物质基础,是一个国家或地区经济建设和社会发展的一项重要自然资源和物质基础。所以,一方面,研究水资源应全面系统地进行研究,研究其发生、发展变化机制,研究其相互影响,相互作用;另一方面,研究、利用水资源要与社会经济发展相适应,从生态平衡角度,从有利于人类生存、发展角度研究、利用水资源,开发水资源,不能仅局限于其可供开发利用的量和满足要求的质,不能局限于短期效益,应注意到它与资源环境的动态平衡关系,它与人、经济、社会之间具有的互馈作用和抑制影响,实现水资源开发利用的可持续发展,即可持续水资源。可持续水资源概念对狭义水资源产生某种约束,是从人类延续发展的要求来对水资源进行界定的。它是指在一定时空范围内满足维持人类外部生存环境之基本需要后,可以供给人类活动的狭义水资源。以可持续的本意来界定可持续水资源,必须考虑水资源开发利用对人类生存环境的后果,包括本地区和受影响地区的生存环境,也包括当代人的和未来人口的生存环境。《水资源评价导则》(SL-T238-1999)规定:地表水资源可利用量是指在经济合理、技术可能及满足河道内用水(指水力发电、航运、冲沙、防凌和维护生态与环境等方面的用水)并顾及下游用水的前提下,地表水工程可能控制利用的河道外最大水量;地下水可开采量是指不

发生因开采地下水而造成水位持续下降、水质恶化、海水入侵、地面沉降等水环境问题和不对生态环境造成不良影响的情况下，允许从含水层中取出的最大水量。所谓可利用量和可开采量限定下的狭义水资源就可认为是可持续水资源，也可理解为从狭义水资源中保留一部分用于维持水循环的平衡过程（水土平衡、水盐平衡等）——即生态环境用水，余下的水分作为“国民经济利用量”，即可持续水资源。可持续水资源考虑到了水资源的承载能力，包含了后果评估的思想，对指导水资源评价、利用和管理具有特殊作用，不是把全部可更新的径流性水资源都作为人类允许利用的水资源。

水资源系生产原料或生活资源的天然来源，具有一般资源的基本特性，但就其本身的存在形式和与自然环境、人类生产生活、经济社会等的关系来看，又具有某些比一般资源更重要的特性。（1）水资源具有可更新性或称可再生性。天然资源可划分为可更新资源和可耗竭资源两大类。从对人类有意义的时间范围来讲，水资源系指在某一区域内逐年可以得到更新和恢复的淡水资源量，大气降水是其补给源。它们在一定时期、一定范围内供人类开发利用时，不仅在技术上可能，在经济上合理，更重要的是不致造成对资源环境、生态环境及社会发展的负面作用。水资源属于可再生资源，其可再生性（可恢复性）主要表现在：经人类开发利用后能够通过大气降水得到补给，并在一定时空范畴内保持动态平衡。其补给恢复性主要决定于自然环境条件系统中水的可循环性。它不像煤、石油和其他矿产资源那样总有用完的一天，而突出的体现为资源的可耗竭性。同时，若能做到设法合理地增加和诱导天然补给，合理地控制使用量和存在的空间，一定时间区域范围内的水量，则能实现持续开发利用。（2）水资源具有不可替代性。水资源不仅是人类及其他一切生物生存的必要条件和基础物质，也是国民经济建设和社会发展不可缺少的资源。一个人每天需摄入2~2.5升的水以保持人体的水平衡，水在人体中的储量约为体重的三分之二；水是一切植物生存生长进行光合作用和输入营养物质的要素；水是工业生产不可缺少的原料、溶剂、交换介质等。在当今世界，对水的认识是将其纳入国家综合国力的重要组成部分来对待的。人均年耗水量已成为衡量一个国家经济发展程度的重要标志，其用水结构成为判断一国工业化程度和生活水平的重要依据，而每立方米水所能创造的财富，又是衡量一个国家技术经济水平的重要尺度，其开发利用潜力决定着一个国家的发展后劲。在我国，把“水利是农业的命脉”提高到水利是国民经济的基础设施和基础产业的地位，并纳入国家可持续发展长远目标规划进行优先考虑。（3）水资源的有限性及不均匀性。从对水资源量的分析中可以看到，可供人类开发利用的地球淡水资源量不多，在空间和时间上分布都极不均衡，与人类的需要相差很远。加之水基本上是就地利用，难以远距离输送，世界上不少地区水资源匮乏。我国是世界上水资源比较贫乏的国家之一，同时，也是世界上水旱灾害频发的国家之一。突出表现在水资源地区分布很不均匀，与人口、土地、矿产资源、经济建设的分布与匹配也不相适应，年际年内变化较大。（4）水环境较脆弱、易破坏。水环境易破坏、较脆弱的特性主要体现在两个方面：一是水环境易受污染，使原本洁净的水域失去利用功能，而且作为一种载体，能使污染物在更大范围扩散蔓延。二是水环境极易受到破坏，特别是地下水，当开采量超过补给量时，水资源的质和量都会失去平衡状况，并由此引发一系列的地质环境问题，从而使水资源

失去原有存在的环境条件,失去能作为开发利用水源地的应有价值。(5)地表水和地下水相互转化性。地表水和地下水是水资源的统一体,它们之间存在密切联系又可相互转化。河川径流中包括一部分地下水的排泄水量,而地下水又承受地表水的入渗补给。地下水过分开采,也必然导致河川径流和泉水的减少。(6)水资源经济上的两重性。一个地区降雨量适时适量,自然是风调雨顺的丰收年,水量过多或过少的时间和地点,往往会出现洪涝旱碱等自然灾害,而水资源开发利用不当,也会引起人为灾害。如垮坝事故、土壤次生盐碱、水质污染、环境恶化、地面下沉和地震等,造成经济上的损失。因此,目前在水资源开发利用和管理中,应达到兴利除害的双重目的。

二、水资源的现状 (Status of the water resource)

(一) 我国水资源的现状

目前我国的水资源危机主要体现在以下三个方面:

一是水资源少,分布不均,水旱灾害频繁。

我国水资源总量约 28100 亿 m^3 , 居世界第 6 位,但可利用量只有 40% ~ 50%。人均水资源约 2400 m^3 , 不足世界平均水平的 1/4, 是全世界 13 个贫水国家之一。

我国水资源时空分布极不均匀,空间上的不均表现为东多西少,长江以南地区,耕地占 30%,人口占全国的 54%,而水资源占 80%;长江以北地区,耕地占全国的 70%,人口占 46%,而水资源仅占 20%,其中西北地区的水资源总量为 2 235.1 亿 m^3 , 仅占全国总量的 8.4%,平均每平方公里水资源仅为 $7.34 \times 10^4 \text{m}^3$, 相当于全国的 1/4。时间上降水表现为降水量和径流量的年际变化剧烈和年内高度集中,造成水旱灾害频繁。

二是用水量不断增加,利用率低,水资源浪费严重,水问题日益突出。

一方面,随着我国人口的增加和经济与社会的发展,对水的需求量越来越大,据不完全统计,我国水资源利用量仅有 4 700 亿 m^3 , 约占总量的 16.8%,即使在丰水年,我国水资源亏缺量也占实际供水量的 10% 左右。另一方面,由于水利用率低,浪费现象严重,使我国的水资源更加匮乏,加剧了水资源供需矛盾。据我国水利部门调查表明,我国农业灌溉用水利用效率平均为 0.45,而发达国家达到 0.7 ~ 0.8;我国工业用水的重复利用率只有 30%,远低于发达国家的 75%,一些重要产品单位耗水量比国外先进水平高几倍甚至几十倍,造成对水资源的严重浪费。

三是开发及利用不当,造成水资源的污染,水质下降,水土流失严重。

工、农业的发展和人口的增长,不仅使用水量大幅度增加,而且废水排放量也明显增加。全国每年排放的污水达 360 亿吨,除 70% 的工业废水和不到 10% 的生活污水经处理排放外,其余污水未经处理就排入江河湖海,致使水质严重恶化,全国大多数淡水湖和城市湖泊均遭到不同程度的污染。且污染正由浅层向深层发展,使地下水也受到污染,导致可利用水资源量的进一步减少和供需矛盾的日益突出。

由于自然环境的复杂性和对水土资源及森林植被无节制地开发利用,使得我国水资源平衡受到破坏,水土流失严重。据统计,我国每年流失土壤近 50 亿吨,水土流失面积 367 万