

水资源承载力 与可持续发展研究

高志娟 刘 昭 王 飞 著

Shuiziyuan Chengzaili

Yu Kechixu Fazhan Yanjiu

第 1 卷



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

责任编辑：侯君英 张明

水资源承载力与可持续发展研究

Shuiziyuan Chengzaili Yu Kechixu Fazhan Yanjiu

ISBN 978-7-5605-7546-9



9 787560 575469 0 1 >

定价：58.00元

水资源承载力 与可持续发展研究

Shuiziyuan Chengzaili
Yu Kechixu Fazhan Yanjiu

高志娟 刘 昭 王 飞 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

水资源承载力与可持续发展研究 / 高志娟, 刘昭, 王飞著. — 西安: 西安交通大学出版社, 2017. 6 (2017. 9 重印)
ISBN 978-7-5605-7546-9

I. ①水… II. ①高… ②刘… ③王… III. ①水资源—承载力—研究②水资源利用—可持续性发展—研究
IV. ①TV211 ②TV213. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 153239 号

书 名 水资源承载力与可持续发展研究
著 者 高志娟 刘 昭 王 飞
责任编辑 侯君英 张 明

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029) 82668357 82667874(发行中心)
(029) 82668315(总编办)
传 真 (029) 82668280
装帧设计 河北腾博广告有限公司
印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 700mm×1000mm 1/16 印张 11.5 字数 240 千字
版次印次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 9 月第 2 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-7546-9
定 价 58.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题, 请与本社发行中心联系、调换。
订购热线: (029)82668851 (029) 82668852
投稿热线: (029)82665370
读者信箱: qsfs2010@sina.com

版权所有 侵权必究

前 言

水资源是重要的基础性自然资源和战略性经济资源，也是生态环境发展的支撑性要素，具有不可替代性。现今工业、农业、生活和生态环境的发展对水的依赖程度越来越高，一个地区、一个流域的水资源到底能够支撑多大规模的社会，成了制定区域发展规划的基础性尺度和指标。水资源承载力的大小对一个国家或地区的综合发展有着至关重要的影响。水资源承载力是一个国家或地区持续发展过程中各种自然资源承载力的重要组成部分，既是水资源合理配置的基本度量，也是水环境对社会经济发展的支撑能力。控制水资源的开发利用不超过其承载能力和环境容量，才能实现水资源的可持续利用。

水资源危机是我国可持续发展面临的重大挑战。面对这项挑战，如何评价和把握人口、经济、水资源和生态环境等协调发展成为一项迫在眉睫的任务。通过对水资源承载力的研究，能通俗和直接地描述水资源社会需求：在一定的限定条件下，可再生利用的水资源究竟能够支撑多大规模的社会？回答这个问题，有助于解决我国水资源危机的核心问题。因此，进行水资源承载力评价研究，提出普遍意义上的水资源承载力内涵，根据水资源承载力评价的目的和问题导向的技术思路，建立一套评价水资源承载力的技术途径和实施方法，对水资源可持续利用和国家可持续发展有着重要的理论价值与实际意义。

本书首先对水资源和水资源承载力进行了概述，指明了水资源承载力和可持续发展的关系并就水资源的可持续利用进行了分析；之后介绍了城市水资源承载力评价指标体系和模型的构建，并就如何提高水资源承载力提出建议；最后分析了小流域水资源承载力。

本书共 8 章约 24 万字，其中第一章及第六章至第八章约 12 万字，由河北地质大学高志娟撰写；第二章和第四章约 6 万字，由河北地质大学刘

昭撰写；第三章和第五章约 6 万字，由河北地质大学王飞撰写。鉴于水资源系统的复杂性，水资源承载力研究涉及内容广泛，各主体刺激反应规则梳理时涉及的影响因素众多，且难以定量表达，加之作者水平和时间有限，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 水资源概述	1
第一节 水资源的含义	2
第二节 水资源的特征	12
第三节 水资源的效用	20
第四节 当代人类社会水资源的态势	27
第二章 水资源承载力与可持续发展	40
第一节 水资源承载力的概念与特征	40
第二节 水资源承载力的构成与地区特点	45
第三节 水资源承载力与可持续发展	49
第四节 我国水资源承载力规划的目标	59
第三章 水资源的可持续利用和发展	60
第一节 水资源管理的研究	60
第二节 水资源可持续利用	65
第四章 城市水资源的管理与规划	99
第一节 城市化与水资源	99
第二节 城市水资源承载力	107
第三节 城市水资源开源节流途径	111
第五章 城市水资源承载力评价指标体系的构建	126
第一节 水资源承载力评价指标体系的构建原则	126
第二节 水资源承载力评价指标体系的常用方法	131

第三节	水资源承载力评价指标体系的构建与定量计算	134
第六章	城市水资源承载力模型	136
第一节	系统动力学模型	136
第二节	生态承载力模型	142
第七章	寒区城市提高水资源承载力实现可持续发展的途径	148
第一节	资源性提高水资源承载力	149
第二节	结构性提高水资源承载力	155
第三节	经济和技术性提高水资源承载力	158
第八章	樱桃沟小流域水资源承载力分析	164
第一节	水资源评价体系	164
第二节	水资源承载力预测	173
第三节	供水预测与供水方案	174
参考文献		177

第一章 水资源概述

水是人类赖以生存和社会发展的宝贵自然资源。没有水，就没有生命，也就没有我们生活的世界。然而，当历史的进程发展到了高度城市化的今天，水资源却面临着这样一种严峻的形势：江河污染、淡水紧缺、生态环境恶化、水土流失严重，全球 50% 的水源遭到不同程度的污染；世界上有 80 个国家，占全世界总人口 40% 的人面临着用水短缺问题；有 10 亿人不能喝到干净的水，每年有 1000 万人死于因饮用污浊的水而引发的疾病。全球水资源已出现空前危机。

水是生命的摇篮，地球的生命在水中诞生，生物的进化也是从水生向陆生发展。人类的发展无处不遗留着水的痕迹。埃及的尼罗河，中国的黄河长江，印度的恒河以及巴比伦河流域都是人类最早的文明发源地。古代文明的发祥地都选择了河谷地带，在人类历史上，从古代城市依山傍水而建，到现代社会大都市发展，水都发挥了重大作用。

水是一种动态资源，是可以更新的、可以通过自身转换和不断循环实现更新的资源。水的用途很广，而且可以重复使用。在同一个流域，上游的水到达中游、下游或河口都可以使用；在同一个工厂或地区，如果广泛采用工艺处理，厂内或区内的水可以重复循环利用。如果合理利用并在其正常范围内更新，则能保持其动态稳定，并可维持其生态平衡，使水资源成为可供人类永续利用的资源。但如果开发利用不当，破坏了水资源的生态平衡，不仅会产生水资源危机，还会产生一系列生态环境问题，以致影响人类的生存。

第一章 水资源概述

水是人类赖以生存和社会发展的宝贵自然资源。没有水，就没有生命，也就没有我们生活的世界。然而，当历史的进程发展到了高度城市化的今天，水资源却面临着这样一种严峻的形势；江河污染、淡水紧缺、生态环境恶化、水土流失严重，全球 50% 的水源遭到不同程度的污染；世界上有 80 个国家，占全世界总人口 40% 的人面临着用水短缺问题；有 10 亿人不能喝到干净的水，每年有 1000 万人死于因饮用污浊的水而引发的疾病。全球水资源已出现空前危机。

水是生命的摇篮，地球的生命在水中诞生，生物的进化也是从水生向陆生发展。人类的发展无处不遗留着水的痕迹。埃及的尼罗河，中国的黄河长江，印度的恒河以及巴比伦河流域都是人类最早的文明发源地。古代文明的发祥地都选择了河谷地带，在人类历史上，从古代城市依山傍水而建，到现代社会大都市发展，水都发挥了重大作用。

水是一种动态资源，是可以更新的、可以通过自身转换和不断循环实现更新的资源。水的用途很广，而且可以重复使用。在同一个流域，上游的水到达中游、下游或河口都可以使用；在同一个工厂或地区，如果广泛采用工艺处理，厂内或区内的水可以重复循环利用。如果合理利用并在其正常范围内更新，则能保持其动态稳定，并可维持其生态平衡，使水资源成为可供人类永续利用的资源。但如果开发利用不当，破坏了水资源的生态平衡，不仅会产生水资源危机，还会产生一系列生态环境问题，以致影响人类的生存。

第一节 水资源的含义

一、资源与自然资源

资源是当代人类经济社会生活中一个广泛使用、备受重视的范畴和因素。在《辞海》中，资源被定义为资财的来源，并特指一般天然的财源；但从泛指的角度来理解，资源则包括自然资源和社会资源两个大类。在经济学中，通常将自然资源、资本资源和人力资源视为最基本的资源和要素，这正如古典经济学家亚当·斯密所认为的那样，把土地、资本和劳动当作生产的三个要素。这里，土地是一个用来表征自然资源的范畴，而资本和劳动则属于非自然资源即社会资源的范畴。

随着人类社会经济文化的不断进步，资源的内涵、外延也在发展变化，从而资源应是一个动态的或多解性的概念，就其所特指的自然资源来说，不同的专家、学者和典籍对它的理解及所下的定义也是见仁见智、不尽相同的。

地理学家金梅曼在《世界资源与产业》一书中指出，无论是整个环境还是其某些部分，只要它们能（或被认为能）满足人类的需要就是自然资源。

Ю·Г·萨乌式金曾把自然资源概括为“自然资源——自然环境的诸要素，这些要素可以用作动力生产（水力资源、燃料资源、风、潮汐、木材，以及在那里可以直接用于生产的太阳能），用作食物（果品、野生植物根、野兽的肉，海、河、湖泊中的鱼类等等），用作工业原料（矿物原料、木材、工业上所需要的水，工艺上所需要的天然气等等）。”

W·伊萨德则认为，“自然资源的定义可以是：人类用来满足自身需要和改善自身的净福利的自然条件和原料。”联合国环境规划署于1970年在一份文件中指出：“人在其自然环境中发现的各种成分，只要它能以任何方式对人类提供效益的都属于自然资源。从广义上说自然资源包括全球范围内的一切要素，它包括过去进化阶段中的无生命的物理成分，如矿物，又包括其他如植物、动物、景观要素、地形、水、空气、土壤和化石资源，后者是我们这个星球进化的产物。”此后，其于1972年在另一份文件中指出：“所谓自

然资源是在一定时间条件下，能够产生经济价值以提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总称。”在这两个解释中，认为自然资源是可为人们利用并为人们带来福利或产生经济价值的各种自然环境因素。

英国《大百科全书》将自然资源定义为：“人类可以利用的自然生成物，以及形成这些成分的源泉的环境功能。前者如土地、水、大气、岩石、矿物、生物及其群集的森林、草场、矿藏、陆地、海洋等；后者如太阳能、环境的地球物理机能（气象、海洋现象、水文地理现象），环境的生态学机能（植物的光合作用、生物的食物链、微生物的腐蚀分解作用等），地球化学循环机能（地热现象、化石燃料、非金属矿物的生成作用等）。”在这个定义中，不仅将人类可以利用的自然环境因素或生成物列入自然资源之中，而且明确将人类可以利用的自然环境功能也列入自然资源之中。

我国的《辞海》在借鉴国外学者关于自然资源研究成果的基础上，将自然资源的含义解释为：“泛指天然存在的并有利用价值的自然物，如土地、矿藏、气候、水利、海洋等资源，生产的原料来源和布局场所。”在这个定义中，强调了自然资源的天然属性和利用价值，并将特定的空间或场所也视为自然资源的范畴。

以上关于自然资源的各种解释，对问题的具体理解各有所侧重，在表述上并不完全相同，但对其进行综合性地分析、归纳，可对自然资源的范畴和基本规定性概括如下。

1. 自然资源首先表现为客观存在着的一定的自然环境因素的总和，其基本特征在于它具有“天然性”，这里所说的“自然环境因素的总和”具体包括三个因素。

自然空间或场所，它是自然资源的物质组分和环境功能得以存在、发挥作用的基本物质承载条件，它体现着自然资源的延展性，用来表明一定范围内如一国、一定区域内自然资源赋存与机能的状况。

自然生成物，它是自然资源的具体物质组分，是构成自然环境的物质基质。

自然环境功能，它是形成自然资源物质成分的各类作用机能，这些作用机能是否正常，往往决定着自然资源的状况。

总之，自然资源的有机构成是其物质承载条件、组分、作用机能之间互为依存的有机统一，其各自从一个侧面规定着自然资源的属性。

2. 上述所用到的“一定的”几个字眼，是用以表达成为自然资源所应具备的前提条件的，即是说，任何自然环境因素，之所以能够成为自然资源，必须具备两个前提条件。

在其面前，人类具备利用它们的条件和能力，从而它们能够被人们所利用。这一条件使某些自然环境因素转化为自然资源成为可能。其具有利用价值，或利用它们可以为人类带来福利，即自然资源必须具有效用。这一条件使某些自然环境因素得以被人类利用成为必要。值得指出的是，在一定条件下，由于人类行为能力的局限性或行为不当等原因也会使自然资源的效用逆化为负效用。资源总是现实的，如果不同时具备以上两个前提条件，人们便或因没有可能，或因没有必要对某些自然环境因素加以利用，从而这些因素也就不会成为自然资源，充其量它们也只能是未来的或潜在的资源而已。但是，伴随着人类社会生产力的发展，人们对自然资源的认识与利用的深度和广度也在不断地延伸、拓展。所以，自然资源应是一个动态概念。

3. 自然资源的构成系统，是一个不同于人造系统的自然系统。这一系统的构成因素是人类社会生存发展最为基本的条件。这一系统的运动具有自身的规律性，人类活动必须要与之相和谐、相适应。一方面，由自然空间或场所、自然生成物、自然环境功能有机构成的自然资源的系统，是一个耦合系统，该系统的各构成因素在人类社会赖以存在、发展的并具有次序性的诸种条件中，属于“初始性”或称“第一性”的条件，它们从根本上决定着人类生存的自然环境的状况，进而在一定程度上决定着人类的命运。这正如马克思在《资本论》中所指出的那样，人类与自然界之间的物质变换，在一定意义上是人类生活的永恒条件。人本身作为自然之子，它与“母体”保持着“血缘”关系的同时，还同其他众多的自然之子进行着物质、能量和信息的交流，借以吐故纳新、新陈代谢，维持自身的有序结构和信息储存。例如，人体与地球有着保持与 92 种物质元素相交换的动态平衡，人体体温与自然环境同样具有一个维持 37 摄氏度的温度的能量平衡关系，婴儿健康成长必须保持来自于自然界的光、声、节律等信息传感、接受等等。这就是说，人自身首先是自然态的，而自然物质世界按照马克思的说法，在一定意义上也是人体的器官。不言而喻，自然资源的系统能量，对于人类命运的影响是内

在的、深刻的，同时也是极其强烈的。另一方面，自然资源系统的运动是具有客观规律性的，人类社会活动必须尊重、遵循这些规律，自觉适应这些规律的要求，与自然资源系统相和谐，才能够趋利避害，尽可能大地获得自然资源的利用价值或福利。反之，人类如果将其活动凌驾于自然资源系统的运动法则之上，只是片面地夸大“人定胜天”的作用，一味地对自然资源系统进行巧取豪夺、甚或竭泽而渔，则会招致自然资源系统运动法则的惩罚，轻者会使自然资源的利用效用变为负效用，重者将会使人类遭受灾难性的损失或重创。这正如恩格斯在《自然辩证法》中对人类所做的告诫那样：“不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。”在同一著作中，恩格斯还从一定区域内的森林资源以及其环境功能与人类利用自然资源方式的后果这两者的关系上，列举了三个反例，令人信服地说明了人们必须同自然界乃至自然资源系统保持相互和谐的重要性。

“美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其他各地的居民，为了想得到耕地，把森林都砍完了，但是他们梦想不到，这些地方今天竟因此成为荒芜的不毛之地，因为他们使这些地方失去了森林，也失去了积聚和贮存水分的中心。”

“阿尔卑斯山的意大利人，在山南坡砍光了在北坡被十分细心保护的松林，他们没有预料到，这样一来，他们把这一区域里的高山畜牧业的基础给摧毁了；他们更没有预料到，他们这样做，竟使山泉在一年中的大部分时间内枯竭了，而在雨季又使更加凶猛的洪水倾泻到平原上。”

“当西班牙的种植主在古巴焚烧山坡上的森林，认为木灰作为能获得最高利润的咖啡树的肥料足够用一个世代时，他们怎会关心到，以后热带的大雨会冲掉毫无掩护的沃土而只留下赤裸裸的岩石呢？”这些例证中所蕴含的哲理是深刻的，更是值得我们记取的。

4. 从系统论的角度看，自然资源系统是一个耦合系统，其中，也包括生态环境资源。人类在生态环境面前，不能只是消极地适应它，而是要自觉地维护它，科学地利用它，积极地改善它，使之更好地造福于人类自身。一方面，生态环境一般来说属于天然生成的自然因素，但是也可由“人工”生成，对于“人工”生成的自然环境也应一视同仁地予以“善待”。这是因为，即便是那些“人造”的生态、环境成果，如人工林、水库、人造草场等，也是人类有目的地回报大自然的再生性、“自然态”成果。这些成果已不同于

其他一般的人工制成品了，它们是“还原”于、“回归”于自然的、属于自然界的物质境界。这些原生的、再生的自然生态、环境，均是人们能够加以利用，并能够为人们带来福利的自然环境因素，从而属于自然界的范畴。目前，人们业已将生态、环境视为资源，并普遍地使用着生态资源、环境资源的概念，显然这两种资源并不属于社会资源的范畴，将其列入自然资源之内是顺理成章的事情。

另一方面，生态、环境资源不仅在社会生产中发挥着重要的作用，而且在人们的生活中具有特别重要的功能，它直接关乎着人们的生活甚至生命质量，是人们实现健康、长生、乐生的重要自然机制。因此，讲求资源的优化配置，就须在对生态资源、环境资源进行自觉地维护、科学地利用、积极地改善的同时，还应将生态资源、环境资源的科学化、正常化生产与再生产纳入人类活动的系列之中，以可持续地实现生态、环境的优化，这是当代人类社会所应正视、倡导和实施的一个巨大的历史课题。从理论分析视角上来看，将进行物质变换的人类活动与自然界之间生态环境问题结合、统一起来，也是马克思主义经典作家的科学主张。例如，马克思在《资本论》中，许多地方都是把生态环境与生产过程、生产关系结合起来进行研究的。在分析人类劳动一般过程的时候，在分析商品属性的时候，在分析农业生产与土地肥力关系的时候，在分析大工业环境污染问题的时候，在批判资本主义生产方式对生态平衡的破坏的时候，在预想未来社会人们能够合理调节其与自然界之间物质变换的关系的时候，都涉及了生态环境因素或问题。换言之，马克思在分析社会生产过程及人与自然界的物质变换过程的时候，是将社会生产与生态环境状况及其变化结合在一起进行的，是将这两者作为一体化的过程来看待的。虽然马克思没有对生态环境生产、再生产问题作专门的分析，但是他的关于社会生产与生态环境相互结合的分析方法和重要观点，富有启发性地告诉我们，在人与自然之间，客观上存在着一个人与生态环境之间物质变换的过程。至于这一变换过程即生态环境的生产、再生产如何进行，则需当代人类去科学地探索和实践。

5. 自然资源涉及诸多自然因素，或自然领域，从而它是一个自然科学的概念；同时，由于它也涉及人类能否对相关的自然环境因素加以利用，进而形成价值、带来福利的问题，从而它又是一个经济学的概念；此外，它还

涉及人类如何对其利用, 如何调处与其关系的问题, 从而必然会涉及社会伦理、道德等文化观念问题。卡尔·苏尔认为, 资源是文化的一个函数。把自然资源的认知体系融入文化教育系统之中, 通过文化教育机制的功能, 建立科学的自然资源观, 无论是对于我国可持续发展战略构想的实施与实现, 还是对于加强我国社会主义精神文明建设, 都是必要的和大有裨益的。

综上所述, 可将自然资源的含义大致表述为: 自然资源是天然存在的、能够为人们所利用的、并为其形成利用价值或带来福利的自然环境因素的总和。具体包括能够被人们所利用并且有利用价值或带来福利的自然空间或场所、自然生成物、自然环境功能。自然资源是相关的物质构成基质、利用条件与利用效用的有机统一。

二、水资源

水资源是自然资源中的一个重要的具体类型, 是自然资源的属概念。因此, 对其含义、构成可以自然资源定义的基本规定性和范域为前提做出具体的解释和框定。但是, 由于水资源同样是一个由众多因素构成的耦合系统, 其存在与表现形式是多种多样、形态各异的, 人们对于它们的利用, 除要受到相关自然、环境因素的影响外, 还会受到社会、经济、技术等非自然因素的影响, 因此, 尽管这一名词已在广泛使用和流行, 但国内外有关机构或学者对其的理解和解释却众说纷纭, 甚至存在着较多的分歧、较大的差异, 从而其依然是一个具有多解性的概念。

水资源是一种可循环往复不断更新的动态资源, 水资源广义上是指地球上所有形式存在的水体, 包括气态水、固态水和液态水。但水资源一般是指与人们的生产和生活关系密切而且可以逐年更新与恢复, 并且长时间内保持动态平衡的淡水资源量。

目前, 人们将水资源通常理解为某一区域内可以逐年恢复的淡水数量, 其中包括水质和水量两个部分。水资源量中包含地表水资源和地下水资源两个部分, 地表水资源通常用该地区河川径流量表示, 其数量和特征反映了这一地区地表水资源特征, 而地下水资源则主要是用可以动态更新的浅层地下水资源量来反映。

在《美国大百科全书》中, 将水资源定义为“全部自然界任何形态的

水,包括气态水、液态水和固态水”。与该书在国际上的权威性及其影响相关,这一定义已被广泛引用。1988年联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)也给水资源下了另外一个定义:“作为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质量,并可为满足某地对水的需求而能长期、适当地供应的水源。”这一定义同样在国际上具有权威性和广泛的影响。这两个定义,前一个定义强调了水的所有存在形态,属于广义的、泛指的水资源的概念;后一个定义则强调了水的利用条件、利用的可能性、以及满足需求的程度,属于狭义的、特指的水资源的概念。

在我国,对“水资源”的解释也多有不同的见解。国内最具权威性的工具书《中国大百科全书》,其在不同的卷册中对水资源的解释并不相同。在“大气科学、海洋科学、水文科学”卷中将水资源定义为“地球表层可供人类利用的水”;在“水利卷”中则将水资源定义为“自然界各种形态(气态、固态或液态)的天然水,并将可供人类利用的水资源作为供评价的水资源”。为了进一步深化对水资源的内涵的认识,1991年《水科学进展》编辑部邀请了国内部分知名专家学者对水资源的定义及内涵进行了一次笔谈,提出了如下观点。

1. 降水是大陆上一切水分的来源,但它只是一种潜在的水资源,只有降水中可被利用的那一部分水量,才是真正的水资源。在降水中可以转变为水资源部分的是“四水”,即:水文部门所计算的河川径流量与地下水补给量之和并扣除重复的计算量;土壤水含量;蒸发量;区域间径流交换量。

2. 人类所利用的水资源,包括农业用水、工业用水和生活用水。河槽水流是工农业用剩的水量,不应误作全国水资源。

3. 从自然资源的概念出发,水资源可定义为与人类生产和生活相关的天然水源。广义的水资源应为一切可被人类利用的天然水,狭义的水资源是指被人们开发利用的那部分水。

4. 水资源是指可供国民经济利用的淡水资源,它来源于大气降水,其数量为扣除降水期蒸发的总降水量。

5. 水资源一般是指生活用水、工业用水和农业用水,此称为狭义的水资源;广义水资源还包括航运用水、能源用水、渔业用水以及工矿水资源与热水资源等。概言之,一切具有利用价值、包括各种不同来源或不同形式的