



Ganhan Guanli Fangfa Yanjiu

干旱管理方法研究

郭东明 霍延昭 郭清 孙玉华 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

干旱管理方法研究

郭东明 霍延昭 郭清 孙玉华 等 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍了干旱管理方法,包括干旱及干旱灾害、与干旱管理相关的国际理念与方法、干旱的脆弱性分析与管理策略制定、干旱等级指标体系的建立、水资源模型及干旱缺水量的计算与预测、干旱管理的行动措施和触发点、干旱管理的组织体系及行政程序设计、干旱管理规划(预案)的编制和长期水资源管理中的干旱管理等内容。

本书可供从事抗旱、水资源规划与管理的技术人员和管理者使用,也可供从事水利、水文、气象、农业减灾、水环境保护、供水等行业专业人士和大专院校师生参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

干旱管理方法研究 / 郭东明等著. — 北京: 中国
水利水电出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-5170-0193-5

I. ①干… II. ①郭… III. ①干旱—管理方法—研究
IV. ①P426.616

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第224973号

书 名	干旱管理方法研究
作 者	郭东明 霍延昭 郭清 孙玉华 等 著
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 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	140mm×203mm 32开本 7.5印张 202千字
版 次	2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《干旱管理方法研究》 撰写组

组 长 郭东明

副组长 霍延昭

撰写者	郭东明	霍延昭	郭 清	孙玉华
	吴俊秀	孙 娟	田文英	栾天新
	田 英	刘 革	罗建芳	

前 言

干旱灾害是最严重的自然灾害之一。在世界范围内每年都会大量的干旱灾害发生，我国是旱灾尤为严重的国家，旱灾损失巨大且日趋严重。如何采取更科学有效的办法来减少干旱灾害，是我们面临的重要课题。

长期以来我国政府和人民为了减少旱灾损失，进行了大量的努力，并取得很大成效。但与洪水管理（防汛）相比，干旱管理（抗旱）仍处在十分被动和落后的状态。在防汛方面，我们不仅进行了大量的工程体系建设，经过长期以来的不断研究探索目前已形成了比较成熟的管理方法，建立起了完整的监测、分析、预测、调度和抗洪救灾管理体系。特别是近年来国家防汛指挥系统的建设，使我国的抗洪减灾能力得到进一步的提高。但在干旱管理方面，还缺少对干旱发生与发展的深入了解，缺少对干旱管理方法的研究，还没有建立起一整套科学的管理方法体系。每当干旱发生时，虽然进行了积极的主观努力，但更多的是被动和无奈，还缺少减轻旱灾的有效办法。

与洪水相比干旱是一个相对缓慢的发展过程，其灾害在这一过程中逐渐显现出来，且很多灾害是隐性的。不像洪水灾害在短时间内就造成大量的人身和财产损失，从而引起人们的重视。但在我国的历史上，每当大的干旱发生，都会因干旱造成的粮食减产而产生大的饥荒，使大量的人饿死。目前，非洲及其他地区的

一些发展中国家仍不断因发生干旱而引发严重的饥荒。我国目前虽然已经解决了温饱问题，但旱灾仍然是粮食安全所面临的重大挑战。特别是，随着我国社会经济的快速发展，工业化、城市化步伐加快，对水资源的需求与日俱增。大量的水资源需求造成水资源开发利用程度的快速提高，从而使干旱灾害更加严重。目前我们面临的不仅是农业干旱，干旱缺水造成工业损失、城乡居民的饮水困难、环境污染加重等问题都日趋凸显。我们必须建立起减少干旱灾害的长久之策和干旱来临时应对干旱的科学有效办法。

目前，在世界范围内减灾理念正在发生着深刻的变革，人们越来越多地认识到风险管理比危机管理在减少灾害损失方面有着更大的优越性。在干旱管理方面，人们更多地引入了风险管理的理念和策略。同时新技术的不断涌现，包括信息化水平的不断提高，也为干旱管理提供了新的手段和方法，一个新的干旱管理理念、策略和技术方法体系正在形成。我们需要以新的视角来审视传统干旱管理方法，汲取经验，找出不足，建立起更好的干旱管理方法体系，以减少干旱灾害损失。

在 2007~2008 年，中英合作水资源需求管理项目（WRD-MAP）以朝阳市大凌河流域为案例，开展了干旱管理方法的专题研究。在随后的数年中，本书作者团队持续开展了这方面的研究和探索，本书介绍了这方面的研究成果。

感谢国家水利部领导和英国国际发展部官员在项目期间对本研究的支持！感谢项目国际专家组组长 Don moore 先生（英国）、干旱管理研究国际专家 Larry Quinn 先生（美国）在项目期间所介绍的国际理念、经验及对研究的指导！感谢 Roar Jensen 先生（丹麦）在大凌河流域 Mike Basin 模型搭建过程中的指导！模型为流域干旱缺水量计算、用水优化调度及用水紧急限制方案制定的情景分析提供了工具。感谢 Frances Elwell 博士（英国）在 Qual2k 水质模型搭建过程中的指导！模型为干旱缺水情况下流域水质恶化状态及污染企业用水排水限制方案制定的情景

分析提供了工具。辽宁省水利厅厅长助理姜长全直接领导了中英水资源需求管理项目在辽宁的开展，尉成海任项目办主任，苗政永任项目经理，他们对于旱管理案例研究工作给予了大力支持和指导，在此表示感谢！

本书由郭东明主笔，撰写了第1、第2、第4、第7、第8、第10章及第5章5.3节以外部分。郭清为本研究进行了大量国际干旱管理文献的检索和翻译工作，进行了标准化降水指数(SPI)计算，撰写了第9章，第5章的5.3节，与郭东明共同撰写了第3章。吴俊秀在研究中承担了Mike Basin模型搭建工作，撰写了第6章有关Mike Basin模型及应用部分。栾天新、田英承担了Qual2k水质模型搭建工作，撰写了第6章有关Qual2k模型及应用部分。田文英在研究中承担了GIS系统开发工作。刘革承担了数据整理和分析工作。霍延昭作为中英水资源需求管理项目朝阳案例实施办主任直接参与了干旱管理方法研究工作。李昱、孙玉华、辛云峰、代影君、罗建芳、孙娟、梁松雪、贾国珍、唐继业、曲锦艳、付洪涛、李红英、滕凡全、刘瑞国、任全志、武立国、李云生、王德旭、张敏、李东、李静华、李立、郭爱枫、肖志国进行了大量的流域用水数据调查和干旱管理案例研究工作。

由于笔者水平有限，书中难免有不足之处，请读者不吝指教。

编者

2012年4月

目 录

前言

1 概 论	1
1.1 干旱和干旱管理	1
1.2 对我国传统干旱管理方法的回顾与分析	3
1.3 干旱管理新方法概要	15
2 干旱及干旱灾害	27
2.1 干旱的发生、发展过程及类型	27
2.2 干旱灾害	33
2.3 案例区的干旱特征及对社会、经济与环境的影响	45
3 与干旱管理相关的国际理念与方法	63
3.1 水资源综合管理与水需求管理	63
3.2 风险管理	67
3.3 减轻干旱风险的国际理念与方法	68
4 干旱的脆弱性分析与策略制定	94
4.1 干旱脆弱性分析	94
4.2 我国农业干旱的脆弱性分析	95
4.3 我国城市、工业的干旱脆弱性分析	108
4.4 干旱时期干旱管理的脆弱性分析	110
4.5 干旱管理策略的制定	113

5	干旱等级指标体系的建立	116
5.1	制定干旱等级指标体系的目的与方法	116
5.2	我国现行干旱指标与干旱等级划分	117
5.3	国外干旱指标对比分析	119
5.4	案例研究提出的干旱等级指标确定方法	136
6	水资源模型及干旱缺水量的计算与预测	145
6.1	模型简介	145
6.2	流域缺水量计算、预测与用水量紧急限制方案的 情景分析	150
6.3	河流水质模拟与预测	152
7	干旱管理的行动措施和触发点	154
7.1	日常干旱管理行动	154
7.2	轻度干旱的基本管理措施和行动	155
7.3	中度干旱的基本管理措施和行动	156
7.4	取水紧急限制规则与严重干旱的基本管理措施和 行动	158
7.5	特大干旱的基本管理措施和行动	164
8	干旱管理的组织体系及行政程序设计	166
8.1	干旱管理组织、职责体系设计	167
8.2	干旱管理行政管理程序设计	175
8.3	交流计划	186
8.4	干旱管理额外人力、财务资源需求与投入	189
9	干旱管理规划(预案)的编制	191
9.1	制定干旱管理规划所面临的主要问题	193
9.2	干旱管理规划定义和作用	194
9.3	编制干旱管理规划 10 个步骤与策略	195
10	长期水资源管理中的干旱管理	214
10.1	区域干旱风险及脆弱性的分析评价	214

10.2	农业干旱的长期管理	216
10.3	从根本上解决农村人畜饮水困难问题	217
10.4	社会经济干旱的长期管理	218
10.5	干旱监测与干旱管理信息系统建立	223
参考文献		226

概论

1.1 干旱和干旱管理

本书所指的干旱，是在一段时期内因降水量明显减少、蒸发量加大或融雪水量不足而导致的水资源短缺，并影响到人类社会、经济和环境对水资源的正常需求。对于大多数流域或地区，降水量明显减少是造成干旱的主要原因。而降水的明显减少一般会伴随着蒸发能力的加大，这主要是因为晴天的增多和气温的升高，蒸发能力加大进一步导致了干旱缺水的加剧。对于以融雪水为主要水源的区域，会因积雪量不足或气温偏低而致使融雪水量不足，从而导致水资源短缺。

干旱可分为两类。一类干旱是永久性干旱，如非洲的撒哈拉沙漠和位于中国新疆的塔克拉玛干沙漠等区域，多年平均年降水量基本上不超过 50mm，在这类地区干旱是正常的气候特征，通常把具有永久性干旱的地区划分为干旱气候区；另一类干旱是阶段性干旱，这类干旱多数情况是由于某一时期降水量明显偏少于期望值（正常年同期降水量）所造成的，这是在任何一种气候带都可能发生的，是由于大气环流的波动致使降水量产生丰、枯变化所造成的。本书干旱管理方法研究主要针对的是第二类干旱。

干旱是对人类危害最大的自然灾害之一。在世界范围内，每年都有很多的地区发生干旱。在我国，北方的大部分地区和南方的一些地区，干旱频繁发生，由干旱缺水所造成的社会、经济、环境损失巨大。

严重的干旱灾害，迫使我们采取各种措施来减轻旱灾带来的损失。但有时我们的这种行动会因违背自然规律而收效甚微，甚至反而会使干旱危害加重。因此，人们需要加强对干旱的了解，通过采取更合理的预防和应对措施来减少干旱损失。在我国，长期以来，政府和人民为减少旱灾损失进行了大量的努力，取得了很大的成效，并积累了很多经验，但同时也存在很多缺陷和问题。特别是随着社会、经济的发展，水资源需求量快速增加，水资源利用程度越来越高，致使干旱时期的缺水问题更加严重。同时，人类社会总体科学、技术和管理水平的提高，也为干旱管理提供了新的减灾理念、技术和方法。因此，我们需要对传统的抗旱减灾活动赋予新的理念和方法，通过不断的提高干旱管理水平来减少干旱所造成的灾害损失。

目前，国际上把针对干旱风险的减灾管理称为干旱管理。在我国，传统上把干旱管理称作抗旱。干旱管理，就其本质而言是解决干旱时期缺水问题的水资源管理。但解决干旱时期的缺水问题与解决长期的缺水问题有着密切的联系，特别是对于干旱半干旱地区。如我国北方的大部分地区和南方的一些地区，在降水正常的情况下水资源仍严重短缺，在干旱时期缺水问题就更加严重，且干旱频繁发生。对于这样的地区，解决好长期的缺水问题将有助于解决干旱时期的缺水，在制定长期水资源规划、政策和具体的水资源管理中要充分考虑干旱的影响，统筹解决正常来水和干旱缺水时期的水资源问题。同时，当干旱发生时，还需要一系列的应对措施，来减少干旱缺水造成的损失。干旱管理是建立在长期水资源管理基础之上，并对干旱时期缺水风险采取减灾措施的水资源管理。

1.2 对我国传统干旱管理方法的回顾与分析

1.2.1 对传统干旱管理目标和基本策略的分析

我国传统的干旱管理方法是建立在社会经济不发达，用水需求相对较低，水资源开发程度也很低的情况下。自1949年中华人民共和国成立至1970年，我国城市人口规模和工业规模都相对较小，这方面的水需求量也较小，整个水资源开发利用程度较低，绝大部分城市和工业用水是可以得到基本保证的。此时，干旱管理要解决的主要问题是干旱时期的农业缺水与偏远山区农民的饮用水问题。在这一时期我国已开始进行了大量的水利工程建设，主要目标是防洪和增加农业灌溉面积，提高粮食和其他农作物产量，解决全体人民的温饱问题。但受经济总体情况的限制，水利工程的规模仍很小，对水的调节能力也比较小，水资源开发和利用程度很低。在这种情况下，当干旱发生时，为了解决农业缺水问题，主要是采取一些紧急措施来获取新的水源。由于地下水的汇流时间长，自然调蓄能力大，受短期降水偏少的影响小，且开采便捷，“打井抗旱”就成为抗旱的主要行动。在河流具有一定流量的情况下，河水也是干旱时期可获取的水源，人们会紧急掘渠，建立一些临时性的小型引、提水工程来紧急取水，甚至通过车拉肩挑的方式来取水。在这一时期，干旱管理的实际目标是尽可能地满足供水，干旱管理的策略是从自然界获取更多的水。

以此目标和策略建立起来的干旱管理方式与方法，长期以来在抵御干旱灾害的过程中发挥了重要的作用，特别是在减少干旱对农业造成的损失方面。在水资源开发利用程度较低的情况下，通过政府的组织、号召和直接干预，通过广大农民艰苦的努力，尽可能多地获取水源来保证农作物在干旱缺水时期的生存和生长，减少干旱所造成的农产品减产，对于尽可能地保证人民的基本温饱十分重要。

干旱缺水时从自然界获取更多水的策略，在水资源开发利用

程度低时是有效果的，但随着水资源利用程度的提高，效果将逐步丧失。随着经济的发展，人口的增多，人们生活水平（包括舒适程度）的提高，水资源需求量大幅增加，水资源开发利用程度也越来越高。特别是改革开放以来，我国经济得以快速的发展（特别是第二产业的快速发展），导致了对水资源需求量剧增。越来越多的水资源需求促使水利工程建设不断推进，水利工程的调节能力不断加大，从而使水资源开发和利用程度越来越高。目前，在我国北方的大部分地区和南方的一些地区，水资源开发利用程度已经很高，很多流域已经达到了极限，并引发了水环境的恶化。水资源的高度开发，使干旱管理所面临的问题已不只是农业缺水问题，而是整个社会、经济和环境的缺水。同时，受水资源承载力的限制，在水资源高度开发利用的情况下，当干旱发生时，打了井未必能取到水，河流流量的减少甚至断流已导致无水可取，试图在干旱时期多取水的行动往往是盲目的、劳而无功的或收效甚微，并且造成水环境的恶化。

这就是说，在我国北方的大部分地区和南方的一些地区，在水资源开发程度已经很高的情况下，仍沿用从自然界获取更多水的干旱管理策略来实现满足供水的目标，已经是不合时宜的，需要重新审视干旱管理的目标和策略。

事实上，干旱管理的最终目标是减少因干旱缺水所造成的社会、经济和环境损失。对于任何流域或地区，干旱时期天然来水量的减少使正常来水情况下的水资源供需状况被打破，人类社会、经济和环境的正常用水无法得到满足，所造成的损失是必然的。人们所能实现的目标是，在已具备的科学技术和管理能力的条件下，使旱灾损失最小。

如此确立干旱管理的目标，与满足供水的目标相比，增加了通过对水需求进行管理来减少旱灾损失的途径和策略。这样，对于水资源丰沛且开发利用程度低的流域或地区，可以同时采取获取新的水源和水需求管理两方面的干旱管理策略，以社会、经济成本低和效用大作为策略选择的标准。对于缺水的地区或流域，

由于水资源的利用量已经达到甚至超过可利用量，就必须采取需求管理的策略，通过提高水资源的利用效率和使仅有的水发挥更大的经济效益来减少旱灾损失。事实上，随着水危机的加重，要在大量社会经济用水需求的重压下保持环境的可持续，未来更多的是采取需求管理的策略，通过把干旱缺水时期仅有的水用的更好来减少旱灾损失。

通过水需求管理策略来减少旱灾损失，主要是通过提高水资源的利用效率和效益来使仅有的水用的更好。在提高水资源利用效率方面，需要采取更多的节水措施，这包括采用节水技术和改善人们的用水行为。在提高用水效益方面，需要做的是调整用水结构，把水用到更高社会、经济效益和低污染的用水方面，减少低效益高污染用水。

在采用节水技术方面，关键要形成一个长期的行为。因为对于大多数工业企业，其生产的技术设备和工艺难以在干旱发生时进行临时性改变，农业灌溉也是如此。因此，工程技术方面的节水应该是一个长期的行为，通过不断的节水技术改造、加强污水处理和提高水的重复利用率，来减少用水和耗水量并减少污染。这样就从总体上减少了用水需求量和污染负荷量，自然也就减少了干旱时期的用水压力和环境压力，使干旱缺水时期的损失减小。通过节水来减少长期的水资源的需求量，会使流域或区域内水资源蓄变量增加，从而降低干旱时期的缺水程度。因此，采用节水技术是同时解决长期缺水和干旱缺水的重要策略，这一策略的运用要在长期的水资源管理中持续地进行。

在改善人们的用水行为方面，不仅是长期水资源管理的节水策略，更是干旱管理时期的重要节水策略。从长期的水资源管理来讲，改善人们用水的不节水行为，有利于从总体上减少用水需求。在干旱缺水时期，人们需要严格的节水自律，为节水牺牲一定的生活舒适度，避免奢侈用水，这会在很大程度上减少水需求压力，把有限的水用在高效益用水上，从而减少干旱缺水造成的损失。

通过改善用水结构来提高用水效益，也应是长期水资源管理应解决的问题。因为用水结构的调整应是一个持续的、长期的过程，应通过本地水资源和其他各类资源的协调开发和利用来使水资源的社会、经济和环境效益最大化。毫无疑问，这在解决长期用水效益问题的同时，也有利于干旱缺水时期用水效益的提高。

在干旱时期，通过提高社会、经济用水效益来减少旱灾损失的策略上，一个重要的方法是通过减少低效益用水，来保证高效益用水。也就是在既有用水结构的情况下，根据干旱缺水量和分布，对社会、经济效益低和污染严重用水进行限制，从而保证高效益用水，并减少干旱缺水时期对水体的污染负荷，从而使旱灾损失最小。因为，对于缺水地区，其用水量是按正常水资源可利用量配置的，当干旱发生时，水资源可利用量必然少于正常情况，这就会造成一部分用水得不到满足，此时通过减少低效益高污染用水来保证高效益用水是降低旱灾损失的明智做法。

同时，还必须强调，传统干旱管理在策略上还存在着缺少科学管理的问题。长期以来，缺少对干旱缺水的定量化管理和更科学的调度，基本上是一种粗放的管理状态。事实上，干旱管理的本质是通过把仅有的可利用水量用得更好来减少旱灾损失。这就意味着，在干旱缺水时期，首先要对可供水量、缺水量及其时空分布进行定量分析，根据缺水量及时空分布采取科学调度的方式分析确定供水和对低效益高污染用水的限制方案，进而使干旱缺水造成的损失减少到最低程度。

近些年来，也采取了一些通过提高用水效率和效益的措施来减少干旱损失，并逐步改善粗放的管理状态。如干旱发生时采取提高水价或采用梯级水价来促进节水和限制洗车用水等。但在意识上还缺少一种目标和策略上的认知，在行动上也是凌乱的，还缺少系统的、较全面的方法和措施。

1.2.2 传统干旱管理在技术与方法上所需的改进

传统干旱管理目标与策略的改变，将导致干旱管理在技术和管理方法上的改变，以适应水资源高度开发利用情况下减少旱灾

损失的需要。为此，要建立起以水需求管理为主的科学的干旱管理技术与方法体系。

实施科学的以需求管理为主的干旱管理，需要从干旱时期水资源管理和长期水资源管理两方面入手。对于干旱时期的水资源管理，首先，需要对干旱进行准确的监测和风险评估；然后，根据对干旱风险的评估作出干旱管理响应，干旱管理响应是一个根据不同的干旱缺水风险采取相应管理措施的过程；随后，是灾害评估和灾害救助，对于不可避免的旱灾损失需要对受灾群体进行救助，并鼓励自救（从长远的目标看，救助和提高自救能力之间的关系与输血和提高造血能力之间关系是相同的），特别是严重干旱发生时；最后，通过对干旱管理的总结，为未来的干旱管理提供经验。在长期的水资源管理中，要正视本地干旱发生的频次和深度，合理地调整用水结构，提高用水效率，从而使水资源产生更大的社会、经济和环境效益，在整个水资源管理中要对减少干旱损失的总体性和长期性问题加以解决。在干旱管理中，需要运用新的技术方法和管理方法，改变传统干旱管理方法中简单、粗放的做法。

1. 干旱监测与信息交流

干旱监测是干旱风险评估及整个干旱管理的信息基础，应根据本流域水资源的特点和干旱特征对干旱进行全面、持续监测。对于任何以降雨所产生径流作为水资源的流域，干旱主要是由于降水的减少所引起的，因此，降水监测数据是反映干旱程度的决定性指标；而地表径流量、地下水位和各类供水工程的可调蓄水量是直接反映干旱缺水程度的重要指标；干旱时期河流和地下水的水量减少导致水环境容量下降，此时水质监测数据对于采取合理的行动来保护水环境质量十分重要；而对于农业来讲，土壤墒情是反映作物缺水状况的直接指标，这需要进行认真的监测。而要使这些数据更好地发挥作用，需要将其系统的整合，以综合反映干旱缺水状况。

回顾传统的干旱监测，存在着监测不足、手段落后及数据缺