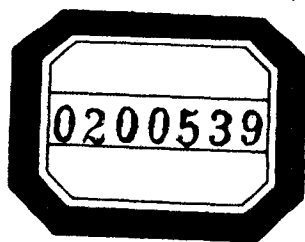
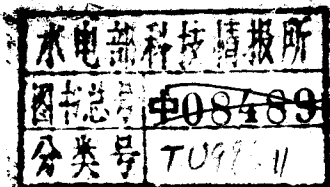


# 地下水管理

美国土木工程学会地下水委员会 编

0539

中国建筑工业出版社



美国土木工程学会——工程实践报告手册第40号

# 地 下 水 管 理



美国土木工程学会地下水委员会 编 006100 水利部信息所  
李连弟 毛同夏 王瑞久 李文源 张宏仁 译  
陈昌礼 张增德 刘家祥 冯华德 边 起  
方鸿慈 总校

中国建筑工业出版社

本书是一本美国传播地下水管理新概念、新技术、新知识和新方法的指南性手册。内容包括管理的新概念、开展管理的方法和组织；规划调研的各项内容与地下水管理备选方案的制定；管理方案的实施与监测工作，并附有4个附录(参考文献，地面与地下勘察，地下水模型，地下水管理的8个选例)。

ZW70/06

ASCE—MANUALS AND REPORTS ON ENGINEERING  
PRACTICE—№ 40  
**Ground Water  
Management**  
THE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS  
NEW YORK, 1972

\* \* \*

**地下水管理**

李连弟 毛同夏 王瑞久 李文源 张宏仁 译  
陈昌礼 张增墟 刘家祥 冯华德 边 起  
方鸿慈 总校

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

\*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：6 1/2 字数：173 千字  
1981年2月第一版 1981年2月第一次印刷  
印数：1— 5,710册 定价：0.64元  
统一书号：15040·3841

## 编译者的话

本书是由美国土木工程学会地下水委员会修订40号手册工作委员会(以 Jack J. Coe 为主编)九名成员合编而成。书中介绍了美国有关地下水开发,利用和管理的新概念、新知识和新技术。叙述简明扼要,系统性强,是具备一般水文地质知识的水资源工作者的指南性手册。

全书共分三大部分,并附有四篇附录。第一部分介绍了管理的新概念、开展管理的方法、步骤和组织以及必要的准备工作等。第二部分为规划调研,是全书的重点。首先分章论述了制定地下水管理方案所涉及的技术性问题以及法律和组织上的考虑。最后详细阐述了地下水管理备选方案的制定。第三部分讨论了地下水管理最终方案的选定以及方案实施过程中的监测工作。附录包括参考文献、地面和地下勘察、地下水模型以及地下水管理的8个选例。

本书在总结美国多年来开发利用地下水的经验基础上,比较详细地阐述了地下水管理中有关人工补给的问题以及开采地下水所带来的威胁(如海水入侵、地面沉降)等问题,这些问题都是我们现在已经和今后将会遇到的。

书中还以一定篇幅讨论了地下水管理中的一些经济、法律、组织等方面的问题。当然,我国的社会制度与美国不同,有关这些方面的考虑不能生搬硬套。但在地下水管理这一复杂任务中,如何开展工作的思路和方法,值得参考;提出的新技术和动向,值得吸取;充分顾及经济效果,制订必要的规章制度,尤其值得我们重视。

由于地下水管理涉及的学科较多,原书编者共有九人,编排上各章繁简不一,有些术语也不统一。我们在译校过程中,将

原书中一些错误作了更正，需要说明的在文下加了译校注。本书由李连弟译前言、1、2、3、4、14章；李文源译5、6、7、8章；张增诤译9章；毛同夏译10、11章，附录C和D；王瑞久译12章并初校14章、附录B；张宏仁译13章；陈昌礼译附录B；边起校前言，冯华德校12章的后一部分；刘家祥译人名英汉对照；方鸿慈译专题名词（英汉对照），边起校。全书由方鸿慈总校。由于本书译校人员较多，译文语气不可能完全一致，加上我们外文水平不高，特别是对有关经济、法律方面的词汇比较生疏，难免有不妥和错误之处，尚希读者批评指正。

一九七九年九月

# 目 录

## 编译者的话

前言 .....	1
----------	---

## 第一部分 绪 论

第一章 地下水开发的历史和重要性 .....	3
第二章 对地下水管理的认识 .....	8
错误概念 .....	9
地下水资源受威胁问题的识别 .....	12
各种可供选择的管理目标 .....	13
管理方案的主要内容 .....	14
规划调研的批准和投资 .....	15
第三章 可供选择的开采量概念 .....	15
安全开采量 .....	16
疏干性开采量 .....	18
持续开采量 .....	19
扣存常年开采量 .....	20
最大常年开采量 .....	20
第四章 规划方法与组织的产生 .....	21
规划目标 .....	21
调研的范围 .....	21
初步考察 .....	22
勘察 .....	22
可行性调查 .....	22
既定工程调查 .....	22
工作计划的产生与监督 .....	22
建立规划组织 .....	26

## 第二部分 规划调研

第五章 需水量	28
当前的需水量	28
灌溉	30
市政	31
工业	32
未来的需水量	32
未来人口的估算	32
灌溉	33
未来农作物面积的估算	33
作物成长的单位用水量	34
市政和工业单位用水量	34
旅游区的需水量	35
鱼类与野生动物	35
第六章 地面和地下勘察	35
地下水勘察中的地球物理方法	35
航空地球物理技术	36
地面地球物理方法	36
测井方法	37
成本	37
勘探井	37
第七章 开采设施和人工补给设施的能力	37
开采	38
现有系统的能力	38
开采量的估算	38
人工补给	38
现有补给系统的能力	38
人工补给措施的类型	38
河床整修	38
渗水池塘	39
沟渠	40

漫灌 .....	40
坑井 .....	41
激发补给 .....	42
注水井 .....	42
补给量的估算 .....	42
<b>第八章 含水层的边界条件 .....</b>	<b>43</b>
边界的类型 .....	43
无明显地下水流的边界 .....	43
具有受限制的地下水流的边界 .....	44
具有通畅地下水流的边界 .....	45
地下水流的测定 .....	46
咸水入侵的控制 .....	46
<b>第九章 法律和组织上的考虑 .....</b>	<b>48</b>
法律上的考虑 .....	48
水权——特性与差别 .....	48
水权——问题的性质 .....	50
所有权问题 .....	50
作为资源分配手段的所有权 .....	51
地下水管理的特殊法律问题 .....	52
受滥调束缚的“安全开采量” .....	52
结合利用 .....	53
动用储存量的权利 .....	53
人为改变水位所引起的损害 .....	53
水质方面 .....	54
作为管理手段的诉讼 .....	54
公平的分配 .....	54
归一 .....	55
政治上的办法 .....	55
组织上的考虑 .....	56
管理机构所需的权限 .....	56
管理机构的类型 .....	57
州或州属机构 .....	57



现有公共机构的联合管理 .....	58
专门的管区 .....	58
法院委派的水主 .....	58
管理机构间的协议 .....	58
第十章 地下水模型 .....	59
第十一章 含水层除供水外的用途 .....	61
液体废物 .....	62
固体废物 .....	64
天然气 .....	66
淡水 .....	66
调温场 .....	67
其它考虑 .....	67
第十二章 地下水管理的备选方案 .....	68
自然因素 .....	69
人工补给的形式与安排 .....	69
附加补给地点的选择 .....	70
入渗速率和注水速率 .....	70
地质和地下水文的考虑 .....	73
地表水文的考虑 .....	74
水权 .....	74
地皮费用 .....	75
辅助工程的运用 .....	75
多用途的新方案 .....	76
井的抽水型式与安排 .....	76
引进水的利用 .....	77
用暴雨径流入渗维持储存能力 .....	77
地下水位的控制 .....	78
水质 .....	78
自然和人为因素 .....	78
海水入侵控制 .....	80
1. 减少地下水开采量 .....	80
2. 引渗法人工补给 .....	81

3. 实际屏障 .....	82
4. 抽水槽 .....	82
5. 水力分水岭 .....	83
6. 联合屏障 .....	84
地面沉降 .....	85
人类活动引起的地面沉降 .....	85
A. 开采地下水和降低地下水位引起的地面沉降 .....	85
B. 开采石油、天然气及伴存的咸水引起的地面沉降 .....	90
C. 持水不足的未固结沉积的浸水引起的地面沉降 .....	91
D. 泥炭土与较深泥炭沉积的脱水引起的地面沉降 .....	92
E. 工程建筑荷载引起的地面沉降 .....	93
持续的自然原因引起的地面沉降 .....	93
A. 溶解和风化引起的地面沉降 .....	93
B. 构造活动引起的地面沉降 .....	94
C. 火山活动引起的地面沉降 .....	95
纳入总的水资源系统 .....	95
管理方案的经济比较 .....	98
费用 .....	99
利率与现有价值 .....	99
额外影响 .....	102
利益的衡量 .....	104
成本与利益的比较 .....	105
财政的现实性 .....	106

### 第三部分 管理方案的实施

第十三章 方案的选择 .....	108
经济上的考虑 .....	108
社会和体制上的考虑 .....	110
法律上的考虑 .....	111
第十四章 监测工作 .....	112
水位高程 .....	113
水质 .....	114

地下水流 .....	115
补给与抽取 .....	116
附录 A 参考文献 .....	117
附录 B 地面和地下勘察 .....	127
地球物理学在地下水勘察中的应用 .....	127
航空地球物理技术 .....	127
航空摄影 .....	127
红外、雷达和微波成像 .....	127
航空低频电磁法 .....	128
地面地球物理方法 .....	128
电阻率法 .....	130
原理 .....	130
确定水文地质因素 .....	132
地震折射法 .....	135
地震折射法的原理 .....	135
地震速度和岩石特性 .....	138
其他地面地球物理方法 .....	139
地震反射法 .....	139
重力法 .....	139
综合方法 .....	140
测井方法 .....	141
简易测井技术 .....	142
自然电位和单极电阻率电极 .....	142
伽马射线测井 .....	143
更精密的测井 .....	144
电测井 .....	144
声测井 .....	145
核子密度和孔隙度测井 .....	145
其他测井 .....	146
地球物理勘探成本(1970年价格) .....	146
航空磁测及其他航空勘察 .....	146
地面地球物理勘探 .....	147

仪器费用 .....	147
地震折射法 .....	147
电阻率法 .....	148
地球物理测井 .....	148
勘探井 .....	148
技术的作用 .....	149
勘探井钻进方法 .....	150
取样方法 .....	151
回转法 .....	151
冲击法 .....	151
筒状取样器法 .....	151
钻井编录 .....	151
抽水试验 .....	152
勘探井的成本 .....	154
附录C 地下水模型 .....	155
模型研制 .....	156
控制点的数量与位置及其小区的确定 .....	157
传导系数、导水系数和储水系数的确定 .....	157
过去的净入渗量和水位高程数据的拟定 .....	157
地下水方程 .....	158
计算机类型 .....	159
相似模拟机 .....	159
模拟计算机 .....	162
数字计算机 .....	163
复合计算机 .....	164
模型验证 .....	166
地下水水质模型 .....	167
盐均衡程序 .....	171
水质数学模型 .....	171
数据要求 .....	172
基本方程 .....	172
假设 .....	173

困难和缺点 .....	173
线性程序和动态程序 .....	175
线性程序 .....	175
动态程序 .....	176
附录D 地下水管理的选例 .....	177
加利福尼亚州欧文斯河谷 .....	177
得克萨斯州高平原一号地下水保护区 .....	178
纽约长岛 .....	180
加利福尼亚州洛杉矶县的沿海平原 .....	181
佛罗里达州达德县 .....	183
加利福尼亚州奥伦治县 .....	184
夏威夷檀香山 .....	186
加利福尼亚州圣克拉拉县 .....	188
专题名词(英汉对照)索引.....	191
人名英汉对照 .....	194

## 前 言

在四十年代末，美国土木工程学会灌溉和排水小组已认识到为了灌区及其附近的灌溉与其他用途，迫切需要积累和传播地下水储存及其开采方面知识。1950年，成立了面向灌溉的地下水开发利用委员会，以满足上述需要。当时决定，达到这种目标的最好方法是编制一本地下水文学手册。

1961年，该委员会——改名为地下水委员会——完成了书稿，由该学会作为工程实践手册第40号出版，书名为《地下水盆地管理》。

近些年来，“地下水委员会”感到需要修订上述手册，使其包括新概念、新技术、新知识和新方法。各种模拟地下水含水层的模型的应用，确定地下储水体的实际范围和特性的地球物理方法的发展，海水入侵的阻挡，地下水与地表水流的综合利用及引进水的供应，都是新手册中增加叙述的一些课题。

为了执行对前手册的修订任务，地下水委员会于1968年6月选举产生了工作委员会。工作委员会内包括了精通地下水资源方面的土木工程师兼地质师（R. C. Richter 和 E. M. Weber）、律师（Donald Stark）和地球物理专家（Tsvi Meidav）。另外，这些成员分别代表着私人企业（Stark）、科学团体（Meidav 和 R. G. Kazmann）以及市一级的机构（A. E. Bruington 和 L. W. Owen）州一级的机构（J. J. Coe, Richter 和 Weber）和联邦一级的机构（R. H. Brown）。

修订手册的目标是要提供有逻辑性的最新资料，作为土木工程师和其他有关地下水管理者的工作指南。手册内容将帮助工程师具有一般的地下水文学知识。它将有助于：（1）集中注意已经存在的地下水问题；（2）为地下水管理提出备选方案；（3）选定和执行一种方案。按照理想，这种方案是地下水、地表水和

引进水的整体水资源体系中对人们效益最佳的，是在考虑地质、水文、经济、体制、社会和法律因素的基础上选定的。手册试图为水资源规划者提供出为实现管理目标所必须考虑的重要项目的查对表，由辨认地下水问题开始，经过提出地下水管理的备选方案，最后执行一种选定方案。

具体地说，本手册是由考虑地下水管理的研究途径和原理开始的。这就是编写的绪论，说明管理者所要采取的措施的背景和在地下水管理过程中必须考虑的因素。在手册中先讨论了各种供选择的管理总目标和管理方案的主要内容。结合工作活动和必要的组织，叙述了具体规划目标的产生。按照规划人员制定的研究区的未来需水量和资源清单的需要，以及影响所提出的满足未来需水量的各种方案的法律和组织上的强制力，进行了讨论。在资源的评价中，结合利用勘探并成果的地球物理勘探已证明是经济而有效的技术方法。手册中包括了这些技术方法的章节。

规划人员必须确定现有补给设施和抽取设施的能力，不论这些设施需要改进与否。本手册的重要部分就是叙述补给与抽取。

对管理区边界上的地质和水文条件的重要性也作了说明。本手册对地下水模拟装置（作为管理者的一种工具）的应用作了专门论述。对相似模型、数字模型和复合模型作了叙述与比较。

强调了鉴定与评价备选方案以满足管理需要和解决问题的原理。这种作出判断的概念推理方法，包括根据经济学来比较各种方案以及评价体制、社会和法律强制力对各种方案的影响。还着重说明了将地下水开发利用纳入总资源体系的重要性。

在手册中包括了选定和执行一种方案时所必须考虑的经济因素、社会和体制强制力以及法律问题的讨论。最后，论述了监测边界条件、地下水位、补给量、抽取量和水质的方法。这些对管理者及时了解地下水情况和对实施管理方案实现管理目标的效果是有重要作用的。

美国土木工程学会第40号手册修订版于1971年10月18~19日经理事会批准。

# 第一部分 绪 论

## 第一章 地下水开发的历史和重要性

贮存在地壳中的水量是巨大的。Nace (1960) 指出, 贮存在世界大陆岩层中的水体积约为20亿立方英里 (相当于80亿立方公里)①, 其中半数的储存深度小于半英里 (800 米)。上述水量约为全世界河流、淡水湖、水库和内陆海的总储水量的35倍, 为储存在南北极冰原、格陵兰冰川和世界大山脉中的水体积的三分之一。

由于地下水埋藏在地下, 在大多数情况下是人们所看不到的。但有少量的地下水源诸如天然排泄的泉或在地表迳流中止时期而由地下水补给的溪、河除外。古代人利用这些泉水如同淡水江河湖泊一样, 满足基本需要, 因而能够建立和维持了原始人类文化。随着这种文化在广度和深度上的发展成长, 人类又借助人工方法增加水的供应——用井采取地下水, 用坝蓄存地表水。人类开发地下水作为补充供水的尝试, 在各个社会时期是饶有趣味和富有成效的。有关人类历史上利用地下水的论文, 已发表很多 (Biswas, 1970), 有些论文已列在本书的参考文献中, 以供希望详细了解有关内容者去查找。下面概述一些人类利用地下水尝试的主要内容。

1. 早期的人类, 在潮湿地区发展供水的初步努力集中在利用泉水、溪水、河水和湖水。在较干旱地区, 人类大概是看到野

① 原书误为立方米, 应为立方公里。——译者



马、狼和其它动物发掘地下水，从而受到启示而学习它们的作法。最早的人造“井”，工程结构虽然简陋，但对改善泉和水坑却是很有效的方法。

2. 随着“水井”的发展，也自然产生了对水井的崇拜。除了提供人类基本需要以外，很多水井还被信奉为具有治病的奇效。在一些水井处或其附近修建了庙宇并建立了非常虔诚的崇拜仪式。这些迷信随着时间的推移而传播，曾遍及于欧洲，最终受到法令禁止的是在英格兰的 Edgar 和 Canute 统治时期，前者在公元957~975年，后者在1016~1035年。

3. 人们认为，伟大的“农业革命”大约起源于公元前8000<sup>①</sup>年，地区包括现在的部分以色列、约旦、叙利亚、土耳其等国的一部分。这次革命主要是旱田耕作而以泉水和人工开挖浅井提供生活用水。利用地表水和地下水的“农业灌溉”是在较晚的某个时期发展的。

4. 最早凿出深井的光荣属于中国人。他们以叫做冲击钻具钻进 (cable tool drilling) 的方法，用人力提升尖端包铁的竹杆。据传说在戈壁沙漠的沉积地层中<sup>②</sup>，井的最大深度达到3500英尺 (1000米)。钻进是缓慢的，往往需要几年甚至几十年才完成一眼深井。几乎所有这些深井都是寻找盐卤和天然气的，而不是开发饮用水。

5. 大约在中国人利用竹杆冲击凿深井的同时，埃及人发展了用在坚硬岩层的“回转钻进工具”。据记载，约在公元前2000年埃及人在坚硬岩层中凿成了300英尺 (100米) 的自流井。在古代首都Memphis和Thebes都曾利用浅井水作为尼罗河灌溉用水的补充。

6. 约在公元前500年，当建造了坎儿井 (一种长的渗水廊道) 从冲积扇沉积和疏松沉积岩层中开采地下水时，农业和城市利用地下水有了很大发展。在公元前这一段时期，伊朗、阿富汗、中

① 原文如此，农业革命泛指圈地运动。8000年可能有误。——校者

② 应为我国的四川省，原文有误。