

节约用水原理及方法指南

董辅祥 董欣东 主编

宋序彤 主审

中国建筑工业出版社

节约用水原理及方法指南

董辅祥 董欣东 主编

宋序彤 主审

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

本书是以节约用水原理和方法为主要内容的专著。全书共十八章，书中着重论述了我国水资源状况、节水目标与进程、水资源开发利用和节水管理的阶段性特征、节水型社会和城市节水考核指标、用水定额、工业企业水量平衡测试与用水合理化分析、各类节水技术、城市生活用水节水途径、节水管理与信息管理系统、水资源需求预测、农业节水途径等。本书内容丰富、新颖，视野开阔，论述深入浅出，信息量大，资料翔实。本书可供从事水资源与水资源利用、城市与工业节水、给水排水工程、环境保护等工作的专业技术人员和管理人员使用，可供高等学校师生参考，也可作高等学校的选修教材和各类节水培训班的专用教材。

* * *

责任编辑 俞辉群

节约用水原理及方法指南

董辅祥 董欣东 主编

宋序彤 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

新华书店经销

北京市顺义县板桥印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：19½ 字数：475 千字

1995 年 11 月第一版 1995 年 11 月第一次印刷

印数：1—5,100 册 定价：30.00 元

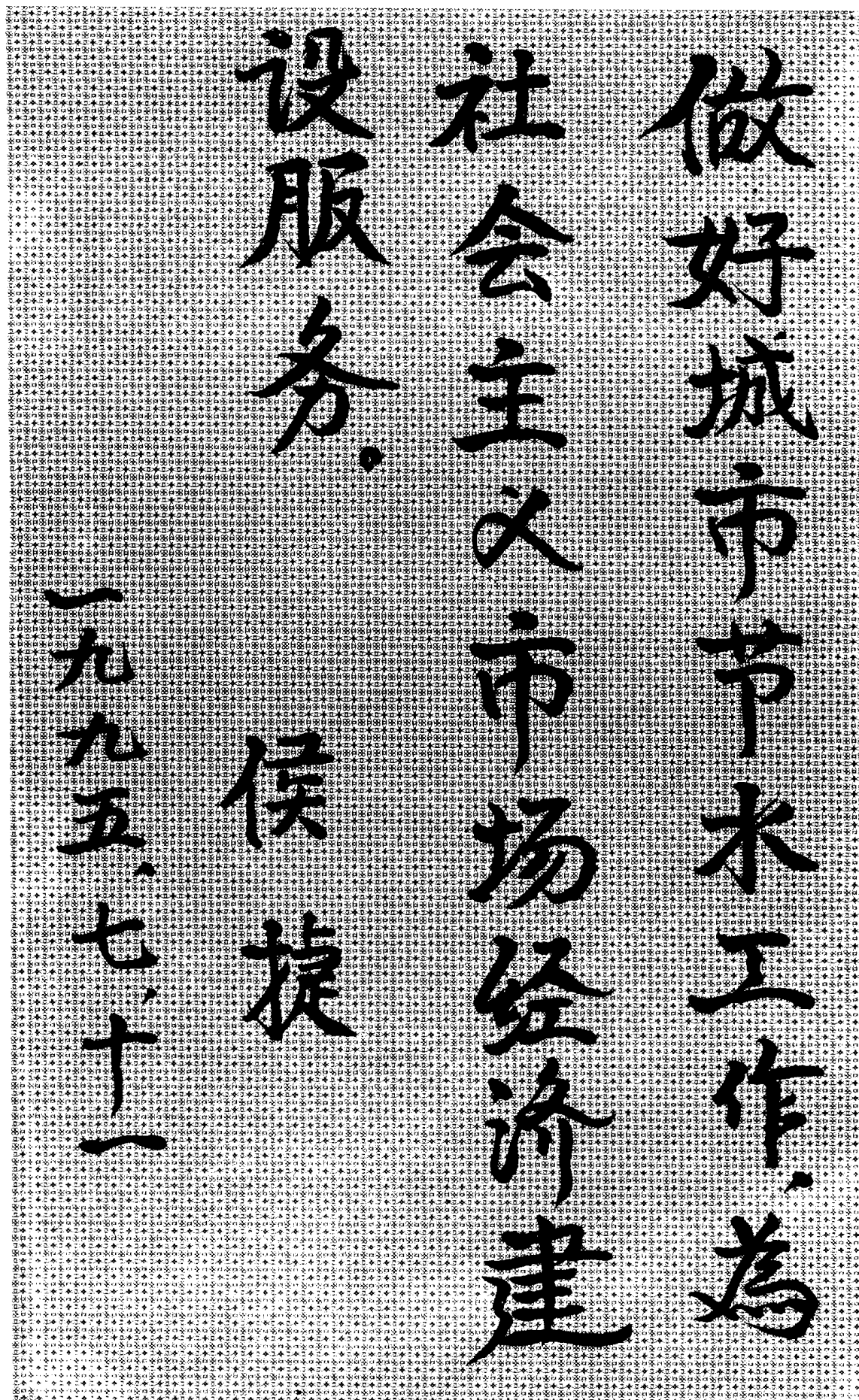
ISBN7-112-02636-9

TU·2010 (7730)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

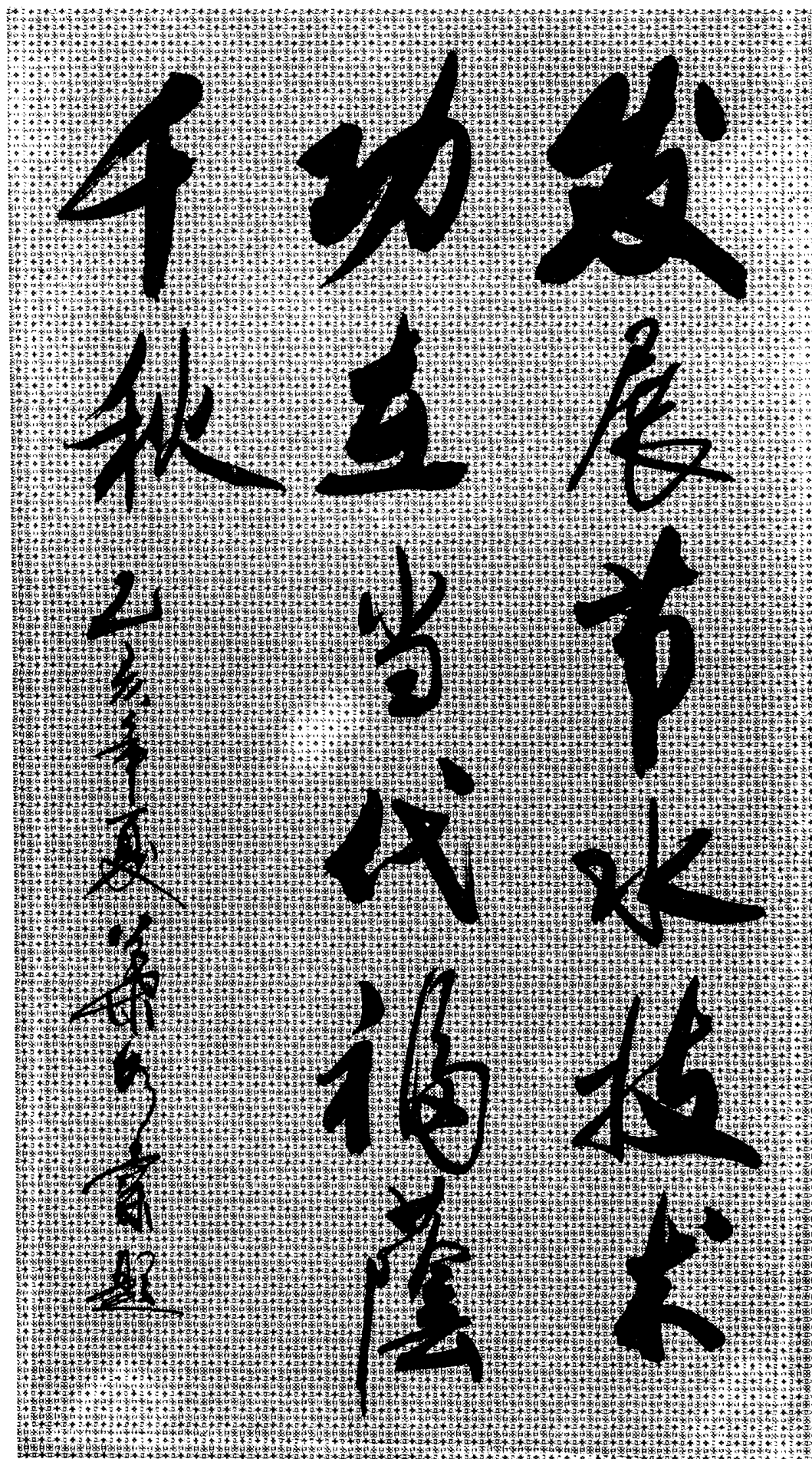


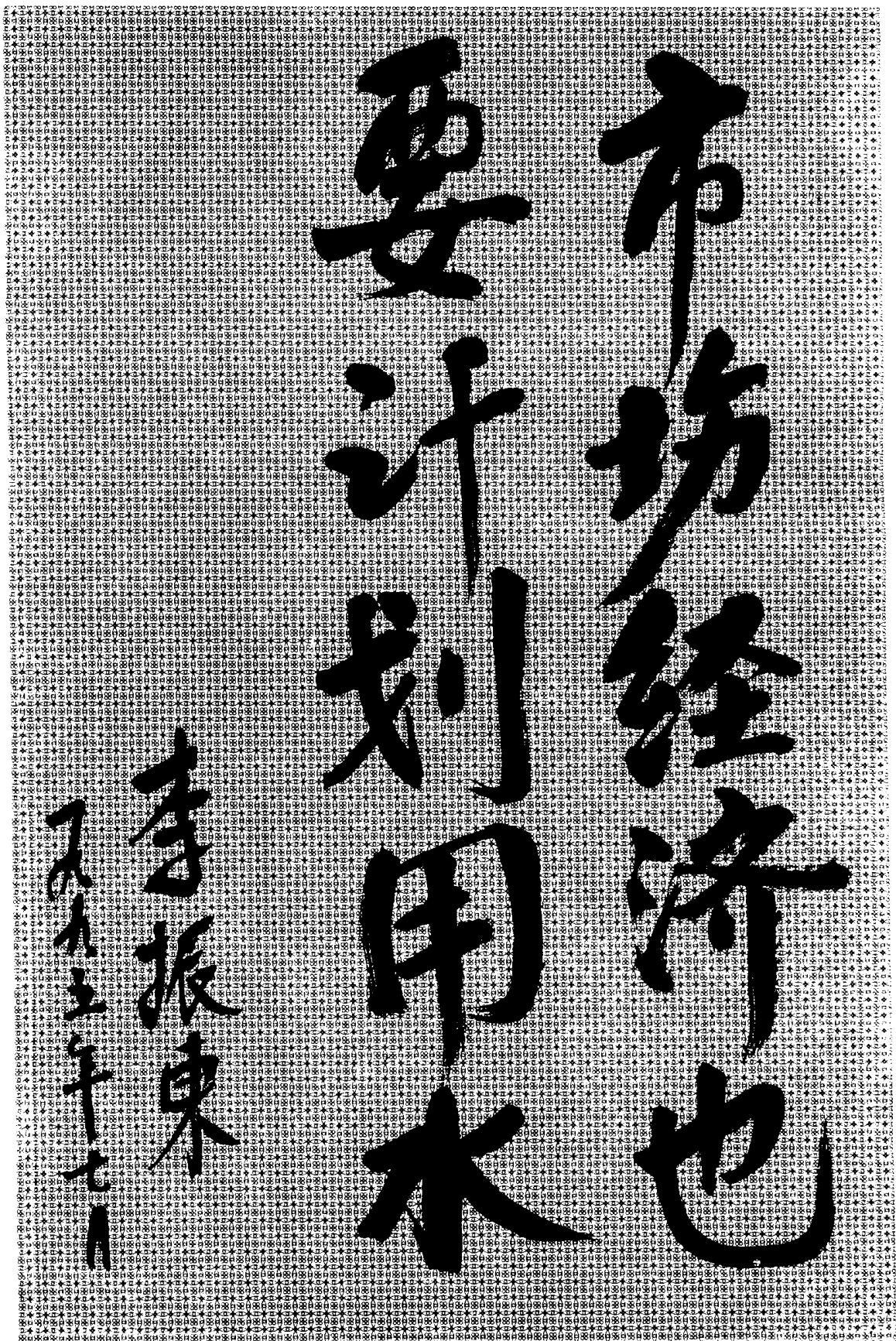
开发节约用水技术 走可持续发展道路

宋健

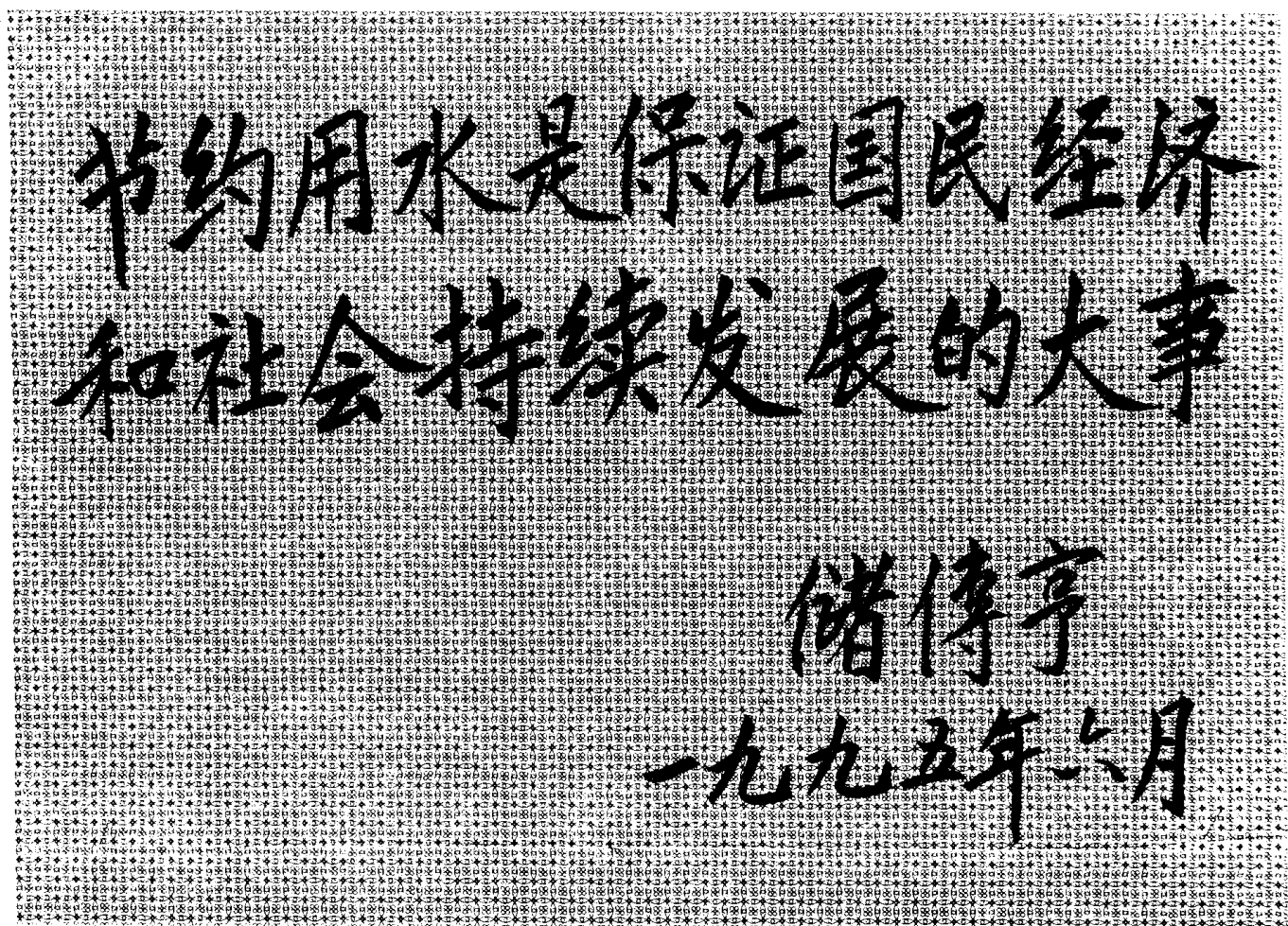
一九九五年六月

中华人民共和国国务委员、国家科学技术委员会主任宋健题词





中华人民共和国建设部副部长李振东题词



中华人民共和国建设部顾问、部科学技术委员会主任储传亨题词

前 言

随着社会和经济的迅速发展,面对世界各地普遍存在的缺水状况,水资源合理利用,即节约用水问题,特别是城市与工业的节约用水问题,正日益受到许多国家和各方面人士的广泛重视和关注。节约用水(简称节水)首当其冲地成为解决缺水问题的主要途径,同时也成为一门亟待开拓、研究的综合性技术领域。在我国节约用水是一项基本国策。十几年来,我国节约用水工作取得了长足的进展,但是由于我国水资源量并不富裕,用水效率还很低,水资源需求量又增长过快,随着节水水平的不断提高,其任务将更加复杂艰巨。为了提高节约用水的技术、管理水平,促使节水工作向更加深入广泛的方向发展,作者在多年实践、研究和系统分析近十几年来国内外节约用水经验的基础上,针对当前节水工作中存在的问题,在书中着重论述并探讨了我国城市水资源状况、节水目标与进程、水资源开发利用和节水管理的阶段性特征、节水型社会和节水型城市的建立、节水考核指标、用水定额制定原理和方法、工业企业水量平衡测试与用水合理化分析、各类节水技术、城市生活用水节水途径、节水管理与信息管理系统、水资源需求预测技术等。作者在大部分章节中,围绕上述内容提出了许多新的见解,引用了一些研究成果,其中相当一部分是作者近几年来完成的研究课题。

全书自始至终主要以城市工业节水与生活节水为中心,同时也介绍了农业节水。全书注重阐明有关节约用水的基本概念、原理和方法。书中除了明确或区分目前广泛涉及节约用水的众多概念(有的同给水排水工程的传统概念不尽相同)之外,基本原理和方法几乎是贯穿各章节的主线。例如:

第二章,提出了估计节水效益、分析城市用水增长幅度及评价节水目标和进程的原理和方法。

第四章,详细分析了节水考核指标的意义及它们之间的内在联系,揭示了用水或节水发展状况同重复利用率变化的相关规律。后者是分析判断一个地区、城市或企业节水状况和发展水平很有意义的依据。

第六章,从原理到方法对工业企业水量平衡测试与用水合理化分析作了更加全面而科学的论述,其实例中的计算评价方法颇有参考价值。

第七至十一章,深入浅出地讨论各项节水技术原理与方法,避免了冗余的介绍,其中热交换装置组合方式的节水效果、回用水安全评价、闭路用水系统和“闭合生产圈”节水途径、利用大气冷源的地下水密闭循环回灌水系统等都具有一定借鉴意义。

第十二章,概括了迄今所有节水器具与设备改革所遵循的基本途径,展现了当前节水器具和设备发展状况,在原理与方法方面可望有举一反三之效。

第十三章,提出了节约城市生活用水的基本思路 and 方向。

第十四章,突出了建立合理的水费体制和鼓励性对策方法的节水作用,这实际上也是节水管理中的方法论问题。

目 录

第一章 水资源概况 1

 § 1-1 水资源概念 1

 § 1-2 水资源分布 2

 § 1-3 我国水资源的特点 4

 § 1-4 我国水资源开发利用情况与问题 7

 § 1-5 2000 年我国需水量与供需平衡概况 15

第二章 节约用水引论 19

 § 2-1 节约用水的内涵 20

 § 2-2 节水效益 22

 § 2-3 我国城市用水增长预测分析 23

 § 2-4 我国城市节水目标与进程评述 27

 § 2-5 城市用水发展趋势与节约用水管理的阶段性特征 32

 § 2-6 节水型社会与节水型城市 34

 § 2-7 节约用水技术经济评价原则 37

第三章 用水及水污染防治要求概述 38

 § 3-1 用水结构 38

 § 3-2 城市水资源系统概述 38

 § 3-3 城市与工业用水的水量、水质与水压 44

 § 3-4 城市污水、工业废水的水质 52

第四章 水的再利用方式与节水考核指标 56

 § 4-1 城市与工业用水水量分类与定义 56

 § 4-2 水的再利用方式 59

 § 4-3 节水考核指标 61

 § 4-4 用水（节水）发展状态与重复利用率变化判别 70

 § 4-5 节水考核指标体系 74

第五章 用水定额制定的原理与方法 77

 § 5-1 用水定额制定的原则与基本途径 77

 § 5-2 用水定额制定基本计算方法与定额水平判定 78

 § 5-3 用水定额制定的主要步骤 93

 § 5-4 工业生产用水状况总体研究 95

第六章 工业企业水量平衡测试与用水合理化分析 100

 § 6-1 水量平衡测试的目的与主要工作内容 100

 § 6-2 水量平衡测试周期、时段和“水量总体平衡” 101

 § 6-3 水量平衡测试的方式和步骤 103

 § 6-4 水量（流量）测定方法 104

 § 6-5 水量平衡图、节水考核指标计算与用水合理化分析实例 110

第七章 水循环及循环冷却水节水技术	121
§ 7-1 概述	121
§ 7-2 工业循环用水系统	121
§ 7-3 循环水的冷却	125
§ 7-4 循环冷却水系统的水量平衡与水质变化	131
§ 7-5 提高工业用水循环利用程度的途径	137
§ 7-6 阻抑污垢	138
§ 7-7 控制腐蚀	143
§ 7-8 抑制微生物	146
§ 7-9 循环水综合处理技术	147
§ 7-10 热交换装置组合方式的节水效果	148
§ 7-11 循环冷却水系统技术经济分析	152
§ 7-12 汽化冷却与空气冷却	158
第八章 回用水节水技术	160
§ 8-1 污水(废水)回用的意义	160
§ 8-2 污水(废水)回用概述	162
§ 8-3 回用水水质指标与标准	169
§ 8-4 回用水处理	177
§ 8-5 回用水安全评价	183
§ 8-6 水回用的技术经济问题	184
第九章 工艺节水技术	190
§ 9-1 概述	190
§ 9-2 逆流洗涤工艺节水技术	191
§ 9-3 其他高效洗涤方法与洗涤工艺	195
§ 9-4 物料换热技术	198
§ 9-5 节水型生产工艺	198
§ 9-6 无水生产工艺	202
§ 9-7 闭路系统、“闭合生产工艺圈”与工艺节水	203
§ 9-8 工艺节水趋势的估计	205
第十章 人工制冷、地下水人工回灌与节约用水	207
§ 10-1 人工制冷与节约用水	207
§ 10-2 人工补给地下水与水资源合理利用	207
§ 10-3 地下水人工回灌技术概述	209
第十一章 海水利用与节约用水	213
§ 11-1 概述	213
§ 11-2 海水淡化技术	214
§ 11-3 海水代用	219
§ 11-4 海水用水系统的阻垢、防腐与海生生物防治	219
第十二章 节水器具与设备	223
§ 12-1 用水器具和设备的主要节水方法	223
§ 12-2 流量、水位、水压控制装置	224
§ 12-3 盥洗、洗涤节水器具	226

§ 12-4 淋浴节水器具 229

§ 12-5 卫生间节水器具 231

§ 12-6 生产节水器具与设备 234

§ 12-7 微机控制变频调速给水装置 234

第十三章 城市生活用水节水途径 240

§ 13-1 城市生活用水结构（构成） 240

§ 13-2 城市生活用水状况 242

§ 13-3 城市生活用水主要节水途径 243

第十四章 城市与工业企业用水（节水）管理 247

§ 14-1 用水（节水）计划管理与定额目标管理 247

§ 14-2 城市水资源的价值观与水费体制 250

§ 14-3 鼓励性对策方法在节水中的应用 256

§ 14-4 国外城市与工业企业用水（节水）管理情况概述 258

第十五章 节约用水计算机信息管理系统概论 265

§ 15-1 基本概念 265

§ 15-2 数据库与数据模型 267

§ 15-3 数据库应用系统设计 269

§ 15-4 数据库应用系统实例 275

第十六章 水资源需求预测技术的运用 280

§ 16-1 城市、工业企业水资源需求预测方法的识别与预测模型的构造原则 280

§ 16-2 城市与工业企业水资源需求综合判定预测模型及其特点分析 281

§ 16-3 水资源需求综合判定预测模型应用举例 283

第十七章 农业节水途径 285

§ 17-1 农业用水的特点 285

§ 17-2 农业用水“开源节流”途径 285

§ 17-3 喷灌与滴灌 287

第十八章 节水项目经济评价 288

§ 18-1 一般概念 288

§ 18-2 静态分析与动态分析 288

§ 18-3 经济评价指标 289

§ 18-4 节水项目经济评价 292

索引 294

主要参考文献 299

第一章 水资源概况

§ 1-1 水资源概念

人类生活及社会生产活动从来就离不开水，但是人们并不是较早地认识到水是一种资源。

地球上的水是在一定的条件下循环再生的，过去人们普遍以为水是“取之不尽，用之不竭”的。然而，随着社会的发展，人类对水的需求量越来越大，加上环境污染、生态平衡破坏，人们开始感到可用水资源的匮乏；另一方面，人们在长期的社会实践中逐渐认识到地球上水所特有的循环再生、运动变化规律，并承认水是有限的。这样，人们才逐渐地把水的问题，连同水环境保护、生态平衡等问题同人类的生息与社会发展联系在一起加以考察研究，并开始将水这一生命和人类社会赖以生存的最基本的自然因素、自然环境的重要因子当作资源看待。

严格地讲，单纯承认水是一种资源，并且把它同其他一般资源等同看待，还远远不够。至今，我们还很难把水在生态系统及社会生活中的作用讲得很清楚。关于水资源的“资源”两字权且作为含义更为深广的词去理解，如现在常说的国土资源……中的资源一词，这样也许更为恰当。

什么是水资源？见于文字的有多种提法，大体上有：

1. 广义的提法，包括地球上的一切水体及水的其他存在形式，如海洋、河川、湖泊、地下水、土壤水、冰川、大气水等。
2. 狭义的提法，指陆地上可以逐年得到恢复、更新的淡水。
3. 工程上的提法，指上述可以恢复、更新的淡水中，在一定的技术经济条件下可以为人们利用的那一部分水。

此外，也有不只是从形态或水量上而是从“水能兴利”综合利用的角度，把水体能为人类社会提供的效益看作资源，如蕴藏于水体的水力资源、水利资源、生物资源、矿物资源（盐、碱等矿物质及泥炭之类）等。

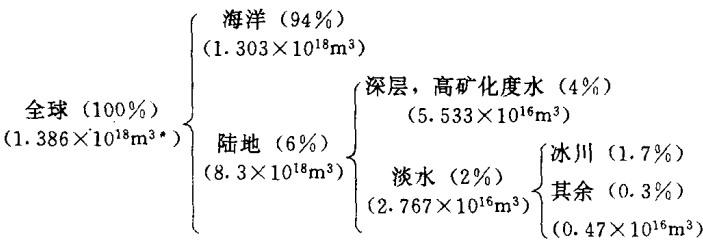
显然，上述各种提法是人们从不同角度对水资源含义的理解，因此很难给以统一、准确的定义。值得注意的是，当涉及水资源问题时，在不同的场合下水资源的含义往往不同且会转化，另外也不应忽视水资源的分布及其质的状态对其含义的影响。

通常，涉及给水排水工程及节约用水（亦称节水）问题的水资源含义，接近于上述第3种提法，但应注意：给水排水工程及节约用水是以研究水的社会循环，即社会生产及生活中的运动变化规律为主，而且不单限于淡水资源的利用；它是以水的数量与质量的统一为特征，并且要求具有较高的可靠性；除强调技术经济条件外，更强调社会总体效益与环境效益；有较强的地域性，与城镇、工业及一系列的人为因素密切相关。因此，城市与工业

在水资源利用上往往会遇到更多的问题。诸如，水资源评价开发与利用，水资源保护，水源综合治理，水源工程技术，水资源技术经济及管理。

§ 1-2 水资源分布

一、全球水资源分布



* 不包括大气水。

上述其余的 $0.47 \times 10^{16} \text{m}^3$ 淡水，开发条件较好，其中逐年更新的淡水仅占总剩余量的 1%，即占全球水资源总量的 0.03%。其绝对量为 $4.7 \times 10^{13} \text{m}^3$ ，这 $4.7 \times 10^{13} \text{m}^3$ 水资源量中，在一定技术经济条件下能为人们利用的水量又极为有限。

二、我国水资源量

据水利电力部水利水电规划设计院将全国水资源利用分为 9 个一级区（流域或片）、82 个二级区、302 个三级区及 2000 多个计算单元并逐级进行水资源综合利用与供需平衡分析研究，我国一级区 1956~1979 年平均年降水量、年径流量，一级区多年平均年地下水资源量（矿化度小于 2g/L）以及多年平均年水资源总量，分别如表 1-2-1、1-2-2、1-2-3、1-2-4 所示。

全国一级区 1956~1979 年平均年降水量 表 1-2-1

分 区 名 称	计 算 面 积 (km ²)	年 降 水 深 (mm)	年 降 水 量 (10 ⁶ m ³)	占 全 国 百 分 比 (%)
东北诸河	1248445	510.8	6377	10.3
海河	318161	559.8	1781	2.9
淮河和山东半岛诸河	329211	859.6	2830	4.6
黄河	794712	464.4	3691	6.0
长江	1808500	1070.5	19360	31.3
华南诸河	580641	1544.3	8967	14.5
东南诸河	239803	1758.1	4216	6.8
西南诸河	851406	1097.7	9346	15.1
内陆诸河	3374443	157.7	5321	8.6
全国	9545322	648.4	61889	100

全国一级区 1956~1979 年年径流量 表 1-2-2

分 区 名 称	平均年径流 深 (mm)	平均年径流 量 (10 ⁸ m ³)	占 全 国 百 分 比 (%)	不同频率年径流量 (10 ⁸ m ³)			
				20%	50%	75%	95%
东北诸河	132.4	1653	6.1	2056	1617	1303	906
海河	90.5	288	1.1	380	268	199	130

续表

分 区 名 称	平均年径流深 (mm)	平均年径流量 (10 ⁸ m ³)	占全国百分比 (%)	不同频率年径流量 (10 ⁸ m ³)			
				20%	50%	75%	95%
淮河和山东半岛诸河	225.1	741	2.7	1000	689	496	296
黄河	83.2	661	2.4	768	649	569	470
长江	526.0	9513	35.1	10559	9417	8656	7610
华南诸河	806.9	4685	17.3	5390	4640	4130	3380
东南诸河	1066.3	2557	9.4	3069	2507	2097	1611
西南诸河	687.5	5853	21.6	6439	5853	5380	4741
内陆诸河	34.5	1164	4.3	1250	1159	1091	1000
全国	284.1	27115	100	29010	27110	25490	23590

全国一级区多年平均年地下水资源量 (矿化度小于 2g/L) 表 1-2-3

分 区 名 称	山 丘		平 原		丘与平原 重复计算量	全 区	
	计算面积 (km ²)	资源量 (10 ⁸ m ³)	计算面积 (km ²)	资源量 (10 ⁸ m ³)		计算面积 (km ²)	资源量 (10 ⁸ m ³)
东北诸河	823577	319.3	407881	330.1	24.5	1231458	624.9
海河	171372	124.6	106424	178.2	37.6	277796	265.2
淮河和山东半岛诸河	127923	107.2	169938	296.7	10.9	297861	393.0
黄河	608357	292.1	167007	157.2	43.5	775364	405.8
长江	1625293	2218.0	132876	260.6	14.4	1758169	2464.2
华南诸河	550113	1027.8	30468	92.7	5.0	580581	1115.5
东南诸河	218639	561.8	20560	51.9	0.6	239199	613.1
西南诸河	851406	1543.8				851406	1543.8
内陆诸河	1814226	567.4	948648	506.0	211.2	2762874	862.2
全国	6790906	6762.0	1983802	1873.4	347.7	8774708	8287.7

全国一级区多年平均年水资源总量 表 1-2-4

分 区 名 称	地表水资源量 (10 ⁸ m ³)	地下水资源量 (10 ⁸ m ³)	重复计算量 (10 ⁸ m ³)	水资源总量 (10 ⁸ m ³)	产水模数 (10 ⁴ m ³ /km ²)
东北诸河	1652.9	624.9	349.3	1928.5	15.45
海河	287.8	265.2	131.8	421.2	13.24
淮河和山东半岛诸河	741.3	393.0	173.4	960.9	29.19
黄河	661.5	405.8	323.6	743.7	9.36
长江	9513.0	2464.2	2363.9	9613.3	53.16
华南诸河	4685.0	1115.5	1092.4	4708.1	81.08
东南诸河	2557.0	613.1	578.4	2591.7	108.08
西南诸河	5853.1	1543.8	1543.8	5853.1	68.75
内陆诸河	1163.7	862.2	722.0	1303.9	3.86
北方五区	4507.2	2551.1	1700.1	5358.2	8.83
南方四区	22608.1	5736.6	5578.5	22766.2	65.41
全国	27115.3	8287.7	7278.6	28124.4	29.46

由表 1-2-4 可见,全国多年平均地表水径流量为 $27115 \times 10^8 \text{m}^3$, 多年平均年地下水资源量为 $8288 \times 10^8 \text{m}^3$, 扣除两者之间互相补给的重复计算水量 $7279 \times 10^8 \text{m}^3$, 全国多年平均年水资源总量为 $28124 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

表 1-2-5 为我国年径流量，人均、亩均水量与一些国家对比的情况。

中国年径流量，人均、亩均水量与外国对比 表 1-2-5

国 家	年径流量 (10 ⁸ m ³)	年径流深 (mm)	人口 (亿人)	人均水量 (m ³ /人)	耕 地 (亿亩)	亩均水量 (m ³ /亩)
巴 西	51912	609	1. 23	42205	4. 85	10704
前苏联	47140	211	2. 64	17856	34. 00	1386
加拿大	31220	313	0. 24	130083	6. 54	4774
美 国	29702	317	2. 20	13501	28. 40	1046
印 尼	28113	1476	1. 48	18995	2. 13	13199
中 国	27115	284	9. 99	2714	15. 33	1769
印 度	17800	514	6. 78	2625	24. 70	721
日 本	5470	1470	1. 16	4716	0. 65	8415
全世界	468000	314	43. 35	10796	198. 90	2353

注：1. 1 亩=667m²。
2. 外国人口是联合国 1979 年统计数，中国人口是 1980 年统计数。
3. 中国耕地面积统计偏小，人口、耕地、水量均包括台湾省在内。

我国人均径流量按 1980 年人口统计数计算为 2714m³，如果按 1990 年人口统计数计算则为 2489m³，约相当于世界人均径流量的 1/4，远低于加拿大、巴西、印尼、前苏联和美国；亩均水量为 1769m³，约为世界亩均水量的 3/4，低于印尼、巴西、日本和加拿大；由此可见，我国的水资源并不富裕。值得注意的是，在我国年径流总量中有条件利用的水量约为 12000 × 10⁸m³，据分析，因受技术经济条件的限制，即使采取相当工程措施至 2000 年对应于 75% 保证率的可供水量仅及 6678 × 10⁸m³ 左右。

§ 1-3 我国水资源的特点

我国的水资源除水资源总量有限，且人均、亩均水量偏低外，由于我国幅员广大，地处亚欧大陆东侧，跨高、中、低 3 个纬度区，受季风与自然地理特征的影响，南北气候差异很大，致使我国水资源的时空分布都极不均衡。

一、水资源的地区分布极不均衡

如果径流以年径流深表示，则其特点大体上可由年降水深分布情况所决定，即东南多、西北少，由东南沿海向西北内陆递减，极不均匀。表 1-3-1 表示我国径流地带区划（示意）及降水、径流分区情况。

径流地带区划及降水、径流分区 表 1-3-1

降水分区	年降水深 (mm)	年径流深 (mm)	径流分区	大 致 范 围
多 雨	>1600	>900	丰水	广东、福建、浙江、台湾大部，湖南山地，广西南部，云南西南部，西藏东南部
湿 润	800~1600	200~900	多水	广西、云南、贵州、四川、长江中下游地区
半湿润	400~800	50~200	过渡	黄、淮、海大平原，山西、陕西、东北大部，四川西北部、西藏东部