

Safeguard for
Water Cycling
in Green Buildings

绿色建筑水循环
安全保障

陈立 主编

赵丽君 王启山 主审

中国建筑工业出版社

绿色建筑水循环安全保障

陈 立 主编

赵丽君 王启山 主审

陈 立 郭兴芳 陶润先 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色建筑水循环安全保障/陈立主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-09132-4

I. 绿... II. 陈... III. 建筑-水循环-安全工程-研究 IV. TU82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 025073 号

绿色建筑水循环安全保障

陈 立 主编

赵丽君 王启山 主审

陈 立 郭兴芳 陶润先 编著

*

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

北京密云红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22 $\frac{3}{4}$ 字数: 470 千字

2007 年 4 月第一版 2007 年 4 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 50.00 元

ISBN 978-7-112-09132-4
(15796)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

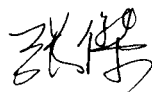
网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

序

水是生命之源，是人类生存发展的最基本要素。然而，人类的水事活动愈来愈严重地损害自然界水循环和水环境。目前，世界范围内的水资源短缺、水污染加剧，全球性水危机日益迫近。我国 666 个城市有 2/3 缺水，几乎所有的城市河段都受到了不同程度的污染，长此以往，许多地区将陷入无水可取的境地。

21 世纪是人与自然协调发展的世纪，人类社会只有建立起物质循环型社会才得以永续生存和持续发展。社会用水的健康循环占据物质循环的首位，是循环型社会的基础。

建筑小区用水是城镇用水的基本组成部分，其水质安全、供水可靠乃是居民生活质量和身心健康的根本保障。建筑小区的供水系统与城市水系统的健康循环息息相关。建筑节能、非传统水源开发与有效利用以及供水水质的安全保障，对于缺水地区是提高供水保证率，解决水资源紧缺的有效途径，对于丰水地区也是达成流域健康循环的必由之路。愿本书为我国水事活动健康发展起到应有的作用。



2006 年 12 月

前 言

随着人口的增加、城市化与工业化程度的提高，水资源短缺问题日益突出，从各种不同方面影响着人们的健康生活；同时随着经济的发展、生活水平的提高，人们对居住区提出了更高的要求，从追求片面的建筑空间转化到追求以山系、水系、绿系为主的生态复合共享空间。建筑消耗了近 1/4 的净水，绿色建筑应把排放污水的减量化、无害化、资源化作为追求目标之一，以保护自然界珍贵的水资源；在住宅建筑中建立水循环的概念，统筹安排市政供水、再生水、雨水、海水等传统水源与非传统水源，进行系统的规划与设计。

目前我国在围绕绿色建筑的一系列有关水资源循环利用的安全问题上，尚缺乏系统规划、设计、运行、管理的经验总结，远不能满足建筑业市场的需要。因此结合现有的示范工程和工程实例，参考国内外相关工程的经验，根据不同地域条件和住宅建筑水的综合利用途径，制定适合绿色建筑水循环安全保障的综合性控制策略、规划，提出相应的成套水处理工艺技术、工程实施方案与管理措施，对我国如何降低住宅建筑中的水耗，实现人与自然的和谐，实现真正意义上的绿色建筑是十分必要的。

由于国内缺乏统一技术标准和评价方法，绿色建筑中“水”的概念模糊、认识混乱，亟需从技术、经济、环境、能源及社会的角度加以规范，提出成套客观、科学的水循环安全保障的综合控制策略与技术，更好地引导“绿色建筑”建设的进行。为此“十五”国家科技攻关计划首次将“绿色建筑关键技术研究”列入项目，本书作者作为该项目中 2004BA809B04“降低建筑水耗的综合关键技术研究”课题的项目负责人，主持了整个课题的研究工作，本书内容即为该课题的重点研究成果之一。

本书围绕建筑水循环问题，从水质、水量两方面提出适合我国不同地域生态、不同自然条件、不同水资源状况的绿色建筑水安全保障的综合性控制策略和成套水处理技术、工程实施方案与管理措施，并在此基础上建立了绿色建筑水循环系统评估体系。

本书对房地产开发商、物业管理部门，绿色建筑设计研究院所、政府决策、管理部门、环保企业、绿色建筑评估检测机构、高等院校等企事业单位和工作人员将提供

绿色建筑水循环安全保障方面的技术支持。

编写分工如下：陈立（全书的统稿编写），郭兴芳（1、6、8、11章），陶润先（7、9章），王启山（8章），何唯平、肖卫星（6.2.2节），张晓伟（4、5章），孔祥媚（2、3、10章），全书的计算机编辑工作由陶润先完成。

本书的编写工作得到建设部科技司柴文忠处长的大力支持，全国工商联住宅产业商会的聂梅生会长和任华同志对课题的研究工作提供了热情帮助，北京节水办的刘红处长、天津中水公司的刘文亚总经理、青岛节水办的张国辉副处长和深圳节水办的张秀忠同志对其中第10章的编写提供了基础资料，在此一并表示衷心的感谢。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 水资源紧缺状况	1
1.2 发展绿色建筑的意义	3
参考文献	5
第2章 建筑用水	6
2.1 用水分类	6
2.2 水量分析	6
2.2.1 各用水量	6
2.2.2 存在问题	13
2.3 水质分析	17
2.3.1 水质要求	17
2.3.2 存在问题	20
2.4 非传统水源可能替代的用水途径	20
2.4.1 冲厕	20
2.4.2 消防	21
2.4.3 洗车	21
2.4.4 绿化	21
2.4.5 道路清扫	21
2.4.6 景观环境	21
参考文献	22
第3章 非传统水源综合利用潜力	23
3.1 非传统水源利用概述	23
3.1.1 再生水利用	23
3.1.2 雨水利用	27
3.1.3 海水利用	29

3.2 市政污水	31
3.2.1 水量水质	31
3.2.2 再生利用的必要性	31
3.2.3 再生利用的可行性	32
3.2.4 再生利用的经济性	32
3.2.5 再生利用的环境效益	33
3.3 建筑污水	33
3.3.1 水量水质	33
3.3.2 再生利用的优势	36
3.3.3 再生利用的可行性	37
3.3.4 再生利用的技术分析	44
3.3.5 再生利用的综合效益	44
3.3.6 社会可接受程度	45
3.3.7 国家相关鼓励政策	46
3.4 雨水	47
3.4.1 水量水质	47
3.4.2 雨水利用的可行性	49
3.4.3 雨水利用的措施	49
3.4.4 雨水利用的效益	50
3.4.5 需注意的问题	50
3.5 海水	51
3.5.1 水量水质	51
3.5.2 海水利用的必要性	51
3.5.3 资源优势	52
3.5.4 技术保障	52
3.5.5 经济比较	53
3.5.6 海水直接利用技术应用前景	53
3.6 非传统水源在建筑中的综合利用	54
3.6.1 非传统水源利用顺序	54
3.6.2 非传统水源综合利用规划	54
参考文献	56

第4章 建筑节水技术 57

4.1 国内外节水发展历史	57
---------------------	----

4.1.1 国外	57
4.1.2 国内	58
4.2 节水的概念及意义	58
4.2.1 节水的概念	58
4.2.2 节水的意义	59
4.3 节水技术	60
4.3.1 节水技术概况	60
4.3.2 节水器具	63
4.3.3 降低漏损	68
4.3.4 超压限流	69
4.3.5 减少热水系统无效废水量	70
4.3.6 防止二次污染造成的浪费	71
4.3.7 绿化节水技术	72
4.3.8 推广和发展循环利用技术	74
4.3.9 做好用水计量	74
4.3.10 实行综合管理	74
4.4 建筑节能率分析	75
4.4.1 住宅	76
4.4.2 办公楼	76
4.4.3 宾馆、饭店	77
参考文献	78
第5章 建筑供排水体制	79
5.1 建筑供排水体制现状	79
5.1.1 国内	79
5.1.2 国外	83
5.2 建筑供排水体制存在问题	89
5.2.1 市政供水	89
5.2.2 建筑排水	90
5.2.3 中水利用	90
5.3 分质供排水	91
5.3.1 概述	91
5.3.2 经济分析	92
5.4 建筑供排水体制选择	94

5.4.1 供水体制	94
5.4.2 排水体制	96
参考文献	98
第6章 污水再生工艺	99
6.1 污水再生技术发展概述	99
6.1.1 日本	99
6.1.2 英国	100
6.1.3 美国	100
6.1.4 韩国	101
6.1.5 澳大利亚	101
6.1.6 其他国家	101
6.1.7 中国	102
6.2 再生技术发展的特点和趋势	103
6.3 工艺单元	103
6.3.1 再生处理工艺	104
6.3.2 消毒处理工艺	126
6.4 再生工艺方案	148
6.4.1 方案选择	148
6.4.2 常见的组合再生技术	154
6.4.3 推荐再生工艺	162
6.5 案例分析	165
6.5.1 市政污水—集中再生利用	165
6.5.2 建筑污水—分散处理利用	166
6.5.3 综合水源	170
第7章 再生水利用的经济分析	173
7.1 再生水利用的相关政策问题分析	173
7.2 污水再生利用形式	175
7.2.1 建筑供排水体制——分质与合流	175
7.2.2 再生处理利用方式——集中与分散	176
7.2.3 再生水利用概念假设	176
7.3 再生水利用经济分析	176
7.3.1 经济分析指标	176

7.3.2 再生水制水成本分析	178
7.3.3 水价分析	186
7.4 再生水利用经济分析实例讨论	193
参考文献	195
第8章 建筑水量安全保障策略	197
8.1 用水安全理念	197
8.1.1 安全概念	197
8.1.2 水资源安全理念	197
8.1.3 水量安全理念	200
8.2 建筑用水的水量安全	202
8.2.1 水资源的安全性	202
8.2.2 建筑用水的安全性	206
8.3 建筑水量安全保障综合策略	210
8.3.1 建筑水量安全保障原则	210
8.3.2 水资源利用	211
8.3.3 水需求控制	214
8.3.4 规划设计	215
8.3.5 运行管理	217
8.4 本章小结	218
参考文献	219
第9章 建筑水质安全保障技术	221
9.1 建筑用水的水质安全	221
9.2 再生水的水质安全	223
9.2.1 再生水水质简述	223
9.2.2 再生水利用的风险评价	226
9.3 再生水水质安全保障综合技术	231
9.3.1 健康风险控制技术	231
9.3.2 景观环境用水富营养化控制技术	238
9.4 本章小结	239
参考文献	240
第10章 典型城市非传统水源利用	241
10.1 北京市再生水利用情况	241

10.1.1	水资源状况	241
10.1.2	污水再生利用的发展历程	241
10.1.3	再生水利用的政策法规	242
10.1.4	市政再生水利用情况	243
10.1.5	建筑再生水利用情况	247
10.1.6	再生水利用的主要问题及措施	252
10.2	天津市再生水利用情况	252
10.2.1	水资源状况	252
10.2.2	污水再生利用的发展历程	253
10.2.3	再生水利用的政策法规	254
10.2.4	市政再生水利用情况	254
10.2.5	建筑再生水利用情况	257
10.2.6	再生水利用中存在的问题及建议	258
10.3	青岛市非传统水源利用情况	259
10.3.1	青岛市水资源状况	259
10.3.2	再生水利用的发展历程	260
10.3.3	再生水利用的政策法规	260
10.3.4	市政再生水利用情况	261
10.3.5	建筑再生水利用情况	263
10.3.6	海水利用情况	263
10.3.7	再生水利用的主要问题及措施	264
10.4	深圳市再生水利用情况	264
10.4.1	水资源状况	264
10.4.2	再生水利用的发展历程	265
10.4.3	再生水利用的政策法规	265
10.4.4	再生水利用的典型案例分析	266
10.5	本章小结	266

第 11 章 绿色建筑评估体系

11.1	国外绿色建筑评估体系简介	268
11.1.1	美国 LEED 体系	268
11.1.2	英国的 BREAM	270
11.1.3	绿色建筑挑战 GBC	272
11.1.4	日本的 CASBEE	273

11.1.5	澳大利亚的 NABERS	274
11.1.6	其他评估体系	275
11.1.7	国外绿色建筑水循环系统评估特点	276
11.2	国内绿色建筑评估体系的萌芽	276
11.2.1	台湾的 EEWH 体系	277
11.2.2	香港的 HK-BEAM 体系	285
11.2.3	国家康居示范工程建设技术要点	287
11.2.4	健康住宅建设技术要点	288
11.2.5	绿色生态住宅小区建设要点与技术导则	291
11.2.6	中国生态住宅技术评估手册	293
11.2.7	商品住宅性能评定方法和指标体系	298
11.2.8	绿色奥运建筑评估体系	299
11.2.9	绿色建筑评估标准	300
11.2.10	绿色建筑技术导则	302
11.2.11	天津市生态居住区建设技术规程	303
11.2.12	国内绿色建筑水循环系统及其评价特点	307
11.3	建立水循环系统评估体系的必要性	308
11.3.1	建立绿色建筑评估体系的必要性	308
11.3.2	建立水循环系统评估体系的必要性	309
11.4	水循环系统评估体系确立的原则	309
11.4.1	水资源可持续利用原则	310
11.4.2	全过程控制原则	310
11.4.3	灵活性、可操作性原则	311
11.4.4	实用性、指导性原则	311
11.4.5	其他原则	312
11.5	水循环系统评估体系	312
11.5.1	水系统规划	313
11.5.2	给水排水系统	314
11.5.3	污水处理与再生利用	316
11.5.4	雨水管理与利用	318
11.5.5	海水利用	319
11.5.6	绿化、景观等非饮用用水	319
11.5.7	管材、器具与设施	321
11.5.8	节水指标	323

11.5.9 本节小结	330
参考文献	336
第 12 章 绿色建筑水循环安全保障综合性技术总结	338
12.1 再生水利用的经济分析	338
12.2 绿色建筑水量安全保障策略	340
12.3 绿色建筑水质安全保障技术	341
12.4 保障绿色建筑水循环安全的政策、法律措施	343
术语释义	344

第 1 章 绪 论

1.1 水资源紧缺状况

水是人类社会经济发展的基础自然资源,也是人们生存、生活不可替代的生命源泉。但是目前全球一半的河流水量大幅减少或被严重污染,世界上 80 个国家占全球 40% 的人口严重缺水^[1]。水资源危机已经成为当今世界许多国家社会经济发展的制约因素。在中国,虽然水资源总量约有 2.8 万亿 m^3 ,但是人均占有水资源量不足 2200 m^3 ,约为世界人均水量的 1/4,列世界第 121 位^[2],是世界人均水资源极少的 13 个贫水国之一。

建国以来至 20 世纪 90 年代,我国用水总量迅速增长,从 1949 年的约 1000 亿 m^3 增长到 1997 年的 5566 亿 m^3 。之后,一直趋于稳定。到 2002 年,全国总供水量 5497 亿 m^3 。其中地表水源供水量占 80.1%,地下水源供水量占 19.5%,其他水源供水量(指污水处理再利用量和集雨工程供水量)仅占 0.4%^[3]。2002 年用水量中,农业用水 3736 亿 m^3 ,占总用水量的 68.0%,工业用水 1142 亿 m^3 ,占 20.8%,生活用水 619 亿 m^3 ,占 11.2%。与 2001 年比较,全国总用水量减少 70 亿 m^3 ,其中生活用水增加 19 亿 m^3 ,工业用水增加 1 亿 m^3 ,农业用水减少 90 亿 m^3 。

目前,中国 660 多个城市中有 400 个城市缺水,其中大部分属于因污染导致的水质型缺水。每年水污染造成的经济损失约为全年 GNP 的 1.5% ~ 3%^[2]。2000 年,全国城镇化水平已经从 1949 年的 10.6% 提高到 36.2%,预计中国 2020 年的城镇化水平达到 50% 左右时,城镇总人口约为 7.5 亿^[4]。今后城市发展和城镇化的加快必然将进一步加剧缺水危机。根据中国工程院数据,全国可利用水资源量,不考虑从西南调水,扣除生态环境用水后约为 8000 ~ 9500 亿 m^3 。2050 年全国需水量可能达到 7000 ~ 8000 亿 m^3 ,届时将接近可利用水资源的极限。与此同时,水环境污染日趋严重。全国 7 大重点流域地表水有机污染普遍,特别是流经城市的河段有机污染较重,主要是湖泊富氧化问题突出。多数城市的地下水受到了一定程度的污染。而我国在这种水资源状况下,用水效率低下,用水浪费的现象普遍存在。我国的用水总量和美国相当,但 GDP 仅为美国的 1/8。全国农业灌溉水的利用系数平均为 0.45,而先进国家为 0.7 甚至 0.8。1997 年全国工业万元产值用水量为 136 m^3 ,是发达国家的 5 ~ 10 倍,工业用水的重复利用率据统计为 30% ~ 40%。

水资源短缺和水环境污染已成为制约我国经济社会发展的重要因素。为解决这一问题,必须提高水资源利用效率,必须坚持“节流、开源与保护水源并重”的方针,不断挖掘节水潜力,在城市中广泛深入地开展节约用水工作,以缓解城市水资源的紧张状态。节水,已是建立节约型社会的重要一环。

目前随着建筑业的蓬勃发展,建筑水耗会不断增加,因此在我国这样一个水资源紧张的国家进行大规模的建设,有必要全面深入地开展建筑节水工作,降低水耗以缓解城市水资源的紧张状况。绿色建筑应把污水的减量化、无害化和资源化作为追求目标之一,以保护自然界珍贵的水资源;在建筑中建立水循环的概念,统筹考虑市政供水、再生水、雨水、海水等传统水源与非传统水源;同时采取措施提高用水效率,节约用水。

飞利浦梅林环境中心位于美国马里兰州首府安纳波利斯,雨水可以通过屋顶流入贮水箱以满足灌溉之需,参观过这里的人都会对其极具环境亲和力的风车式建筑留下深刻印象。

柏林建设了第一座生态办公楼。大楼的正面安装了一个面积为 64m^2 的太阳能电池代替玻璃幕墙,其造价不比玻璃幕墙贵。屋顶的太阳能电池负责供应热水。大楼的屋顶设贮水设备,用于收集和贮存雨水,贮存的雨水用来浇灌屋顶上的草地,从草地渗透下去的水又回到贮存器,然后流到厕所冲洗便器。楼顶的草地和贮水器能局部改善大楼周围的气候,减小楼内温度的波动。

西班牙玛捷卡市的城市设计是可持续城市设计的一个典型例子。由于该地区为地中海式气候,夏季缺少降水,因而设计中首先考虑建造贮水设施,收集 10% 左右的冬季季节性洪水,以满足夏季饮水和灌溉需要。贮水池依地形设在不同的标高点上,利用重力进行自流灌溉而避免使用水泵。

目前我国城市水资源综合利用程度较低,安全保障措施不过关,建筑中“水”的概念模糊、认识混乱。近几年发展了一批具有绿色建筑特点的生态小区,其关注的热点主要是绿色建材的应用与能耗的降低,诸如如何有效地解决采暖和消暑,如何使用各种各样的新材料,如无污染涂料以及可降低热辐射的特制玻璃窗材料等问题;而对于水的综合利用及水的大循环概念缺乏统筹考虑,并没有真正地将各种可能的传统水源与非传统水源纳入到综合利用之中,在水质水量的安全保障方面,缺乏系统的规划、设计、运行、管理的经验总结,远不能满足建筑业的市场需要。但从发达国家发展的轨迹中可以看出,在住宅小区中建立水的大循环概念,市政供水、再生水、雨水、海水等均要统一列入考虑范围,进行系统的优化设计已成为建筑发展的必然趋势。因此,在我国亟需从技术、经济、环境、能源及社会的角度对建筑水循环加以规范,结合现有的工程实例,参考国内外相关工程经验,根据不同的地域条件和建筑水循环途径,制定适合绿色建筑水循环安全保障的综合性控制策略、规划,提出相应的成套水处理工艺技术、工程实施方案与管理措施等,对我国如何降低建筑水耗,追求

人与自然的和谐共生,实现真正意义上的绿色建筑是十分必要的。

随着城市需水量增大和实际可供利用量逐步减少的矛盾加剧,降低建筑水耗已是大势所趋。国家逐步完善了污水再生利用方面的相关法规与标准,鼓励利用再生水。因此综合利用各种水资源,特别是再生水,而且与周围的生态环境有机结合在一起,是区域建筑发展的趋势。随着水资源综合利用及安全保障技术的研究开发、国家相关政策的完善及各级政府的支持,绿色建筑水安全综合保障技术将具有良好的市场前景。我国每年新建住宅 5 亿 m^2 ,用水量约 10 亿 m^3/a ,如果其综合节水率规划为 30%,则全国新建住宅小区每年可节水超过 3 亿 m^3 ,10 年后这些住宅小区即可达到约 30 亿 m^3 的年节水量,相当于“南水北调”中线年调水量的 1/5,约等于“南水北调”京津地区的年调水量总和。

1.2 发展绿色建筑的意义

21 世纪人类共同的主题是可持续发展,对于城市与建筑来说亦必须由传统高消耗型转向高效绿色型发展模式,绿色建筑已成为当今世界建筑发展研究的重点。自 20 世纪 80 年代以来,生态环境问题引起普遍重视,根据库兹涅茨环境曲线,人类必须将发展的欲望限制在生态平衡曲线以下才能保证生态环境的正常循环过程。在城市和建筑的意义上,可持续发展战略的实施意味着城市及建筑内部的运行系统和资源利用方式将会发生巨大变化,人们将更多地从环境保护、节能等设计角度去考虑城市及建筑的综合功能与空间效率。因此发展绿色建筑与我国实现可持续发展的目标是完全一致的。

改革开放以来,我国城乡建筑业迅速发展。每年全国建成的房屋建筑面积约 16 ~ 19 亿 m^2 ,到 2003 年底,全国建筑面积总计约 347 亿 m^2 ,其中居民住宅建筑面积占 79%,达 274 亿 m^2 ,商用/公用建筑面积为 73 亿 m^2 ,近年来每年新增的房屋竣工面积约 1314 亿 m^2 。随着城镇化水平的提高,以及房地产业的兴起,特别是房地产市场的进一步开放,建筑市场的需求量也会随之增加。2000 年,我国城市化率已经达到 36.2%,预计到 2020 年,城市化率将达到 50%,即每年有 1200 万人口由农村进入城镇,以每人居住 10 m^2 计,则需建房 1.2 亿 m^2 ;再加上城市居民住房条件的改善和大规模的危旧房改造,建设规模将是非常巨大的。世界银行预测到 2015 年,全世界新建筑的一半会出现在中国。

建筑物在建造和运行过程中需消耗大量的自然资源和能源,并对环境产生巨大影响。据美国有关统计,在社会资源消耗中,房地产业要消耗 17% 的淡水、25% 的伐木量、40% 的能源、40% 的土地,并产生 30% 的二氧化碳和 30% 的不良建筑。而在中国,资源消耗就更为严重。2001 年,全国建筑业消耗主要建筑材料为:钢材 7810.1 万 t,木材 4519.3 万 m^3 ,水泥 41399.8 万 t。每年房屋建筑的材料消耗量占全