

管道直饮水系统技术规程

实施指南

《管道直饮水系统技术规程》编制组 编



中国建筑工业出版社

管道直饮水系统技术规程

实施指南

《管道直饮水系统技术规程》编制组 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

管道直饮水系统技术规程实施指南/《管道直饮水系统技术规程》编制组编. —北京:中国建筑工程出版社, 2006

ISBN 7-112-08530-6

I. 管… II. 管… III. 饮用水-给水系统-技术操作规程-指南 IV. TU821-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 107732 号

责任编辑:丁洪良

责任设计:崔兰萍

责任校对:张景秋 张 虹

管道直饮水系统技术规程实施指南

《管道直饮水系统技术规程》编制组 编

*

中国建筑工程出版社出版、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

北京二二〇七工厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:17¼ 字数:420 千字

2006 年 10 月第一版 2006 年 10 月第一次印刷

印数:1—4000 册 定价:36.00 元

ISBN 7-112-08530-6
(15194)

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>

前 言

根据中华人民共和国建设部建标[2003]104号“关于印发《二〇〇二～二〇〇三年度工程建设城建、建工行业标准制订、修订计划》的通知”要求，由中国建筑设计研究院等单位完成的《管道直饮水系统技术规程》CJJ110—2006（以下简称《规程》）已于2006年8月1日起正式实施。该《规程》是在深入研究、认真总结国内外科研成果和大量实践经验，并在广泛征求意见的基础上制定的。该《规程》的实施，将从技术上规范、指导管道直饮水系统的设计、施工安装、运行维护管理，从而有利于这一产业的存在和健康发展，有利于保障居民的身体健康和饮水安全。

由于管道直饮水是水工业领域中的新技术，是一项新型产业，在我国刚刚起步，各方面经验不足，待研究问题很多。为帮助使用者准确理解本《规程》的规定，推动《规程》的贯彻实施，由《规程》主编单位中国建筑设计研究院组织编写了《管道直饮水系统技术规程实施指南》，作为《规程》实施的参考技术资料。

本书由赵铨、赵世明、傅文华、杨 澎、朱跃云组成编写委员会。

本书撰写人：第一篇 赵世明、傅文华等

第二篇 赵 铨

第三篇 赵 铨、傅文华、杨 澎、朱跃云

第四篇

专题一 赵世明、傅文华、赵昕等

专题二 吴俊奇、曾雪华、王文海、贾玲华、曹 健、赵 铨、
赵世明、傅文华、杨 澎、朱跃云、谢 鹏

专题三 傅文华、朱跃云

专题四 黄水木

专题五 张金松、李海波等

今后在《规程》的实施过程中，会遇到大量的问题、意见和建议，欢迎随时将有关意见和建议反馈给《规程》主编单位中国建筑设计研究院。由于时间仓促和编者水平所限，本书错误和不当之处在所难免，恳请读者对本书提出意见和建议。

《管道直饮水系统技术规程》编制组

2006年8月

目 录

第一篇 管道直饮水系统的发展与定位	1
第1章 我国管道直饮水系统的发展和定位	2
第2章 国外管道直饮水系统的发展	14
第二篇 《管道直饮水系统技术规程》编制概况	21
第三篇 《管道直饮水系统技术规程》条文释义	29
第1章 总则	30
第2章 术语、符号	32
第3章 水质、水量和水压	34
第4章 水处理	41
第5章 系统设计	53
第6章 系统计算与设备选择	60
第7章 净水机房	69
第8章 水质检验	71
第9章 控制系统	73
第10章 施工安装	75
第11章 工程验收	81
第12章 运行维护和管理	85
第四篇 专题论述	89
专题一 建设部科研课题“建筑和居住小区优质水供应技术”	90
专题二 建筑管道直饮水系统设计秒流量计算的试验研究	161
专题三 《饮用净水水质标准》CJ 94—1999 修编介绍	240
专题四 优质饮用水处理技术的试验研究	247
专题五 管道优质饮用水工艺试验研究报告	259

第一篇

管道直饮水系统的 发展与定位

第 1 章 我国管道直饮水系统的发展和定位

1.1 我国建筑中管道直饮水的性质

在我国，建筑中对城市自来水进行深度处理的管道直饮水系统近年来迅猛发展，显现出了强大的生命力。之所以产生这种现象，社会需求的决定性作用不可低估。如果说建筑中水产业是由政府发动、自上而下发展起来的，那么，建筑直饮水则是由消费市场孕育、自下而上推动而壮大起来的。

然而，管道直饮水的性质是什么，该如何给它定位，是加以引导发展还是进行抑制，这些问题从管道直饮水一诞生便伴随着它，并且影响着其发展进程。

一、我国的建筑直饮水系统的产生背景

1. 城市自来水的水质标准低，并且系统的二次污染严重

我国给水系统尤其是建筑给水系统中的二次污染严重，出厂达标的自来水从用户的水龙头出来后，往往变成不达标的水。

我国多年来限定的自来水的水质指标 35 项，对于近十几年来出现的大量人工合成的有害物质，均未做限定。在水厂水质达标的条件下，自来水中的“三致”物活性试验仍呈阳性。与发达国家的上百项水质指标相比，水质已明显落后。

对于目前这种达标或不达标的自来水是否适合长期饮用，业内专家已产生了分歧。对于普通居民而言，从用水现实中便可得出自己的用水观点或选择。

2. 水厂及城市供水管线进行大规模改造困难重重

若要提高我国生活饮用水的水质标准，我国的水厂及城市市政供水管线就需要大规模的改造。为了把自来水中的“三致”物从阳性转变为阴性，水厂的处理工艺需要对原水进行预处理或对过滤出水增加深度处理。而在深度处理中，往往需要活性炭、膜过滤等较高成本的处理工艺才能对“三致”物、氨氮等有害物质有效地去除。为了把符合高标准的水厂出水保质输送到各用水龙头，市政与建筑中现有的给水管网需要更新，甚至一部分给水输送的技术都需要更新。否则，现实中存在着的给水系统二次污染会由于水质标准的提高而显得愈加突出。

大范围的水厂改造需要大量的资金，而融资却难以解决。管网改造需要的资金量更大，且吸引社会投资的可能性比水厂还渺茫。我国生活饮用水水质的国家标准迟迟不能修订，恐怕与此不无关系。

3. 我国经济及居民收入处于快速发展的变革期

近十年来，我国经济持续高速发展，居民收入快速增加。商品化住宅、汽车、电脑等进入城市家庭并大量普及，追求健康、环保、生活质量的观念深入人心。在这种向现代化

消费的转型期，水的质量，作为城市居民追求生活质量的组成部分，理所当然受到了广泛、空前地重视。随着市民生活水平的迅速提高，“绿色食品”已开始受推崇。现行的水质标准已明显与城市居民的生活水平不适应。

从上述背景分析可以看出，我国建筑直饮水系统的发展是有其客观的理由的。

二、管道直饮水的性质与定位

把现行的建筑直饮水定性为是一种不宜提倡的、临时性的过渡性方法的观点在学术界基本上占据着主流，并且影响着政府的行为。这种观点的主要论据是：第一，建筑直饮水与国外传统的分质供水系统不一致，并且国外找不到专供饮用的管道供水先例；第二，管道直饮水的供水量太小，未考虑洗浴时有害物质会通过皮肤和呼吸进入人体；第三，目前的管道直饮水热的很大成分是商业行为。

通过下面的分析可以看到，对我国的管道直饮水这样定性，未免太仓促、片面了。

1. 管道直饮水的供水量

我国的管道直饮水系统在多种建筑类型中应用，其中有住宅、办公楼、学校、宾馆、医院等。除了极少数要求特别高的建筑其生活用水全部深度处理外，多是供应 $2\sim 3\text{L}/(\text{人}\cdot\text{日})$ 的饮水，其中住宅因是向厨房供水，水量大些，可达到 $5\sim 10\text{L}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ，甚至更高。这种少量的供水（这是该系统受非难的最主要方面）具有坚实的科学根据。

第一，理论根据。就自来水的的天性而言，饮水具有特殊重要的地位，这集中体现在我国的生活饮用水卫生标准制定中。我国现行的各个生活饮用水卫生标准或规范以及正在编制中的国家生活饮用水卫生标准，对于有害有毒物质对身体构成危害的累计量的评价，就是根据每人每日 $2\sim 3\text{L}$ 的饮水量，而不是其他的水量，譬如洗浴水量。另外，美国饮用水中砷的致癌风险性评价，也是如此计算。管道直饮水行业对饮水中有害物质的特殊关注，是与我国历来的水质安全评价理论相一致的。作为科学工作者，不应该采用如下双重评价标准：面对城市自来水时，接受只按饮水量为基础制定有害物指标；而面对管道直饮水时，却责难它未顾及皮肤和呼吸摄入的有害物质。

第二，实践基础。用于饮水和做饭的自来水，要煮沸净化后使用，这既是我国居民的传统实践，也是大部分给排水专家们提倡的卫生防护手段。公共建筑中一直存在饮水系统（以往多是净化的形式），水量标准一直是 $2\sim 3\text{L}/(\text{人}\cdot\text{日})$ ，并且是国家规范的规定，没有出现过问题和异议。住宅厨房中除了供饮水外，还要供烹饪等用水，水量要多些。因以往没有此方面的具体数据，得到合理的值需要调研和经验的积累。这应该只是一个技术性质的问题，不应拔高成系统定性的问题。管道直饮水是对饮水和做饭用水进行净化处理传统的延伸。

第三，美国政府在倡导的 POU/POE 系统中，POU 也只是给住宅中的厨房龙头供水，使厨房用水达到 SDWA 要求即可。

第四，丹保宪仁主席提出的未来城市的饮用水专用管道系统，也只是供应建筑或小区用水量的 10%，套用到北京地区约合每人每日 10L 左右。

2. 未来的城市给水系统

给管道直饮水定性，确实需要回顾国外的给排水系统发展史，但对于人类 21 世纪的给排水系统发展趋势更需要给以足够的关注。国际水协主席丹保宪仁在《水文大循环和城

市水环境代谢》一文中，对行将结束的近代给排水系统的局限性进行了分析，提出了对水资源按“质”和“量”合理使用的新型系统构成，为未来的城市给水方式勾勒了轮廓。

根据上述引文，非常类似于我国建筑管道直饮水的供水方式——以自来水为原水，用纳滤膜处理技术对 10% 左右的水进行深度处理，用专门的管道输送给用户饮用——委实是未来的“二元供水系统”的组成部分。当然凭这一家（很有份量的一家）之言，我们尚不宜断言该供水方式是今后的发展方向，但无论如何也不该把它早早地归类为“过渡的、临时的、不宜倡导的”系统。

3. 国外专供饮用的管道供水系统

类似于我国管道直饮水的供水方式，在国外并非还没有先例。在那些所谓以“正宗”的分质供水方式为主的国家，也已经发展起了“管道直饮水”系统，如美国的 Dedicated Drinking Water System (DDW)，日本的“上质水系统”等。其中 DDW 系统还专门与桶装水进行经济比较，展开竞争。此外，美国政府近些年还倡导 POU/POE (point-of-use/point-of-entry) 深度处理方式，以去除城市供水 (public water supplies) 中的杂质及有害物质。POU 是对住户的一个龙头（厨房龙头）用水进行处理，POE 是对住户的全部用水进行处理。根据美国 NSF 国际部的 Tom Bruursema 先生报告，POU/POE 技术对于实现 1996 年修订的安全饮用水条例 (SDWA) 是切实可行的，而对于 2001 年饮用水法规把砷标准从 $50\mu\text{g/L}$ 减少到 $10\mu\text{g/L}$ 后，该技术不仅可行，而且是必要的了，并且公用事业部门涉入其中，担负责任使户内处理的出水卫生安全。美国环境保护局对于 POU/POE 技术的应用还准备颁布指导性文件。

4. 供水商品化及商业行为是推动各种供水系统发展的重要动力

我们处在商品社会。水的商品化对于广大居民的水消费权利保障来说，对于包括管道直饮水在内的各种供水系统的进步发展来说，不见得是坏事。住宅的商品化，已经不再受非难（事实上正在成为国策）；汽车领域的商业行为，在推动着汽车业发展成为我国的支柱产业。管道直饮水业中的商业行为，不应该成为社会及政府消极对待该产业的理由，更何况我国管道直饮水的产生存在客观理由——如本文前面所述。

管道直饮水具有庞大的市场发展潜力，如果引导得好，目前人们担心的一系列问题，诸如水加工点分散水质难以管理问题，水的价格偏高超出普通市民经济承受能力问题，供水规模偏小不足以满足用水要求问题等，都可以在市场的发展中通过有关管理部门的参与获得妥善解决。管道直饮水作为很有市场需求的产业，如果不积极引导，呵护发展，反而去抑制，无所作为，这无论于该产业，还是于国于民，都是一种损失。我国在其他的产业处理中已有这方面的教训。

三、管道直饮水发展的前景

社会上越来越多的市民摆脱饮用较低质量的水是值得庆幸的。试图诱导市民坐等那遥远的、完全满足现代水质标准的自来水从自家的水龙头流出，未免太理想化。之所以说遥远，一方面是如前所述水厂和管网改造的艰难，另一方面是即使目前低标准的自来水，人们也难以找到一个责任主体（或有关规范）宣布担保从水龙头流出的水也和水厂出水一样达到了标准。没有这样的责任主体，水龙头出水水质就无法从制度上获得保证，因而居民的水质消费权益也就难以保障。第三方面是技术问题：即使将来执行了新的水质标准，水

厂和管网都改造完毕，水龙头出水仍不会全面达到新标准。因为水在管网的输送过程中，水质下降是不可避免的。美国洛杉矶水电部门（LADWP）担负着 380 万人口的生活供水，为了改善水质令用户都满意，选择了 POU 等终端处理方式，原因是集中处理供水不可能全面保证用户的水质。

学术界对管道直饮水的争论仍将继续，但愿只是停留在学术层面，不对直饮水产业构成威胁。未来的供水方式，完全有可能既不是我国主流观点描述的市政及建筑自来水管网会向全部用户供应完全达到新标准的饮用水及洗浴用水，也不是丹保宪仁主席的“二元供水系统”，而是自来水管网供应饮水和建筑管道直饮水二者并存的局面，就像我国的城市再生水系统和建筑中水系统二者并存一样。

目前管道直饮水系统的水处理工艺技术、管网及水质保障技术、运行管理技术等，还会为未来高水质标准的自来水供水系统提供技术借鉴，我们应该对目前管道直饮水系统进行深入研究。

1.2 水文大循环和城市水环境代谢

一、行将结束的近代

起始于 16 世纪的西欧时代，经过产业革命带来了人类大增殖的近代，而如今已因达到地球的容量限度而行将结束。支撑近代大发展的是近代科学技术，教育的发展带来了科学技术的普及。人们认识了自然现象和社会现象，并从中总结出规律，明确其因果关系，建立了学术体系，通过教育的普及，使近代的文明得以广泛传播。恰恰在这个时候，人们将人类活动的规模与地球的尺度进行对比，看到了近代文明在构成上的限度。地球环境制约的时代已经到来。

近代科学技术从总体上看比较单纯粗放，在高速、大量输送技术的支撑下，单样生产技术达到规模化和效率化，根据社会构成和消费经济的关系，按不同的目的进行空间的纵向分割，以发挥其机能与作用。近代生产活动的特征是以量（说穿了是金钱）来作为衡量成果的基准，以经济增长为主轴线，对各种价值都用单纯的量化（金钱化）指标来评价。因此，受过几年高等教育的人就能成为体系设计和运用的专家。近代历史上之所以能这样较单纯地进行社会分割，形成产业，建立教育体系，保持社会有效地发展，是因为地球上的环境和资源有富裕。然而，在世界人口膨胀到 60 亿的当今世纪，这种条件已不复存在。

我们要设法从这种困境中脱身，但面临的困难在于，所有可供使用的方法和对策都以近代科学技术为基础，而近代科学技术则是造成这种困境的原因。在这种情况下，必须对近代科学技术进行重组，通过对各种各样体系进行复合和融合，打破个别体系并列划分的界限，构筑综合化的新体系，寻求新的生活方式，以节省资源和空间的使用。对于这种新体系的评价，必须将近代体系的单纯量化指标变为能表征事物本质和创造价值的抽象指标。图 1-1-1 所示的城市、生产绿地、自然环境特性和相互关系就表明了这种新体系的特征。为了人类的生存而保持良好的环境代谢，需要将城市、生产绿地、自然保护区这三个领域间以及各领域内的资源利用、循环和再利用结构进行重组，降低每一环节的熵增幅度，从而尽可能减少资源、空间和能量的消耗，降低环境负荷。

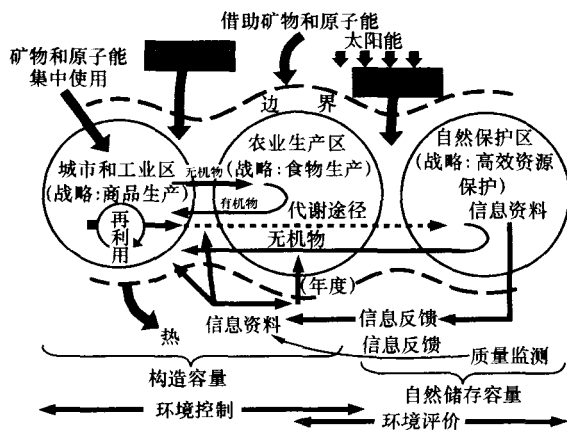


图 1-1-1 城市-生产绿地-自然环境的特性和相互关系

二、近代给排水系统的局限性

近代给水系统以“充足、低价地供给清洁的水”为目标。为了保证清洁水的集中供应，必须获得充足的清洁原水，但这难免受到流域水文大循环中径流量的制约，不可能无限制地扩大供水量，这就是近代给水系统的限度。另一方面，使用过的水均作为污水，通过排水系统排放到城市的下游。污水排放前通过生物化学处理可使生化可降解有机物（BOD 成分）去除 95%，这是罗马时代以来逐步形成的

的城市排水系统。氧气在空气中的浓度可达 21%，但它是难溶气体，溶解在水中的浓度充其量为 10mg/L。当水中存在有机物时，溶解氧会迅速消耗，对好氧性水栖生物造成危害。考虑到溶解氧是水质污染的首要指标，在除浊的同时，要用生化需氧量（BOD）作为河流水质控制的指标，这一基础概念在 StreeterPhelps 氧垂曲线理论提出之后得到了广泛应用。与此相应，以 BOD 为主要指标的污水生化处理方式以 Eckenfelder-O' Connor 公式为理论基础，污水处理和环境管理在理论上相互关联，形成了近代排水系统质量管理的基础理论体系。但是，这种近代排水系统不能有效地控制悬浊物和 BOD 以外的水质指标（见图 1-1-2）。因此，通常的污水生化处理法难以满足所有水处理的需要，而主要用于开放水域的放流处理，以避免造成下游河道溶解氧缺乏。

化学性质 尺寸		有机物		无机物			分离水平
		生化可降解 (BOD)	生化难降解 (COD-BOD)	有机化合物	可凝聚物	稳定物质	
10 ⁻³ m (悬浮物)	mm		有机土壤			泥沙	
		细菌		好氧生物处理			黏土
10 ⁻⁶ m (胶体)	μm						
		病毒	蛋白质		化学混凝处理		微滤(MF)
			腐殖酸	活性炭吸附			超滤(UF)
10 ⁻⁹ m (溶解物)	nm	聚糖	臭味物质富里酸		化学沉淀	离子交换	纳滤(NF)
10 ⁻¹¹ m	Å	有机酸	DDT, BHC等		Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Ca ²⁺	Na ⁺ , Cl ⁻ , NO ₃ ⁻	反渗透(RO)

图 1-1-2 水质变换矩阵

另一方面，对于筑坝蓄水的河道，由于河水滞留时间长，通常的污水生化处理和河流自净作用不能有效去除的磷和氮等营养盐，会导致藻类的增殖，结果造成原水中存在异臭味或毒性物质，需要采用深度给水处理。化肥的使用也常常导致富营养化危害，为此，

欧美国家只要在主要河流的下游以及穿过农业区域的河流下游筑坝蓄水，一般都要对进水进行除磷脱氮处理。未来的时代将重视削减环境负荷，富营养化的控制对于区域水环境代谢体系将必不可少。

现代城市排出的废弃物，或者说代谢物中，以水的形式排出的量最大。近代的给水系统通过集中供水系统供给各种用途的水，每人每天的用水量高达 200~400L，均为可供饮用的优质水。为了保证供水水质，这样大量的原水通常需从水文大循环的上游位置取用。即便在最低限的水资源开发（水源林保护、筑坝蓄水）条件下，以日本的平均径流量为基准，一个人所需的水源集水面积为 300~500m²。这样收集起来的水进一步净化后供给城市，使用后水质发生变化，全部变为 BOD 200mg/L 左右的污水排到城市下游。因为直接排放将造成流域水环境的破坏，通常需要通过 BOD 去除率为 95% 的生物化学处理（所谓的高级污水处理）使水质达到 BOD 10mg/L 的程度后再行排放。如果要求城市下游河道的水质保持 BOD 3mg/L 这样的良好水平（日本河流水环境质量标准 B 类），排出的水则需要 2~3 倍流量的清洁河水加以稀释。该流量所对应的集水面积也为饮用水所需集水面积的 2~3 倍，即每人 900~1000m²（见图 1-1-3）。当今日本几乎没有哪个城市能保证人均水源地面积达到这个水平，许多城市常常缺水，饮用水供应都成问题。从上述水源地面积的角度来说，城市最初出现的水荒问题并不是水量不足（缺水），而是河流水质恶化带来的危害（如欧美一些大流域所发生的情况那样）。日本的河流一般来说流程短，污水排放口靠近海域，因而上述问题不太明显。

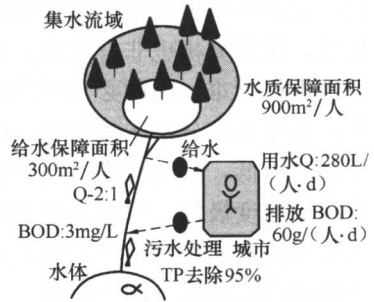


图 1-1-3 每人所需的水源面积

弥补流域水资源不足的对策有两种：一是在上游大规模筑坝，雨季大量蓄水，旱季放流，使平常可利用水量接近流域水文大循环的平均径流量，即所谓“径流的时间平均化”；二是将邻近利用率低的河流进行流域变更，把水输送到缺水的流域，即所谓“径流的空间平均化（流域变更和长距离调水）”。尝试这两种对策已是近代给排水系统的极限，而且后者将导致流域下游污染负荷的高度集中，必须同时采用比常规污水处理法，即生物化学处理法更高级的处理设施，强化以富营养化对策为主的下游水环境管理（见图 1-1-4）。

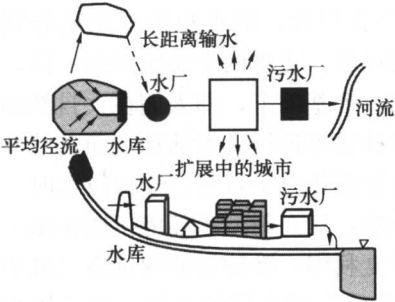


图 1-1-4 城市的扩大和相应的给排水系统

按照近代给排水系统的这种构造，随着流域内需水量的增大，仅从上游取水已难以满足需要，因此取水点必须向下游推移以扩大集水面积。日本横浜的相模川就是典型的例子。然而下游不仅存在 BOD 污染，各种合成有机物引起的微污染问题也日趋严重。农药的使用也影响下游给水的水质。日本的农业多是水田，农药会直接流入水体。随着农业生产条件的改善引入集中用水灌溉系统后，问题变得更加严重。

近代给排水系统的水处理流程实际上是效仿地球水文大循环中，在生态学、地球化学作用下自然

发生的水质变换过程，通过集中施加电力等能源，达到比自然过程快得多的水质变换速度。在给水处理方面的代表性技术是 19 世纪初期出现的慢滤系统（包括自然沉淀和慢速砂滤），以及 20 世纪初出现的快滤系统（包括混凝、沉淀、快速砂滤、氯消毒），至今仍广泛用于给水处理；在污水处理方面的代表性技术则是 19 世纪末期到 20 世纪上半叶建立的散水过滤法和活性污泥法等好氧性微生物处理系统，利用河流自净作用的原理，使生物化学反应集中化、高速化，达到去除 BOD 的目的。

然而，到 20 世纪后期，人类已掌握了大量合成自然界本来不存在的各种有机化合物的化工技术。在通常的时空规模下这些有机物很难通过自然生态系统进行无机化或无害化，而在环境中积蓄，被生物摄取后产生致癌和致突变作用，而且阈值低到 $10^{-12} \sim 10^{-9}$ 量级，定量分析也非常困难。通常的情况下各种污染成分并存，微量多成分的分析 and 影响评价也很困难，因此必须在传统水处理流程的基础上增加去除微量成分的处理环节。此外，近年来内分泌干扰物质，即所谓“环境荷尔蒙”的健康影响问题也引起关注，这些物质浓度极低，且毒性尚不明确。诸如此类影响人体健康的微量有机化合物在多数情况下自然净化速度极慢，只能通过活性炭吸附、离子交换、臭氧处理或纳滤等附加深度处理方法从废水或饮用水原水中去除，水处理系统因此变得复杂化，且消耗大量的能量，这是人们不愿看到的情况（图 1-1-2）。

在缺水情况严重的岛屿和日本西部的城市，目前也开始尝试通过淡水化从无限的海水中获取淡水资源。1950 年初美国就考虑到 20 世纪末将面临的淡水资源不足的问题，内务部设立了盐水淡化局，开展了大规模的研究工作。现在广泛采用的多段闪蒸法就是当时研究推广的结果，逐渐成为淡水化主流的反渗透法则是佛罗里达大学 Reid 教授 1953 年提出的方法。与常规水处理相比，淡水化所需的能量消耗要高出 10 多倍，达到 $7 \sim 10 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{m}^3$ 。这样的高能量消耗在地球环境时代是很难推崇的。尤其是对于能源几乎全靠进口的日本，推行淡水化相当于进口水资源，从安全保障的角度上也很难接受。沿岸取水要避开微量污染很不容易，城市排水接纳水域的负荷增加也成为问题，因此，除岛屿这样远离陆地的情况外，推行淡水化是不适宜的。城市应考虑推行污水处理水的再利用，以降低能量消耗，同时减轻下游的污染负荷。

三、质和量按用途分类的新型水环境代谢体系

迄今为止的城市给排水系统中，给水以“充足、低价地向市民供给清洁的水”为目的，排水则以“促进城市卫生和发展、保护公共水域”为目的，给水和排水系统分别建设，并列存在，而忽略了二者都是水文大循环中串连的环节，未将两个系统融为一体，共同嵌入自然体系之中。传统的给排水系统是建立在这样一个基础上，即人们在大自然的恩惠下生存，在人类小社会中自在生活，按照生活上的种种要求进行人类活动，而自然环境的容量能够满足这些活动的需要。但是，当人类活动的规模相对于自然已变得较大时，在满足生活要求的同时，也必须考虑尽量减轻对环境的影响，建立新型水环境代谢体系。未来的城市水环境代谢体系要在“水资源按用途分类并重复利用，维持最低的价格（最小的能量消耗）”的方针下设计“供给必须水量并满足必要水质”的水供给系统，将“用水和排水（水代谢）的城市要对水环境负直接责任”作为技术和经营的原则。用达到饮用水要求的优质水供应各种用途，最终又作为污水混合处理排放的粗放型城市给排水系统不能再

发展了。达到上述目的至少需要半个世纪,但我们必须从现在起就着手建立“将人们的需要与地球环境加以综合考虑”的新型城市水环境代谢体系。

我们必须认识到,人类虽在地球上动物总体重中占了 25%,但也仅仅是动物的一种,可她在地球生态体系中不是简单意义上的一个成分,而是集中把持能源,具有极高资源消耗密度,构成特异生存空间的集团,是飘浮于多样性自然生态体系的海面上,必须与其他生物共存的集团。因此,不能将人类的物质代谢与其他生物群在自然生态体系中的代谢混为一谈,而必须考虑建立一个复合型环境代谢体系,使与自然界间的开放式代谢按环境负荷最小的方式与自然界耦合,并具有明确的、可控制的组织边界,在边界的内侧(城市)建立具有模拟生物体那样的构造,以最小的能量消耗来驱动最低限度的物质再利用回路。将电力等高品质低熵能量的高密度消耗巧妙地置于再生系统内,严密控制与外部环境间的开放式物质代谢和热量代谢,形成类似于动物体那样的能耗和代谢空间。地球上多种多样的生物链中,不乏能量最有效利用和物质多次再生利用的范例,形成了循环型自然生态体系(见图 1-1-1 和图 1-1-5)。

人体内的水分起着物质和热量输送的作用,经过 20 多次的循环再利用后才排出体外,总水分的 5% 左右必须从体外补充。体内的循环系统和各个部位以水为媒体进行的热量、物质传递和分离,都包含着生体膜的作用,并伴随着生物化学反应,其动力为高质量的生体能量。今天我们面向 21 世纪考虑向新型给排水系统的转换,利用有机合成膜进行精密分离的技术已经展示了其前景。在城市水环境代谢工程领域,200 年来人类与自然界间进行物质交换的生态学工程技术支撑了近代社会的发展,未来的社会将在此基础上进一步引入可称之为生体或生理学技术的膜分离技术,作为水重复利用和再生循环利用的核心水处理技术。2 得到普及,广泛应用于近代给排水工程 100 年后,1-1-2)。

我们仍处在学习新的用水方法的初期。近代产业的基本模式是根据需要从大自然获取优质资源,用于各种目的,然后再将产生的废弃物进行处理,总之是以获取最大利益为出发点进行商品生产,对优质水资源更是随意使用。在上游获取资源,下游处置废物,两种技术各自存在,这是近代社会物质代谢过程的特点。新的水利用体系则是按照质量恢复的难易程度和对利用水质的要求衡量其价值,根据目的以及方式确定水的用途。对给水系统和排水系统,以及二者之间的循环再利用系统,要按能量消耗率最小,而且系统可靠的原则进行设计。考虑各种方案和相关条件、资源和能源的消耗率、设计和运转管理要求等各种复杂因素,进行体系的综合化和优化,经过数十年的努力,终将研究出成熟的系统技术。

然而,上述将生产(生活)活动和资源两方面连环考虑进行综合规划的思路目前还仍停留在设想的阶段。虽说是进入了地球环境时代,但对人类文明还未进行具体的再设计。

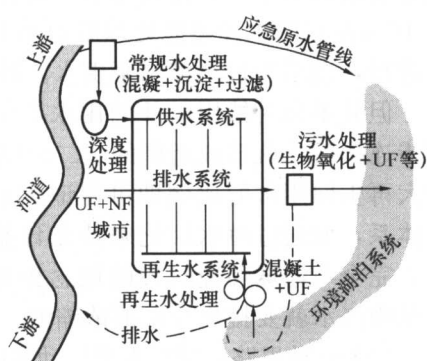


图 1-1-5 水质按用途使用、水再生和水质
管理系统及城市水环境

单单强调给排水系统的问题显然是不够的，水的利用牵涉到社会基础设施建设，未来的社会构造和投资方向不明确的话，长期投资建成新的给排水系统后也会面临难以承受的困难。但在现阶段，无论如何也应当明确“质”的利用是水利用的本质，在这个基础上着手新型给排水系统的研究和规划。笔者在 20 年前就提出了城市水环境代谢体系构造和容量的问题，其基本论点到现在也是实用的。

四、新型城市或地区水环境代谢体系的构想

保障人们健康安全的水（饮用水）通常占总用水量的很小一部分，仅按实际需要量从水文大循环的上游经严格管理的水源保护区取水，经适当处理后，由饮用水专用管道供水。其他大量的非饮用水则在靠近下游用水点的河流中取水，该处流域面积较大，可供取用的流量也相应较大。视需要可适量加入经深度处理后的再生回用水，通过目前使用的一般给水系统供水。饮用原水因为是从水质良好的上游取水，所以并不需要非常复杂的水处理。在饮用水专用管道建成之前，则可在现有配水管网末端用水点前，将 10% 左右的水经纳滤处理后由小管径的饮用水管道供给饮用水。纳滤可利用管网压力进行，然后通过小型水泵供水。其余 90% 的水与纳滤浓缩水混合，浓度虽会提高 1.1 倍，但并不会对饮用以外的用水产生不良影响。末端的饮用水专用管道与上游的管道逐步连接后，就形成所谓的“二元供水系统”。旱季缺水时，通过向非饮用系统中适当增大再生回用水的比例即可保证供水。曾几何时，有人设想不用改变现有的城市水利用体系，而通过海水淡化来补充日益增加的城市用水量。这种方法大幅度增加能量消耗，完全与地球环境时代的理念相违背。同时，就目前的技术，通过海水淡化得到一定量的淡水就要排出等量的浓缩液。

基于这种思路，对于人类活动集中、人口密度高的地区，设立并列的二元输水系统，并强化闭路循环，对环境保护区（自然体系）和环境控制区（城市体系）进行明确划分，建立人类活动和自然环境保持协调关系的水环境代谢空间。在生态系统的链接中，必须明确城市应负的责任，从而建立如图 1-1-5 所示的城市水环境体系。这种水环境体系的目标在于：①将水环境尽可能明确地划分为应保护和要利用的两个区域，并明确两个水环境区的结合条件，维持水环境保护区的良好自然条件；②环境控制（水处理等）仅在两个区域的边界处和城市区域内进行；③充分认识到城市用水的本质是“水质”的合理利用，尽可能按质进行多次重复使用，将水的再利用工程中的附加能量消耗降到最低限度；④水环境区域划分要有局限，以防止水环境代谢的无限度广域化，城市要在自身可控制的限度内建立水环境代谢体系；⑤环境控制区（城市）内的人类活动不能越过环境区域界限而波及环境保护区。环境空间的局限化和降低能量消耗是新型水环境体系的特点，在此基础上保持和恢复自然水环境的本来面貌，是面向 21 世纪的宏伟理想。要实现这个理想，需要我们以科学的态度，破除传统观念，站到比专业技术人员更高的位置来重新思考问题。

注：文章引自《给水排水》2002 年第 6 期

作者：国际水协主席丹保宪仁

译者：西安建筑科技大学王晓昌教授

1.3 住宅中的管道直饮水

在我国，随着城市化程度提高，人口居住日趋密集，环境污染尤其是水环境污染日益加剧，对人们身体健康构成极大威胁。而随着物质生活水平的提高，人们开始对生活质量提出更高的要求。住宅是人们生活起居最主要的场所，是人们停留时间最长的地方。拥有舒适、健康的居住环境成为众多人士关心的问题，因此健康社区、绿色生态住宅小区便应运而生，给住宅产业带来了质的转变，而这些优质的住宅小区都离不开一个共同的主题——水环境，营造小区水环境，全面提升住宅品质成为住宅业人士追求的目标。住宅小区外部水环境如人工湖、喷泉、游泳池等设施能让人们的身心得到最大程度的释放。而与人的健康密切相关的饮用水环境也必须得到进一步的完善，实行分质供水、构筑健康饮水新平台也正是在这种背景下提出并实施。

一、实行分质供水的必要性

分质供水涵盖范围广泛，不但包括日常生活用水，还包括工业用水及城市市政用水。在我国现阶段实行分质供水有以下几点原因：第一，由于我国环境污染日益加重，工业废水、生活污水大量排放及酸雾、酸雨的影响，使接纳水体有机微污染加剧，有毒有害物质严重超标，增加了水处理难度；第二，目前我国水处理工艺多为沉淀、过滤等常规方法，很难将污染物质去除，而由于经济条件的限制，深度处理工艺普及尚有较大的难度；第三，我国绝大部分城市管网陈旧，锈蚀、渗漏现象严重，二次供水设施维护不当，二次污染控制不力，导致微生物、病菌等再度繁殖，增加用水隐患；第四，水的不同用处对水质的要求差别很大，如电子工业中的高纯水、直接饮用的矿泉水、冲洗厕所及绿化使用的市政用水等。一些低品质用水完全可以通过对废水、污水的二次处理回用提供，这样不但可以节省紧张的水资源，而且还能降低城市水处理负荷。

因此，目前我国实行分质供水不但可以缓解环境污染带来的不良影响，而且还可以合理调配、优化使用水资源，达到可持续发展，提高人们生活水平和健康水平的目的。

二、住宅小区分质供水简介

目前我国针对住宅小区的分质供水主要是指生活饮用水，即管道直饮水。管道直饮水是指通过在住宅小区内特设净水处理站，运用现代高科技生化、物化处理技术，对城市自来水进行深度处理，去除水中有机物、细菌、病毒等有害物质，同时采用优质管材另设一套独立循环网络，将净化后的优质水送入用户家中，以确保水质卫生、稳定、新鲜，供用户直接饮用。

运用于住宅小区的管道直饮水处理工艺主要包括两大部分：水处理部分、自动控制部分。

管道直饮水深度处理技术应用最广泛、技术最成熟的主要是超滤、纳滤和反渗透三种膜过滤系统。由于几种膜的性能区别，导致其处理系统的效果和适用场所存在一定差异。超滤适用于原水水质较好的场所，主要是截留去除水体中较高分子量物质，联合臭氧活性炭预处理工艺，超滤系统便能起到去除水中有毒有害物质的作用。纳滤和反渗透膜适合于

原水水质达不到现行生活饮用水水质标准的场合，由于截留分子量很低，可确保出水能同时满足饮用净水指标和生活饮用水的近百项指标。

自动控制部分一般采用压力传感变频加压，采用液位传感控制自动进水及水泵、阀门停启，保证安全制水、供水。

三、住宅产业革命必然导致管道直饮水行业兴起

1. 住宅小区引进管道直饮水的必然性

前面提到，由于水体污染状况加剧，水厂常规工艺处理能力限制、陈旧管网腐蚀及二次供水设施污染导致目前居民家中的自来水尚不宜直接饮用。就目前我国国情而言，由于经济状况限制，短期内还无法对现有水厂和城市管网进行全面投资改造，而且由于生活用水仅占总用水量2%~5%，95%~98%则用于生产、绿化和消防等方面，因此全面大幅度提高自来水水质毫无必要。

其次，随着物质生活水平提高，健康概念加强，人们对高品质生活用水的需求愿望越来越强烈。在深圳某别墅区，很多外籍人士住户因自来水水质问题通常使用桶装水洗菜做饭，甚至给小孩洗澡。目前市场上提供高品质水主要有两种途径：一是家庭用小型净水器，但是由于设备维护维修、水质检测监督都缺乏专人、专门部门统一管理，如果用户长时间没有清洗或更换滤芯，容易导致净水器内细菌繁殖，成为二次污染源，存在较为严重的水质隐患；二是桶装水，目前市场上饮用水的主流便是桶装水，但如果将桶装水用于饮用以外如洗菜做饭等会给用户带来极大的不便，且价格也较为昂贵，另外桶装水一般会有几天的使用时间，影响水质新鲜感和口感。而住宅小区管道直饮水的实施克服了上述缺点，在专业运营管理公司的统一管理下，用户打开水龙头就能喝上快捷经济、健康舒适的高品质直饮水。

与人们不断提高的生活水平相适应，住宅产业也在进行着不断的变革，进行着一场新住宅运动。新住宅运动要求住宅为居住者提供的不再仅仅是居住空间，而应当提供集居住、生活、文化、教育、科技、艺术环境于一体，使居住者能够充分享受个性化服务的综合性、多功能社区。管道直饮水是最容易实现也是最直接体现健康理念的措施，它彻底改变了传统的饮用水环境，作为饮水新概念在住宅小区的应用，自然成为新住宅运动向居住者提供便利生活和个性化服务的有机组成部分。管道直饮水作为新住宅运动与饮水新概念的结合产物，不仅可以使饮水新概念导入新住宅运动之中，补充和丰富新住宅运动的实质内涵，完善住宅水环境，增加住宅对潜在业主的吸引力，使新住宅运动得到业主更广泛的青睐；同时也可以使分质供水概念在房地产领域内快速成长、发展与普及，满足业主对健康饮水和高品质生活享受的追求。

高品位的生活、高档次的住宅必然配备高档次的配套服务，管道直饮水所提倡的决不仅仅是技术上的先进和硬件上的完善，它更注重的是以“服务至上”的理念让用户真正体会到高品质饮水环境所带来的生活水平的提高，使管道直饮水提供的优质服务构成新住宅运动中水环境改善的重要环节。

2. 住宅小区引进管道直饮水的可行性

一个行业的兴起及发展壮大主要取决于行业初期建设资金承受能力、市场需求能力及市场消费承受能力。管道直饮水的投资主要由管网和净水处理站两部分组成，其初期建设