

伊学农 主 编  
李 荣 耿为民 副主编

# 城市给水 自动化控制技术



化学工业出版社

伊学农 主编  
李荣 耿为民 副主编

# 城市给水与 自动化控制技术



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以计算机技术、信息技术为指向,结合作者多年的研究和工程实践,全面论述了给水管网技术、给水处理技术以及相应的供电、自动化控制等工程的技术、设计要点、运行管理与优化设计,供水行业的现代化 GIS 和 OA 管理系统,给水工程的评价与分析等管理技术与方法。从现代化技术要求和管理的角度,提出了常用的水厂设计技术和优化调度管理的方法。

本书可作为给排水或市政行业技术与管理人员的培训教材,也可作为本科生、研究生以及设计人员参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

城市给水与自动化控制技术/伊学农主编. —北京:化学工业出版社, 2008. 1  
ISBN 978-7-122-01334-7

I. 城… II. 伊… III. 城市给水-给水工程-自动控制  
系统 IV. TU991

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 001452 号

---

责任编辑:董琳 邹宁  
责任校对:顾淑云

文字编辑:李玉峰  
装帧设计:史利平

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装:化学工业出版社印刷厂  
787mm×1092mm 1/16·印张 21½ 字数 567 千字 2008 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着优化理论与技术的发展以及计算机与控制技术的进展,带动了城市供水行业技术水平和水平的提高。供水管网的现代化管理正在逐步地实施,SCADA 系统和优化调度系统进入了实用化阶段;计算机技术的发展也使 GPS、GIS、MIS 及 OA 等系统走向成熟;信息技术,传感器、电动执行机构、控制等技术的进步,促进了大型系统的控制和管理水平的提高;优化技术、模拟技术与计算机技术的发展,为模拟大型的动态变化的给水管网系统提供了条件。

本书以计算机技术、信息技术为指向,结合作者多年的研究和工程实践,全面论述了给水工程技术、供电技术和自动化控制技术的理论和方法,提出了新的供水行业的管理思路,具有系统性、实用性、可读性强的特点。内容包括给水管网技术、给水处理技术以及相应的供电、自动化控制等工程的技术、设计要点、运行管理与优化设计,供水行业的现代化 GIS 和 OA 管理系统,给水工程的评价与分析等管理技术与方法。从现代化技术要求和管理的角度,提出常用的水厂设计技术和优化调度管理的方法,使读者能较系统地了解给水工程、供电工程、自动控制工程等方面的技术理论和优化管理方法,掌握给水工程设计、施工、管理的相应基本知识以及供电与自动控制理论和技术、工程设计与管理等方面的知识和能力,具备较为全面的给水工程与自动控制等技术的能力。本书可作为给排水或市政行业技术与管理人员的培训教材,也可作为本科生、研究生以及设计人员参考书。

全书共 26 章。第 1~7 章为给水管网技术,主要内容包括:给水系统;给水管网系统和优化技术;给水管网漏失与控制技术,给水管道配件和附属构筑物。第 8~11 章为给水处理技术,主要内容有:给水混凝、过滤、消毒技术以及水厂设计等。第 12~18 章为供电与节能技术,主要内容有:供电概述;负荷计算;变配电室的设计和系统节能工程等。第 19~22 章为自动化控制技术,主要内容有:自动化控制系统的介绍;系统软件以及电视监控系统等。第 23~26 章为管理技术,主要内容有:给水管网管理技术;供水行业现代化管理技术;供水系统的优化调度系统等。书中还包括一些工程实例,对工程的相关技术的基本知识都进行了系统的论述,对处理技术和自动控制的基本工作原理、设备的功能和工作原理也给予了相应的论述。

本书由伊学农主编,第 1~4、8~10、23、25 章由伊学农编写,第 5 章由王雪峰编写;第 6 章由耿为民编写,第 7 章由牟小林编写;第 11 章由宋利华编写;第 14 章由宋明和渊辛燕合写;第 12、13、15~22 章由李荣编写;第 24 章由乔健编写;第 26 章由徐兆远编写。在编写过程中,何通、韦秋梅、张颖等参加了资料收集和编辑校对工作。

供水行业的管网与水处理技术、自动化控制技术和管理技术与水平是不断更新与发展的,加之编者水平有限,文中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

伊学农  
2008 年 1 月  
于上海理工大学

# 目 录

<b>第 1 章 给水水源与保护</b> .....	1	<b>第 7 章 给水管道、配件与附属构筑物</b> .....	106
1.1 给水水源系统概述 .....	1	7.1 给水管道 .....	106
1.2 水源种类与水质 .....	4	7.2 给水管网配件和附属构筑物 .....	113
1.3 水源选择原则与要点 .....	7	<b>第 8 章 给水混凝澄清处理技术</b> .....	117
1.4 水源保护与管理 .....	8	8.1 混凝剂与混凝 .....	117
<b>第 2 章 给水系统与水量水质</b> .....	11	8.2 沉淀 .....	124
2.1 给水系统 .....	11	8.3 气浮技术 .....	130
2.2 给水系统分区 .....	13	<b>第 9 章 过滤技术</b> .....	136
2.3 设计水量 .....	14	9.1 过滤机理与技术 .....	136
2.4 设计水质与水压 .....	17	9.2 滤池过滤 .....	137
<b>第 3 章 输配水工程</b> .....	19	9.3 滤池冲洗 .....	138
3.1 输水系统的基本形式 .....	19	9.4 普通快滤池 .....	139
3.2 重力流输水管渠的优化设计 .....	21	9.5 无阀滤池 .....	142
3.3 压力输水管道的设计优化 .....	24	9.6 虹吸滤池 .....	144
3.4 输水管道设计的多方案比较 .....	25	9.7 移动冲洗罩滤池 .....	145
3.5 长距离输水管道系统运行与管理 .....	29	9.8 V 型滤池 .....	146
<b>第 4 章 给水管网理论与技术</b> .....	33	9.9 压力滤池 .....	148
4.1 给水管网系统 .....	33	<b>第 10 章 消毒技术</b> .....	150
4.2 给水管网理论 .....	34	10.1 给水处理消毒常用技术 .....	150
<b>第 5 章 给水管网优化技术</b> .....	43	10.2 给水处理消毒新技术 .....	158
5.1 给水排水工程优化算法发展 .....	43	10.3 其他消毒新技术 .....	160
5.2 遗传算法的原理及应用 .....	45	<b>第 11 章 水厂设计</b> .....	161
5.3 给水管网与图论应用 .....	48	11.1 设计步骤、要求和设计原则 .....	161
5.4 给水管网设计优化 .....	50	11.2 水厂工艺流程选择 .....	162
5.5 环状网优化设计 .....	53	11.3 水厂的平面及高程布置 .....	163
5.6 给水管网系统优化与可靠性分析 .....	66	11.4 自来水厂设计的注意事项 .....	167
5.7 管网的技术经济计算 .....	71	<b>第 12 章 供电概述</b> .....	170
5.8 泵站优化 .....	76	12.1 电工学的基础知识 .....	170
<b>第 6 章 给水管网漏失与控制技术</b> .....	83	12.2 供配电的基础知识 .....	171
6.1 供水管网漏失分析与评定 .....	83	12.3 电机的基础知识 .....	180
6.2 供水管网漏失对策分析 .....	87	<b>第 13 章 负荷计算和短路电流的计算及应用</b> .....	186
6.3 供水管网漏失控制与措施 .....	88	13.1 负荷分级的原则和供电要求 .....	186
6.4 供水管网漏失优化控制 .....	93	13.2 负荷的计算 .....	187
6.5 制定管网漏损与事故安全性技术方案 .....	104		

13.3	无功补偿的计算	190	<b>第 21 章 系统软件</b>	253	
13.4	短路电流的计算方法	192	21.1	监控软件	253
<b>第 14 章 变配电室的设计</b>		195	21.2	编程软件	256
14.1	35~110kV 变配电所	195	21.3	PLC 应用软件	256
14.2	10kV 及以下变电所设计	199	21.4	工程举例	261
14.3	工程举例	203	<b>第 22 章 电视监控系统</b>	270	
<b>第 15 章 电线和电缆的选择和运行</b>			22.1	电视监控系统的一般规定	270
	<b>维护</b>	206	22.2	系统构成的要素与基本模式	270
15.1	电线和电缆的选择	206	22.3	系统安全性	275
15.2	电缆敷设	210	22.4	系统可靠性	275
15.3	电缆的支持与固定	212	22.5	系统环境适应性	275
15.4	电缆的防火与阻燃	214	22.6	系统电磁兼容性	276
15.5	电力线路的运行维护	215	22.7	系统集成性、兼容性、开放性	276
<b>第 16 章 防雷和接地</b>		218	22.8	线缆的选用	276
16.1	交流电气装置的过电压	218	22.9	电源、防雷及接地	277
16.2	防雷电电磁脉冲	221	22.10	举例	278
16.3	电气装置接地的一般规定	223	<b>第 23 章 给水管网管理技术</b>	279	
16.4	水厂自动化接地	225	23.1	管网技术档案的管理	279
16.5	水厂自动化防雷	226	23.2	阀门管理	280
<b>第 17 章 电气照明</b>		229	23.3	管道的巡查与检漏	283
17.1	照明方式和照明种类	229	23.4	管道腐蚀与防腐蚀措施	287
17.2	工厂常用光源和灯具	230	23.5	爆管机理分析及其对策	290
17.3	照明配电和控制	231	<b>第 24 章 供水行业现代化管理技术</b>	292	
<b>第 18 章 系统节能工程</b>		234	24.1	供水行业现代化管理系统	292
18.1	节能	234	24.2	给水管网 GIS 系统	293
18.2	实行负荷调整, 削峰填谷, 提高 供电能力	239	24.3	生产调度指挥系统 SCADA	299
<b>第 19 章 自动化控制系统概述</b>		240	24.4	营业管理系统	299
19.1	PLC 系统	240	24.5	办公自动化子系统	305
19.2	DCS 系统	241	24.6	效益分析	316
19.3	FCS 系统	241	<b>第 25 章 给水系统的优化调度技术</b>	318	
19.4	基于 PLC 的过程控制器在过程 控制中的应用	242	25.1	给水系统优化调度技术	318
19.5	可编程序控制系统组成和工作原理	243	25.2	水力模拟系统	320
<b>第 20 章 自动化检测仪表</b>		246	25.3	给水系统实时数据系统	321
20.1	水位检测仪表	247	25.4	辅助调度技术	324
20.2	压力测量仪表	248	<b>第 26 章 给水工程投资与评价分析</b>	328	
20.3	流量检测仪表	249	26.1	工程投资构成	328
20.4	水质检测仪表	250	26.2	给水经济指标组成和内容	329
20.5	水厂自动化仪表的配置	252	26.3	给水工程成本分析	330
			26.4	工程项目评价	334
			<b>参考文献</b>	337	

# 第 1 章 给水水源与保护

## 1.1 给水水源系统概述

世界性的水危机在某种程度上限制了工业的发展，造成了全球的经济损失，因此世界资源研究所发出警告：“地球上可供生活、农业和工业之用的水资源正在走向极限。”联合国也呼吁：“世界面临水资源缺乏的危机，必须进行一次用水革命。”

水是城市发展必不可少的物质基础之一，水资源的合理布局 and 规划对城市的总体规划起着决定性的作用。水资源的多少决定着城市规模的发展，同时决定着城市经济的发展，缺水已经给社会敲响了警钟，也给某些城市带来了危机，不仅限制了城市总体规模的发展，而且也阻碍了城市的经济发展，因此，必须合理开发并充分利用现有的水资源。

### 1.1.1 水资源的价值观

随着水资源危机在全球的蔓延，水资源在少水地区的绝对短缺和丰水地区的相对水质性短缺，迫使人们对水资源价值重新认识。水资源价值量核算是自然资源核算的重要部分。经济学中的地租理论构成水资源价值的理论基础，即表明水资源必须有偿使用。这在观念领域是一次革命，在一定程度上可以遏制水资源浪费的势头，为水资源持续开发与利用、水资源的科学管理提供了依据。

#### 1.1.1.1 水资源价值时空性

水资源价值受自然、社会和经济等多方面因素的影响，而这些因素随时间和空间的不同而有所差异。空间变化为区际性横向差异，是地域分布规律在各影响因素中的具体表现；时间变化表现在随着时间的推移，影响因素发生变化而引起的纵向差异。就时间变化而言，在间隔不长的情况下，各因素的变化是相对的，水资源价值也相对稳定，这是水资源价值核算基准年选择的出发点。时间和空间变化构成了水资源价值的时空特点。

#### 1.1.1.2 水资源价值理论模型

随着研究的深入和不同学科研究者的积极参与，使水资源价值理论不仅局限于在经济领域发展，而且走向多元化。同时，水资源价值方面的理论日益增多和完善。为解决地租理论在实际计算中的困难，不同学者相继提出各种方法和理论模型。例如，替代措施法，以“再生产”费用为基础核定水资源价格，即将对水资源的投入（如污染治理费用等）作为水资源价值量的基础；或将水资源按用途（包括港湾、航运、生活用水、工业用水等）依据不同的模式分门别类进行核算；或根据水资源的形式，对地表水和地下水分别进行核算等。这些方法的共同特点是使水资源价值量核算尽可能趋于合理可行。

水资源价值核算是经济学理论基础和数学模型的综合应用。目前水资源价值研究模型很多，主要有影子价格模型、边际成本价格模型、供求定价模型、模糊数学模型，等等。这些模型是经济学理论在水资源管理科学应用上的延伸，是水资源价值核算在从不同角度的探索，在原理和适应性方面都各有其实用的优点和局限性。

#### 1.1.1.3 影响水资源价值的因素

影响水资源价值的因素主要包括自然因素、经济因素和社会因素等。而自然因素是决定

水资源的重要因素之一，主要指水资源的水质、水量两个指标；社会因素中地区人口状况是主要影响指标，由于人口绝对数量变化幅度不大，而人口密度在区域分布上变化相对较大且能正确反映用水人口状况，因此可选用后者作为评价指标；经济因素影响到用水的发展规模及开发利用方式、居民的支付能力等。

### 1.1.2 水资源可持续性发展观

所谓“可持续性发展”是指既符合当代人类利益，又不损害未来人类利益的发展模式。可持续性是一种经济的、环境的、生态的、社会的和物质的目的和目标变量的函数，水资源管理是一个多学科、多人参与的决策过程，可持续性水资源系统是完全根据社会发展目标，考虑现在和将来的利益来设计和管理的，以维持其生态、环境和水文学等方面的完整和统一。

显然，人们应该通过保护或增强当前自然环境资源和生态系统去增加未来的利益，但在时间和空间尺度上，对于可再生资源 and 不可再生资源是不同的。为了可持续性发展，对于不可再生资源一味去保护而只是为了未来使用，这将意味着人们将永远不能利用这些资源，这是可持续性定义的广义性的焦点，但这并不能阻止人们去努力实现更高级的水资源系统管理。在这个努力过程中，人们现在可以开发利用一部分不可再生的资源，而留一部分给后代使用；对于可再生水资源，为了达到更高级的可持续性水资源管理系统，必须保护和增加可再生能力，以产生所需的水量和水质，而不破坏人们赖以生存的环境和生态系统。

世界上的万物都处在变化之中，变化是永恒的。就水资源系统来讲，这些变化必将影响其物质的、生态的、社会的等各种因素。在规划、设计和管理一个水资源系统时，最基本的是参照这些变化，根据实际地质、地貌、科技新技术以及社会等因素，去改变自然系统、工程设施、水的需求等。水资源管理系统的社会因素的改变，必须引起人们思想和行动的变化，可持续性要求公众和私人的行为准则也随之发生变化。

水资源是人类赖以生存的自然资源之一，是人类社会可持续性发展的限制因素。目前，对水资源数量与质量的规划、设计、使用与管理等问题的研究，已引起了全世界各国的关注，对水资源系统进行可持续性管理是社会进步和发展的必由之路。

根据《中国 21 世纪议程》，我国 21 世纪水资源保护和可持续利用的总体目标是：积极开发利用水资源和实施全面节约用水，以缓解目前存在的城市和农村严重缺水危机，使水资源的开发利用获得最大的经济、社会和环境效益，满足社会、经济发展对水量和水质日益增加的需求，同时在维护水资源的水文、生物或化学等方面的自然功能以及维护和改善生态环境的前提下，合理、充分地利用水资源，使经济建设与水资源保护同步发展。这是水资源可持续发展的指导方针，为达到此目标，使水资源的发展与社会和城市的发展相协调，需制定水资源开发利用和管理的长期战略性策略。因地制宜地建立起节水型城市和节水型工农业体系；有效地控制洪水并规划、设计与管理好各水域系统；合理利用海水资源；采用新技术高效用水；控制水资源污染，实施污水资源化，并逐步提高污水回用率；在统一协调区域用水的基础上，实施跨流域调水，合理调配水资源；加强水资源的保护等。

我国是一个干旱缺水严重的国家。淡水资源总量为 28000 亿立方米，占全球水资源的 6%，仅次于巴西、俄罗斯和加拿大，居世界第四位，但人均只有 2300 立方米，仅为世界平均水平的 1/4、美国的 1/5，在世界上名列 121 位，是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一。扣除难以利用的洪水径流和散布在偏远地区的地下水资源后，我国现实可利用的淡水资源量则更少，仅为 11000 亿立方米左右，人均可利用水资源量约为 900 立方米，并且其分布极不均衡。



从地区分布而言,我国地下水资源是东南多,西北少,由东南沿海向西北内陆递减。我国约有 45% 国土年降水深处于 400mm 以下,属于旱少水地区。我国沿海地区与内蒙古、宁夏等地区相比,年降水量相差达 8 倍以上,年径流深相差达 90 倍之多。可见,我国地表水资源地区分布是极其不均衡的。要从根本上改变我国北方水资源紧缺状况,现已提出跨流域调水,以实现水资源在地区上的再分配,但任务将是艰巨的。

从时程分布而言,我国地表水资源的时程分布也不均匀。地表水资源的时程分布主要是由降水季度(月份)决定的。在我国的东北、华北、西北和西南地区,降水量一般集中在每年的 6~9 月份,正常年份其降水量占总降水量的 70%~80%;而 12~2 月份,降水却极少,气候干旱。

我国地表水资源在时程上这种分布极不均匀性,不仅会造成频繁的水灾、旱灾,而且对地表水资源的开发利用是十分不利的,同时还会加剧缺水地区的用水困难。到 20 世纪末,全国 600 多座城市中,已有 400 多个城市存在供水不足问题,其中比较严重的缺水城市达 110 个,全国城市缺水总量为 60 亿立方米。

有关部门预测,2030 年中国人口将达到 16 亿,届时人均水资源量仅有 1750 立方米。在充分考虑节水情况下,预计用水总量为 7000 亿至 8000 亿立方米,要求供水能力比现在增长 1300 亿至 2300 亿立方米,全国实际可利用水资源量接近合理利用水量上限,水资源开发难度极大。

20 世纪 80 年代以来,我国地表饮用水源污染问题日益严重。我国水资源短缺已引起各方高度重视,而水源水质污染严重有可能危及城市给水安全,更应引起国家有关部门的密切注视和高度关注。过去因为水源比较清洁,污染较小,给水工作者主要的任务是去除水中浊度与细菌病毒,但经过几十年的发展,水源已受到各种各样不同程度的污染。

目前水源水质污染主要是有机物污染,内分泌干扰物、污染汽油中添加剂的替代物、藻毒素、抗生素和纳米材料等有机污染物以及微生物污染等。

有机物的人工合成方便了人们的生活、促进了社会发展,但由于生产、使用与废弃等过程不当,已经对环境造成了污染,引发环境安全危机。它们通过食物链又进入人体,对人类产生种种危害与潜在威胁。

美国环境保护署提出的水体中 129 种应优先控制污染物名单(俗称“黑名单”)中,有 114 种为有机污染物。我国也曾提出适合国情的“黑名单”,包括 14 类 68 种,其中有机物为 58 种。应优先控制有机物中均包括了挥发性卤代烃,其中三氯甲烷、溴仿等物质是消毒副产物,而多氯联苯、氯丹、二噁英、氯酚、邻苯二甲酸酯、部分杀虫剂等是内分泌干扰物或是可疑的内分泌干扰物。

内分泌干扰物一般具有类似于激素的结构或功能,可以模拟激素的作用与受体相结合,从而干扰生物体的正常生理功能。其危害主要表现在干扰生殖系统功能和生物体正常发育,生殖机能下降或出现异常生理现象;干扰免疫系统正常功能,降低生物体的免疫力,具有致癌性,容易诱发肿瘤;干扰神经系统正常功能与发育,损害神经系统,导致行为失控等反常现象。内分泌干扰物质主要是农药、除草剂、灭菌剂、涂料、塑料增固剂等。

有研究表明:内分泌干扰物污染在野生动物方面已经导致海豹、海豚、秃鹰、银鸥、短吻鳄、水貂等多种动物大量死亡;一些鸟类种群减少,生殖力下降,卵壳变薄、孵化率降低、胚胎发育过程中出现变态,雄性生殖腺雌性化。

在野生动物中呈现的问题已经逐渐在人类群体中出现,如婴儿先天性畸形增多,新生儿免疫力下降,儿童性成熟提前,生殖系统癌变病例增加等。近年来调查显示,我国已婚人群中不孕不育的比例呈上升趋势,部分地区的调查数据显示,目前已婚人群不孕不育的比例

达到了7%~10%。

近年来,全国不少地方的生殖医学专家认为,由于环境污染日益严峻,环境内分泌干扰物中大量的环境雌激素已严重威胁男性生殖健康,环境内分泌干扰物已成为男性健康的新杀手。内分泌干扰物对人类今后的生存和繁衍形成巨大的威胁。

我国绝大多数湖泊、水库都遭受不同程度污染,水中氮、磷含量增多,富营养化严重,致使藻类疯长。一些藻类能产生毒素,其中微囊藻毒素最为多见,可引起急性肝中毒,有极强促进肝癌形成作用。我国已将藻毒素中的一种微囊藻毒素-LR的上限定为 $1\mu\text{g/L}$ 。

含氟水的长期饮用也对人体健康造成了很大的伤害。氟本身是一种原生质的毒物,进入体内后就会破坏细胞壁,影响到体内很多酶的活性。氟进入体内后使得钙过量地在血管上沉积,造成血管钙化,引起动脉硬化。地方性氟中毒是因为人们生活在这种高氟环境中,长期过量摄入氟引起机体慢性中毒的改变,主要影响人体的硬组织,包括牙齿、骨骼,对其他一些软组织也有损伤,当然临床表现最明显的还是氟斑牙和氟骨症。氟对于牙齿的损伤不仅仅是影响美观,而且会影响到咀嚼和消化功能。氟骨症一般多发于成年人,当然儿童也有发生氟骨症的。氟骨症最早的改变从临床检查上来看包括骨骼弯曲,比如胳膊伸不开等,影响生活和劳动。地方性氟中毒危害是很大的,不仅给患者带来痛苦,而且影响到了当地经济发展。

另外,水中抗生素问题以及纳米材料的广泛使用,都可能给人体健康造成潜在威胁。随着科技的发展,分析仪器的灵敏度提高,微生物检测鉴定技术的进步,将会不断发现新的致病微生物种类,如20世纪发现的军团菌、隐孢子虫、蓝氏贾第鞭毛虫等。对于不同种类的微生物需要的消毒条件不尽相同,不同的消毒剂其剂量与消毒时间有较大差异,如在目前水厂消毒条件下,加氯就很难杀灭隐孢子虫与蓝氏贾第鞭毛虫。

我国城市供水水源地面临的主要问题为:总体管理状况较差,很多水源地没有按照有关法律法规的要求进行保护区的划定和制定相应的管理措施;很多大型湖库型水源地存在较严重的水质问题,水质跟踪监测能力较差;较多水源地水质受到流域内农业活动的影响,尤其是农药和化肥的使用;很多受污染的水源地污染因子为氨氮,而且大肠杆菌超标。

## 1.2 水源种类与水质

### 1.2.1 地下水

地下水指埋藏在地下孔隙、裂隙、溶洞等含水介质中储存运移的水体。地下水按埋藏条件可分为包气带水、潜水、承压水等,其中在城市中多开采潜水。地下水具有水质清洁,水温稳定,分布面广等特点。但地下水的矿化度和硬度较高,一些地区可能出现矿化度很高或其他物质(如铁、锰、氯化物、硫酸盐等)的含量较高的情况。地下水是城市的主要水源,若水质符合要求,一般都优先考虑。但必须认真地进行水文地质勘察,以保证对地下水的合理开发。

为保护和合理开发地下水资源,防止和控制地下水污染,保障人民身体健康,促进经济建设,我国制定了国家地下水水质标准(GB/T 14848—93),此标准是地下水勘查评价、开发利用和监督管理的依据。标准中依据我国地下水水质现状、人体健康基准值及地下水质量保护目标,并参照了生活饮用水、工业、农业用水水质最高要求,将地下水质量划分为五类:Ⅰ类,主要反映地下水化学组分的天然低背景含量,适用于各种用途;Ⅱ类,主要反映地下水化学组分的天然背景含量,适用于各种用途;Ⅲ类,以人体健康基准值为依据,主要适用于集中式生活饮用水水源及工、农业用水;Ⅳ类,以农业和工业用水要求为依据,除适

用于农业和部分工业用水外,适当处理后可作生活饮用水;V类,不宜饮用,其他用水可根据使用目的选用。表 1-1 为地下水质量分类指标。

表 1-1 地下水质量分类指标

项目序号	类别、标准值、项目	I类	II类	III类	IV类	V类
1	色(度)	≤5	≤5	≤15	≤25	>25
2	嗅和味	无	无	无	无	有
3	浑浊度(度)	≤3	≤3	≤3	≤10	>10
4	肉眼可见物	无	无	无	无	有
5	pH 值		6.5~8.5		5.5~6.5 8.5~9	<5.5, >9
6	总硬度(以 CaCO <sub>3</sub> 计)/(mg/L)	≤150	≤300	≤450	≤550	>550
7	溶解性总固体/(mg/L)	≤300	≤500	≤1000	≤2000	>2000
8	硫酸盐/(mg/L)	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
9	氯化物/(mg/L)	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
10	铁(Fe)/(mg/L)	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤1.5	>1.5
11	锰(Mn)/(mg/L)	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1.0	>1.0
12	铜(Cu)/(mg/L)	≤0.01	≤0.05	≤1.0	≤1.5	>1.5
13	锌(Zn)/(mg/L)	≤0.05	≤0.5	≤1.0	≤5.0	>5.0
14	钼(Mo)/(mg/L)	≤0.001	≤0.01	≤0.1	≤0.5	>0.5
15	钴(Co)/(mg/L)	≤0.005	≤0.05	≤0.05	≤1.0	>1.0
16	挥发性酚类(以苯酚计)/(mg/L)	≤0.001	≤0.001	≤0.002	≤0.01	>0.01
17	阴离子合成洗涤剂/(mg/L)	不得检出	≤0.1	≤0.3	≤0.3	>0.3
18	高锰酸盐指数/(mg/L)	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤10	>10
19	硝酸盐(以 N 计)/(mg/L)	≤2.0	≤5.0	≤20	≤30	>30
20	亚硝酸盐(以 N 计)/(mg/L)	≤0.001	≤0.01	≤0.02	≤0.1	>0.1
21	氨氮(NH <sub>4</sub> )/(mg/L)	≤0.02	≤0.02	≤0.2	≤0.5	>0.5
22	氟化物/(mg/L)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤2.0	>2.0
23	碘化物/(mg/L)	≤0.1	≤0.1	≤0.2	≤1.0	>1.0
24	氰化物/(mg/L)	≤0.001	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
25	汞(Hg)/(mg/L)	≤0.00005	≤0.0005	≤0.001	≤0.001	>0.001
26	砷(As)/(mg/L)	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.05	>0.05
27	硒(Se)/(mg/L)	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.1	>0.1
28	镉(Cd)/(mg/L)	≤0.0001	≤0.001	≤0.01	≤0.01	>0.01
29	铬(六价)(Cr <sup>6+</sup> )/(mg/L)	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
30	铅(Pb)/(mg/L)	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
31	铍(Be)/(mg/L)	≤0.00002	≤0.0001	≤0.0002	≤0.001	>0.001
32	钡(Ba)/(mg/L)	≤0.01	≤0.1	≤1.0	≤4.0	>4.0
33	镍(Ni)/(mg/L)	≤0.005	≤0.05	≤0.05	≤0.1	>0.1
34	滴滴滴/(μg/L)	不得检出	≤0.005	≤1.0	≤1.0	>1.0
35	六六六/(μg/L)	≤0.005	≤0.05	≤5.0	≤5.0	>5.0
36	总大肠菌群/(个/L)	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤100	>100
37	细菌总数/(个/L)	≤100	≤100	≤100	≤1000	>1000
38	总 α 放射性/(Bq/L)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	>0.1	>0.1
39	总 β 放射性/(Bq/L)	≤0.1	≤1.0	≤1.0	>1.0	>1.0

### 1.2.2 地表水

地表水主要指江河、湖泊、蓄水库等。地表水源由于受地面各种因素的影响,具有浑浊度高、水温变幅大、易受工农业污染、季节性变化明显等特点,但地表径量大、矿化度和硬度低、含铁锰量低。采用地表水源时,在地形、地质、水文、人防、卫生防护等方面较复

杂，并且水处理工艺完备，所以投资和运行费用较大。地表水源水量充沛，常能满足大量用水的需要，是城市给水水源的主要选择。

但近些年来地表水承受的污染越来越严重，水质状况不容乐观，使给水处理的工艺越来越复杂，工程的投资增大，处理费用也随之提高，为此，国家也采取了多种措施并加大了地表水的保护，同时制定了相应的国家标准进行规范和分类、监督与评价。

### 1.2.3 海水

海水含盐量很高，淡化比较困难。但由于水资源缺乏，世界上许多沿海国家开始开发利用海水。海水作为水源一般用在工业用水和生活杂用水方面，如工业冷却、除尘、冲灰、洗涤、消防、冲厕等。也有对海水进行淡化处理，作为生产工艺用水和饮用水。海水腐蚀和海生物附着会对管道和设备造成危害，但这一问题从技术上和经济上都可以得到合理解决。

### 1.2.4 其他水源

微咸水主要埋藏在较深层的含水层中，多分布在沿海地区。微咸水的含氯量只有海水的1/10。微咸水的水量充沛，比较稳定；水质因地而异，有一定变化。微咸水可作为农用灌溉、渔业、工业用水等。

再生水是指经过处理后回用的工业废水和生活污水。城市污水量大，再生水具有就近可取、水量受季节影响小、基建投资和成本比远距离输水低等优点。城市污水处理后，可以用在许多方面，如农业灌溉、工业生产、城市生活杂用、地下回灌、水景用水、消防用水、渔业养殖，甚至饮用水等。再生水的利用应充分考虑对人体健康和环境质量的影响，按照一定的水质标准处理和使用。

暴雨洪水通常在干旱地区出现时间集中，不能为农田和城市充分利用，且短时间的大量积水，危害城市安全。暴雨洪水一般被城市管道收集后，经河道排入大海，成为弃水。但在缺水地区修建一定的水利工程，形成雨水储留系统，一方面可以减少水淹之害，另一方面可以作为城市水源。

天然水是自来水厂的原料，因此从水量和水质两方面选好水源对保证给水是很重要的。随着我国社会主义建设的飞速发展，对水的需要量越来越大。虽然我国是水资源丰富的国家，但有些地区仍有水源不足甚至缺少水源的情况，所以必须爱护水源，合理地利用水源。

地面水（如江、河、湖、海）和地下水（如潜水、承压水、泉水等）是人类使用的两大水源。自来水关系到人体健康以及工农业生产的正常运行，必须选用水质良好、水量充沛且便于保护的水源。还应结合本地区内工农业河航运情况，全面考虑，统筹兼顾。原则上，符合卫生要求的地下水，应首先作为生活饮用水源。

我国北方地区地面水比较缺乏，绝大部分城市如北京、石家庄、太原等都用地下水作为主要水源。地下水和地面水相比有它的特点：一般可节省建设投资；水井分散隐蔽，易于保证给水安全；给水规模能大能小，既能集中给水，又能分散给水；一般水质洁净，悬浮杂质少，温度变化也小，但含盐量和硬度较高。作为生活饮用水源，一般说来，地下水水质是比较理想的，但限于地层构造和地下水补给量等因素，有时不能大量取得地下水。某些地方甚至很少或没有地下水。有的地下水埋藏较深，增加抽水费用，从而提高给水成本。使用地下水时，还必须注意过量开采引起的后果，如大面积地基下沉，以及因地下水位下降过多而影响农业用水等。

地面水水量充沛，世界上大多数国家都是以地面水作为主要水源，我国也是以地面水作为主要水源的国家。

地面水的特点是浊度较高，硬度较低，细菌含量高，水质和水温变化大，易受人为污

染。但地面水取用较方便，管理也比较集中，水量能得到保证。不过，地面水的水量随季节而变化，特别是山区河流，洪水期和枯水期的流量有时相差几十倍之多。水位变化也大，有些河流全年高低水位竟达三四十米，使取水工程趋于复杂。

### 1.3 水源选择原则与要点

城市给水水源选择影响到城市总体布局和给水排水工程系统的布置，应进行认真深入的调查、踏勘，结合有关自然条件、水资源勘测、水质监测、水资源规划、水污染控制规划、城市远近期发展规模等进行分析、研究。选择城市给水水源应符合以下原则。

① 水源具有充沛的水量，满足城市近、远期发展的需要。天然河流（无坝取水）的取水量应不大于河流枯水期的可取水量；地下水源的取水量应不大于开采储量。采用地表水源时，必须考虑自天然河道和湖泊中取水的可能性，其次可采用挡河通坝蓄水库水，而后考虑需调节径流的河流。地下水储量有限，一般不适用于用水量很大的情况。

② 水源具有较好的水质。水质良好的水源有利于提高供水水质，可以简化水处理工艺，减少基建投资和降低制水成本。根据《地面水环境质量标准》（GB 3838—2002）把地面水分为 5 级，其中生活饮用水源的水质必须符合标准中的要求。标准中，把水源分为两级。一级水源要求水质良好，地表水只需经简易净化处理（如过滤）、消毒后即可供生活饮用；地下水只需消毒处理。二级水源要求水质受轻度污染，经常规净化处理（如絮凝、沉淀、过滤、消毒等），其水质达到《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—85）。若水质浓度超过二级标准限值的水源，不宜作生活饮用水的水源；若限于条件需加利用时，应采用相应净化工艺处理，达到标准，并经主管部门批准。表 1-2、表 1-3 分别为地表水环境质量标准基本项目和集中式生活饮用水地表水水源地补充项目标准限值。

表 1-2 地表水环境质量标准基本项目标准限值（GB 3838—2002）

mg/L

序号	标准值、分类、项目	I类	II类	III类	IV类	V类
1	水温/℃	人为造成的环境水温变化应限制在周平均最大温升≤1；周平均最大温降≤2				
2	pH值(无量纲)	6~9				
3	溶解氧 ≥	饱和率 90% (或 7.5)	6	5	3	2
4	高锰酸盐指数 ≤	2	4	6	10	15
5	化学需氧量(COD) ≤	15	15	20	30	40
6	五日生化需氧量(BOD <sub>5</sub> ) ≤	3	3	4	6	10
7	氨氮(NH <sub>3</sub> -N) ≤	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
8	总磷(以 P 计) ≤	0.02(湖、 库 0.01)	0.1(湖、 库 0.025)	0.2(湖、 库 0.05)	0.3(湖、 库 0.1)	0.4(湖、 库 0.2)
9	总氮(湖、库以 N 计) ≤	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
10	铜 ≤	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0
11	锌 ≤	0.05	1.0	1.0	2.0	2.0
12	氟化物(以 F 计) ≤	1.0	1.0	1.0	1.54	1.54
13	硒 ≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
14	砷 ≤	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
15	汞 ≤	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001

续表

序号	标准值、分类、项目	I类	II类	III类	IV类	V类
16	镉 ≤	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
17	铬(六价) ≤	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
18	铅 ≤	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
19	氰化物 ≤	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
20	挥发酚 ≤	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
21	石油类 ≤	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
22	阴离子表面活性剂 ≤	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
23	硫化物 ≤	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
24	粪大肠菌群(个/L) ≤	200	2000	10000	20000	40000

表 1-3 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值 (GB 3838—2002) mg/L

序号	项 目	标 准 值	序号	项 目	标 准 值
1	硫酸盐(以 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 计)	250	4	铁	0.3
2	氯化物(以 Cl <sup>-</sup> 计)	250	5	锰	0.1
3	硝酸盐(以 N 计)	10			

对于工业企业生产用水水源的水质要求则随生产性质及生产工艺而定, 参见《工业企业设计卫生标准》(TJ 36—79)。当城市有多种天然水源时, 应首先考虑水质较好的容易净化的水源作为供水水源, 或考虑多水源分质供水。符合卫生要求的地下水, 应优先作为生活饮用水源, 按照开采和卫生条件, 选择地下水源时, 通常按泉水、承压水(或层间水)、潜水的顺序。对于工业企业生产用水量不大或不影响当地生活饮用需要, 也可采用地下水源。

③ 坚持开源节流的方针, 协调与其他经济部门的关系。与水资源利用有关的其他经济部门有农业、水力发电、航运、水产、旅游、排水等, 所以进行给水水源规划时要全面考虑、统筹安排, 做到合理化综合利用各种水源。

④ 水源选择要密切结合城市近、远期规划和发展布局, 从整个给水系统(取水、净水、输配水)的安全和经济来考虑。给水水源的选择对给水系统的布置形式有重要的影响, 应根据技术经济的综合评定认真选择水源。

⑤ 选择水源时还应考虑取水工程本身与其他各种条件, 如当地的水文、水文地质、工程地质、地形、人防、卫生、施工等方面条件。

⑥ 水源选择应考虑防护和管理的要求, 避免水源枯竭和水质污染。

⑦ 保证安全供水。大中城市应考虑多水源分区供水, 小城市也应有远期备用水源。在无多个水源可选时, 结合远期发展, 应设两个以上取水口。

## 1.4 水源保护与管理

水源卫生防护是保证水源水质的重要措施, 在选择水源时就需加以注意。如果水源缺乏必要的防护, 不断受到污染, 那么无论水厂内的净水设备如何完善, 也难以经常保证自来水的品质。水质好的水源如果不加以防护也可能逐步变坏。

城市水源一旦遭受破坏, 很难在短时间内恢复, 将长期影响城市用水供应。所以在开发利用水源时, 应做到利用与保护相结合, 在城市规划中明确保护措施。水源保护应包括水质

和水量两方面。

为了更好地保护水环境,根据不同水质的使用功能,划分水体功能区,从而可以实施不同的水污染控制标准和保护目标。城市规划中,也必须结合水体功能分区进行城市布局。通常根据《地面水环境质量标准》(GB 3838—2002)将水体划分为 5 类,见表 1-2、表 1-3。表 1-4 是地表水域功能分类与水污染防治控制区及污水综合排放标准分级之关系。

表 1-4 地表水域功能分类与水污染防治控制区及污水综合排放标准分级之关系

地表水环境质量标准中水域功能分类		水污染防治控制区	污水综合排放标准的分级
I 类	源头水、国家自然保护区	特殊控制区	禁止排放污水区
II 类	集中式生活饮用水水源地一级保护区、珍贵鱼类保护区、鱼虾产卵场等	特殊控制区	禁止排放污水区
III 类	集中式生活饮用水水源地二级保护区、一级鱼类保护区、游泳区	重点控制区	执行一级标准
IV 类	工业用水区、人体非直接接触的娱乐用水区	一般控制区	执行二级或三级标准(排入城镇生物处理污水处理厂)
V 类	农业用水区、一般景观要求水域	一般控制区	

我国有关法规对给水水源的卫生防护提出了具体要求,城市给水工程系统规划应予执行。

#### 1.4.1 地表水源的卫生防护

在饮用地表水源取水口附近,划定一定的水域和陆域作为饮用地表水源一级保护区。其水质标准不低于《地面水环境质量标准》(GB 3838—88)的 II 类标准。在一级保护区外划定的水域和陆域为二级保护区,其水质不低于 III 类标准。根据需要在二级保护区外划定的水域和陆域为准保护区。各级保护区的卫生防护规定如下。

① 取水点周围半径 100m 的水域内,严禁捕捞、停靠船只、游泳和从事可能污染水源的任何活动,并应设有明显的范围标志。

② 取水点上游 1000m 到下游 100m 的范围内(潮汐河道分不出上、下游时应另行考虑),不得排入工业废水和生活污水;在沿岸防护范围内,不得建造有害的化学品仓库和垃圾、粪便及有毒物品码头,不准用工业废水或生活污水灌溉和施用剧毒农药,不得从事放牧等有可能污染该段水域水质的活动。

供生活饮用的水库和湖泊,应根据不同情况的需要,将取水点周围部分水域或整个水域及其沿岸划为卫生防护地带,并按上述要求执行。

③ 以河流为给水水源的集中式给水,应把取水点上游 1000m 以外的一定范围河段划为水源保护区,严格控制上游污染物排放量。排放污水时应符合《工业企业设计卫生标准》(TJ 36—79)和《地面水环境质量标准》(GB 3838—2002)的有关要求,以保证取水点的水质符合饮用水水源水质要求。

④ 水厂生产区的范围应明确划定,并设立明显标志,在生产区外围不小于 10m 范围内不得设置生活居住区和修建畜禽饲养场、渗水厕所、渗水坑,不得堆放垃圾、粪便、废渣或铺设污水管道,应保持良好的卫生状况和绿化。

单独设立的泵站、沉淀池和清水池的外围不小于 10m 的区域内,其卫生要求与水厂生产区相同。

#### 1.4.2 地下水源的卫生防护

饮用地下水源一级保护区位于开采井的周围,其作用是保证集水有一定滞后时间,以

防止一般病毒的污染。直接影响开采井水质的补给区地段，必要时也可划为一级保护区。二级保护区位于一级保护区外，以保证集水有足够的滞后时间，以防止病原菌以外的其他污染。准保护区位于二级保护区外的主要补给区，以保护水源地的补给水源水量和水质。各级保护区的卫生防护规定如下。

① 取水构筑物的防护范围，应根据水文地质条件、取水构筑物的形式和附近地区的卫生状况进行确定，其防护措施与地面水的水厂生产区要求相同。

② 在单井或井群影响半径范围内，不得使用工业废水或生活污水灌溉和施用有持久性毒性或剧毒的农药，不得修建渗水厕所、渗水坑，堆放废渣或铺设污水管道，并不得从事破坏深层土层的活动。如取水层在水井影响半径内不露出地面或取水层与地面水没有互相补充关系时，可根据具体情况设置较小的防护范围。

③ 在水厂生产区的范围内，应按地面水厂生产区的要求执行。

④ 分散式给水水源的卫生防护地带，以地面水为水源时参照地面水①和②的规定；以地下水为水源时，水井周围 30m 的范围内，不得设置渗水厕所、渗水坑、粪坑、垃圾堆和废渣堆等污染源，并建立卫生检查制度。

有效保护水资源是保证饮用水安全的最根本要素。欧美日等发达国家对水源保护非常重视，通常在水源取水口上、下游建立保护区，环境非常优美，取水口建立自动监测站。

根据我国城市供水水源地的现状，针对所存在和可能出现的问题，应抓紧制定和实施行之有效的水源地保护对策和措施，加强管理机构自身建设；建立健全现有的城市供水水源地的机构和相关的保护法规；加强对水资源保护的投入；加强水源地水质监测，定期向社会发布水质状况公报，提高公众参与意识；理顺部门之间的关系，加强部门的协调与合作，依法加强水资源的统一保护和管理。同时，应当重视水源水体修复技术的研究与应用。

在水厂取水构筑物周围应设置一级保护区，其范围应根据水文地质条件、取水构筑物的形式和附近地区的卫生状况进行确定，其防护措施与地面水的水厂生产区要求相同。

在单井或井群影响半径范围内，不得使用工业废水或生活污水灌溉和施用有持久性毒性或剧毒的农药，不得修建渗水厕所、渗水坑，堆放废渣或铺设污水管道，并不得从事破坏深层土层的活动。如取水层在水井影响半径内不露出地面或取水层与地面水没有互相补充关系时，可根据具体情况设置较小的防护范围。

在水厂生产区的范围内，应按地面水厂生产区的要求执行。

分散式给水水源的卫生防护地带，以地面水为水源时参照地面水①和②的规定；以地下水为水源时，水井周围 30m 的范围内，不得设置渗水厕所、渗水坑、粪坑、垃圾堆和废渣堆等污染源，并建立卫生检查制度。



## 第 2 章 给水系统与水量水质

### 2.1 给水系统

#### 2.1.1 给水系统分类

给水系统是保证城市、工矿企业等用水需要的各项构筑物与输配水管网的组合体，根据系统的性质可分类如下。

① 按水源种类，分为地表水（江河、湖泊、蓄水库、海洋等）和地下水（浅层地下水、深层地下水、泉水）给水系统。

② 按使用目的，分为生活用水、生产用水和消防给水系统。

③ 按服务对象，分为城市给水和工业给水系统；在工业给水中，又分为循环和复用系统。

④ 按供水形式，分为统一供水系统和分系统（分质、分压）供水系统。统一给水系统，即用同一系统供应生活、生产和消防等各种用水。对于城市中个别用水量、水质要求较低的工业用水，可考虑按水质要求分系统（分质）给水。

给水系统由取水构筑物、水处理构筑物、泵站、输水管渠、管网和调节构筑物（例如高地水池、水塔、清水池）等组成，见图 2-1。它的任务是从水源取水，按照用户对水质的要求进行处理，然后将水输送到用水区，并向用户配水。

一般情况下从取水构筑物到二级泵站都属于水厂的范围。当水源远离城市时，需由输水管渠将水源水输送到水处理厂。

给水管网遍布整个给水区，根据管道的功能，可划分为干管和分配管。前者主要用以输水，管径较大；后者用于输水到用户，管径较小。在大型给水管网中，可只计算干管；而在中小型管网中还需计算较小管径、次干管、支管。随着计算机技术的飞速发展及优化算法的改进，计算机处理量越来越大，速度也越来越快，因此，在管网计算时，可不进行管网的简化，而对全部管段进行计算。

以地下水为水源的给水系统，因地下水水质较好，一般可省去水处理构筑物而只需加氯消毒，使水处理系统大为简化，见图 2-2。图中水塔并非必需，也视城市地形特点，设在城市给水管网系统的起端、中间或末端，分别构成网前水塔、网中水塔和对置水塔的给水系统。

图 2-1 和图 2-2 所示的系统都属于统一给水系统。在城市给水中，工业用水量往往占较大的比例，当工业用水的水质和水压要求与生活用水不同时，可根据具体条件，考虑分质、分压等给水系统分系统给水，可以是同一水源，经过不同的水处理过程和管网，将不同水质、不同压力的水供给各类用户；也可以是不同水源，例如地表水经简单沉淀后，供工业生产用水，地下水经消毒后供生活用水等。

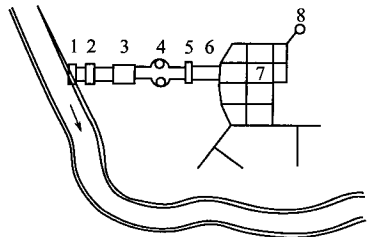


图 2-1 给水系统示意

- 1—取水构筑物；2—一级泵站；3—水处理构筑物；4—清水池；5—二级泵站；6—配水干管；7—管网；8—调节构筑物