

高等学校推荐教材

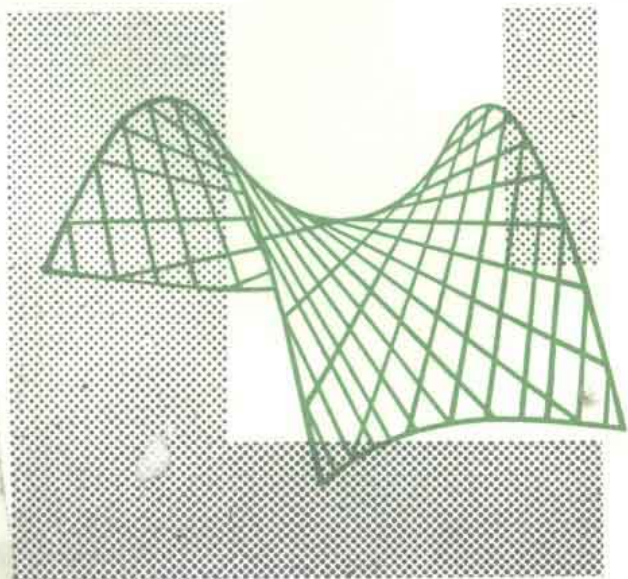
国家级“九五”  
重点教材

# 给水工程

(第四版)

严煦世 范瑾初 主编  
许保玖 主审

● 中国建筑工业出版社



国家级“九五”重点教材

高等学校推荐教材

# 给 水 工 程

(第四版)

|     |     |    |
|-----|-----|----|
| 严煦世 | 范瑾初 | 主编 |
| 许保玖 |     | 主审 |

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

给水工程/严煦世, 范瑾初主编. - 4 版. - 北京: 中国  
建筑工业出版社, 1999  
国家级“九五”重点教材  
高等学校推荐教材  
ISBN 7-112-03878-2

I. 给… II. ①严… ②范… III. 给水工程-高等学校-  
教材 IV. TU991

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 07660 号

**国家级“九五”重点教材**

**高等学校推荐教材**

**给水工程**

**(第四版)**

严煦世 范瑾初 主编

许保玖 主审

\*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京二二〇七工厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 33½ 字数: 812 千字

1999 年 12 月第四版 1999 年 12 月第九次印刷

印数: 113186 - 123185 册 定价: 33.90 元

**ISBN 7-112-03878-2**

TU·3016 (9243)

**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)

《给水工程》为国家级“九五”重点教材。全书共 24 章, 由 5 部分内容组成。第 1 部分为“总论”(第 1 章至第 3 章), 主要内容包括: 给水系统组成、布置; 设计用水量计算; 给水系统各组成部分的流量关系及水压关系等。第 2 部分为“输水和配水工程”(第 4 章至第 10 章), 主要内容包括: 管网和输水管渠的布置; 管段流量、管径和水头损失计算; 管网水力计算; 管网技术经济计算; 分区给水系统的能量分析和设计; 水管材料、配件及管网附属构筑物; 管网的技术管理等。第 3 部分为“取水工程”(第 11 章至第 13 章), 主要内容包括: 水资源及给水水源概述; 地下水取水构筑物; 地表水取水构筑物。第 4 部分为“给水处理”(第 14 章至第 22 章), 主要内容包括: 水质及反应器原理; 混凝; 沉淀和澄清; 过滤; 消毒; 地下水除铁除锰; 水的除氟; 活性炭吸附法去除水中微污染物; 地表水厂设计; 水的软化; 水的除盐和咸水淡化等。第 5 部分为“水的冷却和循环冷却水水质处理”(第 23 章和第 24 章), 主要内容包括: 水的冷却原理和冷却构筑物; 循环冷却水的水质处理。

本书的特点是重视基本理论和基本概念阐述的严谨性, 理论联系实际, 注意吸收国内外给水工程新理论、新技术和新设备, 内容深入浅出, 系统性和逻辑性较强。书中还列有大量例题、习题和思考题, 以帮助读者深入理解书中内容。

本书为高等学校给水排水工程专业教学用书, 也可供从事给水排水及环境工程的设计、施工、管理和研究人员参考。

\* \* \*

责任编辑 俞辉群

## 前 言

《给水工程》自 1980 年第一版发行迄今已整整 20 年。在这 20 年中, 本书历经三次修订再版, 现在第四版又与读者见面了。《给水工程》被列为国家级“九五”重点教材和高等学校推荐教材, 不仅是本书作者的努力结果, 也包括第一版和第二版的主编之一、前辈学者杨钦教授和参与编写的李圭白、赵锡纯、孙立成、朱启光、王训俭、鲁汉珍诸位教授、先生所作的历史贡献。教材质量的提高和完善是逐步的, 也是没有止境的。当本书与读者见面以后, 细阅全书, 一定还会感到又有许多不足和遗憾。

本书是在 1995 年出版的《给水工程》第三版基础上修订的, 包括部分章节的调整和部分内容的增加、删减和更新, 但全书仍保持第三版整体构架和风格。本书在保证基本理论的系统性和完整性的同时, 充分注意吸收国内外给水工程新理论、新技术、新设备和新经验, 力求反映 21 世纪给水工程学科发展趋势和人才培养要求。从 21 世纪我国人才培养要求、教育改革方向和专业调整趋势看, 专业课教学时数将会减少, 给水工程和排水工程学科的内在联系将逐渐增强, 学生业务能力的培养将放在重要地位, 因此, 在教学过程中, 授课教师可根据新的教学计划和要求对本教材内容进行酌情取舍。书中所列的思考和习题, 一方面有助于学生理解课文内容, 更重要的也是引导学生深入思考问题, 提高学生分析问题和解决问题的能力。

在本书编写过程中, 得到了给水排水工程学科专业指导委员会、兄弟院校老师和有关专家的指导和帮助, 在此表示衷心感谢。

本书由同济大学严煦世、范瑾初主编, 清华大学许保玖主审。参加编写人员及分工编写的内容如下:

|        |     |                                         |
|--------|-----|-----------------------------------------|
| 同济大学   | 严煦世 | 第 1 章~10 章, 第 19 章                      |
| 同济大学   | 范瑾初 | 第 11 章, 12 章, 第 14 章~18 章, 第 20 章, 24 章 |
| 重庆建筑大学 | 刘荣光 | 第 13 章                                  |
| 兰州铁道学院 | 王乃忠 | 第 21 章, 22 章                            |
| 天津大学   | 安鼎年 | 第 23 章                                  |

# 目 录

## 给水系统总论

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 给水系统 .....      | 1  |
| 1.1 给水系统分类 .....      | 1  |
| 1.2 给水系统的组成和布置 .....  | 1  |
| 1.3 影响给水系统布置的因素 ..... | 3  |
| 1.4 工业给水系统 .....      | 5  |
| 第 2 章 设计用水量 .....     | 10 |
| 2.1 用水量定额 .....       | 10 |
| 2.2 用水量变化 .....       | 12 |
| 2.3 用水量计算 .....       | 13 |
| 第 3 章 给水系统的工作情况 ..... | 15 |
| 3.1 给水系统的流量关系 .....   | 15 |
| 3.2 水塔和清水池的容积计算 ..... | 17 |
| 3.3 给水系统的水压关系 .....   | 19 |

## 输水和配水工程

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 4 章 管网和输水管渠布置 .....    | 23 |
| 4.1 管网布置形式 .....         | 23 |
| 4.2 管网定线 .....           | 24 |
| 4.3 输水管渠定线 .....         | 26 |
| 第 5 章 管段流量、管径和水头损失 ..... | 29 |
| 5.1 管网计算的课题 .....        | 29 |
| 5.2 管网图形及简化 .....        | 29 |
| 5.3 沿线流量和节点流量 .....      | 31 |
| 5.4 管段计算流量 .....         | 34 |
| 5.5 管径计算 .....           | 36 |
| 5.6 水头损失计算 .....         | 38 |
| 5.7 管网计算基础方程 .....       | 42 |
| 5.8 管网计算方法分类 .....       | 44 |
| 第 6 章 管网水力计算 .....       | 46 |
| 6.1 树状网计算 .....          | 46 |
| 6.2 环状网计算原理 .....        | 49 |
| 6.3 环状网计算 .....          | 53 |
| 6.4 输水管渠计算 .....         | 65 |
| 6.5 应用计算机解管网问题 .....     | 69 |
| 第 7 章 管网技术经济计算 .....     | 78 |
| 7.1 管网年费用折算值 .....       | 78 |
| 7.2 输水管的技术经济计算 .....     | 81 |

|      |               |     |
|------|---------------|-----|
| 7.3  | 管网技术经济计算      | 85  |
| 7.4  | 近似优化计算        | 90  |
| 第8章  | 分区给水系统        | 93  |
| 8.1  | 概述            | 93  |
| 8.2  | 分区给水的能量分析     | 94  |
| 8.3  | 分区给水系统的设计     | 99  |
| 第9章  | 水管、管网附件和附属构筑物 | 101 |
| 9.1  | 水管材料和配件       | 101 |
| 9.2  | 管网附件          | 104 |
| 9.3  | 管网附属构筑物       | 108 |
| 9.4  | 调节构筑物         | 110 |
| 第10章 | 管网的技术管理       | 113 |
| 10.1 | 管网技术资料        | 113 |
| 10.2 | 检漏            | 113 |
| 10.3 | 管网水压和流量测定     | 114 |
| 10.4 | 水管防腐蚀         | 116 |
| 10.5 | 清垢和涂料         | 117 |
| 10.6 | 维持管网水质        | 120 |
| 10.7 | 调度管理          | 120 |

## 取 水 工 程

|      |                |     |
|------|----------------|-----|
| 第11章 | 取水工程概论         | 123 |
| 11.1 | 水资源概述及取水工程任务   | 123 |
| 11.2 | 给水水源           | 125 |
| 第12章 | 地下水取水构筑物       | 130 |
| 12.1 | 地下水源概述和取水构筑物分类 | 130 |
| 12.2 | 管井构造、施工和管理     | 131 |
| 12.3 | 管井的设计与水力计算     | 145 |
| 12.4 | 井群互阻计算及分段取水井组  | 159 |
| 12.5 | 大口井、辐射井和复合井    | 167 |
| 12.6 | 渗渠             | 179 |
| 第13章 | 地表水取水构筑物       | 186 |
| 13.1 | 江河特征与取水构筑物的关系  | 186 |
| 13.2 | 江河取水构筑物位置的选择   | 191 |
| 13.3 | 江河固定式取水构筑物     | 194 |
| 13.4 | 江河移动式取水构筑物     | 217 |
| 13.5 | 湖泊和水库取水构筑物     | 223 |
| 13.6 | 山区浅水河流取水构筑物    | 225 |
| 13.7 | 海水取水构筑物        | 229 |

## 给 水 处 理

|      |          |     |
|------|----------|-----|
| 第14章 | 给水处理概论   | 233 |
| 14.1 | 水源水质     | 233 |
| 14.2 | 水质标准     | 237 |
| 14.3 | 给水处理方法概述 | 241 |
| 14.4 | 反应器      | 243 |

|        |                      |     |
|--------|----------------------|-----|
| 第 15 章 | 混凝 .....             | 254 |
| 15.1   | 混凝机理 .....           | 254 |
| 15.2   | 混凝剂和助凝剂 .....        | 260 |
| 15.3   | 混凝动力学 .....          | 264 |
| 15.4   | 影响混凝效果主要因素 .....     | 270 |
| 15.5   | 混凝剂的配制和投加 .....      | 272 |
| 15.6   | 混合和絮凝设备 .....        | 276 |
| 第 16 章 | 沉淀和澄清 .....          | 288 |
| 16.1   | 悬浮颗粒在静水中的沉淀 .....    | 288 |
| 16.2   | 平流式沉淀池 .....         | 292 |
| 16.3   | 斜板与斜管沉淀池 .....       | 304 |
| 16.4   | 澄清池 .....            | 307 |
| 第 17 章 | 过滤 .....             | 315 |
| 17.1   | 过滤概述 .....           | 315 |
| 17.2   | 过滤理论 .....           | 316 |
| 17.3   | 滤料和承托层 .....         | 324 |
| 17.4   | 滤池冲洗 .....           | 329 |
| 17.5   | 普通快滤池 .....          | 345 |
| 17.6   | 无阀滤池 .....           | 348 |
| 17.7   | 其它形式滤池 .....         | 351 |
| 第 18 章 | 消毒 .....             | 360 |
| 18.1   | 氯消毒 .....            | 360 |
| 18.2   | 其它消毒法 .....          | 364 |
| 第 19 章 | 水的其它处理方法 .....       | 369 |
| 19.1   | 地下水除铁除锰 .....        | 369 |
| 19.2   | 活性炭吸附 .....          | 375 |
| 19.3   | 水的除氟 .....           | 380 |
| 第 20 章 | 水厂设计 .....           | 383 |
| 20.1   | 设计步骤、要求和设计原则 .....   | 383 |
| 20.2   | 厂址选择 .....           | 384 |
| 20.3   | 水厂工艺流程和处理构筑物选择 ..... | 385 |
| 20.4   | 水厂平面和高程布置 .....      | 387 |
| 20.5   | 水厂生产过程检测和自动控制 .....  | 389 |
| 第 21 章 | 水的软化 .....           | 392 |
| 21.1   | 软化的目的与方法概述 .....     | 392 |
| 21.2   | 水的药剂软化法 .....        | 395 |
| 21.3   | 离子交换基本原理 .....       | 397 |
| 21.4   | 离子交换软化方法与系统 .....    | 404 |
| 第 22 章 | 水的除盐与咸水淡化 .....      | 421 |
| 22.1   | 概述 .....             | 421 |
| 22.2   | 离子交换除盐方法与系统 .....    | 423 |
| 22.3   | 电渗析法 .....           | 432 |
| 22.4   | 反渗透与超滤 .....         | 442 |
| 22.5   | 蒸馏法 .....            | 453 |

### 水的冷却和循环冷却水水质处理

|        |            |     |
|--------|------------|-----|
| 第 23 章 | 水的冷却 ..... | 457 |
|--------|------------|-----|

|          |                             |     |
|----------|-----------------------------|-----|
| 23.1     | 冷却构筑物类型 .....               | 457 |
| 23.2     | 冷却塔的工艺构造 .....              | 460 |
| 23.3     | 水冷却的理论基础 .....              | 472 |
| 23.4     | 冷却塔的热力计算基本方程 .....          | 480 |
| 23.5     | 冷却塔的设计与计算 .....             | 497 |
| 第 24 章   | 循环冷却水水质处理 .....             | 511 |
| 24.1     | 循环冷却水水质特点和处理要求 .....        | 511 |
| 24.2     | 循环冷却水处理 .....               | 515 |
| 附录       | .....                       | 522 |
| 附表 1 (a) | 居民生活用水定额 (L/ (cap·d)) ..... | 522 |
| 附表 1 (b) | 综合生活用水定额 (L/ (cap·d)) ..... | 522 |
| 附表 2     | 工业企业内工作人员淋浴用水量 .....        | 522 |
| 附表 3     | 城镇、居住区室外消防用水量 .....         | 523 |
| 附表 4     | 工厂、仓库和民用建筑同时发生火灾次数 .....    | 523 |
| 附表 5     | 建筑物的室外消火栓 .....             | 523 |
| 附表 6     | 地面水环境质量标准 .....             | 524 |
| 主要参考书目   | .....                       | 526 |

# 给水系统总论

## 第1章 给 水 系 统

### 1.1 给水系统分类

给水系统是保证城市、工矿企业等用水的各项构筑物和输配水管网组成的系统。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、泉水等）给水系统；

(2) 按供水方式，分为自流系统（重力供水）、水泵供水系统（压力供水）和混合供水系统。

(3) 按使用目的，分为生活用水、生产给水和消防给水系统；

(4) 按服务对象，分为城市给水和工业给水系统；在工业给水中，又分为循环系统和复用系统。

水在人们生活和生产活动中占有重要地位。在现代化工业企业中，为了生产上的需要以及改善劳动条件，水更是必不可少，缺水将会直接影响工业产值和国民经济发展的速度。因此，给水工程成为城市和工矿企业的一个重要基础设施，必须保证以足够的水量、合格的水质、充裕的水压供应生活用水、生产用水和其它用水，不但能满足近期的需要，还需兼顾到今后的发展。

### 1.2 给水系统的组成和布置

给水系统由相互联系的一系列构筑物和输配水管网组成。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。

为了完成上述任务，给水系统常由下列工程设施组成：

(1) 取水构筑物，用以从选定的水源（包括地表水和地下水）取水。

(2) 水处理构筑物，是将取水构筑物的来水进行处理，以期符合用户对水质的要求。这些构筑物常集中布置在水厂范围内。

(3) 泵站，用以将所需水量提升到要求的高度，可分抽取原水的一级泵站、输送清水的二级泵站和设于管网中的增压泵站等。

(4) 输水管渠和管网，输水管渠是将原水送到水厂的管渠，管网则是将处理后的水送到各个给水区的全部管道。

(5) 调节构筑物，它包括各种类型的贮水构筑物，例如高地水池、水塔、清水池等，用以贮存和调节水量。高地水池和水塔兼有保证水压的作用。大城市通常不用水塔。中小城市或企业为了贮备水量和保证水压，常设置水塔。根据城市地形特点，水塔可设在管网

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。

泵站、输水管渠、管网和调节构筑物等总称为输配水系统，从给水系统整体来说，它是投资最大的子系统。

图 1-1 表示以地表水为水源的给水系统。相应的工程设施为：取水构筑物 1 从江河取水，经一级泵站 2 送往水处理构筑物 3，处理后的清水贮存在清水池 4 中。二级泵站 5 从清水池取水，经管网 6 供应用户。有时，为了调节水量和保持管网的水压，可根据需要建造水库泵站、高地水池或水塔 7。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，须由输水管渠将水源水引到水厂。

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，后者用于配水到用户，管径较小。给水管网设计和计算往往只限于干管。但是干管和分配管的管径并无明确的界限，须视管网规模而定。大管网中的分配管，在小型管网中可能是干管。大城市可略去不计的分配管，在小城市可能不允许略去。

以地下水为水源的给水系统，常凿井取水。因地下水水质良好，一般可省去水处理构筑物而只需加氯消毒，使给水系统大为简化，见图 1-2。图中水塔并非必需，视城市规模大小而定。

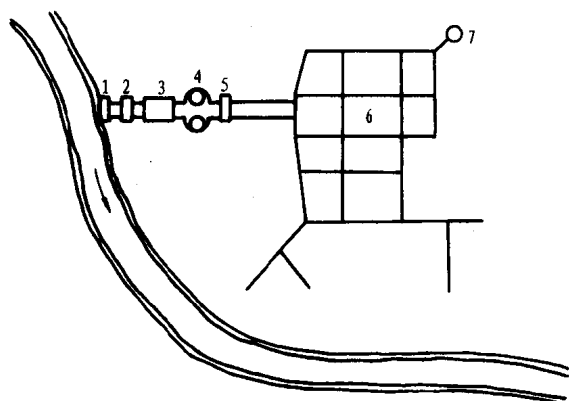


图 1-1 给水系统示意

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—管网；7—调节构筑物

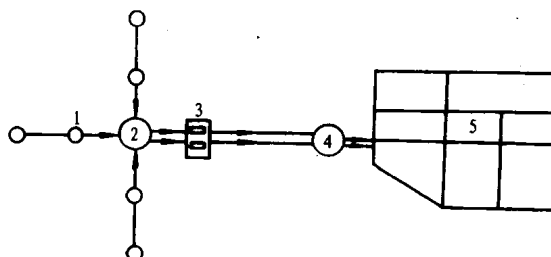


图 1-2 地下水水源的给水系统

1—管井群；2—集水池；3—泵站；  
4—水塔；5—管网

图 1-1 和图 1-2 所示的系统称为统一给水系统，即用同一系统供应生活、生产和消防等各种用水，绝大多数城市采用这一系统。在城市给水中，工业用水量往往占较大的比例，可是工业用水的水质和水压要求却有其特殊性。在工业用水的水质和水压要求与生活用水不同的情况下，有时可根据具体条件，除考虑统一给水系统外，还可考虑分质、分压等给水系统。当然，在小城市，因工业用水量在总供水量中所占比例一般较小，仍可按一种水质和水压统一给水。又如城市内工厂位置分散，用水量又少，即使水质要求和生活用水稍有差别，也可采用统一给水系统。

对城市中个别用水量，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。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，如图

1-3 中虚线所示，地下水经消毒后供生活用水等。

也有因水压要求不同而分系统（分压）给水，如图 1-4 所示的管网，由同一泵站 3 内的不同水泵分别供水到水压要求高的高压管网 4 和水压要求低的低压管网 5，以节约能量消耗。

采用统一给水系统或是分系统给水，要根据地形条件，水源情况，城市和工业企业的规划，水量、水质和水压要求，并考虑原有给水工程设施条件，从全局出发，通过技术经济比较决定。

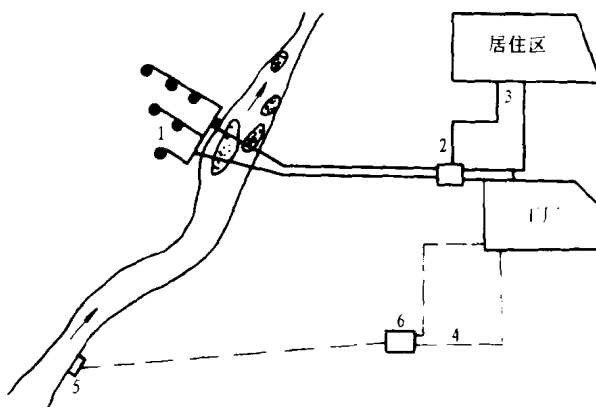


图 1-3 分质给水系统

1—管井；2—泵站；3—生活用水管网；4—生产用水管网；5—取水构筑物；6—工业用水处理构筑物

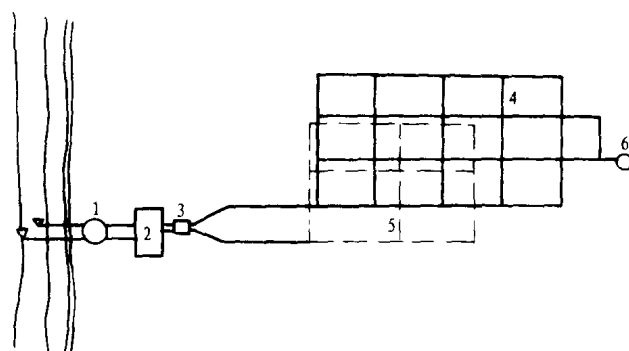


图 1-4 分压给水系统

1—取水构筑物；2—水处理构筑物；3—泵站；4—高压管网；5—低压管网；6—水塔

### 1.3 影响给水系统布置的因素

按照城市规划，水源条件，地形，用户对水量、水质和水压要求等方面的具体情况，给水系统可有多种布置方式。影响给水系统布置的因素分述如下：

#### (1) 城市规划的影响

给水系统的布置，应密切配合城市和工业区的建设规划，做到统盘考虑分期建设，既能及时供应生产、生活和消防用水，又能适应今后发展的需要。

水源选择、给水系统布置和水源卫生防护地带的确定，都应以城市和工业区的建设规划为基础。城市规划与给水系统设计的关系极为密切。例如，根据城市的计划人口数，居住区房屋层数和建筑标准，城市现状资料和气候等自然条件，可得出整个给水工程的设计流量；从工业布局可知生产用水量分布及其要求；根据当地农业灌溉、航运和水利等规划资料，水文和水文地质资料，可以确定水源和取水构筑物的位置；根据城市功能分区，街道位置，用户对水量、水压和水质的要求，可以选定水厂、调节构筑物、泵站和管网的位置。

置；根据城市地形和供水压力可确定管网是否需要分区给水；根据用户对水质要求确定是否需要分质供水等。

## (2) 水源的影响

任何城市，都会因水源种类、水源距给水区的远近、水质条件的不同，影响到给水系统的布置。

给水水源分地下水和地表水两种。地下水源有浅层地下水、深层地下水和泉水等，我国北方地区采用较多。地表水源包括江水、河水、湖泊水、水库水、海水等，在南方比较普遍。

当地如有丰富的地下水，则可在城市上游或就在给水区开凿管井或大口井，井水经消毒后，由泵站加压送入管网，供用户使用。

如水源处于适当的高程，能借重力输水，则可省去一级泵站或二级泵站或同时省去一、二级泵站。城市附近山上有泉水时，建造泉室供水的给水系统最为简单经济。取用蓄水库水时，也有可能利用高程以重力输水，输水能量费用可以节省。

以地表水为水源时，一般从流经城市或工业区的河流上游取水。因地表水多半是浑浊的，并且难免受到污染，如作为生活饮用水必须加以处理。受到污染的水源，水处理过程比较复杂，因而提高给水成本。

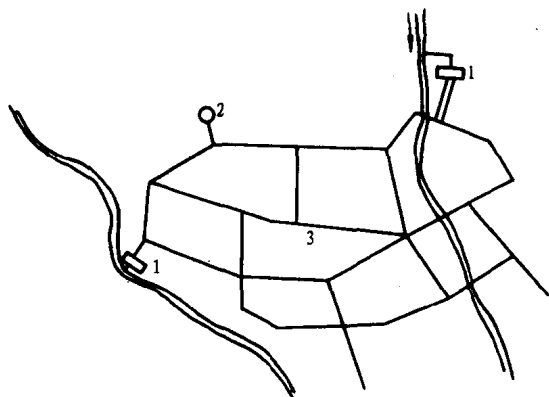


图 1-5 多水源给水系统  
1—水厂；2—水塔；3—管网

城市附近的水源丰富时，往往随着用水量的增长而逐步发展成为多水源给水系统，从不同部位向管网供水，见图 1-5。它可以从几条河流取水，或从一条河流的不同位置取水，或同时取地表水和地下水，或取不同地层的地下水等。我国许多大中城市，如北京、上海、天津等，都是多水源的给水系统。这种系统的优点是便于分期发展，供水比较可靠，管网内水压比较均匀。显然，随着水源的增多，设备和管理工作相应增加，但与单一水源相比，通常仍较为经济合理。

随着国民经济的发展，用水量越来越大。但是由于某些地区的河道，在枯水季节河水量锐减甚至断流，多数江河受到污染，有些城市的地下水水位不同程度的下降，某些沿海城市受到海水倒灌的影响等，以致城市或工矿企业因就近缺乏水质较好、水量充沛的水源，必须采用跨流域、远距离取水方式来解决给水问题。例如天津引滦工程、北京第九水厂供水工程、大连引碧工程、青岛引黄济青工程、西安黑河引水工程、上海黄浦江上游引水工程、秦皇岛引水工程等 10km 以上的远距离取水工程共计有 100 多项。这些工程技术相当复杂，投资也很大。

## (3) 地形的影响

地形条件对给水系统的布置有很大影响。中小城市如地形比较平坦，而工业用水量小、对水压又无特殊要求时，可用统一给水系统。大中城市被河流分隔时，两岸工业和居民用水一般先分别供给，自成给水系统，随着城市的发展，再考虑将两岸管网相互沟通，成为多水源的给水系统。取用地下水时，可能考虑到就近凿井取水的原则，而采用分地区

供水的系统。例如图 1-6 的给水系统布置，在东、西郊开采地下水，经消毒后由泵站分别就近供水给居民和工业，这种布置投资节省，并且便于分期建设。

地形起伏较大的城市，可采用分区给水或局部加压的给水系统。因给水区地形高差很大或管网延伸很远而分区的给水系统见图 1-7。整个给水系统按水压分成高低两区，它比统一给水系统可以降低管网的供水水压和减少动力费用。分区给水布置方式可分成并联分区，即高低两区由同一泵站分别单独供水；另一种方式是串联分区，即高区泵站从低区取水，然后向高区供水，见图 1-7。

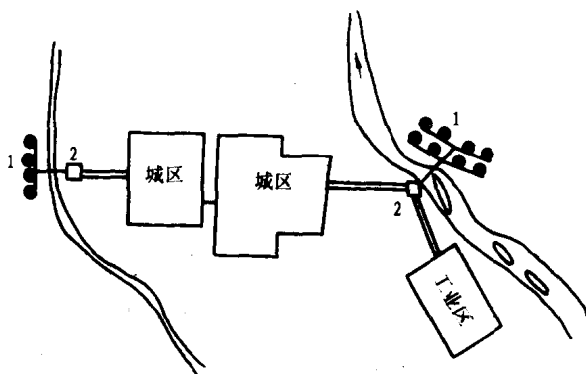


图 1-6 分地区给水系统

1—井群；2—泵站

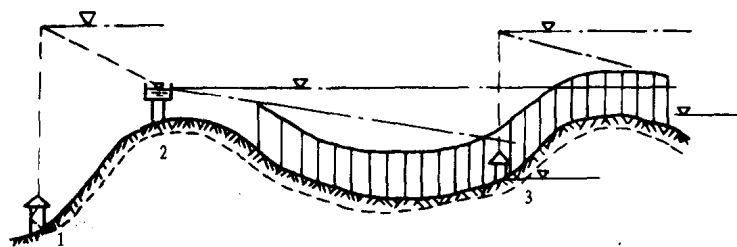


图 1-7 分区给水系统

1—低区供水泵站；2—水塔；3—高区供水泵站

## 1.4 工业给水系统

### 1.4.1 工业给水系统类型

城市给水系统的组成和布置原则同样适用于工业企业。在一般情况下，工业用水常由城市管网供给。但是工业给水是一个比较复杂的问题，非但工业企业门类多、系统庞大，而且对水压、水质和水温有不同要求。有些工业企业，用水量虽大，但对水质要求不高，使用城市自来水颇不经济，或者限于城市给水系统的规模无法供应大量工业用水，或工厂远离城市管网等，这时不得不自建给水系统；有些工业用水，如电子工业、制药工业、锅炉给水等，用水量虽少，但水质要求远高于生活饮用水，还需要自备给水处理系统，将城市给水的水质提高到满足工业给水的要求。

火力发电、冶金、化工等生产用水中，冷却用水是大量的。在工业发达地区，冷却用水量可占工业用水量的 70% 左右。而在城市用水量中，工业用水量约占一半以上。因此工业冷却用水应尽量重复利用。从有效利用水资源和节省抽水动力费用着眼，根据工业企业内水的重复利用情况，可分成循环和复用给水系统。采用这类系统是城市节水的主要内容之一。

循环给水系统是指使用过的水经适当处理后再行回用。在循环使用过程中会损耗一些水量，包括循环过程中蒸发、渗漏等损失的水量，须从水源取水加以补充。图 1-8 所示为循环给水系统，虚线表示使用过的热水，实线表示冷却水。水在车间 4 使用后，水温有所升高，送入冷却塔 1 冷却后，再由泵站 3 送回车间使用。为了节约工业用水，一般较多采用这种系统。

复用给水系统是按照各车间对水质的要求，将水顺序重复利用。水源水先到某些车间，使用后或直接送到其他车间，或经冷却、沉淀等适当处理后，再到其它车间使用，然后排出。如图 1-9 所示的是水经冷却后使用的复用给水系统，实线表示给水管，虚线表示排水管。水源水在车间 A 使用后，水温有所升高，然后靠本身的水压自流到冷却塔 2 中冷却，再由泵站 3 送到其它车间 B 使用，最后经排水系统 4 排入水体。采用这种系统，水资源得以充分利用，特别是在车间排出的水可不经处理或略加处理就可供其它车间使用时，更为适用。

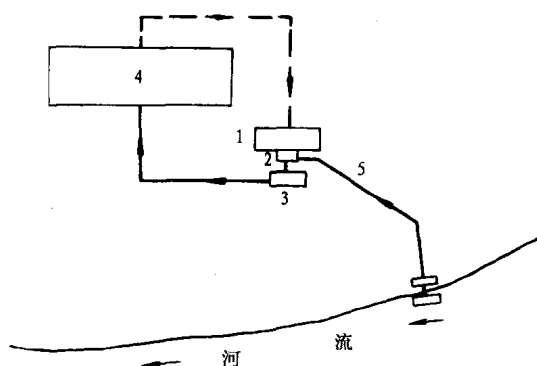


图 1-8 循环给水系统

1—冷却塔；2—吸水井；3—泵站；4—车间；  
5—新鲜补充水

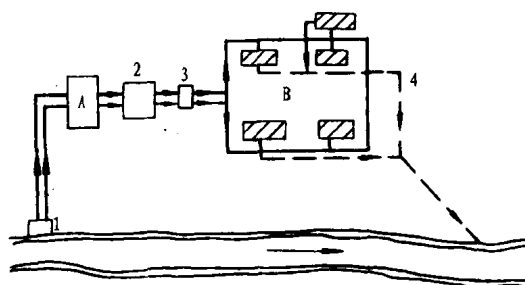


图 1-9 复用给水系统

1—取水构筑物；2—冷却塔；3—泵站；  
4—排水系统；A、B—车间

为了节约工业用水，在工厂与工厂之间，也可考虑复用给水系统。

工业给水系统中水的重复利用，不仅是解决城市水资源缺乏的一种措施，还可以提高环境效益，减少使城市水体污染的废水量。因此，工业用水的重复利用率是节约城市用水的重要指标。所谓重复利用率是指重复用水量在总用水量中所占的百分数。我国工业用水重复利用率较低，一般在 50%~60%，和一些工业发达的国家相比，我国在工业节水方面还有很大的潜力，所以改进工艺和设备、采用循环或复用给水系统，提高工业用水重复利用率，特别是对钢铁、冶金、化工等用水量大的企业具有重要的意义。

#### 1.4.2 工业用水的水量平衡

在大中型工业企业内，为了做到水的重复利用、循环使用，以达到节约用水的目的，就须根据企业内各车间对水量和水质的要求，做好水量平衡工作，并绘制水量平衡图。为此应详细调查各车间的生产工艺、用水量及其变化规律、对水质和水压的要求、使用后的水量损耗和水温的变化等情况。在此基础上，找出节约用水的可能性，并订出合理用水和减少排污水量的计划。例如，冷却用水，在使用后一般只是水温升高，水质未受污染或仅轻度污染，经简单处理和冷却后可再使用。这样只需补充循环水量的 10% 以下的新鲜水。



所谓平衡就是冷却用水量、损耗水量、循环回用水量补充水量以及排水量保持平衡。水量平衡目的是达到合理用水。可采取的途径或是改革生产工艺，减少耗水量，或是提高重复利用率，增大回用水量，以相应减少排水量。工业用水量大，节约用水的潜力也大。例如冷却用水一般约占工业用水的 60%~80%，提高重复利用率后即可节约大量用水。进行工业企业水量平衡的测定工作时，应先查明水源水质和取水量，各用水部门的工艺过程和设备，现有计量仪表的状况，测定每台设备的用水量、耗水量、排水量、水温等，按厂区给水排水管网图核对，对于老的工业企业还应测定管道和阀门的漏水量。

根据测定结果，绘出水量平衡图以表示总循环水量、各车间冷却用水量、损耗水量、循环回水量和补充水量等，做到每个车间的给水排水量平衡，整个循环系统的给水、回水和补充水量平衡。这对于了解工厂用水现状，采取节约用水措施，健全工业用水计量仪表，减少排水量，合理利用水资源以及对厂区给水排水管道的设计都很有用处。

**【例题】** 水量平衡计算。

**【解】** 图 1-10 是某大型化工厂用水量（以  $\text{m}^3/\text{h}$  计）的平衡图。水量测定结果见表 1-1。总用水量（新鲜水、循环冷却水、回用水）和总排水量（冷却回水、较清工业废水、污水和废水、重复用水）相等，各为  $9386.5\text{m}^3/\text{h}$ 。图中清楚地表示了到每一车间的循环冷却水量、回用水量，新鲜水补充量和损耗的水量。

某化工厂用水量平衡测试结果

表 1-1

| 车间名称   | 用水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) |        |     |        | 排水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) |        |       |      |        |
|--------|-------------------------------|--------|-----|--------|-------------------------------|--------|-------|------|--------|
|        | 新鲜水                           | 循环冷却水  | 回用水 | 合计     | 冷却回水                          | 较清工业废水 | 污水和废水 | 重复用水 | 合计     |
| 空分     |                               | 220    |     | 220    | 220                           |        |       |      | 220    |
| 丙烯腈甲脂  | 19                            | 115    |     | 134    | 109                           | 3      | 22    |      | 134    |
| 稀硝酸    | 350                           | 940    |     | 1290   | 940                           |        |       | 350  | 1290   |
| 浓硝酸    |                               |        | 350 | 350    | 240                           | 110    |       |      | 350    |
| 合成氨    |                               | 380    |     | 380    | 380                           |        |       |      | 380    |
| 罐区     |                               |        |     | —      |                               |        |       |      | —      |
| 卡普隆后处理 | 186                           | 440    |     | 626    | 161                           | 60     | 70    | 335  | 626    |
| 有机玻璃   | 150                           | 750    |     | 900    | 750                           |        | 150   |      | 900    |
| 丙烯腈精制  | 94                            | 430    |     | 524    | 517                           |        | 7     |      | 524    |
| 丙烯腈合成  | 279                           | 365    |     | 644    | 584                           |        | 60    |      | 644    |
| 冷冻     |                               | 3100   |     | 3100   | 3100                          |        |       |      | 3100   |
| 合成氨净化  | 40                            | 170    |     | 210    | 200                           | 10     |       |      | 210    |
| 卡普隆光化  | 302                           | 261.5  |     | 563.5  | 135.5                         | 391    | 37    |      | 563.5  |
| 硫铵     | 10                            |        | 335 | 345    |                               |        | 345   |      | 345    |
| 辅助     | 50                            |        |     | 50     |                               | 50     |       |      | 50     |
| 厂前区    | 50                            |        |     | 50     |                               |        | 50    |      | 50     |
| 总 计    | 1530                          | 7171.5 | 685 | 9386.5 | 7336.5                        | 624    | 741   | 685  | 9386.5 |

从图看出，车间的循环冷却水量并不一定等于冷却回水量，原因在于冷却水的损耗，或限于水质不宜作为回水，因而使回水量减少。例如卡普隆光化车间的循环冷却水量为  $261.5\text{m}^3/\text{h}$ ，而冷却回水只有  $135.5\text{m}^3/\text{h}$ 。另外，如丙烯腈精制车间排出的废水，其水质可并入冷却回水内，从而使回水量 ( $517\text{m}^3/\text{h}$ ) 大于循环冷却水量 ( $430\text{m}^3/\text{h}$ )。上述各种情况应根据工艺条件决定。