

高等学校推荐教材



# 给水工程

(第三版)

严煦世 范瑾初 主编  
许保玖 主审

● 中国建筑工业出版社



高等学校推荐教材

# 给水工程

(第三版)

严煦世 范瑾初 主编

许保玖 主审



388677

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

《给水工程》分上下两卷。上卷包括第一、二、三篇,共13章,主要内容为:给水系统;设计用水量;给水系统的工作情况;管网和输水管布置;管段流量、管径和水头损失;管网水力计算;管网技术经济计算;分区给水系统;水管、管网和附属构筑物;管网的技术管理;取水工程概论;地下水取水构筑物;地表水取水构筑物。下卷包括第四、五篇,第14~24章,其主要内容为:给水处理概论;混凝;沉淀和澄清;过滤;消毒;水的其他处理方法;水厂设计;水的软化;苦咸水淡化与除盐;水的冷却;循环冷却水水质处理。

本书为给水排水工程专业、环境工程专业教学用书,也可供给水排水设计、施工、管理和研究人员参考。

高等学校推荐教材

给水工程

(第三版)

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

北京市顺义县板桥印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 33<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 字数: 806千字

1995年6月第三版 1996年11月第八次印刷

印数: 121,386—133,485册 定价: 27.00元

ISBN 7-112-02426-9

TU·1865 (7484)

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)

## 前 言

本书是高等学校给水排水工程专业本科学生学习给水工程的教材。本教材是根据全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会提出的关于教材编写要求和“《给水工程》课程教学基本要求”编写的，是专业指导委员会的推荐教材。本教材在编写过程中，以1987年出版的《给水工程》第二版为基本内容，参照各校长期使用该教材时积累的教学经验，充分吸收了近年来给水工程建设中的先进经验和科学研究成果。鉴于近10年来给水工程无论在理论上或实践上都有很大的发展，高等学校给水排水工程专业对给水工程学科的教学也提出了新的要求，故本书与原《给水工程》（第二版）相比，在内容上有较大变动，编写单位和编写人员也已重新组成。但原《给水工程》（第一、二版）主编、前辈学者杨钦教授以及参与编写的赵锡纯、孙立成、朱启光、王训俭、鲁汉珍诸位先生对原给水工程教材所作的历史贡献是永存的。

本教材在保证基本概念和基本理论要求的同时，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，反映了现代给水工程学科的发展趋势。为便于学生理解课文内容，书中例题以有助于学生理解给水工程基本概念和基本理论为原则，内容简短，不列大型或综合性作业类例题，同时，每章均列有思考题和习题。使用本教材时，可根据各校条件和要求对教材内容酌情增减。在水处理方面，有些内容与排水工程重复，讲授时应统筹决定内容取舍。气浮处理法在排水工程中介绍，本书从略。

本书亦可作为环境工程专业教学用书。

在本书编写过程中，得到了给水排水专业指导委员会和有关教授的具体指导和帮助，有关设计、施工、管理单位和兄弟院校专家、教师们提出了很多宝贵意见，提供了不少资料（包括思考题和习题），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。参加编写人员及其分工编写内容如下：

同济大学 严煦世 第1~10章，第19章

同济大学 范瑾初 第11、12章，第14~18章，第20、24章

重庆建筑工程学院 刘荣光 第13章

兰州铁道学院 王乃忠 第21、22章

天津大学 安鼎年 第23章

限于编者水平，书中缺点错误难免，请读者不吝指教。

编 者

# 目 录

## 第一篇 总 论

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第一章 给水系统        | 1  |
| 第一节 给水系统分类      | 1  |
| 第二节 给水系统的组成和布置  | 1  |
| 第三节 影响给水系统布置的因素 | 3  |
| 第四节 工业给水系统      | 5  |
| 第二章 设计用水量       | 10 |
| 第一节 用水量标准       | 10 |
| 第二节 用水量变化       | 13 |
| 第三节 用水量计算       | 14 |
| 第三章 给水系统的工作情况   | 17 |
| 第一节 给水系统的流量关系   | 17 |
| 第二节 水塔和清水池的容积计算 | 19 |
| 第三节 给水系统的水压关系   | 21 |

## 第二篇 输水和配水工程

|                  |    |
|------------------|----|
| 第四章 管网和输水管布置     | 24 |
| 第一节 管网布置形式       | 24 |
| 第二节 管网定线         | 25 |
| 第三节 输水管定线        | 28 |
| 第五章 管段流量、管径和水头损失 | 31 |
| 第一节 管网计算的课题      | 31 |
| 第二节 管网图形及简化      | 31 |
| 第三节 沿线流量和节点流量    | 32 |
| 第四节 管段计算流量       | 36 |
| 第五节 管径计算         | 38 |
| 第六节 水头损失计算       | 40 |
| 第七节 管网计算基础方程     | 44 |
| 第八节 应用计算机解管网问题   | 49 |
| 第六章 管网水力计算       | 53 |
| 第一节 树状网计算        | 53 |
| 第二节 环状网平差原理      | 56 |
| 第三节 环状网平差方法      | 60 |
| 第四节 输水管(渠)       | 72 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第七章 管网技术经济计算 .....      | 78  |
| 第一节 管网年费用折算值 .....      | 78  |
| 第二节 输水管的技术经济计算 .....    | 81  |
| 第三节 管网技术经济计算 .....      | 85  |
| 第四节 近似优化计算 .....        | 90  |
| 第八章 分区给水系统 .....        | 93  |
| 第一节 概述 .....            | 93  |
| 第二节 分区给水的能量分析 .....     | 94  |
| 第三节 分区给水系统的设计 .....     | 99  |
| 第九章 水管、管网附件和附属构筑物 ..... | 101 |
| 第一节 水管材料和配件 .....       | 101 |
| 第二节 管网附件 .....          | 104 |
| 第三节 管网附属构筑物 .....       | 107 |
| 第四节 调节构筑物 .....         | 109 |
| 第十章 管网的技术管理 .....       | 112 |
| 第一节 管网技术资料 .....        | 112 |
| 第二节 检漏 .....            | 112 |
| 第三节 管网水压和流量测定 .....     | 113 |
| 第四节 水管防腐蚀 .....         | 115 |
| 第五节 刮管涂料 .....          | 116 |
| 第六节 维持管网水质 .....        | 118 |
| 第七节 调度管理 .....          | 119 |

### 第三篇 取 水 工 程

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第十一章 取水工程概论 .....        | 120 |
| 第一节 水资源概述及取水工程任务 .....   | 120 |
| 第二节 给水水源 .....           | 122 |
| 第十二章 地下水取水构筑物 .....      | 127 |
| 第一节 地下水源概述和取水构筑物分类 ..... | 127 |
| 第二节 管井构造、施工和管理 .....     | 128 |
| 第三节 管井的设计与水力计算 .....     | 141 |
| 第四节 井群互阻计算及分段取水井组 .....  | 156 |
| 第五节 大口井、辐射井和复合井 .....    | 164 |
| 第六节 渗渠 .....             | 176 |
| 第十三章 地表水取水构筑物 .....      | 183 |
| 第一节 江河特征与取水构筑物的关系 .....  | 183 |
| 第二节 江河取水构筑物位置的选择 .....   | 188 |
| 第三节 江河固定式取水构筑物 .....     | 191 |
| 第四节 江河移动式取水构筑物 .....     | 208 |
| 第五节 湖泊和水库取水构筑物 .....     | 214 |
| 第六节 山溪浅水河流取水构筑物 .....    | 217 |
| 第七节 海水取水构筑物 .....        | 220 |

## 第四篇 给 水 处 理

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 第十四章 | 给水处理概论 .....         | 223 |
| 第一节  | 水源水质 .....           | 223 |
| 第二节  | 水质标准 .....           | 227 |
| 第三节  | 给水处理方法概述 .....       | 230 |
| 第四节  | 反应器 .....            | 232 |
| 第十五章 | 混凝 .....             | 251 |
| 第一节  | 混凝机理 .....           | 251 |
| 第二节  | 混凝剂和助凝剂 .....        | 257 |
| 第三节  | 混凝动力学 .....          | 261 |
| 第四节  | 影响混凝效果主要因素 .....     | 267 |
| 第五节  | 混凝剂的配制和投加 .....      | 269 |
| 第六节  | 混合和絮凝设施 .....        | 273 |
| 第十六章 | 沉淀和澄清 .....          | 285 |
| 第一节  | 悬浮颗粒在静水中的沉淀 .....    | 285 |
| 第二节  | 平流式沉淀池 .....         | 289 |
| 第三节  | 斜板与斜管沉淀池 .....       | 301 |
| 第四节  | 澄清池 .....            | 304 |
| 第十七章 | 过滤 .....             | 313 |
| 第一节  | 过滤概述 .....           | 313 |
| 第二节  | 过滤理论 .....           | 314 |
| 第三节  | 滤料和承托层 .....         | 322 |
| 第四节  | 滤池冲洗 .....           | 327 |
| 第五节  | 普通快滤池 .....          | 344 |
| 第六节  | 无阀滤池 .....           | 346 |
| 第七节  | 移动罩滤池 .....          | 350 |
| 第八节  | 其它形式滤池 .....         | 352 |
| 第十八章 | 消毒 .....             | 357 |
| 第一节  | 氯消毒 .....            | 357 |
| 第二节  | 其它消毒法 .....          | 362 |
| 第十九章 | 水的其它处理方法 .....       | 366 |
| 第一节  | 地下水除铁除锰 .....        | 366 |
| 第二节  | 活性炭吸附 .....          | 372 |
| 第三节  | 水的除氟 .....           | 377 |
| 第二十章 | 水厂设计 .....           | 380 |
| 第一节  | 设计步骤、要求和设计原则 .....   | 380 |
| 第二节  | 厂址选择 .....           | 381 |
| 第三节  | 水厂工艺流程和处理构筑物选择 ..... | 382 |
| 第四节  | 水厂平面和高程布置 .....      | 384 |
| 第五节  | 水厂生产过程检测和自动控制 .....  | 387 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第二十一章 水的软化 .....              | 390 |
| 第一节 软化的目的与方法概述 .....          | 390 |
| 第二节 水的药剂软化法 .....             | 393 |
| 第三节 离子交换基本原理 .....            | 395 |
| 第四节 离子交换软化方法与系统 .....         | 403 |
| 第二十二章 苦咸水淡化与除盐 .....          | 419 |
| 第一节 概述 .....                  | 419 |
| 第二节 离子交换除盐方法与系统 .....         | 421 |
| 第三节 电渗析法淡化与除盐 .....           | 431 |
| 第四节 反渗透与超滤 .....              | 441 |
| <b>第五篇 水的冷却和循环冷却水水质处理</b>     |     |
| 第二十三章 水的冷却 .....              | 451 |
| 第一节 冷却构筑物类型 .....             | 451 |
| 第二节 冷却塔的工艺构造 .....            | 454 |
| 第三节 水冷却的理论基础 .....            | 466 |
| 第四节 冷却塔的热力计算基本方程 .....        | 474 |
| 第五节 冷却塔的设计与计算 .....           | 489 |
| 第二十四章 循环冷却水水质处理 .....         | 504 |
| 第一节 循环冷却水水质处理任务和要求 .....      | 504 |
| 第二节 循环冷却水的积垢和腐蚀 .....         | 506 |
| 第三节 循环冷却水系统防垢、防腐处理 .....      | 511 |
| 第四节 循环冷却水的综合处理 .....          | 516 |
| 附录 .....                      | 519 |
| 附表 1 居住区生活用水量标准 .....         | 519 |
| 附表 2 工业企业内工作人员淋浴用水量 .....     | 519 |
| 附表 3 城市(或居住区)室外消防用水量 .....    | 520 |
| 附表 4 工厂、仓库和民用建筑同时发生火灾次数 ..... | 520 |
| 附表 5 室外消防一次灭火用水量 .....        | 520 |
| 附表 6 地面水环境质量标准 .....          | 521 |
| 主要参考书目 .....                  | 523 |

# 第一篇 总 论

## 第一章 给 水 系 统

### 第一节 给 水 系 统 分 类

给水系统是保证城镇、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，分为生活饮用给水、生产给水和消防给水系统；
4. 按服务对象，分为城镇给水和工业给水系统；在工业给水中，又分为直流系统、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，给水工程成为城镇和工矿企业的一个重要基础设施，它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，既能满足近期的需要，还须兼顾到今后的发展。

### 第二节 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，然后将水输送到给水区，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，并输往水厂。
2. 水处理构筑物，用以将从取水构筑物的来水加以处理，以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或将水厂的水送到管网的管渠，其

主要特点是沿线无流量分出。管网则是将处理后的水送到各个给水区的全部管道（主要指直径较大的干管）。

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，用以贮存和调节不均匀的用水量。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。中小城镇或企业以及企业内部，为了贮备水量和保证水压，常设置水塔。根据城镇地形特点，水塔可设在管网起端、中间和末端，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、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，经输水管6送往管网7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8。一般情况下，从取水构筑物到二级泵站都属于水厂的范围。

给水管网7遍布整个给区内，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。大城镇可略去不计的管道，在小城镇可能不允许略去。

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，视城镇规模大小而定。

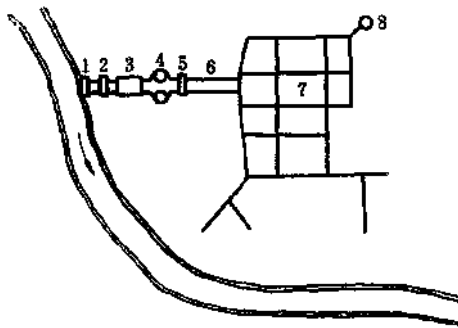


图 1-1 给水系统示意

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—输水管；7—管网；  
8—调节构筑物

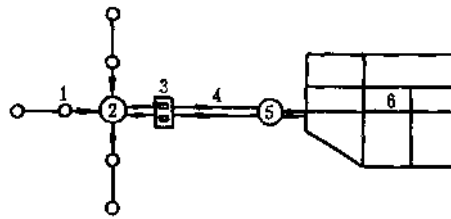


图 1-2 地下水源的给水系统

1—管井群；2—集水池；3—泵站；4—输水管；  
5—水塔；6—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，在小城镇，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。又如城镇内工厂位置分散，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。

对城镇中个别用水量,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。

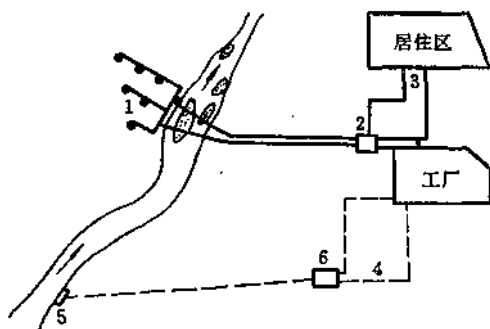


图 1-3 分质给水系统

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

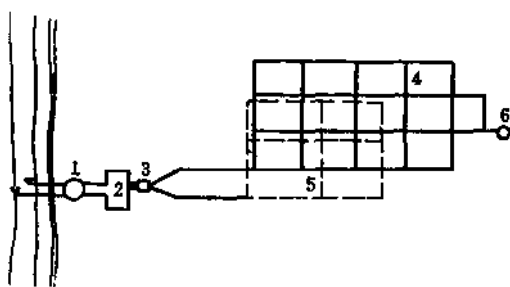


图 1-4 分压给水系统

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

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,城镇和工业企业的规划,水量、水质、水压要求,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。

### 第三节 影响给水系统布置的因素

按照城镇规划,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:

#### 一、城镇规划的影响

给水系统的布置,应密切配合城镇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,都应以城镇和工业区的建设规划为基础。城镇规划与给水系统设计的关系极为密切。例如,根据城镇的计划人口数,居住区房屋层数和建筑标准,城镇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、泵站和管线的位置;根据城市地形和供水压力可确定管网是否需要分区;根据用户对水质要求确定是否

需要分质供水等。

## 二、水源的影响

任何城镇，都会因水源种类、水源距给水区远近、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、水库水、海水等，在南方比较普遍。

当地如有丰富的地下水，则可在地下水流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。城镇附近山上有泉水时，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，一般从流经城镇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。

城镇附近的水源丰富时，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，在枯水季节水量锐减甚至断流，有些城镇的地下水水位不同程度的下降，多数江河受到污染，某些沿海城市受到海水倒灌的影响等，以致城镇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。例如秦皇岛市、邯郸市的数十公里输水工程；天津石油化纤厂兴建宝坻地下水源和120km的输水工程；上海黄浦江上游引水工程，取水规模为430万 $\text{m}^3/\text{d}$ ；天津的最高日流量为300万 $\text{m}^3$ 、输水距离达234km的引滦入津工程等。这些工程，技术相当复杂，投资也很大。

## 三、地形条件的影响

地形条件对给水系统的布置有很大影响。中小城镇如地形比较平坦，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。大中城镇被河流分隔时，两岸工业和居民用水一般先分别供给，自成给水系统，随着城镇的发展，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。

地形起伏较大的城镇，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内的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。

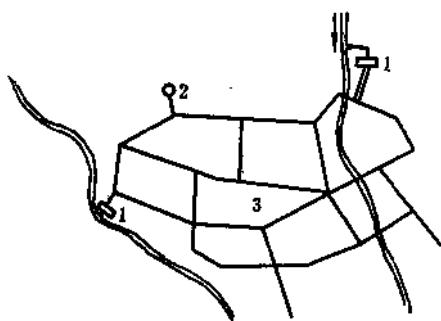


图 1-5 多水源给水系统  
1—水厂；2—水塔；3—管网

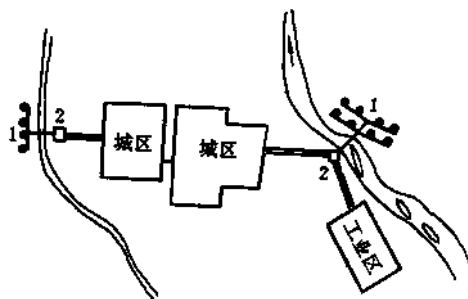


图 1-6 分地区给水系统  
1—井群；2—泵站

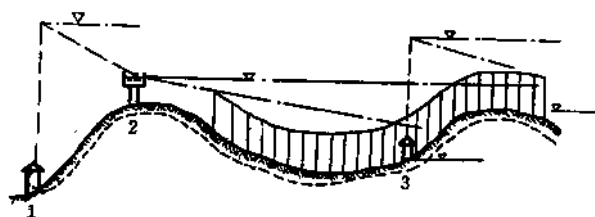


图 1-7 分区给水系统  
1—低区供水泵站；2—水塔；3—高区供水泵站

## 第四节 工业给水系统

### 一、工业给水系统类型

城镇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，工业用水常由城镇管网供给。但是工业给水是一个比较复杂的问题，不但工业企业门类多、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，使用城镇自来水颇不经济，或者限于城镇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，将城镇给水的水质提高到满足要求。

火力发电、冶金、化工等工业生产用水中，冷却用水是大量的。在工业发达地区，冷却用水量可占工业总用水量的70%左右。据1987年的统计，全国381个城市的951座水厂，年售水量为130亿 $m^3$ ，其中工业用水量为68亿 $m^3$ ，约占一半以上，因此工业的冷却用水应考虑工业用水的重复利用。从有效利用现有的水资源和节省抽水所耗能量着眼，根据工业企业内水的重复利用情况，可分成直流、循环和复用等给水系统。

直流给水系统是指工业生产用水由就近水源取水，根据需要，可经过简单处理，使用后直接排入水体。在水资源缺乏地区一般不宜采用这一系统。

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，再到其他车间使用，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送到其他车间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。

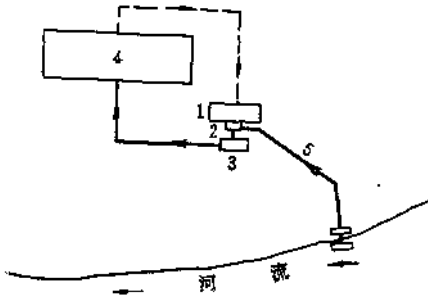


图 1-8 循环给水系统

1—冷却塔；2—吸水井；3—泵站；4—车间；  
5—新鲜补充水

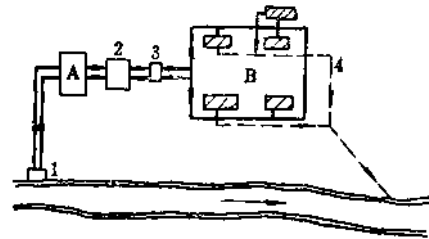


图 1-9 复用给水系统

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。我国城市工业用水重复利用率平均只有20%左右，少数城市达到50%以上，和一些工业比较发达的国家相比，我国大中城市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。

## 二、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。

所谓平衡就是用水量 and 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。

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                         | 工业较清废水 | 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                          | 385    |     | 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  |
| 硫酸     | 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   | 635  | 9386.5 |

总用水量(新鲜水、循环冷却水、复用给水)和总排水量(冷却回水、较清工业废水、污水和废水)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。

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。

在排水量中,除冷却回水外,较清的工业废水( $624\text{m}^3/\text{h}$ )可不经处理直接排入水体。污水和废水( $741\text{m}^3/\text{h}$ )应经污水处理厂处理后排放。

冷却水的损耗量和补充水量也应计算。设冷却塔的蒸发、排污等水量损耗为循环水量的6%,则损耗的水量等于:

图 1-10 某化工厂水量平衡

1—中和池, 2—空分车间, 3—丙烯腈甲酯车间, 4—稀硝酸车间, 5—浓硝酸车间, 6—合成氨车间, 7—卡普隆后处理车间, 8—罐区, 9—有机玻璃车间, 10—丙烯腈精制车间, 11—丙烯腈合成车间, 12—冷冻车间, 13—合成氨净化车间, 14—卡普隆光化车间, 15—漂染车间, 16—辅助车间, 17—前区, 18—冷却塔, 19—循环水泵站

$$7171.5 \times \frac{6}{100} = 430 \text{ m}^3/\text{h}$$

冷却回水量为  $7336.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，其中损耗水量为  $430 \text{ m}^3/\text{h}$ ，为满足  $7171.5 \text{ m}^3/\text{h}$  的循环冷却水量，须补充水量为： $7171.5 - (7336.5 - 430) = 265 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

### 【思考题】

1. 由高地水库供水给城市，如按水源和供水方式考虑，应属于哪种给水系统？
2. 给水系统中投资最大的是哪一部分，试行分析。
3. 给水系统是否必须包括取水构筑物、水处理构筑物、泵站、输水管和管网、调节构筑物等，哪种情况下可省去其中一部分设施？
4. 什么是统一给水、分质给水和分压给水，哪种系统目前用得最多？
5. 分析水源对给水系统布置的影响。
6. 工业给水有哪些系统，各适用于何种情况？
7. 工业用水量平衡图如何测定和绘制？水量平衡图有什么作用？