

输配水工程

赵新华 刘洪波 主编 王训俭 季民 主审



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

输配水工程

赵新华 刘洪波 主编
王训俭 季 民 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

输配水工程/赵新华, 刘洪波主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5

ISBN 7-5025-7031-4

I. 输… II. ① 赵… ② 刘… III. 给水工程
IV. TU991

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046024 号

输配水工程

赵新华 刘洪波 主编

王训俭 季 民 主审

责任编辑: 王文峡 陈 丽

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 顾淑云 于志岩

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$ 字数 610 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7031-4

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

输配水工程是高等学校给水排水工程（环境工程）专业的一门重要的专业课。本书是在天津大学近两年的自编教材“输配水工程”的基础上加以完善而成的，系统地阐述了输配水系统的基本概念、基本理论及工程应用。

本书介绍了水泵及水泵站，重点讲述了给水管网和排水管网。在保证基本理论的系统性和完整性的同时，力求反映给水排水工程学科发展趋势和人才培养要求。书中所列的思考题和习题，一方面有助于学生理解教材内容，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。

本书由天津大学赵新华（第一篇和第二篇）、刘洪波（第三篇）主编，天津大学王训俭、季民主审。本书的编写出版得到了化学工业出版社的帮助和支持，编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评和指正。

编 者
2005 年 8 月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 水泵及水泵站

第 1 章 水泵的定义和分类	5
1.1 概述	5
1.2 水泵的定义和分类	5
思考题	7
第 2 章 叶片式水泵	8
2.1 叶片泵的基本性能参数	8
2.2 离心泵的工作原理和基本构造	9
2.3 离心泵的主要零件	10
思考题	13
2.4 离心泵的基本方程式	14
2.4.1 叶轮中液体的运动情况	14
2.4.2 基本方程式推导	14
2.4.3 基本方程式的讨论	15
2.4.4 基本方程式的修正	16
2.5 离心泵的特性曲线	16
2.5.1 实测特性曲线的讨论	17
2.5.2 理论特性曲线的定性分析	18
思考题	20
2.6 离心泵装置工况的确定	20
2.6.1 图解法	21
2.6.2 数解法	23
2.6.3 离心泵装置运行工况	24
思考题与习题	24
2.7 叶轮的相似定律及相似准数	26
2.7.1 水泵叶轮工况相似的条件	26
2.7.2 相似定律	26
2.7.3 比例律	27
2.7.4 叶轮的相似准数——比转数 n_s	27
2.7.5 比转数 n_s 与叶轮形状及性能的关系	28
思考题	29
2.8 离心泵装置调速运行工况	29

2.8.1 比例律的应用	29
2.8.2 调速途径及范围	32
思考题	32
2.9 切削叶轮调节离心泵运行工况	32
2.9.1 切削律及应用	32
2.9.2 应用切削律应注意的问题	33
2.9.3 叶片泵型谱图	34
思考题与习题	34
2.10 离心泵的并、串联运行工况	35
2.10.1 水泵的并联运行	35
2.10.2 水泵的串联运行	42
思考题与习题	42
2.11 离心泵的吸水性能	43
2.11.1 吸水段的特殊性	43
2.11.2 气穴与气蚀	43
2.11.3 吸水管中压力的变化	44
2.11.4 吸水性能参数	46
2.11.5 最大吸水安装高度的计算	48
2.11.6 防止和减轻汽蚀的措施	48
思考题与习题	49
2.12 离心泵机组的启动及维护	49
2.13 轴流泵与混流泵	50
2.13.1 轴流泵	50
2.13.2 混流泵	54
思考题与习题	55
第3章 常用泵介绍	56
3.1 给排水工程中常用的叶片泵	56
3.1.1 IS型单级单吸清水离心泵	56
3.1.2 单级双吸离心泵	56
3.1.3 多级离心泵	57
3.1.4 深井泵	58
3.1.5 潜水泵	60
3.1.6 污水泵	60
3.1.7 轴流泵	61
3.1.8 旋涡泵	61
3.1.9 真空泵	61
3.2 射流泵	62
3.2.1 基本构造和工作原理	62
3.2.2 射流泵的性能	62
3.2.3 射流泵的计算	63

3.2.4 射流泵的应用·····	64
3.3 气升泵·····	64
3.3.1 基本构造及原理·····	64
3.3.2 气升泵性能及应用·····	65
3.3.3 气升泵装置总图·····	65
3.4 往复泵·····	66
3.4.1 基本构造与工作原理·····	66
3.4.2 性能特点和应用·····	67
第4章 给水泵站 ·····	69
4.1 泵站的组成与分类·····	69
4.1.1 泵站的组成·····	69
4.1.2 泵站的分类·····	69
4.2 水泵选择·····	71
4.2.1 选泵的主要依据·····	71
4.2.2 选泵方法·····	73
4.2.3 选泵时尚须考虑的其他因素·····	77
4.2.4 备用泵的选择·····	77
4.2.5 选泵后的消防校核·····	78
4.3 泵站动力设施·····	78
4.3.1 电动机的选择·····	78
4.3.2 交流电动机调速·····	79
4.3.3 泵站电力负荷等级及电压选择·····	80
4.3.4 变电所·····	81
4.3.5 常用的变配电设备·····	81
4.4 水泵机组的布置与基础尺寸·····	82
4.4.1 水泵机组的布置·····	82
4.4.2 基础的尺寸·····	84
4.4.3 水泵机组布置有关规定·····	85
4.5 泵站内的管道布置·····	85
4.5.1 吸水管的布置·····	85
4.5.2 压水管的布置·····	87
4.5.3 泵站内管路的设计与敷设·····	88
4.5.4 泵站平面及高程尺寸的决定·····	89
4.6 泵站内的附属设备·····	90
4.6.1 水泵的充水设备·····	90
4.6.2 泵站停泵水锤及其防护·····	92
4.6.3 计量设备·····	93
4.6.4 起重设备·····	97
4.6.5 通风与采暖·····	99
4.6.6 其他设施·····	100

4.7 给水泵站的工艺设计	101
4.7.1 设计资料	101
4.7.2 泵站工艺设计步骤和方法	102
4.7.3 泵站的技术经济指标	104
4.8 给水泵站的构造特点	106
4.8.1 取水泵站的构造特点	106
4.8.2 送水泵站的构造特点	106
4.8.3 深井泵站构造特点	107
第5章 排水泵站	108
5.1 概述	108
5.1.1 排水泵站分类	108
5.1.2 排水泵站的基本组成	108
5.1.3 排水泵站的基本类型	108
5.1.4 排水泵站的一般规定	109
5.2 污水泵站的工艺特点	110
5.2.1 水泵的选择	110
5.2.2 集水池	110
5.2.3 机器间的布置	111
5.2.4 污水泵站的构造特点及示例	114
5.3 雨水泵站	115
5.3.1 水泵选择	115
5.3.2 雨水泵房的基本类型	116
5.3.3 集水池	116
5.3.4 出流设施	118
5.3.5 雨水泵站内部布置、构造特点及示例	118

第二篇 给水管网

第6章 给水管网概论	125
6.1 给水系统的组成与功能	125
6.2 影响给水管网布置的因素	126
6.2.1 城市规划和布局的影响	126
6.2.2 水源的影响	127
6.2.3 城市地形的影响	128
6.2.4 水塔或高地水池	129
6.3 给水系统各组成之间的工作关系	130
6.3.1 水源和水源地	130
6.3.2 取水构筑物 and 一级泵站	131
6.3.3 水处理系统	132
6.3.4 清水池	134
6.3.5 送水泵站	136

6.3.6 输配水管网	140
思考题	140
习题	140
第7章 给水系统设计用水量	142
7.1 城市用水分类、要求和用水量标准	142
7.1.1 用水分类	142
7.1.2 居民生活用水要求及水量标准	143
7.2 用水量的变化及计算	145
7.2.1 用水量的变化	145
7.2.2 用水量的计算	148
思考题	152
习题	152
第8章 节点和管段的分配流量、管径及水头损失	153
8.1 管网的计算课题	153
8.1.1 几种不同的计算情况	153
8.1.2 计算情况的分类及计算步骤	155
8.2 集中流量、沿线流量和节点流量	155
8.2.1 管网中水量分布情况	155
8.2.2 集中流量与均布流量	156
8.2.3 节点流量	157
8.2.4 枝状管网的管段计算流量与环状管网的流量分配	158
8.2.5 比流量的确定	161
8.3 环状管网的管段计算流量	164
8.4 管径的决定	165
8.5 管网水头损失的计算	168
8.5.1 舍维列夫公式	169
8.5.2 巴甫洛夫斯基公式的简化——满宁公式	171
8.5.3 海曾-威廉公式	172
8.5.4 以上三式的分析比较	173
思考题	174
习题	174
第9章 管网水力计算	176
9.1 管网计算的基础方程	176
9.2 树枝状管网的水力计算	178
9.3 环状管网的传统平差计算	181
9.3.1 哈代-克罗斯法	181
9.3.2 传统平差计算	183
9.4 管网不同计算时刻的核算	185
9.5 输配水系统的程序计算实例	187
9.5.1 最高日最高时正常供水情况	187

9.5.2	最大用水加消防时供水情况	190
9.5.3	事故时发生消防供水情况	193
9.6	输配水系统计算的方程组	195
9.6.1	解环方程组	195
9.6.2	解节点方程组	197
9.6.3	解管段方程组	199
9.7	管网图的矩阵表示法	201
9.7.1	节点-管段关联矩阵	201
9.7.2	有向图的节点-管段关联矩阵	201
9.7.3	环路-管段关联矩阵	202
9.7.4	管段-节点关联矩阵	203
9.7.5	管段-小环关联矩阵	204
9.7.6	简化的节点-管段关联矩阵	205
9.7.7	简化的环-管段关联矩阵	205
9.7.8	小结	206
	思考题	206
	习题	207
第 10 章	给水管网的技术经济计算	208
10.1	管网费用折算值	208
10.1.1	给水管网综合建造费用函数	208
10.1.2	管网的年费用折算值	210
10.2	输水管的技术经济计算	213
10.2.1	压力输水管的技术经济计算	213
10.2.2	重力输水管的技术经济计算	215
10.3	管网的技术经济计算	217
10.3.1	起点水压未定的管网	218
10.3.2	起点水头已定的管网	225
10.4	界限流量	227
	思考题	229
	习题	230
第 11 章	给水管网工程规划	231
11.1	给水管网系统规划布置	231
11.1.1	规划与布置所需基础资料	231
11.1.2	给水管网布置的原则	231
11.1.3	给水管网的布置形式	232
11.2	给水管网定线	233
11.2.1	管网定线的一般原则	233
11.2.2	三级主要管线的定线	234
11.2.3	其他有关问题	234
11.3	给水规划用水量	236

11.3.1 规划前应考虑的主要问题和情况	236
11.3.2 城市用水量的规划方法	236
思考题	239
第12章 管材及管网附属构筑物	240
12.1 管材的应用情况	240
12.2 管材简介	241
12.3 管网附件	243
12.3.1 闸阀	243
12.3.2 蝶阀	244
12.3.3 止回阀	245
12.3.4 底阀	245
12.3.5 室外消火栓	246
12.3.6 排气阀	247
12.4 管网附属构筑物	247
12.4.1 阀门井	247
12.4.2 支墩	247
12.4.3 管线穿越障碍物	247
12.4.4 管网节点详图	248
12.5 水池与水塔	249
12.5.1 水池	249
12.5.2 水塔	250
思考题	250
第13章 输水工程	252
13.1 输水管渠设计的基本原理	252
13.1.1 埋地式管道输水	252
13.1.2 渠道输水	252
13.1.3 输水系统供水保证	253
13.1.4 排水及放空设施	254
13.2 引滦入津工程简介	254
13.3 南水北调工程规划研究概况	257
13.3.1 南水北调总布局简介	257
13.3.2 西线规划研究概况	258
13.3.3 中线规划研究概况	258
13.3.4 东线规划研究概况	259

第三篇 排水管网

第14章 排水系统概论	265
14.1 城市排水管网系统	265
14.1.1 污水分类及其性质	265
14.1.2 排水系统的体制及其选择	265

14.2 排水管网系统的构成·····	268
14.2.1 污水排水系统·····	268
14.2.2 工业废水排水系统·····	269
14.2.3 雨水排水系统·····	270
14.3 排水管网系统的规划和布置形式·····	270
14.3.1 规划原则·····	270
14.3.2 布置形式·····	271
14.3.3 排水管网的平面布置形式·····	273
思考题·····	275
第15章 污水管道系统的设计 ·····	276
15.1 概述·····	276
15.1.1 设计内容·····	276
15.1.2 设计资料·····	276
15.1.3 设计方案·····	277
15.2 污水管道系统的布置·····	278
15.2.1 划分排水流域·····	278
15.2.2 污水管道定线·····	278
15.2.3 确定污水管道在街道下的位置·····	278
15.2.4 处理好控制点管道埋深·····	278
15.2.5 布置连接管·····	279
15.2.6 设置泵站·····	279
15.3 污水设计流量的确定·····	280
15.3.1 生活污水量计算·····	280
15.3.2 工业废水量计算·····	283
15.3.3 城市总体设计污水量计算·····	283
15.4 污水管网的水力计算·····	284
15.4.1 污水流动特点·····	284
15.4.2 水力计算公式·····	284
15.4.3 设计变量·····	285
15.4.4 水力计算方法·····	290
15.5 设计计算实例·····	293
15.5.1 我国的设计计算方法·····	293
15.5.2 国外设计计算方法简介·····	299
思考题·····	306
习题·····	306
第16章 雨水管(渠)系统的设计 ·····	308
16.1 雨量分析·····	308
16.1.1 我国的降雨特点·····	308
16.1.2 雨量分析要素·····	308
16.1.3 暴雨强度曲线·····	312

16.1.4	暴雨强度公式	313
16.2	雨水管渠设计流量的确定	316
16.2.1	雨水设计流量计算公式	316
16.2.2	径流系数 Ψ	318
16.2.3	设计暴雨强度 q 的确定	319
16.2.4	特殊情况下雨水设计流量的确定	322
16.3	雨水管网设计与计算	323
16.3.1	雨水管渠系统平面布置特点	323
16.3.2	雨水管渠系统设计规定	325
16.3.3	水力计算方法	325
16.3.4	设计计算步骤	325
16.3.5	计算实例	326
16.4	排洪沟的设计与计算	330
16.4.1	概述	330
16.4.2	设计防洪标准	330
16.4.3	排洪沟设计	331
	思考题	334
	习题	334
第 17 章	合流制排水系统的设计	336
17.1	合流制排水系统的使用条件及布置特点	336
17.1.1	使用条件	336
17.1.2	布置特点	336
17.2	合流制排水管(渠)的设计流量	337
17.2.1	第一个溢流井上游管渠的设计流量	337
17.2.2	溢流井下游管渠的设计流量	338
17.3	合流制排水管(渠)的水力计算	338
17.3.1	溢流井上游合流管渠的计算	338
17.3.2	截流干管和溢流井的计算	339
17.3.3	晴天旱流情况校核	339
17.3.4	计算实例	339
17.4	旧合流制排水管(渠)的改造	342
17.4.1	截流式合流制的运行特点	342
17.4.2	合流制排水系统对环境的影响	342
17.4.3	改造途径	342
	思考题	344
	习题	345
第 18 章	排水系统管道材料及附属构筑物	346
18.1	排水管渠断面形式	346
18.2	排水管渠材料	346
18.3	排水管道基础	349

18.4 排水系统的构筑物·····	350
思考题·····	355
第19章 排水管渠系统的维护与管理 ·····	356
19.1 管理和养护的任务·····	356
19.2 排水管渠的疏通与修理·····	356
19.2.1 水力清通法·····	356
19.2.2 机械清通法·····	357
19.2.3 排水管渠的修理·····	357
19.3 排水管渠的计算机科学化管理·····	358
19.3.1 优化控制调度与指挥决策系统·····	358
19.3.2 技术档案资料的计算机管理技术·····	359
19.3.3 城市地区暴雨径流雨水的水质水量管理技术·····	359
思考题·····	361
附录 ·····	362
附录1 中华人民共和国城乡建设环境保护部标准 CJ 18—86《污水排入城市下水道水质标准》·····	362
附录2 《室外排水设计规范》GBJ 14—87 规定生物处理构筑物进水中有害物质容许浓度·····	363
附录3 居民生活用水定额（平均日）和综合生活用水定额（平均日）·····	363
附录4 水力计算图·····	364
附录5 暴雨强度公式的编制方法·····	377
附录6 我国若干城市暴雨强度公式·····	377
参考文献 ·····	381

绪 论

城市集中了大量的社会财富，是物质生活和精神文化生活水平比较发达的区域，对国民经济的发展具有主导作用。据统计，在我国，城市人口占国家总人口的 20% 左右，其工业总产值占全国总产值的 70% 以上。而城市给水排水系统是城市的命脉，是保障人民生活和社会发展必不可少的物质基础。给水排水工程的任务是安全卫生和经济合理地供应人们生活与生产活动用水及消防用水；并及时有组织有系统地排除使用后的污水、废水和大气降水，以改善环境条件；消除火灾危害，提高人们健康水平，促进生产发展。因此，给水排水工程是城市建设的重要组成部分，在国民经济和人民生活占有重要地位，作为国民经济全局性、先导性基础产业，目前已成为城市经济可持续发展的主要制约因素之一。

(1) 给水排水工程的主要内容

给水系统是由取水、输配水管网、泵站和净水厂等组成，排水系统则由排水管网、提升泵站、污水处理厂等部分组成，参看第一篇第 1 章的图 1.1。河水由取水构筑物 and 取水泵站提升，通过输水管送入净水厂中的澄清、过滤等净水构筑物，经过净化后，储存于清水池中；再由送水泵站将水压送到输水管及给水管网。为了使配水及压力分布均匀，管网中还设有调节构筑物或加压泵站，水即可通过引入管配送到建筑内供生活或生产使用。水在建筑内使用后，水质受到污染而成为污水，然后由建筑排水系统把污水排到城市排水管网中去，再经污水提升泵站有组织地排到污水处理厂中进行污水的处理和回收利用。处理后的水可回用于工业及冲洗用水，排入农田灌溉或排入附近水体，完成给水排水工程任务。

上述给水排水系统中，取水构筑物及取水泵站包括水源在内组成取水工程；由水厂的净水构筑物和污水处理构筑物组成净水工程；送水泵站、输配水管网、调节构筑物、排水管网及中途泵站组成输配水工程。

(2) 输配水工程的任务及系统组成

输配水工程的任务是将符合水质要求的饮用水安全经济地输配到用户，经过使用后，将污水迅速而有组织地排到处理设备中，进行回收利用及排放。在水的输配过程中，既要防止清洁水在长途输配时受中途污染，也要防止输送的污水污染环境。保证饮用水的卫生、不使污水任意流放是预防肠道传染病、寄生虫病流行传播的重要措施。另外，随着生产的发展，各种不同的工业要求不同用水水质，也排出受各种物质污染的污水，如含有机物、无机物、病菌、病毒及其他有毒物质等，这就要求输配水工程必须根据不同工业用水的要求输配合适的用水，并排出生产的污水，保护环境卫生，防止水源受到污染。总之输配水工程在我国经济建设和人民生活中起着保障人民健康、提高生活水平、发展生产、促进四个现代化建设的作用。

输配水工程的内容包括水泵及水泵站、给水管网和排水管网三个部分。给水管网的任务是把净水厂的净化水输配到用水区，如民用住宅区或工业区，然后以引入管将水引进建筑内的给水管中，供生活或生产及消防等用水。水用过后受到污染，变为污水后排到室外排水管网中，有组织的输送到污水处理厂。排水管网同时也要排除大气降落的雨水和雪水，以免影

响生活和生产。另外在输配工作中，水的输送、运动和加压一般是靠水泵来完成的，因而水泵站是输配水工程的“心脏”，没有水泵的正常运行，人们就得不到需要的用水和通畅的排除污水。总而言之，输配水工程是论述水的提升、输配、储存、调剂和使用的技术科学，是给水排水工程中的重要组成部分。

输配水工程是整个给水排水工程中，工程量最大、投资最多的部分，其数量约占给排水工程总投资的 60%~80%。同时输配水工程直接服务于人类，其管道延伸到人们生活、生产的各个角落，与人民关系至为密切，一旦管道设备发生故障，将对生活、生产及防火产生极大的影响。因此在输配水工程的规划、设计、施工和运行中，都必须详细进行方案比较，采用新技术新设备，务必使工程适用、经济、满足生活与生产的需要。

(3) 我国给排水工程的发展

我国第一个给水工程于 1879 年在旅顺建成，其后相继在上海、北京、青岛、广州及南京等地建成自来水厂、污水厂和相应的给水排水管网。1879~1949 年的 70 年间，也只建了大小水厂 75 个，污水厂 3 个及部分管网，而且极不完善。之后 50 多年来，随着国民经济的发展，人民生活水平的不断提高，给水排水工程事业迅速发展起来，很多城市工厂建设了给水排水系统，提高了给水排水的普及率，对保障人民健康，促进生产的发展，起了很大作用。尤其是改革开放以来，我国的给水事业得到了迅速发展，据 1996 年对 528 座城市的统计，共有自来水厂 1329 座，综合生产能力已达 $9060.73 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，售水量为 $216.9 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。据悉我国在“十五”计划期间城市日供水能力继续较快增长。预计到 2015 年，全社会城市日供水能力将达到 $3.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，年供水量达到 $700 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，城市用水人口将达到 4.4 亿左右。

我国是个大国，有十三亿人口，底子薄基础差，尚有很多城乡没有给排水设施，对人们生活水平的改善和提高、工农业生产的发展，都有极大的影响。现在经济发展很快，人民生活水平逐渐提高，尤其是农民也富裕起来，对城乡建设提出更高的要求，给排水工程也必须赶上去。相信在党和国家的正确方针指引下，更大规模的给水排水工程建设必定会迅速发展起来。

第一篇 水泵及水泵站