

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会 编
中国环境保护产业协会

第四版

注册环保工程师 专业考试复习教材

水污染防治工程技术与实践

(上册)

中国环境出版社

注册环保工程师 专业考试复习教材

(第四版)

水污染防治工程技术与实践

(上册)

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会

中国环境保护产业协会

编

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

注册环保工程师专业考试复习教材. 水污染防治工程
技术与实践/全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员
会, 中国环境保护产业协会编. —北京: 中国环境出版社,
2017.3

ISBN 978-7-5111-2896-6

I. ①注… II. ①全… ②中… III. ①水污染防治—
资格考试—自学参考资料 IV. ①X

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第190476号

出 版 人 王新程
策划编辑 沈 建 葛 莉
责任编辑 葛 莉 董蓓蓓 宾银平
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2017 年 3 月第 1 版
印 次 2017 年 3 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 40.75
字 数 970 千字
定 价 380 元(全三册)

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

注册环保工程师专业考试复习教材

编委会

主 任 樊元生

副 主 任 易 斌

常务编委 郝吉明 左剑恶 朱天乐 蒋建国 李国鼎 李志远
余占清 姜 亢 邹 军 燕中凯 刘 媛

编 委 (按姓氏笔画排列)

马 金	井 鹏	方庆川	王玉珏	王敬民	司传海
田贺忠	任重培	刘 君	刘海威	孙 也	何金良
吴 静	张 纯	李 伟	李 彭	李兴华	李国文
纳宏波	邱 勇	邹 军	陈 超	陈德喜	周 律
孟宝峰	尚光旭	罗钦平	姜 亢	胡小吐	席劲瑛
郭祥信	彭 溶	彭孝容	翟力新	樊 星	

《水污染防治工程技术与实践》分册

编写组

主 编：左剑恶

编 写：（按姓氏笔画排列）

马 金 井 鹏 吴 静 李 彭 邱 勇

陈 超 周 律 席劲瑛

前言

环境工程作为一门以环境科学为基础、以工程技术为主导的解决复杂环境问题的工程学科，具有起步晚、发展较快、多学科相互渗透、技术工艺复杂等特点，主要包括水污染防治、大气污染防治、固体废物处理处置、物理污染控制、污染修复等工程技术领域。环保工程师的主要职责就是要在从事环境工程设计、咨询等活动中，通过环境工程措施来削减污染物排放，使其稳定达到国家或地方环境法规、标准规定的污染物排放限值，其从业范围包括环境工程设计、技术咨询、设备招标和采购咨询、项目管理、施工指导及污染治理设施运行管理等各类环境工程服务活动。环保工程师作为环境工程设计、工程咨询服务的主要力量，应具有一定的理论知识、扎实的专业技能、丰富的实际工程经验和良好的职业道德，并能准确理解、正确应用各类环境法规、标准和政策，综合解决各类复杂环境问题。

为加强对环境工程设计相关专业技术人员的管理，提高环境工程设计技术人员综合素质和业务水平，保证环境工程质量，维护社会公共利益和人民生命财产安全，2005年9月1日起国家实施了注册环保工程师执业资格制度，并开始实行注册环保工程师资格考试。注册环保工程师资格考试实行全国统一大纲、统一考试制度，分为基础考试和专业考试，2007年至今，已成功组织了9次考试。

根据新修订的《勘察设计注册环保工程师执业资格专业考试大纲》（2014年版）要求，全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会秘书处和中国环境保护产业协会组织环境工程领域的资深专家重新编写了“注册环保工程师专业考试复习教材”系列丛书，供环境工程专业技术人员参加注册环保工程师资格专业考试复习使用。同时，也供从事环境工程设计、咨询、项目管理等方面的环境工程专业技术人员，以及高等院校环境工程专业的师生在实际工作、教学、学习中参考使用。

本复习教材以《勘察设计注册环保工程师执业资格专业考试大纲》（2014年版）为依据，内容力求体现专业考试大纲对以下三个层次知识和技能的要求：

- （1）了解：是指注册环保工程师应知的与环境工程设计密切相关的知识和技能。
- （2）熟悉：是指注册环保工程师开展执业活动必须熟悉的知识和技能。
- （3）掌握：是指注册环保工程师必须掌握，并能够熟练地运用于工程实践的知识和必备技能。

根据注册环保工程师执业资格专业考试和环境工程专业的特点，本复习教材内容以注册环保工程师应熟悉和掌握的具有共性的专业理论知识、环境工程实际技能为重点，既不同于普通教科书，也不同于一般理论专著，力求达到科学性、系统性与实用性的统一。为保证知识的系统性，本复习教材部分章节的编排并非与大纲一一对应，但其基本涵盖了大纲要求的全部内容。

本复习教材丛书共分五个分册：《水污染防治工程技术与实践》《大气污染防治工程技术与实践》《固体废物处理处置工程技术与实践》《物理污染控制工程技术与实践》《综合类法规 and 标准》。

参加本复习教材编写的单位近 20 个。其中，《水污染防治工程技术与实践》分册由清华大学环境学院编写；《大气污染防治工程技术与实践》分册由北京航空航天大学环境科学与工程系、福建龙净环保股份有限公司、中国恩菲工程技术有限公司、北京纬纶华业环保科技有限公司、广东佳德环保科技有限公司、北京国能中电节能环保技术股份有限公司、北京师范大学、北京科技大学、北京工业大学编写；《固体废物处理处置工程技术与实践》分册由清华大学环境学院、中国城市建设研究院、中国恩菲工程技术有限公司编写；《物理污染控制工程技术与实践》分册由合肥工业大学机械与汽车工程学院、清华大学电机工程与应用电子技术系、首都经济贸易大学安全与环境工程学院、深圳中雅机电实业有限公司、广东启源建筑工程设计院有限公司编写。

本复习教材的编写在全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会专家组的指导下完成，编写过程中得到了编写人员所在单位的大力支持，并参考了我国现行的环境工程高等教育的推荐教材和环境工程手册、专著等，在此表示诚挚的谢意。

本复习教材编写历时两年，不少内容几易其稿，凝聚了全体编写人员的心血。但由于环境工程技术涉及面广，本复习教材又是新考试大纲颁布实施后的重新编写，难免有差错之处，敬请广大读者批评指正，以期在本教材再版时补充和修正。

编 者
2016 年 8 月

目 录

第 1 章 污水处理工程总体设计	1
1.1 污水收集与提升	1
1.2 污水处理厂总体设计	37
第 2 章 污水预处理工程	45
2.1 污水预处理工艺及构筑物设计	45
2.2 污水一级处理（沉淀）工艺及构筑物设计	52
第 3 章 污水生物处理工程基础	60
3.1 活性污泥法	60
3.2 生物膜法	104
3.3 污水生物脱氮除磷	129
3.4 膜生物反应器	137
3.5 厌氧生物处理	144
3.6 污水二级处理工艺设计	155
3.7 生物处理单元构筑物设计	158
第 4 章 污水物理与化学处理工程基础	178
4.1 混凝	178
4.2 沉淀、澄清及浓缩	186
4.3 沉砂	202
4.4 隔油	204
4.5 气浮	207
4.6 过滤	213
4.7 吸附	219
4.8 离子交换	225
4.9 膜分离	232
4.10 中和	244
4.11 化学沉淀	246
4.12 氧化还原	247
4.13 萃取、吹脱和汽提	252
4.14 消毒	255

第5章 污水再生利用工程	260
5.1 污水再生利用的意义与基本原则	260
5.2 污水再生利用的途径与水质要求	261
5.3 再生水水源及水质特征	269
5.4 污水深度处理单元技术	270
5.5 城镇污水深度处理组合工艺	289
第6章 工业废水处理工程	294
6.1 我国工业废水分类、来源及特征	294
6.2 工业废水处理设计的基本方法	298
6.3 纺织染整工业废水处理工艺	301
6.4 制浆造纸工业废水处理工艺	308
6.5 屠宰与肉类加工工业废水处理工艺	317
6.6 酿造工业废水处理工艺	321
6.7 制糖废水处理工艺	330
6.8 食品工业废水处理工艺	334
6.9 制药废水处理工艺	343
6.10 石油化工工业废水处理工艺	355
6.11 电子工业废水处理工艺	361
6.12 化学工业废水处理工艺	362
6.13 钢铁工业废水处理工艺	368
6.14 有色金属冶炼工业废水处理工艺	372
6.15 机械加工工业废水处理工艺	384
6.16 生活垃圾填埋场渗滤液处理工艺	397
6.17 工业园区废水处理工艺	402
第7章 污泥处理工程	405
7.1 污泥的分类及特性	405
7.2 污泥处理技术和方法	407
7.3 污泥的最终处置与利用方法	410
7.4 污泥的浓缩原理及应用	411
7.5 污泥厌氧消化原理及应用	413
7.6 污泥脱水原理及应用	417
7.7 污泥干化原理及应用	420
第8章 污水污泥处理过程的常用设备、药剂及仪表	424
8.1 污水污泥处理过程的常用设备	424
8.2 污水污泥处理过程的常用药剂	451
8.3 污水污泥处理过程的常用仪表	457

8.4 污水污泥处理过程的控制系统	464
第 9 章 污水自然净化工程	472
9.1 人工湿地污水处理技术	472
9.2 污水土地处理技术	479
9.3 污水稳定塘处理技术	490
第 10 章 流域水污染防治工程	499
10.1 水体污染物的来源、特性及其危害	499
10.2 流域水污染防治的原则和主要方法	503
10.3 污染水体水质净化与生态修复主要方法	514

附 件

一、环境质量标准

GB 3097—1997 海水水质标准	523
GB 3838—2002 地表水环境质量标准	530
GB 5084—2005 农田灌溉水质标准	539
GB 11607—89 渔业水质标准	544
GB/T 14848—93 地下水质量标准	549

二、污染物排放（控制）标准

GB 3544—2008 制浆造纸工业水污染物排放标准	554
GB 4287—2012 纺织染整工业水污染物排放标准	561
GB 8978—1996 污水综合排放标准	570
GB 13456—2012 钢铁工业水污染物排放标准	590
GB 13457—92 肉类加工工业水污染物排放标准	598
GB 13458—2013 合成氨工业水污染物排放标准	604
GB 14374—93 GB/T 14375~14378—93 航天推进剂水污染物排放与分析方法标准	611
GB 14470.1—2002 兵器工业水污染物排放标准 火炸药	614
GB 14470.2—2002 兵器工业水污染物排放标准 火工药剂	620
GB 14470.3—2011 弹药装药行业水污染物排放标准	626
GB 15580—2011 磷肥工业水污染物排放标准	633
GB 15581—95 烧碱、聚氯乙烯工业水污染物排放标准	639
GB 18466—2005 医疗机构水污染物排放标准	647
GB 18486—2001 污水海洋处置工程污染控制标准	676
GB 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准	680
GB 19430—2013 柠檬酸工业水污染物排放标准	690

GB 20425—2006	皂素工业水污染物排放标准	696
GB 20426—2006	煤炭工业污染物排放标准	700
GB 20922—2007	城市污水再生利用 农田灌溉用水水质	707
GB 21523—2008	杂环类农药工业水污染物排放标准	712
GB 21901—2008	羽绒工业水污染物排放标准	747
GB 21903—2008	发酵类制药工业水污染物排放标准	752
GB 21904—2008	化学合成类制药工业水污染物排放标准	759
GB 21905—2008	提取类制药工业水污染物排放标准	767
GB 21906—2008	中药类制药工业水污染物排放标准	773
GB 21907—2008	生物工程类制药工业水污染物排放标准	779
GB 21908—2008	混装制剂类制药工业水污染物排放标准	789
GB 21909—2008	制糖工业水污染物排放标准	794
GB 24188—2009	城镇污水处理厂污泥泥质	799
GB 25461—2010	淀粉工业水污染物排放标准	803
GB 25462—2010	酵母工业水污染物排放标准	809
GB 25463—2010	油墨工业水污染物排放标准	815
GB 26877—2011	汽车维修业水污染物排放标准	823
GB 27631—2011	发酵酒精和白酒工业水污染物排放标准	829
GB 28936—2012	缫丝工业水污染物排放标准	835
GB 28937—2012	毛纺工业水污染物排放标准	840
GB 28938—2012	麻纺工业水污染物排放标准	845
GB 30486—2013	制革及毛皮加工工业水污染物排放标准	850
GB/T 18919—2002	城市污水再生利用 分类	856
GB/T 18920—2002	城市污水再生利用 城市杂用水水质	859
GB/T 18921—2002	城市污水再生利用 景观环境用水水质	863
GB/T 19923—2005	城市污水再生利用 工业用水水质	871
GB/T 23484—2009	城镇污水处理厂污泥处置 分类	876
GB/T 23485—2009	城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质	878
GB/T 23486—2009	城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质	882
GB/T 24600—2009	城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质	888
GB/T 24602—2009	城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质	893
GB/T 25031—2010	城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质	899
CJ 343—2010	污水排入城镇下水道水质标准	904

三、环境工程相关技术（设计）规范

GB 50014—2006	室外排水设计规范（2014年版）	913
GB 50335—2002	污水再生利用工程设计规范	973
GB 50428—2015	油田采出水处理设计规范	982
GB 50788—2012	城镇给水排水技术规范	1009

GB 50810—2012	煤炭工业给水排水设计规范	1021
GB 50963—2014	硫酸、磷肥生产污水处理设计规范	1037
GB 50102—2014	工业循环水冷却设计规范	1049
GB/T 50109—2014	工业用水软化除盐设计规范	1083
GB/T 51146—2015	硝化甘油生产废水处理设施技术规范	1102
GB/T 51147—2015	硝胺类废水处理设施技术规范	1112
HJ 471—2009	纺织染整工业废水治理工程技术规范	1122
HJ 493—2009	水质采样 样品的保存和管理技术规范	1139
HJ 574—2010	农村生活污染控制技术规范	1153
HJ 575—2010	酿造工业废水治理工程技术规范	1163
HJ 576—2010	厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范	1185
HJ 577—2010	序批式活性污泥法污水处理工程技术规范	1208
HJ 578—2010	氧化沟活性污泥法污水处理工程技术规范	1234
HJ 579—2010	膜分离法污水处理工程技术规范	1261
HJ 580—2010	含油污水处理工程技术规范	1274
HJ 2002—2010	电镀废水治理工程技术规范	1284
HJ 2003—2010	制革及毛皮加工废水治理工程技术规范	1311
HJ 2004—2010	屠宰与肉类加工废水治理工程技术规范	1334
HJ 2005—2010	人工湿地污水处理工程技术规范	1349
HJ 2006—2010	污水混凝与絮凝处理工程技术规范	1361
HJ 2007—2010	污水气浮处理工程技术规范	1377
HJ 2008—2010	污水过滤处理工程技术规范	1395
HJ 2011—2012	制浆造纸废水治理工程技术规范	1416
HJ 2013—2012	升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范	1438
HJ 2014—2012	生物滤池法污水处理工程技术规范	1457
HJ 2015—2012	水污染治理工程技术导则	1481
HJ 2018—2012	制糖废水治理工程技术规范	1519
HJ 2019—2012	钢铁工业废水治理及回用工程技术规范	1535
HJ 2021—2012	内循环好氧生物流化床污水处理工程技术规范	1550
HJ 2022—2012	焦化废水治理工程技术规范	1574
HJ 2023—2012	厌氧颗粒污泥膨胀床反应器废水处理工程技术规范	1623
HJ 2024—2012	完全混合式厌氧反应池废水处理工程技术规范	1638
HJ 2029—2013	医院污水处理工程技术规范	1654
HJ 2030—2013	味精工业废水治理工程技术规范	1670
HJ 2036—2013	染料工业废水治理工程技术规范	1688
HJ 2038—2014	城镇污水处理厂运行监督管理技术规范	1707
HJ 2041—2014	采油废水治理工程技术规范	1721
HJ 2045—2014	石油炼制工业废水治理工程技术规范	1734
HJ 2047—2014	水解酸化反应器污水处理工程技术规范	1755

HJ 2048—2014 饮料制造废水治理工程技术规范	1766
HJ 2051—2014 烧碱、聚氯乙烯工业废水处理工程技术规范	1784
CJJ 60—2011 城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程	1808
CJJ 131—2009 城镇污水处理厂污泥处理技术规程	1839

四、法律法规

中华人民共和国水污染防治法（中华人民共和国主席令 第八十七号）	1854
---------------------------------------	------

五、技术政策

草浆造纸工业废水污染防治技术政策（环发[1999]273号）	1867
城市污水处理及污染防治技术政策（城建[2000]124号）	1869
印染行业废水污染防治技术政策（环发[2001]118号）	1873
湖库富营养化防治技术政策（环发[2004]59号）	1876
城市污水再生利用技术政策（建科[2006]第100号）	1883
城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策（试行） （建城[2009]23号）	1888

第1章 污水处理工程总体设计

水是城市生存和发展的命脉。治理水污染和保护水资源，不仅是当今世界性的问题，更是我国城乡普遍面临的当务之急。城市污水是城市下水道系统收集到的各种污水，是一种混合污水。人们在生产和生活中产生了大量污水，这些来自工厂、住宅和各种公共建筑中的各类污水，需要及时妥善地排除、处理和利用，如不进行必要的处理，直接排入水体（江、河、湖、海、地下水）或土壤，将会污染环境、破坏自然生态。为避免造成对环境的污染，城市污水必须经过处理达到相关排放标准才能排放。

1.1 污水收集与提升

城市污水按其来源的不同，可分为生活污水、工业废水和由降水所产生的径流污水三类。

生活污水——人们日常生活中用过的水，包括从厕所、浴室、盥洗室、厨房、食堂和洗衣房等处排出的水。生活污水中的主要污染物有蛋白质、动植物脂肪、碳水化合物、尿素、氨氮、合成洗涤剂以及在粪便中出现的病原微生物等。

工业废水——在工业生产中排出的废水。工业废水按照污染程度的不同，可分为生产废水和生产污水两类。工业废水中的污染物因产品性质和生产过程的不同而不同。按其所含污染物的主要成分分类，可分为酸性废水、碱性废水、含氰废水、含汞废水、含酚废水、含油废水等。

降水径流污水——大气降水，包括液态降水（如雨、露）和固态降水（如雪、冰雹、霜等）。通常降雨是排水的主要对象，其在径流过程中被地面的许多污染物污染，如废弃物、垃圾、降尘等。

为保护环境，在进行污水处理与再生利用之前，需要建设一套完整的排水收集系统，即收集、输送、提升等系列工程设施。

1.1.1 排水体制的类型及选择

按城市污水的不同排放方式，其所形成的排水系统，称为排水体制。排水体制一般分为分流制和合流制两种。

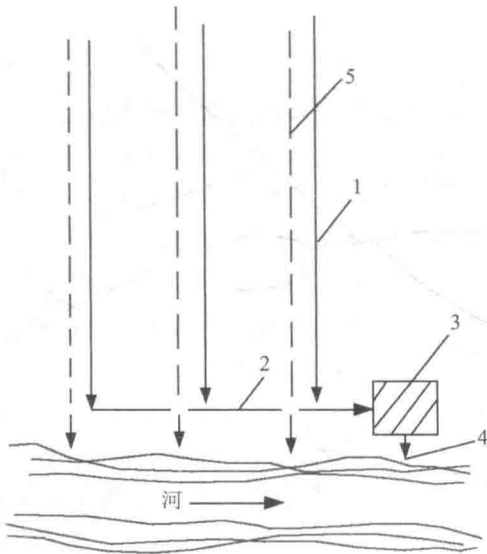
1. 排水体制的类型

（1）分流制排水系统

分流制排水系统是将生活污水、工业废水和雨水分别在两个或两个以上的各自独立的管渠系统内排除。

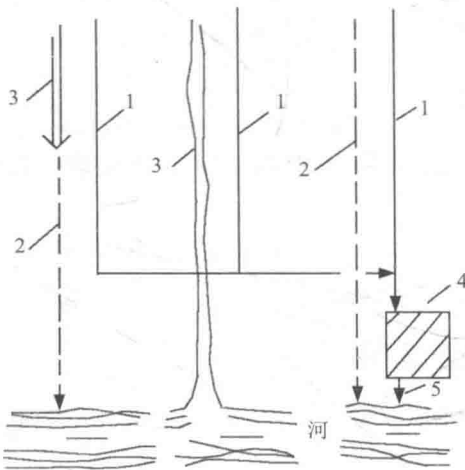
根据雨水管渠系统的完整性，分流制排水系统又可分为完全分流制和不完全分流制两种。完全分流制排水系统中，雨水、污水各自设有单独的排水管道系统。不完全分流制排

水系统中，只设污水排水管道，不设或设置不完整的雨水排水管道系统，雨水沿地面或街道边的沟渠排放。图 1-1 为完全分流制排水系统示意图，图 1-2 为不完全分流制排水系统示意图。



1—污水干管；2—污水主干管；3—污水处理厂；4—出水口；5—雨水干管

图 1-1 完全分流制排水系统



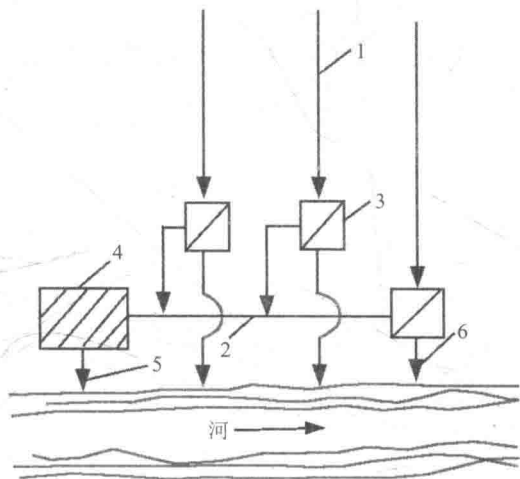
1—污水管道；2—雨水管渠；3—原有渠道；4—污水处理厂；5—出水口

图 1-2 不完全分流制排水系统

(2) 合流制排水系统

合流制排水系统是合用一个管渠系统，将雨水、污水（包括生活污水、工业废水）排除。国内许多老城市由于当时的条件所限，在早期市政建设时都是采用简单的直流式合流系统。

随着城市建设的发展,直流式合流制排水系统已逐渐改造为截流式合流制排水系统(图 1-3)。



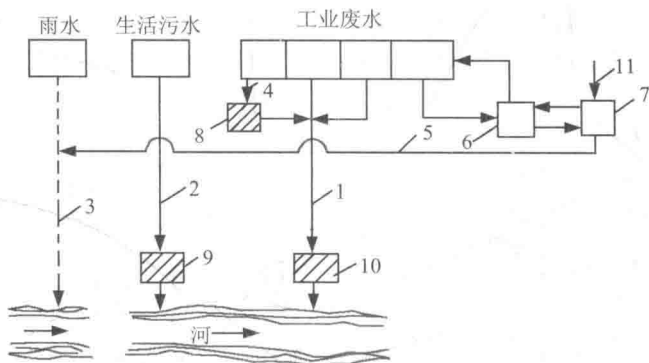
1—合流干管; 2—截流主干管; 3—溢流井; 4—污水处理厂; 5—出水口; 6—溢流出水口

图 1-3 截流式合流制排水系统

(3) 工业企业内部的排水系统

由于工业废水的成分和性质很复杂,在工业企业中,一般采用分流制排水系统。

工厂内废水宜采用分质分流、清污分流等多种管道系统来分别排除不同性质的废水。图 1-4 为具有循环给水系统和局部处理设施的分流制排水系统。工业废水排放要求:不允许将含有特殊污染物质的有害生产污水与生活或一般生产污水直接混合排放,应在车间附近设置局部处理设施。冷却废水经冷却后在生产中循环使用(图 1-4)。



1—生产污水管道系统; 2—生活污水管道系统; 3—雨水管渠系统;

4—特殊污染生产污水管道系统; 5—溢流水管道; 6—泵站; 7—冷却构筑物;

8—局部处理构筑物; 9—生活污水厂; 10—生产污水处理厂; 11—补充清水

图 1-4 工业企业分流制排水系统

工业企业的污水水质如能够满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)、《污水排入城镇下水道水质标准》(CJ 343—2010)等有关标准的规定,有市政排水条件的也可直接排入城市污水管道。

2. 排水系统的组成与布置形式

(1) 城市污水排水系统的主要组成

城市污水排水系统由室内污水管道系统、室外排水管道系统、污水泵站、污水处理厂和出水口组成。

1) 室内污水管道系统

室内污水管道系统的作用是收集建筑内的生活污水，并将其排送至室外居住小区污水管道中。室内污水管道系统主要包括室内卫生设备、排水横管、排水立管、出户管、检查井、化粪池以及室外连接管道。

2) 室外排水管道系统

室外排水管道系统由居住小区污水管道系统（也叫作庭院或街坊污水管网）和街道污水管道系统以及管道上的附属构筑物组成。

街道污水管道系统是指敷设在街道下，用以排除居住小区管道流来的污水，它由排水支管、干管和主干管组成。

管道系统上的附属构筑物有各种检查井、跌水井、倒虹管等。

3) 污水泵站及压力管道

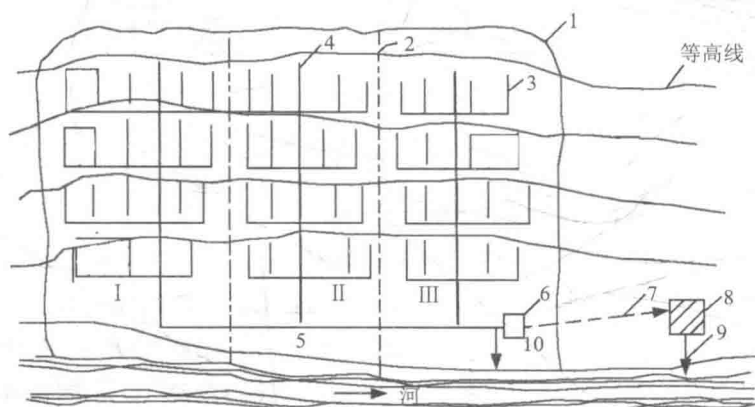
污水一般以重力排除，有时受到地形的限制，需要在管道系统中设置污水提升泵站。污水泵站分为局部泵站、中途泵站和总泵站等。从泵站出来的污水提升至高地的自流管道或至污水厂的承压管段，称为压力管道。

4) 污水处理厂

污水处理厂是由用来处理和处理后再利用的污水、污泥的一系列构筑物和附属建筑物组成的污水处理系统。

5) 出水口及事故排出口

出水口是城市污水排入水体的终点构筑物。事故排出口是在排水系统的中部，或在某些易发生故障的局部前设置的辅助性出水口。图 1-5 是城市污水排水系统示意图。



I, II, III—排水流域

1—城市边界；2—排水流域分界线；3—支管；4—干管；5—主干管；6—总泵站；

7—压力管道；8—城市污水厂；9—出水口；10—事故排出口

图 1-5 城市污水排水系统总平面示意