

环境工程 设计与运行案例

曾光明 袁兴中 李彩亭 等编著



化学工业出版社
教材出版中心

环境工程设计与运行案例

曾光明 袁兴中 李彩亭
刘云国 黄国和 刘鸿亮 等编著



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

环境工程设计与运行案例/曾光明等编著. —北京:
化学工业出版社, 2004. 7
ISBN 7-5025-5972-8

I. 环… II. 曾… III. 环境工程学 IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 083485 号

环境工程设计与运行案例

曾光明 袁兴中 李彩亭
刘云国 黄国和 刘鸿亮 等编著

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 陶燕华

封面设计: 于剑凝

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 26 字数 498 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5972-8/X·510

定 价: 48.00 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

随着经济的发展、社会的进步，环境保护越来越得到世界各国的重视。近年来，各种环境保护工程呈现出蓬勃发展之势，尤其是水污染控制工程、大气污染控制工程和固体废物处理处置工程得到了环境保护工作者的重视。

为全面总结国内外典型的环境工程的设计、施工和运行管理实例，给环境工程相关专业的各类学生提供具体的工程的感性认识和给从事环境工程设计、施工和管理等相关领域的相关科技人员提供借鉴，在中德环境技术中心、中加环境能源生态中心帮助下，特邀请国内相关单位以及德国和加拿大专家共同编写了此书。

全书提供了包括废水、废气和固体废物处理与处置方面的 35 个案例。每个案例介绍了建设背景，工艺流程和特点，设计参数，主要构筑物和设备，运行参数，经济技术分析，工程的运行效果和各项效益评价。书中的有关工艺、技术和参数都是在实际工作中经过反复实践得出的，对相关专业的师生和技术人员具有重要的指导意义。

由于作者水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬请有关专家及广大读者批评指正。

编著者
2004 年 5 月

内 容 提 要

本书主要编辑了中国、德国、加拿大近年来在环境工程领域比较典型并且在实际运行中比较成功的案例。全书提供了包括废水、废气和固体废物处理与处置方面的 35 个案例。介绍了每个案例的建设背景，工艺流程和特点，设计参数，主要构筑物和设备，运行参数，经济技术分析以及工程的运行效果和各项效益评价。

本书可作为环境工程、市政工程等相关专业的教学参考书，也可供环境工程设计、施工和管理等相关领域的科技人员使用。

目 录

水污染控制工程案例

案例 1	德国科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂	3
案例 2	德国埃尔夫特水协会北运河污水处理厂	18
案例 3	德国 Dresden-Kaditz 污水处理厂的改扩建工程	28
案例 4	德国 Roesler 金属表面处理厂污水和废气处理系统的扩建	40
案例 5	德国 EGO-屠宰场废水处理厂的扩建	47
案例 6	加拿大道芬市直饮水工程系统	53
案例 7	加拿大坎图地区地下水石油污染综合治理	64
案例 8	加拿大西部豪斯亚 (Housier) 地区受污染的地下水的复合 修复系统	85
案例 9	漯河市污水处理厂工程	99
案例 10	木兰湖生活污水处理工程——环保节水真空厕所收集系统	114
案例 11	湖南天健制药有限公司废水治理工程	123
案例 12	生活污水人工土快滤处理与回用工程	133
案例 13	株洲千金药业股份有限公司生产废水处理工程	152
案例 14	湖南某市四水厂工艺设计及其特点	162

固体废物处理处置及资源化案例

案例 15	德国法兰克福西北城区废物焚烧处理厂改建项目	175
案例 16	德国 Celle 地区 Hoefer 废物处理厂	186
案例 17	德国威斯巴登市废物循环处理中心	195
案例 18	德国 Bielefeld-Herford 城市垃圾集中焚烧处理厂新建医疗垃圾 焚烧生产线	205
案例 19	德国莱比锡传染性医疗废物集中蒸汽处理工程	217
案例 20	德国废旧电池的回收利用-电池分选工厂项目	228
案例 21	Osnabrueck 市 Bramsche 处理厂对有毒废物的处理、调节和 回收利用	235

案例 22	德国 Stadtallendorf 地区泥堆 (TRI-HEAP) 污染区域的修复	246
案例 23	加拿大 Kenowa 堆肥厂 (处理固体废物)	258
案例 24	上海市浦东新区生活垃圾综合处理厂	272
案例 25	长沙市环保塑化炼油厂	282
案例 26	湖南省永州市城市生活垃圾卫生填埋场	295

大气污染控制工程案例

案例 27	德国威廉港电厂烟气除尘脱硫	309
案例 28	德国罗斯托克 (Rostock) 电厂烟气除尘脱硫系统	321
案例 29	德国 Voerde 地区电厂烟气的除尘脱硫	333
案例 30	德国 Setuza 电厂烟气的除尘脱硫	344
案例 31	加拿大养猪场臭气处理集成生物过滤器系统	351
案例 32	郑州铝厂含硫化氢废气治理一期工程	362
案例 33	北京昌平机车车辆机械厂锅炉除尘脱硫改造工程	375
案例 34	青岛四方机车车辆股份有限公司锅炉烟气除尘脱硫改造工程	384
案例 35	玻璃工厂熔窑烟气脱硫除尘工程	393

水污染控制工程案例

案例 1

德国科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂^①

1.1 科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂的建设背景

科隆市这座历史悠久的世界名城位于莱茵河的中下游，是德国西部的大都市。其城市人口大约为 110 万，面积为 405 km²，是德国人口第四大城市、面积第三大城市。美丽的莱茵河穿城而过，是一条为科隆市的繁荣和发展注入活力的重要河流。因此，从古至今，保护莱茵河的水体不受污染一直都是科隆市排水工程的一项重要任务。

科隆市排水工程始于罗马时代。近代的发展状况如下。

1881 年科隆市开始有规划地建设城市排水系统。1905 年建成科隆城市污水厂，采用格栅处理工艺。

1928 年完成莱茵河虹吸管排水管道。

1953 年建成科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂。当时采用一级处理，处理能力为 100 万人口当量。

1965 年扩建了部分一级处理构筑物。1976 年扩建了二级生物处理。扩建后处理能力为 135 万人口当量。

由于 20 世纪 70~80 年代经济的发展，当时的污水处理厂远不能满足保护莱茵河水质的需要。因此科隆市于 1992 年对科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂进

① 编写者：姚刚，蒋晓云，张盼月，黄谨辉，何静，曾光明。

行了根本的改造。由原来传统活性污泥法改为吸附-生物降解工艺（AB工艺），增加三级处理——生物滤池，进一步除磷脱氮。

由于历史发展的原因，科隆市一直沿用合流制排水系统。科隆市目前共有五座城市生活污水处理厂。扩建后的斯达姆海姆中心污水处理厂占地面积为 35 hm²。设计处理能力为 157 万人口当量（大约 29×10^4 m³ 污水/d），接纳处理大约 85% 的科隆市城市生活污水量。

1.2 污水设计参数

1.2.1 设计人口当量和污水量

根据德国污水技术规范规定，采用人口当量和污水量作为污水厂设计的依据。1992 年扩建时目标值见表 1-1。

表 1-1 设计人口当量

服务居民人口	服务工业废水人口当量	设计人口当量
89.49 万	67.51 万	157 万
57%	43%	100%

设计日污水量：290 000 m³/d；设计旱季最大流量：4.7 m³/s；设计雨季最大流量：9.2 m³/s。

1.2.2 污水水质

德国污水技术规范规定的单位人口当量产生的污染物见表 1-2。由此可以计算出科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂进水的污染负荷设计总量。

表 1-2 德国单位人口当量产生的污染物

参数	设计人口当量/万	单位污染负荷/[g/(人·d)]	总污染负荷/(kg/d)	污水浓度/(mg/L)
COD	157	120	188 400	600
BOD ₅	157	60	94 200	300
N _总	157	11	17 270	55
P _总	157	1.5	2 355	7.5

1.2.3 处理厂出水水质标准

德国水法对于处理后的城市生活污水直接排放水体的最低要求见表 1-3。

表 1-3 德国水法对于处理后的城市生活污水直接排放水体的最低要求

污水厂规模分类	COD/(mg/L)	BOD ₅ /(mg/L)	氮氮, N _总 /(mg/L)	P _总 /(mg/L)
等级 I 进水 BOD ₅ < 60 kg/d	150	40	—	—
等级 II 进水 BOD ₅ 60~300 kg/d	110	25	—	—
等级 III 进水 BOD ₅ 300~1 200 kg/d	90	20	10/18	—
等级 IV 进水 BOD ₅ 1 200~6 000 kg/d	90	20	10/18	2
等级 IV 进水 BOD ₅ > 6 000 kg/d	75	15	10/18	1

科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂出水直接排放到莱茵河，必须遵守德国水法规定的污水直接排放水体的最低排放的标准。该污水处理厂规模属于 V 类，因此科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂必须达到表 1-4 的值。

表 1-4 德国水法规定的污水直接排放水体的最低排放的标准

参数	COD	BOD ₅	N _总	P _总
出水排放浓度限值/(mg/L)	75	15	18	1

1.3 处理工艺流程

科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂于 1992 年在原有污水厂的基础上进行了扩建。根据具体情况，经过综合考虑，选用了吸附-生物降解工艺（AB 工艺）。在活性污泥法处理段投加絮凝剂，完成“同步沉淀”除磷过程。为了确保除磷的要求，污水在活性污泥法处理之后，进行三级处理，采用生物过滤。科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂总工艺流程、污泥和沼气利用工艺流程、污泥消化池热交换工艺流程分别见图 1-1、图 1-2、图 1-3。

1.4 厂区平面布置

科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂始建于 1953 年，到 1992 年扩建时已有 40 年历史。在这 40 年间曾经先后扩建过三次。厂区平面布置比较复杂。厂区平面布置以及主要构筑物的图例说明如图 1-4 所示，其实际工程俯瞰图见图 1-5。

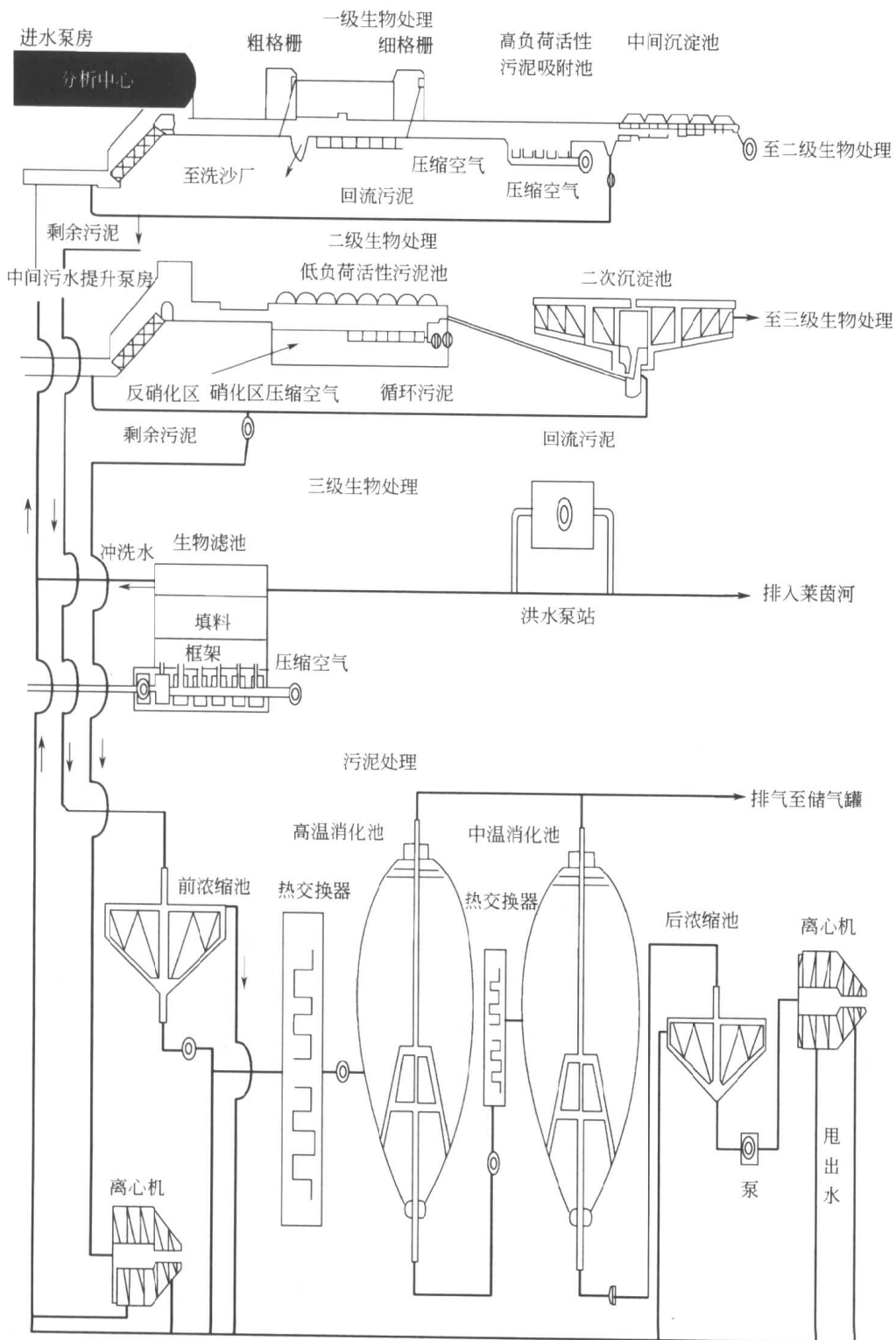


图 1-1 科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂污水、污泥处理总工艺流程

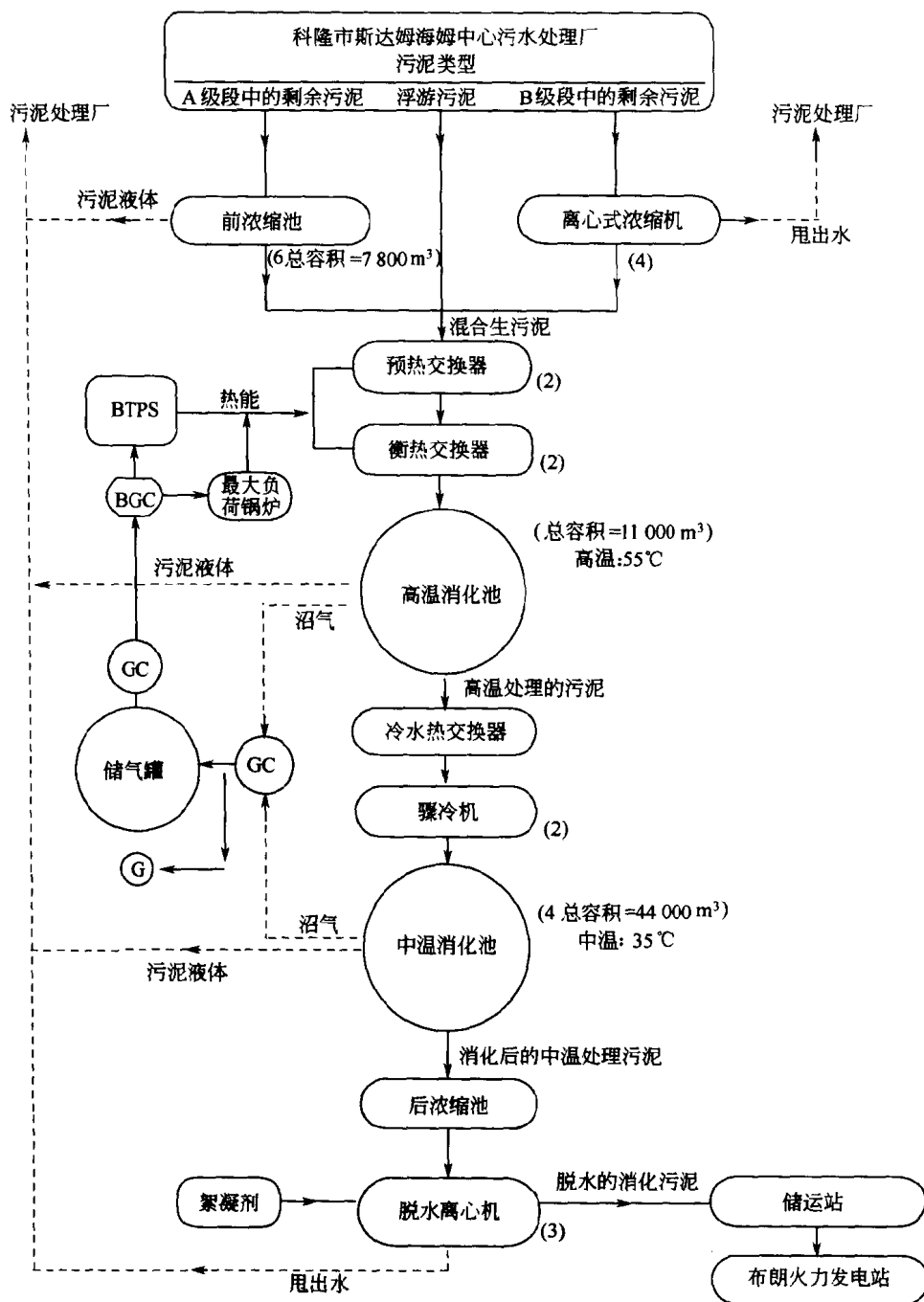


图 1-2 科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂污泥和沼气利用工艺流程
BTPS—组块式热能站；GC—气体净化装置；BGC—沼气压缩机；G—废气燃烧器

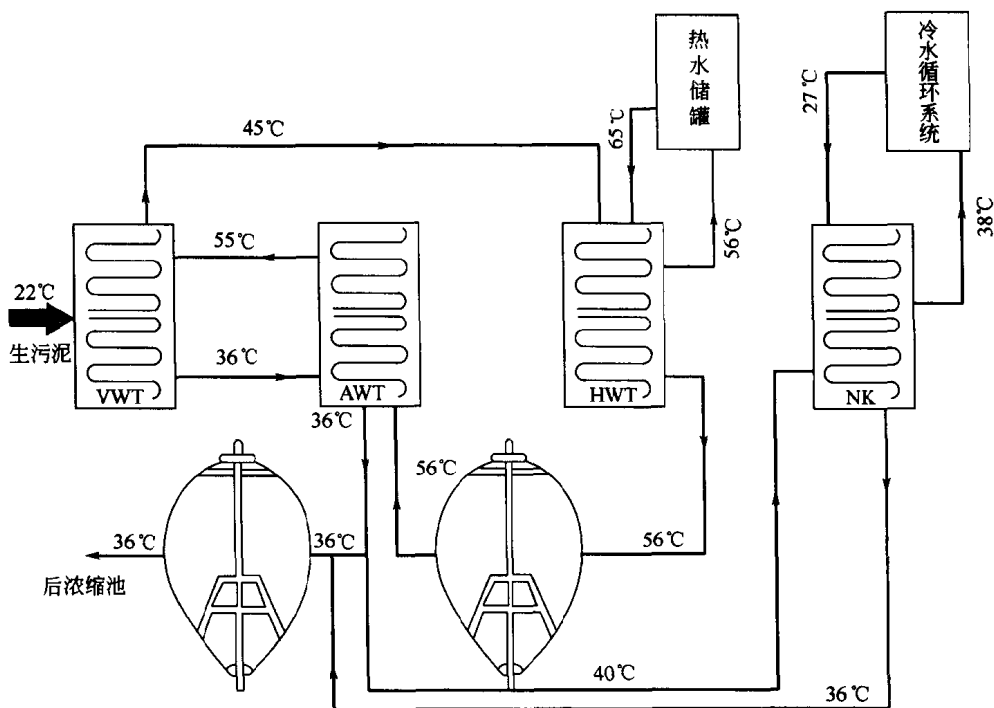


图 1-3 科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂污泥消化池热交换工艺流程
VWT—预热交换器；AWT—冷水热交换器；HWT—衡热交换器；NK—骤冷机

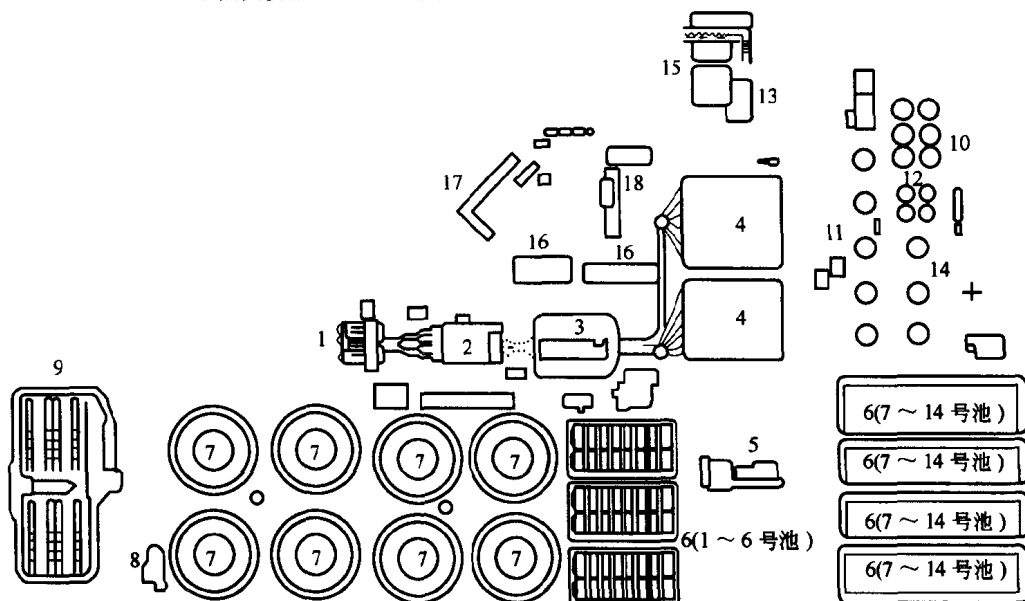


图 1-4 科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂平面布置图
1—进水泵站；2—机械处理；3—A级段；4—中间沉淀池；5—中间提升泵站；6—B级段；7—二次沉淀池；
8—洪水泵站；9—生物滤池；10—初次浓缩；11—厌氧消化；12—二次浓缩；
13—污泥脱水；14—沼气罐；15—热-电联产沼气发电机；
16—办公大楼；17—机修间；18—污水技术研究所

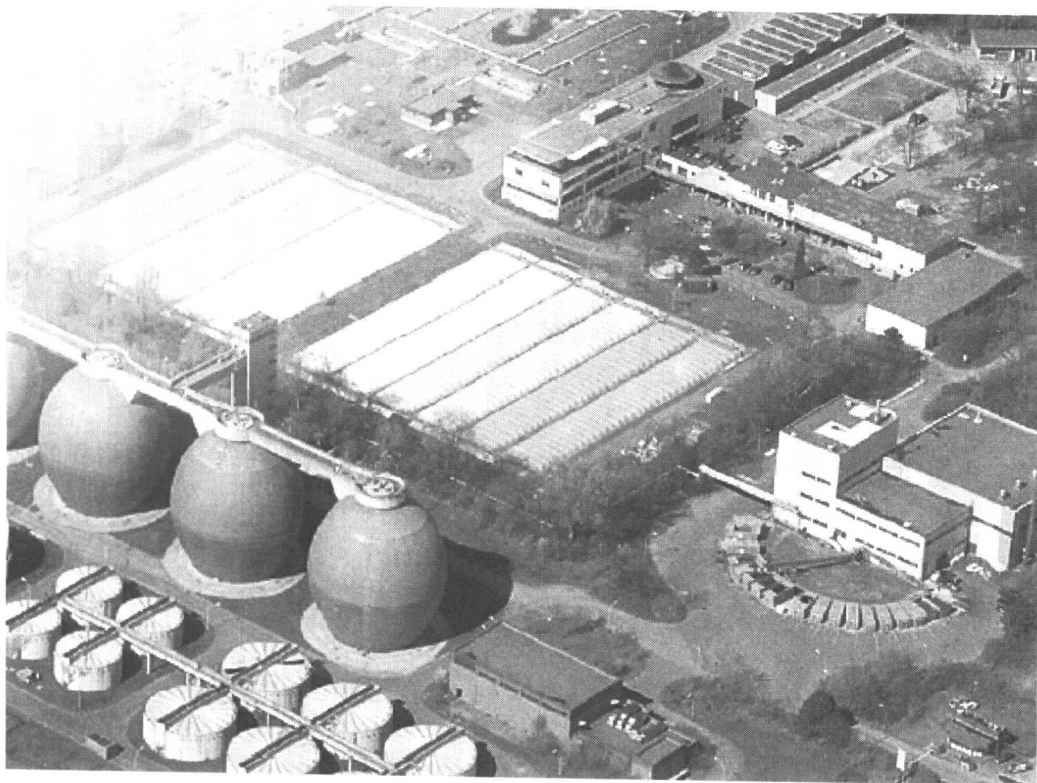


图 1-5 科隆市斯达姆海姆中心污水处理厂俯瞰图

1.5 主要构筑物

1.5.1 进水泵房

中心污水处理厂的排水服务区划分成三部分。

- ① 莱茵河右侧低区：科隆市的南城区；
- ② 莱茵河右侧高区：科隆市的北城区；
- ③ 莱茵河左侧区：科隆市中心区和北岸。

每个排水区设置一条集水干管，三条集水干管进入进水泵房，分别通向进水泵站的三个集水槽。

进水泵站将进水提升后，能自流至中间泵站集水槽。

【设计参数】

最大总流量 $9.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(1) 进水流量 $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$

进水管道为混凝土渠道 (2.5×3.0)，管径 $D = 2.30 \text{ m}$ ；泵的输水能量 $Q = 1.566 \text{ m}^3/\text{s}$ ；扬程 $H = 3.4 \text{ m}$ 。

(2) 进水流量 $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$

进水管为混凝土渠道 (2.8×3.0), 管径 $D = 2.70 \text{ m}$; 泵的输水能量 $Q = 2.335 \text{ m}^3/\text{s}$, 扬程 $H = 2.3 \text{ m}$ 。

(3) 进水流量 $5.3 \text{ m}^3/\text{s}$

进水管为混凝土渠道 (2.8×3.0), 管径 $D = 2.90 \text{ m}$; 泵的输水能量 $Q = 2.666 \text{ m}^3/\text{s}$, 扬程 $H = 3.0 \text{ m}$ 。

所有的泵都安装马达频率调节器, 根据进水流量变化调节泵的输水能力。污水经提升后, 分成四路进入机械处理段 (粗格栅、细格栅、曝气沉砂池)。

1.5.2 粗格栅

粗格栅去除粗大物质、塑料和织物, 以防止管道和泵的堵塞。在粗格栅的前后进行曝气, 以防止砂子在格栅槽沉淀。

4 台粗格栅: 格栅杆粗 15 mm , 间距 15 mm , 宽 3.3 m 。

1.5.3 细格栅

进一步去除悬浮固体 (纤维、纸张等)。4 台细格栅: 格栅杆粗 15 mm , 间距 40 mm , 宽 2.8 m 。

1.5.4 高负荷活性污泥吸附池 (A 级段)

在 A 级段以高负荷将污水中的有机物吸附到活性污泥絮凝体上, 污水中的碳化物部分被降解。生成的活性污泥在中间沉淀池沉淀后, 由回流污泥泵打回到高负荷活性污泥吸附池。

在高负荷活性污泥吸附池中保持适当的污泥浓度十分重要。当污泥负荷达到 $4 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgTS} \cdot \text{d})$ 时, 污泥浓度应在 $2 \text{ kgTS}/\text{m}^3$ 。污泥负荷不应低于 $2 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgTS} \cdot \text{d})$ 。如果污泥负荷太低, 一方面会使微生物偏离高营养水平的最佳范围, 另一方面碳化物降解程度太高, 使 B 级段缺碳, 不利于反硝化脱氮。

【设计参数】

污泥负荷率: $4 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgTS} \cdot \text{d})$; 溶解氧浓度: $0.1 \sim 2 \text{ mg/L}$;

容积负荷率: $8 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$; 中孔曝气, 曝气量: $15\,000 \sim 34\,000 \text{ m}^3/\text{h}$;

污泥浓度: $2.00 \text{ kgTS}/\text{m}^3$; 总池容积: $12\,000 \text{ m}^3$ 。

池子分四组, 每组尺寸如下。

$V = 3.000 \text{ m}^3$; $L = 60.00 \text{ m}$; $B = 8.00 \text{ m}$; $T = 6.25 \text{ m}$ 。

1.5.5 中间沉淀池

污水经过高负荷活性污泥吸附处理后进入中间沉淀池, 活性污泥沉淀浓缩,