

废水处理工艺设计 及实例分析

陈季华 奚旦立 杨大通 编著



高等教育出版社

废水处理工艺设计及实例分析

陈季华 奚旦立 杨大通 编著

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是作者在中国纺织大学环境工程专业从事多年教学、科研和实际工程设计的总结,以中小型工厂废水处理为目标,阐述了工业废水处理设计过程的各个方面。其特点之一是对设计的前期工作,如工厂生产情况调查的重要性的方法、如何进行水质水量调查、小型试验工作进行方法等方面予以较为详细的讨论。特点之二是理论阐述和实例分析相配合,每一段内容、每一种治理技术在阐述其理论、设计计算方法之后,均辅以一实例分析。本书第三章为实例分析,选择了十个实例,涉及到纺织、冶金、化工、制药和食品加工等方面,以上实例均是作者近年工作的成果。

本书可作为环境工程、环境管理和有关设计技术人员使用和参考,亦可作为水污染控制工程课程的教学参考用书。

(京)112号

废水处理工艺设计及实例分析

陈季华 奚旦立 杨大通 编著

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京顺新印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张13.75 插页6 字数 330 000

1980年6月第1版 1993年10月第2次印刷

印数 2 931-4 976

ISBN7-04-002282-6/K·109

定价6.10元

前 言

工业废水处理设计是环境工程的重要内容之一。近年来，环境科学研究单位、大专院校、工程设计单位等做了大量工作，在全国各工矿企业成功地建造了许多废水处理设施，为控制和改善我国水环境质量作出了很大贡献。但由于工业部门众多，产品和生产工艺复杂多变，因此，在废水处理方面还存在许多问题需要解决。特别是中小型企业情况更为复杂，存在问题也多，对于这类废水治理工艺研究和设计应予更多的关注。

本书编写的目的是以中小型工厂废水治理站为目标，阐述废水治理工程的全过程。特别是对前期调查和小试工作介绍得尤为详细。本书另一特点是强调理论联系实际，每一内容、每一种治理技术，在简要讲解原理、设计计算方法之后都举一实例供参考。第三章为实例分析，分别选摘了生产工艺调查、水质水量测定、方案设计、小型和中型试验、深度处理、治理方法的研究和扩初设计等，并尽可能兼顾纺织、冶金、化工、制药及水产食品等行业的废水治理实例。以上实例全部是编著者近年来工作成果。其中第一章第四节及全书草图由杨大通负责，第三章由奚旦立负责，第一章大部分、第二章及全书润色由陈季华负责。本书在组稿和编辑加工过程中得到了张月娥、陈文同志的大力支持。本书全部图由章美钰、杨莉莉同志绘制。在此一并表示感谢。

由于编著者水平有限，编写时间仓促，许多材料未及整理提高，望读者批评指正。

作者

1988年11月

目 录

序.....	(1)
--------	-------

第一章 工程设计的前期工作.....	(3)
--------------------	-------

第一节 废水产生的工艺过程和水 质水量的调查及评价.....	(3)
-----------------------------------	-------

一、调查研究	(3)
二、废水水质和水量的确定	(4)
三、水质水量的评价	(10)

第二节 实验室的试验和研究	(12)
---------------------	--------

一、小型试验	(13)
二、处理方法的研究	(14)
三、实验室的试验研究——实例剖 析	(15)
四、应用实验结果进行方案设计	(20)

第三节 初步设计文件编制	(20)
--------------------	--------

一、设计任务和设计依据	(20)
二、工程规模及废水水质的调查	(20)
三、方案设计	(21)
四、劳动定员及辅助建筑	(23)
五、工程概算及成本分析	(23)
六、存在的问题与建议	(26)

第四节 概(预)算书的编制	(26)
---------------------	--------

一、编制概(预)算的方法	(26)
二、编制概(预)算的实例	(32)
三、综合经济指标	(38)

第五节 废水处理站的总体布 置	(42)
--------------------------	--------

一、废水处理站址选择	(42)
二、废水处理站的平面布置	(42)
三、高程布置及纵断面图	(43)
四、废水处理站的布水、配水与计 量	(44)
五、废水处理系统的水力计算	(46)

第二章 废水处理的工艺设计	(50)
---------------------	--------

第一节 预处理构筑物的设计	(50)
---------------------	--------

一、格栅的工艺设计	(50)
-----------------	--------

二、调节池的设计	(53)
----------------	--------

第二节 沉淀池的设计	(56)
------------------	--------

一、沉淀实验与工艺设计参数的求 法	(56)
二、平流式沉淀池的工艺设计	(62)
三、竖流式沉淀池的工艺设计	(69)
四、辐流式沉淀池的工艺设计	(72)
五、斜板与斜管沉淀池的工艺设计	(73)

第三节 生物膜法处理构筑物的 工艺设计	(77)
------------------------------	--------

一、生物滤池的工艺设计	(77)
二、塔式生物滤池的工艺设计	(79)
三、生物转盘工艺设计	(87)

第四节 活性污泥法的工艺设计	(91)
-------------------------	--------

一、曝气区容积的计算	(92)
二、曝气设备的计算与设计	(93)
三、污泥回流设备的设计	(95)
四、二次沉淀池的设计及剩余污泥 处置	(96)
五、设计实例	(97)

第五节 常用物化处理法的工 艺设计	(105)
----------------------------	---------

一、气浮池的工艺设计	(105)
二、混凝反应池的工艺设计	(111)
三、滤池的工艺设计计算	(117)
四、吸附装置的工艺设计	(120)
五、离子交换设备及计算	(122)
六、电解槽的工艺设计	(126)
七、中和法的工艺计算	(131)

第三章 实例分析	(135)
----------------	---------

实例一 某漂染有限公司染色废 水治理扩初设计	(135)
---------------------------------	---------

实例二 某碳素厂电极糊冷却水、

	轮窑浸渍水治理扩初设计.....(145)		废水治理技术的研究...(187)
实例三	某针织服装厂漂染车间 废水治理方案.....(160)	实例八	牛尿、猪尿污水处理方 案设计.....(190)
实例四	某毛条厂炭化废水水质 水量调查及小试.....(164)	实例九	CTB 活性污泥法处理 水产品废水的中试总结(193)
实例五	毛条厂炭化废水深度处 理的工艺设计计算.....(167)	实例十	洗毛废水闭路循环处理 系统《方案设计》.....(199)
实例六	某钢丝绳厂帘线分厂三 废综合治理技术咨询报 告.....(181)	附录一	氧在蒸馏水中的溶解度.....(206)
实例七	维生素 B ₆ (V _{B₆}) 制药	附录二	空气管计算图.....(207)
		附录三	废水处理工程概(预)算名 词浅释.....(208)

序

水质污染是环境污染的重要组成部分，因工业废水排放而导致水质恶化是水质污染的主要原因。我国经多年来的努力，已在1985年建成两万套废水处理设施，每年大约可处理122.4亿吨废水，防止了大量污染物排入环境。但每年仍有135亿吨废水未经处理直接排放，即只有44%的工业废水经过处理，而达到排放标准的不足40%，因而我国水质污染仍相当严重。据1983年对42个城市55条河流监测结果表明，COD超标的河流占59.3%。尤其严重的是有些城市的河流常年处于黑臭状态，严重危害人体健康。目前，我国乡镇企业的发展对经济繁荣起了很大的作用，但在很大程度上废水治理并未相应配套，这种小型而分散企业的废水治理，不论从技术、经济和管理上都有一定难度。有些国家的工厂废水经初级处理（有毒物质必须处理）后排入城市污水厂集中处理，这在技术、经济和管理上是合理的。由于我国的具体国情，城市污水处理厂短期尚难普及，因此不论城市或农村，在相当长的时间内，为了保证人民身体健康、促进生产发展，各工厂需要自建废水处理站进行二级甚至三级处理，使水质达到排放标准后，才能排入地面水域。

一项废水处理的设计工作包括设计前的准备工作、工艺设计、施工设计和概预算的编制等。各种单项处理技术，如混凝、沉淀、气浮、过滤、吸附、活性污泥法、生物膜法、化学氧化和离子交换技术等，其理论和设计计算较为成熟，不少书籍已予以介绍。施工设计也有成熟的设计规范可供参照。但对前期准备工作，例如生产工艺情况和污染源的调查、水质水量调查、小型试验、治理方案的研究、中型试验等介绍得比较少。众所周知，作为一项完整的工作，在任何一个环节上发生问题，都将影响整个工程的质量。

由于工业部门类别众多，有化工、冶金、纺织、轻工、电力、煤碳……，而每一部门又分若干行业，因此工业废水种类亦繁多。不同的原料、不同的产品，其废水污染物组成和性质各异，治理的方法自然也就不同。即使相同类型的工厂，也应仔细调查，反复核实，做好试验研究工作，取得可靠的设计参数，才能进入设计工作。以印染废水为例，就织物而言有毛、麻、丝、棉、涤纶、晴纶及粘胶纤维等，不同纤维所用的染料不同，例如阳离子染料、活性染料、酸性染料、硫化染料和直接染料等。并且浆料和助剂也不相同。染色过程所产生的废水含有残余的染料、浆料、助剂和纤维屑等，由于其性质不同（如可溶性、可生化性……），治理方法当然不同。另外，目前市场需求的变化很大，迫使许多工厂的生产工艺和产品经常改变，即所谓“少批量、多品种”，从而废水水质水量变化幅度增大，给废水治理带来很大的困难。因此不可能有一种固定工艺流程、治理设备或化学凝聚剂可适用于所有印染废水的治理。

例上海某丝绸印染厂，主要使用酸性染料，废水的COD值在400mg/l左右。该厂采用碱式氯化铝混凝，然后气浮分离，效果很好，COD的去除率在70%左右。而一废水COD值相近的某床单厂套用此设计后，结果却无法达到设计要求。其原因在于，丝绸织物的废水中胶体颗粒较多，投加混凝剂后，颗粒之间相互碰撞凝聚成较大颗粒，经气浮分离可去除这些污

染物。而该床单厂以棉织物为主，使用的活性染料是水溶性的，故废水中缺乏作为凝聚“种子”的颗粒，因此投加凝聚剂后污染物去除效果差，COD 的去除率只有30%。

即使织物、染料都相同的工厂，由于所使用浆料不同，也将影响治理的工艺路线。例如某省一印染厂废水处理站采用活性污泥法，运转正常。另一印染厂产品结构等情况相似，因此设计单位未作深入调查和小型试验就直接套用该厂工艺路线，结果在调试阶段培菌无法成功。经研究，前者生产中所用浆料是淀粉，这种天然浆料可生化性较好，而后者所使用的浆料是合成高分子物质 PVA，不易生物降解，微生物缺乏营养故而难以生长。要想适应投资几十万元的设备，一是改变浆料采用淀粉；二是培菌时投加葡萄糖、面粉等微生物营养物质，但两者均因条件所限不能实现。最后不得不改变治理工艺路线，原有构筑物只好改作预处理设备。

由上可见，废水处理的前期准备工作是十分重要的。

一项废水处理工程工艺路线的确定，除了与水质水量、排放标准、环境和经济效益有关外，实际上还往往与投资金额、场地大小、环境条件、气象和地质状况甚至工程进度都有关系。因此在小型试验基础上，提出几条治理工艺路线，邀请有关方面人士一起讨论，综合各方面因素，分析其利弊，最后确定一种方案，或者综合几种方案的特点确定一条新的工艺流程。这种方案设计的论证工作也是整个工程中必须和重要的一环。

总之，设计的前期工作即调查研究、水质水量测定、小型试验、方案论证等做得愈充分，设计时就愈方便，整个工程的成功也愈有保证。

第一章 工程设计的前期工作

第一节 废水产生的工艺过程和水质水量的调查及评价

设计前的准备工作，实际上是个调查研究的过程。准备工作充分与否、提供资料确切及可靠的程度，直接关系到设计的进度和质量。

调查研究包括厂内调查和厂外调查。通过厂内、厂外实际调查研究，获得第一手调查资料，然后联系本厂生产工艺、产品品种等情况，因地制宜进行具体分析研究，提出可能选用的处理方法，向有关部门征求意见，在初步认可后进行任务书的编制或扩初设计。

一、调查研究

(一) 厂内调查

1. 工厂概况

工厂概况包括工厂生产规模、产品品种、规格、各类产品的产量、主要生产工艺、用水情况、全厂职工人数、生活污水是否流入废水处理站等。在估计产量时，要估计今后五年内发展的可能性，有无转产或改变品种等情况，对现有废水处理或回收设备能力和状况应有确切的资料。

2. 工厂平面布置情况

全厂总平面图或地形图，比例 1:500，附风玫瑰图。

3. 工厂管道布置情况

全厂地下管道或明沟平面布置图，并提供管径、坡度、标高等。若原始资料不足，可进行实测，然后确定进入废水处理站管道或明沟的最低极限标高。

4. 地质资料

废水站附近建筑物情况和地质情况，主导风向，建站后对周围居民的影响，评价地质承载能力的地质资料，必要时在初步设计批准后进行地质钻探。在工程施工过程中，应考虑施工单位起重、运输、材料堆放的可能。建站后污泥应有运输车道及消防车道。在施工前征得城建、消防部门同意。

5. 环境状况

废水处理站附近城市下水道及河流状况（流量、断面、河床渗透能力），以及下游居民用水点的关系等，可分别到城建、环保、卫生防疫、水利、航道等部门走访了解。废水处理站应尽量设置在工业企业及居民区水体的下游及该地区主导风向的下风向，并远离居民点。

(二) 厂外调查

厂外调查情况复杂，调查对象应以同行业同类型或相似类型为主，有针对性地了解同类型厂的生产工艺、单位产品耗水量、废水流量及治理工艺、效率、管理的难易、投资大小、

处理成本……。进行综合评价后，进行小试、中试，确立最佳处理工艺路线。避免对本厂水质、水量心中无数，草草选择某个方案，甚至盲目地照搬、照套，以致工程建成后，发挥不了应有效益，这种情况，在我国屡有发生，应予注意。

二、废水水质和水量的确定

废水水质、水量是设计的主要依据，是影响废水治理工程技术经济效果的重要因素。因此厂方提供给设计单位的水质、水量资料必须正确并具有代表性，条件允许可进行同步测定，在无实测数据（三同时企业）的情况下，尽量采用比较接近的实际资料。

废水水质、水量的调查实质上是小试前的准备。内容包括：废水排放点的位置及其标高；废水排放日流量的变化；废水排放时相应于其时流量时的水质情况。

通过实测，进行物料衡算，统计排放污染物的浓度及总量。

（一）废水水量的测定

测定废水水量时应根据排放规律，决定观测时间，废水排放较稳定时，观察时间可较短，废水排放量变化时，应作较长时间观察。在实际测定时，应于生产处于正常状态，排水系统良好的情况下进行。

废水量测定方法很多，应根据现场的具体情况决定。在无蒸发及反应消耗的情况下，废水量和用水量基本上是相等的，而当有反应消耗时，可通过水平衡方法以用水量计算废水量；当废水需用水泵提升时，可通过水泵型号及运行压力估计废水量；在废水处理站（厂）有水量计量装置时，应充分利用这些装置正确计量废水量；在无固定测流装置情况下，可以用临时方法测定废水流量，在这些方法中，较普遍使用的有：

1. 容器法

在水流的出口处或水流有适当落差的地方，用容器测流量 $Q(\text{m}^3/\text{min})$ ，

$$Q = 60 \times \frac{V}{t} \quad (1-1)$$

式中： V ——容器容积（ m^3 ）； t ——充水时间（ s ）。

这种方法比较准确，但仅限于小水量的测定，而且仅适用于在排水点处能设置充水容器的情况下。

2. 流速计法

用流速计测量流量是比较好的方法，其适用于大水量的明槽，也适用于较小流量的测定，这种方法要求槽内最小水深为 5cm，最低流速不小于 0.05 m/s。其流量 Q 可由下式求得：

$$Q = A \cdot v \quad (1-2)$$

式中： Q ——废水流量（ m^3/s ）； A ——明槽横断面面积（ m^2 ）； v ——流速（ m/s ）。

3. 浮子法

在水深小、水流路径直的渠道中可用浮子法测流量。这种方法比较简便，根据直段的水流、平均流速等于表面最大流速的 0.75 倍的原则，将浮子置于渠水面中轴线处，测得表面最大流速 v_{max} ，则平均流速 v 为：

$$v = 0.75 v_{\text{max}} \quad (1-3)$$

流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ 为: $Q = A \cdot v$ (1-4)

式中: A ——平均过水断面面积 (m^2); v ——平均水流速度 (m/s)。

例: 某印染厂染整车间废水排放通过明沟进入废水处理站, 明沟截面尺寸为 $400(\text{mm}) \times 700(\text{mm})$, 槽中水深为 10cm , 用浮子测得明沟中最大流速为 $v_{\text{max}} = 0.6\text{m}/\text{s}$, 求染整车间的排水量。¹

解: 明沟中水流平均流速为:

$$v = 0.75v_{\text{max}} = 0.75 \times 0.6 = 0.45(\text{m}/\text{s})$$

$$\begin{aligned} \text{流量} \quad Q &= A \cdot v = 0.4 \times 0.1 \times 0.45 = 0.018\text{m}^3/\text{s} = 64.8\text{m}^3/\text{h} \\ &= 1555.2\text{m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

通过浮子法测定, 可知染整车间排放废水量为 $1555.2(\text{t}/\text{d})$

4. 插板法

在水流途中, 利用一定形状的插板, 拦阻水流, 使水流溢过插板, 测定插板上的水位, 计算流量。常用方法有以下几种:

(1) 直角三角形插板法 (如图 1-1) 其流量按下式计算:

$$Q = k/2^{5/2} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-5)$$

式中: k ——流量系数, 当 $H = 0.021 \sim 0.200\text{m}$ 时, k 取 1.4 ; H ——直角顶以上水头 (m)。

这种三角堰形式的插板法, 适用于流量小于 $100\text{l}/\text{s}$ 的废水。

(2) 闸下出流插板法 (如图 1-2) 其废水流量按下式计算:

$$Q = \mu A \sqrt{2gH} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-6)$$

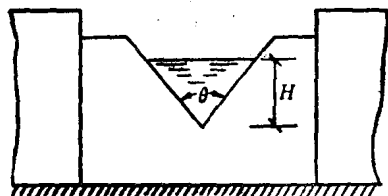


图1-1 直角三角形插板法

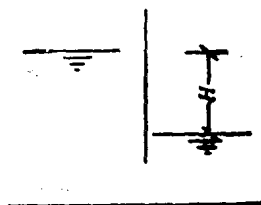


图1-2 闸下出流插板法

式中: μ ——流量系数, 一般采用 $0.6 \sim 0.7$, 近似值为 0.62 ; A ——闸板下孔口面积 (m^2); g ——重力加速度 (m/s^2); H ——闸板前后的水位差 (m)。

(3) 四边形插板法 (如图 1-3) 其废水流量按下式计算:

$$Q = kBH^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-7)$$

式中: k ——流量系数, 一般取 1.85 ; B ——堰口宽度 (m); H ——堰上水头 (m)。

(4) 梯形插板法 (如图 2-4) 其废水流量按下式计算:

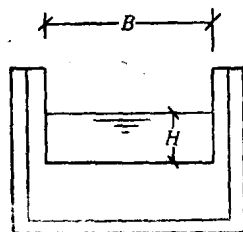


图1-3 四边形插板法

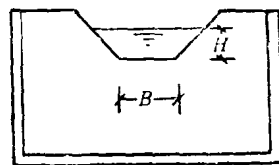


图1-4 梯形插板法

$$Q = 1.86 B H^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-8)$$

式中: B ——梯形堰底宽; H ——梯形堰底上的水深。

例: 上海某城市污水处理厂, 其初沉池出口至曝气池入口设有梯形堰计量装置, 梯形堰底宽 $B = 2(\text{m})$, H 为 $0.35(\text{m})$, 则其流量为:

$$\begin{aligned} Q &= 1.86 \times 2 \times 0.35^{1.5} (\text{m}^3/\text{s}) = 0.770 (\text{m}^3/\text{s}) \\ &= 66528 (\text{m}^3/\text{d}) \end{aligned}$$

5. 浓度法

在水流急, 混合状态良好的情况下, 如废水需抽升时或在用承压管输送长度较大, 弯道较多的时候, 可采用浓度法测定流量。

采用如萤光素和若丹明 (蓝光碱性蕊香红 $\text{C}_{22}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O}_5\text{Cl}$) 或其他类型的盐类作示踪剂, 假定在流量为 Q 的废水流中示踪剂的浓度为 C_0 , 单位时间投入废水的示踪剂浓度为 C_1 , 流量为 q , 混合后的浓度为 C_2 , 则:

$$C_0 Q + C_1 q = C_2 (Q + q) \quad (1-9)$$

$$Q = \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0} q \quad (1-10)$$

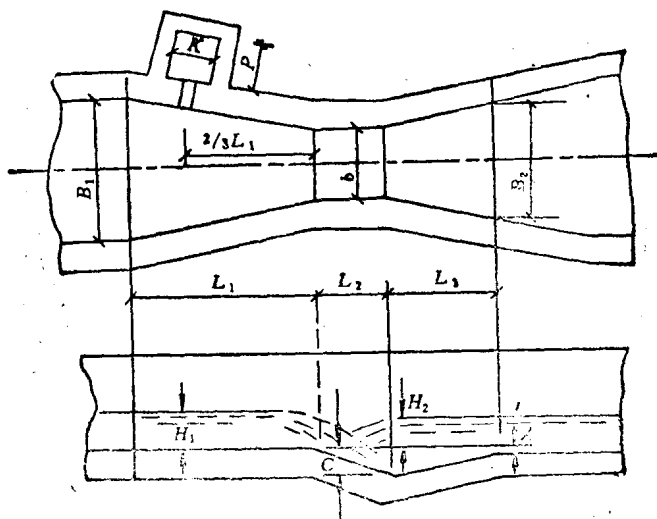
若 $C_1 \gg C_0$, $C_0 \approx 0$ 时, 则 (1-10) 可简化为:

$$Q = \frac{C_1}{C_2} q \quad (1-11)$$

6. 计量槽法

计量槽又称巴氏计量槽, 是污水处理厂为计量废水量而建成的一种开敞咽喉式装置, 通过喉段水深与上游渠道水深计算流量。

咽喉式计量槽的构造如图 1-5 所示。它是一个具有收缩段的明渠, 槽应设在渠的直线段上, 槽的中心线应与渠中心线相重合。该直线段应比渠宽大 8~10 倍以上。计量槽上游



计量槽 (巴氏槽)

图1-5 咽喉式计量槽构造图

直渠段应不小于渠宽 2~3 倍, 下游不得小于 4~5 倍。

计量槽的喉宽一般为上游渠道水面宽度的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 。当喉宽为 0.25 m 时, 喉段尺水深 H_2 与上游水深 H_1 的比值 $(H_2/H_1) \leq 0.6$ 时, 水流为自由流, $H_2/H_1 > 0.64$ 时水流为潜没流, 当喉宽 > 0.25 m 时, $H_2/H_1 \leq 0.7$ 为自由流, $H_2/H_1 > 0.7$ 为潜没流。在水流为自由流情况下, 只要记录上游标尺读数, 即可计算流量, 而且所得结果较为正确, 因此, 尽可能采用自由流形式。

通过计量槽的流量与水深有关, 量得水深后, 便可求得计量的流量, 当自由流时, 通过计量槽的流量可按下式求得:

$$Q = mbH_1^a \tag{1-12}$$

式中: Q ——通过计量槽的流量 (m^3/s); b ——喉宽 (m), 一般取上游进水槽宽的 $1/3 \sim 1/2$; H_1 ——计量槽上游水深 (m); m, a ——计算系数, 与槽的构造尺寸有关, 当 $b = 0.15$ (m) 时, $Q = 0.384H_1^{1.48}$, 当 $b = 0.3 \sim 1.5$ (m) 时, $Q = 2.365H_1^2$ 。

不同喉宽, a 的数值可由表 1-1 查得:

表1-1 喉宽 b 与 a 的关系

喉宽 b (m)	0.3	0.5	0.75	1.00	1.25	1.50
a	1.522	1.541	1.557	1.569	1.578	1.585

为了保证计算流量正确, 当 $b = 0.15$ m 时, H_2 (喉段水深) 不应大于 $0.5H_1$ 。当 $b \geq 0.3$ (m) 时, H_2 不应大于 $0.7H_1$ 。对不同测量范围计量槽的构造尺寸, 可参考表 1-2。

表1-2 计量槽各部推荐尺寸

通过流量 (l/s)		计 量 槽 尺 寸 (cm)									
最 小	最 大	b	L_1	L_2	L_3	B_1	B_2	A	C	K	P
5	60	15	60	30	60	40	40	7.5	11.5	40	40
5	500	30	125	60	90	84	60	7.5	22.5	50	50
10	1000	50	145	60	90	108	80	7.5	22.5	50	50
10	1250	75	157.5	60	90	138	105	7.5	22.5	50	50
20	1500	100	170	60	90	168	130	7.5	22.5	50	50
20	2000	125	182.5	60	90	198	155	7.5	22.5	50	50
30	3000	150	195	60	90	228	180	7.5	22.5	50	50

(二) 废水水质的测定

在废水量测定的同时, 要进行废水水质调查。水量数据应与水质分析数据相配合, 即同步测定, 以便全面掌握废水的物理、化学和生物学等方面的特性及水质变化的规律, 为废水治理工艺的确立提供依据。

反映水体质量的指标很多, 从大类上可分为物理性质指标(如: 温度、色度、残渣、电导率、浊度等); 金属(主要有毒重金属, 如: 汞、镉、铅、铬等); 非金属无机物(如: 酸度、碱度、pH 值、氰化物、氟化物、硫化物、氨氮、砷和溶解氧等)和有机化合物。有机

污染物种类多、含量低、易变化，所以较少测定某一有机污染物。而是直接或间接地测定总有机化合物（如化学需氧量、生化需氧量、总有机碳等）或某一类有机化合物（如油类、酚类等）。

常用的水质污染指标有下列几项：

1. 悬浮物 (SS)

悬浮物也称悬浮物质，是废水的重要污染指标。废水中悬浮物形成浑浊，带来表观色度。悬浮物是通过过滤法测定的，滤后的滤膜或滤纸上截留下来的物质即为悬浮物。悬浮物包括悬浮的无机物和有机物，单位：mg/l。

2. 生物化学需氧量 (BOD₅)

生物化学需氧量是废水被有机物污染程度的综合指标，它表示了废水中有机物由于微生物的生物化学作用，进行氧化分解所需要的氧量 (mg/l)。但是，有机物的生物分解是一个缓慢的过程，要把可分解的有机碳全部分解，常常需要20 d 以上的时间。目前，国内外普遍采用的是在温度为20℃，5 d 培养时间所消耗的氧作为指标，称为 BOD₅。另外，有些工业废水不具备微生物繁殖的条件，如：ABS、PVA 等不可生物降解，不消耗氧，生化需氧量无法进行测定，因此，该指标有着一定的局限性。

3. 化学需氧量 (COD)

化学需氧量是用强氧化剂在一定条件下氧化水样，根据所消耗氧化剂量，以氧的 mg/l 表示。它是废水中各种还原性物质还原性能大小的指标。各种有机物都具有还原性，此外亚硝酸盐、亚铁盐、硫化物、硫代硫酸盐等无机物均是还原性物质。由于一般无机还原性物质在废水中数量不大，而废水中有机物的污染却极为普遍，因此常把化学需氧量看作是废水中所含有机物量的相对指标。与生物化学需氧量比较，化学需氧量测定时间短，而且不受水质限制，绝大多数有机物能被氧化剂（重铬酸钾）氧化，准确度高。但它不能确定有机化合物的类型和绝对数量。所以在分析废水成分时，除测定化学需氧量外，还应配合测定有毒有害的有机物含量。

化学需氧量一般高于生化需氧量，其间的差值，能够约略反映不能为微生物所降解的有机物，如果废水中的有机物的数量和组成相对恒定，二者间有一定的相关关系，可以互相推算求定。

废水中的化学需氧量可以分为生物可降解和生物不可降解二大部分，若用公式表示即：

$$\text{COD} = \text{COD}_B + \text{COD}_{NB} \quad (1-13)$$

令
$$m = \frac{\text{COD}_B}{\text{BOD}_5} \quad (1-14)$$

可将 (1-13) 式改写为：

$$\text{COD} = m\text{BOD}_5 + \text{COD}_{NB} \quad (1-15)$$

从 (1-15) 式中可看出 COD 与 BOD₅ 成线性关系。

利用公式 (1-15) 可以求出 BOD₅ 的计算值，从而达到用 COD 测试代替 BOD₅ 的测试，其方法简便可靠。作者曾对上海、江苏地区某些厂作调查，并回归了 COD 与 BOD₅ 线性相关的公式，以江苏某印染厂为例，废水中 BOD₅ 与实测 COD 的相关关系见表 1-3。

用数学回归后得该厂印染废水 COD 与 BOD₅ 的关系式：

表1-3 某印染厂废水中 BOD₅ 与 COD 相关关系

编 号	实 测 COD (mg/l)	实 测 BOD ₅ (mg/l)	计 算 BOD ₅ (mg/l)	相 对 偏 差 (%)
1	951.6	370.7	372.3	0.42
2	532.2	166.5	168.4	1.42
3	759.0	233.4	273.4	16.17
4	833.5	322.7	339.3	4.88
5	865.5	341.5	330.6	3.80
6	935.9	406.1	345.3	17.59
7	919.0	358.1	373.5	0.43
8	892.3	333.9	313.6	2.80
9	1077.4	405.3	433.3	6.47
10	983.8	407.9	387.9	5.13
11	874.9	336.1	335.2	0.27
12	816.5	285.9	306.8	6.73
13	727.8	261.5	263.0	0.86
14	637.1	229.1	219.8	4.24
15	457.8	178.2	132.8	31.15
16	859.4	323.0	327.6	1.40
17	811.2	280.3	304.2	7.87
18	775.1	255.4	285.7	10.94
19	779.1	279.6	238.7	3.13
20	650.6	240.0	226.3	6.02
21	634.5	259.8	218.6	13.87
22	670.9	259.0	236.2	9.60
23	863.7	343.7	329.7	5.21
24	917.7	350.9	355.9	1.41
25	856.6	337.9	326.2	3.56
26	535.4	156.1	170.5	8.40

$$\text{COD} = 2.06\text{BOD}_5 + 183.8 \quad (1-16)$$

或
$$\text{BOD}_5 = 0.485\text{COD} - 89.2 \quad (1-17)$$

由于 COD 测定只需 2~3 小时, 且精确度高, 即使用相关关系计算 BOD₅ 会有一些误差, 但从 BOD₅ 的实测与 BOD₅ 的计算值比较, 平均相对偏差均小于 10%, 而 BOD₅ 测定误差一般在 20% 左右。因此在废水处理站 (厂), 若进水水质稳定, 可用线性回归方程求 BOD₅。

用高锰酸钾作氧化剂, 测得的耗氧量以前称为锰法化学需氧量 (COD_{Mn})、高锰酸钾耗氧量 (或简称耗氧量, 一般以 OC 表示), 目前规定称作高锰酸盐指数, 也是常用指标之一, 它与化学需氧量相比氧化程度较低, 但测定时间较短。

4. pH 值、酸度和碱度

pH 值是水中氢离子活度的负对数值, 它表示水的酸性 (或碱性) 的强弱, 是强度因素。pH 值影响水体的许多化学和生化反应, 是重要的水质指标。

酸度 (或碱度) 是表示水的酸性 (或碱性) 大小, 是一容量因素。如酸度是指用标准碱滴定水样至一定 pH 值时所消耗的碱量, 由强酸或弱酸所形成相同 pH 值的废水, 它们的

酸度是不一样的。因此在废水治理中酸度（或碱度）是重要参数之一。

5. 污染物质排放标准

污染指标繁杂，在此不一一予以解释。各类废水应根据其主要污染物质，予以控制，在废水治理设计中，应根据我国污水综合排放标准（GB8978-88）进行设计，现摘录其中部分内容：

（1）第一类污染物 第一类污染物是指能在环境或动植物体内蓄积，对人体健康产生长远不良影响者，含有此类有害污染物质的污水，不分行业和污水排放方式，也不分受纳水体的功能类别，一律在车间或车间处理设施排出口取样，其最高允许排放浓度必须符合表1-4的规定。

表1-4 第一类污染物最高允许排放浓度(mg/l)

污 染 物		最高允许排放浓度
1 总 汞		0.05 ^①
2 烷基 汞		不得检出
3 总 镉		0.1
4 总 铬		1.5
5 六 价 铬		0.5
6 总 砷		0.5
7 总 铅		1.0
8 总 镍		1.0
9 苯并(a) 芘 ^②		0.00003

注：①烧碱行业（新建、改建、扩建企业）采用 0.005mg/l。

②为试行标准，二级、三级标准区暂不考核。

（2）第二类污染物 第二类污染物是指其长远影响小于第一类的污染物质，在排污单位排出口取样，其最高允许排放浓度和部分行业最高允许排水定额必须符合表1-5的规定。

GB8978-88 还针对一些行业的具体情况规定了一些污染物的控制标准和最高允许排水量或最低允许水循环利用率，在此不一一列举了。

三、水质水量的评价

由于工业废水的污染物组成复杂，往往一种废水存在着几种有害物质或有毒物质，为了抓住治理重点和正确反映各种污染物质对环境的危害，必须了解各种污染物质排出的总量，并计算污染负荷及其他评价指标。

（一）评价污染物质的指标

评价污染物质的指标有：污染负荷、超标倍数、等标负荷等。其中以污染负荷用得较多。

1. 污染负荷

污染负荷是指排污的强度，表示每日排放污染物的绝对量，可用下式表示：

$$W_i = C_i Q \quad (\text{kg/d 或 t/d}) \quad (1-18)$$

式中： W_i ——某种污染物质的污染负荷（或排污绝对量）（kg/d 或 t/d）； C_i ——废水中某种

表1-5 第二类污染物最高允许排放浓度(mg/l)

	一 级 标 准		二 级 标 准		三 级 标 准
	新 扩 改	现 有	新 扩 改	现 有	
1 pH	6~9	6~9	6~9	6~9 ^①	6~9
2 色度	50	80	80	100	—
3 悬浮物	70	100	200	250 ^②	400
4 生化需氧量(BOD ₅)	30	60	60	80	300 ^③
5 化学需氧量(COD _{Cr})	100	150	150	200	500 ^③
6 石油类	10	15	10	20	30
7 动植物油	20	30	20	40	100
8 挥发酚	0.5	1.0	0.5	1.0	2.0
9 氰化物	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
10 砷化物	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
11 氟化	15	25	25	40	—
12 氟化物	10	15	10	15	20
	—	—	20 ^④	30 ^④	—
13 磷酸盐 (以P计) ^⑤	0.5	1.0	1.0	2.0	—
14 甲醛	1.0	2.0	2.0	3.0	—
15 苯胺类	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0
16 硝基苯类	2.0	3.0	3.0	5.0	5.0
17 阴离子合成洗涤剂(LAS)	5.0	10	10	15	20
18 铜	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0
19 锌	2.0	2.0	4.0	5.0	5.0
20 镉	2.0	5.0	2.0 ^⑥	5.0 ^⑥	5.0

注：①现有火电厂和粘胶纤维工业，二级标准pH值放宽到5.5。

②磷肥工业悬浮物放宽至300mg/l。

③对排入带有二级污水处理厂的城镇下水道的造纸、皮革、食品、洗毛、酿造、发酵、生物制药、肉类加工、纤维板等工业废水，BOD₅可放宽至600mg/l；COD_{Cr}可放宽至1000mg/l。具体限度还可以与市政部门协商。

④为低氟地区（系指水体含氟量<0.5mg/l）允许排放浓度。

⑤为排入蓄水性河流和封闭性水域的指标。

⑥合成脂肪酸工业新扩改为5mg/l，现有企业为7.5mg/l。

污染物质的浓度 (g/l)；Q——废水日流量 (t/d)。

从 (1-18) 式可知，污染负荷是废水量与浓度的乘积，反映了该污染物质进入环境的绝对量。

2. 超标倍数

超标倍数是指废水中含污染物质的浓度与污水综合排放标准之比。用下式表示：

$$N = C_i / C \quad (1-19)$$

式中：N——超标倍数；C_i——废水中含污染物的浓度 (mg/l)；C——排放标准 (mg/l)。

3. 等标负荷

等标负荷是指排放污染物质的绝对量与排放标准的比值。用下式表示：

$$P = \frac{C_i Q}{C} = \frac{W_i}{C} \quad (1-20)$$

式中符号意义与 (1-18)、(1-19) 式相同