

工业废水处理工程

(上)

湘潭大学化工系环境工程教研室

1983.8.

前 言

本书是受化工部委托而编写的，全书分上、下两册。

参加编写工作的有：

刘永淞（第一、二、四至七、二十至二十六、二十八、
二十九及三十二章）

杨润昌（第三、十至十九、二十七、三十、三十一章）

张森林（第八、九章）

由于我们的水平有限，时间仓促，书中有不当之处，
敬请读者批评指正。

湘潭大学环境工程教研室

一九八三年十月

目 录 (上)

第一篇 总 论

第一章 工业废水概述..... (1)

第一节 工业废水来源与特性..... (1)

第二节 废水水质指标..... (5)

第三节 废水污染源调查和评价..... (7)

第二章 水体污染与防治..... (14)

第一节 水体污染及其危害..... (14)

第二节 水体自净..... (15)

第三节 水污染防治措施..... (30)

第四节 废水处理方法总述..... (31)

第五节 废水处理效率的确定..... (34)

第六节 水体环境质量评价及水污染的预测预报..... (35)

第三章 废水处理过程动力学及反应器..... (45)

第一节 概 述..... (45)

第二节 过程动力学..... (51)

第三节 反应器..... (58)

第二篇 废水处理的物理方法

第四章 废水水量与水质的均衡调节..... (80)

第一节 水量均衡..... (80)

第二节 水质均衡..... (81)

第五章 重力分离..... (85)

第一节 重力沉降的基本理论..... (85)

第二节 沉砂池..... (97)

第三节 沉淀池..... (100)

第四节 焦油沉淀池..... (114)

第五节 隔油池..... (115)

第六章	离心分离	(120)
第七章	过 滤	(125)
第一节	过滤的类型及机理	(125)
第二节	滤网过滤	(128)
第三节	普通滤池的构造与设计	(132)
第四节	其他类型的滤池	(147)
附:	几个公式的推导	(149)
第八章	磁分离法	(155)
第一节	废水污染物质的磁性分类	(155)
第二节	磁分离原理	(157)
第三节	磁分离设备	(161)
第四节	磁分离法处理废水	(175)
第三篇 废水处理的物理化学方法		
第九章	浮 选	(180)
第一节	浮选理论基础	(181)
第二节	浮选药剂作用机理及分类	(195)
第三节	泡沫分离	(200)
第四节	泡沫浮选	(213)
第十章	吸 附	(230)
第一节	吸附的基本理论	(230)
第二节	吸附剂与吸附剂的解吸再生	(237)
第三节	吸附过程与吸附装置	(244)
第四节	吸附装置设计	(246)
第五节	吸附法的应用	(256)
第十一章	离子交换	(262)
第一节	离子交换剂	(262)
第二节	离子交换的基本理论	(268)
第三节	离子交换的工艺流程	(273)
第四节	离子交换设备及计算	(275)
第五节	离子交换法的应用	(279)
第十二章	电渗析	(283)
第一节	电渗析原理	(283)

(80) 第二节	离子交换膜·····	(284)
(01) 第三节	电渗析器的组成·····	(290)
第四节	电渗析过程及操作控制·····	(294)
(71) 第五节	电渗析器的计算·····	(299)
(71) 第六节	电渗析法的应用·····	(305)
(18) 第七节	渗 析·····	(307)
(881)	·····	(310)
第十三章	反渗透 ·····	(310)
第一节	渗透和反渗透·····	(310)
(88) 第二节	反渗透膜·····	(311)
(08) 第三节	反渗透装置·····	(316)
(88) 第四节	反渗透工艺流程及操作控制·····	(319)
第五节	反渗透法的应用·····	(324)
第六节	超过滤·····	(329)
第十四章	其他物理化学方法 ·····	(331)
第一节	吹脱、汽提·····	(331)
第二节	液—液萃取·····	(335)
第三节	结 晶·····	(338)

第四篇 废水处理的化学方法

第十五章	中 和 ·····	(346)
第一节	酸碱废水互相中和及投药中和·····	(346)
第二节	过滤中和·····	(349)
第十六章	化学氧化还原 ·····	(351)
第一节	概 述·····	(351)
第二节	氧化法·····	(356)
第三节	还原法·····	(370)
第十七章	电 解 ·····	(372)
第一节	概 述·····	(372)
第二节	电解氧化还原·····	(374)
第三节	电解槽的设计·····	(378)
第十八章	混 凝 ·····	(384)
第一节	混凝原理·····	(384)
第二节	混凝剂·····	(395)

(148)	第三节 混凝过程及设备	(403)
(100)	第四节 澄清池	(410)
(193)		
第十九章 化学沉淀法		(417)
(50)	第一节 氢氧化物沉淀法	(417)
(70)	第二节 硫化物沉淀法	(421)
	第三节 其它化学沉淀法	(423)
(10)	第四节 铁氧体法	(425)
(018)		
附表一	国产离子交换树脂主要产品规格性能	(428)
附表二	国内商品化离子交换膜	(430)
附表三	国内批量试制和正在研制的离子交换膜	(432)
(133)		
(320)		
(131)		
(181)		
(333)		
(333)		

去衣半出由整找本現 篇四第

(213)		中 章正十第
(310)		中 章一第
(243)		中 章二第
(133)		中 章六第
(123)		中 章一第
(320)		中 章二第
(370)		中 章三第
(373)		中 章七第
(373)		中 章一第
(374)		中 章二第
(373)		中 章三第
(331)		中 章八第
(331)		中 章一第
(302)		中 章二第

第一篇 总 论

第一章 工业废水概述

第一节 工业废水来源与特性

工业废水都是来自生产过程，但其产生的原因则有多种多样。不同企业性质、不同产品、不同原料和不同生产方式情况有所不同，设备的不同形式乃至不同生产管理和操作水平都对废水的产生、数量和污染物浓度有很大影响。就以化工生产为例，总括起来，化工废水污染的主要来源有：

1. 化工生产原料的开采和运输过程。由于排除矿山废水或污染物流失，在雨水冲刷下形成废水污染。

2. 化学反应的不完全性而产生废料。由于反应条件和原料纯度的影响，任何反应都有一个转化率问题。由于原料不可能完全转化为成品或半成品，一般转化率只能达到70~80%，未反应的原料虽然可以加以分离或提纯再用，但在循环使用过程中，杂质会不断积累。当杂质积累到一定量时，将会妨碍正常反应的进行。这种残余的低浓度或成分不纯的物料，常常以废水形式排放出来，形成环境污染。

3. 化学反应中的付反应过程形成废料。例如原油或重油制取烯烃时，产生一些粘稠的物质，即付反应生成的不饱和和烃聚合物，丙烯腈生产中所形成的乙腈和氢氰酸等。这些付反应品是生产中所不希望的，这种付产物的分离常常较困难，分离的效率也不大高，因而，经常地把它作废水排放。

4. 冷却水。化工生产常在高温下进行，因此，对半成品或成品需进行冷却，采用水冷时，将排出冷却水。如果采用直接冷却，冷却水与反应物料直接接触，不可避免在排出冷却水时带走部分物料，形成废水污染。如采用间接冷却，冷却水不直接与反应物料接触，排出的冷却水温度升高，可能形成热污染。更重要的是，为了保证冷却水系统不产生腐蚀和结垢，常常在冷却水系统中投加水质稳定剂，如防腐剂、铬酸盐、磷酸盐等，冷却水排出时，也会形成废水污染。

5. 一些特定生产过程排出的废水。化工生产中某些特定生产过程和设备常常排出废水，如焦炭的生产，它的水力割焦排水，是一种含大量酚、硫、油等污染物的废水；金属催化剂排放时挟带的废水；蒸汽喷射泵排出的废水；蒸汽蒸馏和汽提的排水；酸洗或碱洗过程排水；溶剂处理过程排出的废溶剂；石油脱盐排出的含盐水；油品水洗的切割水；机泵冷却水和水封排水等。

6. 化工管路泄漏。生产和输送物料过程中，由于设备和管道不严、密封不良或操作

不当，往往形成泄漏，反应器或贮槽取样和装卸过程泄漏等。

7. 地面冲洗水和雨水。一些液相或固相物料流失在地面，冲洗地面时被挟带在污水中，形成污染，厂区雨水沿地面或道路冲刷洗涤也使雨水挟带污染物形成废水排出。

表 1—1 及表 1—2 列出几种典型的化工生产排出的废水污染物。

不同工业的废水，水量与水质是各不相同的，比起一般城市生活污水的成分复杂得多，尤其是化工废水更是如此。化工废水所含有毒物质和有害物质的数量大而且种类繁多，如砷、汞、镉、铬、酚、氰、醛等，也有有机氯、有机磷及有机砷等剧毒物质及多环芳烃化合物、芳香胺、含氮杂环化合物等致癌物质，也有简单的无机酸、碱类等。化工废水的特点是，普遍含有大量含氧有机物，如有机酸、醇、醛、酮、酯、醚、环氧化物等，化学需氧量 (COD) 和生化需氧量 (BOD) 极高，有的高达数十万 ppm；pH 不稳定，时而呈强酸性，时而呈强碱性；个别化工废水含氮、磷的数量很大；废水水温一般较高；在石油化工企业中所排废水含油量天等等。由于这些特点，使得化工废水成为水体污染的一个重要原因。

根据废水的主要成分，可分为有机废水、无机废水和综合废水。有机废水是指废水污染物中主要是有机物，无机废水一般以无机污染物为主，综合废水中有机污染物和无机污染物数量都很大。

废水中如某一种成分在污染物中占首要地位，常常以该成分取名如：含酚废水、含氰废水、含盐废水、重金属废水、含汞废水等。

有时根据废水的酸碱性，也可将废水分为酸性废水和碱性废水。如维尼纶生产排放出酸性含醛废水，从名字分析，该废水是含酸性 (pH=1.45~1.70) 的，污染物以醛类为主 (含甲醛约 460 毫克/升，此外还有硫酸 3600 毫克/升、硫酸钠 3200 毫克/升)。

表 1—1 化工生产的废水污染源及污染物

生 产 过 程	污 染 来 源	废 水 中 污 染 物
硫酸生产		
净化	净化设备	砷、硫、硒、稀硫酸、含钒废水
其他		
氯碱生产		
盐水精制	化盐池、澄清桶、过滤器等	氯化物、碳酸盐
电解	水银电解槽	含汞冲洗水
纯碱生产		
蒸馏	蒸氨塔	氯化钙、氯化钠、碳盐酸及大量悬浮固体
磷肥生产		
反应	化成器	硫酸、磷酸

合成氨生产		
造气	发生炉	含酚、氰废水
净化	碱洗塔	废碱液
烯烃生产与加工	原油洗涤	无机盐、油、水溶烃
原油处理	初馏	酚、烃类、焦油
催化裂化	催化裂化	醇、油、硫
卤素加成	分离器	废碱液
卤素取代	氯化氢吸收洗涤塔	废碱液、烃、油、氯化物
	脱氯化氢	稀盐水
硫酸盐化	生产废液	醇、聚烃、硫酸钠、醚、
次氯酸化	水解	氯化钙、有机物、焦油
环氧乙烷乙二醇生产	生产废液	氯化钙、石灰乳、聚烃、环
氰化物(丙烯腈)生产	排出水、生产废液	氧乙烷、乙二醇、二氯化物
		氰化氢、可溶性烃
聚苯乙烯生产		
乙烯氯化		焦油、盐酸、苛性钠
乙苯脱氢	喷淋塔冷凝液	芳烃(苯乙烯、乙苯、甲苯)焦油
苯乙烯精馏	釜液	重焦油
烷烃生产与加工		
硝化		醛、醇、酮、酸、烯炔、
异构化	生产废液	烃脂、肪酸、芳香烃及衍生
氢羧化	液废釜	物、焦油
炭黑生产		可溶性烃、醛
醛、醇、酸、酮生产	生产废液	溶解固形物、悬浮物
芳烃生产与加工		
催化重态	凝液	丙酮、甲醛、乙醛、甲醇、高
芳烃回收	萃取水	级醇、有机酸烃类聚合物、氯
	溶剂提取	化烃类、甘油、氯化钠等
硝化		芳烃、硫化物
		芳 烃
		溶剂、二甘醇
		硫酸、硝酸、芳烃

磺化 氧化制酸及酐 氧化制苯酚、丙酮 丙烯腈、己二酸生产 尼龙66生产	废碱液 凝液、釜底废液 倾析器 生产废液	废碱 酸、酐、芳烃 甲酸、烃类 有机及无机氰化物 环己烷氧化产物、己二酸、 丁二酸、戊二酸、环己烷、 己二胺、己二腈、丙酮、甲己酮
碳四馏分加工 正乙烷和丁烯脱氢制 丁二烯 丁烯萃取及净化 异丁烯萃取净化 丁二烯吸收 丁二烯萃取蒸馏 丁基橡胶	骤冷水 溶剂及碱洗 废酸、废碱 溶剂 溶剂	焦油、油、可溶性烃 丙酮、油、C ₄ 烃、苛性钠、硫酸 硫酸、C ₄ 烃、苛性碱 C ₄ 烃、油、醋酸铜氨液 糠醛、C ₄ 烃 油、轻质烃
公用工程	锅炉排污 冷却系统排污 水处理系统	磷酸盐、总溶解固体、鞣酸 磷酸盐、铬酸盐 氯化钙、氯化镁、硫酸盐、 碳酸盐

表 1—2 化学工业中水污染物的主要来源

污 染 物 质	来 源
氨、铵盐	煤气厂、氮肥厂、化工厂、炼焦厂
镉及其化合物	颜料厂、石油化工厂（催化剂）
铅及其化合物	颜料厂、烷基铅生产
砷及其化合物	农药厂、氮肥厂（脱硫）
汞及其化合物	氯碱厂、氯乙烯、乙醛、醋酸乙烯及其他石油化工厂、农药厂
铬及其化合物	颜料厂、石油化工厂（催化剂、水处理）、附属电镀车间
酸 类	无机酸生产厂、石油化工厂、合成材料生产

碱 类	氯碱厂、纯碱厂、石油化工厂
氟 化 物	磷肥厂、氟塑料制造
氰 化 物	煤气制造、丙烯腈生产、有机玻璃和黄血盐生产
苯酚及酚类	煤气厂、石油裂解、合成苯酚、合成染料、合成纤维、酚醛塑料
游 离 氯	氯碱厂、石油化工厂
有机氯化物	农药厂
有机磷化合物	农药厂
醛类及其他有机氧化物	石油化工厂、制药厂
硝基化合物及胺基化合物	化工厂、染料厂、炸药厂、石油化工厂
硫 化 物	硫化染料、煤气厂、石油化工厂
油 类	石油化工厂
铜 化 合 物	石油化工厂（催化剂、萃取液）

第二节 废水水质指标

废水所含污染物的种类繁多，如何判别废水的性质，一般习惯采用一些共同的指标（或称参数）。这些指标中有物理性的和化学性的，也有生物化学性的。测定这些指标的方法有感官的，即通过人的感觉器官加以判断的；也有分析性的，即通过一定的物理方法，化学方法和生物化学方法进行分析确定的。

废水污染物的指标一般有温度、色泽及色度、臭味、pH值、酸度、碱度、悬浮物量、溶解固体、化学需氧量、生化需氧量、总有机碳、有毒物质和有害物质、油类等。现将各指标分述如下：

水温：一般化工废水水温较高，常通过温度计直接测量。

色泽和色度：色泽是指废水的颜色，它是由水中某些溶解性物质和悬浮粒子形成的，它分真色与表观色两种，视其色泽的起因而定。真色是指溶液中某些溶质吸收入射光线的结果，所吸收的可见光的波长就决定了废水的色泽。表观色是指溶液中某些胶体或悬浮物质对入射光散射的结果，废水此时所显示的色泽也就是浑浊。一般化工废水所显示的色泽主要以真色为主。水中真色的测定是采用样品和钴、铂标准液相比较的办法和用稀释倍数法，其色度大小应以去除悬浮物后的色度为准。而水的浊度则用专门的浊度计测定，描述色泽时应予先过滤，并且用无色、微绿、绿、微黄、浅黄、棕黄、红、褐黑等文字表示。

臭味：废水臭味是一种感官性指标，通过嗅觉判断废水的臭味类型，通过不同稀释倍数确定臭味的强弱，一般石油化工厂的废水都有较强烈的臭味。描述臭味时可用如下

定性分级:

等级	强度	说明
0	无	无任何嗅味
1	微弱	一般人难以察觉嗅味、但敏感者可察觉到
2	弱	一般人能察觉到
3	明显	可明显察觉
4	强	有明显嗅味
5	极强	有强烈恶嗅

由于嗅味可能随水温不同而不同,因此描述嗅味时应同时说明此时的水温。

pH 值: 废水的 pH 值是指氢离子浓度的大小,数值上等于氢离子浓度的负对数值, $pH = \log \frac{1}{[H^+]}$ 。凡氢离子浓度增加而使 pH 值低于 7.0 时,水带酸性;相反, pH 高于 7.0 时,表示水中带多量羟离子,呈现碱性。在实用上, pH 值范围为:中性水的 pH = 6.5~8.0;弱酸性水的 pH = 5.0~6.4;弱碱性水的 pH = 8.1~10.0;强酸性水的 pH < 5;强碱性水的 pH > 10。

采用 pH 值可以判断废水的化学和物理化学性质(如废水的腐蚀性等)。应该指出, pH 值不是一个定量的数值,不能说明水中酸性或碱性物质的数量, pH 值一般可通过电化学法测定,也可用 pH 试纸测定。

酸度: 废水的酸度是指那些能在水溶液中离解产生氢离子的化合物的数量,亦即表示能中和强碱的物质含量,化工废水中的酸度是由于无机或有机物离解而形成的,例如强无机酸(盐酸、硫酸、硝酸、磷酸)和有机酸(羧酸等)以及其他弱酸(碳酸)。酸度的单位采用毫克当量/升。

碱度: 废水的碱度是那些在水溶液中能离解产生氢氧离子的化合物数量,表示其废水中能中和强酸的物质含量。有机和无机化合物都能产生碱度,石油化工废水中碱性废水常含有钠、钙、钾等苛性碱,也会使 pH 值升高。水中 OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- 都是碱度的组成部分,碱度的单位采用毫克当量/升。

悬浮物: 也称悬浮性固体(或非过滤性残渣),是指水样中不能通过滤纸的固形物。废水中悬浮物形成浑浊,带来表现色度,在测定废水悬浮物时,应先将废水中飘浮物及大块固体等不均匀物质剔除。悬浮物中包括悬浮的无机物和有机物,计量单位采用毫克/升。

溶解固体也称过滤残渣,表示水样中能通过滤纸的那一部分固体物质。溶解性固体这个名称不甚确切,因为即使经过过滤,滤液中尚存在一些极为微细的固体细粒、液滴及微生物,所以,溶解性固体实际上是包括水中可滤过的不易挥发的物质总和,所采用的单位为毫克/升。

化学需氧量(COD)是在一定条件下,用一定的强氧化剂处理水样时所消耗的氧

化剂量，以氧的毫克/升计。它是废水中可化学氧化物质的间接数量指标，这些物质包括各种有机物和亚硝酸根、亚铁盐、硫化物、硫代硫酸盐等还原性物质。由于无机性还原性物质在废水中数量不大，而废水中的有机物污染却极为普遍，因此，常常把化学需氧量看作为有机废水中所含有机物量的相对指标。用化学需氧量表征有机物量的优点在于不需要作有机定性分析；测定方法简单，时间短；绝大多数有机物能被氧化剂（重铬酸钾）氧化，准确度高；缺点是受无机还原物质影响，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，还应配合测定有毒及有害的有机物数量。

生化需氧量（BOD）表示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（毫克/升）。有机物的生物分解是一个缓慢过程，要把可分解的有机物全部分解，常常需要20天以上的时间。目前，国内外普遍采用的是在温度为20℃，五天培养时间所消耗的氧作为指标，称为BOD₅。一般天然水的BOD₅小于4毫克/升。

生化需氧量是通过微生物活动间接表示废水中可生物降解的有机物量，不可生物降解的有机物（如ABS）不被生物所代谢，过程中也不消耗氧。废水中所含有机物对微生物无毒性时，能较顺利地测定生化需氧量，如果废水中的有机物对微生物显示毒性，接种一般微生物（如用河水接种），由于微生物生命活动受到抑制，所测得的生化需氧量偏低。因此，测定有毒废水的生化需氧量时，应接种经同类型毒物“驯化的”微生物，才能获得正确的测定值。例如，测定丙烯酰胺单体生化需氧量时，用未驯化微生物接种采用BOD₅的方法表示有机物量的优点是能反映有机物在水体中自净降解过程，这是其他方法所不能做到的。但它的测定和所表示的有机物都受到一定的局限。所测的BOD₅仅为驯化接种的17%。

总有机碳（TOC）是表示废水中所含全部有机碳的数量，它的测定方法是通过有机物质全部氧化成二氧化碳和水，然后再测定二氧化碳的数量。这种方法是测定有机物质数量的重要方法之一，不受无机还原物质和微生物驯化程度的限制，作为废水水质指标是较为理想的，尤其是对含有复杂有机物的石油化工废水，更有实用价值。

有毒物质和有害物质：废水中有毒物质和有害物质主要指各种重金属离子、有毒有机物（如酚、醛、芳烃及其衍生物等）部分阴离子（如亚硝酸根、氟离子，氰根等）和营养物质（氮、磷），视具体废水而异。这是一种分项指标，都采用毫克/升表示。油类物质，主要是指所含石油类物质的数量。

第三节 废水污染源的调查和评价

为了对工业废水进行治理与监督水体污染，搞好环境的管理工作，作为环境保护工作人员应对每一种废水作详细的调查和评价。

废水调查的主要工作内容包括废水排出点的位置、排出废水的水量及其变化、废水水质及其变化。

废水排出点的位置视生产工艺、厂区建设及平面状况而定。环境保护工作人员应对生产工艺的各工序有所了解，掌握生产原料的成分、用量、生产路线、流程、设备及生产管理现状、效率、用水及排水系统现状，了解废水出自哪一个工序、哪一个设备，以

及废水排放的一般规律。

在此基础上，应对所排出的废水量进行实际测定和通过物料平衡进行计算，求得废水的排出量及污染物浓度或总量。测定废水时应根据排水规律决定观测时间。废水排放较稳定时，观测时间可较短；废水排放量变化大时，应作较长期的观测。测定时，应在生产处于正常状态、排水系统工作状态良好情况下进行。

废水量测定的方法有很多，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，废水量与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；当废水需用水泵抽升时，可通过水泵的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（如孔板流量计等）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 （米³/分），

$$Q = 60 \times \frac{V}{t}$$

上式表示： V ——容器充水容积（米³）； t ——容器充水时间（秒）。

这种方式比较准确，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，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5厘米，最低流速不小于0.05米/秒。

如果水面太宽（如全厂废水总渠），在水横断面上分成若个小区间，如图1-1。求出每小区流速和流量，然后叠加求得总流量 Q 。

$$Q = \sum_{n=1}^n A_n V_n = A_1 V_1 + A_2 V_2 + \dots + A_n V_n \quad (1-1)$$

式中 A_n ——第 n 区的横断面积； V_n ——第 n 区的平均流速。

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_s ，则平均流速 V

$$V = 0.75 V_s \quad (1-2)$$

流量 $Q = A \cdot V = 0.75 V_s \cdot A \quad (1-3)$

式中 A ——平均过水断面面积

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。

i) 如为直角三角形插板（如图1-2所示），按下式求流量：

$$Q = kh^{5/2} \quad (\text{米}^3/\text{分}) \quad (1-4)$$

式中 k ——流量系数

$$k = 81.2 + \frac{0.24}{h} + \left(8.4 + \frac{12}{\sqrt{D}} \right) \times \left(\frac{h}{B} - 0.09 \right)^2 \quad (1-5)$$

k ——直角角顶以上水头 (米);
 D ——水流底部至插板直角角顶的距离 (米);
 B ——水流宽度 (米)

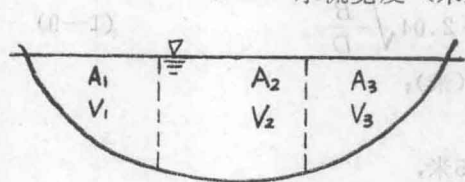


图 1-1 水流断面



图 1-2 直角形插板

为了简化计算, 也有采用 $k = 1.4$, 上式改写为:

$$Q = 1.4h^{5/2} \quad (1-6)$$

这种三角堰形式的插板法, 适用于流量小于 100 升/秒的废水, 图中尺寸范围为 $B = 0.5 \sim 1.2$ 米、 $D = 0.1 \sim 0.75$ 米、 $h = 0.07 \sim 0.26$ 米、 $h < B/3$ 。

ii) 插板式测流量也有采用闸下出流的方式, 如图 1-3 所示, 此时, 废水流量计算式:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH} \quad (\text{米}^3/\text{秒}) \quad (1-7)$$

式中:

μ ——流量系数, 一般采用 $0.6 \sim 0.7$, 近似值为 0.62 ;

ω ——闸板下孔口面积 (米^2);

g ——重力加速度 ($\text{米}/\text{秒}^2$);

H ——从孔中心至水面高度或闸板前后的水位差 (米)

如采用 $\mu = 0.62$, 可用图 1-4 查出孔口流速计算流量

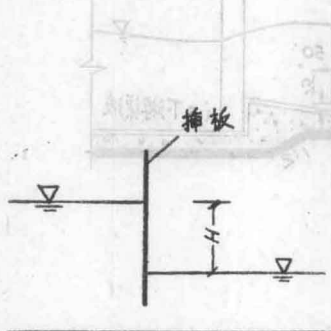


图 1-3 闸下出流测流量

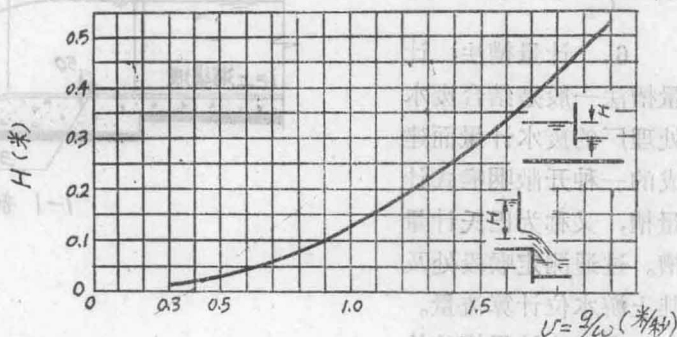


图 1-4 闸板下射流, 水头 H 与流速 v 的关系

iii) 四边形插板法, 如图 1-5 所示。其流量计算式为:



图 1-5 四边形插板法

$$Q = kbh^{5/2} \quad (\text{米}^3/\text{分}) \quad (1-8)$$

$$k = 107.1 + \frac{0.177}{h} + 14.2 \frac{h}{D} - 25.7 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 2.04 \sqrt{\frac{B}{D}} \quad (1-9)$$

式中:

b —— 插板切去部分的宽度 (米);

h —— 孔口处水深 (米);

适用范围: $B = 0.5 \sim 6.3$ 米, $D = 0.5 \sim 3.5$ 米,

$$6D/B^2 > 0.06, h = 0.03 \sim 0.45 \sqrt{b} \text{ (米)}$$

插板法还可以采用矩形汇流形式或梯形切口形式, 计算方法可参考有关水力学手册。

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、弯道较多时, 可采用浓度法测定流量。

采用如荧光素和若丹明 (兰光碱性萘香红 $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$) 或其他类型盐类作示踪剂, 假定在流量为 Q 的废水中示踪剂浓度 C_0 , 单位时间投入废水的示踪剂浓度 C_1 , 流量为 q , 混合后浓度为 C_2 , 即

$$C_0 Q + C_1 q = C_2 (Q + q) \quad (1-10)$$

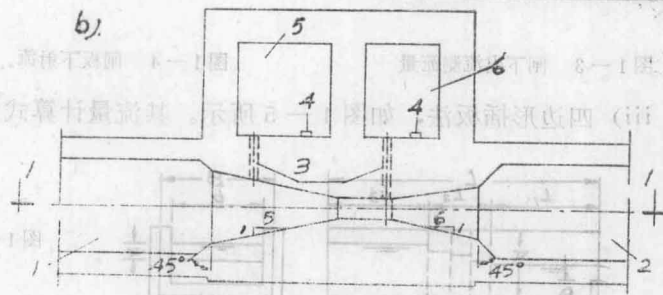
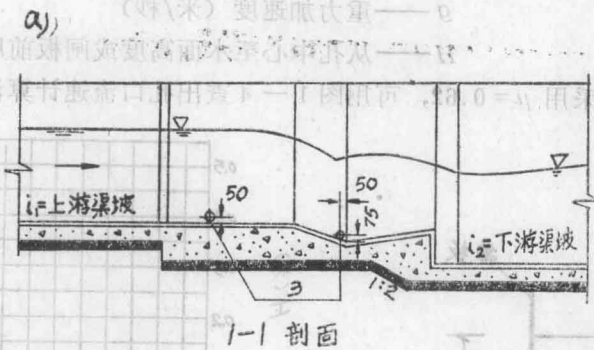
$$Q = \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0} q \quad (1-11)$$

如 $C_1 \gg C_2$, $C_0 = 0$ 则上式可简化为

$$Q = \frac{C_1}{C_2} q \quad (1-12)$$

6. 计量槽法: 计量槽法一般是结合废水处理厂的废水计量而建成的一种开敞咽喉式计量槽, 又称为巴氏计量槽。过通测定喉段处及其上游水位计算流量。

咽喉式计量槽的构造示于图 1-6。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。计量槽的上游应有的直渠段不小于渠宽 2~3 倍, 下游不得



1. 上游渠道 2. 下游渠道 3. 白铁连通管 4. 水位标尺 5, 6. 观测井

图 1-6 计量槽

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米时，喉段标尺水深 H_2 与上游渠标尺水深 H_1 的比值 $H_2/H_1 \leq 0.64$ 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 米时， $H_2/H_1 \leq 0.7$ 时为自由流， $H_2/H_1 > 0.7$ 时为潜没流。在水流为自由流情况下，只需记录上游标尺读数，即可计算流量，而且所得结果较为准确，因此，应尽可能采用自由流形式。但是，为了适应废水量的变化，一般在计量槽的喉段上游及喉段处都应设水位观测井。

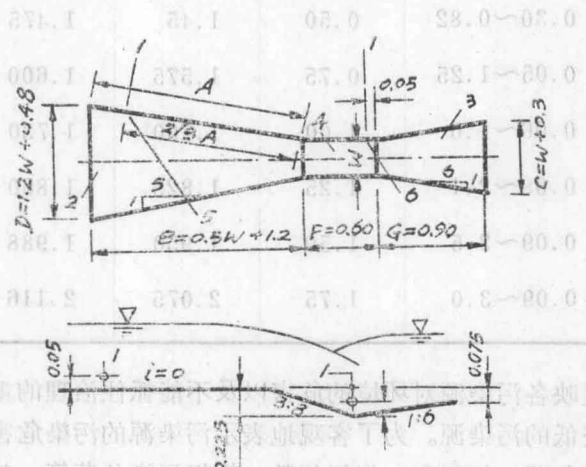
自由流计量槽的流量计算通式为

$$Q = aH_1^n \quad (\text{升/秒})$$

$$(1-13)$$

其中， H_1 为上游标尺读数（厘米）；

a ， n 为槽尺寸常数，在图 1—7 那样的特定尺寸里， a 与 n 同喉段宽度有关。



1. 观测孔 2. 进水段 3. 出水段
4. 喉段 5. 上游标尺 6. 下游标尺

图 1—7 计量槽各部尺寸

喉段宽度 W (米)	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
a	0.529	0.961	1.365	1.743	2.117
n	1.513	1.541	1.557	1.569	1.578

用图 1—7 所示尺寸符号，不同的测量范围的计量槽尺寸如表 1—3 所示。这种尺寸要求进水段水深大于 5 厘米，但小于 1.0 米。当流量大于 2 米³/秒时，所测值为近似值。

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。

为了取得工厂或车间一个生产周期或 24 小时的混合水样，要注意取样的时间间隔，有时需要 5 分钟或 10 分钟取样一次，最长的可以是 1 小时到数小时。如需取混合水样时还可考虑定比取样，即样品量随流量变化，流量越大取样量越多，再将所取样品混合。这种取样方法更准确反映废水的排出情况。

取出水样后，可按《环境监测标准分析方法》（试行）规定的统一方法进行分析。

废水污染调查后应对该污染源给予评价，描述废水的产生原因及位置、生产工艺状况、废水接入排水系统的位置，排出废水的数量及其变化、水质及其变化、污染物排出总量并计算污染负荷及其他评价指标。

各污染源一般可用污染物的排放浓度来描述，但是单纯采用浓度作指标，不能客观