

工业废水处理概论

[美] N.L. 聂麦罗 著

张中和 译

中国建筑工程工业出版社

工业废水处理概论

〔美〕N. L. 聂麦罗 著

张 中 和 译

中国建筑工程出版社

LIQUID WASTE OF INDUSTRY
Theories, Practices, and Treatment

Nelson L. Nemerow
Syracuse University

Addison-Wesley Publishing Company-1971.

* * *
工业废水处理概论

张中和译

*
中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*
开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 4 3/4 字数: 97千字

1976年11月第一版 1976年11月第一次印刷

印数: 1—16,280册 定价: 0.34元

统一书号: 15040·3307

说 明

本书摘译自美国 N. L. 聂麦罗所著《工业废水的理论、实践和处理》一书的第六章至十四章，即工业废水处理的理论部分，现改编为一至九章。书中介绍的工业废水的处理方法和技术，污泥的处置办法等，应该有分析地参考，吸取它的好经验，批判它的坏经验——引以为戒。

本书可供给水排水、工业废水处理和环境保护等有关人员参考。

译 者

一九七五年十二月

目 录

第一章	减少废水水量	1
第二章	降低废水浓度	9
第三章	中和	17
第四章	均化和比例排放	27
第五章	悬浮固体的去除	35
第六章	胶体的去除	55
第七章	无机溶解固体的去除	64
第八章	有机溶解固体的去除	75
第九章	污泥的处理和处置	109

第一章 减少废水水量

通常，为了尽量缩小工业废水对受纳水体和处理厂的影响，第一步是减少废水水量，其方法为：

1. 废水分类；
2. 保水；
3. 改变生产工艺以减少废水；
4. 利用工业废水和城市污水作为水源再用；
5. 避免生产废水的集中排放。

1.1 废 水 分 类

如果对废水进行分类，把生产工艺用水和冷却水分开，则需要特殊处理的水量就能大大减少。有时工艺用水本身也可能分门别类，只处理最脏的水，而污染较轻的水就可以不经处理而排放。

废水主要有三类：

(1) 生产废水。包括造纸废水、金属加工的电镀废水以及奶厂的洗罐废水等。

(2) 冷却水。这种废水的水量对于各种工业都不相同，视生产用水中需要去除的总热量而异。一座大型精炼厂每天排水的总量达150百万加仑（约六十万米³），其中生产废水只有大约两万米³，其余都是轻度污染的冷却废水。由于少量漏损、产品腐蚀以及热效应等原因，冷却水也会受到污

染，但这种废水很少含有有机质，因此可以分到非污染的废水一类。

(3) 污水。通常为每人每日100~200升，其数量决定于很多因素，包括厂的大小、地坪上冲洗掉的产品废料数量，以及生产过程中要求工人的清洁程度等。

不幸的是，在多数老厂中，这三种水都是在同一条管道中混合排放。在1930年以前，工厂很少注意到把废水分别排放，以免污染水体。

1.2 保 水

保水就是节流。一个工厂把供水的“开路”系统改为“闭路”系统，保水工作就开了头。举例来说，造纸厂回用“白水”，从而减少了洗涤水的用量，这个厂就是在保水。废水经过循环利用，逐渐增浓，往往在其有效周期的后期进行处理，因为每循环一次就处理一次，是不现实而且也不经济的。这样，水费和处理费都降低了，因此是双重节约。

纸板厂每吨产品可能排水10000加仑 (37.8米^3)，但各厂情况很不一样，多的达100000加仑 (378米^3)，少的则仅1000加仑 (3.78米^3)。在后一情况中用水较少，通常是由于缺水，或是由于已经意识到水体污染问题。这就证明，有效的节流保水，作用有多么大。

钢厂可回用冷却水去淬钢，炼焦厂可回用洗煤水，以去除煤中的尘土和不燃物。很多工厂都逆流重复利用洗涤水，以减少用水量。电镀厂设置多槽利用镀液，使镀液药力用尽时才作为废水排出。在这些节制用水的装置中，自动控制也有助于保水。要采取保水措施，就需要对用水现况作全面的工程调查，对所有用水和排水的生产操作列出清单，以便使

高峰和平时的生产情况能够准确地平衡。

1.3 改变生产工艺以减少废水

这是一种控制废水量的有效方法。

在污染源进行废水处理，应当看成是生产的一个不可缺少的部分。如果为了减少污染源的污染而改变生产工艺要费钱的话，那末当减少了印染所用的亚硫酸钠、电镀所用的氰化钠以及生产中直接使用的其他化学药品时，既减少了废水，又省下了钱。如果使工厂所用的酸碱数量平衡，常常会使废水呈中性，从而省下废水处理中所耗用的药品、费用和时间。有人指出，采取以下几种措施可以减少废水：改进工艺的控制、改进设备的设计、采用不同的或质量较高的原材料、精心管理以及预防性的维护工作。

1.4 利用工业废水和城市污水作为水源再用

这种方法主要在缺水及（或）水费昂贵的地区采用，是一种常用而且经济的保水方法。在工业可能利用的所有水源中，污水处理厂出水一年四季都是最可靠的，而且实际上它也是唯一的数量不断增加、而质量不断提高的水源。虽然污水出水作为水源再用，还存在很多问题，但不能忘记，任何供水工程也都给城市和工业提出很多问题。由于生活污水和工业废水的出水再用问题是相似的，所以在本文中一并讨论。

很多工厂和城市对污水出水再用是犹豫不决的。已知的原因有以下种种：工厂经理缺乏足够的情报；城市和工厂用户很难协商出一个双方满意的协议；在某些技术方面（如硬度、颜色等等）存在问题，以至由于废水在感官性状上使人

厌恶，难以为人接受作为任何用途的可能水源。此外，处理厂可能停水，也可能集中排放，这两种情况都会使供水不可靠，或水质变化。在任何一种情况下，工厂都可能需要有应急的备用水源，而且采用回用处理厂出水去补充地下水，以增加现有供水量的办法，看来是合乎逻辑的。不能否认，用四季常流的处理厂出水去回灌地下水，能够提供廉价而稳定的水源。如果工厂的总出水能回用一部分，那末废水就可以少处理一些，少排放一些。同样，回用城市污水也可以减少城市排放的污染量。

水在生产工艺中用得最多的是用来冷却。由于冷却水通常用量很大，所以工厂就应当考虑水的回用。这对污水处理厂的设计影响很大，因为处理厂出水不仅要满足常规的水体要求，而且也要满足工厂的要求。

工业上回用未经处理的中间废水，在文献中有很多实例，如回用白水，即造纸机的喷洒和洗涤废水。但回用经过处理的工业废水的实践经验，还处于初期，而工业上回用城市污水出水的例子却更多一些。举例来说，有人曾介绍一座污水处理厂的设计和运行情况。该厂日产污水出水 65 百万加仑/日 ($245000 \text{ m}^3/\text{日}$)，供轧钢厂利用，处理厂采用常规的混凝法处理，加明矾并氯化，出水浊度平均为 5 至 10 ppm，不含（或极少）大肠菌。该厂碰到的最严重的问题是水中含氯化物很多。

有人用一般污水厂出水和典型的地表水或井水相比，其主要不同之点有：

- (1) 色度较深；
- (2) 含氮较多；
- (3) 生化需氧量较高；

(4) 含总固体较多;

(5) 由于洗涤剂的关系, 含磷盐。

工业废水除具有以上几点外, 还可能有其他特点, 如水温较高。尽管有这些污染, 但在美国很多地区, 运转正常的二级处理厂出水, 实际上优于地表水或井水的供水水源。

回流系统和就地回用系统的数目和种类正在增长。根据最近美国全国普查资料, 仅自1954年至1959年间, 回用水的总回用率由106%增至136%。在同时期, 除蒸气发电以外, 全部工业的回用率由82%增至139%。在1959年, 基本金属、化学制品、纸张、油类以及食品工业都是回用水的特大用户。

在1957年, 美国某石油制品公司在美国某地建立了一座石油化工联合企业, 设计中利用污水处理厂出水作为冷却水和锅炉用水。在预处理之后遇到的唯一问题是泡沫(目前由于改用“软”洗涤剂, 大部已经解决)。回用污水, 往往可以节省城市供水或地表水, 使其用于更重要的用途。如有的地区, 把污水重复利用于农业, 就使总供水能力增加10%。人们发现污水中的有机物改善了土壤结构, 但当有工业废水时, 特别是有重金属时, 就需要进行比氧化塘更进一步的处理。

生产设备不用水洗, 而用干洗, 可以减少大量废水。这样虽然没有废水, 却仍然有固体废物需要处理。有人提出一套在钢厂里采用过的保水技术:

1. 在每一部门安装仪表, 使操作人员取得技术经济价格和数量的概念;

2. 调节压力, 防止不必要的浪费;

3. 采用恒温控制, 以节约用水, 提高效率;

4. 设置自动阀门, 在不需要用水时即行关闭, 以防止

出故障时漏水；

5. 采用弹簧关闭的卫生零件，防止未经利用的水经常或间歇流失；

6. 热交换器应除垢，以防传热的损失，并避免其后冷却水利用效率低，用量过大；

7. 管道须保温，以免水温升高或降低；

8. 经常计量漏损，作为常规措施；

9. 采用集中控制系统，防止由于接线错误造成的浪费；

10. 循环利用冷却水，从而省水达95%；

11. 回用废水，例如用高炉冷却水去洗气，以及钢锭车间铁皮坑的废水经澄清后回用；

12. 喷淋水采用高压、低量的办法，以提高效率，并应用少量洗涤剂、湿润剂或酸类，以改善喷淋作用；

13. 处理废水（往往在车间内略加处理，即可回用于生产）。

有人对英格兰南部三座城市的废水作了典型的水质分析（表 1-1）。他们发现污水的总固体含量比原水增加了大约 340 毫克/升。在回用任一种废水时，总固体都是主要控制因素之一；污水作为工业给水回用的次数，决定于总固体的去除，这只有用很费钱的处理方法才能做到。表 1-1 中所列一些污染质与污水能否回用于工业有关。工业上很多生产过程要求悬浮固体在 2 毫克/升以下，但污水悬浮固体含量远远超过此值，甚至在三级处理以后往往至少还有 7 毫克/升。污水的有机成分大部分还属于未知的物质。一般认为吸附法可以去除绝大部分有机物。举例来说，在美国塔霍湖，采用混凝、过滤、吸附等综合方法，能将有机物（以化学需氧量计）减少到 16 毫克/升。洗涤剂也可用同样方法去除到理论上的最低

经过传统一级、二级处理的污水典型水质分析 表 1-1

成 分	来 源		
	甲	乙	丙
总 固 体	728	640	931
悬浮固体	15		51
高锰酸钾耗氧量	13	8.6	16
生化需氧量	9	2	21
化学需氧量	63	31	78
有 机 碳	20	13	
表面活性物质			
阴离子型(如Manoxol OT)	2.5	0.75	1.4
非离子型(如Lissapol NX)			0.4
氨 氮(以N计)	4.1	1.9	7.1
硝酸盐氮(以N计)	38	21	26
亚硝酸盐氮(以N计)	1.8	0.2	0.4
氯 化 物	69	69	98
硫 酸 盐	85	61	212
总 磷(以P计)	9.6	6.2	8.2
总 酚			3.4
钠	144	124	
钾	26	21	
总 硬 度	249	295	468
pH 值	7.6	7.2	7.4
浊度(A.T.U.)②			66
色度(海森单位)	50	43	36
大肠杆菌(个/毫升)	1300		3500

注：① 单位除注明者外，均以毫克/升计。

② A.T.U.——吸附计浊度单位。

极限，大约为0.2毫克/升。进一步去除氨氮、亚硝酸盐和硝酸盐，是比较费钱而且困难的。氨在高 pH 值时可以吹脱，氨的含量大于0.1毫克/升时，对于需要加氯的饮用水是很不利的。当工业用水有孳生藻类的条件时，去除磷酸盐是很重

要的。塔霍湖的作法除磷达1.0毫克/升以下；控制良好的活性污泥法和石灰混凝沉淀法也都有效。在高投氯量时，甚至可去除许多病毒。由于污水含有多种类型的细菌，即使用于工业，也应加以消毒。此外，污水中的色度和硬度对于某些工业也可能有害。

1.5 避免生产废水的集中排放

一种产品在湿法生产时，某些工序往往反复进行，在此期间产生大量高浓度废水。在短时间内排放这种废水，就叫集中排放。由于这种废水浓度高，水量大，对处理厂和受纳水体都可能造成问题。减轻这种排水影响的方法至少有以下两种：

（1）改变生产工艺，增加排水次数，减小每次排水数量。

（2）把集中的排水贮留在贮池内，然后延时（通常为24小时）均匀地连续出流。

第二章 降低废水浓度

对于工厂废水处理,第二个主要目标是降低废水的浓度。由于废水浓度的减弱,对废水处理的要求降低,在这方面的努力将会收到节约的效益。降低废水浓度的方法有以下几种:

- (1) 工艺改革;
- (2) 设备改进;
- (3) 废水分离;
- (4) 废水均化;
- (5) 回收副产品;
- (6) 废水比例排放;
- (7) 废水仪表控制。

2.1 工 艺 改 革

在通过工艺改革以降低废水浓度方面,人们关心的是那些从污染观点看来最难办的废水。此外,工厂今后不能再把防治污染看成是可干可不干的事了。很多工厂已经通过工艺改革解决了废水问题。这种改进管理的两个例子是纺织业和钢铁加工业。在另一方面,尽管人们已经知道用酶制革的新技术,但皮革工业仍然普遍应用石灰和硫化物,它们是制革废水的主要污染质。实际应用和科研的差距往往很大,这是由于许多管理上的困难造成的。

纺织印染厂的上浆、漂煮、脱浆和印染等工序排出严

重污染的废水，需要处理。在织布以前，习惯上应用淀粉作上浆剂。而淀粉经过水解、并从织好的布上洗掉以后，就成为全厂总需氧量30~50%的来源。工业上已经开始对纤维素上浆剂发生兴趣，它对水体的生化需氧量污染或毒性可能较小。某些工厂制出了几种代用品的纤维化合物，如羧甲基纤维素，并加以应用，其结果是上浆废水造成的生化需氧量大为减少，其减少的程度几乎与所用的纤维素上浆剂用量成正比。

在电镀业中，已经提出了七种工艺或材料上的改革。为了消除或减少氰化物浓度的措施有：

(1) 把铜氰化物镀液改为酸性铜镀液；

(2) 在镀铜浴以前，用镍浸代替氰化铜 (CuCN_2) 浸；

(3) 用碳氮化炉代替通常的氰化物熔浴，炉中用的是碳化空气和氨气。

(4) 在酸洗钢时，对于简单部件采用喷枪，或其他打磨处理代替硫酸 (H_2SO_4)；

(5) 在酸洗时用磷酸 (H_3PO_4) 代替 H_2SO_4 ；

(6) 在去除贮存时产生的薄锈时，用碱性除锈剂代替酸液（这将使总 pH 值提高到接近中性，同时减轻对室外管道的腐蚀）；

(7) 采用冷性清净剂，以代替在洗净的部件上涂可溶性油或其他短效防锈油。这些冷剂在洗涤液和喷淋液中均可应用，其防锈作用是化学性的，不是靠涂一层油脂。

有一家煤矿公司改进了洗煤工艺：用酸性矿坑废水代替自来水。这样，当煤的杂质被洗去时，矿坑废水就被中和了。以一次分析为例，原来矿坑废水的 pH 为 3，酸度为 4340

ppm (以 CaCO_3 计), 含铁 551ppm; 而最后排出的洗煤废水 pH 则为 6.7~7.1, 含铁量低于 1 ppm。

2.2 设备改进

改变设备能使废水的浓度减少, 通常是使进入废水系统的污染物总量减少。往往在现有设备上作很小改变即能减少废水。例如, 在瓜果加工厂中, 在黄瓜贮池的排水管线上加篦, 可以防止瓜子、瓜片外流, 从而降低废水的浓度。同样地, 在家禽加工厂排水管线上设置存水弯, 可防止羽毛和油块外逸。

在奶品工业中, 有一个减少污水浓度的突出例子 (其设备改进较为广泛)。有人把收集农民牛奶的大型奶罐重新进行了设计。新罐的颈部匀滑, 能较快地排奶而且排得干净, 从而防止了大量废奶进入水体和处理厂。制奶工人也在总管线上设置了滴奶盘, 以收集从奶罐向消毒器排空后的滴漏, 然后每天倾回牛奶罐中。

在化学工业中, 有一家化工厂通过在底部开口的蒸气柱上设置排管, 并在真空喷射器前加设冷冻冷凝器, 还有其他的工艺改革, 从而使平均生化需氧量减少了 23%。

2.3 废水分离

分离废水使工厂总出水的浓度减少, 同时 (或者) 也减少处理的困难。通常可分离为两股废水: 一股是浓度高而流量小, 另一股是浓度小而流量则接近分离以前。前者即可用特定的适当方法加以处理。把冷却水和雨水由生产废水中分出去, 仅仅由于水量的减少, 就可以压缩最终处理厂的规模。举例来说, 很多印染废水在高浓度情况下处理可以更为经济、

有效。这种分离方式虽然会使被处理废水的浓度增加，但一般最终出水所含污染质会较少。

另一种分离方式是把一种特殊生产废水与工厂的其他生产废水分开，这样可使废水的主体部分更易于处理。实例如后。

某织布厂废水水质表见表 2-1。混合废水浓度相当高，

某 织 布 厂 废 水 水 质 表 2-1

	灰 水	白 水	印 染 废 水	漂 煮 废 水	混 合 废 水
pH	4.0	7.3	11.0	11.8	9.4
总 固 体 (ppm)	2680	420	2880	18880	1560
悬 浮 体 (ppm)	224	67	148	218	156
耗 氧 量 (ppm)	1560	31	556	4900	460

处理很难，而且费钱，其水质与洗衣房废水很相象。但当漂煮废液与其他废水分开，并经过中和、混凝、沉淀时，其上层清液即可与其他三种废水一起进行化学和生物处理，因为此时混合废水的浓度就比原来的混合废水大大降低了。这种分离方式也用于电镀厂。电镀废水含有铬和氰化物以及其他金属。在多数情况下，必须把含氰废水分离出来，使之呈碱性，并加以氧化。另一方面，必须把含铬废水酸化、还原。然后可将这两股废水合并，并在碱性溶液中沉淀，除去金属。如果不加以分离，则酸化结果就会产生有毒的氰化氢。最近有用三氯化铁、(或)硫酸铁和氢氧化钙一道混凝沉淀的办法，把涂料由废水中分离出去。

在所有工业中，把某些废水分离出来都有很大好处。但