

高等学校教学用书

生活污水的处理

Б. О. 博士克 著

高等教育出版社

高等学校教学用书



生活污水的处理

Б. О. 博士克 著
李远义 姚振华 译

高等教育出版社

本書系根据俄罗斯联邦公用事業部出版社 (Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР) 1949 年出版的博士克 (Б. О. Ботук) 教授所著之“生活污水的处理”(Очистка бытовых сточных вод) 一書譯出。原書經苏联高等教育部审定为土建高等学校給水排水專業的教学参考書, 亦可供污水处理厂設計、施工和管理工程师参考之用。

書中闡述生活污水處理建築物的用途和這些建築物的工作原理, 并舉出計算例題和主要管理指标的范例来加以說明。

本書由李远义和姚振华二人譯出。第一章至第三章和第十四章至第二十二章为李远义所譯, 第四章至第十三章为姚振华所譯。

生 活 污 水 的 处 理

B. O. 博士克著

李远义 姚振华譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

上海勞動印製廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·473 開本 787×1092 1/16 印張 15 5/8 字數 334,000

一九五七年七月第一版

一九五七年七月上海第一次印刷

印數 1—2,000 定價(10) 1.90

目 录

作者序	6
第一章 概論	7
§ 1. 生活污水处理的任务和方法	7
§ 2. 苏联污水处理建筑物發展的簡略历史資料	7
§ 3. 污水处理事業發展的主要方向	9
第二章 污水的成分和特性	10
§ 4. 生活污水及工業污水	10
§ 5. 生活污水的成分	11
§ 6. 污水的細菌污染	12
§ 7. 污水中發生的变化。好气过程和厭气过程	12
§ 8. 生活化学需氧量	13
§ 9. 硝化和脫氮	14
§ 10. 污水的反应	14
§ 11. 污水的稳定性	15
§ 12. 污水濃度的确定	15
第三章 水体的自清和污染	17
§ 13. 对排入天然水体的污水所提出的要求	17
§ 14. 水体的污染及其自清。防止水体污染的苏联法律	17
§ 15. 在排入河道以前污水处理程度的确定	18
§ 16. 污水排入海中	26
第四章 污水处理方法的分类	28
§ 17. 生活污水机械处理建筑物	28
§ 18. 污水生物处理建筑物的分类	29
§ 19. 处理厂的基本方案	20
第五章 沉砂池	34
§ 20. 总論	34
§ 21. 沉砂池的类型及其計算	34
§ 22. 沉砂池的構造	39
§ 23. 沉砂池的清理	43
第六章 格栅及格篩	44
§ 24. 格栅。概論	44
§ 25. 格栅的水力計算	44
§ 26. 固定格栅	46
§ 27. 活动格栅	49
§ 28. 格篩	50
§ 29. 水冲式格篩	51
§ 30. 阻留的廢物的数量和性質	52
§ 31. 格栅間和格篩間	58
第七章 沉淀池	53
§ 32. 概論	53
§ 33. 臥式沉淀池。工作基本原理和計算	54
§ 34. 沉淀池的構造	59
§ 35. 臥式沉淀池中污泥的机械清除	60
§ 36. 臥式沉淀池的現有形式	61
§ 37. 立式沉淀池	65

§ 38. 沉淀池型式的選擇	72
第八章 除油池	72
§ 39. 除油池的功用, 除油池的型式	72
第九章 化学沉淀	76
§ 40. 化学沉淀問題的現狀	76
§ 41. 污水处理的电解法	77
第十章 化粪池	79
§ 42. 应用化粪池的一般原則	79
第十一章 双層沉淀池	80
§ 43. 水解池	80
§ 44. 双層沉淀池, 其工作的實質	81
§ 45. 双層沉淀池各部分的用途和構造	83
§ 46. 双層沉淀池的計算	84
§ 47. 双層沉淀池的構造	86
第十二章 消化池	89
§ 48. 用途, 工作實質, 計算	89
§ 49. 消化池中污泥分解的加强	93
§ 50. 消化池的構造	95
第十三章 污泥的脫水和利用	102
§ 51. 污泥干燥床及其構造	102
§ 52. 污泥干燥床的計算	104
§ 53. 真空过滤机	105
§ 54. 污泥的輸送	107
§ 55. 污泥的利用	110
第十四章 灌溉場及过滤場	112
§ 56. 总論	112
§ 57. 灌溉場上生物处理的實質	113
§ 58. 土壤, 灌溉方法, 排水	113
§ 59. 灌溉場的設計, 概論	117
§ 60. 灌溉場及过滤場所需面积的計算	117
§ 61. 地段的区格划分, 高程差, 地段及区格的尺寸	122
§ 62. 灌溉網及其上之建筑物	124
§ 63. 排水網及其上之建筑物	128
§ 64. 灌溉場上植物的栽培	132
§ 65. 灌溉場及过滤場的管理	135
§ 66. 施肥浸潤的灌溉場	136
第十五章 生物池	137
§ 67. 总論, 生物池的設計	137
§ 68. 哈尔科夫处理厂的生物池	140
§ 69. 莫斯科的生物池	141
第十六章 人工的污水生物处理建筑物	141
§ 70. 生物濾池	141
§ 71. 濾料	142
§ 72. 經常作用的生物濾池, 一般概念, 濾池基本尺寸的确定	143
§ 73. 生物濾池的主要部分, 濾池的基础, 側牆, 濾料	145
§ 74. 污水的分配	146
§ 75. 排水系統	162
§ 76. 濾池的通風	164
§ 77. 分級的生物濾池	164

§ 78. 濾池的成熟及其正常工作	165
§ 79. 生物濾池的复盖	165
§ 80. 二次沉淀池	166
§ 81. 建有生物濾池的處理厂的記載	166
§ 82. 加氣濾池	167
§ 83. 高負荷生物濾池	169
第十七章 人工的生物處理建築物	174
§ 84. 曝氣池. 總論	174
§ 85. 曝氣池的類型	176
§ 86. 鼓風曝氣池的計算	179
§ 87. 鼓風曝氣池的構造	184
§ 88. 輸氣管計算	188
§ 89. 二次沉淀池及其計算	193
§ 90. 污泥室. 污泥濃縮池	197
§ 91. 建有曝氣池的處理厂的記載	200
§ 92. 曝氣池在處理厂的总体中的工作方案	203
第十八章 污水的加氯	205
§ 93. 概論	205
§ 94. 污水和氯接觸用的水池	210
第十九章 淨化污水排入水体的出水口	211
§ 95. 概論	211
§ 96. 出水口的類型	211
第二十章 處理厂中污水流量的确定	215
§ 97. 概論	215
§ 98. 收縮槽	216
§ 99. 收縮陡槽	218
§ 100. 閘板下的淹沒出流	220
§ 101. 水躍	221
§ 102. 巴拉諾夫式的量水器	222
第二十一章 處理厂及其工作的控制	224
§ 103. 處理厂的布置方案及其工作效率	224
§ 104. 污水處理建築物的建造和管理簡略經濟指标	229
§ 105. 處理建築物的場地	230
§ 106. 生活污水處理建築物的設計标准和設計條例	233
§ 107. 水槽(渠道)的計算	234
§ 108. 處理厂工作的控制	236
§ 109. 污水處理建築物的選擇	239
第二十二章 小量污水的處理建築物	242
§ 110. 分散房屋. 房屋群和村鎮的污水處理	242
參考書刊	246
中俄名詞对照表	250

作者序

本書再版的目的是在生活污水处理方面的現代科学及實踐發展水平上來闡明這方面的一些問題。

作者在編寫本書時除了參考書目中所列舉的資料以外，還利用了莫斯科水質淨化托拉斯科學研究所以及莫斯科上下水道設計局、上下水道設計局、國家上下水道設計局、中央特種建築設計局等許多設計機構的材料。

作者根據蘇聯規定的條例和標準，以及根據處理廠的管理經驗或蘇聯廣泛進行的科學研究成果而擬定的改進辦法，盡了最大的努力來闡明處理建築物的計算問題和構造設計問題。

本書未敘述資本主義國家中的污水處理問題，在這些國家內處理的理論及處理設備計算方法的發展水平是低的，這乃是由于缺乏對勞動人民的關懷，科學依賴各個公司的利益為轉移等等。

作者感謝所有在本書再版前修改和準備時給予幫助的機構和個人，尤其對於已故功勛科學家和技术家 С. Н. 斯特洛岡諾夫教授的寶貴意見和指示，以及 И. А. 阿罕格里斯基教授所領導的莫斯科蘇維埃建築學院的下水工程教研組和在出版本書時曾作了仔細校閱及巨大幫助的本書編輯人 И. В. 鮑洛金副教授，表示特別的謝意。

作者不能不銘記蘇聯高等教育部選派的委員會在其評論中所給予的有益的指示，這個委員會包括技術科學博士 А. И. 茹科夫教授（主席），А. И. 阿罕格里斯基教授，技術科學候補博士 Я. А. 卡列林副教授，技術科學候補博士 З. А. 沃尔洛夫斯基和技術科學候補博士 С. В. 雅可弗列夫。

第一章 概論

§ 1. 生活污水处理的任务和方法

由于居民在生活中使用自来水的結果而产生的污水含有大量的矿物和有机物的污染質。这种水如果排入水体(河、湖等等),不仅將破坏河湖的天然狀況,而且也將使水体的水不能适用于生活和工業目的。为了防止这种情况,必須处理污水。

采用最完善的处理方法,几乎可以完全消除污水中的污染物。但这并不是在任何場合都需要的。水体本身具有净化能力,好像給污水处理提供了不花錢的設備。水体的这种能力必須利用;否則將在处理厂的建筑物和管理上造成多余的資金消耗。

因此,在每一个別的情况下,只有在查明了水体的净化能力以后,才能决定污水在排入其中以前的处理程度問題,水体应当只負荷它能够净化的污水量。如果水体負荷过大,將使其处理工作惡化,而且水体將被污水所污染。

处理建筑物型式的选择取决于污水的必需处理程度,同时也取决于当地条件(气候、地形、土質、电力价格和电力供应的保証等等)。采用不同的建筑物,可以得到必需的处理效果;在其他条件相同的情况下,最經濟的解决方法將是正确的。在选择处理建筑物的型式时,应当考虑到利用污水中所有的貴重物質的可能性,在处理建筑物中取出这些物質,不但給我国国民經济帶來收入,而且也使污水处理本身簡化。

处理生活污水时,主要是采用机械处理和生物处理。

机械处理是用以脫除污水中大量处于悬浮和漂浮状态的以及沿渠底被污水推移的有机物質和無机物質。

生物处理应当从污水中脫除殘余的細悬浮顆粒、膠体物以及溶解于水中的有机物質。

在机械处理的情形下常常采用机械方法从混合物中將水分出,而生物处理主要是依賴細菌及其他生物的活动。

机械处理称为不完全的污水处理,因为采用机械处理而获得的澄清水,根据处理建筑物的特性,只除去了一部分不溶于水的矿物和有机物。

当机械处理以后接着生物处理时,它也可以称为預处理。

§ 2. 苏联污水处理建筑物發展的簡略历史資料

在革命以前的年代里,在苏联的国土內只不过約 20 个城市是敷設了下水道的,而建有一处理厂的只有下列諸城市:莫斯科,基輔,敖得薩、哈尔科夫、普希金(前沙皇村)和高特欽。

在苏联的国土上,下水道最初是在敖得薩建造的;1888 年也就在这里建造了第一个污

水处理厂——敖得薩灌溉場。1894年在基輔建造了灌溉場；1898年，由于莫斯科的下水工程开工，修建了留布林灌溉場，不久就被改建为过滤場。1906年普希金城下水工程的生物濾池开始运转，而哈尔科夫的生物濾池则是在1914年开始运转的。从偉大的十月社会主义革命起，在过去的31年中已有100个以上的大城市敷設了下水道，其中大部分建有处理厂，并且在所有早先敷設了下水道的城市里，根本地改建或扩充了下水工程建筑物。在斯大林五年计划的年代里，在莫斯科（留布林曝气站，科茹霍夫曝气站等等），在哈尔科夫，土拉等城市修建了最大的污水处理厂。莫斯科最大的科茹霍夫曝气站已经开始建造了；接着就是几十个苏联城市处理厂的建設。

这样大规模的下水工程建筑物建設只有在我們社会主义国家里才有可能，在这里党和政府对于劳动人民的健康表现了極大的关怀，促进污水处理的科学發展，在实验室、研究院和工厂中培养了一些污水处理方面的出色的学者和專家。

1929年，在莫斯科的科茹霍夫加气过滤站进行了理論的研究和实践之后，开始运转了，这是苏联所提出并修建的世界第一座加气过滤站，在科茹霍夫曝气站中还建造了曝气池和消化池。

在偉大的衛國战争以前留布林曝气站（莫斯科）就已开始运转了。

在許多苏联的处理厂中进行着最新的污水处理方法的研究和这些方法在实际条件下的試驗工作。

在苏維埃政权建立以来的年代里，特别是在斯大林五年计划的时期內，研究并解决了这些重要問題：

1. 尽可能地利用水体的自清能力作为不花钱的处理設備，正确地將污水排入天然水体。
2. 查明了污水对国民經济能提供实际的价值；这种情况使污水本身能用于灌溉目的，而污水中所含的物質（脂肪、沉淀物等等）可用以获得貴重产品。
3. 建造了有生物濾池的大型处理厂以处理污水（哈尔科夫等等）。
4. 开始建造了試驗性的高負荷生物濾池（莫斯科，哈尔科夫等等）。
5. 研究出了采用加气濾池处理污水的理論，并且在莫斯科建造了科茹霍夫曝气站，从1929年起工作从未間断。
6. 研究了在曝气池中处理污水的問題，拟定了过程的理論，得出了計算公式并建造了大型曝气站。
7. 掌握了消化池的建築和管理并利用污泥分解的产物（煤气和發酵污泥）。
8. 在处理厂的实践中运用了各种不同排泥方法的大直徑輻射式沉淀池。
9. 研究出并且实际运用了有机机械耙的格栅，各种形式的沉沙池，双層沉淀池等等。

在有关污水处理的科学發展領域中可以注意到下述苏維埃科学的特征：

1. 社会主义建設理論和实践之間的联系，苏联的大多数污水处理厂乃是發展科学研究的基地，例如在莫斯科、列宁格勒、哈尔科夫、敖得薩及其他城市所进行的，科学研究工作的結果立即运用到生产上去，而生产本身又提出科学研究工作的題目来（莫斯科、哈尔科

夫等等)。

2. 所有学院和科学研究部門所进行的科学研究工作是與各个学者个人特点的最大發展相配合的(C. H. 斯特洛岡諾夫学校等等)。

3. 各个科学知識部門的联系, 仔細地收集并研究事实, 以勇于創造的科学革新精神大胆地配合(拟定加氣濾池, 不完全处理的曝气池的理論和基本結構, 計算处理建筑物的教学法等等)。

4. 国家的科学計劃, 它在广大群众中的普及和它的民主化, 这一切整个地服从于对人民的关怀、为苏联人民服务和共产主义社会的建設。

在污水处理的發展中, 苏联的工程师和学者們解决了一系列的实际問題, 創造了并正在創造新的結構和建筑物、抛弃旧的、不正确的和廢弃的, 在新的研究的基础上利用一些早已知道的建筑物并使其合理化, 随着污水量与質的变化, 改变老的处理方法和其建筑物。

苏联的学者和工程师們所拟定的設計規程和标准, 处理建筑物的类型和結構并不是始終不变的, 它随着污水处理科学的發展, 随着污水成分、性質和数量, 随着国家的發展和工業化以及居民福利的增長而变化着。

在苏联关于污水处理的科学有了很大的进步, 在有关污水处理的过程理論和規律的研究方面, 以及在确定建筑物尺寸的計算公式的制定方面, 占世界首位。

俄国有关污水处理的科学, 在十九世紀末和二十世紀初在莫斯科已基本上萌芽了, “負責独立解决这些問題的俄国工程师們是沒有經驗的。唯有用熟練的科学技术研究組織, 才能填補我們技术武裝的这一空白点, 以便今后在實踐中檢查所采用的办法的正确性”[94]Θ。

在莫斯科下水工程管理局的周圍聚集着衛生工程这一方面的首創者, 其中有 A. A. 西面諾夫, B. P. 維里雅姆斯, H. H. 胡嘉科夫, Ф. Ф. 爱比斯曼, C. H. 斯特洛岡諾夫, Я. Я. 尼基金斯基等等。

H. H. 胡嘉科夫教授給研究任务下了一个明确的定义: “研究現象, 以便將其掌握”。

但是只有在偉大的十月社会主义革命以后, 污水处理方面的科学研究才能获得应用。

近年来我們在这方面的成就是与下列諸人分不开的: C. H. 斯特洛岡諾夫, H. A. 巴霞金娜, K. H. 科洛里科夫, И. C. 別洛夫, Л. C. 車尔克斯等等。

§ 3. 污水处理事業發展的主要方向

随着文化和技术的發展, 水的需要急剧增高, 因而也造成污水量的增多。挾帶廢弃物的污水中含有大量有价值的物質; 水本身也是寶貴的。有价值的物質的提取和利用可使污水免除过多的污染物并使其以后的处理容易, 相反地, 排入水体未經处理的、未被利用的污水將使水体污染, 并且可能成为一系列傳染病發生的泉源。

污水必須視為工艺原料, 正确地利用污水可以給国民經济帶來一定的利益。

Θ 方括号中的数字表示援引来源, 參見書末的“参考書目”——譯者注。

所提出的問題的解决办法取决于当地条件,对于大城市和小城市南部和北部,位于大河旁的城市和小河旁的城市,解决办法不可能是相同的;它也决定于当地的土質条件。地方的材料資源和电力基地对于問題的正确解决也不是沒有关系的。

处理生活污水的建筑物甚至可以自給自足到某种程度。C. H. 斯特洛岡諾夫教授^[88]指出,污水处理建筑物在利用污水中宝貴成分的情况下是可能自給自足的。

如众所知,在有利的条件(位置地点、气候、土壤等等)之下灌溉場可以滿足这种要求。

使城市下水工程的处理厂变为有赢利的生产,这个問題是可以解决的。除了甲烷的能量利用和用污泥作为肥料以外,目前可以計入赢利的因素还有:家庭(街坊)垃圾与污水一同处理;从污水中分出的污泥的完全工艺加工;醱酵气体中二氧化碳的利用;利用剩余活性污泥作为飼料。

在有利地运用污水处理厂的同時,必須在管理中做到保障居民健康和污染空气、土壤及处理后污水排入的那些水体。

污水处理厂的赢利性將無条件地促进該厂在管理工作中自动装置和半自动装置的运用,各个組合的扩大,过程的机械化,專門装备的生产等等,以及污水处理建筑物类型和过程的改进。遵循上述方針,在污水处理建筑物的工作中,無論是在处理程度方面,或是在建筑物工作的赢利性方面,都可以达到很高的效果。

党和政府总是把人民健康利益放在第一位,对于城市及居民地区的福利設施問題給与很大的关怀。

城市及居民地区的福利設施問題,其中包括下水道和污水处理,具体反映在1931年联共(布)中央委员会六月全体會議的決議和苏联人民委员会及联共(布)中央委员会1935年七月十日关于莫斯科重建的決議中。

在苏联部長會議和联共(布)中央委员会“关于拟定新的以20—25年为期的莫斯科改建总計划”的決議(1949年)中,又一次的注意到了下水工程的发展。

上述決議責成污水处理領域中的科学工作者和实践家們做到改善处理效果,利用污水中所有的宝貴物質,并且增加处理厂的赢利性。

第二章 污水的成分和特性

§ 4. 生活污水及工業污水

污水乃是被大量外来的有机質和礦物質所污染的并为大量微生物所聚居的自來水(河水或地下水)。

污水的成分是十分多种多样的。它决定于污水产生的特征,按其来源污水可分为二类:家庭污水和工業污水。

家庭污水(目前常称为生活污水)乃是从厕所、洗脸盆、浴室、洗衣坊、厨房、洗地板等等而来的自来水。

生活污水的成分或多或少是相同的。多次的研究证明,生活污水中的污染物质几乎与气候、生活条件、居民的文化程度等等没有关系。可以认为,平均每一个使用下水道的居民,每天计有下列数量的污染物通过各种接纳器,与污水一齐进入下水道^[92]:悬浮物 35—50 克,氨氮 7—8 克,食物的氯化物 8.5—9.0 克,磷 1.5—1.8 克和钾 3 克。

和污水一起进入下水道网的每人每天所排泄的污染物质是被一定数量的水所稀释了的。显然,在污染物数量不变的情况下,排水量标准愈大,则污水的污染程度愈小,反之,则污染程度愈大。

生活污水的浓度是极为多种多样的;它主要是取决于排水量标准,亦即取决于每人使用后实际排入下水道的自来水量。

由于各个城市的排水量标准不同,所以这些城市的污水浓度也是不同的;排水量标准大的城市中污水浓度较弱,反之,在排水量标准小时污水浓度较高。

应当注意,同一城市的污水浓度并不是保持不变的,它随着季节而变化。如果每人每日的污染物数量保持相当固定的数值,则排水量标准是随着季节而变化的。冬天的排水量标准比夏天的小得多;这样就使冬天的污水浓度大于夏天的。

生活污水的浓度也随着一天的 24 小时而变化,因为每小时排入下水道网的污水数量与每小时进入的日污染物数量的相应部分不相符合。因此,谈到一定年平均排水量标准下的生活污水,必须注意到它的假定日平均浓度。

工业企业的污水,按其成分来说,是极其多种多样的,它的成分决定于生产特性、原料种类、生产组织、工艺过程的类型、单位排水量标准等等。

在城市,居民点和工业企业中,通常很少仅碰到一种、一个来源的污水。在城市污水中,除生活污水以外,经常还有工业污水;有时也有生活污水从工业区内所设的厕所、洗脸盆、食堂等等,或是从附设的居住区流入工业污水的总水流中。

生活污水和工业污水在其来源方面有区别,在其性质方面也有极重大的区别。生活污水主要含有人体的和家庭生活的废弃物,所以携带着大量的有机物(蛋白质及其分解产物,脂肪和碳水化合物)与非常多的细菌。

§ 5. 生活污水的成分

家庭污水,当其在下水管道中通过或多或少的距离时,呈灰色浑浊液体状态,并有令人极不愉快的臭味。污水携带大量漂浮和悬浮的物质(火柴、纸、菜叶、粪便等等),此外,还有许多溶解及胶体状态的化合物。

污水中所含的有机物和矿物可能在其中处于各种不同的分散程度:(1) 悬浮状态——砂、土、矿渣、骨头、有机悬浮体等等;(2) 胶体状态,矿物胶体类如硅酸及土的微粒,和有机胶体类;(3) 溶解状态,矿物及有机化合物和气体,例如碳酸,甲烷,硫化氢等等。

表 1 中列举了有关生活污水污染物质的特性的资料。

表 1.

污 染 物 質 的 特 性	占 总 污 染 物 質 的 %	占 有 机 物 量 的 %
沉降物質:		
矿物.....	5	—
有机物.....	15	25
悬浮物質:		
矿物.....	5	—
有机物.....	15	25
膠体物質:		
矿物.....	2	—
有机物.....	8	15
溶解物質:		
矿物.....	30	—
有机物.....	20	35

C. H. 斯特洛岡諾夫教授指出, 生活污水中含有極其多种多样的大量有机物質 (蛋白質、碳水化合物、脂肪、食物及生理过程的产物、紙、布、綳帶、髮毛等等) 和由腸胃帶來的細菌。

§ 6. 污水的細菌污染

包含大量有机物質的污水乃是繁殖許多各种各样微生物的有利环境, 污水中含有大量的这种微生物。細菌数量尤其大, 每一立方公分达到几百万或几千万, 它的体积占污水体积的 0.1%。細菌的主要部分乃是就腐菌。

污水的病原菌中有腸胃傳染病菌 (伤寒、副伤寒、霍乱、痢疾), 同时还有皮膚病, 肺結核病和其他許多傳染病菌。污水中还有大量的蠕虫 (蛔虫) 卵。

細菌利用污水中的有机物作为食料, 在其生活过程中受到破坏和变化, 使得污水成分不断地变化。

§ 7. 污水中發生的变化。好气过程和厭气过程

污水的特征是成分、濃度和它所处的狀況。如上所述, 純粹的生活污水的成分是或多或少固定不变的, 但是城市污水的成分却随着排入城市下水道的工業污水的性質和数量而变化。生活污水的濃度决定于居民所需的自来水量 (用水量标准), 这种用水量在不同城市中变动于每人每日 50 至 500 公升或更大的範圍內。污水狀況决定于其“新鮮”程度, 同时还决定于污水沿下水道系統流过的時間內所發生的过程。污水成分和狀況的变化决定于污水在下水道內流动时其中所产生的顆粒机械摩擦、細菌活动所引起的复杂有机物質的分解、吸氧的可能性、温度等等。污水流行愈久、温度愈高, 則其成分变化亦愈大: 稠的糞便和一些其他悬浮物及漂浮物被磨碎, 細菌活动增長, 原来在水中的氧逐漸消失, 进而在完全缺乏溶解氧的情况下污水开始腐化。

当污水徐徐流动或静止时, 污水中發生物理的、化学的、物理化学的和生物化学的复杂变化。結果, 不但污水成分發生变化, 而且区分为两种形式: 液体和固体。所有的溶解物和

大部分有机物及矿物胶体仍保持液体形式。被称为沉淀物或污泥的固体形式含有 95—99% 的水分；它乃是由污水中可沉落的物质所形成。沉落为沉淀物、形成固体形式的还有粗的和细的悬浮物，以及相当数量的胶体物质，这些胶体物质是由于水中发生的过程而凝结成花絮状态而沉落的。

污水内所有悬浮物的总数量中，可沉降的为 75% 的矿物总量和 70% 以下的有机物总量。

污水成分不固定的基本原因乃是其中所产生的细菌活动过程，亦即生物化学性质的过程，由于这种过程的结果，复杂的有机物质转变为结构较简单的物质。

有一种微生物，在其生活过程中必需有游离氧，否则即不能生存，这种乃是好气的，另一种不需要氧，在完全没有氧的情况下仍能生活并且繁殖，这种乃是厌气的。

在好气细菌参加活动的情况下，处理污水时所进行的过程称为好气过程；在厌气细菌参加活动的情况下，所进行的过程则称为厌气过程。

§ 8. 生物化学需氧量

污水的污染程度主要取决于其中有机物的总含量、其成分和污水的状况。由于有机物的多种多样性和其成分的不断变化，致使组成综合污染物各个成分的定性及定量工作极为困难。在这种情况下只能得到污水的总污染特性。这种特性应当用适合污水处理过程中遇到的条件和对处理建筑物提出的要求的那些指标来表示。因为在污水处理过程中有机物质的加工主要是靠氧化过程来实现的，所以必须确定使污水成为适于排入水体的状态所应消耗于有机物生物化学氧化作用的氧量。

污水的生物化学需氧量（生化需氧量 БПК）是用好气细菌稳定有机物时所需的氧量，以毫克/公升计^[1]。

当氧量充足时，污水的 БПК 决定于污水中有机物的起始数量，而耗氧速度则决定于一定菌种的存在和温度。

当氧量充足时，БПК 几乎可在 20 天内降低到零（当温度为 20° 时），在这种情况下，第一天內 БПК 的降低约为 20%，而在五天內约为 65—70%。在 20 天的时间內 БПК 值的降低相当于无氮有机物被氧化成为碳酸和水的过程，并且代表第一阶段的 БПК；下一阶段的 БПК 则相当于氮化物质的完全氧化过程——硝化过程。

因为当水温为 20 度时，决定污水的 БПК 值需要 20 天的时间，所以为了加速 БПК 值的获得，在有些情况下可以在五天內确定它，考虑到 БПК_{20} 和 БПК_5 之間存在着一定的关系。对于生活污水 $\text{БПК}_{20} = 1.1 - 1.5 \text{ БПК}_5$ 。

新鲜污水可能只含少量的溶解氧，这些氧是由自来水所带来或是从空气中吸取来的。但是这些氧立即被消耗完。因此，生的（未经处理的）以及澄清的污水并不含有氧。在污水处理的过程中，生化需氧量逐渐降低，造成延缓耗氧的条件，同时污水所吸取的氧开始在处理的水中聚积起来，成为溶解状态。这种情况就是，氧化有机物时的耗氧速度变得小于污水从四周（空气）环境中吸氧的速度。因此，净化的污水中溶解氧的含量可以用作其处理程度的指标。

§ 9. 硝化和脱氮

生的(未經处理的)污水中,由于氨基酸和尿素分解的結果,經常有銨鹽 $[(\text{NH}_4)\text{CO}_3]$ 产生。銨鹽在有氧存在时受到氧化,这个过程是在有一定种类的微生物参加之下而产生的。这个过程被称为硝化,因为其最終产物乃是硝酸鹽。硝化过程是污水处理的最后阶段。因为在污水中所含有机物的主要部分,分解以前不可能發生硝化过程,所以在净化污水中硝酸鹽的存在可以作为污水处理程度的指标。硝化过程在两种微生物的影响下經過两个阶段:第一阶段是銨鹽被氧化成为亞硝酸,并且是在亞硝化菌(Nitrosomonas)参加活动之下进行的;第二阶段是亞硝酸被氧化成为硝酸,同时是在硝化菌(Nitrobacter)参加活动下进行的。氧化作用是好气細菌所进行的,并且在进行中放出热来。

硝酸和硝酸鹽可以被微生物用作氧的来源,因为硝酸和硝酸鹽容易被还原、放出氧来。硝酸鹽的生物化学还原过程称为脱氮;它只是在厭气的条件下,沒有游离的溶解氧时才进行。

因此,可以代表污水中氮化物的有各种含氮的化合物,从复杂的蛋白質及其分解产物起,到簡單的矿物(氮及銨鹽、亞硝酸及硝酸)为止,同时这些化合物的成分决定于污水中微生物活动結果而發生的变化。

有机物所含其他元素也發生着类似的变化情形。

蛋白質分解时,除銨鹽以外,还放出硫化氢。由于特种細菌——硫菌活动的結果,硫化氢被氧化。这种氧化过程分为两个阶段:首先硫菌將硫化氢氧化成为硫,然后成为硫酸、硫酸与碳酸氫鈣和碳酸氫鎂互相作用,結果产生硫酸鹽。

蛋白質中也含有磷。有机磷遭受到矿化过程,由于十分复杂的生化过程結果,有机磷变成磷酸鹽。無氮有机物因矿化而形成碳酸和水。

微生物的生命活动与各种外界条件有密切的关系。当所有的外界因素对微生物的生命活动最适宜时,微生物就能显示出最大的活力。当条件不利时,微生物或是逐渐地来适应它,或是死亡。

应当指出,温度对微生物的繁殖和生命活动特性的影响。如果温度低于某一温度时,該微生物就不可能生活,則該温度称为最低温度;最适宜的温度——在这种温度之下,微生物的生命活动得到最大的發展;最高温度——温度高于这种温度时,微生物也是不可能生活的。各种不同的微生物对于自己最适宜的温度是不相同的,如果其最适宜的温度在20至30°之間,則这种微生物叫做低温的;如果其最适宜的温度超过50°,則叫做高温的。

§ 10. 污水的反应

新鮮污水有弱鹼性的反应。污水和污泥中厭气过程的結果可以形成有机酸类,这种酸可用水的碳酸氫鹽和碳酸鹽来中和它。但是,用消耗水中儲存的鹼的办法,反应可以变成酸性的或是pH低于7.0。在好气条件下净化的污水,其pH接近7.3。污水的活性反应(pH)对于各种微生物的活动有关的生物化学过程有很大的影响,这种微生物不同地对待一定的

氫离子濃度。此外, pH 对于有机膠体的生物化学凝結过程和細粒分散的悬浮物的沉降过程、对于污泥的成熟和分解过程以及对于污泥的脱水过程, 都有重大意义。因此, 在污水处理不同的阶段上, pH 值乃是一种指标, 可能及时地对处理过程正常运行的任何偏差有所反应。

氫离子濃度 pH 在 7—8 范围内的污水是正常發展微生物生命活动的最有利的環境。

§ 11. 污水的稳定性

当需氧量完全满足后, 污水成为稳定的, 也就是它以后不可能再腐化。如果用字母 L 表示污水的 БПК, O 表示氧的儲存保証程度, 則关系式

$$S = \frac{O}{L} 100\% \quad (1)$$

將称为相对稳定性。

因此, 淨化污水的稳定性决定于其中所儲存的氧, 包括溶解氧和亞硝酸鹽及硝酸鹽中的氧, 如果在有机物的生物化学氧化过程中消耗了儲存的溶解氧, 則將發生脫氮过程, 在脫氮的情况下亞硝酸鹽和硝酸鹽中的氧被分解出来。

§ 12. 污水濃度的确定

以后所有关于处理問題的叙述將是基本上属于生活性質的污水的。但是在現在的条件下还不可能將生活污水与工業污水的处理問題完全划分开来。

所有的生产污水可以分为与生活污水成分相近的污水(例如食品工業的污水)和与生活污水大不相同的污水(例如化学、冶金等工業的污水)。

与生活污水成分相近的生产污水可以和生活污水一同处理。其他的生产污水处理則需要特殊的解决办法, 并且常常需要專門的建筑物。

混入了工業污水的生活污水濃度可以按下述公式确定:

$$K_{cp} = \frac{KQ + \sum K_i Q_i}{Q + \sum Q_i}, \quad (2)$$

式中: K —生活污水濃度;

K_i —各个企業的生产污水濃度;

Q —單位時間內的生活污水流量;

Q_i —各个企業的生产污水流量。

根据公式(2)可以求得設計生活污水处理建筑物时的污水性質主要指标、БПК 和悬浮物的平均濃度。

确定生活污水的濃度时, 可以按每人每天平均 50 克的悬浮物(最高标准)和 50 克 O_2 的 БПК(最高标准)采用。随每人每天所耗水量而定的生活污水污染濃度列于表 2 中。

表 3 中所列的乃是某些生产污水的悬浮物和 БПК 数量的范例^[79]。

表 4 中所列的乃是苏联各城市污水成分的实例。

表 2.

污 染 指 标	每 人 每 天 排 水 量 标 准 (公升)				
	50	100	150	200	250
悬浮物量 (毫克/公升)	1000	500	333	250	200
未澄清污水中的 BHK (毫克/公升)	1000	500	333	250	200
澄清污水中的 BHK (毫克/公升)	667	333	222	187	133
沉淀物体积 (97.5% 的水 2 小时沉淀%)	2.8	1.4	0.9	0.7	0.56

表 3.

企 业 名 称	悬 浮 物 量 (毫克/公升)		BHK ₅ (毫克/公升)
	总 量	挥 发 部 分	
制酒厂	800	400	260
马铃薯-淀粉工厂	<13000	<10000	1500
甜菜糖厂:			
(a) 洗涤-运输水	2000	400	200
(b) 扩散水	2800	2200	2100
(B) 压榨水	65	50	7700
肉类联合工厂:	780	420	750
制革厂	1680	900	900
制呢厂	700	400	1500
洗毛厂	20000	15000	2000
棉织厂:			
(a) 漂白车间	300	150	300
(b) 染色车间	300	180	700
(B) 印花车间	250	150	250
(r) 染漂联合车间	250	100	400
炼焦化学工厂	600	300	4000
氮肥厂	320	100	不多

表 4.

	莫 斯 科	哈 尔 科 夫	基 辅	放 得 薩	土 拉
	1940 年	1943 年	設 計	1940 年	1933 年
悬浮物 (毫克/公升)	250	278	255	483	493
氯化物 (毫克/公升)	200	185	110	534	176
氨 氮 (毫克/公升)	27	35.8	26.2	67.6	33
氧化能力 (O ₂) (毫克/公升)	89.5	50.1	194	90	143
BHK ₅ (毫克/公升)	214	125.7	233.5	—	400
每人耗水量 (公升/天)	244	—	270	120	150

因为许多处理建筑物是按照每人的消耗标准来进行设计的,所以可以用假定附加居民的污染物当量来代替工业污水所引入的污染物质。

因此,工业污水中所有的污染物可以用人口当量表示,采用 50 克 O₂ 的 BHK 和 50 克的悬浮物作为每一人口当量的污染物质。这种代换并不改变污水的总量,所以在建筑物的