

# 城市排水工程和污水处理

〔德國〕K. IMHOFF 原著

科學技術出版社

# 城市排水工程和污水处理

[德国] K. IMHOFF 原著

韓布葛 韋国英 譯

科学技術出版社

## 內 容 提 要

本書原著者為德國 K. 殷霍夫博士，內容分上下兩篇，上篇對城市排水工程及設計的主要理論方面作了簡明扼要的敘述，下篇對污水處理方面詳細地介紹了各種方法的經驗資料，並提供了頗有價值的數據，同時更用例題來說明。

本書可供城市排水工程和污水處理的技術設計人員及本專業的學校師生作參考之用。

## 城市排水工程和污水處理

TASCHENBUCH DER STADTENTWASSERUNG

著 者 [德 國] K. Imhoff

原出版者 Verlag Von R. Olden  
Bourg · 1954 年版

譯 者 韓 布 葛 韋 國 英

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路 336 弄 1 號)

上海市書刊出版業營業許可證出○七九號

上海新華印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

統一書號：15119·342

開本 850×1168 1/32 · 印張 7 5/8 · 插頁 1 · 字數 185,000

一九五六年十二月第一版

一九五六年十二月第一次印刷 · 印數 1-2,500

定價：(10) 一元三角



德國工程博士 K. 殷霍夫 (Karl Imhoff)

本書原著者工程博士 K. 殷霍夫在 1956 年 4 月 7 日已達八旬的高齡了。他畢業於明興 (München) 工業大學之後，在三十歲時，曾任愛姆斯河 (Emscher) 河衛生工程局總工程師。當時 (1906 年) 著有“城市排水工程”一書。聞名世界的雙層沉淀池，又名隱化池 (Imhoff tank)，就是殷霍夫博士發明的。其後該書陸續再版，資料迭有增加和精簡，發展而成為包括全部城市排水工程和污水處理的專門著作。本書就是該書的第 15 版。此外，他還著有二百種以上的這類工程書刊，其中有些是最近印行的。全世界特別是歐美的人士都認為他是這門學術的權威。殷霍夫博士年事雖高，但精神矍鑠，仍在繼續從事他的著述和工程顧問工作。

## 譯者的話

原書的第 15 版已在德意志民主共和國的柏林市奉准刊印發行(即 1954 年在柏林市准許發行的第 2 版)。

原書述及約 600 件參考資料，其中大部分是參考德國工程雜誌“Gesundheitsingenieur”和“污水和工業廢水”(Sewage and Industrial Wastes) 兩種刊物。但那些參考書刊的大部分以及德國標準的目錄目前在中國幾乎是無法獲得，為了減少篇幅本書中未予列入。此外，原書中某些不重要的部分也予省略以期精簡。

譯者為了要使文中含義更為明顯和易于了解，在書中的某些地方加寫了某些短注。本書稿件的整理和文字校對工作承余慧鸞同志協助辦理，在此附致謝忱。

譯者學識經驗均屬有限，希望本書讀者多予批評指正，以便再版時有所改進。

韓布葛 韋國英

1956 年 5 月

## 序 言

从事于城市排水工程和污水处理工作的工程师們將會在这本書中找到許多他們所要用以解決問題的資料。繁难的公式以及耗費時間的計算都已尽量地避免掉。我們如果能够正确地引用經驗数字，同样可以达到目的。那些图解能够很迅速地解答許多問題，并且是相当地精确的。

这本第 15 次出版的書如与第 14 次出版的相比，它的每一章都是經過彻底的修改、补充和加以现代化的。最近增补的有調節池的計算和用于壓縮空气管的諾謨图（即表示几个数值因变的关系的图解）。

K. 殷霍夫博士

1953 年 10 月

# 目 录

## 上篇 城市排水工程

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 一、城市排水工程概要 .....            | 1  |
| 1. 設計 .....                 | 1  |
| 2. 分流系統和合流系統 .....          | 2  |
| 3. 人口的增加 .....              | 3  |
| 4. 雨水的溢流 .....              | 4  |
| 5. 調節池 .....                | 5  |
| 6. 倒虹吸管、虹吸管和壓力管 .....       | 6  |
| 7. 縱斷面和坡度 .....             | 6  |
| 8. 溝管的橫斷面 .....             | 8  |
| 9. 窰井和雨水進水口 .....           | 8  |
| 10. 沖洗和通風 .....             | 8  |
| 11. 污水唧站 .....              | 9  |
| 12. 排水系統的造價 .....           | 9  |
| 13. 建築材料 .....              | 10 |
| 14. 調節池的計算 .....            | 10 |
| 二、排水系統的計算 .....             | 14 |
| A. 水量 .....                 | 14 |
| a. 生活污水 .....               | 14 |
| b. 雨水流量 .....               | 15 |
| 1. 根據面積或長度的估計法 .....        | 15 |
| 2. 根據距離、流速和逕流系數的簡便計算法 ..... | 15 |
| 3. 簡便的列表計算法 .....           | 15 |
| 4. 詳細的列表計算法 .....           | 21 |
| 5. 圖解總結的方法 .....            | 25 |
| B. 橫斷面的計算 .....             | 27 |
| C. 計算表1~12(計算溝管橫斷面用) .....  | 31 |
| 三、橫斷面的靜力計算 .....            | 31 |
| A. 小型橫斷面 .....              | 31 |
| B. 大型橫斷面 .....              | 47 |

## 下篇 污水處理

|                |    |
|----------------|----|
| 四、污水處理概論 ..... | 48 |
|----------------|----|

|                            |     |                             |     |
|----------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| A. 污水处理的輪廓·····            | 48  | E. 污水的利用·····               | 55  |
| B. 污水处理的内容·····            | 48  | F. 污水处理費用和費用表·····          | 56  |
| C. 污水处理的方法和效能·····         | 52  | G. 固体廢物和垃圾·····             | 58  |
| D. 天然方法和人工方法·····          | 55  | H. 臭气·····                  | 60  |
| 五、处理厂的设计和計算·····           | 62  |                             |     |
| A. 污水的特性·····              | 62  | 2. 污泥量·····                 | 135 |
| B. 帘格法·····                | 75  | 3. 污泥量表·····                | 136 |
| C. 飄浮法·····                | 77  | 4. 污泥的消化·····               | 137 |
| D. 沉淀法·····                | 79  | 5. 产生污泥气体的其他<br>廢料(附表)····· | 140 |
| 1. 顆粒狀污泥和处理池<br>的表面負荷····· | 80  | 6. 消化池的设计形式·····            | 143 |
| 2. 杂粒池·····                | 82  | 7. 消化池的計算·····              | 149 |
| 3. 絨集污泥和截留時間·····          | 85  | 8. 气体的生产、加热和<br>利用·····     | 151 |
| 4. 沉淀池·····                | 86  | 9. 用沼气作燃料·····              | 156 |
| 5. 沉淀池的种类·····             | 90  | 10. 污泥干化床·····              | 157 |
| 6. 絨集作用·····               | 94  | 11. 污泥池塘·····               | 159 |
| E. 化学沉淀法·····              | 94  | 12. 污泥的人工干化法·····           | 159 |
| F. 加氯法·····                | 96  | 13. 污泥的焚燒·····              | 160 |
| G. 砂濾池·····                | 97  | 14. 利用污泥于农业生产·····          | 160 |
| H. 生物处理法·····              | 98  | 15. 污泥的最后处置·····            | 162 |
| 1. 污水农田·····               | 101 | K. 生产污水·····                | 162 |
| 2. 高負荷污水农田·····            | 105 | 1. 人口当量·····                | 165 |
| 3. 土濾法·····                | 106 | 2. 玷污当量·····                | 166 |
| 4. 洒滴池·····                | 109 | 3. 生产污水的处理方法·····           | 171 |
| 5. 接触池·····                | 118 | L. 雨水·····                  | 175 |
| 6. 曝气法·····                | 119 | M. 房屋中的污水处理設備·····          | 177 |
| 7. 活性处理法·····              | 119 | N. 小型处理厂(附例題)·····          | 180 |
| 8. 污水池塘和污水湖·····           | 131 | O. 临时处理厂·····               | 184 |
| 9. 硝酸鹽法·····               | 133 | P. 处理厂设计的細节·····            | 187 |
| 10. 腐化法(用于污水处<br>理)·····   | 133 | 1. 建筑物·····                 | 187 |
| J. 污泥的处理·····              | 134 | 2. 管綫·····                  | 188 |
| 1. 污泥的特性·····              | 134 | 3. 机器·····                  | 189 |

|                          |     |                            |     |
|--------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 4. 测量仪器 .....            | 189 | Q. 处理厂设计的计算例题              | 190 |
| 5. 管理 .....              | 189 |                            |     |
| 六、污水洩入水体 .....           | 200 |                            |     |
| A. 水体的要求-污水負荷图 .....     | 200 | C. 处理厂的布置 .....            | 206 |
| B. 污水放洩对給水进水口的关系 .....   | 205 | D. 水体中的协助作用 .....          | 207 |
| E. 水的循环 .....            | 209 |                            |     |
| 七、水体的自清作用 .....          | 211 |                            |     |
| A. 氧的消耗 .....            | 211 | 2. 氧量綫的列表計算法 (寇尔氏方法) ..... | 223 |
| B. 氧的吸收 .....            | 217 | 3. 估計方法 (費尔氏方法) .....      | 224 |
| C. 氧量平衡的計算 .....         | 219 |                            |     |
| 1. 氧量消耗和氧量吸收相互間的关系 ..... | 219 |                            |     |
| 索引 I. ....               | 230 |                            |     |
| 索引 II. ....              | 236 |                            |     |

# 上篇 城市排水工程

## 一、城市排水工程概要

解决城市雨水和污水问题的最有效和最经济的办法就是設置一套完整的排水系統。所有厕所都用抽水馬桶的裝置接通，无需再用粪坑，也不必設置化粪池之类的私人处理设备。如果能够很好地利用和养护現有的水体（見二 B，六 D）●并預計其將來可能的发展，就可以很經濟地建筑一套完善的排水系統。在这种情况下，在适当的中心地点利用廉价的材料，采用經濟的方法建筑一座中心处理厂也是很适宜的（五 O）。

排水系統的計劃（初步計劃）必須配合城市总规划进行。排水系統的发展，應該跟着公共給水工程一同前进。

### — 1. 設計

初步計劃。比例尺1:25,000~1:10,000的总图上应繪有溝渠洩水区域、溝渠总管、雨水溝渠出水口、处理厂、河道及地面等高綫等。总管的縱断面图應該在長度方面具有与总图同样的比例尺，而高度的比例尺則应为1:100。

在建筑处理厂和主要总管之前，應該进行土壤探驗工作，得出可靠的鑽探結論。此外，尚須进行总管的計算以及溢流稀釋率的

---

● 二 B, 六 D 系指第二章 B 节和第六章 D 节，以下同

決定等項工作。

最后平面图。最后平面图应包括：等高綫的总图，比例尺为 1:25,000~1:10,000；城市平面图，比例尺为 1:5,000~1:2,000；縱断面图，高度的比例尺为 1:100；地下室的最低地板高度，地下水的水位，土壤和地下水的情况（—13），載有房屋連接管的施工設計图，比例尺为 1:1,000~1:500；溝渠、窰井、处理厂等的最后設計，基地土壤探驗的完備記錄，整个排水系統的詳細計算和報告書。

最后平面图的繪制，应在城市规划的路綫已經确定之后方可进行。預計將來可能发展的地区，只需大概地加以考虑。排水工程的原則是：污水必須經常在新鮮狀況之下（五）；沉淀現象必須避免。

## — 2. 分流系統和合流系統

分流系統（独立的污水溝渠和雨水溝渠）由于具有双重独立排水系統的緣故，是比較昂貴和复杂的。但是，如果雨水的大部分可以沿人行道側石流去（道路路面所需的最小坡度应为 1:200）以及在尚未十分发展的郊外地区，而要在水道的两旁把路上的积水排去，分流系統有时也有它的优点。由于雨水和地下水的滲入，溝渠的流量至少須增加 100%。假使雨水無需瀘清，分流系統中处理厂的造价有时比較減省（五 L）。杂粒池一般可不需（五 D2）。

在合流系統中是雨水和污水在同一溝管内混合，采用这种系統的較为普遍。

在分流系統中，雨水溝渠的水和合流系統的雨水溢流同样是玷污的（五 A）。分流系統中的雨水通常是水体的負担，因为所有的雨水并未經過清瀘，而合流系統的混合污水仅在某种稀釋程度下才成为水体的負担。<sup>①</sup> 假使合流溝渠的坡度不够因而污泥沉淀

① 譯者注。初雨时雨水的玷污程度常是嚴重的，經過相当時間之后，雨水才漸漸变清

在合流溝渠中，結果只能在大雨時沖掉而溢流出去(五 L)，這種情形當然是例外的。

總管的位置應該依據地形的天然坡度設置。如果溢流只可在高地或低地而排水必須用唧機，則高地和低地應該各有分開的總管。個別總管特別是用于低地下室的須用唧機排水。

### — 3. 人口的增加

人口的增加(圖 1)一般是：小城市每年 1%，大城市每年 3%，而工業城市每年達 10%。礦山地區可估計 20~25 年，一般的城市應估計到 50 年。城市人口是否逐年增加是一問題，但流量的逐漸增加必須預為估計。假使城市規劃已實行分區，就須計算出最大可能的人口數量，繪制以往的人口增加曲線，並須預計到將來的發展。

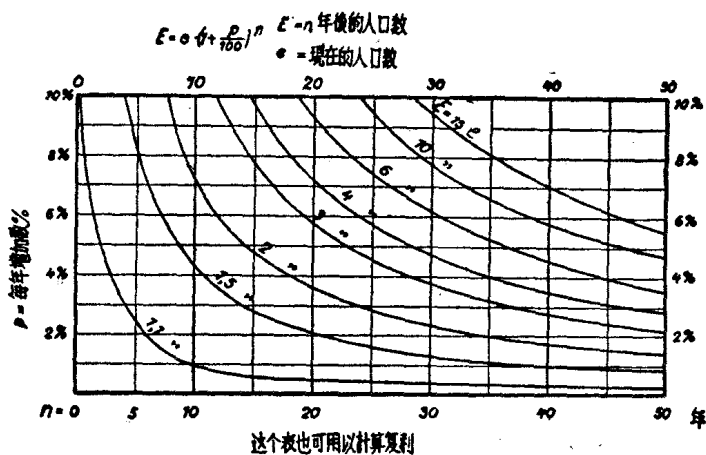


圖 1 人口的增加

城區的詳細划分和人口密度計算可按照以後的各表(二 A3)進行。

## — 4. 雨水的溢流

雨水的溢流(即出口)系由合流系统的溝管中流洩于最近的水体内。在这过程中, 稀释一般是 5 倍(即 1 分污水和 4 分雨水)。稀释的程度取决于水体的清洁度(六 A)。稀薄污水(超过每人每日 200 公升)可以降低稀释度。处理厂的雨水出口管或支管通常是按照双倍(1+1)或三倍(1+2)的稀释度设计的(五 L)。因此处理厂的雨水出口管可以按照  $2 \times 200 = 400$  公升/人/日以至  $5 \times 200 = 1,000$  公升/人/日设计。

如果不用稀释度的标准作设计, 而用降雨后的某种流量作设计则更为正确。例如, 在瑞士就是采用超过 10...15 公升/秒/公顷(即 10,000 公尺<sup>2</sup>)的流量作设计的。如属可能, 应该在雨水溢流处的附近预留地位, 以便建筑雨水调节池之用(五 L)。溢流堰的边应与重力水流的溝管中部分流的水位一样高, 依照表 5...11, 或取稍高的数字。这个边是木制的, 便于调整。在唧站里溢流堰的高度取决于唧机的生产量。溢流堰边的长度可由图 2 计算出, 但是应该采用略长于计算的长度。

【例题 1】雨水溢流堰。1 公尺宽, 1.5 公尺高的蛋形溝管满流时的流量为 1.7 公尺<sup>3</sup>/秒。流量中的 1.4 公尺<sup>3</sup>/秒将为溢流堰所截去。余留在蛋形溝管内的流量为  $1.7 - 1.4 = 0.3$  公尺<sup>3</sup>/秒, 或  $0.3/1.7 = 0.18$  即容量的 0.18, 其水位则为高度的 0.32 即等于  $0.32 \times 1.5 = 0.5$  公尺(表 6)。溢流堰应设在溝管内底之上 0.5 公尺的地方。假使溢流堰的长度为 4 公尺, 则每 1 公尺长度必可排出流量  $1.4 \div 4 = 0.35$  公尺<sup>3</sup>/秒。按照图 2 所载的“小数值”, 水头(即水位差)压力  $h = 0.33$  公尺(在溢流堰边之上)。所以溝管中的水位为  $0.5 + 0.33 = 0.83$  公尺即在蛋形溝管内底之上 0.83 公尺处。

必须注意溢流堰的稀释数字系根据污水的每小时最大数量计算的, 即每日数量中的 1/10 或 1/14(五 A)。但在处理厂方面这

个数字則系根据每日平均量, 后者仅及上述的一半 (五 Q)。因此用于街道溝渠的五倍即相当于用在处理厂方面的十倍。

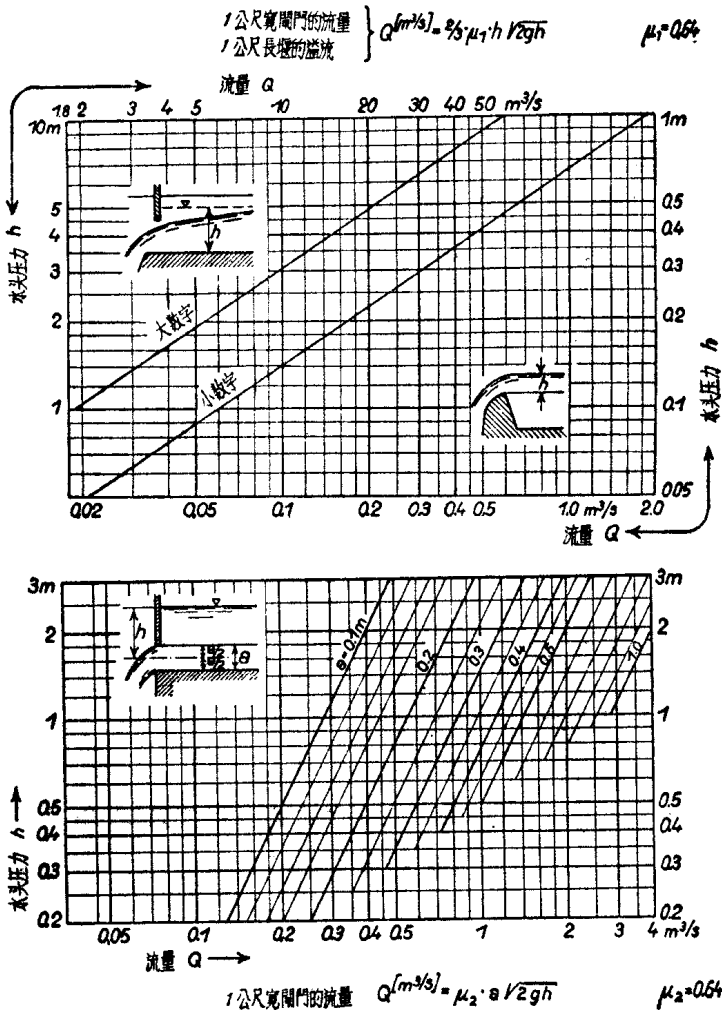


图 2 堰和閘門

## — 5. 調節池

調節池(一 14; 五 D5; 六 C)的作用系在暴雨之后將雨水容積

后再缓缓地放洩于溝渠之內(調节池用于沉淀者見五 L 和五 Q; 計算方法見一 14)。

如地下室有被街道溝渠水淹的危險,則須采用回流舌門、浮标等裝置,亦可用一种舌門仅于放水时开启。例如,由廁所放水。但上层房屋的管子和排水总管应有自由的出口。

### — 6. 倒虹吸管、虹吸管和压力管

倒虹吸管通常具有两条管道,其中一条用于旱流已够,在日間最少須有 1 公尺 / 秒的流速。暴雨的溢流系由閘門或木填控制以便冲洗雨水溝管。在两条管道的上端都須裝置冲洗舌門。升起的管道不可垂直,但至多只能采用 1:2(高度:距离),以便向上帶走砂粒。流量大时就用二条管道,都須定时予以冲洗。

虹吸管应尽可能避免不用。如果必需采用,它的建筑和倒虹吸管一样,但管道須微微向上斜升,以便排除空气气泡。下落的管道系垂直的,并用突然折轉以便导走空气。

唧站压力管的布置和倒虹吸管相同。必須裝置通风設備。虹吸管和压力管的計算和普通具有自由流量的溝管完全一样是依照表 1 至表 3 而进行的,但不是根据溝管的坡度而是根据水位的坡度,即根据水头与溝管長度之比作計算。可以采用 1 公尺/秒的速度。在流量变动时(旱流和暴雨)污水必須保持新鮮;但是不能容易办到,所以沉淀物必須时时冲洗掉。

### — 7. 縱断面和坡度

滿流时的最小容許流速  $v=1$  公尺/秒,部分流时为 0.5 公尺/秒(旱流),否則就須进行定时的冲洗。用于震动制造混凝土溝管的最大容許流速  $v=2.5$  公尺/秒,而用于陶土溝管的为 5 公尺/秒,否則就須采用跌水井。污水中如无砂粒(杂粒),最小流速可为 0.4 公尺/秒,而最强的混凝土溝管中最大流速可达 3.0~6.0

公尺/秒。坡度可按照表 1~11 計算。圓形溝管閱圖 3；蛋形溝管閱表 4 和 6。筑有混凝土平板护坡的水道可用 1:200~1:1,500 的坡度。

### 【例題2】溝管坡度

溝管直徑 $d=0.4$ 公尺，污水中含有砂量。試求最小容許坡度。

按照圖 3 左边的第二曲綫，坡度应是  $0.004=1:250$ 。因此滿流时 ( $h=1.0d$ ) 的流速約为  $v=1.0$  公尺/秒，而部分流时 ( $h=0.2d$ ) 的流速約为  $0.5$  公尺/秒。这个結果可以用表 1 和表 5 校对。假如污水中不含砂量，容許坡度可能为  $0.002=1:500$ （按照同表的第一曲綫），而部分流时 ( $h=0.25d$ ) 的流速約为  $0.4$  公尺/秒。

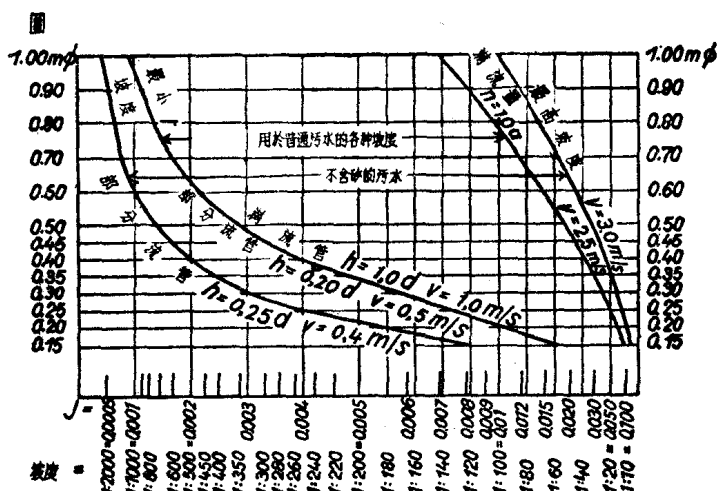


图 3

在溝管内必須裝置分支設備，或改变坡度时必须使水沿着平均水綫連續地流行；如坡度很陡，下游的水綫應該較低，設計时不可以管内底为准。在这种情况下，溝底可以在短距离內略为升高；坡度如不大，溝底应齐平。

## — 8. 溝管的橫断面

混凝土或陶土溝管的橫断面一般都是管徑 25~45 公分的圓形。大的橫断面可用圓形或蛋形。敞开的橫截溝渠最好筑成三角形(表 10 和 11 及二 B)、五角形(表 8)或拱頂形(表 7)。

封閉的橫截溝渠由于土壤压力和車輛荷重(III A)的关系,一般是筑成拱形。它們底部的計算取决于流体情况(即含有沉淀物的能力)。大截面而有小量的旱流流量时可在管底筑一道水溝和人行道(表 5~9)。

## — 9. 窰井和雨水进水口

溝渠系中凡坡度、方向或橫截面积发生变动的地方,以及沒有这类变动时而在每隔 30~60 公尺之处都須設置窰井,但在工人可进入的大型溝渠中每隔 100 公尺也須設置窰井;溝管截面沿溝底應該是連續不断,并無任何可能截留污泥的凹坑。凡不能进入的溝管,在两个鄰近的窰井之間必須成一直綫。

街道的进水口不应裝置防臭弯管。以便有利于溝管的通风。仅在預計將有大量砂泥或溝管坡度不够时候才可采用截砂器(箱形物或污泥桶)。

## — 10. 冲洗和通风

冲洗作用对于分流系統及溝管上游部分的坡度不够时特別显得重要,一般在窰井中用閘門將污水塔积再开放冲洗。有时可以采用自动裝置。

通风方法可利用街道进水口和高出屋頂的通风管。因此在房屋接管的总管中不用防臭弯管,后者只在房屋內每个单独接管处裝用。窰井盖上应有孔眼,特別是在坡度变动的地方,以便在流量突然增加时空气可以排出。很長的封閉溝管应有机械通风設備。