

# 城市排水系统的设计标准及工程实践

聂林妹

(挪威水利能源署, 挪威 奥斯陆)

**摘 要:** 目前中国一些城市的排水系统由于设计标准不够或者设计不当,以至于在并不罕见的降雨到来时出现了积水和洪水的问题,为此介绍了部分国家和地区排水系统的设计标准、工程实践现状,并进行了讨论,可供同行借鉴。

**关键词:** 城市排水系统; 设计标准; 工程实践

**中图分类号:** TU991.2 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)05-0062-04

## Design Standard of Urban Drainage System and Engineering Practice

NIE Lin-mei

(Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Norway)

**Abstract:** Because of the insufficient design standard or improper design of drainage system in some cities of China, there occurred water logging and flooding, even when the storm with normal intensity came. For this purpose, the design standards and engineering practice available from different countries and cities were introduced, and different situations were discussed as well. It will be valuable reference for professionals in this field.

**Key words:** urban drainage system; design standard; engineering practice

在美国城市雨水管理系统设计和施工手册中,城市排水系统定义为“收集、储存、传递以及处理城区径流的物理设施。这些设施通常包括雨水入水口和管道、明渠、蓄(滞)留池以及排水泵等辅助设施”。

城市雨水管道的容量主要是根据设计流域内城市本身产生的水体确定的,值得注意的是城市雨水排水管网还和其他水体有关,如地下水、流经城市的河流以及管道下游的接收水体。排水管道的水体和这些外来水体之间可能产生相互影响。

### 1 基本设计术语

设计频率或重现期(Design frequency or Return period):指一定的暴雨重复出现的概率。考虑到降雨和降雪的随机性,设计暴雨的频率或重现期应是设计首先要考虑的内容。在实际工程中,设计

频率基本是按照成本—效益分析的方法确定的。但是,Schmitt 强调在决策可以承担的洪水风险时,应优先考虑人的安全。

降雨强度—持续时间—频率(Intensity—Duration—Frequency(IDF))曲线:是描述给定流域降雨信息的传统方式。降雨强度和持续时间及频率成反比,即降雨时间越短则降雨强度越大,频率越低则降雨强度也越大。可见,罕见的洪水事件一般重现期长、降雨时间短、强度大。

设计暴雨(Design storm):是理论的或合成的暴雨过程。一般是根据观测或调查到的历史洪水资料分析得到,在缺乏实测资料的地区或流域通常采用定值。

管道承压频率(Sewer surcharge):指污水或雨水使重力管道处于压力状态、但是并没造成地面洪水的情况。

洪水(Flooding):在欧洲标准 EN 752—1 中,洪水定义为污水或雨水从排水管道中溢出,或者不能进入排水系统,或者由于其他原因滞留在地面,或者进入建筑物内部的情况。

2 城市排水系统的设计标准和工程实践

由于气候、地形、土地利用情况的不同以及城市化的进程和经济发展水平的区别,城市排水系统的设计标准也各不相同,不仅国家之间不同,而且同一国家的不同地区之间也有差异。部分国家和地区的标准汇总于表 1。

表 1 城市排水系统的设计标准汇总

Tab.1 Summary of design standards and engineering practice of urban drainage systems

|                   |                                               |             |                                 |        |                     |  |
|-------------------|-----------------------------------------------|-------------|---------------------------------|--------|---------------------|--|
| 欧盟<br>(EN 752—4)  | 设计暴雨重现期                                       |             | 设计地区                            |        | 设计洪水重现期             |  |
|                   | 1 年一遇                                         |             | 农村                              |        | 10 年一遇              |  |
|                   | 2 年一遇                                         |             | 居民区                             |        | 20 年一遇              |  |
|                   | 2 年一遇<br>5 年一遇                                |             | 市中心/工业/商业区<br>—有洪水校核<br>—没有洪水校核 |        | 30 年一遇              |  |
| 德国<br>(ATV—A118)  | 10 年一遇                                        |             | 地下铁道/地下通道                       |        | 50 年一遇              |  |
|                   | 设计暴雨重现期                                       |             | 设计地区                            |        | 设计管道承压<br>重现期       |  |
|                   | 1 年一遇                                         |             | 农村                              |        | 2 年一遇               |  |
|                   | 1~2 年一遇                                       |             | 居民区                             |        | 3 年一遇               |  |
| 奥地利               | 2 年一遇<br>5 年一遇                                |             | 市中心/工业/商业区<br>—有洪水校核<br>—没有洪水校核 |        | <5 年一遇              |  |
|                   | 5~20 年一遇                                      |             | 地下铁道/地下通道                       |        | <10 年一遇             |  |
|                   | 设计暴雨重现期                                       |             | 设计地区                            |        | 设计洪水重现期             |  |
|                   | 1 年一遇                                         |             | 一般城区                            |        | 无                   |  |
| 荷兰                | 5 年一遇                                         |             | 城市中心                            |        | 无                   |  |
|                   | 设计暴雨强度/<br>( $L \cdot s^{-1} \cdot hm^{-2}$ ) |             | 设计地区                            |        | 洪水校核                |  |
|                   | 60                                            |             | 平坦地区                            |        | 管道最高水位和地面之间预留 0.2 m |  |
|                   | 90                                            |             | 陡峭地区                            |        |                     |  |
| 挪威<br>(SF11A:550) | 110                                           |             |                                 |        | 洪水校核                |  |
|                   | 设计暴雨重现期                                       |             | 设计地区                            |        | 设计洪水重现期             |  |
|                   | 2~5 年一遇                                       |             | 郊区                              |        | 无                   |  |
| 英国                | 10 年一遇                                        |             | 市区                              |        | 无                   |  |
|                   | 新设计的系统                                        | 设计暴雨<br>重现期 | 设计地区                            |        | 设计洪水重现期             |  |
|                   |                                               | 1 年一遇       | 平均坡度>1%的地区                      |        | 30 年一遇              |  |
|                   |                                               | 2 年一遇       | 平均坡度<1%的地区                      |        |                     |  |
|                   | 5 年一遇                                         | 洪水后果严重的地区   |                                 |        |                     |  |
|                   | 旧系统的改造                                        | 地区          | 校核洪水的重现区                        |        |                     |  |
|                   |                                               |             | 需初期维护                           | 更新     | 新的设计                |  |
| 工商业区              |                                               |             | 10 年二遇                          | 30 年一遇 | 50 年一遇              |  |
|                   | 街道                                            | 1 年 2 次     | 20 年一遇                          | 25 年一遇 |                     |  |

续表 1

|                                 |                  |                     |                                 |                             |
|---------------------------------|------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 日本                              | 设计暴雨重现期          |                     | 设计地区                            | 设计洪水重现期                     |
|                                 | 5~10 年一遇         |                     | 市区                              | 无。但是,为了控制洪水,正在修建新的管道和径流控制设施 |
| 中国<br>(GBJ 14 — 87)             | 设计暴雨重现期          |                     | 设计地区                            | 设计洪水重现期                     |
|                                 | 北京               | 1 年 3 次~<br>1 年 2 次 | 一般地形的居民区<br>或城市区间道路             | 无                           |
|                                 |                  | 1 年 2 次~<br>1 年一遇   | 不利地形的居民区<br>或城市区间道路             |                             |
|                                 |                  | 1~2 年一遇             | 城市中心和主路                         |                             |
|                                 |                  | 1~3 年一遇             | 立交路口                            |                             |
|                                 |                  | 3~10 年一遇            | 特殊重要地区或盆地                       |                             |
|                                 | 上海               | 1 年 2 次~<br>1 年一遇   | 城区                              | 无                           |
|                                 |                  | 1 年一遇               | 工业的生活区                          |                             |
|                                 |                  | 2 年一遇               | 厂区一般车间                          |                             |
|                                 |                  | 5 年一遇               | 大型和重要车间                         |                             |
|                                 | 重庆               | 1~2 年一遇             | 小面积小区( $A<30\text{ hm}^2$ )     | 无                           |
|                                 |                  | 5 年一遇               | 居民区( $A=30\sim50\text{ hm}^2$ ) |                             |
|                                 |                  | 5~10 年一遇            | 大面积的或重要的地区                      |                             |
| 泰国                              | 设计暴雨重现期          |                     | 设计地区                            | 设计洪水重现期                     |
|                                 | 2 年一遇            |                     | 次排水管道                           | 无                           |
|                                 | 5 年一遇            |                     | 主排水管道                           | 无                           |
| 美国<br>加拿大<br>(ASCE & WEF, 1992) | 设计地区             |                     | 设计暴雨重现期                         | 设计洪水重现期                     |
|                                 | 居民区              |                     | 2~5 年一遇                         | 无                           |
|                                 | 一般商业区            |                     | 2~10 年一遇                        |                             |
|                                 | 机场(车站、<br>道路、码头) |                     | 2~10 年一遇                        |                             |
|                                 | 繁华的商业区           |                     | 5~10 年一遇                        |                             |

2.1 欧洲标准

① 欧盟标准(EN 752)

欧盟标准化委员会[The European Committee for Standardization (CEN)]于 1996 年颁布了室外排水系统的设计标准(EN 752),欧盟成员国以及欧盟协议各国应视该标准为国标。

在该标准中,“设计暴雨频率”和“设计洪水频率”分别用作管道设计暴雨和洪水校核的标准。

在 EN 752 颁布之前,欧盟各国室外排水系统的设计标准差别很大,这就导致了排水系统的现状非常复杂。在标准颁布的开始阶段,各国试图要采用新标准,但是工程实践表明由于气候、地形和经济状况的区别,要采用统一标准很困难。

② 德国标准

和 EN 752 不同,ATV—A118 认为洪水设计频率不适合直接计算和评估,原因如下:第一,在实际

计算中,很难取得准确描述地表特性的物理数据;第二,当前的数学模型还不能够准确模拟与地面洪水有关的水力现象以及地面上的各类建筑物。因此,ATV—A118采用了另外一个水力标准,即承压频率而不是洪水频率。该标准把雨水井的最高水位到达地面(即与街道平齐)作为临界水流的控制条件。

### ③ 奥地利标准

奥地利科学家 Telegdy 介绍了奥地利排水系统的设计情况。他指出在奥地利虽然国家标准设计指南建议采用较高的标准,但是大多数的排水系统还是按照重现期1年一遇的标准设计的,只有个别城市采用了5年一遇(频率=0.2)的标准。

另外,他还介绍了奥地利排水系统设计标准的现状和问题;目前的设计指南不能反映最近城市的发展情况;EN 752已成为奥地利新的国家标准,但是很难作为设计指南推广采用;德国标准 ATV—A118在奥地利影响较大,但是并没有明确阐述应如何采用。

因此,奥地利给水和排水管理局成立了专家组准备修订现有的设计指南。

### ④ 荷兰标准

在荷兰,排水系统的传统水力设计基于如下简单的准则:假设水流是恒定流;设计径流强度在平坦地区是采用  $60 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$ ,在陡峭的山区采用  $90 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$ ;管道最高水位和地面的临界高度是  $0.2 \text{ m}$ 。

排水系统主要校核以下两个方面:

排水系统的排水容量需保证极限降雨情况下,即2年一遇洪水在5 min内的降雨强度为  $110 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{hm}^2)$ 的情况下建筑物不受洪水侵害;排水系统的储备容量是根据长期模拟连续降雨系列(1955年—1979年)以限制污水排放到地面或接收水。

另外, Van Luijteleaar 还强调由于荷兰特殊的地形(地面高程和地表水之间的差别很小),要采用欧盟标准相当困难。

### ⑤ 挪威标准

在 EN 752 颁布之前,挪威没有设计排水管道的国家标准。在工程实际中,大多数城市的排水管道是参照国家环保局颁布的排水管道设计指南(TA—550)(SFT, 1978)而修建,即郊区是2~5年一遇、城市是10年一遇的标准。现有系统的洪水校核做得很少,常常是出了问题才补救。

### ⑥ 英国标准

在英国,传统的排水管道是按照承压频率设计的。但是,Orman 指出英国早就意识到了单靠承压频率设计管道的不足,因此一直在努力通过采用数学模型来优化设计从而减少洪水的风险,这是其重建计划的一个重要内容。

EN 752 自颁布以来便成为英国排水管道设计的国家标准。其进展情况如下:

对新规划的管道,首先要按照表1中规定的频率进行初步设计。除此之外,还要校核各部分的洪水设计频率是否达到了30年一遇的标准。

对更新的管道,尚无统一的标准。排水管道重建手册(Sewage Rehabilitation Manual)作为一般指南和洪水校核的标准。另外,重建的最低目标要满足地区服务可接收的标准。表1中的数字是最大值。

## 2.2 其他国家

### ① 日本标准

日本国家指南规定,排水管道应能够承受重现期为5~10年一遇的洪水。考虑到气候的变化,一些城市正在借助于修建新的雨水径流设施(如入渗设施和储水池)来改进其排水系统。

### ② 中国标准

依据中国现行标准(GBJ 14—87, 1997),排水管道按照频率为  $0.3 \sim 0.1$ (即1年3次~10年一遇)的标准设计。各城市的设计频率因区段的划分和重要性而异。

中国现行的标准中,还没有采用设计承压频率和设计洪水频率的概念。只有个别城市结合研究课题对城市排水系统的洪水风险进行了分析。

### ③ 泰国标准

在泰国,排水管道的设计分两个层次:次排水管按照重现期为2年一遇的标准设计,主排水管按照重现期为5年一遇的标准设计。另外,城市的防洪标准是按照城市上游或流经城市江河的防洪标准确定的。

### ④ 美国和加拿大标准

在美国和加拿大,排水系统是按照主排水系统(河道)和次排水系统(管道)进行设计的,前者的设计频率是100年一遇,后者是2~5年一遇。问题是在管道和河道同在地段,如何确定洪水的防御标准呢?

3 结语

在各排水系统的设计标准中,EN 752 是内容最全面的。自 EN 752 颁布以来,英国标准取得的进展最大,其他欧洲国家正在将 EN 752 的规定和本国现有标准结合起来。

另外,亚洲国家和美国、加拿大标准反映了另外一个问题,即同一地区河道和城市排水管道设计标准的不同,这同时也提出了在河道安全的情况下如何提高城市自身的防洪能力的问题,值得探讨。

致谢:在此衷心感谢 Wolfgang Schilling 教授的指导和各国同行专家们提供资料。

参考文献:

[1] American Society of Civil Engineers (ASCE) and Water Environmental Federation (WEF). Design and Construction of Urban Stormwater Management Sys-

tems, ASCE Manual and Reports of Engineering Practice No. 77 and WEF Manual of Practice FD-20[M]. USA: ASCE and WEF, 1992.

[2] EN752-4, Drain and Sewer Systems Outside Building, part 4: Hydraulic Design and Environmental Considerations[S].

[3] Funayama Y, Shinkawa M, Takagi K, et al. Stormwater Control Using Storage and Networking Techniques [M]. Portland: ASCE, 2002.

[4] Schmitt Theo G. Evaluating sewer hydraulic performance[J]. Water 21, 2001, (2): 29-32.

[5] Van Luijtelea H. Design Criteria, Flooding of Sewer Systems in "flat" Areas [M]. Sydney: Institution of Engineering Australia, 1999.

电话:(47)22959453

E-mail:lmn@nve.no

收稿日期:2005-01-31

• 技术交流 •

一种先进实用的净水厂自控解决方案

随着电子技术特别是计算机技术的进步,我国自来水行业的自动化应用有了较大的发展,近期建设的水厂一般都采用基于 PLC 的集散型控制系统。经过多年的探索和实践,向大家推荐一种基于工业现场总线的“前端分布式智能 I/O 系统”的解决方案。

该方案采用三层的结构方式。首先在厂区范围内布置一套以太网,用于车间子站与中心监控室及其他子站的通讯。在净水厂采用以太网结构,不仅能紧跟世界科技发展的潮流,而且有很好的性价比,更重要的是与水司的办公自动化网络、调度网络等均能很好地结合。以太网的介质建议采用光纤,因为其抗干扰性强,通讯距离长,升级方便。其次以车间为单位设立子站,配置 PC 连接底层 I/O,监控子站范围内仪表、设备的运行及生产过程,并负责与厂级上位机的通讯,还可以通过网络观察其他子站的情况。第三层也就是子站的底层,I/O 采用基于工业现场总线方式的“前端分部式智能 I/O 系统”,通过工业现场网络(通常采用 RS-485 串行通讯协议的一对双绞线)将前端 I/O 单元分散到工业现场的设备和仪表附近,这样不但大大削减了现场到 I/O 之间一一对应的信号电缆,节约了自控系统的安装费用,将信号受干扰的可能性降至最低,还使用户以后的维护、扩展十分方便。

“前端分布式智能 I/O 系统”推荐使用美国 OPTO 22 公司的 OPTOMUX、MISTIC 及 SNAP I/O 系统。相对 PLC 而言 OPTO 22 较便宜,是一套性价比非常优秀的自控系统。这些年来许多水司特别是大型净水厂采用该系统都取得了显著的效果,如玉清净水厂,一台温度巡检仪可以检测十几个水泵轴承温度,通过 RS-485 串行接口与 SNAP 的控制器直接相连,与用 PLC 相比实现同样的功能,却可节省不少费用。OPTO 22 与各种带有串行口通讯接口的智能仪表、设备均能很方便地集成,使仪表、设备的选择范围非常广泛,这样在建设净水厂时,就可以选用各种性价比最优者,提高水厂的先进性、可靠性并降低造价。

(济南供水集团有限责任公司 岳建刚 王 欣)