



港区雨水重力淹没出流排水安全性分析

魏红彤, 陈维升, 苏逢春

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 目前港区雨水排放方式多依靠重力自流排放, 当受纳水体水位高于排出口管顶(渠顶)高程时, 受纳水体就会倒灌雨水管网减缓港区雨水排放速度和流量, 港区即存在被水淹的危险。结合工程案例, 运用水力学知识对港区雨水采用重力淹没出流措施保证港区不受水淹提供理论分析。

关键词: 港区雨水; 重力; 淹没出流

中图分类号: U 655

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)07-0098-04

Safety analysis of harbor rainfall drown out gravity flow drainage

WEI Hong-tong, CHEN Wei-sheng, SU Feng-chun

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: At present, drainage area mostly depends on the gravity emission. When the water level is higher than the top elevation of the export tube, the containing water will flow backward into the rain pipes so as to slow down the drainage speed and volume, and thus the port area will risk the danger of flooding. Based on an engineering practice, this paper carries out a theoretical analysis of the gravity drown out drainage measures for the harbor rainfall to prevent the harbor from being flooded by the rainfall.

Key words: harbor rainfall; gravity; drown out flow

近年来, 随着全球气候变暖以及极端天气的频繁出现, 暴雨、特大暴雨不断刷新有降雨资料统计以来的历史记录, 由此造成很大的经济损失。从宏观上, 人类应与自然和谐发展, 避免气候恶化; 从微观上, 排水系统规划和设计应合理, 排水设施应及时疏通和维护。

目前, 雨水收集后排至受纳水体分为: 1) 雨水泵站提升排至受纳水体, 雨水泵站可保证雨水及时、快速和安全排放, 但增加雨水泵站的建设投资和雨水泵站的日常维护和管理。2) 依靠地形高差和管网前后水力差重力自流排至受纳水体, 重力自流排水又分为自由出流和淹没出流。下面结合深圳某港区工程实例雨水依靠重力淹没出流排至受纳水体进行理论分析。

1 工程概况

工程位于深圳经济特区, 深圳地处南海之滨, 属于亚热带海洋性气候, 雨量充沛, 年平均降雨量1 966.5 mm。本工程为宽突堤结合顺岸码头的布置方案, 陆域为吹填港池疏浚形成, 共建设5个7万~10万吨级专业集装箱泊位, 陆域总面积为112.1 hm², 码头泊位岸线长1 830 m, 纵深600 m。

2 陆域高程的确定

陆域高程的确定一般由2个方面因素决定: 1) 码头前沿高程, 考虑当地大潮位码头面不被淹没和便于船岸作业; 2) 陆域雨水排放和装卸设备作业要求, 并结合周边场地高程等因素综合确定。

本工程码头前沿为重力式沉箱结构, 后方陆

收稿日期: 2012-03-01

作者简介: 魏红彤(1978—), 男, 工程师, 从事港口给排水、消防、环保设计研究工作。

域呈连片式布置, 均为浅滩吹填港池疏浚造陆形成, 周边暂时没有其它场地高程需要衔接。本工程疏浚工程量远大于陆域的纳泥量, 从增加纳泥量角度考虑, 陆域高程越高越好。排水系统考虑常规的依靠重力自流排水方式, 由陆域后方向码头前沿方向排放, 前低后高的高程系统可以减少排水管道的开挖回填工程量。综合考虑集装箱箱条的布置和装卸设备的作业要求, 最终确定本工程后方陆域控制高程为 6.6 m、码头前沿高程为 5.8 m, 呈后高前低态势。并且前低后高的陆域纵坡可以作为极端情况下港区排水系统的补充, 当雨水管网淹没出流排水不畅时, 堆场雨水可顺着堆场纵坡表面排

入受纳水体, 以减少港区水淹可能造成货物损失的风险。

3 雨水管网设计

本工程雨水采用暗管、缝隙明沟和检查井相结合的雨水管网收集系统, 根据业主要求雨水管网按 20 a 一遇的暴雨重现期进行设计, 而国内规范暴雨重现期为 1~3 a^[1]。雨水干管主要布置在箱条区中间位置, 两侧雨水沟与之相接, 现以堆场区其中一条箱条区雨水管网布置为例进行说明。雨水管网平面布置见图 1, 雨水管网设计参数见表 1, 雨水管道纵断面见图 2。

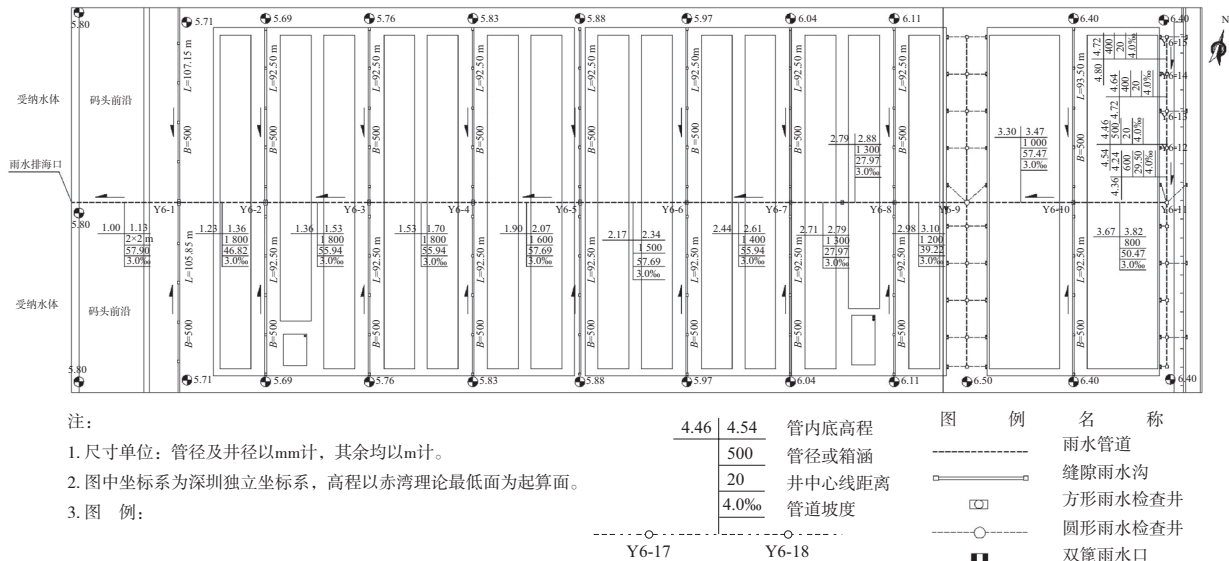


图 1 雨水管网平面

表 1 雨水管网设计参数

| 名称 | 地面高程/m | 管径/箱涵/mm | 管顶高程 (管内顶) /m | 箱区汇水 总面积 /hm ² | 雨水管 平均坡度/‰ | 受纳水体 平均高潮位/m | 受纳水体极 端高水位/m |
|-------|--------|----------|------------------|------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 雨水管起点 | 6.40 | 400 | 5.20 | | | | |
| 雨水管终点 | 5.80 | 2 × 2 | 3.0 | 12.4 | 3 | 2.36 | 4.14 |

4 理论分析

港区雨水重力排水淹没出流最不利情况为受纳水体达到极端高水位 4.14 m, 同时港区出现 20 a 一遇重现期的大暴雨时。现从水力学角度论证自由出流和淹没出流对港区重力流排水的影响。

1) 自由出流。

当管道出口水流流入大气, 水股四周都受到大气压强的作用的水流为自由出流^[2], 见图 3。

流量计算公式:

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gH_0} \quad (1)$$

$$\mu_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi}} \quad (2)$$

式中: μ_c 为流量系数; A 为计算管道的过水断面面积 (m^2); H_0 为计算管道的起点水面和终点管道中心 (本文取管顶) 高差; α 为断面动能修正系数; λ 为沿程水头损失系数; l 为计算管道长度 (m); d 为计算管道管径 (mm); ξ 为局部水头损失系数之和。

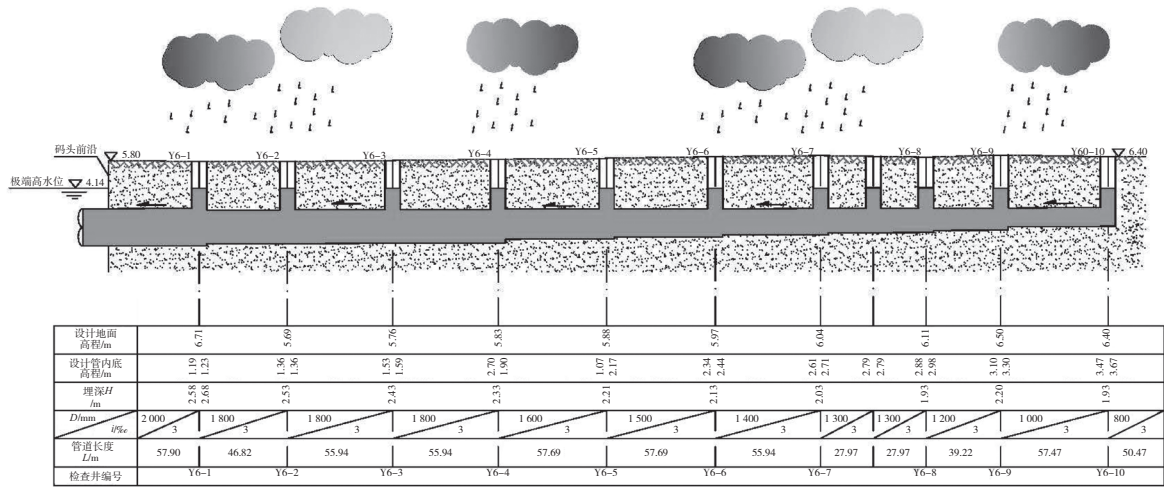


图2 雨水管道纵断面

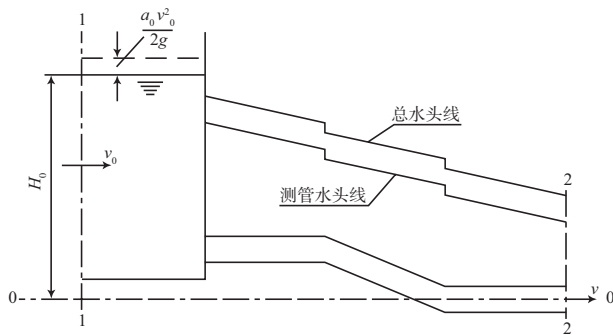


图3 自由出流水流断面

出流和淹没出流的流量系数 μ_c 值相等^[2]。

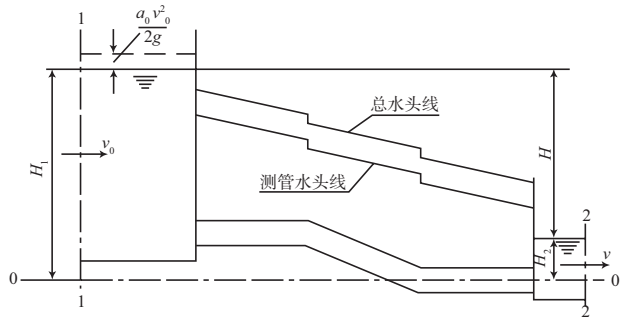


图4 淹没出流断面

2) 淹没出流。

当管道出口淹没在水下出流的水流为淹没出流^[2]，见图4。

流量计算公式：

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gH} \quad (3)$$

$$\mu_c = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{1}{d} + \sum \xi}} \quad (4)$$

式中： μ_c 为流量系数； H 为计算管道的起点管顶和终点的水面差值（m）。

从上述水力学公式中可得出淹没出流时的有效水头是管道起点和终点的水面差值 H ，自由出流是管道起点水面和终点管道中心的高差 H_0 ；自由出流 μ_c 流量系数公式比淹没出流 μ_c 流量系数公式多一项断面动能修正系数 α ，而淹没出流 μ_c 流量系数公式比自由出流 μ_c 流量系数公式多一项淹没出流出口处的局部水头损失系数 $\xi_{出口}$ ，此时相应取 $\alpha=1$ （自由出流）和 $\xi_{出口}=1$ （淹没出流），因此，自由

由此，在雨水管道直径、坡度和粗糙度等水力条件相同情况下，无论是自由出流还是淹没出流，只要雨水管道的有效水头相等（即 $H_0=H$ ），则雨水管道出水流量就会相同。

5 自由出流和淹没出流对比

从表1可看出在 $P=20$ a一遇暴雨重现期自由出流时有有效水头 $H_0=2.2$ m。当接纳水体出现极端高水位4.14 m，同时港区遇到 $P=20$ a一遇重现期的暴雨时，此时雨水管道属于淹没出流，要使雨水顺利排放，淹没出流有效水头 H （即管道起点水面高程与极端高水位4.14 m的差值）应该 ≥ 2.2 m。港区雨水排放数据见表2，自由出流和淹没出流水面线见图5。

从自由出流和淹没出流参数表得知，当接纳水体出现极端高水位4.14 m，同时港区出现 $P=20$ a一遇暴雨重现期的暴雨，在有效水头 $H=2.2$ m时，

表2 自由出流和淹没出流水面线

| 雨水井编号 | 计算基面高程 | 管径 | 管底高程 | 自由出流水面线高程 | 有效水头 | 极端高水位 | 淹没出流水面线 | 地面高程 | 富裕水头 |
|-------|--------|------|------|-----------|------|-------|---------|------|------|
| Y6-1 | 3.00 | 2.00 | 1.13 | 3.13 | 0.13 | 4.14 | 4.27 | 5.71 | 1.44 |
| Y6-2 | 3.00 | 1.80 | 1.36 | 3.16 | 0.16 | 4.14 | 4.30 | 5.69 | 1.39 |
| Y6-3 | 3.00 | 1.80 | 1.53 | 3.33 | 0.33 | 4.14 | 4.47 | 5.76 | 1.29 |
| Y6-4 | 3.00 | 1.80 | 1.70 | 3.50 | 0.50 | 4.14 | 4.64 | 5.83 | 1.19 |
| Y6-5 | 3.00 | 1.65 | 2.02 | 3.67 | 0.67 | 4.14 | 4.81 | 5.90 | 1.09 |
| Y6-6 | 3.00 | 1.50 | 2.34 | 3.84 | 0.84 | 4.14 | 4.98 | 5.97 | 0.99 |
| Y6-7 | 3.00 | 1.50 | 2.51 | 4.01 | 1.01 | 4.14 | 5.15 | 6.04 | 0.89 |
| Y6-8 | 3.00 | 1.35 | 2.83 | 4.18 | 1.18 | 4.14 | 5.32 | 6.11 | 0.79 |
| Y6-9 | 3.00 | 1.20 | 3.10 | 4.30 | 1.30 | 4.14 | 5.44 | 6.50 | 1.06 |
| Y6-10 | 3.00 | 1.00 | 3.47 | 4.47 | 1.47 | 4.14 | 5.61 | 6.40 | 0.79 |
| Y6-11 | 3.00 | 0.80 | 3.82 | 4.62 | 1.62 | 4.14 | 5.76 | 6.45 | 0.69 |
| Y6-12 | 3.00 | 0.60 | 4.39 | 4.99 | 1.99 | 4.14 | 6.13 | 6.45 | 0.32 |
| Y6-13 | 3.00 | 0.50 | 4.56 | 5.06 | 2.06 | 4.14 | 6.20 | 6.45 | 0.25 |
| Y6-14 | 3.00 | 0.40 | 4.73 | 5.13 | 2.13 | 4.14 | 6.27 | 6.45 | 0.18 |
| Y6-15 | 3.00 | 0.40 | 4.80 | 5.20 | 2.20 | 4.14 | 6.34 | 6.45 | 0.11 |

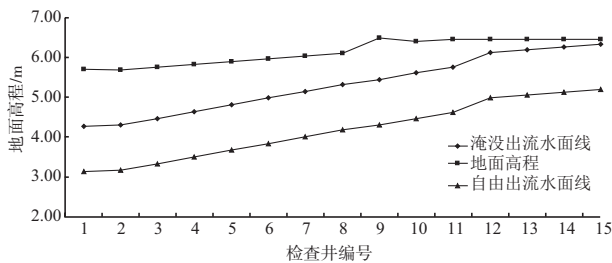


图4 自由出流和淹没出流水面线

雨水管网中最不利的雨水检查井Y6-15中最小富裕水头为0.11 m。因此, 港区雨水在雨水管网淹没出流排水不畅情况下, 雨水仍能排入接纳水体, 从而保证地面不会出现返水。

6 结语

采用水力学公式类比法和参数假定法, 从

水力学理论角度论述自由出流和淹没出流对港区依靠重力出流排水安全的影响, 而重力淹没出流排水安全性主要受到陆域高程、陆域纵深和接纳水体水位的制约, 既相互关联, 又相互矛盾。为保证港区排水顺畅, 笔者认为雨水管道平均坡度2‰~3‰, 雨水排出管管顶高程应高于接纳水体“雨季”平均高潮位20~30 cm^[3]。

参考文献:

- [1] GB 50014—2006 室外排水设计规范[S].
- [2] 李家星, 赵振兴. 水力学[M]. 南京: 河海大学出版社, 2001.
- [3] JTJ 211—1999 海港总平面设计规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)

