

滨海新区海河隧道排水系统设计

李曦淳¹, 李鹏¹, 李东², 官超¹ 刘振江²

(1. 天津市市政工程设计研究院, 天津 300051; 2. 中新天津生态城建设管理中心, 天津 300480)

摘要: 介绍了海河隧道排水系统设计标准的选择方法,在对隧道进行水流特性数值模拟、理论分析、水力试验的基础上确定了横截沟设置方式、排水泵站设备的选型及自控等附属系统,可供类似工程借鉴。

关键词: 隧道; 雨水; 废水; 泵房; 自控

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2010)18-0039-03

Design of Haihe River Tunnel Drainage System in Binhai New District of Tianjin

LI Xi-chun¹, LI Peng¹, LI Dong², GUAN Chao¹, LIU Zhen-jiang²

(1. Tianjin Municipal Engineering Design and Research Institute, Tianjin 300051, China;
2. Sino-Singapore Tianjin Eco-city Construction Management Centre, Tianjin 300480, China)

Abstract: The selection method of design standard of Haihe River tunnel drainage system is introduced. Based on the numerical simulation, theoretical analysis and hydraulic test of water flow characteristics in the tunnel, the setting mode of intersecting trench, the selection of equipment in pumping station and auxiliary systems like autocontrol are determined to provide reference for similar projects.

Key words: tunnel; rainwater; sewage; pump room; automatic control

滨海新区中央大道海河隧道工程位于天津市滨海新区于家堡中心商务区和东西沽地区,是沟通滨海新区中心商业区海河南北两岸的重要交通枢纽。海河隧道全长为3 323 m,穿越海河采用沉管施工工艺。横断面设计为两孔三管廊,全线设有二个与地面连接的主线峒口,一个匝道峒口。隧道排水系统作为隧道工程的主要组成部分之一,其能否安全高效运转直接影响隧道的正常通行与安全运营。中央大道海河隧道排水系统包括雨水排放系统和废水排放系统。

1 雨水排放系统设计

雨水排放系统包括雨水收集系统和雨水排放系统两部分。雨水收集系统由设置在车行道两侧的边沟和设置在暗埋段内的横截沟组成。雨水经横截沟截流后排入雨水排放系统,即雨水泵站,并经提升后

排入海河。

1.1 设计标准的选择

目前城市地下隧道排水设计还没有现行国家设计规范,基本参照《地铁设计规范》(GB 50157—2003)进行设计,然而,隧道的水流边界条件与地铁有很大的差异,按地铁标准设计城市隧道会带来较大偏差。在设计过程中,结合隧道自身的特点,并参考国内其他隧道设计案例,对雨水系统设计标准中的设计重现期(P)、起点集水时间(t_1)参数进行了比较。

雨水量按天津地区暴雨强度公式计算:

$$Q = q \times F \times \Psi \quad (1)$$

$$q = 3\,841 \times (1 + 0.85 \lg P) / (t + 17)^{0.85} \quad (2)$$

$$t = t_1 + m \cdot t_2 \quad (3)$$

式中 q ——暴雨强度, $L/(s \cdot \text{hm}^2)$

- P ——重现期, a
- t ——降雨历时, min
- t_1 ——地面集水时间
- m ——管道延缓系数
- t_2 ——管内雨水流行时间, $t_2 = 0$
- F ——收水面积, hm^2
- Ψ ——径流系数, $\Psi = 0.9$

地面集水时间 t_1 与隧道引路的长度、纵坡等因素有关, 根据《公路排水设计规范》(JTJ 018—97) 中坡面汇流历时公式:

$$t_1 = 1.445 \left(\frac{m_1 L_s}{i_s} \right)^{0.467} \quad (4)$$

式中 m_1 ——路面粗糙系数, 本工程为沥青路面, 取 0.013

L_s ——引路长度, 本工程长度为 278 m

i_s ——道路设计纵坡, 本工程为 3.5%

经计算, 地面集水时间 $t_1 = 5.8$ min, 取 5 min。

设计选取了重现期 $P = 30$ a 和 $P = 50$ a, 起点集水时间 $t_1 = 5$ min 的设计参数见表 1。

表 1 暴雨强度比较

Tab. 1 Comparison of storm intensity

$L \cdot s^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$

项目	$P = 30$ a, $t_1 = 5$ min	$P = 50$ a, $t_1 = 5$ min
暴雨强度	626.1	678.4

在起点集水时间 (5 min), 50 年重现期雨水量比 30 年重现期高 8%。为确保雨水排水系统的安全可靠, 本工程选取设计重现期为 50 年, 地面集水时间为 5 min。

1.2 横截沟设置

隧道洞口雨水收集系统设计中, 通常采用在引道段与暗埋段交界处洞口内侧设置横截沟的方法收集雨水。在实际运行中, 由于隧道引道段纵坡大, 地面集流时间短, 雨水流量大, 如果截流措施稍有不妥, 雨水就越过横截沟直接进入隧道, 影响隧道的正常行驶, 甚至危及行车安全。尤其在本工程设计中, 隧道南侧与津沽公路立交相连, 如果收水系统设置不当, 会存在大量雨水沿引道流入隧道的可能性, 给隧道安全带来隐患。

考虑到隧道工程的重要性和收水系统设置合理性的重要意义, 天津市市政工程设计研究院联合天津大学水利水电工程系以海河隧道排水设施为背景, 建立了整体缩尺模型和断面模型并进行了水力

特性模型试验, 利用流体计算软件对雨水算子的泄水情况进行仿真模拟。

通过试验结果确定, 设置两道宽度为 500 mm 的横截沟可以满足排水要求。考虑到道路横坡对水流的影响, 在两道横截沟之间设置了纵向横截沟, 以加强局部排水 (见图 1)。横截沟的深度按照起端 700 mm 设置, 坡度与道路横坡一致, 为 1.5%。

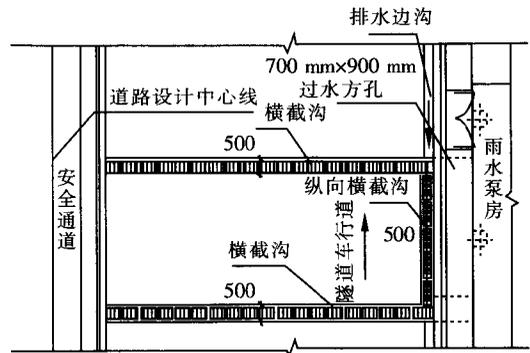


图 1 横截沟布置形式

Fig. 1 Layout of transverse groove

1.3 雨水泵房设计

在三个隧道洞口内侧分别设置三座雨水泵房, 与隧道合建 (见图 2)。雨水经提升后排入海河。雨水泵房设计流量均按 1.2 倍雨水量设计。每座雨水泵站设 3 台潜水排污泵 (2 用 1 备), 紧急情况下, 可同时启动 3 台水泵。

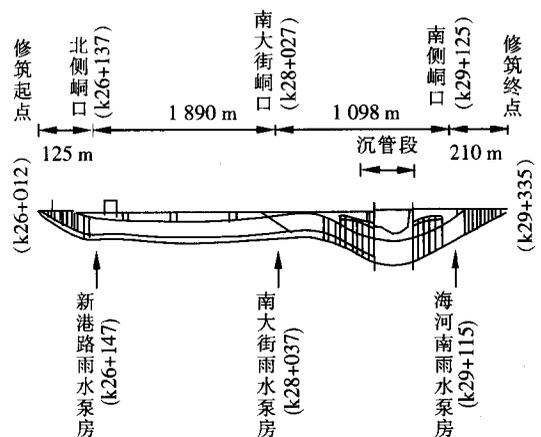


图 2 雨水泵房位置

Fig. 2 Location of rainwater pumping station

集水池容积取决于单泵最大流量。按照《地铁设计规范》(GB 50157—2003), 雨水泵站集水池容积不得小于最大一台水泵 5 ~ 10 min 的水量。鉴于工程的重要性, 本工程按照单台水泵 10 min 的水量计算集水池容积。由于隧道引路长度较长、坡度较

大,水流进入横截沟和泵房的流速较快,容易形成旋流、回流等不利水流,并对水泵产生冲击。为改进水流状态,保证水流平缓流向各台水泵,在集水池中设置了导流墙。

为了运行安全,水泵出水管设置了与水泵配套的蝶阀和止回阀,为方便检修,泵房内设置了电动吊车(见图3)。

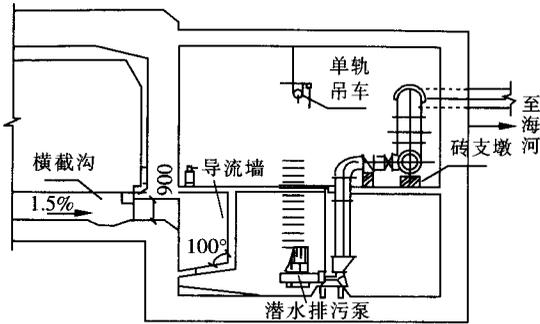


图3 海河隧道雨水泵房剖面

Fig. 3 Section of Haihe tunnel rainwater pumping station

2 废水排放系统设计

隧道道路纵断设置了两个低点,一个在海河以北,一个在河中。为排除隧道暗埋段的废水,在隧道内设2套废水系统。分别在两个低点设置横截沟,分段收集暗埋段的废水,通过泵房提升后,排入市政污水管道。废水泵房位置见图4。

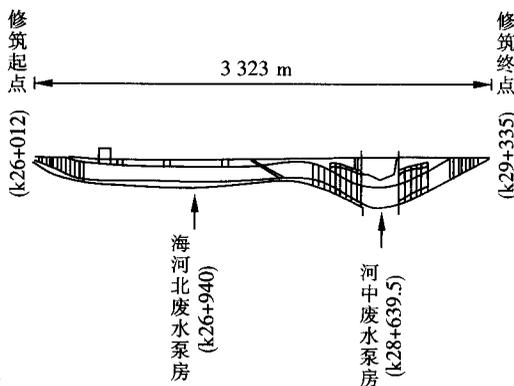


图4 废水泵房位置

Fig. 4 Location of wastewater pumping station

2.1 设计水量

废水量:废水泵房设计水量按消防栓、泡沫水喷雾灭火系统用水量合计考虑。

消防栓、泡沫水喷雾灭火系统,水量分别为20和65 L/s,合计为85 L/s。

结构渗水量按 $1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 计。

冲洗水量按 $2.0 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 计,冲洗时间按每

天一次、每次3 h计(消防时不考虑冲洗水量)。

经过分析计算,由于结构渗水量和冲洗水量小于消防水量,废水泵房设计水量按消防水量(85 L/s)计。

2.2 废水泵房

海河北废水泵房与隧道合建。内设3台潜水泵,平时1用2备,消防时2用1备,非常事故时可同时使用。

河中废水泵房位于沉管段,经与结构专业多次协调,将泵池设于隧道安全通道下部的管廊中。对沉管结构的底板进行局部切削。为减少对沉管结构的切削,选用油冷(冷却液)冷却水泵,以满足水泵安装要求。内设4台潜水泵,平时2用2备,消防时3用1备。

集水池有效容积按单台水泵20 min的水量计算。为保证集水池有效容积,在泵池两侧共设置21座 $2.0 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$ 的集水池,各集水池间用 $250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ 过水孔连通。

出水管道沿隧道管廊铺设,从风塔位置引出隧道,就近排入地面辅道拟建污水管道。

3 泵房的自动控制系统及其他附属系统

泵房采用无人值守的自动控制方式,水泵可以实现就地、自动、远控三种运行模式。控制柜内装可编程序逻辑控制器(PLC),实现对水泵、阀门等工艺设备的自动控制、远程控制及关联设备的联动、联锁控制、工艺运行参数的监测。

控制柜内设置远程通信设备将泵站内工艺设备的实时运行参数上传至隧道控制中心,实现对泵房设备的远程监控和对泵房运行的调度管理。

泵房内还设置了消防、机械通风、通信、监控系统。

4 结语

在滨海新区海河隧道排水系统设计中,对隧道排水水流条件进行了模拟试验,力求做到排水系统设计的科学、合理,可供类似工程借鉴。

参考文献:

- [1] GB 50157—2003,地铁设计规范[S].
- [2] 李胜杰,郭志清. 上海外环沉管隧道设计[J]. 地下工程与隧道,2005,(2):37-40.

E-mail: xichumlee@126.com

收稿日期:2010-06-01