

胶东国际机场下穿隧道雨水泵站设计探讨

相洪旭, 赵焕军, 高尚坤, 杨 飞

(青岛市市政工程设计研究院有限责任公司, 山东 青岛 266101)

摘 要: 在胶东国际机场下穿隧道工程雨水泵站的设计中, 结合短历时暴雨强度和长历时雨量水文资料, 分析确定泵站工艺的主要设计参数, 包括泵站设计规模、水泵选型、集水池容积、出水管等。通过提高下游排水管道设计标准与隧道设计标准一致的方式保障隧道出水管排水通畅, 可为类似工程提供参考。

关键词: 机杨; 城市下穿隧道; 雨水泵站; 设计参数; 设计标准

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0063-04

Exploration on Design of Storm Water Pumping Station in Jiaodong International Airport Tunnel

XIANG Hong-xu, ZHAO Huan-jun, GAO Shang-kun, YANG Fei

(Qingdao Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Qingdao 266101, China)

Abstract: In the design of the storm water pumping station in the urban tunnel of Jiaodong International Airport, the short-duration rainfall intensity and long-duration hydrological rainfall data was combined as basis for analyzing and determining the main design parameters of the pumping station such as design capacity, pump type selection, suction tank volume, outlet conduit and other main design parameters. The tunnel drainage could be ensured by improving the design standard of the down-stream pipeline consistent with the design standard of urban tunnel, which provides a reference for the design of similar projects.

Key words: airport; urban tunnel; storm water pumping station; design parameters; design standard

近年来地下交通设施的洪水内涝灾害时有发生^[1,2], 除造成交通运输中断外, 还有可能造成较大的经济损失甚至人员伤亡。

下穿隧道汇水区域具有汇水面积不大, 但下垫面不透水面积比例高、集流时间短、洪峰流量大等特点。

对下穿隧道排水泵站设计规模的确定多采用短历时推理公式法进行计算^[3]。在胶东国际机场下穿隧道工程的雨水泵站设计中, 笔者结合周边水文站洪水资料, 采用瞬时单位线法推求设计洪水过程线进行对比, 分析确定泵站工艺的主要设计参数, 同时结合工程特点, 提高出水管设计标准以保证排水

通畅。

1 设计条件概况

根据《青岛新机场总体规划》, 机场排涝标准采用50年一遇; 排水管道设计重现期采用5年一遇; 航站楼屋面雨水排水与溢流设施的总排水能力为50年一遇。

根据机场总平面布局, 机场航站楼布置在中间, 南端以客运交通为主, 受南侧东西飞行区连接跑道影响, 南端客运交通需下穿飞行区方可与航站楼相接, 形成下穿隧道, 如图1所示。机场主进场高架路设计为快速路, 标准横断面如图2所示, 下穿隧道排水泵站的设计是否合理直接影响进出机场的交通安

全。

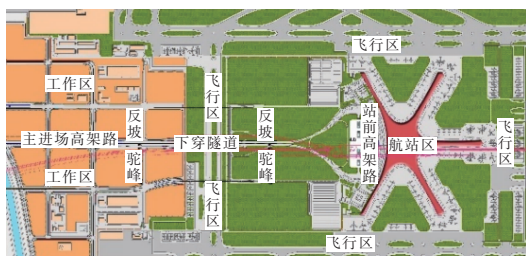


图1 机场主进场路总平面布置

Fig. 1 General layout of main entrance of airport

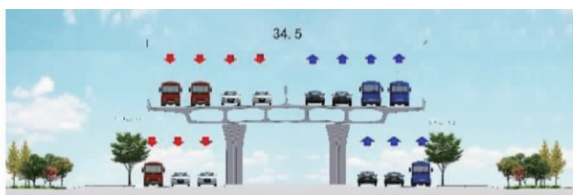


图2 机场主进场高架路标准横断面

Fig. 2 Standard cross section of main elevated road of airport

隧道下穿段设置一处道路低点,同时将泵站设置在此处。两端敞口段设置反坡“驼峰”,如图3所示,防止周边地面客水进入隧道^[4]。

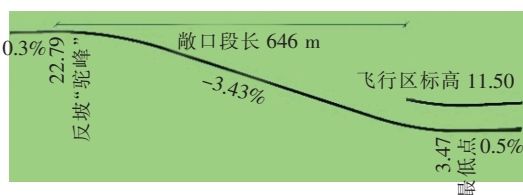


图3 南侧机场主进场下穿隧道纵断面

Fig. 3 Longitudinal section of tunnel under main entrance at the south side of airport

主进场路敞开段的汇水面积为 55 693 m²,暗埋段总长为 385 m,该下穿隧道为短隧道,无需考虑消防水量。隧道泵站以排放雨水流量为主,清洗水量和结构渗漏水较小,因此不考虑其对泵站规模的影响。

2 泵站规模设计

2.1 推理公式法

暴雨强度公式:

$$q = \frac{A \times (1 + C \lg P)}{(t + b)^n} \quad (1)$$

式中 q ——设计暴雨强度, L/(s · hm²)

A 、 C 、 b 、 n ——参数,根据统计方法进行计算确定, $A = 1\,784$, $C = 1.12$, $b = 10$, $n = 0.74$

P ——设计重现期, a

t ——降雨历时, $t = t_1 + t_2$

t_1 ——地面集水时间, min

t_2 ——管渠内雨水流行时间, min

$$t_1 = 1.445 \left(\frac{n \cdot L}{\sqrt{i}} \right)^{0.467} \quad (2)$$

式中 n ——粗糙系数,取 0.013

L ——坡面流的长度, m

i ——坡面流的坡度

下穿隧道两侧敞开段数据如表 1 所示。取综合径流系数 0.95,由表 1,当 t 为 8.73 min 时计算流量最大,得到不同重现期下的峰值流量,具体见表 2。

表1 下穿隧道两侧敞开段数据

Tab. 1 Data of open segment on both sides of tunnel

敞开段	长度/m	坡度/%	t_1 /min	t_2 /min	面积/m ²
南侧	646	3.43	8.58	0	25 871
北侧	272	2.79	6.01	2.72	29 822

表2 不同重现期隧道汇水峰值流量

Tab. 2 Peak flow of tunnel under different recurrence periods

重现期/a	50	20	10	5	2	1
流量/(m ³ · s ⁻¹)	3.75	3.17	2.74	2.3	1.73	1.29

2.2 瞬时单位线法

机场周边有胶县雨量站,为国家基本雨量站,有 1951 年至今的实测暴雨资料,采用年最大值选样,计算流域年最大 24 h 面雨量,对算得的年最大面雨量资料系列进行频率计算,采用皮尔逊Ⅲ型曲线适线,取 $C_s = 3.5C_v$, $C_v = 0.48$,设计雨量均值为 102.15 mm。得到的频率曲线见图 4,设计暴雨成果见表 3。

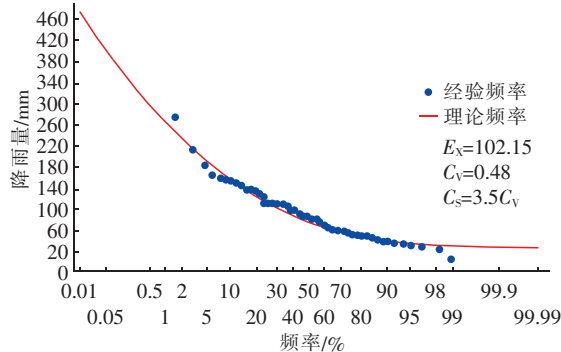


图4 胶州站年最大 24 h 降雨频率分析曲线

Fig. 4 Analysis curve of maximum 24-hour annual rainfall frequency at Jiaozhou Station

表 3 不同频率设计暴雨雨量

Tab. 3 Design storm rainfall under different rainfall frequencies

重现期/a	50	20	10	5	2	1
雨量/mm	240	199	167	135	89	44

下穿隧道涝水由暴雨形成,产流计算采用降雨径流关系法。取径流系数为 0.95,得 24 h 净雨成果(见表 4)。根据《山东省中小河流治理工程初步设计洪水计算指导意见》,设计净雨量时程分配按胶东地区 1 h 雨型进行分配,见图 5。

表 4 不同频率设计净雨

Tab. 4 Design net rainfall under different rainfall frequencies

重现期/a	50	20	10	5	2	1
净雨/mm	228	189	159	128	85	42

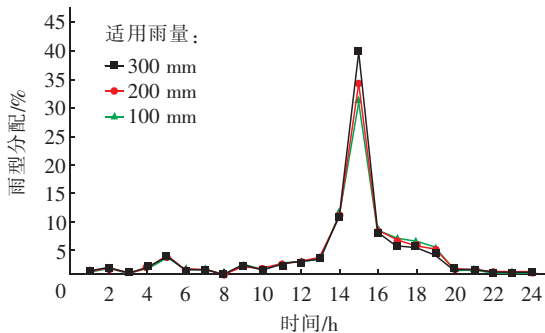


图 5 胶东地区常用 1 h 雨型图

Fig. 5 1-hour rain patterns used in Jiaodong

根据山东省山丘地区、山丘平原混合区瞬时单位线参数公式求 M_1 。

$$M_1 = KF^{0.52} \tag{3}$$

式中 K ——根据平原面积占全面积的百分比确定。山东省山丘地区、山丘平原混合区 K 一般为 0.59

F ——流域面积, km^2

求得 M_1 为 0.13。瞬时单位线 M_1 与 0.2 h 单位关系见表 5(时段:0.2 h;时段净雨深:10 mm;流域面积:100 km^2 ;流量: m^3/s)。

表 5 瞬时单位线 M_1 与 0.2 h 单位关系

Tab. 5 Relationship between instantaneous unit line M_1 and

0.2 h unit

时段	0	1	2	3	4
单位线	0	298.1	510.8	326.7	154.3
时段	5	6	7	8	9
单位线	62.97	23.58	3.34	2.84	0.94
时段	10	11	12	13	14
单位线	0.30	0.09	0.03	0.01	0

用净雨过程线乘单位线流量和流域面积,得设计涝水过程线(见图 6)。长历时不同频率下的设计洪峰流量如表 6 所示。

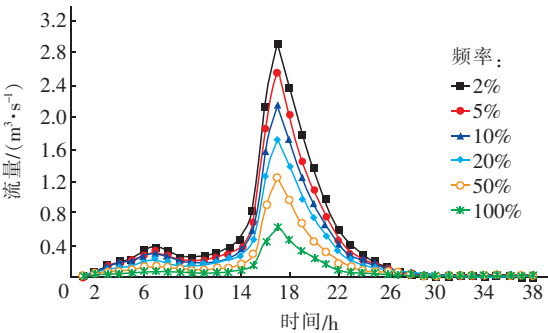


图 6 不同频率设计涝水过程线

Fig. 6 Waterlogging process line at different frequencies

表 6 不同频率长历时设计洪峰流量

Tab. 6 Peak flow rate with long-duration under different

rainfall frequencies

重现期/a	50	20	10	5	2	1
流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	2.9	2.56	2.15	1.73	1.26	0.62

对比表 2、表 6 计算结果可知,推理公式法计算雨水流量为瞬时最大值,无涝水过程线,成果相对安全。瞬时单位线为自然状态下的汇流过程,有涝水过程线,成果相对偏小。

本次采用推理公式法 $P=50$ a 时计算成果作为泵站设计规模($3.75 \text{ m}^3/\text{s}$)。避免暴雨对机场下穿隧道造成冲击,保证泵站极端天气下的安全运行。

3 水泵数量和单泵流量确定

同型号、同水位水泵并联运行时单泵流量见表 7。可见,水泵数量取 3~4 台时较为经济。单泵流量与表 2 推理公式法低重现期的峰值流量相近。

表 7 并联运行时单泵流量

Tab. 7 Flow of single pump in parallel operation

水泵数量/台	2	3	4	5
并联折减系数	1.9	2.51	2.84	3
单泵流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	1.97	1.5	1.32	1.25

由于水泵平时以排出小雨为主,若单台水泵流量较大,易造成水泵频繁启动,影响水泵使用寿命,因此需降低单泵流量,增加水泵数量。同时单泵流量降低,有利于减小集水池容积。结合瞬时单位线表 6 计算成果,建议单泵流量确定以长历时低重现期的峰值流量为基础,同时增加排出管的数量,避免出现并联水泵台数增加但流量增加不明显的情况。

最终设计采用 6 台水泵,采用 2 组 3 台水泵并

排布置,每组单独设置排出管,单泵设计流量为 $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ 。同时采用2台变频泵平时使用,4台恒频泵在大雨极端条件下同时使用。考虑到下穿隧道对机场对外交通重要性的影响,设置1台备用泵。

4 集水池容积

市政或水利雨水排涝泵站进水管渠尺寸大,管渠长,有一定的调蓄功能,因此市政雨水泵站集水池的容积,要求不应小于最大一台水泵30 s的出水量即可。但下穿立交泵站进水管渠主要为道路两侧边沟,受道路敞开段坡度大影响,边沟基本无调蓄功能。为避免小雨时水泵频繁启停对水泵、供电等造成负担,下穿隧道雨水泵站集水池容积采用“污水泵站集水池容积不应小于最大一台水泵5 min的出水量”设计,即 225 m^3 。

5 泵站出水管设计

“立体交叉地道排水应设独立的排水系统,其出水口必须可靠”,根据机场总体布局,下穿隧道雨水泵站距离自由出口约1.5 km(其中单条压力管长为115 m,其他为重力流管道),需单独设置2根DN1 400排水管道排至自由出口,投资较大。

根据机场地势,机场东西跑道和南北跑道高程比航站区高程高,航站区形成一“小洼地”,航站区的设计排水策略为打通排涝通道,将汇水快速排至自由出口。航站楼排水设施总排水能力为50年一遇,因此承接航站区雨水管渠的设计重现期为50年一遇。排水系统如图7所示。

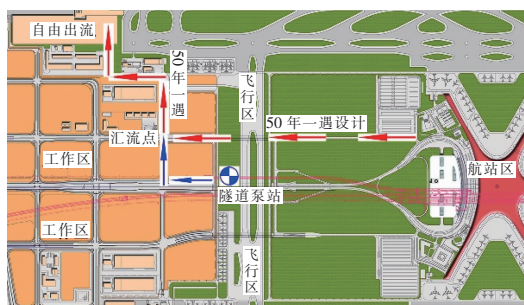


图7 航站区、隧道泵站排水系统示意

Fig.7 Schematic diagram of drainage system of terminal area and tunnel pumping station

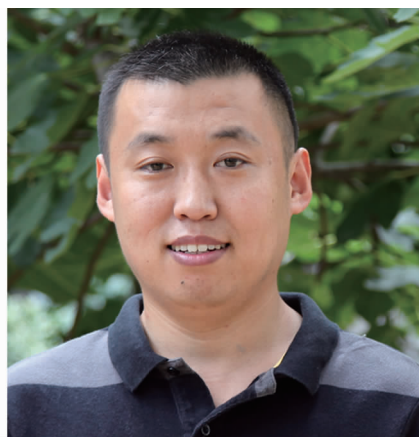
为节省投资,结合航站区排水管渠设计,将隧道泵站与航站区汇流点道路重力流雨水管渠的设计重现期,由5年一遇提高至50年一遇,同时复核汇流点至自由出口管渠尺寸,最终使航站区和隧道泵站雨水管渠都满足50年一遇排涝需求。

6 结语

在胶东国际机场下穿隧道雨水泵站设计中,根据工程自身特点,提高下游出水管渠设计重现期,以满足排水需求,为类似工程提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 浦伟庆. 城市地下空间防洪与对策研究[J]. 水运工程, 2008, (10): 223-228, 233.
Pu Weiqing. Flood prevention and countermeasures for urban underground space[J]. Port & Waterway Engineering, 2008, (10): 223-228, 233 (in Chinese).
- [2] 戴立峰, 陈雄志. 武汉市城市下穿隧道渍水分析[J]. 中国给水排水, 2016, 32(22): 103-107.
Dai Lifeng, Chen Xiongzi. Analysis of waterlogging at urban underpass in Wuhan City[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(22): 103-107 (in Chinese).
- [3] 王纪军, 申国朝, 王巨涛. 城市交通隧道防洪排涝问题初步探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2011, (7): 131-135.
Wang Jijun, Shen Guochao, Wang Jutao. Discussion on flood control and drainage in urban traffic tunnels[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2011, (7): 131-135 (in Chinese).
- [4] 李媛. 深圳市莲塘隧道排水系统设计探讨[J]. 给水排水, 2015, 41(9): 36-39.
Li Yuan. Discussion on Liantang tunnel drainage system design in Shenzhen[J]. Water & Wastewater Engineering, 2015, 41(9): 36-39 (in Chinese).



作者简介: 相洪旭(1983 -), 男, 山东青岛人, 硕士, 工程师, 注册环保工程师, 注册公用设备工程师(给水排水), 主要从事市政给水排水设计工作。

E-mail: xhx19830225@163.com

收稿日期: 2018-07-10