

# 已建成停车场/车辆段防淹排涝措施的优化设计

潘 艺

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安//工程师)

**摘 要** 分析西安地铁 14 号线陆港停车场在汛期排查出的安全隐患,并提出了相应的整改措施,总结了城市轨道交通场段防淹排涝系统在设计阶段、施工阶段及运营维护阶段的侧重点,并指出了理论设计在面临突发问题时的欠缺之处。总结出了具有一定普适性的停车场/车辆段的有效防淹排涝措施。

**关键词** 城市轨道交通; 停车场/车辆段; 排水系统; 优化设计

**中图分类号** U279.1

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2022.09.022

## Optimization Design of Flood Prevention and Drainage Measures for Built Parking Lot and Depot

PAN Yi

**Abstract** The safety hazard inspected from flood season of Xi'an Metro Line 14 Lugang parking lot is analyzed, and correspondent rectification measures are proposed. Key points of the flood prevention and drainage system in the design, construction and operation maintenance phases of urban rail transit depot are summarized. The shortcomings of theoretical design when faced with emergent problems are pointed out. Some generally effective measures for flood prevention and drainage in parking lot/depot are summarized.

**Key words** urban rail transit; parking lot/depot; drainage system; optimization design

**Author's address** China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China

河南郑州“7·20”特大暴雨后,城市内涝灾害如何防范、海绵城市如何发挥减灾作用,以及城市轨道交通在设计施工及运营中如何防范类似事件的再次发生等一系列问题,引起了社会各界的广泛关注。停车场和车辆段(以下简为“场段”)作为城市轨道交通系统中较为特殊的工点,具有规模庞大、专业接口繁杂、空间布局多样等特点,成为了防淹排涝系统设计成功与否的决定性因素。本文分析了西安地铁 14 号

线陆港停车场在汛期排查出的安全隐患,提供了相应的整改措施,总结了城市轨道交通场段防淹排涝设计及其整改思路,可为同类型项目设计及其施工提供较为完善的工程经验与技术指导。

## 1 城市轨道交通场段防淹排涝设计思路

轨道交通场段防淹排涝主要分为场段内部与场段外部两个层面。简单来讲,就是以场段围墙作为分界线,以内称为场段内部,主要是路基面股道间、道路边等部位的排水;以外称为场段外部,主要是指坡脚外的防淹系统。

对于场段内部的站场排水系统,其设计思路较为常规,通常是将支沟汇集成干沟,通过排水管引入临近道路的排水窨井。而场段外部则与周边地形以及市政规划有着更为密切的联系,诸如场坪标高与周边地形的关系、场段周边市政规划道路的建设时序与本项目的关系等,其设计思路更为系统及发散,需要根据项目自身外部的环境特点有针对性地制定方案。大体的研究步骤为:判断地形、对接市政接口和设置排水出口。

## 2 城市轨道交通场段防淹排涝设计关键点

### 2.1 规划选址

近年来,随着城市轨道交通的迅猛发展,各地政府越来越重视城市轨道交通对城市总体规划的实施、引领作用。因此,在城市轨道交通的定线、场段的选址过程中,需要分析客流特征、明确线路功能定位、匹配运营效益,以及执行地方政府的相关文件要求。

### 2.2 地形及水文条件

不同城市有不同的降水特点、地势特点和水系特点等。其中,地势特点决定了排水系统的大致走向:若地势整体呈单面坡,则排水系统从高至低沿地势低处排出;若地势高低起伏,则应注重多区域多出口排水;若地势平缓,则应加强场坪及挡水设计。降水特

点决定了排水设施的规格;若通过降水强度换算的流速一般,则排水沟槽可选择标准图设计;若换算流速较大,则排水沟槽需要进行非标设计。

### 2.3 场坪标高设计

城市轨道交通场段场坪高程确定原则与水位有着密不可分的关系。设计必备输入资料有当地百年一遇洪水位、当地最高积水水位和区域内的排水条件等。根据各水位数值增加规定的安全高度,确定起始场坪高程;在满足防洪要求的前提下,再参照该区域道路等工程的实际高程,以及应尽量使土石方基本平衡等降低工程投资的参考因素,对场坪高程进行最终优化。

### 2.4 排水沟槽空间层次布局

#### 2.4.1 平面因素

由于场段平面布置形式一般呈扁长形,所以从直观角度来看,跟随线路走向的排水沟槽占多数且长度较长,少量排水沟槽穿越线路起到引流作用。将这两种分布方向的排水沟槽分为纵向排水沟槽和横向排水沟槽。不同种类排水沟槽的分类及适用条件如表 1 和表 2 所示。

表 1 纵向排水沟槽分类及适用条件

Tab. 1 Classification and applicable conditions of longitudinal drainage ditch

名称	断面形状	适用条件
天沟	梯形	路堑坡顶外
侧沟	梯形	路基坡脚外
线间排水沟	矩形	线路(股道)间
边沟	矩形	路堑坡底外

表 2 横向排水沟槽分类及适用条件

Tab. 2 Classification and applicable conditions of transverse drainage ditch

名称	断面形状	适用条件
横向排水槽	矩形	横向穿越股道
横向排水管	圆形	横向穿越股道
路基边坡排水槽	矩形	路基边坡上
铸铁管	圆形	横向穿越道路

#### 2.4.2 竖向因素

无论是填方还是挖方,场段路基面设计标高与自然地面标高均存在一定的高差。整个场段路基面范围可认为处在同一平面,其相应的排水沟槽功能是引流路基面范围内的雨水。路肩外路基由一定的边坡坡度与地面线相交,与地面线处于同一平面的排水沟槽功能是引流路基边坡的雨水,承接路基面汇水(填方情况)或保护路基面不被雨水倒灌(挖方情况)。

场段路基面的排水装置设计差异主要是由于所在区域每一年不同的平均降雨量和路基土渗水特性而导致的,同时还与场段是否上盖物业开发有关。当年平均降雨量小于 350 mm、路基土壤渗水性较强或场段上盖物业开发时,场段路基面一般可以少设或不增加排水装置;当年平均降雨量为 350~700 mm、路基所用土类填料渗水性较强时,场段路基面应设计一定坡率的排水横坡,并在重点位置设计合理的排水装置;当年平均降雨量范围为 700~1 000 mm、路基所用土类填料渗水性一般时,场段路基面宜设计有较大坡率的排水横坡,并配备排水装置;当年平均降雨量大于 1 000 mm、场段路基面均应设计较陡的排水横坡及较多数量的排水装置,从而保证整个站场路基面能够较为迅速地排除所承接的雨水。

场段路基坡顶或坡脚外的排水装置包括天沟、边坡排水沟、截水沟、跌水沟(吊沟)、急流槽、沉砂池或消能池等地面排水系统,应与当地的地表排水系统及相邻区间或场段上的地表排水系统进行统筹研究及配合,规划合理的地表排水系统结构布局,使水流在经过所设置的排水沟槽时径路顺直、无冗余径路。设计时,需特别注意应采取必要的基层防水及防渗漏处理措施,以保持场段路基边坡不被水体侵蚀。

#### 2.4.3 排水出口

一般而言,给排水管网系统会设置有反重力的泵站或泵房,而站场路基排水均为重力流,因此对于出口标高的设定需紧密结合给排水管网系统。

## 3 实例分析

### 3.1 选址及场坪标高设计

西安地铁 14 号线陆港停车场位于向东路以南、港务南路以北所在地块内,东侧距福银高速公路约 40 m,西侧紧邻规划道路。用地红线内总占地面积约 11 hm<sup>2</sup>,场址内原地面高程为 384.360~385.500 m。场址总体南高北低,场区最低点位于福银高速公路南侧。根据《西安地铁十四号线防内涝专题研究报告》(2019 年 1 月),陆港停车场周边现状无地面排水设施,在大坡向下有许多局部小流域和小凹点,雨水分散分布在多个小凹点,该站点的计算设防高程为 384.700 m。结合设防高程、周边地形、与周边规划道路的衔接、场址内综合管线的布设和场内排水要求等因素,场坪设计高程确定为 385.000 m,轨面设计高程为 385.660 m,均高于防内涝设防高程。

3.2 原设计排水措施

3.2.1 场区外排水设计

原设计场区外排水措施为:结合周边场地高程及设计场坪标高,在咽喉区东、西两侧围墙外分别设 1 条排水明沟,用于盖板雨水和场区雨水的排放以及阻截场区外雨水。其设计图如图 1 所示。

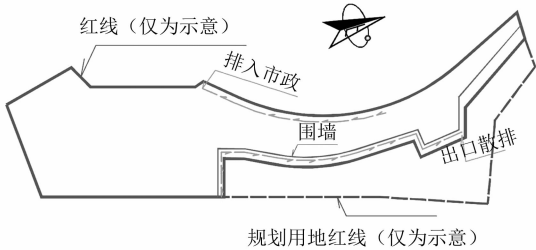


图 1 场区外排水设计示意图

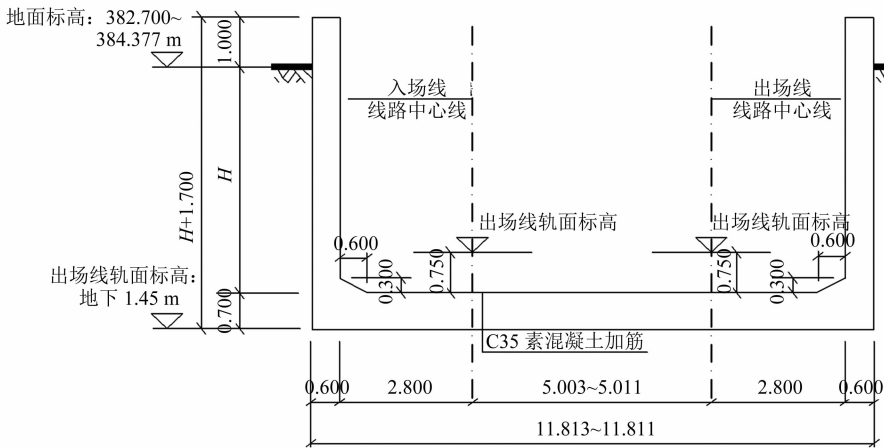
Fig. 1 Schematic diagram of drainage design outside the site

3.2.2 场区内排水设计

原设计场区内排水设计主要为房建区和咽喉区。运用库两侧设雨水管线:东侧雨水管与站场排水沟连接,排除盖板上及部分地面排至沟内雨水;西侧雨水管排除盖板落水管雨水,最终排至港务南路市政雨水管。咽喉区东侧盖板雨水排至地面后通过排水沟排至调蓄池。停车场雨水排水示意图如图 2 所示。

3.2.3 U 型槽段

U 型槽挡墙外地表设计满足相关专业要求后,



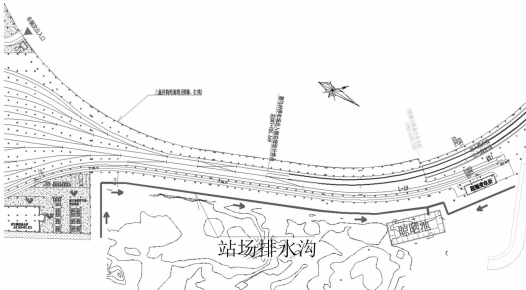
尺寸单位: m  
注: H——板底至地面距离;出场线轨面标高随线路坡度变化。

图 3 U 型槽段排水示意图

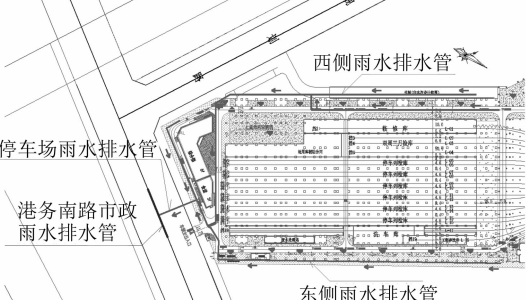
Fig. 3 Drainage diagram of U-shaped groove section

3.3 防汛排查出的安全隐患

1) U 型槽导致的安全隐患:因现场周边房屋拆



a) 库区雨水排水示意图



b) 咽喉区雨水排水示意图

图 2 停车场雨水排水示意图

Fig. 2 Diagram of parking lot rain drainage

应尽量与原地表齐平。起点处设计地表高程为 382.700 m,实际高程为 382.630 m;终点处设计地表高程为 384.377 m,实际高程为 384.790 m,设计高程差为 1.677 m,坡度约为 7.5‰。U 型槽挡墙顶设计标高高出相应地表高程 1.000 m(U 型槽起点处高于百年洪水位 1.4 m,终点处高于百年洪水位 0.6 m)。U 型槽段排水示意图如图 3 所示。

迁后的建筑垃圾清表未恢复至设计标高,现场实测起点处地面高程为 383.500 m,高出原设计高程约 0.800

m,距挡墙顶仅 0.200 m。起点范围为整个停车场排水最低点,故存在内涝隐患,进而影响行车安全。

2) 场区外场地增高导致的安全隐患。原设计中,咽喉区及出入场线外侧绝大部分区域地面标高为 383.240~384.400 m,低于场坪标高约 0.600~1.700 m,存在排水不畅的安全隐患。但由于停车场地势相对较高,围墙外无积水隐患。

3) 围墙位置调整导致的安全隐患:2020 年,根据西安地铁围墙与用地红线边界重合的要求,将围墙外移至红线处,导致用于截水功能的排水沟由围墙外变成了围墙内,违背了截水功能的设计初衷。

4) 调蓄池存在的安全隐患:停车场东侧围墙外原地形地貌经过施工后发生了较大改变,堆积了较多额外的土方,形成了多个局部低洼,破坏了原有地面水总体走向。调蓄池底部铺砌厚 0.25 m 的普通透水材料,四周安装防护栅栏以免发生跌落。目前,现场调蓄池未能按照设计提供的规格完成施工,已挖出的池子容积非常有限,经过几次暴雨后沉淀了大量淤泥,围墙基础容易在雨水长期浸泡下失稳。通往调蓄池的管子基本上已与池底等高,不利于排水,建议采取措施垫高至池顶平齐。调蓄池边的堆土应尽快清除。调蓄池北侧因堆土造成人为局部汇水区域,需及时处理。

5) U 型槽与路基分界处因设计缺陷导致的安全隐患:该设计标高的制定有所欠缺,现状为施工低点,西侧围墙与盖板之间的雨水局部汇聚易形成积水。U 型槽挡墙与路基面存在豁口,极端条件下,雨水容易从该部位涌进 U 型槽内。

### 3.4 加强措施

本文提出的加强措施设计思路为:①围墙外,以“堵+截”为思路。堵住紧贴围墙区域的雨水不从围墙下渗入场地的主要方法为,在围墙外培土制造排水反坡等;截住围墙外汇水不向停车场漫流的主要方法为,在围墙外设置排水明沟及挡水埝。②围墙内,以“疏+排”为思路。疏通围墙内积水区域,通过引流方式将围墙内的雨水排至围墙外排水沟或雨水井。

#### 3.4.1 场区外的加强排水措施

##### 3.4.1.1 围墙东侧加强排水措施

结合围墙东侧外部地形条件和南北侧市政道路接驳条件,主要分 3 个区域采取不同的加强排水措施。

1) 运用库东侧的加强排水措施:上盖结构柱与

围墙之间设置一条盖板排水沟,底宽为 0.4 m,起沟高程为 384.900 m,纵坡为 2‰,长度为 420 m,向南接入港务南路市政雨水管网。其主要承担该段落上盖东侧部分雨水的收集及排放,兼顾围墙内小区域地表水的收集及排放。

2) 咽喉区东侧(路基段)的加强排水措施:在围墙梁顶下 0.2 m 高度处,设面向场坪外坡率为 8% 的下坡,宽度为 5 m,路基压实度为 0.91。距围墙 5 m 外设一条梯形土质明沟,向北接入临时调蓄池,底宽为 0.6 m,纵坡 $\geq 2‰$ ,长度为 351 m,其主要功能为截住该段落围墙外部的地表水。不承担上盖雨水的围墙外排水加强措施如图 4 所示。

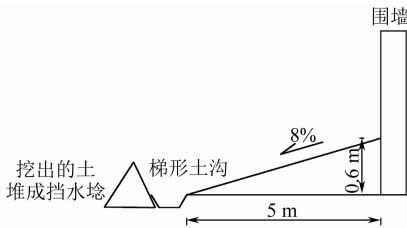


图 4 不承担上盖雨水的围墙外排水加强措施

Fig. 4 Reinforcement measures for drainage outside wall without rainwater collection

3) 咽喉区东侧(U 型槽段)的加强排水措施:在围墙梁顶下 0.2 m 高度处,设面向场坪外坡率为 8% 的下坡,宽度为 5 m,路基压实度为 0.91。距围墙 5 m 外设一条梯形混凝土明沟,向北接入 U 型槽起点附近的检查井,通过检查井连接向东路市政雨水管网,底宽为 0.6 m,纵坡 $\geq 2‰$ ,长度为 300 m。其主要功能为接续原设计围墙内的排水沟,承担该段落上盖部分雨水的收集及排放,兼顾围墙外地表水的收集及排放。承担上盖雨水的围墙外排水加强措施如图 5 所示。

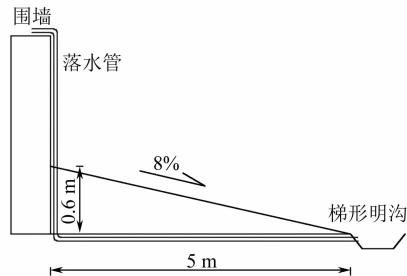


图 5 承担上盖雨水的围墙外排水加强措施

Fig. 5 Reinforcement measures for drainage outside wall with rainwater collection

##### 3.4.1.2 围墙西侧加强排水措施

考虑以截水为主,采取临时措施将小区域内的

地表水引流至大区域内的现有排水路径内。以 U 型槽与路基分界里程为界,分别向南北两端纵向排水。

1) 南向排水沟的加强排水措施:向南排放的水沟采用特殊设计,沟壁紧贴围墙基础,沟宽为 0.4 m,沟深为 0.4 m,长度为 445 m,在次出入口处排入围墙外临时洼地。结构专业围墙排水沟大样图如图 6 所示。

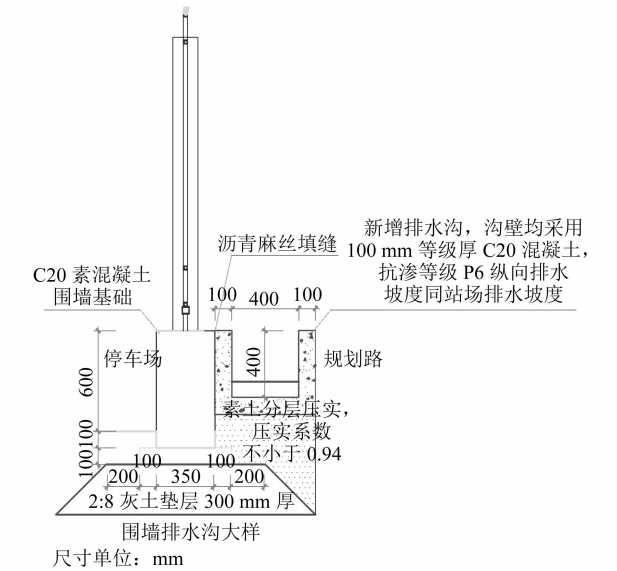


图 6 围墙排水沟大样图

Fig. 6 Sketch of surrounding wall drainage ditch

2) 北向排水沟的加强排水措施:向北排放的水沟在围墙梁顶下 0.2 m 高度处,设面向场坪外坡率为 8%的下坡,宽度为 5 m,路基压实度为 0.91,外设临时土沟,截面形状为梯形,底宽为 0.6 m,长度为 220 m,纵坡  $\geq 2\text{‰}$ 。所挖出的土无需外弃,直接堆至沟边远离围墙一侧,形成一道挡水埝作为双重保护,向北排入向东路(见图 4)。

3.4.2 场区内加强排水措施

3.4.2.1 U 型槽加强排水措施

出于安全考虑,经现场踏勘提出加高 U 型槽挡墙,增加高度为 0.4 ~ 1.0 m(起点处 1.0 m,终点处 0.4 m),采用宽为 0.25 m 的 C30 混凝土挡板,植筋锚入 U 型槽侧墙。U 型槽挡墙植筋方法如图 7 所示。施工完成后,挡板顶部高度以 3‰的下坡坡度平滑修剪至起点;终点处,挡板以 30°的角度与 U 型槽挡墙顶顺接,如图 8 所示。

3.4.2.2 场地加强排水措施

1) 场地东侧的加强排水措施:未设排水沟处采

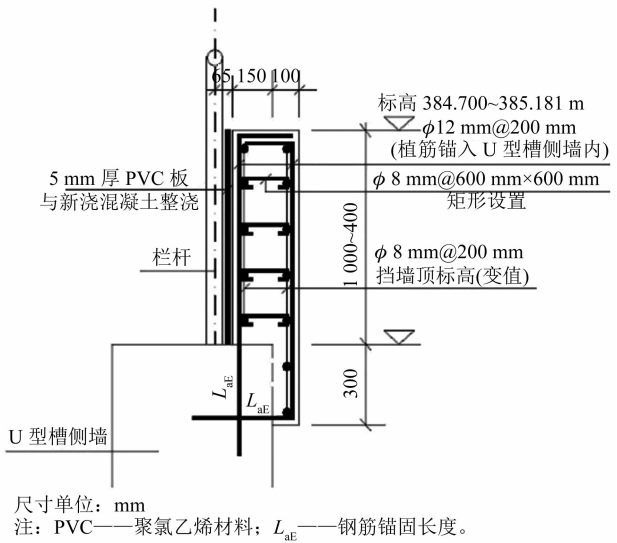


图 7 U 型槽挡墙植筋方法

Fig. 7 Method of planting steel bar in the retaining wall of U-shaped groove

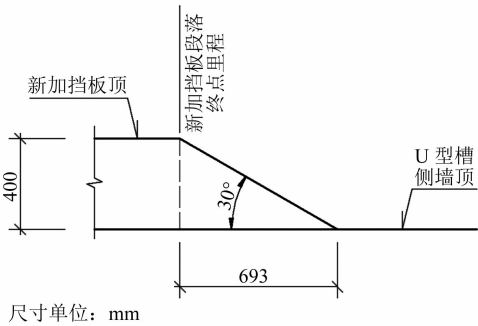


图 8 挡板顺接方法

Fig. 8 Method for connecting baffles

取硬化过水路面形式引流。以 U 型槽与路基分界里程为界,分别向南北两端纵向排水,总长度为 300 m。其中,向北排放的段落纵向通过线路纵坡,最终将水引至 U 型槽起点检查井,接入向东路市政管网;向南排放的段落通过同样的方法将水引至已实施的围墙内排水沟中。拟将东侧排水沟在末端通过 DN 800 mm 雨水管接至向东路 DN 1 000 mm 市政雨水管内, DN 800 mm 雨水管管底高程约为 382.400 m, DN 1 000 mm 市政雨水管管底高程约为 380.100 m,并将排水沟沿线散排盖板雨水管连接至排水沟内,提升停车场内雨水排水的安全性。过水路面铺设方法如图 9 所示。

2) 场地西侧的加强排水措施:采取硬化过水路面形式引流,同场地东侧过水路面铺设方法。硬化过水路面长度为 175 m,纵向通过线路纵坡,最终将水引至 U 型槽起点检查井,接入向东路市政管网

(见图 9)。

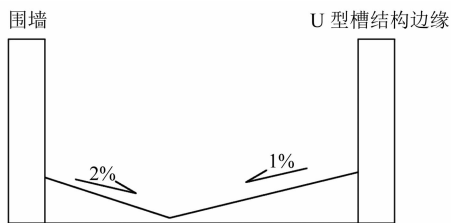


图 9 过水路面铺设做法

Fig. 9 Laying method of over-water pavement

3) 沉降槽地段的加强排水措施:沉降槽是一种特殊的人为地质破坏,主要为城市不断开采地下水造成的不均匀地面沉降,对地铁结构极为不利。根据相关工作经验,穿越沉降槽区段采取了加大结构构件尺寸和结构净空的措施,为满足线路及轨道专业调坡的需求,沉降槽范围内的轨道道床采用柔性碎石道床,适用于马蹄形隧道。暗挖马蹄形断面轨道结构高度为 850 mm(轨顶至隧道有效内轮廓最低点)。柔性碎石道床为漫流式排水,为便于区间废水的汇集与排除,在碎石道床废水泵房区域一侧设置挡渣墙,挡渣墙内为集水坑,上设钢格板雨水篦子。

## 4 结语

地铁场段由于体量大、与周边接口复杂,设计时对排水的可靠性和及时性要求更高。尤其当极端天气来临时,对于容易受暴雨影响进而产生安全隐患的地段及环节要进行逐一排查,及时采取补救措施。本文基于西安地铁 14 号线陆港停车场的防汛加强设计及实施过程,总结了具有一定普适性的场段有效防淹排涝措施。主要结论如下:

1) 在设计阶段就应充分进行输入资料的研究及相关技术论证,对于百年洪水位、区域内涝水位等“红线”绝对不能触碰,要制定合适的场坪标高及合适的纵向变坡点,从源头为场段提供较为理想的排水条件。以场段围墙为界,堵截围墙外雨水不进入场内,疏通围墙内雨水有序排出。

2) 将永久工程与临时措施结合起来,通过解决特殊处理地段的排水设计和施工中遇到的问题,不断总结和完善地铁区间排水的施工技术,同时与线路专业、区间结构专业及道床专业密切配合,充分

考虑与各个相关接口的协调处理,保证区间排水的通畅,以达到区间排水安全、合理、经济的目的。

3) 核查在突发极端天气或现场条件发生变化等情况时的应对方案。核查重点包括但不限于:设计成果中天然形成的场坪较低点、可能存在安全隐患的临时措施、跨专业设计交叉点、跨单位界面接口。以现有条件为基础,以时效为要求,寻求在短时间内解决问题和永久排除隐患之间的最优解。

## 参考文献

- [1] 任雨,李明财,郭军,等. 天津地区设计暴雨强度的推算与适用[J]. 应用气象学报,2012(3):364.  
REN Yu, LI Mingcai, GUO Jun, et al. The estimation and application of design rainstorm intensity in Tianjin area[J]. Journal of Applied Meteorological Science,2012(3):364.
- [2] 王磊,周玉文. 国内外城市排水设计规范比较研究[J]. 中国给水排水,2012(8):23.  
WANG Lei, ZHOU Yuwen. Comparative study on Chinese and foreign urban drainage design codes[J]. China Water & Wastewater,2012(8):23.
- [3] 郝身群,马华龙,宋国军. 基于海绵城市理念的城市快速路排水设计[J]. 中国给水排水,2017(22):53.  
HAO Shenqun, MA Hualong, SONG Guojun. The drainage design of urban expressway based on sponge city[J]. China Water & Wastewater,2017(22):53.
- [4] 黄吉慧. “海绵城市”概念在城市排水设计中的应用微探[J]. 工程建设与设计,2019(18):70.  
HUANG Jihui. Preliminary study on the application of the concept of ‘Sponge City’ in urban drainage design[J]. Construction & Design for Project,2019(18):70.
- [5] 郑景伟. 城市道路积水成因分析及线性排水设计[J]. 江西建材,2018(8):211.  
ZHENG Jingwei. Analysis of causes of water accumulation on urban roads and linear drainage design[J]. Jiangxi Building Materials,2018(8):211.
- [6] 沈恩学. 浅析 U 型槽防排水设计[J]. 北方交通,2016(3):85.  
SHEN Enxue. Brief discussion on waterproofing and drainage design for U-shape groove[J]. Northern Transportation,2016(3):85.
- [7] 任盼盼. 常州地铁 2 号线车辆段雨水排水设计[J]. 建筑设计,2020(12):13.  
REN Panpan. Design of rainwater drainage for Changzhou metro depot of Changzhou Metro Line 2[J]. Architectural Design,2020(12):13.

(收稿日期:2022-04-28)