

# 地铁工程防淹设计技术体系研究

周志宇, 姚晨晨\*

山东轨道交通勘察设计院有限公司工程技术研究中心, 山东 济南

收稿日期: 2025年3月10日; 录用日期: 2025年5月21日; 发布日期: 2025年5月29日

## 摘要

为构建地铁工程防淹设计技术体系, 避免地铁因暴雨出现水淹倒灌, 从设计角度出发, 对地铁规划、设计、施工和运营不同阶段的防淹设计内容要求进行较为系统地研究, 全面总结分析了车站、区间、车辆基地、控制中心、主变电所等地铁重点部位的防淹设计要求和技术标准, 统筹考虑海绵城市设计理念, 引入植草沟、透水铺装、雨水调蓄池等防淹新措施, 以期提升地铁工程综合防淹能力提供参考。

## 关键词

地铁, 防淹设计, 技术体系, 多道防淹防线

# Research on the Technology System of Metro Anti-Flooding Design

Zhiyu Zhou, Chenchen Yao\*

Engineering and Technology Research Center, Shandong Rail Transit Survey and Design Institute Co., Ltd., Jinan Shandong

Received: Mar. 10<sup>th</sup>, 2025; accepted: May 21<sup>st</sup>, 2025; published: May 29<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

In order to build the technology system of metro anti-flooding design and avoid flooding due to rain-storm, the anti-flooding design contents in the stages of metro planning, design, construction and operation are systematically studied from the perspective of design. The anti-flooding design requirements and technical standards of key parts of metro, such as station, section, vehicle base, control center and main substation, are comprehensively summarized and analyzed. Considering the design concept of sponge city, new anti-flooding measures such as grass planting ditch, permeable pavement and rainwater storage tank are introduced, which will provide reference for metro to improve the comprehensive anti-flooding capacity.

\*通讯作者。

## Keywords

### Metro, Anti-Flooding Design, Technology System, Muti-Line Anti-Flooding Defenses

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在暴雨引起内涝甚至洪水灾害的情况下, 地铁工程不可避免出现被水淹, 亟需在地铁规划、设计、施工及运营各阶段予以足够重视防淹问题, 将地铁被水淹的可能性降至最低、影响降至最小[1]。

近些年, 随着夏季暴雨极端天气频发, 甚至引发洪灾, 北京、上海、广州、郑州等十多个城市地铁工程发生过多次不同程度被水淹问题, 主要发生在地铁运营阶段, 其次是发生在施工期间。

武志松[2]初步总结构建了一套较为完备的地铁工程防淹体系: 设计人员[3]-[6]采取一系列有效措施解决了车站与区间防淹问题, 比如在地铁车站出入口采用智能化防淹新型设备及监测预警系统新技术, 实现水位自动监测预警和智能防淹设备启动; 研究学者[7][8]研究了地下车站的暴雨内涝脆弱性及其在水淹下疏散对策。

目前, 有关地铁工程防淹设计技术标准研究内容比较分散, 尚未构建整个地铁工程防淹设计技术标准体系, 有必要对城市地铁工程防淹设计技术体系进行系统性研究。

## 2. 防淹设计标准规范

地铁工程防淹设计主要依据 GB 50157-2013《地铁设计规范》[9] (以下简称规范)、GB 50014-2021《室外排水设计标准》, 参考 GB/T 50805-2012《城市防洪工程设计规范》、GB 50201-2014《防洪标准》、GB 51079-2016《城市防洪规划规范》。

## 3. 不同阶段防淹设计技术要求

地铁工程的防淹设计要求需贯穿整个线网规划、工程设计、建设施工及运营各个阶段, 见图 1。

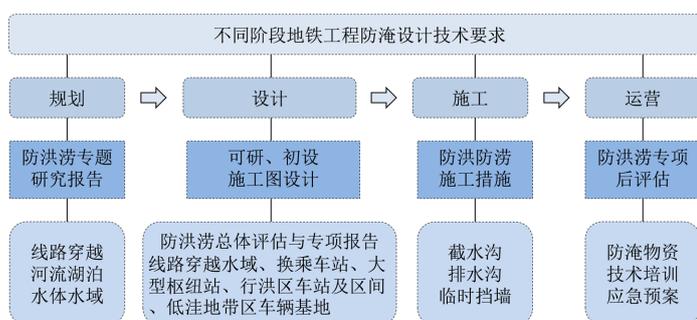


Figure 1. Technical diagram of metro anti-flooding design in the different stage  
图 1. 不同阶段地铁工程防淹设计技术图

### 3.1. 规划阶段

在城市轨道交通线网规划阶段, 需要充分做好城市防洪或防涝调研与分析, 并编写城市轨道交通线网规划防洪涝专题报告。

### 3.2. 设计阶段

在设计阶段, 主要包括可行性研究、初步设计、施工图设计阶段。在可行性研究(项目建议书)阶段, 需要委托有资质的专业研究机构对地铁新建线路进行防洪防涝总体评估、专题研究报告工作; 在初步设计、施工图设计阶段, 需要委托有资质的专业研究机构进行防洪或防涝专项评估, 开展地铁新建线路防洪或防涝详细专项研究, 并编制相应的专项评估报告。

### 3.3. 施工阶段

在施工阶段, 需要按设计图纸要求进行按图施工防淹防洪防涝工程措施, 比如截水沟、防汛临时挡墙、排水沟等, 防止施工期间洪涝灾害的发生。

### 3.4. 运营阶段

在运营使用阶段, 新开通线路按照防洪防涝要求, 配备必要的防淹物资, 组织防淹技术培训, 制定防淹应急预案; 早期建设的线路若未考虑或达不到防淹标准要求, 需要委托有资质的专业研究机构进行地铁防洪或防涝专项后评估, 采取补充必要的防淹措施。

## 4. 地铁工程防淹设计技术体系

**Table 1.** Technical system of metro anti-flooding design

**表 1.** 地铁工程防淹设计技术体系

序号	工程	防淹部位	防淹技术标准
1	地下车站	出入口	踏步平台: $\geq 0.45$ m; 防淹措施: $\geq 0.6$ m; 渗漏水量: $< 0.01$ m <sup>3</sup> /min
		风亭	设于路边: $\geq 2$ m; 设于绿地: $\geq 1$ m
		风井、安全出口、无障碍电梯	防淹设防高度: $\geq 1$ m
		下沉广场	上部范围内地坪: $\geq 0.3$ m; 连接处防淹措施: $\geq 1$ m
		其他部位	车站中板孔口处: $\geq 0.1$ m; 连接处防淹措施: $\geq 0.6$ m
2	高架车站	地面厅、地上附属用房	100 a 一遇内涝水位
		车站外窗或幕墙	高于室外地面: $\geq 1$ m
		地下附属用房	与地下车站要求一致
3	区间	地下区间	下穿水域: 两端设防淹门或防水淹措施; 处行洪区内: 防洪专项研究
		区间风井	100 a 一遇内涝水位; 处行洪区内: 高于防洪标准
		地下出地面及出入场线	应设罩棚; 100 a 一遇洪水位、内涝水位; 车辆基地外: $\geq 1.2$ m; 车辆基地内: $\geq 0.6$ m
		地上路基段区间	100 a 一遇洪水位、内涝水位; 防淹设防高度: $\geq 1.2$ m
4	车辆基地	地上高架区间	处行洪区内: 高于防洪标准
		基地、单体建筑、机车库、综合楼	场地设计高程: $\geq$ 周边主要道路高程平均值加高 0.5 m; 单体建筑: $\geq 0.15$ m; 机车库: $\geq 0.3$ m; 综合楼: $\geq 0.45$ m
5	控制中心	地下车库	场地设计高程: 100 a 一遇洪水位、内涝水位; 地下车库: $\geq 1$ m
6	主变电所	出入口、窗口、风井口	场地设计高程: 100 a 一遇洪水位、内涝水位; 出入口: $\geq 0.75$ m; 窗口、风井口: $\geq 1.35$ m

主要从地下车站、高架车站、区间(包括地下区间、区间风井、地下出地面及出入场线、地上路基段区间、地上高架区间)、车辆基地、控制中心、主变电所 6 个方面, 较为系统地构建了地铁工程防淹设计技术体系, 见表 1。

#### 4.1. 地铁地下车站

地下车站的防淹设计高程应高于所在区域 100 a 一遇内涝水位高程, 位于在具有行洪功能的河道范围内, 相应的防淹设计标准应不低于河道规划设计的防洪标准。

##### 4.1.1. 出入口防淹设计技术标准

出入口作为地下车站与外部环境连通的重要结构组成部分, 是地铁工程防淹设计的重中之重, 是地下车站防淹设计中的第一道重要防线。出入口选址宜设在地势较高处, 并结合周边规划标高和现状地坪标高综合分析。规范[9]第 9.5.4 条: “地下车站出入口的地面标高, 应高出室外地面 0.3 m~0.45 m, 并应满足当地防淹要求, 当无法满足时, 应设防淹闸槽, 槽高可根据当地最高积水位确定”。

目前, 标准出入口防淹设计采用三阶踏步平台高出周边地面 0.45 m(每阶踏步高度为 0.15 m)。

出入口处地面有敞口式、半封闭式和全封闭式 3 种型式, 宜尽量采用有盖设计。若采用敞口形式时, 充分论证专门设计, 设独立的排水设施, 应设两台排水泵, 平时应一台工作, 必要时两台同时工作, 每台排水泵的排水能力应大于最大小时排水量的 1/2, 雨水泵站、排水沟及排水管渠的最大排水量按照当地 50 年一遇的暴雨强度计算, 同时宜考虑留有不小于 30% 的富余量, 适当增大雨水排水泵扬程, 出水管末端出水水头宜不小于 5 m。

出入口防淹设防高度是指出入口平台高度与防淹挡板或防淹门等设备措施高度之和。目前现行规范中未有明确规定数值, 规范[9]第 28.7.1 条规定“出入口口部的防淹措施应满足当地防洪排涝要求”, 实际设计时, 结合当地降水和工程实际情况综合确定。设计时, 出地面结构侧墙及尾部挡墙结构高度建议不小于 1 m。防淹挡板或防淹门等设备措施的高度建议不小于 0.6 m。在防淹挡板或防淹门等设备措施下, 一个出入口渗漏水进水量小于 0.01 m<sup>3</sup>/min 规范[9]要求, 建议小于 0.005 m<sup>3</sup>/min。出入口在水淹严重应急条件下, 满足疏散基本要求时, 作为特殊防淹措施, 可手动关闭人防段的人防门, 以阻挡住大量水流。通过在地下车站出入口关键部位进行防淹设计达到构建多道防淹防线的效果。

##### 4.1.2. 风亭、风井、安全出口及无障碍电梯防淹设计技术标准

根据规范[9]第 9.6.2、9.6.3 条, 车站风井、风亭、安全出口及垂直电梯防淹其他要求应同车站出入口防淹一致, 出地面的混凝土结构防淹设防高度不宜小于 1 m~1.2 m。针对周边地势低洼易积水、市政管网排水能力较差或其他特殊情况, 防淹设计应专门研究。

##### 4.1.3. 下沉广场防淹设计技术标准

下沉广场上部范围内的地坪标高比其周边地坪高出不宜小于 0.3 m。下沉广场与车站公共区或出入口的连接处宜设置防淹挡板, 其高度不宜小于 1 m~1.2 m; 未设置挡板时宜采取防汛沙袋等其他防淹措施; 设有台阶时, 台阶高度不宜小于 0.3 m。连接接口处地坪应向外找坡, 坡度不宜小于 1%, 并设置横截沟将广场内的雨水收集至下沉广场雨水集水池内, 雨水流量及雨水管渠排水设计可按 100 a 暴雨重现期考虑, 并采取保证管渠及泵站排水通畅, 宜设有独立排水能力的雨水泵站, 以提高防淹能力。

对在运营期内出现过内涝的下沉广场, 应进行排水设施改造, 增设雨水泵站, 以防内涝再次发生。

##### 4.1.4. 车站其他部位防淹设计技术标准

车站中板孔洞周边应设置挡水坎, 比装修完成面高不小于 0.1 m。车站出入口、风亭、公共区和设备区的地漏、排水沟位置合理, 排水坡度适当, 流向明确。

车站、下沉广场的周边环境景观设计考虑植草沟、透水铺装、雨水调蓄池等“海绵城市”设计措施,让车站、下沉广场具有一定调蓄能力,以提高地下车站的综合防淹能力。

外部物业开发通道与车站公共区或与出入口连接处应设置截水沟和地漏,并具备排水条件,通道向外找坡,坡度不宜小于1%,避免通道内水倒灌车站或出入口;连接处宜设置防淹挡板,高度不小于0.6m,设有必要的防汛物资;连接处在通道侧设置人防门,发生严重水灾时,可手动关闭阻断水流入车站。

## 4.2. 地铁高架车站

高架车站的地面厅和地上附属用房防淹设计高程应不低于100a一遇内涝水位。

高架车站外窗或幕墙窗口的开启扇距离室外地面高度不宜小于1m,找坡方向为窗台的台面向室外,并综合考虑外窗和外檐的防雨、防渗、防漏措施,以提高高架车站的综合防淹能力。

高架车站地下附属用房防淹设计与地下车站防淹设计一致。

## 4.3. 地铁区间

### 4.3.1. 地下区间

根据规范[9]第1.0.22条,考虑到地铁隧道下穿水域存在危险性,防止水淹致灾,在穿越水域隧道两端设防淹门,或采取其他防淹措施。对处于行洪区内的地下区间隧道防淹设计,应进行专项研究与分析。

### 4.3.2. 区间风井

区间风井的选址宜设置在地势较高部位,应结合规划和现状的地坪标高综合分析,并考虑周边市政排水条件。区间风井及其安全出口等设施的防淹设计高程应不低于所在区域100a一遇内涝水位高程;位于具有行洪功能的河道范围内,相应的防淹设计标准同时应满足高于河道规划设计的防洪标准。

### 4.3.3. 地下出地面及出入场线

入场线及区间出地面部分应设置罩棚,设置罩棚范围宜至轨道平坡段。

入场线出地面部分位于车辆基地范围外的,防淹设计标高应不低于所在区域100a一遇洪水位和100a一遇内涝水位,同时U型槽侧墙混凝土结构防淹设防高度不小于1.2m,U型槽口部防淹措施(防淹挡板、挡墙等措施)设防高度不应小于1.2m,以提高防淹能力。

入场线出地面部分位于车辆基地范围内的,混凝土结构防淹设防高度不应小于0.6m,U型槽口部防淹措施(防淹挡板、挡墙等措施)设防高度不应小于0.6m,以提高防淹能力。

### 4.3.4. 地上路基段区间

规范[9]第6.1.6条中第4款:“地面线应具备防淹、防洪能力,并应采取防侵入和防偷盗设施”。地上路基段区间防淹设计高程应不低于所在区域100a一遇洪水位和100a一遇内涝水位,同时自身结构防淹设防高度不小于1.2m,无法满足时,补充外侧挡墙等防淹措施,以满足防淹高度要求。

### 4.3.5. 地上高架区间

地上高架区间位于具有行洪功能的河道范围内,相应防淹设计标准应高于河道规划设计的防洪标准。

## 4.4. 车辆基地

车辆基地的选址应结合规划和现状地坪标高综合分析[10],宜设在地势较高部位,并考虑市政排水条件。车辆基地的场坪设计高程应按照站场线路路肩、周边道路、内涝水位、邻近河道洪水位、出入线高程及场区原始地形地貌等因素综合确定。设于沿河附近地区的车辆基地,车场线路路肩的防淹设计高程建议不低于100a一遇洪水位、波浪爬高和安全加高三者之和[10]。

车辆基地的场坪设计高程建议低于周边主要道路高程平均值再加高 0.5 m [10]。车辆基地所处区域地形起伏较大时, 需采取截水沟、挡水墙等措施确保外部洪水、内涝水等地表径流水无法入场区内, 场坪及道路宜向地势低侧找坡, 场坪最低高程原则上不低于相邻主要道路高程的平均值再加 0.5 m。场坪标高无法满足要求时, 可采取堤坝、挡墙等可靠的防淹措施。

地下场段露天区域四周应设置截水沟、挡水墙等措施, 挡水墙高度不低于周边地坪标高加 1 m。截水沟设置相配套集中排水系统, 排水能力宜预留不小于 30% 的安全系数, 并宜设应急抢险快速排水接口。

车辆基地内单体建筑(除主变电所、运用库、大/架修库等机车库外)±0.000 m 地坪标高宜高于室外地坪标高不小于 0.15 m, 机车库 ±0.000 m 地坪标高宜高于室外地坪标高不小于 0.3 m, 综合楼 ±0.000 m 地坪标高宜高于室外地坪标高不小于 0.45 m。

车辆基地室外场地进行雨水管渠排水设计时, 库前轨道区域按照 50 年暴雨重现期, 其他区域可按照 5 年暴雨重现期。车辆基地防淹设计考虑植草沟、透水铺装、雨水调蓄池等“海绵城市”设计措施, 让车站、下沉广场具有一定调蓄能力, 以提高车辆基地的综合防淹能力。

#### 4.5. 控制中心

控制中心场坪设计高程应综合分析道路规划标高、现状标高、现状市政排水条件以及道路排水规划确定。控制中心的场坪设计高程不应小于所在区域 100 a 一遇洪水位和内涝水位高程。当内涝水位和周边道路高程为控制因素时, 场坪高程宜不低于周边主要道路机动车道高程中最大值再加 0.6 m。所处区域地形起伏较大时, 需采取截水沟、挡水墙等措施, 确保外部洪水、内涝水等地表径流水无法入场区内, 场坪及道路宜向地势低侧找坡, 场坪最低高程不低于相邻主要道路高程中最小值再加 0.6 m。

控制中心的建(构)筑物的地下车库出入口、风井口、安全出口均应进行防淹设计。地下车库出入口设置防淹挡板, 防淹设防高度不宜低于 1 m。风井口、安全出口处地面混凝土结构的防淹设防高度不宜低于 0.6 m。

#### 4.6. 主变电所

主变电所的场坪设计高程应综合分析道路规划标高、现状标高、现状市政排水条件以及道路排水规划确定。主变电所的场坪设计高程不应小于所在区域 100 a 一遇洪水位和内涝水位高程。主变电所出入口设有高度不低于 0.6 m 的防淹挡板等可靠的防淹措施。在电缆通道、电缆管沟等部位设计时, 充分考虑防淹防涝的防水封堵、局部低点水泵提升等相关措施, 保证使用安全, 便于检修。

主变电所设于车辆基地之外时, 内涝水位和周边道路高程为控制因素时, 场坪高程不低于周边主要道路机动车道高程最大值再加 0.3 m [10]。如主变电所所处区域地形起伏较大时, 需采取截水沟、挡水墙等措施, 确保外部洪水、内涝水等地表径流水无法入场区内, 场坪及道路宜向地势低侧找坡, 场坪最低高程不低于相邻主要道路高程最小值再加 0.3 m。主变电所出入口结构防淹设防高度宜不低于 0.75 m, 窗口、风井口结构防淹设防高度宜不低于 1.35 m。

主变电所设于车辆基地之内时, 场坪标高与车辆基地一致, 主变电所出入口结构防淹设防高度宜不低于 0.6 m, 窗口、风井口结构防淹设防高度宜不低于 1.2 m。

### 5. 结语

1) 构建了地铁工程防淹设计标准和技术体系, 贯穿了规划、设计、施工、运营 4 个阶段, 涵盖了地下车站、高架车站、区间、车辆基地、控制中心、主变电所 6 个方面。

2) 提出了地铁车站防淹多道设防理念, 统筹考虑海绵城市设计理念, 让地铁工程具有一定调蓄能力, 以提升地铁工程综合防淹能力。

3) 地铁防淹设计标准和技术体系的实施, 需结合国家标准、行业规范和地区经验进一步研究确定。

## 基金项目

山东省交通运输厅科技计划项目 2022B08。

## 参考文献

- [1] 章希. 台北地铁淹水的教训[J]. 城市公用事业, 2002, 16(3): 9-10.
- [2] 武志松, 刘俊, 车轮飞. 地铁工程防淹体系构建与创新设备应用[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(8): 275-278.
- [3] 李幸, 李虎, 姚晨晨, 等. 地铁车站出入口防淹措施分析[J]. 城市道桥与防洪, 2023(10): 125-128.
- [4] 牛斌, 王琦, 郭婷. 行洪区地铁车站设计及安全措施研究[J]. 隧道建设(中英文), 2019, 39(4): 661-668.
- [5] 牛斌. 行洪区长大地铁区间隧道结构设计及措施研究[J]. 现代隧道技术, 2020, 57(S1): 736-742.
- [6] 张立宇. 地铁区间隧道穿越水域段防淹及防护密闭措施研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- [7] 朱海燕. 北京市地铁站暴雨内涝脆弱性评估研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 首都经济贸易大学, 2018.
- [8] 姚远. 郑州市地下轨道交通沿线建筑物暴雨内涝脆弱性评估[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 华北水利水电大学, 2019.
- [9] 北京市规划委员会. GB 50157-2013 地铁设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [10] 史一博. 沈阳轨道交通 3 号线某停车场防淹标准设计问题探讨[J]. 大众标准化, 2024(5): 16-18.