

城市道路快速化改造中的排水工程设计

李 帅,王 斐,张彦光

(淄博市规划设计研究院有限公司,山东 淄博 255000)

摘 要: 淄博快速路网排水工程设计涉及雨水管道 142.74 km,雨水泵站 5 座,污水管道 72.48 km。在配合道路桥梁建设过程中完善了区域排涝通道,消除了管网空白区,提高了排水标准。在落实海绵城市和环保低碳建设理念的同时,推广使用了新材料、新设备和新技术。

关键词: 城市道路;快速化改造;排水工程设计

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)02-0154-07

Design of Drainage Engineering in Expressway Reconstruction of Urban Roads

LI Shuai, WANG Fei, ZHANG Yanguang

(Zibo City Planning and Planning Research Institute Co., Ltd., Zibo 255000, China)

Abstract: The design of the drainage engineering for the expressway network in Zibo involves the 142.74-km long rainwater pipeline, 5 rainwater pumping stations and the 72.48-km long sewage pipeline. In the process of cooperating with the road and bridge construction, the regional drainage channels have been perfected, the blank areas in the pipeline network have been eliminated, and the drainage standards have been improved. While implementing the concepts of sponge city, environmental protection and low-carbon constructions, the new materials, new equipment and new technologies are promoted and used.

Keywords: urban road; expressway reconstruction; design of drainage engineering

0 引 言

2022年1月,淄博市城管局、住建局和水利局联合印发《加强城市防洪排涝体系建设实施方案》。该方案提出,到2025年底,形成“源头减排、管网排放、蓄排并举、超标应急”的城市排水防涝工程体系,全市城市雨污合流管网实现“清零”,城市内涝防治标准内的降雨能够有效应对,严重影响生产生活秩序的易涝积水点全面完成整治,“城市看海”现象全面消除。具体工作措施包括严格执行国家排水防涝标准上限值,加强城市雨水管渠和泵站建设改造,实施城市雨污合流管网清零行动,推进城市排涝通道和蓄滞空间建设等十项内容。

2022年4月,山东省住建厅、发改委、财政厅、生态环境厅和水利厅五部门联合印发《山东省城市排

水“两个清零、一个提标”工作方案》。方案提出到2025年,城市和县城建成区整县(市、区)制雨污合流管网全部清零。城市和县城建成区黑臭水体全部清零。其中,城市建成区雨污合流管网清零行动包括开展调查制定计划,科学推进市政雨污合流管网改造,因地制宜实施建筑小区雨污合流管网改造和保障工程建设质量等四项工作任务。

从省市两级印发的实施方案看,改造市政雨污合流管网,加强城市雨水管渠和泵站建设,消除易涝积水点,提高排水防涝建设标准,推进城市排涝通道建设等将是城市建设领域的工作重点。

1 工程概况

2021年淄博市启动快速路网一期工程,包括原山大道、鲁泰大道、昌国路、宝山路、鲁山大道五个标段,道路全长约51 km,其中高架快速路41 km,地面快速路10 km,见图1。整个项目包含道路工程、桥涵工程、排水工程、交通工程、照明工程、绿化工程、管线迁改等多个专业,其中排水工程涉及雨水管道

收稿日期: 2024-01-01

作者简介: 李帅(1993—),男,学士,工程师,从事市政给排水设计工作。

通信作者: 张彦光(1985—),男,硕士,高级工程师,从事给排水设计工作。电子信箱: 276291887@qq.com

142.74 km,雨水泵站5座,污水管道72.48 km,概算投资约7.23亿元,见表1。

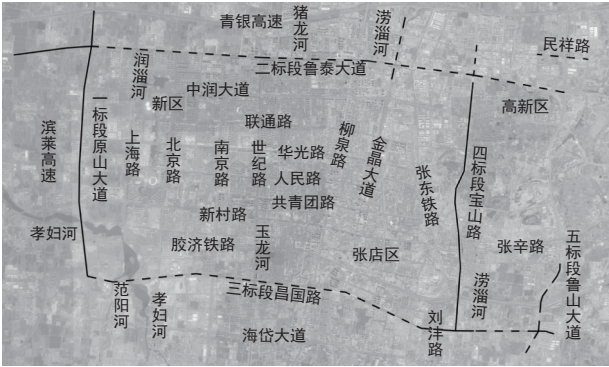


图1 淄博市快速路一期工程区域位置图

表1 快速路一期工程排水管线概算投资

标段	管线种类	长度/km			投资/ 万元
		利旧	新建	合计	
原山大道	雨水管线	2.40	17.24	19.64	8 928.45
	污水管线	6.91	3.86	10.77	1 191.03
鲁泰大道	雨水管线	11.12	40.66	51.78	20 639.98
	污水管线	13.89	18.94	32.83	4 764.06
昌国路	雨水管线	11.65	18.06	29.71	9 191.75
	污水管线	9.01	2.48	11.49	1 666.76
宝山路	雨水管线	5.61	19.43	25.04	13 206.96
	污水管线	3.14	8.09	11.23	4 923.80
鲁山大道	雨水管线	5.21	11.36	16.57	7 283.32
	污水管线	4.78	1.38	6.16	544.67
合计	雨水管线	35.99	106.75	142.74	59 250.46
	污水管线	37.73	34.75	72.48	13 090.32

2 现状分析

经对现有排水设施的摸排,除建设标准偏低、影响高架桥梁桩基施工等共性问题以外,每个标段也存在不少个性问题。

2.1 原山大道

原山大道两侧现有600 mm×600 mm~2 400 mm×1 400 mm雨水管线和DN400~DN800污水管线,基本实现管线全覆盖。现状3座雨水泵站,分别位于原山大道下穿胶济铁路处,鲁泰大道下穿滨莱高速处和原山大道-鲁泰大道互通立交桥内,均正常运行。当前排水管网主要存在以下问题:

- (1)雨水管线建设标准偏低,多为1 a一遇。其中华光路以北雨水管道汇水面积过大,现有管径仅满足半年一遇排水标准。
- (2)现有雨水管线位于拓宽后车行道范围内,其承载力需进一步核算。
- (3)现有污水管道存在局部破损情况,受交通导

行和空间受限影响,需采用非开挖修复技术。

(4)下穿胶济铁路处辅道标高降低,造成排水管线需同步调整。同时,该处雨水泵站汇水面积过大,需进一步剥离外围地块汇水,见图2。



图2 原山大道下穿铁路排水管线

2.2 鲁泰大道

鲁泰大道现状管线主要集中在淄东铁路以西,道路两侧现有d600~1 800 mm×1 600 mm雨水管线和DN400~DN1600污水管线。淄东铁路以东区域基本属于管网空白区,主要依靠道路边沟进行排水。当前排水管网主要存在以下问题:

- (1)道路沿线存在多处积水点,如柳泉路路口、金晶大道路口及宝山路路口,见图3。



图3 鲁泰大道局部路口积水

- (2)现有局部管段存在雨污混流现象需进一步排查。
- (3)下穿淄东铁路处辅道标高降低,造成排水管线需同步调整。

2.3 昌国路

昌国路两侧现有d500~2 000 mm×1 500 mm雨水管线和DN500~DN800污水管线,基本实现管线全覆盖。当前排水管网主要存在以下问题:

- (1)猪龙河—东四路道路南侧存在雨污合流现象。
- (2)部分雨水管线位于拓宽后车行道范围内,其承载力需进一步核算。
- (3)现有污水管道存在局部破损情况,存在污水外溢现象,需改造处理,见图4。



图4 昌国路污水外溢

2.4 宝山路

宝山路现状管线主要集中在联通路以北,道路两侧现有 600 mm×600 mm~1 000 mm×1 000 mm 雨水管线和 DN400~DN800 污水管线。联通路以南区域基本属于管网空白区,主要依靠道路边沟进行排水。当前排水管网主要存在以下问题。

(1) 四宝山南坡和北坡排涝通道尚未打通,根据排水规划,沿宝山路局部路段需新建排涝沟,见图5。



图5 宝山路现状雨水方沟

(2)雨水管线位于拓宽后车行道范围内,其承载力需进一步核算。

2.5 鲁山大道

鲁山大道沿线基本属于管网空白区,主要依靠道路边沟进行排水。当前排水管网主要存在以下问题。

(1)胶济铁路北侧排涝通道尚未打通,根据排水规划,沿鲁山大道局部路段需新建排涝沟,见图6。

(2)胶济铁路以南雨污水管网系统均无安全可靠出路,需进一步完善排水管网,最终实现雨水排河,污水进厂。

3 设计思路

排水工程是快速路系统的重要组成部分,旨在保证道路排水安全,提高内涝防治标准,落实雨污分流和海绵城市建设理念。根据5个标段现场实际情况不同,其排水设计侧重点有所不同,见表2。



图6 鲁山大道现状排涝通道标准偏低

表2 快速路一期工程排水设计重点分布

序号	设计重点	原山大道	鲁泰大道	昌国路	宝山路	鲁山大道
1	雨污分流改造		√	√		
2	消除积水点		√			
3	提高排水标准	√	√	√	√	√
4	配合道路桥梁建设	√	√	√	√	√
5	消除管网空白区		√		√	√
6	完善区域排涝通道				√	√
7	既有管线的利用	√		√	√	
8	特殊节点处理	√	√			

4 设计方案

4.1 设计标准

淄博市属于大城市序列,综合考虑不同标段的区域位置、用地性质、地形特点及实施难度,确定以下排水标准^[1],具体见表3。

表3 快速路一期工程排水设计标准

序号	设计项目	设计标准
1	地面道路	5 a一遇(46.10 mm/h)
2	高架路面	5 a一遇(46.10 mm/h)
3	沿线地块	原山大道:3 a一遇(40.09 mm/h) 鲁泰大道:5 a一遇(46.10 mm/h) 昌国路:5 a一遇(46.10 mm/h) 宝山路:3 a一遇(40.09 mm/h) 鲁山大道:2 a一遇(35.32 mm/h)
4	雨水泵站	20 a一遇(62.40 mm/h)
5	排涝渠道	20 a一遇(62.40 mm/h)
6	内涝防治	30 a一遇(67.17 mm/h)
7	平均日综合生活用水定额	原山大道:160 L/(人·d) 鲁泰大道:160 L/(人·d) 昌国路:160 L/(人·d) 宝山路:120 L/(人·d) 鲁山大道:100 L/(人·d)
8	排污系数	0.9

4.2 径流系数

快速路5个标段分布于高新区、经开区、老城区、新城区、生态保护区和城郊结合部,地形地势和

建筑密度均有不同,因此对径流系数应实事求是、精准取值,见表4。

表4 快速路一期工程径流系数取值		
序号	标段	径流系数
1	原山大道	彭北路位于城郊结合部,属建筑稀疏区,综合径流系数取0.45;其他路段位于新城区,属建筑密集区,综合径流系数取0.65
2	鲁泰大道	淄东铁路以西,位于高新区和新城区,属建筑密集区,综合径流系数取0.65;淄东铁路以东属高新区,属建筑较密集区,综合径流系数取0.55
3	昌国路	东四路以西,位于老城区和新城区,属建筑密集区,综合径流系数取0.65;东四路以东属经开区,属建筑较密集区,综合径流系数取0.55
4	宝山路	联通路以北,位于高新区,属建筑较密集区,综合径流系数取0.55;联通路以南位于城郊结合部和生态保护区,属建筑稀疏区,综合径流系数取0.45
5	鲁山大道	胶济铁路以北,位于城郊结合部,属建筑稀疏区,综合径流系数取0.45;胶济铁路以南位于经开区,属建筑较密集区,综合径流系数取0.55

通过对沿线具体地块的调研和加权计算,新建小区的综合径流系数往往能控制在0.7以内。大量经过改造的老旧小区的综合径流系数往往突破0.7,

比改造之前的0.5左右提高不少,分析其原因如下:
(1)新建小区的地表地类往往受绿地率、海绵城市和绿色低碳等建设指标的控制,其综合径流系数不会超过0.7。

(2)一方面老旧小区居民对停车位、充电桩、停车棚、健身器材等功能性的需求要超过对绿化品质的观赏性要求。另一方面,老旧小区往往没有高品质的物业管理,无法对景观绿化进行有效养管。

以上两点造成老旧小区在改造过程中往往用简单实用的硬化处理取代华而不实,耗时耗力的景观绿化建设,这在无形中提高了综合径流系数。由此造成了外排水量的增加,这也要求排水设计保持一定的冗余度。

4.3 排涝通道

本项目中除昌国路以外,其他标段排水设计需按20 a一遇标准完善区域排涝通道,根据用地性质、地形地貌、道路断面等确定排涝通道。排涝通道建设形式优先选择明渠,空间受限时选择暗渠,见表5和图7。

表5 快速路一期工程排涝通道参数表							
序号	标段	排涝通道	长度/m	汇水面积	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	断面尺寸	最终出路
1	原山大道	胶济铁路南侧排涝沟	1 000	胶济铁路以南,约100 hm ²	5.5	暗渠,钢筋混凝土矩形结构,2.8 m×1.4 m	孝妇河
2	鲁泰大道	扬帆路—宝山路,南侧绿化带内	570	四宝山北坡,约500 hm ²	16.0	明渠,钢筋混凝土矩形结构,4.5 m×2.5 m	东部防洪河道西线工程
3	鲁泰大道	花山路—花山水库下游,南侧绿化带内	360	花山北坡,约280 hm ²	13.9	明渠,钢筋混凝土矩形结构,3.5 m×2.5 m	东部防洪河道东线工程
4	宝山路	联通路—鲁泰大道,西侧车行道下	2 300	四宝山北坡,约400 hm ²	12.5	暗渠,钢筋混凝土矩形结构,2.5 m×2.0 m	东部防洪河道西线工程
5	宝山路	张辛路—涝淄河,东侧车行道下	800	四宝山南坡,约220 hm ²	17.5	暗渠,钢筋混凝土矩形结构,4.0 m×2.0 m	涝淄河
6	鲁山大道	鲁山大道—涝淄河,胶济铁路北侧	2 000	玉皇山南坡,约280 hm ²	21.9	明渠,梯形断面,上口宽5.0 m,下口宽3.0 m,深2.5 m,植草砖护砌	涝淄河
7	鲁山大道	鲁山大道—涝淄河,泮泽路北侧	1 500	炒米山西坡,约200 hm ²	10.0	暗渠,钢筋混凝土矩形结构,4.0 m×1.6 m	涝淄河



图7 梯形断面排涝沟

4.4 收水方式

(1)地面道路的雨水通过雨水口收集后排至雨水管道。

(2)高架路段的雨水通过雨水口、落水管进入中央收集管,进而排入雨水管道。

(3)对于超过2 m的挖方路段,在人行道外侧新建600 mm×600 mm盖板沟,盖板之间留40 mm缝隙收集边坡雨水,盖板沟分段接入雨水管道;当挖方超过4 m时,边坡顶部设置截水沟,分段通过急流槽排至盖板沟,见图8、图9。

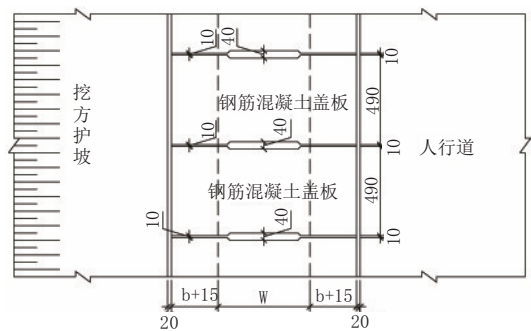


图8 盖板沟平面图

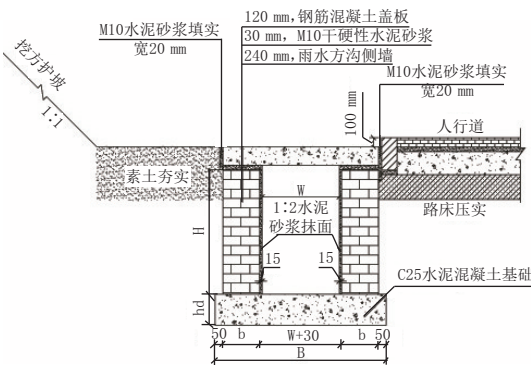


图9 盖板沟剖面图

(4)标准路段雨水口与高架桥墩柱间距一致,均为30 m,当存在局部低点、单位出入口或者支路路口时,雨水口适当加密。当道路纵坡超过2%时,雨水口间距扩大至50~60 m,单组雨水口扩大至6~8算,通过集中收水来保证收水效果。

(5)超高路段和匝道起坡路段,均存在合成坡度现象,需重点关注,确保雨水口设置于低点处。

4.5 排水管网

(1)管网空白区的排水管网按照高标准建设,雨水管网优先选择钢筋混凝土管,小口径(DN600及以下)污水管网选用玻璃钢夹砂管,大口径(DN600以上)选用球墨铸铁污水管。2015年之前淄博市中心城区污水中含有大量化工污水,污水管网往往选择防腐性能更好的玻璃钢管材。随着东部化工区污水处理厂的建成投产,混合于生活污水的化工污水已逐渐被剥离,化工污水已基本退出中心城区。而大口径的玻璃钢管材由于管材本身和回填质量的原因,多次出现变形、开裂、坍塌事件。因此,本设计中大口径的污水管道选择了强度更高,使用寿命更长的球墨铸铁污水管道。具体为C25级污水用球墨铸铁管,橡胶圈接口,橡胶材质采用丁腈橡胶,内防腐选用铝酸盐水泥砂浆内衬,外防腐选用带终饰涂层的富锌涂料涂层。

(2)原山大道和宝山路道路两侧建有大量矩形管道,道路拓宽改造后,管道上方由绿化带变成车行

道,矩形管道能否进一步利用成为设计重点。现状矩形管道由混凝土基础、砖砌墙体和混凝土盖板组成,具体尺寸为600 mm×600 mm~1 800 mm×1 400 mm不等。根据对既有管道不同的检测结果,确定对原山大道矩形管道拆除新建,对宝山路矩形管道采用增大截面法在砖墙外侧对结构进行补强并更换盖板,见表6。

表6 既有矩形方沟检测参数表

序号	检测内容	检测参数
1	外观调查	尺寸、材质、颜色、裂缝、覆土等
2	材质状况	盖板混凝土强度和钢筋保护层厚度,砖墙砌筑砂浆和烧结砖强度,混凝土碳化深度等
3	承载力检算分析	上部结构正截面抗弯、斜截面抗剪强度、裂缝宽度及挠度;下部结构偏心受压强度,稳定性以及抗剪强度;基础抗弯、抗剪及抗冲切强度,地基承载力,抗浮稳定性等

(3)对于下穿铁路的排水管网,套管采用钢筋混凝土管,小口径工作管采用玻璃钢夹砂管,大口径工作管采用3PE防腐钢管。高架桥的落水管采用PVC-U排水管,中央分隔带内的落水收集管由于埋深较浅,外压较小采用粗糙系数更小的玻璃钢管。

4.6 排水构筑物

为缩短施工工期、提高作业效率,设计中采用大量更加绿色低碳的预制装配式构筑物,如预制装配式混凝土检查井、预制混凝土装配式雨水口、预制方涵、一体化式泵站等。对一些位于沥青道路范围内的检查井,其周边路面差异沉降控制要求较为严格,本设计中采用倒承式球墨铸铁井座和卡簧式球墨铸铁井盖,并增设加固板对其进行单独处理。正常路段雨水算子采用球墨铸铁材质,下穿铁路处雨水算子采用铸造碳钢材质,见图10。

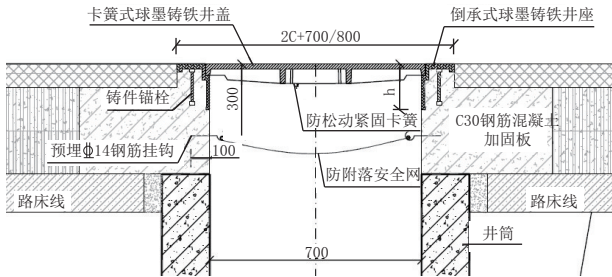


图10 检查井加固大样图

4.7 海绵城市

除了透水砖、下凹式绿地等常规做法以外,本设计对中央分隔带进行海绵城市设计,以期充分利用高架路面雨水。高架路面雨水通过落水管进入消能

井,消能后的雨水经沉淀后优先进入敷设于中央分隔带的盲沟,盲沟内的雨水通过下渗和虹吸作用被植物吸收利用。当盲沟内的水面超过溢流管时,雨水便进入落水收集管尽快排走。根据墩柱间距,每 30 m 为一个设计单元。盲沟采用粒径 5 ~ 40 mm 的碎石填筑,外包针刺无纺土工布,中敷 d500 软式透水管。为保护车行道路基和路床,在中央分隔带靠近机动车道结构一侧设置防渗土工布,见图 11。本设计兼顾排水安全和海绵城市,是一次有益尝试。

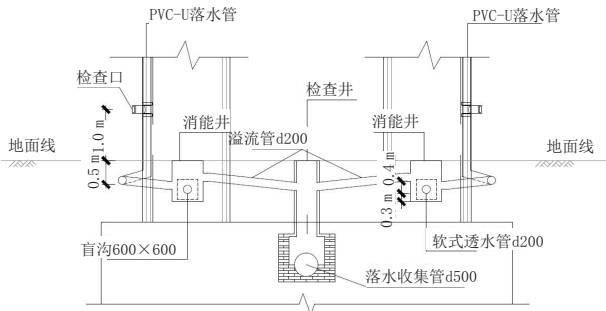


图 11 中央分隔带海绵城市做法示意图

4.8 非开挖修复

施工单位在对污水管道清淤过程中发现,原山大道和华光路路口西南角局部管段存在破损和堵塞情况,导致排水不畅。该污水管道规格为 DN800 玻璃钢夹砂排水管,埋深约 3.6 m,管底隆起变形并局部损坏,长度约 80 m,管道内有砖、石块、淤泥、垃圾和杂物。受限于施工空间和交通导行影响,只能采取非开挖工艺对既有管道破损变形部位进行修复。本项目采用钢内衬+固化树脂非开挖修复技术。钢内衬可以增强问题管道的抗压强度和结构性能,固化树脂可进一步加强问题管道的整体性能和排水功能,并对钢内衬进行全面的防腐保护。主要施工过程分预处理和修复两部分。预处理包括封堵、导流、降水、通风、清淤、清洗等步骤,为后续的管道修复提供安全、清洁的工作环境。预处理完成后,在管道破损位置切割旧管,并清理干净。通过检查井将钢圈吊入到旧管道中,利用人工采用子母头承插连接安装钢圈,形成与旧管道紧密结合的内衬层。然后使用修复气囊将浸渍常温固化树脂的纤维材料固定在破损部位,注入压缩空气,使纤维材料紧紧挤压在管道内壁,经固化形成新的管道内衬,见图 12、图 13。

4.9 重要节点

本项目多次下穿高速公路、铁路,形成道路局部



图 12 非开挖修复前污水管道图



图 13 非开挖修复后污水管道图

低点和易涝积水点。同时,涉及高速、铁路的改造工程由于审批周期长,施工要求高,作业窗口期短等特点,往往需要设计方案适度超前,尽量一步到位高标准建设,避免反复,见表 7。

5 结 语

排水工程作为淄博市快速路网重要组成部分,其设计在完成雨污分流改造,完善区域排涝通道,提高排水标准,落实先进建设理念,推广新技术、新材料等方面有一定的参考意义,具体如下:

- (1)本设计完善了区域排涝系统,新建 8.53 km 的排涝通道,为 7 个片区共计 1 980 hm² 汇水面积确定了安全可靠的排水出口。
- (2)本设计消除了道路积水点,把沿线排水管网建设标准由 0.5 ~ 1 a 一遇提升至 3 ~ 5 a 一遇,全线共利用排水管网 73.72 km,新建 141.50 km。
- (3)本设计积极推广球墨铸铁管污水管、3PE 防腐钢管、软式透水管等新型管材;积极使用倒承式井座、卡簧式井盖等新型排水设施;积极选用钢内衬+固化树脂等非开挖修复新技术。
- (4)本设计贯彻实施绿色低碳设计理念,大量采用预制装配式构筑物,如预制装配式混凝土检查井、预制混凝土装配式雨水口、预制方涵、一体化式泵

表7 重要节点排水设计方案

序号	标段	节点位置	存在问题	设计方案
1	原山大道	原山大道下穿胶济客专	1. 桥底形成局部低点,雨水泵站标准过低; 2. 受铁路框架桥影响,主路仅有0.3 m覆土,无法敷设管道。辅道覆土约1.0 m,仅能敷设小口径管道	1. 新建雨水管网截留外围地块雨水; 2. 原泵站利用,通过减少桥底汇水面积间接提升泵站设计标准; 3. 主车道增设泵站雨水口,增加收水能力; 4. 两侧辅道各增设4根d500PE管作排水管,d500PE管外套DN600钢管以满足铁路部门要求
2	原山大道	麻营立交圈内	下层辅道横穿原山大道,桥底形成局部低点	原雨水泵站利用
3	原山大道	彭北路	彭北路下穿鲁泰大道,桥底形成局部低点	1. 按照5 a一遇新建雨水管网截留外围地块雨水,尽量减少桥底汇水面积; 2. 按照20 a一遇新建雨水泵站
4	原山大道	滨莱高速	鲁泰大道下穿滨莱高速,桥底形成局部低点	原雨水泵站利用
5	鲁泰大道	淄东铁路	鲁泰大道下穿淄东铁路,主路有1.0 m覆土。辅道覆土约2.2 m,能正常敷设管道	1. 主车道增设泵站雨水口,增加收水能力; 2. 北侧辅道增设2.0 m×1.4 m框架涵,南侧增设2.4 m×1.2 m框架涵作雨水管,转输上游雨水; 3. 两侧各增设DN600PE管作污水管,转输上游污水,外套DN1000钢管以满足铁路部门要求
6	昌国路	昌国路辅道	昌国路辅道下穿张博铁路,桥底形成局部低点	1. 主车道增设泵站雨水口,增加收水能力; 2. 原雨水泵站利用; 3. 辅道外侧增设DN2000钢套管,顶管施工,内设2根DN8003PE防腐钢管,1根作雨水管,1根作污水管,为后期排水管道扩建预埋使用

站等。

(5)本设计在保证排水安全的前提下积极融入海绵城市设计理念,新建约20万m²透水人行道和30万m²

下凹式绿地,并通过新建6万m盲沟将70万m²高架路面雨水沉淀、过滤、调蓄和利用,每年减少外排水量约25万m³。

(上接第128页)

采用丰登路以北方案,在满足现状道路交通需求的情况下,按道路远期规划一次性实施到位。

该人行天桥方案的研究,对在已建成的小区、道路、学校附近范围内修建人行天桥受到现状道路断面、地下环隧、各类管线以及远期规划断面等因素限

制的类似工程具有一定的借鉴作用。

参考文献:

[1] CJJ69—95,城市人行天桥与人行地道技术规范[S].

[2] CJJ11—2011,城市桥梁设计规范(2019版)[S].

[3] GB50763—2012,无障碍设计规范[S].