

近郊公路市政化改造中的排水工程设计

张彦光,孙亚飞,刘小璐,王传臻

(淄博市规划设计研究院有限公司,山东 淄博 255000)

摘要: 由于公路和城市道路承担功能不同,所以其排水设计在服务对象、排除对象、排水设施、设计标准和受纳水体方面存在诸多差异。在越来越多近郊公路被纳入城市道路建设和管理范畴的大背景下,以淄博市冯北路为例,从雨水工程、污水工程、地下水工程、其他等四个方面详细论述了市政排水设计理念在近郊公路市政化改造中的融合与落实,结合现场实际情况,通过新建雨污水管道、新建雨水泵站、污水泵站、地下排水盲沟等措施,在近郊公路有限的道路红线范围内,克服各种不利条件,利用碎片化的空间,联合使用多种排水设施,实现了较好的排水效果。

关键词: 近郊公路;市政化改造;冯北路;公路排水;市政排水

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)08-0156-07

1 概述

过去的二十年中,淄博市建成区由 147.0 km² 增长为 341.9 km²,城镇化率由 52.82% 增长为 74.27%,大量近郊公路被纳入市政道路建设和管理范畴。相较于公路单一的交通功能,市政道路增加了配套管线、慢行人行交通、绿化景观等复合型功能。而功能的不同也就造成了公路和市政道路在排水设计时的差异。

1.1 服务对象不同

公路排水的服务对象是公路本身,包括路基、路面、隧道、边坡等组成部分,其目的是减少水对公路的损害,保护公路的结构稳定和行车安全^[1];而市政道路排水除了道路本身以外,还要服务于周边地块,并且地块的汇水量往往大于道路本身的汇水量。极端情况下,为了保证周边地块的排水防涝安全,市政道路可以作为雨水行泄通道去使用。

1.2 排除对象不同

公路排水主要排除公路保护边界范围内的地表水和地下水,其成分往往是雨水;而市政道路排除的不仅包含雨水,而且包含周边地块生产和生活产生的污水。

1.3 排水设施不同

公路排水主要采用路面横坡、边沟、截水沟、急

流槽、盲沟、透水管等排水设施;而市政道路往往采用雨水口、管道、检查井、泵站、出水口等设施。

1.4 设计标准不同

虽然公路和市政道路排水的计算基础都是暴雨强度公式,但在重现期的取值上还是有所不同。公路排水设计重现期与公路等级和影响程度有关,其路基地表排水设计重现期分别为:高速公路和一级公路为 5~15 a,二级及以下公路为 10 a;市政道路排水设计重现期与城镇类型、人口、重要性有关,对于淄博市而言,中心城区雨水管道的设计重现期为 2~5 a,非中心城区为 2~3 a^[2]。

1.5 受纳水体不同

公路排水中,雨水的出处可以是道路沿线的江河湖泊,也可以是池塘、低洼地,还可以是横穿道路的涵洞、灌渠,只要将水排出道路范围即可;市政排水有很强的系统性,其出路必须安全可靠,并且是永久性的。无论受纳水体是管道、水系、排涝沟渠还是河道,都要符合城市排水工程专项规划,还要与防洪、水系、绿地、内涝防治等其他专项规划相协调。

正因为有以上诸多不同,近郊公路在进行市政化过程中,其原有的排水体系必然会进行大尺度的改造。本文以淄博市冯北路为例,详细论述市政排水理念在近郊公路市政化改造中的融合与落实。

2 现状分析

冯北路北起张辛路,南至昌国路,连接张店区与

收稿日期: 2024-01-01

作者简介: 张彦光(1985—),男,硕士,高级工程师,从事给排水设计工作。

齐鲁化学工业区,全长约 4.3 km,位于淄博市东外环以东 3.0 km,是一条南北向的近郊公路,见图 1。随着城市建设的发展,冯北路单一的交通功能已不能满足周边区域生产、生活需求,其市政化改造势在必行。

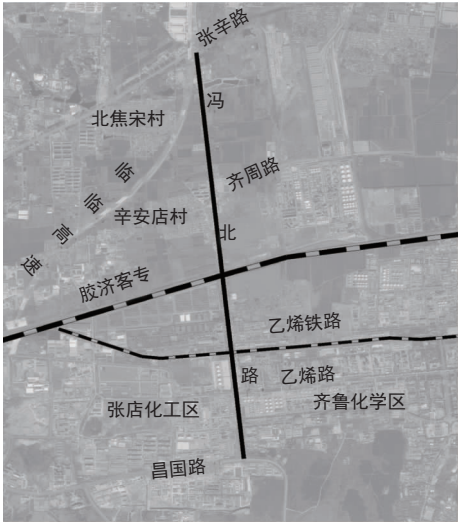


图 1 冯北路区域位置图

2.1 张辛路—胶济铁路段

该段道路现状宽度为 12 m,双向两车道,沥青混凝土路面,道路纵坡 0.3%—3%不等,两侧为耕地和村庄。道路两侧均无现状排水管道可利用,雨水主要依靠地表径流和边沟进行散排,主要受纳水体为西侧现状排涝沟和东侧现状农田。经现场调研,现状排涝沟为梯形断面,上口宽 9.0 m,下口宽 3.0 m,深度 3.0 m 左右,受现状排污口影响,河道水质进一步恶化,有向黑臭水体退化的可能,见图 2、图 3。



图 2 冯北路东侧现状边沟

冯北路沿线共有 6 个社区,总计 69 个楼座,2 288 户,总污水量约为 687 m³/d,见表 1。目前,6 个社区内部均设置单独污水管道收集生活污水,雨水依靠地面径流排放,由于无配套市政管道,污水只能



图 3 冯北路西侧现状排涝沟

临时排放至周边农田或者现状河道中,多次引起环保投诉,见图 4。经现场走访调查,受限干后期运营费用和处理水质的担忧,居民对分散式污水处理设备积极性不高。因此,将沿线社区的生活污水纳入中心城区污水管网,进而排至污水处理厂处理成为唯一可行方案。

表 1 区域内老旧小区改造列表

序号	社区名称	楼座	户数	人数	污水量/(m ³ ·d ⁻¹)
1	辛安店村	6	208	624	63
2	北焦宋村	10	400	1 200	120
3	南焦宋村北区	8	280	840	84
4	南焦宋村南区	25	750	2 250	225
5	上湖村北区	5	150	450	45
6	上湖村南区	15	500	1 500	150
总计		69	2 288	5 864	687



图 4 无处排放的生活污水

2.2 胶济铁路—昌国路段

该段道路现状宽度为 32 m,横断面采用三幅路形式,尺寸为:7 m(辅路)+2 m(两侧带)+14 m(机动

车道)+2 m(两侧带)+7 m(辅路),沥青混凝土路面,道路纵坡 0.6%至 6.37%不等,两侧为化工厂区。道路依次穿越胶济客专、胶济铁路、乙烯铁路,并在胶济铁路桥下处形成局部低点。道路两侧均无现状排水管道可利用,雨水主要依靠现状雨水泵站提升排放。该泵站年久失修,排水能力不足 $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$,标准严重偏低。由于未对上游来水进行有效拦截,大量雨水沿道路纵坡倾泻而下,汇集至铁路桥低点处,造成路段积水,进而阻断交通。另外该段道路位于大武地下水富集区,地下水高,在局部低点处,大量地下水沿道路裂缝渗出路面,在破坏道路结构的同时也影响行车安全,见图 5、图 6。如何解决地下水问题,也是该工程的重点。



图 5 年久失修的雨水泵站



图 6 铁路桥下不断渗出的地下水

该段道路主要穿越化工厂区,生活污水较少,工业废水较多。经沿线调查,共有鲁华、齐隆、新塑三家工厂有排污需求,合计废水量为 $1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,由于工业废水的特殊性,需要将其加压输送至齐鲁乙烯污水处理厂进行处理后方可排放。本次设计需要解决的是工业废水管道的敷设问题。

3 设计思路

针对现场实际情况,冯北路市政化改造排水设计确定以下改造思路:

(1)利用现状有限空间敷设排水管线,将原来的公路散排改为管道收集、排放,根据地势情况将沿线农田、村庄和厂区的汇水面积纳入道路排水的计算范围,提高道路排水能力,防止道路和地块积水受淹。

(2)对下穿铁路处的雨水泵站进行提标改造,解决此处雨水和地下水的积水问题,提高应对强降雨雨的能力。

(3)将西侧排涝沟作为主要受纳水体,对其进行改造,在保证过流断面的前提下,为道路拓宽预留了空间。

(4)解决沿线村镇污水无处排放的问题,将各村生活污水纳入中心城区管网,消除管网空白区,减少污水对农田和河道的影响。

(5)解决沿线厂区工业废水管道的敷设问题,最终工业废水输送至污水处理厂。

4 设计方案

4.1 雨水工程

4.1.1 张辛路-齐周路段

该段道路拓宽空间充足,采用单幅路断面形式,双向四车道,标准断面尺寸为:1 m(保护性路肩)+4.0 m(非机动车道)+2×3.5 m(机动车道)+2 m(中间带)+2×3.5 m(机动车道)+4.0 m(非机动车道)+1 m(保护性路肩),见图 7。

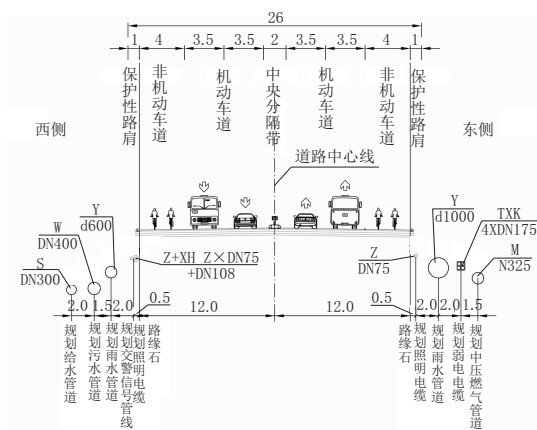


图 7 冯北路(张辛路—齐周路)段管线横断面(单位:m)

该段沿道路两侧新建雨水管道,设计标准 3 a 一遇。道路东侧为雨水主管,设计管径 $d600 \sim d1\,000$,主要排放路面及沿线地块雨水;道路西侧为雨水支管,设计管径为 $d600$,主要排放路面雨水。管材选用钢筋混凝土管,橡胶圈接口,中粗砂回填,西侧雨污水管道同沟敷设。

4.1.2 齐周路—胶济铁路段

该段道路与前一路段采用相同的横断面。由于

道路东侧为基本农田,西侧为现状排涝沟,拓宽空间受限。经与产权单位沟通协商,同意将该段排涝沟由现状上口宽 9 m、下口宽 3 m 梯形断面改造为宽度为 7 m 矩形断面,见图 8。在水深一致条件下,排涝沟过流量由 $83.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 提高至 $99.5 \text{ m}^3/\text{s}$,且为道路预留 2.0 m 的拓宽空间。

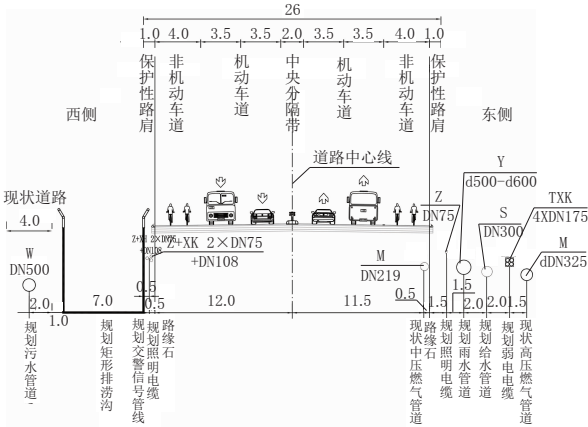


图 8 冯北路(齐周路—胶济铁路)段管线横断面(单位:m)

该段沿道路东侧新建雨水管道,设计标准 3 a 一遇。道路东侧为雨水主管,设计管径 $d500 \sim d600$,主要排放路面及沿线地块雨水;道路西侧为排涝沟,每隔 20 m 设置一道宽 0.4 m 急流槽,将路面雨水直接排放至排涝沟。为方便收集污水,将污水管道敷设于排涝沟西侧,施工时,可将污水管道及西侧挡墙同步实施,减小作业面。

4.1.3 胶济铁路—乙烯南路段

(1)该段排水设计是全线的重难点,其难度主要体现在以下三点。

a. 该段道路纵坡大,平均坡度为 2.6%,最大坡度 6.37%,单一坡向,坡长 1 626 m,常规的雨水口设置无法对雨水进行有效拦截。

b. 该段道路连续穿越胶济客专、胶济铁路、乙烯铁路,最低点出现为下穿胶济客专附近,见图 9。现有雨水泵站距离铁路围栏仅 8.30 m,根据规定,铁路围栏 30 m 范围内严禁动土。因此,原位翻建雨水泵站不可行,需另对泵站进行选址。同时,道路单一纵坡造成泵站收水范围过大,未能高水高排,低水低排。

c. 道路两侧有铁路框架桥、石砌挡墙、工业廊架等障碍物,见图 10,道路无法拓宽,只能保持 7 m(辅路)+2 m(两侧带)+14 m(机动车道)+2 m(两侧带)+7 m(辅路)断面不变。同时,受限于铁路框架桥下净空要求,道路纵断只能进行小幅度微调。

(2)针对以上特点,设计采用以下应对措施:

a. 按照“高水高排,低水低排”的设计理念,严格



图 9 冯北路下穿胶济客专框架桥



图 10 冯北路(胶济铁路—乙烯南路)段现状工业廊架管控泵站汇水面积,尽量多地将雨水在进入下穿通道前截留排放。

b. 在空间允许前提下,尽量设置雨水管道,将雨水引至西侧排涝沟下游排放,减小排涝沟内水位顶托,见图 11。

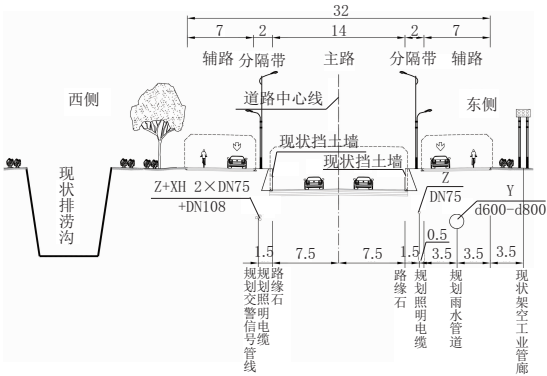


图 11 冯北路(胶济铁路—乙烯南路)段管线横断面(单位:m)

c. 针对道路大纵坡和沿线障碍物较多的特点,无法设置雨水管道的路段,采用连续多算集中收水,雨水收集后直接排河,提高收水和排水效率。

d. 经过上述措施拦截雨水后,进入铁路下穿通道的雨水大约有 1.5 hm^2 。此处路面标高为 59.89 ~ 66.14 m,接纳水体水位为 65.60 m,此范围内的雨水只能通过雨水泵站进行提升。

e. 道路下穿胶济客专、胶济铁路桥处现状道路最大纵坡为 6.37%,胶济客专框架桥净空 6.73 m,胶

济铁路梁桥净空 5.98 m。道路最低点位于胶济铁路梁桥下方,道路纵坡较大,积水严重,对行车安全有较大影响。根据铁路方面提供的竣工图资料,胶济客专框架桥底板以上仅有 30 cm 的混凝土,胶济铁路梁桥为扩大基础,均无法施工雨水管道和雨水口。为彻底消除积水点,设计对道路纵断进行优化,调整以后的路面抬高 0.26~0.6 m,对应道路净空由 5.98 m 和 6.73 m 分别调整为 5.72 m 和 6.13 m;满足铁路部门 5.5 m 要求。道路最低点移至梁桥范围以外,为实施雨水管道及雨水口预留了空间,道路纵坡由 6.37% 降低至 2.69%,进一步保证了行车安全。

f. 现有雨水泵站距离铁路围栏仅 8.30 m,不具备动土条件。设计通过雨水管道将低点处雨水引至铁路围栏 30 m 范围以外,同时在道路西侧现状土堆处新建雨水泵站。新建雨水泵站采用一体化泵站+集水池形式。泵站标准采用 10 a 一遇,设计流量 $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$,扬程 10 m,进水管 $d1\ 000$,出水管 $d800$,集水池有效容积 50 m^3 。一体化泵站采用单筒设计,筒径 3.8 m,泵筒内设置 2 台 $Q=1\ 100 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=10 \text{ m}$, $N=45 \text{ kW}$ 潜污泵,进水前设闸门和粉碎性格栅。集水池位于辅道正下方,检修口位于辅道路面,通气孔位于绿化带内。为减小一体化泵站筒体高度,设计将泵站处地面标高从 67.68 m 降低至 63.09 m。泵站与外围地块之间采用 1:1.5 放坡系数。箱变、控制柜放置于泵站北侧现状地面,标高为 67.68 m,确保雨季时不被水淹没,北侧坡面设置台阶,方便检修人员上下。

g. 为方便雨水收集,铁路以外路段采用 4 处十二算雨水口进行收集。铁路桥下道路两侧设边沟,边沟采用一体式钢格板雨水算子,宽度为 0.5 m,长度贯穿铁路桥,深度随设计路面标高调整,既能收集收水,又可将铁路北侧雨水输送至南侧泵站进水管处,见图 12、图 13。

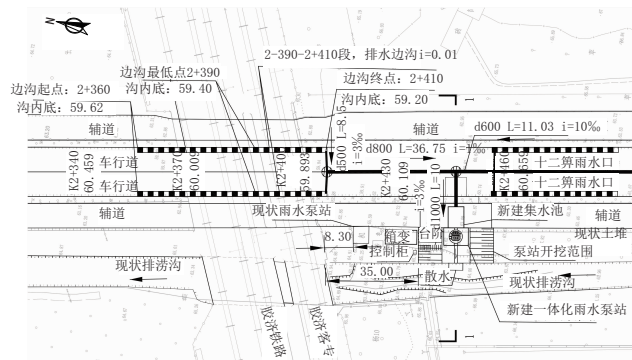


图 12 冯北路下穿铁路雨水泵站平面图

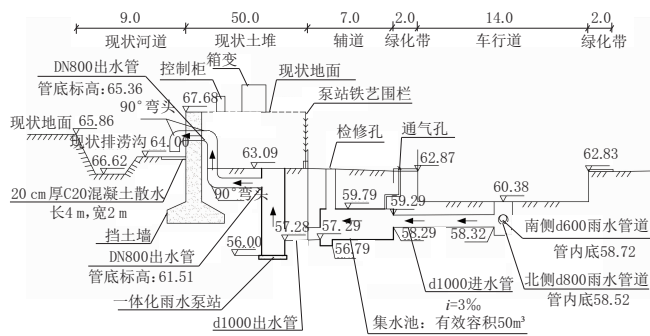


图 13 冯北路下穿铁路雨水泵站剖面图(单位:m)

4.1.4 乙烯南路—昌国路段

该段道路西侧宽 3.0 m 排涝沟利旧,东侧受基本农田影响,采用植草沟形式排水,将对原地形地貌的影响降到最小。道路两侧每隔 20 m 设置一道宽 0.4 m 急流槽,将路面雨水直接排放至排涝沟或者植草沟。该段道路东侧为挖方段,植草沟有利于收集道路东侧边坡雨水,见图 14。

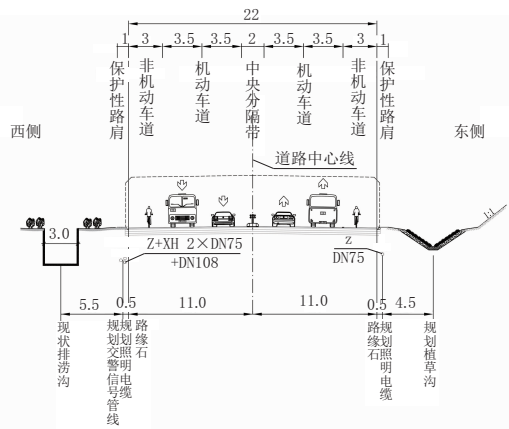


图 14 冯北路(乙烯南路—昌国路)段管线横断面(单位:m)

4.2 污水工程

4.2.1 张辛路—胶济铁路段

(1) 现有村镇生活污水平均日流量约 $687 \text{ m}^3/\text{d}$,则生活污水设计流量为 20.75 L/s 。根据国土空间规划,该区域另有规划工业用地 400 hm^2 ,取工业工地用水量指标为 $100 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$,污水排放系数取 0.7,变化系数取 1.2,则工业废水设计流量为 324.07 L/s ,该区域总污水量为 344.82 L/s ,该流量作为确定污水主管道管径的依据,其他管道管径根据汇水面积依次确定。区域内共需要新建污水管道 $8\ 059 \text{ m}$,管径为 $\text{DN}400 \sim \text{DN}800$,其中道路红线以外 $5\ 108 \text{ m}$ 。重力流污水管道采用玻璃钢夹砂管,环刚度为 $10\ 000 \text{ N/m}^2$,橡胶圈接口,中粗砂回填。

(2) 该区域整体地势北高南低,平均坡度 1.5%。东西向坡度较小,以 74 高地为界,74 高地以东东西高东低,平均坡度 0.5%;74 高地以西,东高西低,平均

坡度 0.4%。在此地形下,这个区域污水均可通过重力流自北向南排放至铁路沿线。因此,该区域的污水主管尽量沿既有铁路敷设,减少对地块的切割。污水主管道沿铁路自冯北路向西至 74 高地属于逆坡敷设,至 74 高地附近时,管内底标高为 60.83 m,埋深已达 7.0 m,最终出口控制点高程为 62.12 m,全部采用重力流排放已不可行,需在 74 高地附近新建一座污水提升泵站,将污水提升至 70.15 m 后方可保证下游重力流排放,见图 15。



图 15 冯北路周边地块污水系统图

(3)污水提升泵站设计流量为 5 000 m³/d,采用 3 台 $Q=110\text{ m}^3/\text{h}$, $H=15\text{ m}$, $N=7.5\text{ kW}$ 潜污泵(两用一备),根据液位由电控柜智能程序批次投入水泵运行。污水泵站采用智能一体化泵站,单筒设计,筒径为 3.0 m。进水管管径为 DN600,进水前设闸门和粉碎性格栅。出水压力管管径为 DN300,出水压力管道管材采用 C25 球墨铸铁污水管。

4.2.2 胶济铁路—昌国路段

该段道路需解决三个厂区的工业废水管道敷设问题。该区域位于大武地下水富集区,根据《淄博市大武地下水富集区保护管理条例》,工业园区应当配套建设工业污水集中处理设施和地上污水管网,对工业污水实施集中处理。因此,该路段的工业废水管道只能架空敷设于既有工业廊架上。由于工业废水水质差异较大,企业单独加压,单独敷设管道,管材采用 PE 管,压力等级 PN1.6 MPa,管径为 DN80,外设 50 mm 厚聚氨酯保温层和 5 mm 防辐射玻璃钢外壳。工业废水经收集后统一送至齐鲁乙烯污水处理厂处理,见图 16。

4.3 地下水工程

由于道路位于大武地下水富集区,下穿铁路段地下水沿既有挡墙和破损路面的缝隙渗出,造成路

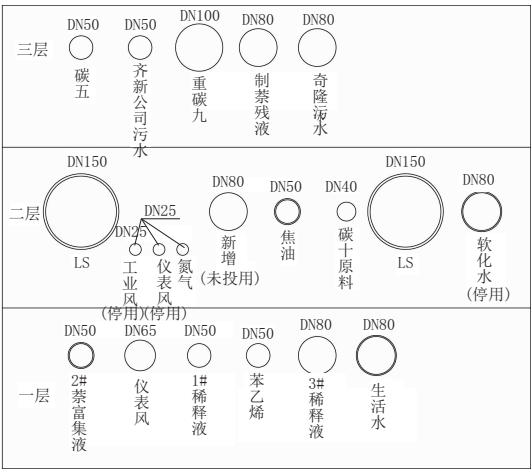


图 16 冯北路工业廊架管线排列示意图

面湿滑,严重影响行车安全。设计采取以下措施:

(1)正常路段采用沥青混凝土路面,具体结构采用 4 cm 厚沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-13+8 cm 厚粗粒式 SBS 改性沥青混凝土 AC-25C+3 × 18 cm 厚水泥稳定碎石 +3 × 20 cm 石灰土处理路床。

(2)下穿铁路桥段由于路面破损严重,车行道路路面挖除翻建。新建路面采用钢筋混凝土路面,具体结构为 28 cm 厚钢筋混凝土面层 +2 × 18 cm 厚水泥稳定碎石基层 +20 cm 厚碎石垫层处理路床。

(3)铁路框架桥范围内需凿除现状 30 cm 厚混凝土面层,新建面层仍采用 28 cm 厚钢筋混凝土面层。为减少施工过程中对铁路框架桥的干扰和影响,基层采用水泥混凝土基层。新建路面采用钢筋混凝土路面,具体结构为 28 cm 厚钢筋混凝土面层 +2 × 18 cm 厚 C20 水泥混凝土基层,现状框架桥底板与水泥混凝土基层之间采用碎石找平。

(4)下穿铁路段挡土墙为浆砌块石材质,整体较好,除少量勾缝脱落外,其他均完好,设计对脱落的勾缝进行重新勾缝或注浆。对于局部渗出墙面的地下水,路侧设置宽 0.2 m,深 0.2 m 小边沟,将渗出雨水收集以后就近排入雨水口。

(5)下穿铁路处机动车道外侧边缘结构层以下设置排水盲沟。排水盲沟采用粒径 5 ~ 40 mm 碎石填筑,矩形断面,底宽 40 cm,高为 20 cm,外包 TDC40 针刺无纺土工布,中设 DN150 软式透水管,收集地下水就近排入雨水口、边沟或者雨水管道,最终通过雨水泵站排出。全线新建排水盲沟 380m,纵横盲沟采用 PVC 三通相连接。

4.4 其他

(1)受施工空间和用地性质限制,本设计两处泵站均采用一体化泵站,其中雨水泵站占地 224 m²,污

水泵站占地 160 m^2 ,相较于传统泵站,其占地面积大大减小,这在用地审批政策日趋收紧的背景下尤为重要。雨水泵站设计规模为 $2\ 160\text{ m}^3/\text{h}$,污水泵站设计规模为 $208\text{ m}^3/\text{h}$,雨水泵站的瞬时流量要远远大于污水泵站。为避免水泵频繁启停,雨水泵站需要一定规模的调蓄容积。由于雨水泵站进水管较短,所提供调蓄容积有限,故本设计新建有效容积 50 m^3 集水池配套使用。污水泵站流量小,进水管较长且为非满流状态,这为污水泵站提供了较大的调蓄容积,故污水泵站无需新建集水池。同时,一体化预制泵站还具有施工周期短、无人值守、抗腐蚀能力强等优点,应进一步推广使用。

(2)设计中需要解决6个居住片区的生活污水,设计之初曾考虑分散式污水处理设备。根据调研,分散式设备处理污水后水质虽能达到一级B排放标准,但其处理成本(包含药剂和电费)为 $0.8\text{ 元}/\text{m}^3$,同时还需要其他维护费用,片区居民对此方案接受度不高。同时考虑到远期规划,新建污水管网系统并入中心城区成为最终方案。

(3)冯北路虽然进行了市政化改造,但依然承担大量货运功能,大量重载车辆需要通行。设计中采用的路面结构、埋地管道、雨水口、检查井均进行了加强设计。为保持雨水口的使用寿命,设计舍弃了收水效果更好的横截沟,采用了避免碾压的港湾式雨水口,见图17,这在一定程度上也是无奈之举。

5 结 语

(1)近郊公路的道路红线往往得不到有效保护,既有建筑、基本农田、挡墙、工业廊架、排涝沟等障碍物会制约道路拓宽改造。其排水设计往往也无法一以贯之,需根据现场实际灵活处理,利用碎片化的空间联合使用多种排水设施,方能实现较好的排水效果,见表2。

(2)与公路排水不同,市政排水设计更加注重系



图17 冯北路港湾式雨水口

表2 冯北路排水设施统计表

序号	路段	排水设施	排除对象
1	张辛路—齐周路	雨水口、雨水管道、排涝沟、污水管道	雨水、生活污水
2	齐周路—胶济铁路	雨水口、雨水管道、急流槽、排涝沟、污水管道、污水泵站	雨水、生活污水
3	胶济铁路—乙烯南路	雨水口、雨水管道、边沟、雨水泵站、排涝沟、小边沟、盲沟、污水管道	雨水、地下水、工业废水
4	乙烯南路—昌国路	急流槽、植草沟、排涝沟	雨水

统性。无论是雨水、污水还是地下水,汇水面积务必完整准确,排出路径务必安全可靠,且符合相关规划。因此,排水设计往往不能局限于道路建设范围以内,而需要向外围地块扩展,实现排水路径的完整闭环,由此带来的红线外工程量仍然需要纳入道路工程概算。

(3)近郊公路改造往往还会面临诸如基本农田、地下水富集区、重载交通、水利灌渠等复杂条件。因此,排水设计需要更有针对性的处理,才能实现既定设计目的。

参考文献:

[1] JTG/T D33—2012,公路排水设计规范[S].

[2] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com