

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.20.022

过江通道公路接线工程给水管道的原位保护

郑全兴

(江苏长江水务股份有限公司, 江苏 扬州 225009)

摘要: 扬州头桥水厂向市区供水的一根PCCP管道(DN1 600)铺设在S356省道北侧,管道上方为绿化带。2018年施工的五峰山过江通道公路接线工程WFS-3标段与S356省道交叉,交叉路口占用部分绿化带的位置,管道上方的荷载发生变化;采用盖板箱涵保护管道,管道原位不动,管道上方的路面荷载通过盖板及涵台传递到地基上,管道不受地面荷载的影响,而且管道原位保护采用盖板箱涵方案具有足够的安全储备。这种盖板箱涵保护管道方案的设计与施工可操作性强,具有可复制推广价值。

关键词: 给水管; 原位保护; 盖板箱涵; 路面荷载

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)20-0132-05

In-situ Protection of Water Supply Pipeline in River-crossing Channel Highway Connection Project

ZHENG Quan-xing

(Jiangsu Yangtze River Water Co. Ltd., Yangzhou 225009, China)

Abstract: A DN1 600 PCCP pipeline for Yangzhou Touqiao waterworks to supply water to the urban area is laid on the north side of S356 provincial road, and the green belt is above the pipeline. The WFS-3 section of the highway connection project of the Wufengshan river-crossing channel constructed in 2018 intersects with the S356 provincial highway. The intersection occupies part of the green belts, and the load above the pipeline has changed. The pipeline is protected by cover plate box culvert in-situ, so that the pavement load above the pipeline is transmitted to the foundation through the cover plate and culvert platform. The pipeline is not affected by the ground load, and the cover plate box culvert scheme for in-situ protection of the pipeline has sufficient safety reserve. The design and construction of the cover plate box culvert are operable and can be replicated and promoted.

Key words: water supply pipeline; in-situ protection; cover plate box culvert; road load

1 工程概况

江苏S356省道是北沿江高等级公路,东西走向,在扬州境内路面宽24 m,路基宽25.5 m。公路两侧都铺设了自来水管,南侧距路基约2.0 m处铺设一根DN600球墨铸铁管,覆土厚度约1.0 m;公路北侧距路基约2.0 m处铺设一根DN1 600 PCCP管道,管道埋深3.5 m,覆土厚约1.80 m,这根管道是扬州头桥水厂向市区供水的主要干线,供水量

$20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,供水压力0.47 MPa。五峰山过江通道是位于镇江境内跨越长江的公路和铁路两用大桥,2018年建设的公路接线工程WFS-3标段位于扬州市广陵区头桥镇,起讫里程K8+821.680~K20+348.966,正线全长11.527 km,采用双向八车道,设计时速120 km/h,WFS-3标段高速公路与S356省道交叉,高速公路出入口占用了部分绿化带的位置,绿化带改造为道路后,管道上方的荷载发生变化,管道

需要原位保护或移出道路下方,而移位管道方案不可实施,只能采用管道原位保护方案。

2 管道保护设计

管道上方的绿化带改造为道路,硬化后的道路等级为公路 I 级,管道上方的荷载发生了变化。为了确保 PCCP 管道正常供水,通过增加管道基础强度和管道胸腔回填的密实度来应对管顶上方荷载变化的方法不能实施,同时考虑到这条道路繁忙,进出扬州的重型卡车大多从此路通过,路面荷载较大,而 PCCP 管道接口为半柔半刚,在路面荷载的反复作用下,管道接口渗漏潜在危险系数增大,一旦管道渗漏直接威胁高速公路的安全,会造成严重的社会影响和经济损失。管道保护方案有:①将 PCCP 管道北移出高速公路出入口,但是绕过河塘和庄台的管道造价是盖板箱涵造价的 4 倍还多,而且所移管道与原管道碰接,需要将部分 PCCP 管道加固、凿除、安装转换件,进行停水作业,由于不确定因素增多,可能影响扬州正常供水。②在管道上方硬化的路面采用满铺钢筋混凝土结构,将路面变动的车荷载均匀传递到路基,减小管道上方的传递力度,但是,路面下铺设的管道一旦损坏无法维修。③采用盖板箱涵(见图 1),将路面可变荷载传递到涵台上,箱涵内的管道安全稳定,检测也方便,最重要的是不需要停水作业,不影响水厂正常供水。

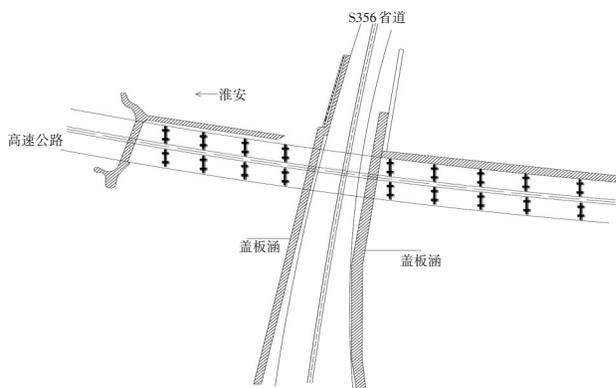


图1 管道加固保护(盖板涵)示意

Fig.1 Schematic diagram of pipeline reinforcement protection (cover plate culvert)

经过方案比选后,采用盖板箱涵施工方案进行管道原位保护,通过盖板来改变车载传递到管道上方的作用力,使得管道的设计承载状态尽可能不发生或少发生改变^[1]。管道原位保护盖板箱涵净宽 6.0 m,净高 2.2 m,盖板铺设总长度 250 m,箱涵底

基础处理形式为软基础处理,高程单位为 m,采用国家 85 绝对标高。构筑物度量单位为 cm。管道原位保护设计主要有:①盖板;②盖板涵台;③涵台基础处理;④管道两侧围护钢模板;⑤降水;⑥管基土体保护。

2.1 盖板设计

为了方便盖板施工和养护,盖板采用预制场统一预制,考虑到盖板的安装和运输的方便,设计分块盖板,单块尺寸为长 660 cm×宽 100 cm×厚 40 cm,按结构要求竖向上下两层铺设钢筋。由于现浇钢筋混凝土板跨度>4 m,其模板应按设计要求起拱,盖板起拱度为板长的 2/1 000,混凝土强度为 C30。钢筋混凝土盖板预制时,在盖板上设置吊环,待混凝土强度达到设计强度的 75% 后方可拆模、吊移、存放,堆放时不得上下倒置,层高不超过 5 层,每层之间用方木支撑,混凝土浇水养护时间不少于 14 d。盖板及涵台剖面见图 2。

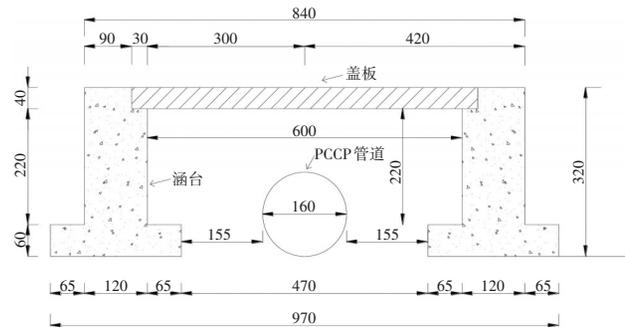


图2 盖板及涵台剖面

Fig.2 Section of cover plate culvert abutment

盖板在上部车辆荷载作用下极限状态验算,预制盖板按两边简支的受弯构件取单块盖板进行计算。混凝土容重为 26 kN/m³。车辆荷载按公路 I 级计算,最大轴重为 140 kN,最近轴距为 1.4 m,单个车轮轮压为 70 kN。因盖板覆土厚度较薄,荷载的扩散作用可忽略,按轮压直接作用于盖板考虑,车辆荷载为移动荷载,绘制从单个车轮进入盖板范围至全部车轮驶出盖板范围的影响线,如图 3 所示。

由此可知,当车辆最重两个车轮移动至盖板跨中时,引起的盖板弯矩达到最大值(171.5 kN·m)。当车辆最重两个车轮刚全部进入盖板时,支座反力达到最大值(124 kN)。

设计还应考虑盖板自重和附加恒载(盖板上道路结构层荷载,取 10 kN/m²)产生的荷载效应进行组

合,得出基本组合下跨中最不利弯矩为 388.8 kN·m,标准组合下跨中最不利弯矩为 272.7 kN·m。

盖板配筋设计上下层均采用 HRB400 级钢筋,直径 22 mm,间距 100 mm。经核实,盖板抗弯承载力极限值约 440 kN·m,大于实际荷载基本组合值,盖板强度满足要求。同时,盖板在标准荷载组合下最大裂缝宽度约 0.14 mm,最大挠度为 23.24 mm,满足正常使用的极限要求。

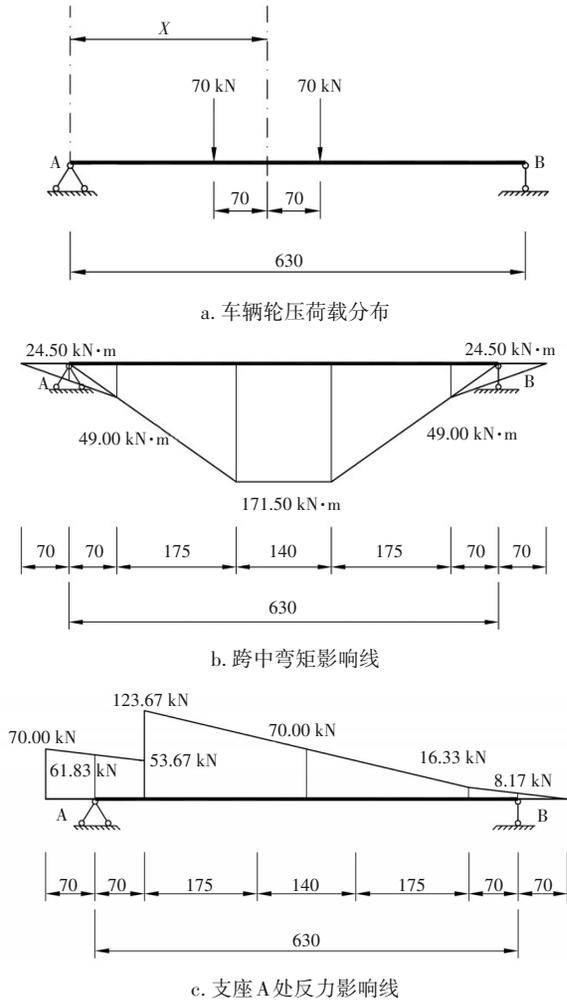


图 3 盖板影响线
Fig.3 Influence line of cover plate

2.2 盖板涵台设计

为防止盖板自身的重力和路面荷载传递到管道上,在管道两侧浇筑钢筋混凝土涵台支撑盖板,涵台的基础边距管道内壁 155 cm,涵台基础总宽度 250 cm,基础高 60 cm,基础底标高与管道埋深等高,即为+0.25 m,涵台总高度 320 cm,净高 220 cm,涵台厚度 120 cm,在涵台内侧留有宽 30 cm、高 40 cm 的台阶,涵台及基础根据结构要求配置钢筋,涵

台钢筋混凝土强度为 C30。由于箱涵较长,考虑到不均匀沉降、伸缩等问题,涵台间隔 4 m 设置一道沉降缝,缝宽 2 cm,沉降缝用油毛毡密实。

2.3 涵台基础处理设计

交叉路段勘查资料显示:地层主要为全新统黏性土、粉土、粉砂层,局部地段浅部堆积人工填土层。涵台基础需要处理,其下方浇筑一层 10 cm 厚的素混凝土,强度不小于 C30,在素混凝土的下方铺设 170 cm 厚的碎石垫层,碎石垫层下方为水泥搅拌桩,搅拌桩按直线分布在管道两侧,每侧 3 排,最内侧的搅拌桩边与管道内壁的水平距离为 155 cm,每排桩间净距离 50 cm,成桩的桩顶标高为-1.55 m,桩基直径 50 cm,桩长 9 m,重叠 20 cm 施工。盖板箱涵结构如图 4 所示。

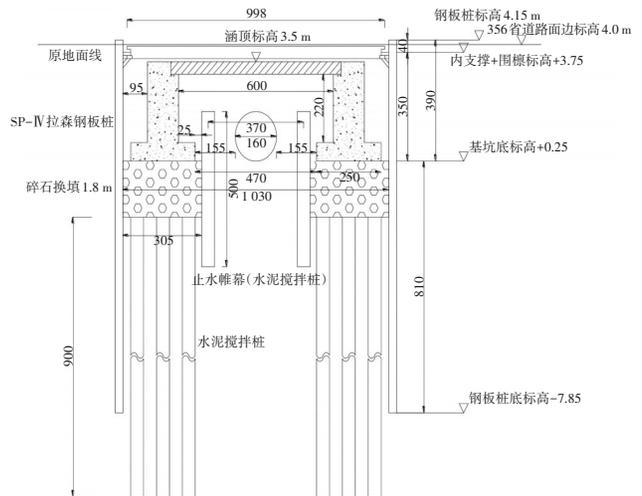


图 4 盖板箱涵结构

Fig.4 Schematic diagram of cover plate box culvert structure

水泥搅拌桩采用 42.5 级普通硅酸盐水泥,用量为 60 kg/m,石膏粉掺入量为水泥用量的 2%。

2.4 围护钢模板设计

S356 省道北侧盖板箱涵基坑开挖深度约 5.3 m,含换填 1.8 m。为了保护道路和管道的安全,基坑支护采用 IV 型拉森钢板桩,长度 12 m,顶标高 +4.15 m,底标高为-7.85 m,入土深度为 8.1 m,距离盖板涵边 0.95 m。钢板桩围堰顶下 0.4 m 处设置一道钢围檩及内支撑,内支撑间距 6 m,钢围檩及内支撑采用 32a 工字钢制作,支撑端头处设置传力构造,围檩及支撑不应偏心受力,在围檩集中受力部位加焊肋板,肋板也采用 32a 工字钢,肋板工字钢与支撑的夹角为 45°,搭接处应满焊,如图 5 所示。

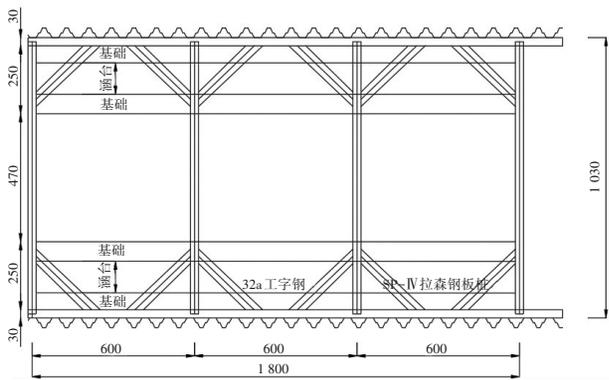


图5 钢板桩围堰平面结构

Fig.5 Plan structure of steel sheet pile cofferdam

2.5 降水设计

给水管道路原位保护施工段水系发育,属长江水系,河道纵横分布,场地附近分布较多的鱼塘;地下水分为潜水含水层和潜压含水层,潜水水位埋深约1.3~3 m,变化幅度约0.5 m/a。含水层地层为上新统含水层,细砂普遍分布,厚约20~40 m,透水性好。降水方式采用轻型井点,双排双侧设置,井管为内径50 mm的钢管,长6.0 m,管壁上钻有 $\varnothing 8$ mm的星棋状排列滤孔,管道外壁包有尼龙丝滤网。S356省道路边绿化带标高+3.75 m,开挖1.0 m深管沟,布设集水总管,单根井点管顶标高+2.75 m、底标高-3.25 m,如图6所示。

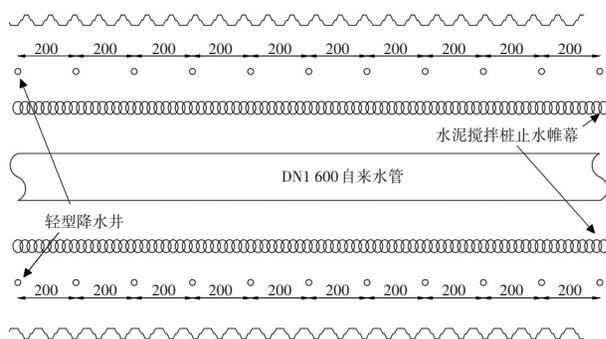


图6 轻型井点降水平面布置

Fig.6 Plan layout of light well point dewatering

设计降水井点在基坑开挖范围内,集水井管与基础紧密连接,终止抽水后,井点管不拔除,井管静水位以下部分用砂石回填密实,然后用水泥砂浆进行封堵。在拉森钢板桩外侧的路边适当位置设置回灌井和观察井,控制施工降水影响范围,防止公路出现裂缝。

2.6 管基土体保护设计

施工过程中不能扰动管道周围的土体,特别是

管基及管道胸腔的土体,以保证管道的安全。在管道外侧加设止水帷幕保护管道周围的土体,止水帷幕采用双向水泥搅拌桩、一喷两搅施工工艺,桩基直径50 cm,桩长5 m,重叠20 cm,成桩桩顶标高1.85 m,桩底标高-3.15 m,浆液采用砂浆机械搅拌,严格控制水灰比为0.5,水泥浆必须充分搅拌均匀,砂浆搅拌时间不少于3 min,水泥和石膏粉的用量与涵台基础搅拌桩相同。搅拌桩按直线布置在DN1600 PCCP管道两侧,与管道内壁水平距离为80 cm。

3 施工及监测

管道上方的地形发生变化,管道隐蔽参照物标识也发生改变,无法提供管道准确位置,采用人工开挖探沟,探沟深度不小于1.5 m,宽1.2 m,准确探明管线数量及走向,在管道两侧设警示标识。

3.1 施工流程

施工流程:标识管道→测量放样→施工准备(止水帷幕、涵台基础搅拌桩、井点降水施工)→钢板桩插打→基坑第一次开挖→内支撑及钢围檩安装→基坑第二次开挖→管基土体水泥搅拌桩支护→基坑第三次开挖→碎石换填及基础施工→涵台施工→涵台内外回填→拆除支护→安装盖板。

3.2 降水施工

因基坑位于含水层中,降低地下水位才能开挖土方。由于井点管位于基坑范围内,采用钢管以增强井点管强度,土方开挖时不容易碰坏,井点管埋设采用导杆枪水冲成孔,成孔及井点管的倾斜度不大于 5° ,成孔深度略深于井点管长度,有效降低水位至开挖面以下0.5 m,理论降水深度为-2.05 m以下,设计降水土层为软土地层,基坑开挖对土体有一定的固结要求,降水系统于开挖前3周运行。基坑开挖至设计高程即-1.55 m时,井点管降水效果下降,基坑中有大量渗水,故需挖一条排水沟,沟中设一根DN50滤孔的管道,用水泵抽吸,排净坑底积水。涵台施工完成后方可停止降水。

3.3 基坑开挖及支护

管基土体保护水泥搅拌桩强度经检测达到设计强度后方可开挖涵台基坑。第一层基坑开挖深度约1.0 m,即第一次开挖至标高+2.75 m进行高程测量,在标高+3.75 m处安装一层钢围檩,确保钢围檩的位置水平,首先焊接钢围檩牛腿支架,然后进行钢围檩、斜撑、内支撑的安装。第二层基坑开挖

深度约2.5 m,开挖至标高+0.25 m处,即盖板涵台基础底部,底部开挖宽度约3.05 m,上部在管道两侧以外机械开挖,剩余部分人工开挖。当开挖至1.85 m标高时,止水帷幕水泥搅拌桩露出桩顶,在管道基础土体外侧小心开挖,安装搅拌桩支护,支护采用32a工字钢支撑。第三层基坑开挖深度约1.8 m,开挖至标高-1.55 m处,严格遵循“开槽支撑,先撑后挖,分层开挖,严禁超挖”的原则。

3.4 盖板施工

盖板和涵台钢筋混凝土强度满足设计要求后方可安装盖板,盖板架设前再次检查构件尺寸、涵台尺寸和间距,并校核其高程,调整构件位置,使板缝与沉降缝重合。起吊运输时吊点及支点应在盖板两端接近设计支点位置,起吊慢起轻落,保持横向稳定性以防撞击或坠落。盖板安装前在支承面处人工进行整平,每隔1 m画出盖板的准确位置,盖板与盖板之间的缝隙以及盖板与涵身背墙间的缝隙用M10砂浆填满,相邻板差不大于10 mm。

3.5 施工监测

为了确保道路和管道安全,施工过程中监测地下管线位移、路面土体沉降、围护结构顶位移、支撑、地下水位,特别是管道基础周围土体和地下水位要加强监测。沿管线安装水位报警监测装置,将信号传输到自来水公司。

在盖板箱涵施工过程中,PCCP管道基础及其胸腔的土壤不能被扰动。涵台基础开挖处地下水位高且又位于公路旁侧,开挖深度大于管道埋深,基于管道保护,采用拉森钢板桩+钢围檩消除路面变动荷载对开挖基坑的侧向压力;利用人工轻型井点控制地下水位,防止沙涌冒顶;管道两侧设置止水帷幕,筑起管基土保护屏障,止水帷幕搅拌桩强度达到设计强度后方可开挖,随着涵台基础开挖深度增加而采用支护。轻型井点抽取的地下水一般不需处理,可直排附近河塘,在直排前设置人工简易坝的浅水塘,地下水可排至过渡的浅水塘。

涵台开挖,管道覆土环境改变,不安全因素增多,为此制定应急预案:①根据用水量的变化,公司综合调度,削峰平谷,尽可能使送水泵房机组运行平稳,保障管道水量、水压平稳,不会产生水锤。②

施工降水一刻不停,在施工现场配备一台50 kW柴油发电机,以备停电之用。③为防止PCCP管道损坏,现场配备定制的哈夫卡备用。④施工现场设置360°无死角摄像头,自来水公司值班总调度室可随时查看,同时,联络电话保持全天候畅通。

4 注意事项

为确保管道在施工过程中的安全以及道路改造竣工后的正常供水,管道原位保护措施实施过程中还应注意以下几点:①涵台基坑开挖时,对止水帷幕水泥搅拌桩进行支护,确保管道周围的土体不受施工影响。②盖板安装前,管顶用黄砂回填,分层回填分层夯实,最后砂回填高度低于盖板10~20 cm,防止盖板受力传递到管顶。③钢板桩拔除后进行注浆处理,拔桩时为了减少对桩的摩阻力,用拔桩振动锤夹住钢板桩头部振动1~2 min,产生“液化”使钢板桩周围的土体松动,钢板桩拔除后对钢板桩留下的孔口进行注浆处理。④在盖板箱涵两端增加检查井,预留泄水口。

5 结语

五峰山过江通道公路接线工程WFS-3标段给水管道路原位保护措施采用盖板箱涵方案,路面荷载通过盖板传递到涵台基础上,管道不受路面车况的影响,采用盖板箱涵保护原位管道安全系数高。自2019年路面改造竣工后,通车3年多时间未发现DN1 600 PCCP输水管道渗漏或其他异常变化。

参考文献:

- [1] 褚蔚,吴立鑫. 市政排水管道原位保护措施探讨[J]. 给水排水, 2013, 39(9): 85-86.
- CHU Wei, WU Lixin. Discussion on the anti-movement measures for the municipal drainage pipe network [J]. Water & Wastewater Engineering, 2013, 39(9): 85-86 (in Chinese).

作者简介:郑全兴(1971-),男,江苏泰州人,硕士,正高级工程师,一级市政建造师,研究方向为水厂运行管理。

E-mail: 841483110@qq.com

收稿日期:2023-03-13

修回日期:2023-11-15

(编辑:衣春敏)