

南水北调倒虹吸工程水保措施配置及效果

康玲玲¹, 孔凡霞², 吴国权³, 董飞飞¹, 孙娟¹, 王云璋¹

(1. 黄河水利科学研究院 水利部黄河泥沙重点实验室, 河南 郑州 450003; 2. 延津县技术推广站, 河南 延津 453200; 3. 南水北调中线干线工程建设管理局 河南分局, 河南 郑州 450000)

摘要: [目的] 探讨倒虹吸工程区水土保持措施配置模式及其效果, 为调(输)水工程同类工程区水土保持措施布设提供参考。[方法] 根据南水北调中线河南省郑州段倒虹吸工程实地调查和文献资料, 确定针对主体施工三时段的水土保持措施布设, 构建倒虹吸工程区水土保持措施配置模式, 并依据实地调查资料及其照片, 分析评价实施后的效果。[结果] 以郑州段倒虹吸工程为例, 依据工程布局、自然条件和施工工艺, 结合不同时段水土流失特点确定水土保持措施: ①施工前表土剥离, 连同临时堆土分别集中堆放、拦挡、苫盖或撒播草籽; ②施工区设临时铁质围挡与截、排水沟; ③开挖边坡设截排水兼防渗沟并适时苫盖; ④堤坝外至保护范围设生态景观区; ⑤进、出口两侧渐变段设排水沟、框架植草护坡和三角形小型绿地; ⑥作业管理区园林绿化并设排水、沉沙措施, 停车场铺透水砖; ⑦虹吸顶部建休闲生态园, 构建成倒虹吸工程区水土保持措施配置模式, 实施后取得较好效果。[结论] 倒虹吸工程不仅是调水工程的重要组成部分, 而且是南水北调中线一期工程中数量最多的一种交叉建筑物; 按部位合理布设工程、植物、临时措施, 构建水土保持措施体系, 必定会取得较好水土保持和改善生态环境效果, 并为同类工程编制科学、经济、安全、可行的治理方案提供参考。

关键词: 倒虹吸工程; 水土保持措施; 效果分析; 南水北调

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2019)03-0108-06

中图分类号: TV672⁺5

文献参数: 康玲玲, 孔凡霞, 吴国权, 等. 南水北调倒虹吸工程水保措施配置及效果[J]. 水土保持通报, 2019, 39(3): 108-113. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 03. 018; Kang Lingling, Kong Fanxia, Wu Guoquan, et al. Configuration pattern and effects of soil and water conservation measures in inverted siphon engineering area of south to north water diversion project[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(3): 108-113.

Configuration Pattern and Effects of Soil and Water Conservation Measures in Inverted Siphon Engineering Area of South to North Water Diversion Project

Kang Lingling¹, Kong Fanxia², Wu Guoquan³, Dong Feifei¹, Sun Juan¹, Wang Yunzhang¹

(1. Key Laboratory of Yellow River Sediment Research, Ministry of Water

Resources, Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou, He'nan 450003, China;

2. Yanjin County Technology Extension Station, Yanjin, He'nan 453200, China; 3. He'nan Branch of Construction Administration Bureau of Middle Route of South-to-North Water Transfer Project, Zhengzhou, He'nan 450000, China)

Abstract: [Objective] In order to provide reference for similar water transfer projects, the configuration pattern and effects of soil and water conservation measures in inverted siphon project were discussed. [Methods] According to the field investigation and documentary data of the inverted siphon project in Zhengzhou City section of the middle route of the South to North Water Transfer Project in He'nan Province, the layout of soil and water conservation measures in three main construction periods was determined, the configuration pattern of soil and water conservation measures in the inverted siphon project was constructed, and the effect after implementation was analyzed and evaluated according to the field survey data and photos. [Results] Taking the inverted siphon project of Zhengzhou City section as an example, soil and water conservation measures were

determined based on the project layout, natural conditions, construction technology and the characteristics of soil erosion in different periods: ① Surface soil should be peeled off before construction, together with temporary soil heaping, centralized stacking, blocking, covering or sowing with grass seeds; ② Temporary iron fences, interception and drainage ditches should be set up in the construction area; ③ Cut off drainage and anti-seepage furrow should be installed on the excavated slope and the tarpaulin should be timely covered; ④ Ecological landscape areas should be set up from the dam to the protection area; ⑤ Drainage ditches, frame planting grass slope protection and triangular small green space should be set up in the gradual transition sections on both sides of the inlet and outlet; ⑥ Landscaping, drainage and sand sinking measures should be set up in the operation management area, and permeable bricks should be laid in parking lots; ⑦ A leisure ecological park built on the top of the siphon become an allocation model of soil and water conservation measures in the inverted siphon project, which has achieved good results after implementation. [Conclusion] The inverted siphon project is not only an important part of water diversion project, but also a kind of cross building with the largest number in the first phase of the middle route of the South to North Water Transfer Project. The reasonable layout of engineering, plant and temporary measures according to the location and the construction of soil and water conservation measure system will certainly achieve better results on soil and water conservation and greatly improve the ecological environment, and provide a reference for similar projects to compile scientific, economic, safe and feasible scheme.

Keywords: inverted siphon engineering; soil and water conservation measures; effect analysis; the South to North Water Diversion Project

中国是较早兴建调水工程的国家之一,如著名的都江堰、京杭大运河等调水工程,这些工程对于促进当时社会经济发展发挥了重要作用,况且部分至今仍在发挥效益。新中国成立以来,相继修建了很多大型跨流域调水工程^[1],如引滦入津、引滦入唐、引黄济青、南水北调东线一期和中线一期等等。实践表明,调水工程是优化水资源配置战略格局和提高供水保障能力的重要途径,不仅可缓解部分缺水地区水资源不足及其时空分布不均,提高受水区水资源配置能力,改善因缺水对生态环境造成的破坏,而且能促进人民生活水平的提高,发挥其显著的社会经济效益,并为受水地区可持续发展提供重要支撑与保障作用^[2-6]。

倒虹吸工程是调水工程的重要组成部分,并成为南水北调中线一期工程中数量最多的一种交叉建筑物^[7]。该类工程已有诸多技术与管理方面的参考文献^[8-9],但针对施工过程中可能产生水土流失和加强水土保持工作等方面的文章几乎找不到。因此,本文主要就倒虹吸工程施工过程中可能产生的水土流失及其防治措施配置模式与实施效果进行分析讨论,期为同类工程编制科学、经济、安全、可行的治理方案提供参考。

1 工程概况及其可能产生的水土流失

1.1 工程概况

倒虹吸是指当输水渠道与道路或河沟海拔高程

接近,并处于平面交叉时需修建一种使水从路面或河沟下穿过的渠道交叉建筑物。实际上,它是一种经过山谷、河流、道路和其他渠道的压力输水管道。如南水北调中线一期穿黄工程就是中国目前最大的倒虹吸工程。倒虹吸管原则上由进口段、管身和出口 3 部分组成。

实际上,南水北调中线一期的相当多倒虹吸工程,乃是结合中国北方地区河、渠流凌、结冰以及中途退水需要,设计时将其划分为进口渐变段、进口检修闸、管身段、出口节制闸和出口渐变段、退水闸和排冰闸 7 个部分。由于资料限制,本文讨论的倒虹吸工程并不包括退水闸和排冰闸这 2 部分。

南水北调中线一期总干渠从丹江口水库陶岔渠首至北京团城湖全长 1 272 km,其中,河渠倒虹吸是交叉建筑物中数量最多的一种,如大于 700 km 的河南段,自沙河南至漳河南的渠段就有河渠倒虹吸 50 余座,总长达 1.60×10^4 多 m^[7]。河北省北段总干渠长 227.16 km,其中渠道倒虹吸工程就有 13 座,总长 13.34 km^[10];其中邢石段总长仅 65.79 km,渠道倒虹吸工程就有 7 座^[11]。正由于倒虹吸具有工程量少、施工方便、节省动力及三材、造价低而且便于清除泥沙等特点,因此较广泛地用于各国的农田水利建设、城市供水、大型调水工程。

1.2 可能产生的水土流失

倒虹吸工程作为渠道与河(沟)的交叉建筑物,其施工作业除先进行前期测量放样,并针对交叉河(沟)

设置施工围堰、开挖导流渠,以及按设计要求进行场地平整、清基开挖、输水明渠挖掘、渠堤填筑外,还需要按照倒虹吸工程布局进行基础开挖与主体工程浇筑,以及后期回填和相交河流或沟道原有功能的恢复。事实上,这些施工活动基本上就在所交叉河(沟)范围及其周边开展,除穿黄工程采用盾构机挖掘施工外,通常利用非汛期采用机械开挖导流明渠,挖掘机配自卸汽车修筑截流戗堤和填筑围堰,主体工程区从上到下分层大开挖,采用反铲削坡与人工修至设计要求的坡度和平整度;石方采用钻爆法梯级开挖,挖掘机配自卸汽车出渣;然后,按设计要求进行地基处理与钢筋混凝土浇筑,再用推土机集料、回填、分层碾压夯实与土地整治、部分恢复植被等工作。在此期间,土方开挖主要采用反铲挖掘机挖装自卸汽车运输,推土机辅助,留作后期回填的土方临时堆存,多余弃土(渣)运至弃渣场;两侧渠堤填筑采用装载机装自卸汽车上料,机械压实与人工辅助。

总之,工程施工基本上是大开挖,后期进行钢筋混凝土浇筑,再回填、覆土并恢复地表植被。同时,在施工中除需设置弃渣场外,还必须布设施工道路、施工生产生活区以及必要的取料场与砂石料堆场等。由于施工活动改变了地形地貌,破坏了原状土体结构与植被,并增加裸露地表、松散堆土与人工高陡边坡,致使土壤抗侵蚀能力降低,因此无论是哪个环节,若缺乏相应防护措施,一旦遇上暴雨大风或洪水就会产生较为严重的水土流失及其危害。

2 水土保持措施配置模式

作者在对河南省境内郑州段须水倒虹吸、金水河倒虹吸、丈八沟倒虹吸工程实地调查和查阅相关资料基础上,针对倒虹吸工程施工过程中可能产生水土流失和后期植被建设的需要,明确相对于主体工程施前、施工过程中和施工结束后三时段的水土保持措施布设,并构建成水土保持措施配置模式。

2.1 三时段的水土保持措施布设

2.1.1 施工前

(1) 鉴于倒虹吸施工区大部分位于原始河流、滩地、护堤地及部分耕地范围之内,表土相对较少且宝贵,后期生态建设十分需要,因此施工前应将耕地、园地及草地仅有的表土进行剥离(剥离厚度 30 cm 左右),分别集中存放在进、出口区或渠堤外空地,并采取防尘网苫盖或撒播草籽,周边设置装土编织袋拦挡、土质排水沟和沉沙池等措施。

(2) 依据施工区地形和周边来水情况,在倒虹吸工程两端和两侧开挖边坡外侧设置截、排水沟(必要

时在工区两侧外设防渗沟)或挡水堰,并与自然沟道或原有河、渠顺接,以疏导雨水和减小坡面水流对开挖面的冲刷。

(3) 将施工区原有的成年树木进行移植,以便后期生态建设所用。

2.1.2 施工过程中

(1) 施工临时堆土周边采取装土编织袋、装土草袋拦挡或铁质围挡,顶部采取防尘网、塑料布或土工编织物苫盖,外围依据地形布设临时土质排水沟,末端设沉沙池。

(2) 针对工程区具体情况,尤其如上述倒虹吸工程区沙土较多,若遇大风、干燥天气,应经常洒水。

(3) 在管沟开挖的渠线两侧边坡外采取铁质围挡,尤其雨天时,坡面用土工编织物、防尘网或塑料布等临时苫盖。

(4) 对导流明渠、主体建筑物河道进、出口段及填筑施工围堰的边坡,采取装土草袋临时护岸、拦挡等措施。

2.1.3 施工结束后 施工结束后,根据主体工程布局(上述倒虹吸工程除作业管理区外,布局基本相同,本文仅以须水倒虹吸工程为例)、地形及周边地表水流情况,布置纵横向截排水沟,并对交叉河(沟)岸(坡),采取浆砌石或草皮护坡等措施以恢复原有功能。同时,对护坡、空闲或裸露地按左、右岸绿地(即左右岸堤外生态景观区)、作业管理区(含开关站、值班房、停车场等)、渐变段三角形绿地和虹吸管身上部生态休闲景观区,依据园林绿化标准,进行覆土(厚度 30~50 cm 不等)、土地整治和林草植被建设:

(1) 开挖、填筑边坡采用 C₁₅ 预制砼构件六棱体框格护砌(预制砼“Y”型构件拼装组成),框格内填客土并种植狗牙根或浆砌块石护坡,其余边坡采用草皮防护,并与输水明渠、穿越河或沟堤的植物措施相协调。

(2) 进口闸左、右岸和出口(闸)左岸堤坝外至红线区域,以香根草为绿地,设置堤外生态景观区,区内按地形布设截、排水沟外,主要种植雪松、广玉兰、马尾松、垂柳、合欢、迎春、银杏、日本晚樱、山桃、南天竹、石楠等乔灌木,以及卫矛、小叶女贞等绿篱。

(3) 在出口闸右岸堤坝外的作业管理区(包括开关站、值班房、停车场等)周围设置生态防护区,并依据地势设置截排水沟、沉沙池,在小区入口处设置透水砖停车场,主要按穴坑种植雪松、马尾松、国槐、合欢、银杏等乔木和桂花、石楠、龙爪槐、海桐等灌木,以及黄杨、南天竹等绿篱,同时铺设香根草、狗牙根等地被植物。

(4) 在进、出口闸的渐变段两侧及降压站房周边,设置三角形绿地,除依地形布设截、排水沟外,渠堤边坡采用六棱体框架植草护坡,三角区种植棕榈树、石楠、紫叶李、桂花、海桐、樱花、紫薇、黄杨,同时铺设白三叶、红花酢浆草等地被植物。

(5) 在虹吸管顶部(包括穿越河、沟的堤防及其护堤地)建设生态景观休闲园区,实施乔木与灌木、常绿树与落叶树、地被草地等合理搭配,种植雪松、桂花、广玉兰、石楠、银杏、垂柳、女贞、榆叶梅、合欢、紫

叶李等树木及月季花、香根草,建造观景休憩廊架、休闲凉亭及活动草坪,同时采用自动喷灌与人工浇灌相结合,以满足乔、灌、草的需水要求。同时,设置一条弯曲的泥结石硬化散步小道,以增加空间的趣味性。

(6) 按水土保持要求拆除施工围堰,清运废土与弃渣并运至专门的弃渣场。

2.2 水土保持措施体系

根据上述水土保持措施布设情况,构建成倒虹吸工程区水土保持措施体系框图(图 1)。

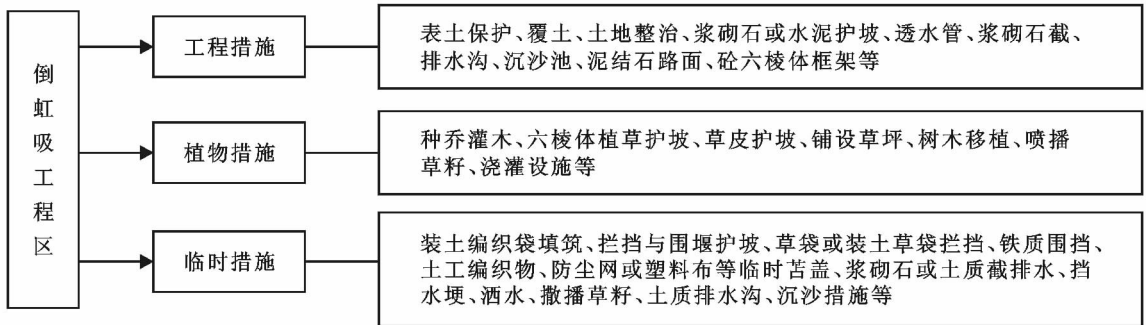


图 1 倒虹吸工程区水土保持措施体系框图

3 实施效果分析

(1) 倒虹吸施工区上边坡来水侧设置截洪沟(兼防渗),使得周边来水不能进入施工区尤其开挖的沟槽

内,既避免地表水冲刷而引起的水土流失,又能保障施工进度和工程质量免受影响;同时,施工区剥离表土和临时堆土集中堆放,采取装土编织袋拦挡、防尘网苫盖等措施,使表土保护得到很好落实(见图 2)。



图 2 倒虹吸施工区表土临时拦挡、防尘网苫盖(左)与外侧排水沟防渗等措施现场

(2) 由于倒虹吸工程施工时,及时采取周边临时铁质围挡与截、排水,开挖边坡及临时堆土采用土工编织物、防尘网或塑料布等临时苫盖,使得周边来水不能进入施工场地而影响施工进度与工程质量,更无法进入倒虹吸工程的开挖管沟内,避免雨水和地面径流对开挖坡面的冲刷而引起水土流失(见图 3)。

但这些施工区都结合了输水明渠两侧护堤林、绿化带建设在堤坝外直至保护范围设置生态景观区,如前述的金水河、须水河的倒虹吸工程结合“郑州南水北调生态文化公园”建设,大量种植了既具有水土保持功能又能绿化美化环境、有较高观赏价值的乔灌木、绿篱与草坪,取得了很好的水土保持和生态防护效果(见图 4)。

(3) 尽管各个倒虹吸工程的堤外区域不尽相同,



图 3 倒虹吸工程施工区外侧设铁质围挡、开挖边坡及临时堆土采取苫盖等措施



图 4 南水北调中线河南省郑州段金水河、须水河倒虹吸工程堤外生态景观区建设现场

(4) 针对倒虹吸工程区进、出口两侧渐变段空间比较有限的实际情况,较多倒虹吸工程为增强检修闸与节制闸的周围绿色景观,采用了紧凑绿化布局,从金水河与丈八沟倒虹吸渐变三角绿地不难看出,除按

地势和水流方向布设横纵向截排水沟、框架植草护坡外,设置了三角形小型绿地,铺设狗牙根草坪,种植较多乔灌木观赏树,铺设草坪,取得了很好的水土保持和改善生态环境效果(见图 5)。



图 5 南水北调中线河南省郑州段金水河(上)与丈八沟(下)倒虹吸渐变段三角绿地现场

(5) 针对工程作业管理区周围生态防护区的具体情况,除按地形设置截排水沟、沉沙池外,还设置了透水砖植草停车场,区内按园林化设计标准,种植了

既有水土保持功能且具有较高观赏价值的乔灌木、绿篱与草坪,取得很好的水土保持和改善生态环境效果(见图 6)。



图6 南水北调河南省郑州段须水倒虹吸工程右岸堤坝以外作业管理区生态防护区现场

(6) 河南省郑州段须水河倒虹吸顶部(即进、出口闸门之间除穿越河道外的堤防及部分护堤地范围)修建休闲生态园的部分景观,可见景观区与倒虹吸平台之间,以及进、出口闸的平台与两侧堤防之间的堤脚布设截、排水沟,并与周边排水系统相连接,既可收集雨水利用,还能避免雨水对坡面的冲刷;同时按园林化设

计建设生态景观区,区内系统布设观景小道,采取乔木与灌木、常绿树与落叶树、地被草地等合理搭配,形成高低错落、疏密有致、层次丰富的植物景观,种植各种既具有水保功能,又能绿化美化环境与观赏的树木与绿篱,同时铺设草坪、建设观景廊道、凉亭等,取得很好的水土保持和改善生态环境效果(见图7)。



图7 南水北调中线河南段郑州须水河倒虹吸顶部小型休闲生态园的部分景观

4 结论

(1) 为防治水土流失,改善倒虹吸工程区生态环境,本文以南水北调中线一期河南省郑州段倒虹吸工程为实例,根据工程布局、施工工艺及其水土流失特点,结合工程区自然条件和主体工程需求,进行水土保持措施布设,构建倒虹吸工程区水土保持措施配置模式,实施后取得了很好的水土保持和改善生态环境效果。

(2) 由于受到资料的限制,本文仅以南水北调中线工程河南省郑州段部分倒虹吸工程为例,就水土流失防治措施及其配置进行了分析讨论,得到的结论存在一定的局限性,参考应用时应根据相关工程及项目区的具体情况进行参考与调整。

致谢:在实地考察和收集资料过程中,得到河南省南水北调中线工程建设管理局环境与移民处、郑州市管理处、郑州市航空港区管理处领导和相关人员大力支持与帮助,在此一并表示衷心感谢!

[参 考 文 献]

[1] 高媛媛,姚建文,陈桂芳,等.我国调水工程的现状与展

望[J].中国水利,2018(4):49-51.

- [2] 陈玉恒.国外大规模长距离跨流域调水概况[J].南水北调与水利科技,2002,23(3):42-44.
- [3] 徐元明.国外跨流域调水工程建设与管理综述[J].人民长江,1997,28(3):11-13.
- [4] 刘强,殷大聪.国外跨流域调水管理对我国水资源配置的启示[J].人民长江,2011,42(18):111-116.
- [5] 王亮东.跨流域长距离调水工程建设管理体制模式研究[J].价值工程,2005(12):25-27.
- [6] 彭祥.论调水工程的公益性及其管理方式[J].中国软科学,2015(6):1-7.
- [7] 赵晓西,周飞平,王宗敏,等.南水北调中线淇河倒虹吸工程过水变形仿真分析[J].南水北调与水利科技,2004,2(3):21-23.
- [8] 丁利明.南水北调中线唐河倒虹吸工程施工技术[J].水利水电技术,2007,38(5):37-38.
- [9] 宋飞,王宏光.南水北调中线颍河倒虹吸工程施工进度控制管理[J].人民长江,2014,45(10):13-14.
- [10] 顾辉.南水北调中线工程大型跨流域调水渠道倒虹吸工程设计[J].河北水利水电技术,2004(3):1-3.
- [11] 栗萍,王会梅,米雨萌,等.南水北调中线一期工程总干渠邢石段渠道倒虹吸工程设计[J].海河水利,2009(2):53-55.