

雄安新区大型输水工程水土保持设计探讨

张 雪¹, 王志刚¹, 范 颢², 吴 超¹, 陈文欣¹, 叶征勇¹

(1. 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010;

2. 中国雄安集团水务有限公司, 河北 雄安新区 071700)

[关键词] 水土保持; 设计; 大型输水工程; 雄安新区

[摘 要] 为贯彻绿色城市的发展理念, 有效防治雄安新区大型输水工程建设可能造成的水土流失, 以雄安干渠工程为例, 分析了工程在水土保持设计中面临的项目区环境复杂、挖填方量大、渣场选址难、潜在水土流失风险多等难点; 提出从水土保持角度优化平面布置、制定符合水土保持要求的工程建设方案、基于水土保持要求优化施工组织设计等水土保持设计要点, 并依据水土流失防治分区制定完善的水土保持工程、植物、临时措施, 设计“排水保土”措施。

[中图分类号] S157 [文献标识码] C DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.11.007

[引用格式] 张雪, 王志刚, 吴超, 等. 雄安新区大型输水工程水土保持设计探讨[J]. 中国水土保持, 2024(11):33-36.

设立河北雄安新区, 是以习近平同志为核心的党中央作出的一项重大历史性战略选择, 是千年大计、国家大事。雄安新区的定位, 是打造北京非首都功能疏解集中承载地, 建成绿色生态宜居新城区、创新驱动引领区、协调发展示范区、开放发展先行区。2022 年 12 月, 中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于加强新时代水土保持工作的意见》, 提出要依法严格人为水土流失监管, 严格落实水土保持“三同时”制度, 大力推行绿色设计、绿色施工, 严格控制耕地占用和地表扰动, 严禁滥采乱挖、乱堆乱弃, 全面落实表土资源保护、弃渣减量和综合利用要求, 最大限度减少可能造成水土流失^[1]。这对“十四五”时期水土保持高质量发展提出了新要求。

按照《河北雄安新区总体规划(2018—2035 年)》“一主、五辅、多节点”的新区城乡空间布局, 即以起步区为主城区, 以雄县、容城、安新县城及寨里、昝岗为 5 个外围组团, 以若干特色小镇和美丽乡村为“多节点”, 开展新区城市建设, 雄安新区范围将有较大扩展。因此, 需要有完善的供水配套设施, 以保障雄安新区供水安全。新时代水土保持工作对雄安新区大型输水工程发展提出了新的要求^[2]。目前国内外学者围绕大型输水工程水土保持设计开展了广泛研究, 但不同地区自然条件、水土流失特点不同, 研究成果针对性、指导性不足。雄安新区正处于大规模建设中, 未来一段时间开发建设强度仍将维持在较高水平, 人为水土流失防治任重道远, 生产建设项目水土保持理论和技术仍需不断完善。本研究结合雄安新区自然概况、水土流失特征等, 以雄安干渠工程为例, 梳理雄安新区大型输水工程水土保持设计难点, 总结大型输水工程的水土

保持设计和水土保持措施体系, 以期为雄安新区大型输水工程水土保持设计工作提供借鉴和参考。

1 项目区概况

1.1 自然概况

雄安干渠工程起点位于保定市徐水区西黑山处(东经 115°41'10"、北纬 39°08'00"), 终点位于容城县李茂村西工程新建的原水应急调蓄池(东经 115°79'08"、北纬 30°04'00")。起点位于太行山东麓丘陵区边缘, 岩性主要为出露强溶蚀风化白云岩和弱溶蚀风化白云岩, 地面高程 72.55 m, 后降至 10.5~40.0 m, 主体位于河北冲积平原, 沿线地势西高东低, 总体较平缓, 平原地貌占 90% 以上, 土壤以潮土和褐土为主。工程区位于温带大陆性季风气候区, 四季分明, 不同地点年均降水量 524.9~545.0 mm, 年均气温 11.8~12.1℃, 平均风速 2.1~2.4 m/s, 春夏以偏南风 and 西北偏西风为主, 冬季以西北偏西风为主。工程沿线的河流有曲水河、瀑河、屯庄河、郎五庄二排干、鸡爪河、萍河、县界沟、大碱厂排干, 均属于大清河南支, 各条河流与雄安干渠工程交叉断面以上流域面积为 15~285 km²。区域植被类型主要是暖温带落叶阔叶林, 常见树种有刺槐、臭椿、榆、杨、柳、桑、合欢、栗等, 低洼地有芦苇等。

1.2 水土流失特征

项目区水土流失以水力侵蚀为主, 综合工程区地形地貌、土地类型、降水情况、土壤母质、植被覆盖等基本情况, 根据 2022 年水土流失动态监测成果和实际调查结果, 分析确定工程区平均土壤侵蚀模数为 180 t/(km²·a)。工程沿线 90% 以上分布第四系覆盖层, 主要为粉质壤土, 结构疏松、含沙量高, 极易被降雨径

流冲刷,尤其在工程穿越河道时,径流会挟带泥沙进入周边河道,容易造成泥沙淤积、洪涝灾害和水质污染等。汛期河流水量较大,泥沙淤积较为强烈。

2 输水工程项目概况

雄安干渠工程线路总长约 36.34 km,终点处设置 1 座应急调蓄池,沿线穿越铁路 3 处、高等级公路 5 处、河流 9 处、地埋管线 5 处、沟道 4 处及县道、乡道(一般为三级公路、四级公路)106 处。于 2024 年 1 月开工建设,计划 2025 年 12 月完工,总工期 24 个月。工程总投资 214 412.44 万元,其中土建投资 50 129.62 万元。项目区主要由管线工程区、调蓄池工程区、穿越工程区、施工生产生活区、专项设施复建区等组成。

1) 管线工程区。包括管沟、施工作业带、施工便道、表土堆存场、阀井等,占地面积共计 151.73 hm²。

2) 调蓄池工程区。包括建筑物区、进场道路区、绿化区等,占地面积共计 29.35 hm²。调蓄池周边设计采用挖填结合方式形成围堤,调蓄池库底长 500 m(东西向)、宽 350 m(南北向),堤顶路为沥青混凝土路面,围堤堤身采用自身开挖土料回填,内外边坡坡比均为 1:3.0,内坡采用钢筋混凝土板衬砌,外坡用混凝土框格植草。

3) 穿越工程区。穿越工程区占地面积 44.76 hm²。其中采用顶管穿越铁路 3 处、高等级公路 5 处、河流 3 处、地埋管线 5 处,其他均采用明挖穿越。按施工方案统计,顶管穿越 16 处总长 1 514 m,明挖穿越 116 处总长 1 511 m。对于明挖穿越河道部位两侧,管道敷设回填后采用植生块进行岸坡防护。

4) 施工生产生活区。沿线设置 6 个施工区,占地面积共计 6.46 hm²,包括机械修配与停放场、综合加工厂区、施工办公营地、综合仓库、管道基地等。

5) 专项设施复建区。包括复建输电线路 138 处 33.69 km、通信光缆 46 处 7.22 km、给排水管道 10 条 1.37 km、天然气管道 20 处 4.46 km,总占地面积为 12.22 hm²。

3 水土保持设计难点

3.1 项目区环境复杂,平面布置制约因素多

项目区内民居密集,基本农田、公路、铁路、河流、渠道、文物遗址、生态红线等交错布置,数量多、面积大。为减少征地拆迁费用,输水线路应尽量避免开村居住密集区和污染源,以及重要管线(高压线、军用光缆、天津干渠等);与重要公路、铁路相交时,交叉穿越工程应满足公路、铁路的相关标准和要求;应尽量绕开文物遗迹,不能绕开时以最短线路穿越文物保护区;尽

可能靠近已建公路或乡间土路,便于施工和运行维护。纵向选择中,输水线路尽可能沿地势相对平缓处布置,减少起伏,以缩短长度和降低水头损失;管道应尽可能布置在坚实的地基上,尽量避开深挖方区、高填方区和塌方区。因此,需要综合考虑敏感区避让、交通条件、地形地貌、地质条件等因素,选择经济合理的输水管线平面布置。

3.2 挖填方量大,需要合理布置及竖向设计

雄安干渠工程采用重力有压输水,线路长、管径大且为双管布置,工程建设动用土石方工程量较大,管道埋设、调蓄池及其围堤建设均采取大开挖大回填方式,应注意土石方的水土流失防治。工程建设过程中开挖土石方总量为 571.41 万 m³,会破坏原地貌的水土保持设施,削弱其水土保持功能。

3.3 渣场选址难,需开展资源化利用调查

项目区处于华北平原区,工程周边多为耕地,弃渣场的设置不可避免会占用耕地,影响当地农业生产,堆渣处置不当的话甚至会阻塞河道^[3]。必须将生态优先、绿色发展理念贯穿雄安新区工程建设管理始终,正确处理好工程建设和生态保护的关系,实现工程弃渣的资源化利用是建设绿色工程的必然要求。工程建设中产生的大量弃渣应通过资源化利用的方式进行消纳,使其变废为宝、反哺生态,统筹兼顾区域经济社会和生态环境可持续发展,将雄安干渠工程打造成生态、经济、社会效益和谐统一的民生工程、绿色工程是绿色发展的需要。

3.4 敏感目标多,需优化设计方案

雄安干渠工程属于线性工程,线路长,建设中要穿越东黑山遗址、荣乌京昆高速立交、朝阳路、瀑河生态保护红线、郎五庄二排干、霸徐铁路、京广高铁、G107 国道、京港澳高速、S333 省道、京石高铁、荣乌高速等重要基础设施和环境敏感区等,选择工程设计方案时需考虑地质、水文、造价、环境等方面影响,对主体设计确定的比选方案,从土石方挖填量、弃渣量、扰动地表面积、损毁植被、破坏水土保持设施数量、对敏感目标的影响、新增水土流失量、水土流失危害,以及由其附属设施(如专项设施等)建设而造成的水土流失影响等方面进行综合分析,提出最优方案。

3.5 潜在水土流失风险多

1) 土方开挖、填筑。管线的施工直接导致地表原始植被和土壤结构的破坏,使得地表土壤的抗冲蚀能力降低,水土流失加剧。填筑和开挖过程中,裸露的土质边坡在遇大风、暴雨时,将产生较严重的水土流失,可能造成曲水河、萍河、江村洼排干、大碱厂排干等河道淤积,影响河道行洪。

2)临时堆土。工程沿线主要为第四系覆盖层,管线开挖的大量土方和剥离的表土在堆放过程中土体结构松散,若不及时采取防护措施,则会成为重要的水土流失源。

3)临时占地。施工过程中,施工作业带和施工便道的修建将产生一定临时占地,并会对占地范围内的植被和地表土壤造成一定程度的破坏,产生水土流失。

4)施工工序。水土保持工程施工时序安排对其防治效果影响很大。如表土堆放区应先拦后堆,并进行表土苫盖;临时用地在施工完成后应及时复耕、复绿等。若施工时序安排不当,则不能有效预防施工中产生的水土流失。

4 水土保持设计

4.1 从水土保持角度优化平面布置

经过优化,工程线路避开了白塔铺村北遗址、站里北遗址。管道工程采取分段施工,表土、垫层料、管道分开堆放,自身开挖利用土料堆存在施工段前后 50 m 未开挖或已回填区域内,不另设临时堆场,采取就近堆放、重复占地、即挖即埋即恢复的方式,减少新增占地和地表裸露时间。调蓄池围堤填筑利用调蓄池自身开挖土方,开挖土方就近堆存在调蓄池永久征地范围内,减少新增占地,提高土石方利用率。施工生活与部分办公用房租用附近民房,小河沟渠、非等级公路开挖穿越施工场地利用管道作业带临时征地,顶管穿越接收井和工作井施工场地布置在管道作业带范围内;施工道路充分利用沿线周边现有道路,减少新建道路占地和开挖土石方量。

4.2 制定符合水土保持要求的工程建设方案

为避免开挖、回填造成的水土流失、生态环境等影响,在穿越管径较大的富瑞康天然气管、荣乌京昆高速立交、朝阳路、截洪渠、瀑河生态红线等处时,设计采用顶管方案。对于曲水河等常年无水的河道,主体设计植生块护坡对岸坡扰动区域进行恢复;调蓄池围堤外边坡设计框格植草护坡,坡脚管理范围内进行景观绿化。

4.3 基于水土保持要求优化施工组织设计

优化施工组织设计,融入水土保持理念,提出新的施工工艺、合理安排施工时序^[4],各项工程分步进行,最大限度减少水土流失。

1)提出管道施工新工艺,减少动用土石方量和地表扰动。东黑山遗址范围大、周边人口分布密集,工程建设无法避开东黑山遗址。在穿越东黑山遗址处,采用钢板桩支撑垂直开挖,压缩管顶开挖宽度,较放坡开挖减少 10~12 m,减少地表扰动和土石方的开挖、回

填。顶管施工结合工程地质条件、施工场地、造价等选择土压平衡法,减少泥浆的产生,产生的少量泥浆通过施工时修建的泥浆沉淀池等进行沉淀、固化处理后,就近在管道作业带临时征地范围内进行晾晒,干化后综合利用。

2)余方资源化利用。工程管线回填充分利用自身开挖方,调蓄池围堤填筑利用调蓄池自身开挖土方,利用率达 44%,剩下 67.39 万 m³ 余方需外运处置。在水土保持方案编制过程中,结合新时代水土保持的要求,建设单位在项目区周边进行了充分的市场调研,最终确定工程涉及的徐水段余方 6.93 万 m³ 由宸乔环保科技有限公司综合利用,容城段余方 52.17 万 m³ 由新筑寨里西堤工程(一期)综合利用。具体综合利用方案为:可加工利用的石方、建筑垃圾优先加工粉碎后制砖或作为铺路辅料,不能利用的土石方和建筑物垃圾直接回填至洼地。根据徐水区相关规划,洼地填平后作为工业用地,发展物流产业。因此,在做好弃渣临时堆存及运输期间防护工作的前提下,基本符合水土保持要求。基于余方数量和性质、施工时序、交通运输等方面分析,新筑寨里西堤工程(一期)可利用雄安干渠工程容城县余方,符合土石方综合利用的原则。余方进行资源化、无害化处理,实现变废为宝、循环利用,减少工程自设弃渣场引起的新增临时占地扰动及土石方堆存期间的水土流失。

4.4 制定完善的水土流失防治措施体系

根据工程的水土流失特点和施工特点,将工程区分为管线区、调蓄池工程区、穿越工程区、施工生产生活区、专项设施复建区 5 个一级水土流失防治区。其中管线区包括管沟区、施工作业带区、施工便道区、表土堆存场区、阀井区 5 个二级分区;调蓄池工程区分为建筑物区、进场道路区、绿化区、表土堆存场区 4 个二级分区;穿越工程区分为顶管穿越区、明挖穿越区、施工便道区 3 个二级分区。针对每个防治分区制定完善的水土保持工程、植物措施,主要包括表土剥离、土地平整、表土回覆、植被恢复、混凝土框格植草等^[5];针对施工过程中的开挖、填筑、堆置等裸露面,设计相应的水土保持临时措施^[1],主要包括临时排水沟、临时苫盖等(见表 1)。

4.5 设计完善的“排水保土”措施

在生产建设项目中通常需设计各种以拦挡截留为主的降水蓄渗措施,促进降水就地入渗,以消除或降低外营力,扼制径流冲刷搬运,实现“保土”目的^[6]。然而,土壤蓄水能力有限,过多的水分将使坡面土壤饱和而加剧流失^[7]。因此,需充分利用截排水沟等措施,对坡面地表径流和壤中流进行快速排导,减少地表径流

表 1 雄安干渠工程水土保持措施体系

一级防治分区	二级防治分区	措施类型	水土保持措施		
管线区	管沟区	工程措施	表土剥离、土地平整、表土回覆		
		植物措施	植被恢复		
		临时措施	临时排水沟、临时苦盖		
	施工作业带区	工程措施	表土剥离、土地平整、表土回覆		
		植物措施	植被恢复		
		临时措施	临时截排水沟、临时拦挡、临时苦盖		
	施工便道区	工程措施	表土剥离、土地平整、表土回覆		
		植物措施	植被恢复		
		临时措施	临时苦盖		
	表土堆存场区	工程措施	土地平整		
植物措施		植被恢复			
临时措施		临时苦盖			
	阀井区	工程措施	表土剥离、表土回覆		
		植物措施	阀井管理区绿化		
		临时措施	临时苦盖		
调蓄池工程区	建筑物区	工程措施	表土剥离、排水沟、表土回覆		
		植物措施	混凝土框格植草		
		临时措施	临时拦挡、临时苦盖		
	进场道路区	工程措施	表土剥离、路基排水沟、表土回覆		
		植物措施	行道树		
	临时措施	临时苦盖			
	绿化区	工程措施	表土回覆		
植物措施		景观绿化(铺草皮)			
临时措施	临时苦盖				
	表土堆存场区	临时措施	临时拦挡、临时排水、临时苦盖		
		穿越工程区	顶管穿越区	工程措施	表土剥离、土地平整、表土回覆
				植物措施	植被恢复
临时措施	临时排水、临时苦盖、泥浆沉淀池				
	明挖穿越区	工程措施	表土剥离、土地平整、表土回覆		
		植物措施	植被恢复、植生块护坡		
		临时措施	临时排水、临时苦盖		
	施工便道区	工程措施	表土剥离、土地平整、表土回覆		
		植物措施	植被恢复		
		临时措施	临时排水沉沙、临时苦盖		
施工生产生活区		工程措施	表土剥离、土地平整、表土回覆		
		植物措施	植被恢复		
		临时措施	临时拦挡、临时排水沉沙、临时苦盖		
专项设施复建区		工程措施	土地平整		
		植物措施	植被恢复		
		临时措施	临时苦盖		

冲刷和壤中流的潜蚀作用,增加“保土”效果^[6]。为防止降雨对施工作业的影响,施工前在起点边坡开挖线处及沿线施工作业带外侧设置临时截排水沟,在顶管施工区周边设置临时排水沟,在河道、沟道明挖穿越施工区边坡开口线和低等级道路穿越施工作业区周边设置临时截排水沟,遇降雨或大风等天气,要及时采用密

目网进行临时苦盖,以减少地表径流冲刷产生的水土流失。

4.6 针对性设计“临时拦挡”措施

管线工程前 250 m 属于丘陵地段,主要为石方开挖,为避免开挖利用料和垫层料沿坡下溜,在石料堆存坡脚处布置格宾石笼拦挡。而后管线区地形平坦,主要为土方开挖,为控制临时堆土产生的水土流失,堆土前在两侧坡脚布设袋装土进行临时拦挡。

5 结束语

为贯彻生态优先、绿色发展理念,雄安干渠工程在设计过程中,根据项目区环境复杂、敏感目标多、工程开挖土石方量大、渣场选址困难、潜在水土流失风险多等特点,从环境保护、对重要基础设施影响、水文地质、经济效益等方面,优化线路平面布置、工程建设方案、施工组织设计,针对性开展了水土保持措施设计,提出了符合工程实际、科学合理的水土保持措施体系,可为同类工程水土保持工作开展提供借鉴。

[参考文献]

[1] 陈兰,王志刚,钱峰,等. 长江中下游岸线大型临江港区工程水土保持设计探讨[J]. 中国水土保持,2024(1):30-33.
[2] 蒲朝勇. 推动新阶段水土保持高质量发展的思路与举措[J]. 中国水利,2022(7):6-8.
[3] 李建明,王志刚,王一峰,等. 基于固体废弃物资源化利用的“无废城市”建设初探[J]. 中国水土保持,2019(7):25-29.
[4] 龚晶,陈梦华,张超. 基于水土保持的施工组织优化设计[J]. 山东水利,2013(增刊1):84-85.
[5] 姜德文,蒋学玮,周正立. 水土保持方案的核心是防治措施体系[J]. 中国水土保持,2021(8):10-13.
[6] 程冬兵,郑瑞维,张平仓,等. “排水保土”措施在生产建设项目水土保持中的应用[J]. 人民长江,2023,54(12):82-88.
[7] 程冬兵,张平仓,孙宝洋,等. “排水保土”探索与实践[J]. 人民长江,2022,53(11):47-52.

收稿日期: 2024-04-30
第一作者: 张雪(1989—),女,湖北仙桃人,工程师,硕士,主要从事水土保持规划设计研究工作。
E-mail: 287450419@qq.com
(责任编辑 李佳星)