

涿州莲池—松林店天然气输气管线项目

穿越北拒马河北支、中支及胡良河

防洪评价报告

（报批稿）

建设单位：保定天涿能源科技有限公司

评价单位：河北浩川工程设计有限公司

2023年1月

项 目 名 称：涿州莲池—松林店天然气输气管线项目
穿越北拒马河北支、中支及胡良河
防洪评价报告

批 准：何书会

核 准：李 会

审 定：杨彦军

审 查：牛彦辉

校 核：王星垚

项目负责人：赵 灿 杨彦军

参 加 人 员： 杨佳宁 宋红亮 王明磊

杜祎玮 王 鑫

工程咨询资信证书等级：甲 级

证书编号：甲032020010209

防洪评价报告主要成果简表（北拒马河北支）

项目名称	涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河工程		
所在水系	海河流域大清河水系		
位置描述	河北省涿州市东城坊镇西里池村北，河道桩号9+635		
建设项目基本情况	建设项目立项情况	2021年4月21日，取得河北省发展和改革委员会核准批复（冀发改能源核字[2021]17号）	
	建设项目防洪标准	100年一遇	
	总体布置	管径D508mm，材质为L415M钢管，单管敷设。 输气管道采用大开挖方式穿越北拒马河北支，开挖上口宽41m。管道穿越长度735.70m，管道与河道交角81°。河道主槽管顶高程16.92m，滩地管顶高程26.66~30.21m，左、右岸土埝基础下最大管顶高程分别为30.21m、30.40m。设置139组混凝土配重块进行稳管，配重块顶高程17.32m。	
河段主要指标	河道防洪标准	现状：5年一遇	规划：—
	设计水位及相应流量	水位：34.22m 流量：660m³/s	水位：— 流量：—
分析计算主要成果	工况序列	工况1：5年一遇	工况2：100年一遇
	阻水比	0	0
	壅水高度及范围	0	0
	冲淤情况	主槽冲刷深度1.18m	主槽冲刷深度3.18m 滩地冲刷深度2.49m
	其他	—	抗漂浮稳定系数8.12
消除和减轻影响措施	1、沟槽的开挖与回填应按设计规范要求执行，管道下沟后采用原河床质土分层回填压实，分层厚度不大于30cm，相对密度不小于0.93。 2、施工结束后应按现状恢复河道及两岸土埝，并对主槽岸坡及土埝迎水坡进行防护，防护长度为开挖上口线及上下游各10m。 补救工程应充分考虑上下游砂坑的影响，进行专门设计，并报经河道主管单位同意，防护措施投资计入本工程的总投资内。 3、工程完工后及时清除施工机械及施工材料，妥善处理弃土、弃渣，不得占压河道行洪断面或淤塞河道；汛前要恢复河道原貌，保证河道行洪通畅。		

防洪评价报告主要成果简表（北拒马河中支）

项目名称	涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河工程		
所在水系	海河流域大清河水系		
位置描述	河北省涿州市东城坊镇陶家屯村东北，河道桩号8+578		
建设项目基本情况	建设项目立项情况	2021年4月21日，取得河北省发展和改革委员会核准批复（冀发改能源核字[2021]17号）	
	建设项目防洪标准	50年一遇	
	总体布置	管径D508mm，材质为L415M钢管，单管敷设。 输气管道采用大开挖方式穿越北拒马河中支，开挖上口宽40m。管道穿越长度104.40m，管道与河道交角90°。河道管理范围内设计管顶高程18.01~21.45m。设置12组混凝土配重块进行稳管，配重块顶高程18.41m。	
河段主要指标	河道防洪标准	现状：退水流量25m³/s	规划：—
	设计水位及相应流量	水位：32.07m 流量：25m³/s	水位：— 流量：—
分析计算主要成果	工况序列	工况1：50年一遇	工况2：—
	阻水比	0	—
	壅水高度及范围	0	—
	冲淤情况	河道冲刷深度1.98m	—
	其他	抗漂浮稳定系数21.98	—
消除和减轻影响措施	1、沟槽的开挖与回填应按设计规范要求执行，管道下沟后采用原河床质土分层回填压实，分层厚度不大于30cm，相对密度不小于0.93。 2、施工结束后恢复河道原貌并对两岸岸坡进行防护，防护长度为开挖上口线及上下游各10m。 补救工程应充分考虑上下游砂坑的影响，进行专门设计，并报经河道主管单位同意，防护措施投资计入本工程的总投资内。 3、工程完工后及时清除施工机械及施工材料，妥善处理弃土、弃渣，不得占压河道行洪断面或淤塞河道；汛前要恢复河道原貌，保证河道行洪通畅。		

防洪评价报告主要成果简表（胡良河）

项目名称	涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河工程		
所在水系	海河流域大清河水系		
位置描述	河北省涿州市东仙坡镇沿家村西，河道划界桩号6+240		
建设项目基本情况	建设项目立项情况	2021年4月21日，取得河北省发展和改革委员会核准批复（冀发改能源核字[2021]17号）	
	建设项目防洪标准	50年一遇	
	总体布置	管径D508mm，材质为L415M钢管，单管敷设。 输气管道采用水平定向钻一钻穿越胡良河，管道穿越水平投影长度334.96m，管道与河道交角78°。入土点距河道现状、规划右岸上开口线垂直距离分别为122m、118m，出土点距河道现状、规划左岸上开口线垂直距离分别为186m、182m，河道内设计管顶高程19.21m。	
河段主要指标	河道防洪标准	现状：不足5年一遇	规划：5年一遇
	设计水位及相应流量	水位：30.73m 流量：79m³/s	水位：29.01 流量：79m³/s
分析计算主要成果	工况序列	工况1：现状50年一遇	工况2：
	阻水比	0	—
	壅水高度及范围	0	—
	冲淤情况	河道冲刷深度1.74m	—
	其他	—	—
消除和减轻影响措施	工程完工后应及时清除施工机械及施工材料，并对施工现场进行清理，妥善处理弃土、弃渣，不得淤塞河道。工程施工前应按有关规定办理相关手续。		

目 录

前 言	1
1 概述	1
1.1 建设项目背景	1
1.2 评价依据	3
1.3 技术路线	5
1.4 评价方法	6
1.5 评价标准	15
1.6 防洪影响分析范围	16
2 基本情况	18
2.1 建设项目基本情况	18
2.2 河道基本情况	29
2.3 现有水利工程与其他相关设施	33
2.4 水利规划及实施安排	33
3 河道演变	37
3.1 河道历史演变情况	37
3.2 河道近期演变分析	37
3.3 河道演变趋势分析	38
4 防洪评价分析与计算	39
4.1 设计洪水分析计算	39
4.2 洪水调度与分洪区运用	42
4.3 水力学模型计算	43
5 北拒马河防洪影响评价	48
5.1 设计洪水分析计算	48
5.2 洪水位分析计算	48
5.3 冲刷分析计算	48

5.4 河势影响分析	49
5.5 建设项目防洪安全分析	49
5.6 防洪综合评价	51
5.7 消除和减轻影响措施	55
6 胡良河防洪影响评价	57
6.1 设计洪水分析计算	57
6.2 洪水位分析计算	57
6.3 冲刷分析计算	58
6.4 河势影响分析	58
6.5 建设项目防洪安全分析	58
6.6 防洪综合评价	59
6.7 消除和减轻影响措施	62
7 结论与建议	63
7.1 结论	63
7.2 建议	64

前 言

涿州莲池—松林店天然气输气管线项目位于河北省涿州市，线路起自清凉寺街道莲池村东北，设置莲池分输站1座，整体向西南方向布设地下输气管线，于两河村南侧设置截断阀室1座，终点至松林店镇夏辛店村村西，设置松林店分输站1座。管线总长度为25.1km，管道设计输量 $3.36 \times 10^8 \text{Nm}^3/\text{a}$ ，管径D508mm，设计压力等级6.3Mpa，材质为L415M直缝埋弧焊钢管，单管敷设，工程规模为小型。

莲池分输站、松林店分输站、阀室处于小清河分洪区外，输气管线大部分处于小清河分洪区内，并穿越北拒马河、胡良河、北拒马河北支、中支及南支，根据《中华人民共和国水法》《中华人民共和国防洪法》《中华人民共和国河道管理条例》等法律法规的规定，应对建设项目进行防洪评价。受保定天涿能源科技有限公司的委托，河北浩川工程设计有限公司（以下简称“我公司”）承担了项目的防洪评价报告编制工作。

接到任务后，我公司随即组建了课题组，迅速展开了工作。首先，对项目进行了现场查勘和资料搜集，在充分掌握基本资料的前提下，依据《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则》（SL/T808-2021）要求及评价区的具体情况，开展了现场查勘和实地调研。根据小清河分洪区地形图和项目附近1:2000实测地形图，构建了一二维耦合非恒定流数值模型，进行了数值模拟计算，从项目建设对北拒马河北支、中支及胡良河行洪的影响和洪水对建设项目的影晌两方面进行了分析评价，提出了工程影响防治补救措施等。在此基础上编制完成了《涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河防洪评价报告》（送审稿）。项目规模为小型，穿越小清河分洪区及其他穿河工程另行编制防洪评价报告

报送河北省水利厅进行审批。本报告坐标系为大地2000坐标系，高程系统除注明外均为1985国家高程基准。

2023年1月10日，水利部海河水利委员会在涿州市召开《涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河防洪评价报告》审查会，并形成专家审查意见。根据专家审查意见，我公司对报告进行了补充、完善，完成了《涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河防洪评价报告（报批稿）》。

1 概述

1.1 建设项目背景

1.1.1 项目背景

河北省妥善有序推进电代煤、气代煤等清洁能源改造，严格落实补贴政策，坚决杜绝“散乱污”企业项目建设；对列入升级改造的，全面提升治理水平，达到升级改造标准加强对各级政府及有关部门大气污染治理工作考核管理，根据国务院印发的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，至2020年京津冀及周边地区依旧是大气污染防治行动重点区域。

为实现绿色发展、和谐发展的目标，把中央、省各级节能减排措施落到实处，落实好河北省、保定市大气污染防治要求，按照《涿州市大气污染防治紧急应对工作方案》及《涿州市禁煤控煤工作实施方案》规定，涿州市拟要全面实施清洁能源替代。本项目的建设能为保定地区引入清洁的天然气资源，服务于燃气市场等能源项目，符合河北省和保定市的整体环境治理要求。

项目目标区域为涿州、高碑店、定兴等燃气用户。目标市场主要为涿州市绿水农业种植有限公司、高碑店华宇燃气开发有限公司、定兴县新奥燃气有限公司等用户。

1.1.2 项目名称及建设单位

项目名称：涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、
中支及胡良河工程

建设单位：保定天涿能源科技有限公司

1.1.3 建设项目总体情况

涿州莲池—松林店天然气输气管线项目位于保定市涿州市，线路起自

清凉寺街道莲池村东北的莲池村分输站，整体向西南方向布设地下输气管线，终点至松林店镇夏辛店村村西松林店分输站，沿线依次经涿州市清凉寺街道、码头镇、东仙坡镇、百尺杆镇、东城坊镇、松林店镇共6个行政村镇，新建管线全长25.1km，管径D508mm，设计压力6.3MPa，管道设计输量 $3.36 \times 10^8 \text{Nm}^3/\text{a}$ ，工程规模为小型。管线材质为L415M，单管敷设。线路于起点设置莲池分输站1座、于终点设置松林店分输站1座，于两河村南侧设置线路截断阀室1座（1#截断阀室）。

2021年4月21日，河北省发展和改革委员会下发了《关于涿州莲池-松林店天然气输气管线项目核准的批复》（冀发改能源核字[2021]17号），工程前期工作手续陆续展开。

1.1.4 防洪评价报告编制情况

（1）委托单位及评价报告编制单位

委托单位：保定天涿能源科技有限公司

设计单位：北京东方华智石油工程有限公司

评价单位：河北浩川工程设计有限公司

（2）防洪评价报告编制情况

本工程为非防洪设施建设项目，按照《中华人民共和国河道管理条例》、《中华人民共和国防洪法》等法律法规的要求，应开展防洪评价工作。根据工程穿越位置及河道管理权限，工程穿越北拒马河北支、中支及胡良河（沿家村）段处于京冀界上下游10km河段，防洪评价由水利部海河水利委员会审批，其余涉水穿越工程由河北省水利厅审批。

受建设单位保定天涿能源科技有限公司委托，我公司承担了该项目的防洪评价工作。接到任务后，我公司随即组建了项目组，收集了大量项目所在区域的有关资料，对管线布设方案进行了深入分析研究，在与设计单位沟通的基础上，形成了初步方案。在充分掌握基本资料的前提下，依据

有关法规、规范，对分洪区设计洪水进行了分析，在分析计算的基础上，首先评价了项目位置布置的合理性，然后进一步评价了建设项目对河道、堤防、水利规划和附近其他设施等的影响以及分洪、行洪时对工程安全的影响，最后提出了工程评价意见及防治与补救措施。在以上工作基础上编制完成了《涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河防洪评价报告》（送审稿）。

2023年1月10日，水利部海河水利委员会在涿州市召开项目防洪评价审查会，并形成专家审查意见。根据专家审查意见，我公司对报告进行了补充、完善，完成了《涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河防洪评价报告（报批稿）》。

1.2 评价依据

1.2.1 依据的主要法律、法规

- （1）《中华人民共和国水法》（2016年7月2日修正版）；
- （2）《中华人民共和国防洪法》（2016年7月2日修正版）；
- （3）《中华人民共和国河道管理条例》（2018年修正版）。

1.2.2 依据的有关技术规范、规程和技术标准

- （1）《防洪标准》（GB50201-2014）；
- （2）《水利水电工程设计洪水计算规范》（SL43-2006）；
- （3）《堤防工程设计规范》（GB50286-2013）；
- （4）《堤防工程管理设计规范》（SL/T171-2020）；
- （5）《公路工程水文勘测设计规范》（JTGC30-2015）；
- （6）《水利工程水利计算规范》（SL104-2015）；
- （7）《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2013）；
- （8）《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）；

- (9) 《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）；
- (10) 《河北省河道管理范围内建设项目管理办法》（冀水河湖〔2021〕54号）；
- (11) 《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则》（SL/T808-2021）；
- (12) 《海委审批权限范围内涉河建设项目技术审查规定（试行）》（2013年）
- (13) 《河北省河道管理范围内建设项目防洪评价技术审查规定》（冀水河湖〔2021〕34号）。

1.2.3 有关规划、设计报告及参考资料

- (1) 《河北省中小流域设计暴雨洪水图集》（1985年）；
- (2) 《河北省设计暴雨图集》（2002年）；
- (3) 《海河流域综合规划（2012~2030 年）》，水利部海河水利委员会，2013 年3 月）；
- (4) 《海河流域蓄滞洪区建设与管理规划》，水利部海河水利委员会，2010年3月；
- (5) 《大清河系防洪规划报告》，中水北方勘测设计研究有限责任公司，2008年2月；
- (6) 《小清河分洪区（河北省部分）安全建设工程可行性研究报告》，河北省水利水电勘测设计研究院，2012年；
- (7) 《大河流域设计洪水复核报告》，中水北方勘测设计研究有限责任公司、河北省水利水电勘测设计研究院，2017年6月；
- (8) 《大河流域综合规划》，（海河水利委员会，2022年1月）；
- (9) 《涿州市人民政府通告》（涿政发〔2020〕39号）；
- (10) 《涿州市河道管理范围复核及水利工程管理与保护范围划定方

案》，杭州市水利水电勘测设计院有限公司，2020年2月；

（11）《涿州市胡良河清淤排涝工程可行性研究报告》，北京中水利德科技发展有限公司，2018年10月；

（12）《涿州莲池-松林店天然气输气管线项目线路勘察（初勘）工程地质勘察报告》，河北水文工程地质勘察院，2021年8月；

（13）《涿州莲池—松林店天然气输气管线项目可行性研究报告》，北京东方华智石油工程有限公司，2020年7月；

（14）《涿州莲池—松林店天然气输气管线项目初步设计》，北京东方华智石油工程有限公司，2022年1月；

（15）建设单位提供的其他有关文件、资料。

1.3 技术路线

（1）基本资料的收集与整理

计算范围内河道和小清河分洪区的有关规划、地形资料、断面资料、水文、地质等资料的收集整理；建设项目相关设计文件、图纸。

（2）现场查勘，相关部门调研

拟建项目位置处现场查勘，与有关项目设计人员及相关部门进行沟通，了解、掌握有关项目设计的详细情况及关于河道、分洪区日常防洪运用管理工作等信息。

（3）影响评价的计算分析

通过河网数学模型洪水演进计算，得到水位、流速、流场等计算成果，分析评价建设项目对北拒马河、胡良河河道行洪的影响、对河势稳定的影响、对河岸堤埝等水利工程设施的影响、对防汛抢险的影响以及分析洪水对建设项目的影晌，提出防御洪涝水的建议。

（4）编制评价报告，提出评价结论与建议

依据《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则》所要求的内

容及深度，根据影响评价计算结果，客观公正地进行防洪影响分析，编制防洪评价报告，提出减免措施、评价结论及建议。

1.4 评价方法

1.4.1 设计洪水

小清河分洪区内主要河流的设计洪水均采用已通过审查的区域规划及相关设计报告中成果，不再重新进行计算。

1.4.2 洪水位计算

1.4.2.1 河道标准

对于河道标准的低标准洪水位，采用恒定非均匀流方法。该方法能将主河槽与行洪滩地纳入一体，可以充分反映主河槽与滩地的分流情况，水力计算采用推求水面线方法。恒定非均匀流计算公式为：

$$Z_2 = Z_1 + h_f + h_j + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$$
$$h_f = \frac{Q^2 \Delta L}{K} \quad h_j = \xi \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

式中： Z_1 、 Z_2 —分别为下游断面和上游断面的水位(m)；

$\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}$ 、 $\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$ —分别为下游断面和上游断面的流速水头(m)；

V_1 、 V_2 —下游断面和上游断面平均流速(m/s)；

h_j —上、下游断面之间局部水头损失(m)；

h_f —上、下游断面之间沿程水头损失(m)；

ΔL —上、下游断面的间距 (m) ；

α —动能改正系数；

K —上、下游断面平均流量模数。

应用上式推算河段水面线时，包括计算河段的选取，横断面位置的布

置，糙率的选择和起推断面水位流量关系的确定几个环节。

1.4.2.2 50 年及 100 年一遇高标准洪水

本次小清河蓄滞洪区采用一二维嵌套的水力学模型进行洪水演进分析，根据一维河道横断面资料以及二维地形数据，利用mike软件建立一二维非恒定流耦合模型。

(1) 一维非恒定流计算原理

基本方程：

采用圣维南方程组，包括连续方程和动量方程：

$$\frac{\delta Q}{\delta x} + \frac{\delta A}{\delta t} = q \quad (1-1)$$
$$\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\delta x} + gA \frac{\delta h}{\delta x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0$$

式中：Q—流量，m³/s；

q—为侧向入流，m³/s；

A—为过水面积，m²；

h—为水位，m；

R—为水力半径，m；

C—为谢才系数；

α—为动量修正系数。

方程离散：

圣维南方程中的连续性方程和动量方程通过有限差分法进行离散，计算网格由流量点和水位点组成，其中流量点和水位点在同一时间步长下分别进行计算。计算网格由模型自动生成，水位点是横断面所在的位置，相邻水位点之间的距离可能不同，流量点位于两个相邻的水位点之间。计算网格点的分布遵循以下规则：①河段上下游端点为计算水位点；②支流入流点为计算水位点；③实测断面资料点为计算水位点；④模型根据max Δ

x值自动插入的点为计算水位点；⑤建筑物点为计算水位点；⑥两个水位点之间只存在一个计算流量点。

Mike11所用的有限差分格式为6点中心Abbott-Ionescu格式。

1) 连续方程

在连续方程中引入蓄存宽度 b_s ：

$$\frac{\partial A}{\partial t} = b_s \frac{\partial h}{\partial x} \quad (1-2)$$

从而连续方程转变为：

$$\frac{\partial A}{\partial x} + b_s \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad (1-3)$$

由公式可以看出仅流量 Q 与 x 有关，方程很容易得到以 h 点为中心的6点隐式格式。应用该离散格式，则连续方程变为：

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \approx \frac{\frac{Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^n}{2} - \frac{Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^n}{2}}{\Delta 2x_j} = q \quad (1-4)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{\Delta t} \quad (1-5)$$

b_s 近似等于

$$b_s = \frac{A_{o,j} - A_{o,j+1}}{\Delta 2x_j} \quad (1-6)$$

式中： $A_{o,j}$ —网格点 $j-1$ 与 j 之间的水面面积；

$A_{o,j+1}$ —网格点 j 与 $j+1$ 之间的水面面积；

$\Delta 2x_j$ —网格点 $j-1$ 与 $j+1$ 之间的距离。

将式（1-3）、式（1-4）带入方程（1-2）变为：

$$\frac{\frac{Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^n}{2} - \frac{Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^n}{2}}{\Delta 2x_j} + b_s \frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{\Delta t} = q_j$$

$$\text{该方程简化为 } \alpha_j + Q_{j-1}^{n+1} + \beta_j h_j^{n+1} + \gamma_j Q_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (1-7)$$

式中： α 、 β 、 γ 为 b 和 δ 的函数，其值决定于 h 点在时间 n 处及 Q 点在时间 $n+1/2$ 处的值。

2) 动量方程

动量方程集中在流量点，其网格形式为以 Q 点为中心点的差分格式，依据6点中心Abbott-Ionescu差分法，动量方程可以表示如下：

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{Q_j^{n+1} - Q_j^n}{\Delta t} \quad (1-8)$$

$$\frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} \approx \frac{\left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)_{j+1}^{n+1/2} - \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)_{j-1}^{n+1/2}}{\Delta 2x_j} \quad (1-9)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{\frac{h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n}{2} - \frac{h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n}{2}}{\Delta 2x_j} \quad (1-10)$$

对公式（1-8）中的二次项引入以下公式：

$$Q^2 = \theta Q_j^{n+1} Q_j^n - (\theta - 1) Q_j^n \quad (1-11)$$

式中： θ 角的值通过HD参数文件“默认值”中的“THETA”系数来给定，默认值为1。

$$\text{由上，动量方程可表达为： } \alpha_j + h_{j-1}^{n+1} + \beta_j Q_j^{n+1} + \gamma_j h_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (1-12)$$

其中：

$$\alpha_j = f(A)$$

$$\beta_j = f(Q_j^n, \Delta t, \Delta x, C, A, R)$$

$$\gamma_j = f(A); \delta_j = f(A, \Delta x, \Delta t, \alpha, q, v, \theta, h_{j-1}^n, Q_{j-1}^{n+1/2}, Q_j^n, h_{j+1}^n, Q_{j+1}^{n+1/2})$$

在默认的条件下，软件在一个时间步长里用两次迭代来对这些方程进行求解。初次迭代起始于第一个时间步长，第二次迭代采用第一次计算值的中心差值来进行计算。

(2) 二维非恒定流计算原理

基本方程:

Mike21FM二维非恒定流计算模块的原理基于二维不可压缩流体雷诺平均应力方程,服从布辛涅斯克(Boussinesq)假设和静水压力假设, $h=\eta+d$ 。

描述平面二维水流连续方程为:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1-13)$$

描述平面二维水流的动量方程为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h\partial p_a}{\rho_0\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \right. \\ \left. \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) + hu_sS \end{aligned} \quad (1-14)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = f\bar{u}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h\partial p_a}{\rho_0\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \right. \\ \left. \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + hv_sS \end{aligned}$$

$$h\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz \quad h\bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$

式中: $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ —基于水深平均的流速;

t—时间; x, y和z—笛卡尔坐标;

η —河底高程; d—静水深; $h=\eta+d$ —总水头;

u, v—x, y方向的速度分量; g—重力加速度; ρ —水的密度;

S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yx} 、 S_{yy} —辐射应力的分量; p_a —大气压强;

ρ_0 —水的相对密度; S—点源流量大小;

u_s 、 v_s —源汇项水流的流速。

侧向应力项包括粘滞摩擦、湍流摩擦、差异平流,其值由基于水深平均的流速梯度的涡黏性公式估算。

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + T_{xx} = 2A\frac{\partial \bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = A\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right), \quad T_{yy} = 2A\frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \quad (1-15)$$

方程求解:

计算区域的空间离散是用有限体积法 (Finite Volume Method), 将连续统一体细分为不重叠的单元, 单元可以是三角形或四边形。控制方程离散时, 结果变量U、V位于单元中心, 跨边界通量垂直于单元边。有限体积方法中法向通量的计算是, 在沿外法向建立起单元水动力模型, 并通过求解一维的问题而得到。

(3) 一二维耦合

MikeFlood是把一维模型和二维模型连接在一起, 进行动态耦合的模型系统。共有5种方式用来连接mike11和mike21, 本次用到的连接方式有标准连接、侧向连接和侧向建筑物连接。

对于非结构化网格, 标准连接方式是将连接线映射到一个或多个单元格的边上, 成为耦合线, 因此从mike21看来, 标准连接可以看做是一个边界条件。Mike21将耦合单元格边上的平均水位返回到mike11。

侧向连接的方式, 也就是说一维及二维模型连接是建立在一维水动力模型的一个分支与二维水动力模型的一些网格单元或者是FM模块的单元接口。当选择侧向连接方式时, MIKEFLOOD模型认为水流是从沿垂直于河流流动的方向流出一维模型的模拟区域, 通过一个堰流公式计算出流入到二维模型的水量。该堰的几何参数由一维河流断面岸堤几何设置及同一地点的二维地形的最高点确定的。MIKEFLOOD中提供多种堰流公式模拟不同的一个漫堤状况。

侧向建筑物连接是显式的, 在计算引擎中相当于标准连接。

各种连接方式主要是通过流域中控制水流运动的堰、闸及行洪区口门体现, 其过流流量满足水力学上的计算公式等。下面分别对闸和堰为例说明如下:

闸门计算:

闸下水流分为自由出流和淹没出流两种状态,不同状态采用不同的计算公式。

不同状态采用不同的计算公式:

当水流为自由出流时:

$$Q = C_d b w \sqrt{2g y_1} \quad (1-16)$$

其中: b —闸门宽度 (m) ;

$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1 + C_c \frac{w}{y_1}}}$$

C_c —收缩系数,一般取值在0.61~0.63。Mike11中默认值为0.63。

当水流为淹没出流时:

$$Q = \mu C_d w b \sqrt{2g (h_1 - h_2)} \quad (1-17)$$

其中: μ —淹没系数;

h_1 、 h_2 —闸上、下水位 (m) 。

堰流计算:

堰流计算公式1:

堰流计算公式1是在标准堰流公式的基础上简化得到的,表达式为:

$$Q = w \cdot c (H_{us} - H_w)^k \cdot \left[1 - \left(\frac{H_{ds} - H_w}{H_{us} - H_w} \right)^k \right]^{0.385} \quad (1-18)$$

式中: Q —过堰的流量 (m^3/s) ;

w —堰宽度 (m) ;

c —堰流系数;

k —堰流指数;

H_{us} —堰上水位 (m) ;

H_{ds} —堰下水位 (m) ;

H_w —堰顶高程 (m) 。

堰流计算公式2:

计算表达式为:

$$Q = \begin{cases} C_1 w (H_{us} - H_w) \sqrt{(H_{us} - H_w)} & (H_{ds} - H_w)/H_{us} < 2/3 \\ C_2 w (H_{ds} - H_w) \sqrt{(H_{us} - H_s)} & (H_{ds} - H_w)/H_{us} \geq 2/3 \end{cases}$$

式中: Q —过堰的流量 (m³/s) ;

w —堰宽度 (m) ;

C_1 —第一堰系数;

C_2 —第二堰系数, 其中 $C_2 = (3/2)\sqrt{g}C_1$;

H_{us} —堰上游水位 (m) ;

H_{ds} —堰下游水位 (m) ;

H_w —堰顶高程 (m) 。

1.4.3 冲刷计算

冲刷深度的计算方法很多, 本次评价根据河道特性, 冲刷计算选择了中华人民共和国行业标准《公路工程水文勘测设计规范》推荐的公式进行计算。

(1) 非粘性土河床的一般冲刷

河槽部分:

$$h_p = \left[\frac{A_d \frac{Q_2}{\mu B_{cj}} \left(\frac{h_{cm}}{h_{cq}} \right)^{5/3}}{E \bar{d}^{1/6}} \right]^{3/5}$$

式中： h_p —河槽一般冲刷深（m）；

Q_2 —河槽部分通过的设计流量（m³/s）；

B_{cj} —河槽部分桥孔过水净宽度；

μ —桥墩侧向压缩系数；

h_{cm} —河槽最大水深（m）；

h_{cq} —河槽平均水深（m）；

A_d —单宽流量集中系数，取1.0~1.2；

E —与汛期含沙量有关的系数。

$\bar{d}$ —河槽泥沙平均粒径（mm）。

采用该公式计算一般冲刷深度时，一般冲刷后墩前行近流速按以下公式计算：

$$v = E \bar{d}^{\frac{1}{6}} h_p^{\frac{2}{3}}$$

河滩部分：

$$h_p = \left[\frac{A_t \frac{Q_1}{\mu B_{tj}} \left(\frac{h_{tm}}{h_t} \right)^{5/3}}{v_{H1}} \right]^{5/6}$$

$$Q_1 = \frac{Q_{t1}}{Q_c + Q_{t1}} Q_p$$

式中： h_p —河滩一般冲刷深（m）；

Q_1 —桥下河滩部分通过的设计流量（m³/s）；

h_{tm} —河滩最大水深（m）；

h_{tq} —河滩平均水深（m）；

B_{ij} —河滩部分建筑物净过水长度（m）；

v_{HI} —河滩水深1m时非粘性土不冲刷流速（m/s）。

（2）粘性土河床的一般冲刷

河槽部分：

$$h_p = \left[\frac{A_d \frac{Q_2}{\mu B_{cj}} \left(\frac{h_{cm}}{h_{cq}} \right)^{5/3}}{0.33 \frac{1}{I_L}} \right]^{5/8}$$

式中： I_L —冲刷坑范围内黏性土液性指数，适用范围为0.16~1.19。

河滩部分：

$$h_p = \left[\frac{A_d \frac{Q_2}{\mu B_{tj}} \left(\frac{h_{tm}}{h_{tq}} \right)^{5/3}}{0.33 \frac{1}{I_L}} \right]^{6/7}$$

1.5 评价标准

评价标准依据《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）、《防洪标准》（GB50201-2014）及相关流域防洪规划分析确定，分为工程自身的防洪标准和河道标准。

1、河道标准

根据《涿州市河道管理范围复核及水利工程项目管理与保护范围划定方案》，北拒马河北支、胡良河防洪标准均为5年一遇，北拒马河中支封堵工程已完工，作为南水北调总干渠退水渠，退水流量25m³/s。

2、工程标准

根据《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013），项目

穿越北拒马河北支工程规模为大型，防洪标准为100年一遇；穿越北拒马河中支工程规模为中型，防洪标准为50年一遇；穿越胡良河（沿家村）工程规模为小型，防洪标准为50年一遇。

表1.5-1 水域穿越工程等级与设计洪水频率

工程等级	穿越水域的水文特征		设计洪水频率
	多年平均水面宽度（m）	相应水深（m）	
大型	≥200	不计水深	1%（100年一遇）
	≥100~<200	≥5	
中型	≥100~<200	<5	2%（50年一遇）
	≥40~<100	不计水深	
小型	<40	不计水深	2%（50年一遇）

表1.5-2 管道穿河段河道宽度与设计洪水频率

序号	穿越位置	河道宽度（m）	管道穿越长度（m）	穿越等级	防洪标准（a）
1	北拒马河北支	704	735.70	大型	100
2	北拒马河中支	50	104.40	中型	50
3	胡良河	24	334.96	小型	50

综上所述，本工程评价标准汇总如表1.5-3所示。

表1.5-3 项目跨越河流工程评价标准汇总表

序号	穿越河流名称	河道标准（a）	工程标准（a）
1	北拒马河北支	5	100
2	北拒马河中支	退水流量 25m³/s	50
3	胡良河	5	50

1.6 防洪影响分析范围

根据项目穿河位置，北拒马河北支、中支及胡良河（沿家村）段穿越位置处于京冀界下游10km河段，本报告仅针对由海河水利委员会审批的北拒马河北支、中支及胡良河穿越工程展开防洪评价。横向分析范围为河

道管理范围；上下游影响分析范围按不小于5倍河宽考虑，北拒马河北支为穿越位置上下游4km的河段，中支及胡良河为穿越位置上下游0.4km的河段。

2 基本情况

2.1 建设项目基本情况

2.1.1 地理位置

本项目位于保定市涿州市，沿线依次经涿州市清凉寺街道、码头镇、东仙坡镇、百尺杆镇、东城坊镇、松林店镇共6个行政村镇，工程地理位置如图2-1。

项目位于小清河分洪区的西南，莲池分输站、松林店分输站及1#截断阀室均处于小清河分洪区外，输气管道大部分处于小清河分洪区内。线路先于京广铁路下游约1.3km处穿越北拒马河，后向西北先后两次穿越胡良河，再向南依次穿越北拒马河北支、中支及南支。工程流域位置示意图见图2-2。

2.1.2 建设内容

本项目气源引自陕京三线涿州东分输站（原陕京三线41号阀室改建而成），在起点涿州东分输站北侧新建莲池分输站，线路整体向西南敷设，终点位于拟建设的松林店分输站。线路管道全长25.1km，管径D508mm，设计压力6.3MPa，管道设计输量 $3.36 \times 10^8 \text{Nm}^3/\text{a}$ ，工程规模为小型。管线材质为L415M，单管敷设。全线设置莲池分输站1座（无人值守站）、松林店分输站1座（无人值守站）及1#截断阀室1座。

莲池分输站位于河北省涿州市莲池村东北侧800m处，占地面积7855.9m²；松林店分输站位于河北省涿州市夏辛店村西侧200m处，占地面积为6015.2m²；1#截断阀室位于河北省涿州市两河村西南侧700m处，占地面积为650.8m²。站场设置详情见表2.1-1。

表2.1-1

站场阀室设置表

序号	站场名称	设计压力 (MPa)	里程 (km)	功能
2	莲池分输站	10/6.3	0	紧急截断、过滤、计量、加热、调压、分输、分输预留、发球、放空、排污
3	1#截断阀室	6.3	12.2	紧急截断、分输预留、放空
4	松林店分输站	6.3	25.1	紧急截断、收球、过滤、计量、加热、调压、分输、分输预留、放空、排污、

2.1.3 线路走向

(1) 路由选择

线路管道起于莲池分输站，路由选择上可从涿州市西侧、东侧敷设至松林店分输站，因涿州市东侧保定富瑞康有限公司已敷设管道，市场已接近饱和，故不考虑东侧敷设方案。根据新建莲池分输站、涿州市、松林店分输站等用户的相对位置，同时结合地方规划部门意见，即拟建管道应沿滨海燃气管道、陕京一线管道管廊带敷设（以下简称“管廊带”），确定最终项目路由。管道总体走向为从莲池分输站出站后向西南方向沿管廊带敷设，然后管道转向东南方向敷设至松林店分输站。

(2) 线路走向

气源引自陕京三线涿州东分输站，在起点新建莲池分输站1座（无人值守站），管道出莲池分输站后向西南敷设，随后向西北定向钻一钻穿越北拒马河，再向西至三步桥村西南，向西北方向定向钻第一次穿越胡良河，然后向西至沿家村西北，向西南定向钻第二次穿越胡良河，继续向西南至两河村西南设置1#截断阀室，出截断阀室后先向西后折向南，大开挖方式穿越北拒马河北支，再向南大开挖方式穿越北拒马河中支，后折向东南大开挖方式穿越北拒马河南支，继续向东南敷设至新建松林店分输站。

北拒马河北支、中支及胡良河（沿家村）段穿越位置处于京冀界上下游10km河段，穿越位置距上游京冀界分别为5.9km、7.3km、6.9km，本报告只针对由海河水利委员会审批的北拒马河北支、中支及胡良河穿越工程展开防洪评价。

2.1.4 穿越河流设计方案

2.1.4.1 穿越北拒马河北支设计方案

管道于西里池村北穿越北拒马河北支，对应河道桩号9+635（桩号0+000为北京与涿州分界处）。根据地质钻孔资料，穿越位置地面以下25m钻孔深度范围内地层主要为卵石，定向钻施工难度大，因此采用大开挖方式穿越，开挖上口宽度约41m。

穿越位置沿管向河道管理范围宽度为727m，管道穿越长度735.70m，穿越起点距左岸土埝外坡脚垂直距离为31m，起点坐标：X=4375924.572 Y=404726.727（经纬度115.892168，39.511929），终点距右岸土埝外坡脚垂直距离为30m，终点坐标：X=4375194.196 Y=404638.383（经纬度115.891245，39.505342）。管道与河道交角 81° 。

管道穿越河段两岸有土埝，左岸土埝处管顶高程为30.21m，土埝基础线高程为36.37m，土埝基础以下管顶埋深6.16m；穿越滩地处管顶高程为26.66~30.21m，管顶埋深6.63~10.34m；穿越主槽处管顶设计高程为16.92m，管顶埋深5.88~10.08m；管道穿越右岸土埝处最大管顶高程为30.40m，土埝基础线高程为36.60m，土埝基础下最小管顶埋深6.20m。

为克服浮力对管道的影响，设计采用混凝土配重块的稳管措施，混凝土配重块共设置139组，配重块顶高程17.32m。

2.1.4.2 穿越北拒马河中支设计方案

管道于陶家屯东北自北向南穿越北拒马河中支，对应河道桩号8+578（桩号0+000为涿州市西疃村北南水北调倒虹吸退水渠桥）。根据地质钻

孔资料，穿越沿线地层为卵石，定向钻施工难度大，采用大开挖方式（开挖范围宽度40m）穿越。

穿越位置沿管向河道管理范围宽度为57.40m，管道穿越长度104.40m，穿越起点距左岸上开口线垂直距离为18m，起点坐标为：X=4371765.560 Y=403573.420（经纬度115.879361，39.474347），终点距右岸上开口线垂直距离为29m，终点坐标：X=4371661.722 Y=403584.240（经纬度115.879502，39.473413）。管道与河道为交角为90°，河道管理范围内管顶高程为18.01~21.45m，管顶埋深10.99~11.55m。

为克服浮力对管道的影响，设计采用混凝土配重块的稳管措施，混凝土配重块共设置12组，配重块顶高程18.41m。

2.1.4.1 穿越胡良河设计方案

管道于沿家村西采用定向钻一钻穿越胡良河，对应河道桩号6+240（桩号0+000为涿州市夹河村西），穿越位置管向河道管理范围宽度为30.8m，管道穿越水平投影长度为334.96m。管道与河道交角为78°。

入土点位于河道右岸，距河道现状、规划右岸上开口线垂直距离分别为122m、118m，入土角度8°，入土点坐标：X=4378818.355，Y=408705.096（经纬度115.938024，39.538420）；出土点位于河道左岸，距河道现状、规划左岸上开口线垂直距离分别为186m、182m，出土角度8°，出土点坐标：X=4378960.045，Y=409008.611（经纬度115.941534，39.539728）。河道管理范围内管顶高程为19.21m，管顶埋深为8.41~10.15m。

管道穿越设计指标见表2.1-1。

表2.1-1

管道穿河设计指标表

序号	河道名称	穿越方式	穿越长度(m)	与河道交角	起点(入土点)坐标	终点(出土点)坐标	管顶埋深(m)
1	北拒马河北支	大开挖	735.70	81°	X=4375924.572, Y=404726.727 (115.892168, 39.511929)	X=4375194.196, Y=404638.383 (115.891245, 39.505342)	左埝: 6.16 滩地: 6.63~10.34 主槽: 5.88~10.08 右埝: 6.20
2	北拒马河 中支	大开挖	104.40	90°	X=4371765.560, Y=403573.420 (115.879361, 39.474347)	X=4371661.722, Y=403584.240 (115.879502, 39.473413)	10.99~11.55
3	胡良河	定向钻	334.96	78°	X=4378818.355, Y=408705.096 (115.938024, 39.538420)	X=4378960.045, Y=409008.611 (115.941534, 39.539728)	8.41~10.15

2.1.5 前期工作情况

2019年9月，项目启动；

2021年4月，取得河北省发展和改革委员会的核准批复，见附件；

2021年8月，河北水文工程地质勘察院完成线路初勘；

2022年1月，北京东方华智石油工程有限公司完成了项目的初步设计；

2022年11月，我公司（河北浩川工程设计有限公司）完成了该项目的防洪评价报告编制工作。

2.1.6 工程地质

(1) 地形地貌

涿州市境内地形总体特征是西高东低，地势相对平坦。全境地处太行山前倾斜区，由西北向东南倾斜，最高海拔69.4m，最低海拔19.8m，地面

坡降1/660左右。地貌形态受拒马河冲积影响，南北各有二级阶地，高差2~4m不等。

涿州市地势东南部平缓，为涿州市的平原区；东北部受小清河与永定河影响，是过去河水泛滥所造成的风沙地区，除个别沙丘外，地势走向平缓；毛家屯村、西城坊村地区，地势低凹。胡良河流域及京广铁路以西，北拒马河河间地带，由于河道下游泄水不畅，而形成泛滥洼地，为北拒马河在涿州市的主要滞洪区；北拒马河沿岸洼地，及东南部排水河道两侧，也属滞洪区。

（2）区域地质与区域稳定性

本区构造格局主要受新华夏构造体系控制，断裂活动相对较弱，属区域构造相对稳定部位。距拟建场地较近的断裂主要有定兴—石家庄断裂（F1），经实地调查，未发现因构造活动引起的地表断裂。

定兴—石家庄断裂（F1）：走向近NE，断裂东盘下降，西盘上升，该断裂Q₃晚期以来活动性不明显，沿断裂地震活动不强烈。

区域资料显示，管线穿越区内无活动性断层，未发现大型滑坡、崩塌、泥石流等不良地质现象，穿越区稳定。

（3）沿线地层及工程特性

参考区域地质资料，根据管道沿线现场钻探深度25.0m范围内揭露，管道沿线地层主要以第四系冲、洪积地层为主。

根据管道沿线及场站地貌特征、地层成因及主要出露地层情况现管线路划分为3个区段，沿线各分段工程地质条件叙述如下：

区段一（1#~12#孔间区段）：冲洪积平原区，地形平坦，地势较开阔，以农田为主，主要种植玉米，部分为林地。沿线地层以粉土、砂土为主，底部出露粉质黏土。

区段二（12#~31#孔间区段）：冲洪积平原区、拒马河二级阶地、河漫滩区域，河道两侧地形起伏较大，以林地、厂区、果园为主，上层以粉土及薄层砂土为主，下部为卵石层，河床大部分裸露，以砂卵石为主，无黏性土出露。

区段三（31#~52#孔间区段）：冲洪积平原区，河道两侧分布河漫滩地貌单元，地形平坦，地势较开阔，以农田为主，沿线地层以粉土、砂土为主，河道附近区域出露薄层粉质黏土夹层。

（4）区域地震烈度

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）(2016年版)附录A、《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），涿州市抗震设防烈度为7度，设计地震分组为第二组，地震动峰值加速度为0.15g，特征周期值为0.40s。

（5）水文地质条件

拟建管线主要为拒马河冲洪积扇孔隙淡水区。地下水类型为松散岩类第四系孔隙水。

本区处于山前平原，含水层岩性以细砂为主，厚度多小于40m，单位涌水量 $11\sim 20\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ ，而在河道密集带，含水层岩性以细中砂，卵砾石为主，厚度40~80m，单位涌水量一般大于 $20\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ 。地下水化学类型以属重碳酸盐-钙镁型水，在冲洪积扇前缘、含水层粒度变细，地下径流缓慢。

按开采条件可分为浅层地下水和深层地下水。浅层地下水主要接受大气降水补给，其次为侧向径流补给等，以人工开采消耗为主。深层地下水主要为侧向径流补给和越流补给，消耗于人工开采。

该区地下水动态主要受大气降水和工农业开采影响，动态类型为渗入—开采型，涿州市自2000年以来，地下水位持续下降，导致地下水位下降

的主要因素是区域地下水位下降和地下水超采。

2.1.7 施工方案

管道穿河工程选择在非汛期施工，穿越北拒马河北支、中支采用大开挖方式穿越，胡良河采用水平定向钻方式穿越。

(1) 定向钻穿越胡良河施工方案

1) 施工准备

施工准备如下：①进行施工测量和现场放样；②清除施工管线范围及施工场地内的所有障碍物；③复核管线设计高程、地面向程，设置地面沉降观测点；④平整管道堆放场地及运送土方和材料的道路；⑤钢管、非标设备的加工制作。

2) 导向孔钻进

开钻前先根据设计曲线绘制1:1设计曲线图，并根据设计入土角设计出每根钻杆的钻进折角，按照设计折角绘制钻进曲线，并与设计曲线比较，经过反复比较后确定最后导向孔钻进折角。

导向孔钻进过程中，实时跟踪测量，并做好记录，在穿越曲线上每隔1根钻杆设数据控制点。控向人员应与司钻人员随时沟通，确定工具面的角度和推进或钻进长度。控向人员及时绘制控向曲线，并与设计曲线、设计钻进倾斜角和方位角进行比较，及时发现问题，以便采取适当的措施进行纠正。导向钻孔示意图见图2-7。

3) 预扩孔施工

导向孔钻成后，卸掉钻头、无磁钻铤及控向系统，安装扩孔器进行预扩孔，根据地层资料及钻进时的地质情况，确定预扩孔的级别和次数。

为了避免塌孔现象发生，在扩孔过程中应根据地层地质情况，严格控

制泥浆压力、泥浆粘度和泥浆排量，易塌孔地段适当增大粘度。

预扩前，试喷泥浆，检查扩孔器水眼是否通畅，泥浆压力是否正常。在扩孔的时候，根据扩孔孔径大小情况，必要时使用中心定位扶正器扶正钻杆，防止钻杆因自重发生下沉。扩孔时应严格控制回扩速度。扩孔施工示意图见图2-8。

4) 管道回拖施工

为了减小管道回拖时的摩擦力，保证管道顺利回拖和保护管道防腐层，在回拖过程中，尽可能使管道在孔洞内保持悬浮状态，这样可以保证管道的顺利回拖。

管道回拖前，在回拖管线前端焊接牵引头，焊接应符合相关标准的规定，并且必须满焊，焊接完后进行X射线照片探伤检测，合格后才能进行管道的回拖。

管道回拖过程中，必须严格按照设计要求、规范要求和现场实际情况组织施工，并采取有利的措施保证扩孔回拖顺利进行。在管线顺利回拖的过程中，也应当采取一定的措施保护管道防腐层不被破坏。

(2) 大开挖穿越北拒马河北支施工方案

管道穿越北拒马河北支水深约为3~7.5m，深度较大，工程地质主要为卵石层透水性强，即使采用围堰抽水的施工方式也无法保证将施工区域明水抽干，因此采用带水开挖作业的施工方式。穿越段管道采用D508×10.3mm L415M PSL2直缝埋弧焊钢管，管道设计压力为6.3MPa，无通信光缆。管道穿越长度735.70m，其中有水段长度约为580m。

管沟开挖前，先进行测量放线，设置管道中心线桩和管沟边界线桩，以在管沟开挖过程中，对管道中心线和管沟边界线随时进行控制。

管道开挖时，应与相关部门密切配合，确保施工过程中的安全。河道

内采用挖沙船进行开挖作业，管沟边坡比取1: 3.5，管底宽度8m；岸坡处管沟深度大于5m时，应分台阶开挖，管沟边坡比取1: 0.75，管底宽度8m。管沟开挖过程中，应经常检查管沟开挖尺寸，确保管沟成型质量，管沟开挖完成后应进行验沟。管沟应平、直；主河床内管沟在超挖填垫达到设计标高基础上，实际中心线各点高程对于卵石层正负偏差应小于0.2m；实际管沟中心线偏移不应超过设计的0.5m；管沟最外侧的管道外壁距两侧沟壁各不小于0.5m。

管沟验收完毕满足要求后才允许管段下沟就位。管线就位相对设计中心线偏差不超出上、下游侧各0.5m。管沟沟底应平整，管道下沟后允许悬空长度不超过5m。管沟就位建议架设走线吊装，潜水员辅助就位。

根据现场场地情况，穿越管段分三段进行预制，第一分段：右岸弯管+部分河床直管段；第二分段：剩余河床直管段；第三段：左岸弯管段。两岸段的预制长度以热煨弯管加上直管段高出水面1m为准。

根据现场实际情况，采用抓斗式挖砂船进行开挖。挖出土石方利用驳船运至河岸集中堆放。堆放位置必须得到当地河务、水利部门的允许，以免影响河水的正常流量和影响到防洪、泄洪。

穿越管段组装前，在沿管道安装中心线的延长线上铺设 $\delta=8\text{mm}$ 的钢板，以防施工便道的石块、砖块等硬质物损伤防腐层。

利用吊车和挖掘机将第一分段吊放至牵引浮船上，用吊管机将第二分段运至岸边，前端放在浮船上，将第二分段与第一分段对接，焊道无损检测、防腐补口、防腐层保护合格后用右岸的吊管机配合左岸的卷扬机进行穿越管段的发送；当发送管段的末端到达组装浮船时停止牵引，利用吊车将第三分段吊至浮船上，进行第三分段与第二分段的对接，焊接完成后进行焊缝的无损检测、防腐和保护。

穿越管段调整到设计位置后，利用两岸的吊车和挖掘机进行扶正，保持两岸段管段保持垂直。然后向管内缓慢注水使穿越管段缓慢沉入沟底。当管线稳定后潜水员下水进行检查，若偏离中心线超差，利用挖泥浮船进行调整。穿越管段就位合格后，向两岸弯管处抛投砂袋，由潜水员码放将两岸段管段固定，并用两岸的卷扬机锚拉，使其保持垂直状态，然后撤离吊车、挖掘机。

稳管采用水下混凝土配重块覆盖，混凝土覆盖层的浇筑采用导管法进行浇筑。河床段管道就位安装合格后，进行河道两岸管线的安装。

卵石地段应先进行管沟的细土回填，之后进行压重块的安装，管顶再回填细土，最后采用原状土回填至河道底。管道施工完毕后应按原貌恢复河道，不得改变岸坡自然形态。

(3) 大开挖穿越北拒马河中支施工方案

管道穿越北拒马河中支采用围堰、抽水后大开挖的施工方式。穿越段管道采用D508×10.3mm L415M PSL2直缝埋弧焊钢管，管道设计压力为6.3MPa，无通信光缆。管道穿越长度104.40m，其中有水段长度约为45m。

在距离管道中线30m处附近分别设置上下游围堰，围堰顶高出水面1m，顶宽2m，围堰坡比取1:1，围堰内设置土工布用于止水，围堰长度视施工时水面宽度确定。

管沟开挖前，先进行测量放线，设置管道中心线桩和管沟边界线桩，以在管沟开挖过程中，对管道中心线和管沟边界线随时进行控制。

管道开挖时，应与相关部门密切配合，确保施工过程中的安全。管沟深度大于5m时，应分台阶开挖，管沟边坡比取1: 0.75；管沟底宽度2.5m。管沟开挖主要使用挖掘机和推土机，所有挖出的弃土尽量堆放在河道两侧的作业带上，开挖过程中，每开挖一层就在其边侧修筑集水坑，使用土工

布铺垫并使用水泵将其中的水抽出。开挖过程中，采用水泵及时将所有的
水排到下游河流中。

管沟开挖完毕后，进行管道组装焊接，并进行无损检测、补口、补伤
等工作。

由于河道地段地质为卵石层较为松散，易产生塌方，在进行施工作业
时需采取必要的防塌措施。

混凝土压重块的预制应在管沟开挖前完成，开挖下沟完成后，需先进
行管道埋深和防腐检漏，合格后包裹胶皮，再进行压重块安装。卵石地段
应先进行管沟的细土回填，之后进行压重块的安装，管顶再回填细土，最
后采用原状土回填至河道底，安装工作采用挖掘机配合。

管沟采用挖掘机进行回填，管道施工完毕后应按原貌恢复河道，不得
改变岸坡自然形态。

2.1.8 施工工期安排

施工期自2023年1月至2023年11月，总工期11个月。

- (1) 2023年1月，线路工程施工准备；
- (2) 2023年3月～2023年4月，穿越河道工程施工；
- (3) 2023年4月～2023年6月，站场工程施工；
- (4) 2023年2月～2023年10月，一般段线路工程施工；
- (5) 2023年11月，工程验收。

2.2 河道基本情况

2.2.1 自然地理

本项目位于海河流域的大清河水系。大清河水系地处海河流域中部，

东经 $113^{\circ} 39'$ ~ $117^{\circ} 34'$ ，北纬 $38^{\circ} 10'$ ~ $40^{\circ} 102'$ 之间。西起太行山，东临渤海湾，北临永定河及海河干流，南界子牙河。流域跨山西、河北、北京、天津4省市，流域总面积 42972km^2 ，其中山区 18602km^2 ，丘陵、平原 24370km^2 ，分别占流域总面积的43%和57%。

大清河是海河流域较大的河系，源于太行山的东麓，上游及中上游为扇形分布的支流河道，分为南北两支。北支为白沟水系，主要支流为小清河、琉璃河、南拒马河、北拒马河、中易水、北易水等。拒马河在落堡滩分流为南、北拒马河，北易水、中易水在北河店汇入南拒马河，小清河、琉璃河在东茨村以上汇入北拒马河后称白沟河。南拒马河和白沟河在高碑店市白沟镇附近汇合后，由新盖房枢纽经白沟引河入白洋淀、经新盖房分洪道和大清河故道进入东淀。南支为赵王河水系，为典型的扇形流域，发源于山区的潞龙河、唐河、清水河、府河、漕河、瀑河、萍河等，均汇入白洋淀。白洋淀为大清河中游的缓洪滞沥淀泊，通过赵王新河与同样位于大清河中游的东淀相连。东淀下游分别经海河干流和独流减河入海。

2.2.2 水文气象

区域属暖温带半湿润季风区，大陆性季风气候特点显著，温差变化大，四季分明。春季日照时数逐渐延长，地面增温快，内陆低气压活动频繁，多风、干燥。夏季受北太平洋副热带高压影响，海洋吹向大陆的夏季风盛行，湿热多雨。秋季受太平洋副热带高压中心东移，西风盛行，暑热消退，气温逐渐下降，气层比较稳定，常出现“云淡、风清、天高、气爽”的天气。冬季受蒙古强高压的影响，自内陆吹向海洋的西北风盛行，雨雪稀少，寒冷干燥。

涿州市多年平均降雨量 567.8mm ，年平均气温 11.6°C 。7月份温度最高，

月平均温度为 26.1°C ，最高温度 41.9°C 。1月份气温最低，月平均温度 -5.4°C ，极端最低气温 -24.7°C 。无霜期多年平均为178天，最大冻土深度75cm，全年平均日照时数2596h，在河北省山麓平原中，比其它地区日照时数多69h。

2.2.3 河道概况

(1) 北拒马河

拒马河是大清河水系北支的主要河流，发源于河北省保定市涞源县西北部，向东流经涞源县、易县、涞水县山区，至涞水县北的铁锁崖流出山区。自铁锁崖分为两支，其北支东流至北京市房山区镇江营村东入涿州境，流经百尺竿、东城坊、孙庄、松林店，穿永济石桥和永乐铁路桥至白沟河北端，即涿州境内的二龙坑，称为北拒马河，全长54km。

北拒马河自北京市房山区镇江营以下又分成北、中、南三个河汉。中支在涿州市西沙沟村与北支汇合、南支在涿州市县城西北坛村与北支汇合。北拒马河地势平缓，在京广铁路桥以西河道弯曲，漫滩行洪，河床摇摆不定，形成大片洼套，历史上又称千河套。

北拒马河北支西起小河子坝，东至107国道，流经兰家营、观仙营、普利庄、泗各庄、演武庄等村，至涿州市西沙沟村、北坛村与东流的两外两支主要支流汇合，三支汇合后流向东北至永济铁路桥。北支长21.568km，河宽71~1129m，其中小兰家营附近河面最宽约1129m，太平庄附近河面最窄约71m，河道纵坡约为0.8‰，河道为弯曲型河道，砂卵石河床。

北拒马河中支从镇江营至小兰家营河段与北支窜流，从西城坊、宋家营间向东流经东城坊边各庄，在西沙沟村东汇入北支。中支在涿州市境内河道长度为14.042km，河床纵坡约为1.9‰，中上游河床分支较多，河

床宽度39~132m左右。河道为弯曲型河道，砂卵石河床。

（2）胡良河

胡良河发源于北京市房山区，该河由涿州市夹河村入涿州市境，自西北流向东南经百尺竿、东仙坡镇诸村，流至码头镇的辛家街村西南，汇入北拒马河，总流域面积205.2km²，其中平原区占70%以上。该河道自北京界至北拒马河入口处全长17.489km，河槽深2~4m，宽6~38m，纵坡在1/710~1/6450之间。

项目周边河流分布见图2-10。

2.2.4 交叉位置附近河道特征

（1）北拒马河北支

管道于西里池村北穿越北拒马河北支。穿越位置河道走向自西向东，河宽约704m，因采砂取土等活动，河底高低不平，河道内存在多处深坑。管线穿越位置主槽宽约620m，河道两岸有土埝，左岸土埝顶高程39.70m，宽约2m，高2.5m，边坡1:1；右岸土埝顶高程38.80m，顶宽0.8m，高约2.0m，边坡1:1。交叉位置河道现状见图2-11。

（2）北拒马河中支

管道于陶家屯村北穿越北拒马河中支。该段河道走向为自西向东，河道两岸无堤。交叉位置现状河宽约50m，河底高程29.0m左右，深约9m；交叉位置下游约70m处河底较高，河底高程31.0m左右，该段河道长约110m；再向下游为一深坑，最大深度约16m，最低河底高程22.10m。交叉位置河道现状见图2-12。

（3）胡良河

管道于沿家村西穿越胡良河，交叉位置河道走向为西北~东南向，河

道两岸无堤，现状河宽约24m，河底高程27.62m，两岸为林地，左岸高程29.30m左右，右岸高程29.40m左右，河内有水，水深约1m。交叉位置河道现状见图2-13。

2.3 现有水利工程与其他相关设施

(1) 主要水利工程

北拒马河北支、中支交叉位置上游8.49km、8.78km为南水北调穿河倒虹吸。

(2) 其他相关设施

陕京一线：陕京一线于西里池村和陶家屯穿越北拒马河北支和中支，与北支交叉位置位于本工程上游约240m处，河道范围内管道埋深5.68~11.2m；与中支交叉位置位于本工程下游约106m处，河道附近管道埋深2.39~5.41m。

滨海燃气：于陕京一线并行穿越北拒马河北支和中支，与北支交叉位置位于本工程上游约290m处，与中支交叉位置位于本工程下游约160m处。

胡良河穿越位置上游约40m处有陕京一线并行穿越胡良河，河道附近管道埋深2.08~2.32m。

2.4 水利规划及实施安排

2.4.1 《涿州市胡良河清淤排洪工程可行性研究报告》

胡良河整治标准为5年一遇，通过河道清淤、改建桥梁等工程措施，提高河道行洪能力。

管道穿越河段的整治内容主要为：河道设计纵坡1/2786，按梯形断面对河道进行扩挖，设计底宽17m，两岸边坡均为1:2，岸顶至现状岸顶高

程，常水位以上岸坡撒播草籽进行绿化。管道穿越位置设计河底高程25.66m，河道上口宽约33m。

2.4.2 河道管理范围划界

2.4.2.1 北拒马河北支、中支河道管理范围

根据《涿州市人民政府通告》（涿政发〔2020〕39号），管道穿北拒马河北支所在河段为京涿界～京广铁路桥段，划界原则为未进入分洪区段按5年一遇洪水位划定，有堤（埝）段按堤（埝）外堤脚向外10m划定，进入分洪区段按转换原河道管理范围线坐标成果划定，有堤（埝）段按堤（埝）外堤脚向外10m划定，紧邻村庄段按构、建筑物外边界划定；管道穿北拒马河中支所在河段为西瞳村～入北拒马河河口段，划界原则为按25m³/s退水位划定。详见表2.4-1。

表2.4-1 北拒马河管理范围复核划定表

河道名称	起止地点	管理范围边界		
		堤（岸）	长度（km）	管理范围划定情况
北拒马河北支	京涿界～京广铁路桥	左岸	19.264	未进入分洪区段按5年一遇洪水位划定，有堤（埝）段按堤（埝）外堤脚向外10米划定；进入分洪区段按转换原河道管理范围线坐标成果划定，有堤（埝）段按堤（埝）外堤脚向外10米划定；紧邻村庄段按构、建筑物外边界划定
		右岸	22.228	
		河心滩 a	4.461	
		河心滩 b	2.122	
		河心滩 c	4.411	
北拒马河中支	西瞳村～入北拒马河河口	左岸	14.233	按 25m ³ /s 退水位划定
		右岸	14.290	

根据北拒马河管理范围划定成果，项目附近北拒马河管理范围坐标见下表。

表2.4-2 项目附近北拒马北支河管理范围坐标表（2000坐标）

河道名称	点名	纬度 X	经度 Y	点名	纬度 X	经度 Y
北拒马河北支	Z89	39.512609	115.886519	Y97	39.507781	115.883330
	Z90	39.512366	115.886944	Y98	39.507633	115.884453
	Z91	39.511969	115.888028	Y99	39.507486	115.885574
	Z92	39.511877	115.888689	Y100	39.506722	115.886168
	Z93	39.512163	115.889243	Y101	39.506354	115.886844
	Z94	39.512434	115.889926	Y102	39.506104	115.887835
	Z95	39.512308	115.890414	Y103	39.505880	115.888866
	Z96	39.512191	115.891008	Y104	39.505688	115.889884
	Z97	39.512057	115.891619	Y105	39.505456	115.891004

表 2.4-3 项目附近北拒马中支河管理范围坐标表（2000 坐标）

河道名称	点名	纬度 X	经度 Y	点名	纬度 X	经度 Y
北拒马河中支	Z97	39.474144	115.878758	Y92	39.473477	115.878584
	Z98	39.474201	115.879607	Y93	39.473709	115.879623
	Z99	39.474279	115.880491	Y94	39.473535	115.880763
	Z100	39.474043	115.880839	Y95	39.473429	115.881917
	Z101	39.474230	115.881675	Y96	39.473426	115.883078
	Z102	39.474598	115.882609	Y97	39.473482	115.884046
	Z103	39.474960	115.883511			
	Z104	39.475310	115.884382			

2.4.2.2 胡良河河道管理范围

根据《涿州市人民政府通告》，管线穿胡良河所在河段为夹河村～入北拒马河河口段，河道管理范围复核及划定原则为：河坎向外3m，紧邻村庄段按构、建筑物外边界划定。

管道穿胡良河河道管理范围复核划定表及项目所在河段胡良河河道管理范围坐标见下表。

表2.4-4 胡良河管理范围复核划定表

河道名称	起止地点	管理范围边界		备注
		堤（岸）别	长度（km）	
胡良河	夹河村-入北拒马河河口	左岸	17.747	河坎向外 3 米；紧邻村庄段按构、建筑物外边界划定
		右岸	17.721	

表2.4-5 项目附近胡良河管理范围坐标表（2000坐标）

河道名称	点名	纬度 X	经度 Y	点名	纬度 X	经度 Y
胡良河	HZ148	39.539442	115.939150	HY151	39.539411	115.938838
	HZ149	39.538917	115.939704	HY152	39.538744	115.939407
	HZ150	39.538641	115.939719	HY153	39.538228	115.939279

管线穿越的北拒马河北支、中支无相关河道整治规划。

3 河道演变

3.1 河道历史演变情况

北拒马河位于涿州市城区西侧，是小清河分洪区承接拒马河洪水的主要河流。北拒马河呈现河套特征，拒马河自铁索崖分为南拒马河和北拒马河，北拒马河自上游北京市境内又分为北支、中支和南支3股河道，东流从不同位置进入涿州市境内，其中北支为主支，流经兰家营、观仙营、普利庄、泗各庄，到演武庄村南，与中支汇合后流向涿州市城区西北的北坛村，后流向东北，在小清河分洪区内穿永济桥到永乐铁路桥；南支由镇江营分出后自涿州市的西瞳、横岐间向南流，至孙家庄向东折，至松林店、房树村西北折，沿涿州市城区西侧在大石桥村南与北支汇合。

由于地势低洼影响，三支河道洪水流路分散，河与套交替，行洪能力差，防洪标准极底。北拒马河地势平缓，在京广铁路桥以西河道弯曲，漫滩行洪，河床摇摆不定，形成大片洼套，历史上又称千河套。

胡良河古称垣水，因多年河道变迁，今已非旧迹。胡良河发源于北京市房山区，在房山区内称泉水河，由夹河村入涿州境内，于张村西南汇入北拒马河。下游“胡良套”常受洪涝灾害，历史上该河常年有水，在百尺杆有丰富的泉水溢出。近年来，由于水源减少，用水紧张，胡良河濒于干枯。

3.2 河道近期演变分析

近年来，河道无序采砂沿北拒马河三支河道形成大量废弃沙坑，沙坑总面积达9.0km²。现状沙坑很不规则，深浅各一、大小不同，坑与坑之间有的间隔宽度很小，甚至几乎连通，有的因乡间漫水路的存在未被挖通，

相隔间距稍大，形成杂乱的沙坑群。坑与坑之间的间隔段土质组成为河道沉积的砂砾土石混合物，十分松散，抗冲能力差，极易溃决，对小清河分洪区和涿州市的城市防洪构成威胁。北拒马河中支根据规划现已实施封堵，作为南水北调总干渠的退水渠，若发生高标准洪水，南北中三支发生串流，中支也承担行洪任务。

胡良河为蜿蜒型河流，较为稳定，由于上游来水来沙条件和下游侵蚀基面基本没有发生大的变化，河道基本处于微冲微淤，冲淤交替变化的相对平衡状态，自然状态下，河道基本不会发生大的冲淤变化。

3.3 河道演变趋势分析

北拒马河北支长21.568km，河宽71~1129m，其中小兰家营附近河面最宽约1129m，太平庄附近河面最窄约71m，河深约6~18m，河道纵坡0.8‰，河道为弯曲性河道，砂卵石河床。中支在涿州市境内河道长度为14.042km，河道纵坡约为1.9‰，中上游河床分支较多，河床宽度39~132m，河道为弯曲性河道，砂卵石河床。南支河道长约30km，河宽20~747m，深为4~23m，河道为弯曲性河道，砂卵石河床。胡良河自北京界至北拒马河入河口全长17.489km，河道深2~4m，宽6~38m，纵坡在1/710~1/6450之间，现状行洪能力不足28m³/s，河道为弯曲性河道，土质河床。本工程为地下穿越工程，不改变河道行洪断面，工程建设不会造成河道发生大的演变。

根据《涿州市胡良河清淤排涝工程可行性研究报告》，规划对胡良河原有河道进行扩挖、扩宽，对严重阻水的漫水桥，简易桥进行改建，增大河道过流能力，达到5年一遇标准，使河道洪水能够安全下泄。本工程为地下穿越工程，不改变河道行洪断面，工程建设不会造成河道发生大的演变。

4 防洪评价分析与计算

输气管线大部分位于小清河分洪区，穿越的北拒马河北支及胡良河河道防洪标准仅为5年一遇，超5年一遇标准洪水，小清河分洪区启用。管道穿越河道的设防标准分别为100年及50年一遇，因此对于高标准洪水，本次采用一二维嵌套的水力学模型进行小清河分洪区的洪水演进分析，利用mike软件建立一二维非恒定流耦合模型。

4.1 设计洪水分析计算

4.1.1 小清河分洪区设计洪水

小清河分洪区内洼淀遍布，涿州市区西部有千河套，北部为胡良套，东部有刁窝套和涿同套，这些洼套与东部小清河分洪区一起统称小清河分洪区，是国务院批准的海河流域的重点蓄滞洪区之一。

小清河分洪区内主要河流有北拒马河、胡良河、琉璃河（大石河）、小清河4条河流。其中，北拒马河、大石河有实测洪水资料，采用频率计算方法分析设计洪水，胡良河、小清河无实测流量资料，采用设计暴雨途径间接计算设计洪水。

（1）拒马河张坊站设计洪水

拒马河在出山口张坊镇设有张坊水文站，控制流域面积4810km²。2013年，根据水利部统一部署，水利部海河水利委员会组织启动了海河流域设计洪水复核工作。在流域设计洪水复核工作基础上，水利部海河水利委员会编制完成了《大清河流域设计洪水复核报告》，并以海规计函〔2017〕17号印发。本次直接采用这一成果。张坊站设计洪水成果见表3.1-1。

表3.1-1 张坊站设计洪水成果表

项目		均值	Cv	Cs/Cv	P(%)		
					1	2	5
洪峰 (m³/s)		1400	1.95	2.5	13800	10400	6300
洪量 (亿 m³)	1d	0.50	1.90	2.5	4.80	3.64	2.22
	3d	0.92	1.85	2.5	8.59	6.54	4.04
	6d	1.28	1.70	2.5	10.92	8.44	5.39
	15d	1.80	1.50	2.5	13.41	10.58	7.06

(2) 北拒马河设计洪水

拒马河在涞水县铁索崖以下分为南拒马河和北拒马河两支，南北、拒马河分流口附近分别设有南、北落宝滩水文站。南、北拒马河设计洪量以张坊站设计洪量为基础，通过统计分析采用比例法推求。《南拒马河防洪治理工程可行性研究报告》（2018）对南拒马河（南落宝滩站）不同设计频率的分流比进行了分析，南落宝滩占张坊的比例分别为：一日洪量 33%，三日洪量 36%，五日洪量 38%。根据上述的比例关系和张坊站设计洪量成果，分别计算出南、北拒马河的设计洪量。北拒马河设计洪水成果详见表 3.1-2。

表3.1-2 北拒马河设计洪水成果表

项目		不同频率设计值			
		1%	2%	5%	20%
洪峰 (m³/s)		9313	7036	4322	990
洪量(亿 m³)	1d	3.879	2.955	1.822	0.51
	3d	7.29	5.574	3.484	1.00
	6d	9.132	7.095	4.583	1.48

北拒马河在镇江营以下先后分为南支、北支和中支，根据北京市水利水电勘测设计研究院调查，“63.8”洪水时，在镇江营附近南支和北支的分流比为0.34和0.66，其中北支以下又分为两支，即中支和北支，两支分流比为0.42 : 0.58。北拒马河中支已封堵，对5年一遇的低标准洪水，利用北支和南支行洪。但遇高标准洪水时，南、北支将漫流行洪，三支河流洪

水发生串流，中支也将承担分洪任务。

(3) 琉璃河设计洪水

琉璃河有1964~2000年径流观测资料，本次采用水利部天津勘测设计院根据实测径流系列分析的成果，见下表。

表3.1-3 大石河流域设计洪水成果

类别	特征值			不同频率设计值		
	均值	Cv	Cs/Cv	1%	2%	5%
洪峰(m ³ /s)				5000	3577	2355
三日洪量(亿 m ³)	0.25	1.55	2.5	1.93	1.51	1.00

(4) 小清河及胡良河设计洪水

小清河流域位于北京市西南郊永定河右岸，流域面积406km²。包括小清河、哑叭河、刺猬河3条主要河流。流域地势西北高，东南低。

胡良河为北拒马河的一条支流，发源于拒马河北岸张坊镇北部的丘陵山区，于涿州市城区东北入北拒马河。流域面积205.2km²，其中平原面积占70%以上。

2006年《涿州市城市防洪规划及列入小清河分洪区安全建设影响分析报告》中，胡良河、小清河采用设计暴雨途径计算设计洪水，本次50年、100年一遇设计洪水直接采用该分析报告中的洪水成果；胡良河5年一遇设计洪水直接采用已审批的划界报告的成果，即5年一遇洪峰流量79m³/s。

表3.1-4 小清河、胡良河流域洪峰流量采用成果表 单位：m³/s

分区名称	100 年	50 年	20 年
小清河	1220	876	593
胡良河	970	689	420

(5) 设计洪水过程线

北拒马河、大石河不同频率设计洪水过程线由1963年典型过程线缩放得到。小清河、胡良河采用概化过程线计算设计洪水过程线。

4.1.2 永定河向小清河分洪洪水

按照《永定河防御洪水方案》，遇100年一遇洪水，卢沟桥拦河闸控泄 $2500\text{m}^3/\text{s}$ ，其余洪水经小清河分洪闸入大宁水库，经大宁水库与稻田水库和马厂水库联调后，大宁水库泄洪闸控制下泄 $214\text{m}^3/\text{s}$ 入小清河分洪区。200年一遇洪水，卢沟桥拦河闸控泄 $3000\text{m}^3/\text{s}$ ，其余洪水经小清河分洪闸控制进入大宁水库，由于超过水库承受能力，为保水库大坝安全，大宁水库泄洪闸需敞泄，最大泄量 $3130\text{m}^3/\text{s}$ 入小清河分洪区。

小清河分洪区分洪洪水组合方式为：小清河分洪区50年一遇洪水时，永定河大宁水库100年一遇洪水向小清河分洪区分泄流量为 $214\text{m}^3/\text{s}$ ；小清河分洪区100年一遇洪水时，永定河大宁水库200年一遇洪水向小清河分洪最大分泄流量为 $3130\text{m}^3/\text{s}$ 。

4.2 洪水调度与分洪区运用

按照《大清河洪水调度方案》，小清河分洪区（含北拒马河洼套）的作用是分泄永定河超标准洪水和缓蓄本地洪水。小清河分洪区的调度运用原则为：20年一遇标准下，主要滞蓄本河系支流洪水与涝水，包括小清河流域的哑叭河、刺猬河、琉璃河山区洪水和拒马河经北拒马河南北支下泄的洪水以及当地涝水。50年一遇标准下，不仅要滞蓄本河系洪涝水，更主要是承接永定河100年一遇洪水情况下的分洪水量 $214\text{m}^3/\text{s}$ 。永定河遇200年一遇超标准洪水，大宁水库向小清河分洪区敞泄，最大泄量约 $3130\text{m}^3/\text{s}$ 。

4.2.1 标准洪水调度方案

大清河北支设计标准以下洪水安排如下：

- （1）小清河洪水及永定河分泄洪水应尽量控制在小清河以东。北拒

马河洪水充分利用当地洼套缓洪、滞洪，减轻白沟河泄洪压力。

(2) 白沟河东茨村保证水位28.61m（大沽高程）。当河道水位达到保证水位且继续上涨危及左堤安全时，视险情在田宜屯或东务村附近破白沟河右堤向兰沟洼分洪。必要时，放弃小营横堤分洪入兰沟洼。

4.2.2 超标准洪水调度方案

大清河北支超标准洪水调度方案如下：

(1) 当永定河大宁水库向小清河分洪区分洪时，为减少洪灾损失，利用古城小埝及白沟河左堤（上延段）将洪水控制在白沟河左堤以西；

(2) 当大清河北支发生超标准洪水时，首先利用兰沟洼滞洪，若兰沟洼东马营最高滞洪水位达到 18.9m（大沽高程），且继续上涨危及白沟河左堤安全时，在十里铺附近破白沟河左堤向清北地区分洪，并尽量将洪水控制在牯牛河以西地区。

4.3 水力学模型计算

4.3.1 模型计算范围与地形剖分

(1) 计算范围

本次评价模型的计算范围，西起北京房山区京港澳高速和涿州市山前高地，北起大宁水库，东至永定河右堤，南至古城小埝及小营横堤，包括区间的小清河、琉璃河、胡良河、北拒马河和小清河行洪区，计算面积683.8km²，详见图4-1。

(2) 模型的概化

一维河道模型的概化：以小清河、刺猬河、哑叭河和琉璃河河道各个过水断面的水位、流量过程为重点，采用一维算法进行模拟。利用河道横

断面资料建立一维河道模型，以左、右岸堤线作为河道的两岸边界线。小清河起点为大宁水库，终点为白沟河东茨村，计算河段全长40km，共74个断面；刺猬河上起京港澳高速，下至小清河入口，全长9.8km，共16个断面；哑叭河上起京港澳高速，下至小清河入口，全长3.9km，共11个断面；琉璃河上起马各庄村，下至北拒马河入口，全长约40km，共34个断面，各横断面之间的间距250~1000之间不等。河道概化基本信息见表4.3-1，河道概化截图见图4-2。

表4.3-1 河道概化基本信息

序号	河道名称	河段	计算河段长度 (km)	断面数 (个)	断面平均间距 (m)	测量年份
1	小清河	大宁水库-东茨村	40	74	550	北京市内为 2010 年，河北省内为 2003 年
2	刺猬河	京港澳高速-入小清河河口	9.8	16	600	规划断面
3	哑叭河	京港澳高速-入小清河河口	3.9	11	350	规划断面
4	大石河	京广铁路-入北拒马河	34.0	34	1000	实测断面

(3) 区域地形剖分

本次模型计算采用三角形非结构网格，最大单元面积235539m²，并对河流和重点模拟区域进行加密处理，最小单元面积为28m²。通过以上网格划分和处理，模型范围内设置了33882个结点，65908个单元。网格划分结果见图4-3。根据分洪区地形、北拒马河上游河道地形以及涿州桥至东茨村段的横断数据等地形资料，建立分洪区及河道地形模型，见图4-4。

4.3.2 模型参数及边界条件

(1) 糙率

糙率是反映地面阻水状况的一个综合参数，它与地面的粗糙程度及地

表构筑物有关。本次计算根据以往模型计算的经验，视网格内的河道状况、作物组成、村庄分布以及树丛、道路、堤埝分布等情况综合确定。详见表4.3-2。当计算单元内有两种或两种以上覆盖物时，按取值原则综合选取。

表4.3-2

二维模型计算糙率取值表

序号	类型	糙率
1	房屋	0.1
2	果林	0.065
3	条田、台田	0.065
4	河床	0.035

(2) 模型边界条件

上游边界条件：上边界条件也称模型的入流条件。入流包括北拒马河、大石河、胡良河、小清河、刺猬河和哑巴河等河流来水。入流洪水过程按照张坊与东茨村同频率，其他河流相应的原则进行组合。

下游边界条件：遇设计标准及其以下洪水时，小清河分洪区标准内洪水的出流口为白沟河，位于白沟河东茨村附近，按设计流量 $3200\text{m}^3/\text{s}$ 泄洪；当白沟河东茨断面流量超过 $3200\text{m}^3/\text{s}$ 时，破东务口门进行分洪，当东茨村水位继续上涨时，扒小营横堤进行分洪，口门宽度 300m 。白沟河东茨村断面水位泄量关系见表4.3-3。

路堤及桥涵：模型范围内现有107国道、京广铁路、京港澳高速、京白公路等多条重要交通道路。模型中道路路面高程均按实际测量高程输入模型。道路上现有的大型桥梁按实际尺寸放入模型，小型桥涵进行适当概化。现有大中型桥梁技术指标见下表。

表4.3-3 白沟河东茨村断面水位泄量关系

序号	流量 (m³/s)	水位 (m)	备注
1	0	21.0	
2	100	22.23	
3	500	24.243	
4	700	24.881	
5	900	25.461	
6	1100	25.944	
7	1600	26.764	
8	2100	27.422	
9	2600	28.082	
10	3100	28.573	
11	4100	29.439	
12	5100	30.203	
13	6100	30.89	
14	8100	32.122	
15	10100	33.197	

表4.3-4 跨河桥梁统计表

名称	位置	桥底高程 (m)	桥面高程 (m)	桥长 (m)	备注
涿州桥	107 国道过北拒马河公路桥	32.2	33.7	497	已建
大石桥	涿州市大石桥村南北拒马河上	29.75-31.47	33.0	107.7	已建
京广铁路桥	京广铁路跨北拒马河铁路桥	32	34	310	已建
北拒马河大桥	京白公路跨北拒马河公路桥	30.68	32.28	600	已建
大石河京广铁路 桥	大石河京广铁路桥	31.7	33.7	198	已建
挟河桥	107 国道跨夹括河桥 (三河庄以南)	31.5	32.8	60	已建
琉璃河南桥	107 国道跨夹括河桥 (琉璃河镇以西)	29.9	30.7	19.5	已建
琉璃河桥	107 国道跨胡良河桥	34.5	36.1	390	已建
大石桥	京港澳高速跨大石河桥	33.1	34.6	660	已建
北拒马河桥	京港澳高速跨北拒马河大桥	31.6	33	725	已建

4.3.3 计算方案

小清河分洪区北京市房山区境内的河流包括小清河、哑叭河、刺猬河、大石河和胡良河，其中小清河京冀省界上游左堤防按20年一遇进行了治理，右堤按50年一遇进行了治理；哑叭河右堤按50年一遇进行了治理，左堤按20年一遇进行了治理；刺猬河已经按50年一遇进行了治理；大石河京广铁路以上已按10年一遇治理完成。小清河左堤上的分洪口门、退水口门也已建成，河北省境内规划的防洪工程（涿州西防洪堤、北拒马河右堤、小清河治理工程、涿全安全区、村庄搬迁）均未实施。河北省境内小清河分洪区现状堤防不完整，涿州城西北拒马河南支右堤基本无正式堤防，依靠107国道挡水。小清河分洪区设计标准为50年一遇，管线穿河防洪标准为50年及100年一遇，本次模拟50年及100年一遇两个标准的洪水演进形势。

4.3.4 计算结果

输气管道穿越北拒马河北支设防标准为100年一遇，穿越北拒马河中支及胡良河设防标准为50年一遇。管道设防标准条件下穿越位置洪水流场、最大水深分布及洪水位情况详见图4-5~图4-14。管线穿越北拒马河北支、中支及胡良河水位及流速指标见表4.3-5。

5 北拒马河防洪影响评价

5.1 设计洪水分析计算

根据前述4.1.1小清河分洪区设计洪水小节，北拒马河5年、50年及100年一遇设计洪水分别为 $990 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $7036 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $9313 \text{ m}^3/\text{s}$ 。北拒马河中支已封堵，作为南水北调总干渠退水渠，退水流量 $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ，5年一遇低标准洪水利用南支和北支行洪，镇江营附近南支和北支的分流比为0.34和0.66。但遇高标准洪水时，三支河流洪水发生串流，中支也将承担分洪任务，中支和北支分流比为0.42 : 0.58。

参照《小清河分洪区（河北省部分）安全建设工程可行性研究报告》及上述分流比，计算得到北拒马河北支5年一遇洪峰流量为 $660 \text{ m}^3/\text{s}$ ，100年一遇洪峰流量为 $3565 \text{ m}^3/\text{s}$ ，中支50年一遇洪峰流量为 $1970 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

5.2 洪水位分析计算

北拒马河北支及中支为天然河床，暂无相关整治规划，穿越位置5年一遇标准洪水位根据实测断面成果进行推算，主槽糙率选用0.035，滩地糙率选用0.06；50年一遇、100年一遇标准洪水位采用前述二维水流数学模型计算结果。结果见表5.2-1。

5.3 冲刷分析计算

根据地质勘察资料，管道穿越北拒马河北支滩地表层为中砂，向下为卵石，各层土的岩性特征如下：①中砂：主要矿物组份为长石、石英、云母，砂质不纯，含少量卵石，分层厚度2.2m；②卵石：顶部以中、粗砂及

粒径较小卵石为主，卵石呈压圆形，砾径大小2~16cm，含量59%左右，卵石间填隙物为中、粗砂，漂石含量约10%；北支主槽以下钻孔揭露深度内河床质基本为卵石。

管道穿越北拒马河中支钻孔揭露深度内河床质为卵石，岩性特征如下：顶部有0.2m厚中粗砂层，卵石呈压圆形，砾径大小2~16cm，含量62%左右，卵石间填隙物为中、粗砂，漂石含量约8%。

根据数学模型计算成果，针对输气管线所在的剖分网格的水深及流速，采用技术路线中一般冲刷计算方法，计算管道穿河段冲刷深度。成果见表4.3-4。

5.4 河势影响分析

输气管线采用大开挖方式穿越北拒马河上游北支、中支，管道埋设于地面以下且管顶埋设较深，施工结束后恢复河道原貌，河道行洪断面内无构筑物，工程建设对河势稳定基本不造成影响。

5.5 建设项目防洪安全分析

（1）设防标准

建设项目穿越北拒马河北支工程防洪标准为100年一遇，穿越中支防洪标准为50年一遇，符合《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）及《防洪标准》（GB50201-2014）的要求。

（2）防冲安全分析

输气管线大开挖穿越北拒马河北支，100年一遇洪水时，河道主槽最大冲刷深度为3.18m，主槽最低冲刷线高程为19.62m，河道主槽内管顶高程为16.92m，埋深为5.88m至10.08m；河滩最大冲刷深度2.49m，滩地最

低冲刷线高程为34.35m，滩地内管顶高程为26.66~30.21m，埋深6.63~10.34m，管顶埋深满足冲刷线以下2m的要求。

输气管道大开挖穿越北拒马河中支，50年一遇标准下，河道最大冲刷深度为1.98m，最低冲刷线高程为27.02m。考虑管道穿越位置下游180m处为采砂遗留深坑，最低河底高程22.10m，因此河槽内最大管顶高程按照不高于“深坑河底高程22.10m—冲刷深度1.98m—安全值2m=18.12m”设计，河道管理范围内设计管顶高程为18.01~21.45m，管顶埋深为10.99~11.55m，管顶埋深满足冲刷线以下2m的技术要求，满足自身防冲安全。

表5.5-1 输气管道过河段埋设深度复核表

河道名称	管道位置	最大冲刷深度 (m)	管顶允许最小埋深 (m)	管顶最小设计埋深 (m)	结论
北支	滩地	2.49	4.49	6.63	满足要求
	主槽	3.18	5.18	5.88	满足要求
中支	河槽	1.98	3.98	10.99	满足要求

(3) 抗浮稳定分析

工程采用地埋方式穿越河道，地埋管段虽然要求埋设在冲刷深度以下，但由于各种其他因素的影响，地埋管道可能在建设或运营过程中产生负浮力，导致管道上浮，因此需要进行负浮力的计算并采取相应的配重措施。根据《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）规定，管道抗漂浮按下式计算：

$$W_1 \geq KF_s$$

$$F_s = \pi \gamma_w D_0^2 / 4$$

式中：W₁—单位长度管段总重力（包括管深结构自重、配重层重、设计洪水冲刷线至管顶的岩土层重，不含管内介质重量）（N/m）；

K—稳定安全系数，取1.2；

F_s —单位长度管段静水浮力；

γ_w —所属区域内水的重度（ N/m^3 ）；

D_0 —管身结构（含防护、配重层）的外径（ m ）。

根据上述抗浮稳定计算公式，本次对管道的抗浮稳定进行复核，结果见表5.5-2。

表5.5-2 管道负浮力计算结果及措施表

河道	管径 (mm)	壁厚 (mm)	管顶 埋深 (m)	W_1 (N/m)	F_s (N/m)	稳定安全 系数K	判别	抗漂浮 核算结 果
北拒马河北支	508	10.3	5.88	12700	2075	1.2	$W_1 > KF_s$	满足
中支	508	10.3	10.99	45618	2075	1.2	$W_1 > KF_s$	满足

通过复核，管道埋深满足自身抗浮稳定要求。根据设计文件，采用大开挖方式穿越北拒马河北支及中支的管道采用了混凝土配重块，单块体积 $0.41m^3$ ，单重932kg，中心距4m。北支配重块顶高程为17.32m，埋深为5.48~9.68m，最小埋深为冲刷线以下2.30m，中支配重块顶高程为18.41m，埋深为10.59~11.59m，最小埋深为冲刷线以下8.61m，配重块埋深满足冲刷线以下0.5m的要求。

5.6 防洪综合评价

5.6.1 建设项目与有关规划符合性评价

按照《小清河分洪区（河北省部分）安全建设工程可行性研究报告》，北拒马河右堤进行新建及加固并对主槽进行扩挖，堤防标准50年一遇，主槽达到5年一遇标准洪水不出槽。新建右堤起点位置为改线后的南支入北拒马河河口，终点至京广铁路，新建堤防长度7.1km；京广铁路至京白路对原防洪堤进行加高培厚，长度10.2km；主槽扩挖起点为改线后的南支汇入口，终点为主槽与小清河交口。

管道穿越北拒马河北支及中支的位置均位于治理河段上游，距治理起点最近距离约5km，穿越河段均无相关的河道治理规划，管道建设不会影响下游水利规划的实施。

5.6.2 建设项目防洪标准和有关技术要求符合性评价

(1) 与防洪标准的符合性评价

管道穿越北拒马河北支工程规模为大型，设防标准为100年一遇；穿越北拒马河中支工程规模为中型，设防标准为50年一遇，管道的设防标准不低于河道设防标准，满足《防洪标准》（GB50201-2014）要求，

(2) 与有关技术要求的符合性评价

穿越方式：工程穿河河道地层主要为卵石，因此采用大开挖方式穿越北拒马河北支及中支，满足《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）和《输气管道工程设计规范》（GB50251-2015）的相关要求。

穿越位置：穿越北拒马河北支位置处于河道深坑内，交叉位置上游约170m处河底为一高岗，长约160m，河底较管线位置高8m左右，管线所在区域属于易淤河段；穿越中支位置现状河底高程29.0m左右，交叉位置下游约70m处河底较高，河底高程31.0m左右，该段河道长约110m，再向下游为一深坑，坑底较管线位置低6~7m，穿越中支位置距深坑距离较远，管线选址基本合理。

交角：输气管线与北拒马河北支、中支交角分别为81°、90°，满足《海委审批权限范围内涉河建设项目技术审查规定（试行）》（以下简称“《审查规定》”）中“建设项目穿越河道应与水流方向垂直，尽量缩短穿越长度，确需调整角度的交角不宜小于60°”的要求。

穿越长度：输气管线采用大开挖方式穿越北拒马河北支、中支，管道穿越长度分别为735.70m、104.40m，穿越位置管向河道管理范围宽度分别为727m、57.4m，穿越长度均大于河道管理范围，其中：北支开挖起点距左岸土埝外坡脚垂直距离为31m，终点距右岸土埝外坡脚垂直距离为30m；中支开挖起点距左岸上开口线垂直距离为18m，终点距右岸上开口线垂直距离为29m，管道穿越长度合理。

埋深：输气管线穿越北拒马河北支左、右岸土埝基础下最小管顶埋深分别为6.16m、6.20m，主槽管顶最小埋深5.88m，滩地管顶最小埋深6.63m，河道内最小管顶埋深为冲刷线以下2.70m；穿越中支河道内最小管顶埋深为10.99m，位于冲刷线以下9.01m，管顶埋深满足冲刷线以下2m的技术要求。北支配重块最小埋深为冲刷线以下2.30m，中支配重块最小埋深为冲刷线以下8.61m，配重块埋深满足冲刷线以下0.5m的要求。

5.6.3 建设项目对河道行洪的影响评价

输气管线采用大开挖方式穿越北拒马河上游北支、中支，施工选择在非汛期，管道埋设深度满足相关规定要求。管道下沟后，利用原河床质回填并夯实，恢复河道原貌，工程的实施不改变河道断面和纵坡，基本不会引起河床行洪流速的变化，工程建设对河道行洪影响较小。

5.6.4 建设项目对河势稳定影响评价

工程采用大开挖方式穿越北拒马河上游北支、中支，施工安排在非汛期进行，施工围堰、施工机械、材料堆放等在汛前清理，采取回填压实措施恢复河道原貌，河道内不留弃土（碴）、堆埂，同时对开挖断面及上、下游主槽岸坡及土埝迎水坡进行防护，项目建设对河势稳定影响较小。

5.6.5 建设项目对堤防安全及岸坡稳定和其他水利工程影响评价

管线穿越北拒马河北支河段现状河道两岸有土埝，左岸土埝高2.5m，宽约2m，右岸土埝高约2.0m，顶宽0.8m。管线采用大开挖方式穿越河道，施工结束后按现状恢复河道断面及两岸土埝，并对开挖上口线及上下游10m范围内的主槽岸坡及土埝迎水坡进行防护，防护设计及施工由具有水利设计、施工资质的单位承接，工程建设对堤防安全及岸坡稳定和其他水利工程影响较小。

5.6.6 建设项目对水利工程运行管理和防汛抢险的影响评价

输气管线穿越北拒马河北支、中支管道埋深较大，不形成地面以上构筑物设施，与北支现状两岸土埝交叉以大开挖方式穿越，工程在非汛期施工，管道敷设完毕后按现状恢复河道及两岸土埝，工程建设不会对水利工程运行管理和防汛抢险造成不利影响。

5.6.7 建设项目施工期影响评价

管道穿河工程选择在2023年3月～2023年4月的非汛期施工，施工机械、材料堆放等在汛前进行清理，恢复原貌，不得留下弃土（碴），堆埧。施工期间会产生噪声、扬尘，施工时应尽量减少噪音和控制扬尘，合理安排施工时间，减小对附近群众的干扰，做好污水收集与处理工作，严禁施工废（污）水入河。

5.6.8 建设项目对第三人合法水事权益的影响评价

管线穿越北拒马河北支、中支附近有陕京一线及滨海燃气管线，根据《油气输送管道并行敷设技术规范》（SY/T 7365—2017）：不受地形、规划等条件限制的区段，并行间距不应小于6m，采用挖沟法穿越河流时，

不同期建设的管道，并行间距应确保已建管道位于施工影响范围以外。

北拒马河北支：陕京一线及滨海燃气管线位于本项目交叉位置上游240m、290m处，本工程采用大开挖方式穿越北支，开挖上口宽41m，挖沙船等施工机械在开挖上口线范围内施工，陕京一线及滨海燃气管道均位于本工程施工影响范围外，且输气管道埋设于地下，施工结束后恢复河道原貌，河道水位及流速基本无变化，工程建设对上游陕京一线及滨海燃气管线不会造成不利影响。

北拒马河中支：陕京一线及滨海燃气管线位于本项目交叉位置下游106m、160m处，本工程采用大开挖方式穿越中支，开挖上口宽40m，挖掘机、推土机等施工机械在开挖上口线范围内施工，陕京一线及滨海燃气管道均位于本工程施工影响范围外，管道施工结束后恢复河道原貌，河道水位及流速基本无变化，工程建设对下游陕京一线及滨海燃气管线不会造成不利影响。

工程穿越北支及中支附近没有引水及灌排工程设施，管道建设不会影响第三人合法水事权益。

5.7 消除和减轻影响措施

1、沟槽的开挖与回填应按设计规范要求执行，管道下沟后采用原河床质土分层回填压实，分层厚度不大于30cm，相对密度不小于0.93。

2、输气管线大开挖穿越北拒马河北支，施工结束后应按现状恢复河道及两岸土埝，并对主槽岸坡及土埝迎水坡进行防护，防护长度为开挖上口线及上下游各10m。

输气管线大开挖穿越北拒马河中支，施工结束后恢复河道原貌并对两岸岸坡进行防护，防护长度为开挖上口线及上下游各10m。

补救工程措施的设计及施工应由具有水利设计、施工资质的单位进行，并报经河道主管单位同意，补救工程投资计入本工程的总投资内。

3、工程完工后应及时清除施工机械及施工材料，并对施工现场进行清理，妥善处理弃土、弃渣，不得占压河道行洪断面或淤塞河道；汛前河道要恢复原貌，保证河道行洪通畅。工程施工前应按有关规定办理相关手续。

6 胡良河防洪影响评价

6.1 设计洪水分析计算

胡良河为北拒马河的一条支流，发源于北京市房山县，由涿州市夹河村入境，自西北流向东南经百尺竿、下胡良、东仙坡乡，流至向阳乡的张村西南，汇入北拒马河。胡良河全长35km，其中在涿州境内长20.3km，河槽深2~4m，底宽6~20m，纵坡1/710~1/6450，总流域面积为205.2km²，其中平原区面积占70%以上。

根据前述4.1.1小清河分洪区设计洪水小节，胡良河5年一遇设计洪水直接采用《涿州市河道管理范围复核及水利工程项目管理与保护范围划定方案》的成果，50年、100年一遇设计洪水直接采用《涿州市城市防洪规划及列入小清河分洪区安全建设影响分析报告》中的洪水成果，成果见表6.1-1。

表6.1-1 胡良河设计洪水成果表

标准	5 年	50 年	100 年
设计洪水 (m ³ /s)	79	689	970

6.2 洪水位分析计算

根据实测纵、横断面资料，交叉位置现状5年一遇洪水位利用天然河道恒定非均匀流方法计算，规划水位直接采用《涿州市胡良河清淤排洪工程可行性研究报告》中的成果；50年一遇洪水采用二维河网数学模型模拟结果。计算结果汇总见下表。

6.3 冲刷分析计算

根据工程地质勘测资料成果,穿越河段河床质自上而下为细砂、粉土、粉质黏土和卵石。按其成因、岩性特征及物理力学性质分别划分为4层,各层土的岩性特征如下:

①细砂:灰黄色,湿,中密,砂质不纯,主要成分以长石、石英为主,含粉土颗粒,分层厚度1.9m;

②粉土:褐黄色,湿、密实密,土质不均,局部夹粉质黏土薄层,层厚6.7m;

③粉质黏土:黄褐,可塑,土质不均,含铁锰氧化物,局部夹黏土薄层,层厚2.0m。

④卵石:杂色,饱和,密实,一般粒径3~5cm,最大可见粒径12cm,呈椭圆状,磨圆度较好,充填约15%的中砂。

根据工程地质剖面图上所揭示的地层,河道冲刷主要在细砂及粉土层,平均粒径选用0.2mm,采用前述非粘性土冲刷计算公式,计算冲刷深度,成果见表6.3-1。现状情况下,胡良河50年一遇河道冲刷深度为1.74m。

6.4 河势影响分析

输气管线采用定向钻方式穿越胡良河,管道埋设于地面以下且管顶埋设较深,河道行洪断面内无构筑物,工程建设对河势稳定不会造成不利影响。

6.5 建设项目防洪安全分析

(1) 设防标准

输气管线穿胡良河防洪标准为50年一遇，符合《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）和《防洪标准》（GB50201-2014）的要求。

（2）防冲安全分析

输气管线采用定向钻一钻穿越胡良河，50年一遇标准河道最大冲刷深度为1.74m，最低冲刷线高程25.88m，河道管理范围内管顶高程为19.21m，管顶埋深8.41~10.15m，管顶埋深满足海委《审查规定》最大冲刷线以下2.0m及河北省《审查规定》最大冲刷线以下6.0m的规定要求。

管道穿越位置胡良河规划进行清淤，清淤后河底高程25.66m，河道内管顶高程为19.21m，管顶埋深亦满足“不小于疏浚深度线以下6m”的行业规范要求。

6.6 防洪综合评价

6.6.1 建设项目与有关规划符合性评价

根据《涿州市胡良河清淤排洪工程可行性研究报告》，管道穿越位置规划河底高程25.66m，设计底宽17m，两岸边坡1: 2，河道上口宽约33m。规划河底以下管顶埋深为6.45m，管道穿越长度大于规划河道宽度，工程建设不会影响河道规划工程的实施。

6.6.2 建设项目防洪标准和有关技术要求符合性评价

（1）与防洪标准的符合性评价

管道穿越胡良河工程规模为小型，设防标准为50年一遇，管道的设防标准不低于河道设防标准，满足《防洪标准》（GB50201-2014）要求。

（2）与有关技术要求的符合性评价

穿越方式：输气管道采用定向钻一钻穿越胡良河，满足《审查规定》中“穿河（穿堤）建设项目宜采用水平定向钻施工方式”的要求。

穿越位置：输气管线穿越胡良河位置附近河段较为顺直、稳定，不涉及险工险段，穿越位置基本合理。

交角：管道与河道交角分别为 78° ，满足《审查规定》的要求。

穿越长度：输气管线采用定向钻一钻穿越胡良河，穿越位置管向河道管理范围宽度为30.8m，定向钻穿越长度为334.96m，穿越长度大于河道管理范围宽度，满足《审查规定》中的要求。

定向钻出、入土点：现状情况下，定向钻出、入土点与河道左、右岸上开口线的垂直距离分别为186m、122m；河道规划情况下，定向钻出、入土点与河道左、右岸上开口线的垂直距离分别为182m、118m，定向钻出、入土点距河道上开口线的垂直距离满足规定要求。

6.6.3 建设项目对河道行洪的影响评价

输气管道穿越胡良河采用水平定向钻敷设方式，不改变河道断面形态，管道埋设较深，对河床稳定扰动较小，工程建设对河道行洪基本无影响。

6.6.4 建设项目对河势稳定影响评价

定向钻穿越施工具有不开挖地面、不破坏河道和不扰动河床的特点，管道从河底以下穿越，不会改变河道行洪断面，穿越工程不占用河道作为施工场地，施工完成后及时恢复两岸原貌。河道内洪水主流线方向及流速均不会因工程的实施而发生变化，工程建设对河势稳定不会造成不利影响。

6.6.5 建设项目对岸坡稳定和其他水利工程影响评价

输气管道穿越胡良河采用水平定向钻敷设方式，不改变河道断面形态，

管道埋设较深，工程建设对河道岸坡稳定影响较小。

6.6.6 建设项目对水利工程运行管理和防汛抢险的影响评价

输气管道采用定向钻方式穿越胡良河，施工安排在非汛期，管道埋设于地下且埋深较大，不形成地面以上建构物设施，因此对防汛抢险基本没有影响。

6.6.7 建设项目施工期影响评价

管道穿河工程选择在2023年3月~2023年4月的非汛期施工，施工结束后及时对施工现场进行清理，恢复原貌。施工期间应尽量减少噪音和控制扬尘，合理安排施工时间，减小对附近群众的干扰，做好污水收集与处理工作，严禁施工废（污）水入河。

6.6.8 建设项目对第三人合法水事权益的影响评价

陕京一线位于本工程交叉位置上游40m处，管道埋深2.08~2.32m。本工程穿河管顶埋深8.41m，埋深较大，施工结束后胡良河水位及流速均无变化。工程采用定向钻方式穿越胡良河，与陕京一线管道距离满足《油气输送管道并行敷设技术规范》中“定向钻穿越河流等障碍物时，并行管道穿越轴线间距宜大于10m”的技术要求，同时建设单位已征得陕京一线运行管理单位国家管网集团北京管道有限公司石家庄输油气分公司的同意（见附件2）。

工程穿越胡良河附近没有引水及灌排工程设施，管道建设不会影响第三人合法水事权益。

6.7 消除和减轻影响措施

工程完工后应及时清除施工机械及施工材料，并对施工现场进行清理，妥善处理弃土、弃渣，不得淤塞河道。工程施工前应按规定办理相关手续。

7 结论与建议

7.1 结论

1、涿州莲池—松林店天然气输气管线项目穿越北拒马河北支、中支及胡良河，根据《中华人民共和国水法》《中华人民共和国防洪法》《中华人民共和国河道管理条例》等法律法规的规定，对其进行防洪评价是必要的。

2、输气管道穿越北拒马河北支防洪标准为100年一遇，穿越北拒马河中支、胡良河防洪标准为50年一遇，满足《油气输送管道穿越工程设计规范》（GB50423-2013）及《防洪标准》（GB50201-2014）的要求。

3、输气管线采用大开挖方式穿越北拒马河北支、中支，采用定向钻一钻穿越胡良河，管线与河道交角分别为 81° 、 90° 、 78° ；穿越长度均大于河道管理范围宽度；穿越北拒马河北支左、右岸土埝基础下最小管顶埋深为6.16m、6.20m；定向钻穿越胡良河出、入土点距河道上开口线距离不小于50m。穿越长度、交角、出入土点距离及土埝基础下管顶埋深均满足规定要求。

4、采用大开挖敷设方式穿越北拒马河北支、中支，河道内设计管顶埋深均大于最大冲刷线以下2.0m的技术要求；采用定向钻方式穿越胡良河，河道内管顶埋深满足海委《审查规定》最大冲刷线以下2.0m及河北省《审查规定》最大冲刷线以下6.0m的规定要求。

管道敷设完毕后恢复河道原貌，对采用开挖方式敷设的北拒马河北支及中支管道设混凝土配重块进行稳管，管道设防措施适当。

5、管道穿河施工选择在非汛期，管道敷设后恢复河道原貌，工程建设没有占用河道行洪断面，对河道行洪及河势稳定影响较小。

6、输气管线采用大开挖方式穿越北支、中支，施工结束后恢复河道原貌，对开挖上口线及上下游一定范围内的河道岸坡及北支土埝迎水坡进行防护，河道设计及施工由具有水利设计、施工资质的单位承接，工程建设对堤防安全及岸坡稳定影响较小。

7、输气管线穿越北拒马河北支、中支与陕京一线、滨海燃气管道的并行间距满足行业技术要求，穿越胡良河工程已征得陕京一线运行管理单位的同意，穿河位置附近没有引水及灌排工程设施，管道建设不会影响第三人合法水事权益。

7.2 建议

1、沟槽的开挖与回填应按规范要求执行，管道下沟后采用原河床质土分层回填压实，分层厚度不大于30cm，相对密度不小于0.93。

2、输气管线大开挖穿越北拒马河北支，施工结束后应按现状恢复河道及两岸土埝，并对主槽岸坡及土埝迎水坡进行防护，防护长度为开挖上口线及上下游各10m。

3、输气管线大开挖穿越北拒马河中支，施工结束后恢复河道原貌并对两岸岸坡进行防护，防护长度为开挖上口线及上下游各10m。

4、补救工程措施的设计及施工应由具有水利设计、施工资质的单位进行，并报经河道主管单位同意，补救工程投资计入本工程的总投资内。

5、建议建设单位在管线完成施工后结合地形实际情况在穿越河道位置设置管线标识，以防日后河道内工程建设时破坏本项目管线。

6、由于项目位置处上下游采砂坑较多，建议设计单位和建设单位充分考虑，加大管道埋深，保证管道运行安全。

7、管线穿河施工选择在非汛期，工程完工后应及时清除施工机械及施工材料等，并对施工现场进行清理，妥善处理弃土、弃渣，不得占压河道行洪断面或淤塞河道。

8、工程施工前应按有关规定和要求办理相关手续，工程建设应严格按照设计和批复的防洪评价进行施工，竣工时应由河道主管部门参加验收。

9、本报告所有内容仅作为有关部门对涿州莲池—松林店天然气输气管线项目进行论证、审批的技术依据。