

输油管道穿越河道断面的相关防洪评价分析

孙浩^a, 孙军^b, 刘彬^a, 武军舰^a

(河北工程大学 a. 水电学院; b. 资源学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 中海油煤制天然气北线管道项目工程穿越河道时,会对河道穿越断面的渗流状况产生影响,进而对河道的防洪产生影响。本文以中海油项目工程穿越永定河某断面为例,进行渗流稳定、边坡稳定等防洪相关计算,通过对计算成果的分析,可以确定管道的埋深,并可分析发生50年一遇洪水时,管道工程对于河道防洪的影响,以及洪水对管道工程的影响。

关键词: 渗流稳定; 冲刷; 边坡稳定; 河道穿越

中图分类号: TV87; TE832

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2010)06-0159-03

Relevant flood evaluating analysis on oil pipeline across river bed

SUN Hao^a, SUN Jun^b, LIU Bin^a, WU Jun-jian^a

(a. College of Water Conservancy and Hydroelectric Power;

b. Natural Resource College, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: When the North line of CNOOC coal-gas pipeline project crossed the river, it would affect the flow conditions of the river cross section and have impact on the river's flood. This paper took CNOOC example through a cross section of Yongding River for example, carried out seepage stability, slope stability calculation of flood-related. Through analysis of calculated results, the paper determine the depth of the pipeline, and analyze the impact of pipeline on river flood and the impact of floods on the pipeline project when 50-year floods occurred.

Key words: seepage stability; scour; slope stability; river crossing

1 基本概况

中海油煤制天然气北线管道项目工程是将内蒙古的煤制天然气途径内蒙、山西、河北到达天津市、黄骅和东营市,10 MPa 的交接供气压力,属国家重点工程。管线一期工程干线路由起自内蒙古自治区准格尔旗大路镇,途经内蒙古自治区、山西省、河北省和天津市四省市,总长约 830 km, 输气管道 φ1 219 长 614 km, φ1 016 长 216 km。支线全长 591 km, 其中 φ914 长 202 km、φ711 长 93 km, φ610 长 63 km, φ508 长 172 km, φ355.6 长 61 km, 线路总长 1 421 km。先后穿越大清河水系、子牙河水系、永定河水系和南运河水系等 25 条大中型河流, 管道都从河底穿越。管道的穿越会对河道的渗流稳定产生影响, 需要分析穿越工程是否形成渗流通道, 影响防洪; 设计洪水情况下, 河道的冲刷是否会对穿越管道工程造成影响。

本项目的渗流计算采用二维渗流有限元分析程

序——北京里正软件设计研究院编写的《里正岩土工程软件 5.1》渗流稳定计算模块, 计算流场分布及出逸点比降。渗流有限元分析基本方程为:

$$[K]\{H\} + [M]\left\{\frac{\partial H}{\partial t}\right\} = \{Q\} \quad (1)$$

式中: $[K]$ 为渗透系数矩阵; $\{H\}$ 为总水头向量; $[M]$ 为单元储水量矩阵; $\{Q\}$ 为流量向量; t 为时间。

2 计算内容

2.1 渗流计算

工况为背水坡, 无水, 按自由式坡面出渗, 坡面的临界坡降计算公式如下:

$$J_c = \frac{r'}{r}(\tan\varphi - \tan\beta)\cos\beta + \frac{c}{r} \quad (2)$$

式中: r' 为土体浮容重, g/cm^3 ; r 为水容重, g/cm^3 ; φ 为土体内摩擦角($^\circ$); c 为土体粘聚力, N/m^2 ; β 为下游坡角($^\circ$)

允许坡降: $J_{\text{允}} = J_c/k$, k 为安全系数, $k = 2$ 。

收稿日期: 2010-08-04; 修回日期: 2010-09-15

作者简介: 孙浩(1983-), 男, 山东枣庄人, 硕士研究生, 主要从事水资源规划与管理方面研究。

2.2 冲刷深度计算

2.2.1 主槽冲刷计算 河道冲刷深度,计算采用《公路工程水文勘测设计规范》(JTG C30-2002)中的一般冲刷公式,河槽底部为砂壤土和裂隙粘土,故采用粘性土冲刷公式进行计算。

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

式中: h_p 为桥下一般冲刷后的最大水深,m; μ 为桥墩水流侧向压缩系数,根据《公路桥位勘测设计规范》查算; h_{cm} 为桥下河槽部分最大水深,m; h_{eq} 为桥下河槽部分平均水深,m; B_g 为桥下河槽部分桥孔过水净宽,m,当桥下河槽能扩宽至全桥时,即为全桥桥孔过水净宽; Q_2 为桥下河槽部分通过的设计流量, m^3/s ,当桥下河槽能扩宽至全桥时取用 Q_p (频率为P%的设计流量); I_L 为冲刷坑范围内粘性土液性指数; A_d 为单宽流量集中系数。

通过(3)式计算得到的一般冲刷后河槽的最大水深,用一般冲刷后的最大水深 h_p 减去桥下河槽最大水深 h_{cm} 即可得桥下河槽部分一般冲刷深。

2.2.2 河滩冲刷计算

$$h_p = \left[\frac{Q_1 \left(\frac{h_{tm}}{h_{eq}} \right)^{5/3}}{\mu B_g \left(\frac{1}{I_L} \right)} \right]^{6/7} \quad (4)$$

式中: Q_1 为桥下河滩部分通过的设计流量, m^3/s ; h_{tm} 为桥下河滩最大水深,m; h_{eq} 为桥下河滩平均水深,m; B_g 为桥下河滩部分桥孔过水净宽,m。(其他符号见前述说明。)

通过上式计算得到的一般冲刷后河滩部分的最大水深 h_p ,用 h_p 减去桥下河槽最大水深 h_{tm} 即可得桥下河滩部分一般冲刷深。

2.3 边坡稳定计算

堤基由于管道的穿越,使穿越断面的渗流状况有所改变,渗流作用下,土坡因受渗透力作用发生滑动,因而要进行边坡稳定分析。

边坡稳定计算采用水利部黄委设计院与河海大学共同研制编写的《土石坝稳定分析系统》,按毕肖普圆弧滑动法进行抗滑稳定计算。在计算中,设计水位骤降期采用总应力法计算,稳定流期采用有效应力法进行计算。

3 实例分析

下面以该工程穿越永定河的廊坊支线为例进行

说明。

3.1 工程概况

该支线穿越点位于河北省永清县韩村镇东苑家务村与廊坊市杨税务乡西太平庄村之间。采用定向钻孔穿越的方式。左滩高56.6 m,宽168 m,右滩高56.3 m,宽85 m,河床最低处高程约50 m,主槽深约7 m,主槽开口宽约110 m,设计河底宽60 m。穿越管道的管径为610 mm,管道弹性敷设曲率半径取1 500倍钢管外径。入土点距大堤外侧坡脚约89 m,以11°角入土。出土角6°,出土点距大堤外侧坡脚约58 m。

3.2 计算参数选择

经分析两岸地质条件大体上一致,利用其对称性,渗流稳定计算机边坡稳定计算取右岸进行计算。

河道底部为粉质粘性土,厚度较大,设计河底以下厚度约10 m,两侧滩地为粉土,厚度约1.5 m。主槽糙率0.0225,边滩糙率0.033。

粘土层的渗透系数为 $K = 5.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$,粉质粘土层的渗透系数为 $K = 6.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$,粉土层 $K = 6.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$,考虑管道及其周边1 m范围内回填土较原土层松软,根据规范渗透系数采用加大2级和4级,即分别取 $K = 1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ 、 $K = 1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ 进行计算分析,并结合穿越前大堤的渗透情况加以分析比较。

各土层参数见表1。冲刷深度计算时所用参数见表2。

表1 断面处土层物理力学指标及地基

承载力特征值表 $\text{g/cm}^3, \text{kPa}, (\circ)$

地层	比重	空隙比 e	浮容重	凝聚力 c	内摩擦角 ϕ	地基承载力特征值 f
粉质粘土②层	2.71	0.726	9.72	21.5	10.3	80
粉土② ₁ 层	2.75	0.790	9.59	12.2	26.6	90
粘土② ₂ 层	2.77	0.982	8.75	28.6	12.4	100
粉质粘土③层	2.75	0.724	9.95	10	17	160
粉土③ ₁ 层	2.69	0.655	10.02	8	24	140
粘土③ ₂ 层	2.77	0.712	10.16	35	25	160

表2 冲刷深度计算选用参数表

名称	A_d	B_g 或 Q_2 或 h_{cm} 或 h_{eq}	I_L	μ
	B_g	Q_1	h_{tm}	h_{eq}
河槽1/50	1.03	118.74	1896	9.79
				7.36
				0.59
				1
右滩1/50		85	46	1.25
				1.25
				0.59
				1
左滩1/50		168	58	0.95
				0.95
				0.59
				1

3.3 计算工况

发生50年一遇洪水时,洪水河道过流2 000 m³/s,洪水位57.55 m。上游水位1.15 m,下游水位0,边坡1:3。

3.4 计算成果

3.4.1 渗流计算成果 通过计算可知管道穿越工程建成前后下游堤坡最大渗透坡降值分别为0.005、0.01,允许渗透坡降0.72。工程穿越前后渗流稳定计算简图见图1和图2。

3.4.2 冲刷计算成果 发生50年一遇洪水时,河槽冲刷的计算成果:河槽冲刷1.35 m,右滩冲刷0.26 m,左滩冲刷0.09 m。

3.4.3 边坡稳定计算成果 通过边坡稳定性的分析计算得出,堤防抗滑稳定最小安全系数为2.67。

3.5 成果分析

由以上结果可以看出:

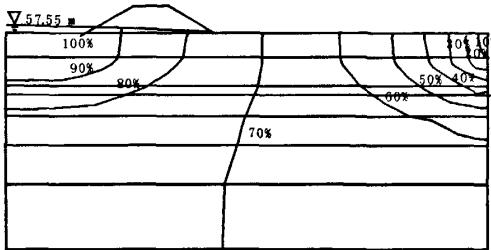


图1 工程施工前管道穿越处洪水期渗流稳定计算

(1) 管道穿越工程建成前后下游堤坡最大渗透坡降值小于允许渗透坡降(0.72),可见在最高洪水位下下游堤坡能够满足渗透稳定要求,即管道穿越后不会影响堤坡的渗透稳定性。

(2) 根据《原油和天然气输送管道穿越工程设计规范 - 穿越工程》SY/T0015.1-98 规定,中海油煤制天然气北线管道项目工程为大型穿越工程,大型穿越工程在有冲刷的水域,穿越水域能顶埋深应在设计洪水冲刷线以下不小于1 m。因此,廊坊支线穿越永定河工程管顶置于高程45.41 m之下,滩地管顶置于高程55 m之下。

(3) 堤防抗滑稳定最小安全系数满足《堤防工程设计规范》所允许值1.25。可见在50年一遇洪水位下堤防能够满足抗滑稳定要求,即管道穿越后不会影响堤防的边坡稳定性。

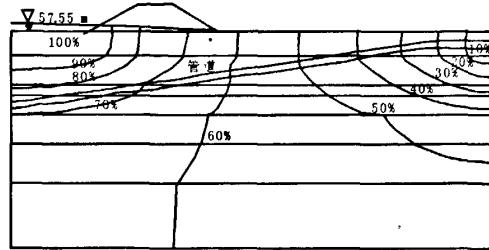


图2 工程施工后管道穿越处洪水期渗流稳定计算

4 结语

经以上分析可以看出:管道的穿越对堤防的渗流稳定以及边坡稳定都产生了一定的影响,因此在研究管道穿越的防洪评价时,必须考虑管道穿越对此两项的影响。由于管道埋深较大,管径小,且出土点及入土点到大堤的距离都很远,所以管道的穿越对大堤渗流产生的影响不是很大,对于河道防洪不会产生影响。同时,通过冲刷计算,确定了管道在发生洪水时不受其影响的埋深,保证管道的正常应用。

参考文献:

- [1] JTGC30-2002. 公路工程水文勘测设计规范[S].

- [2] GB50286-98. 堤防工程设计规范[S].
- [3] SY/T0015.1-98. 原油和天然气输送管道穿越工程设计规范 - 穿越工程[S].
- [4] JTJ062-82. 公路桥位勘测设计规范[S].
- [5] 王树谦,陈南祥. 水资源评价与管理[M]. 北京:水利电力出版社,1996.
- [6] 林三益. 水文预报[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- [7] 吴持恭. 水力学[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [8] 贺斌乐. 渭河下游穿河管道埋设深度的计算方法探讨[J]. 甘肃农业,2007(11):75-76.
- [9] 朱乃榕,沈长松,俞南定. 西气东输工程管道穿越河道的渗流稳定分析[J]. 黑龙江水专学报,2004,31(4):18-20.