



油气输送管道跨越工程设计规范

Code for design of oil and gas transportation pipeline
aerial crossing engineering

2009 – 02 – 23 发布

2009 – 12 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

油气输送管道跨越工程设计规范

Code for design of oil and gas transportation pipeline
aerial crossing engineering

GB 50459 - 2009

主编部门：中国石油化工集团公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2009年12月1日

中国计划出版社

2009 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 253 号

关于发布国家标准《油气输送 管道跨越工程设计规范》的公告

现批准《油气输送管道跨越工程设计规范》为国家标准,编号为GB 50459—2009,自 2009 年 12 月 1 日起实施。其中,第 1.0.3、3.1.3、6.3.8、10.3.2、10.4.1 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇〇九年二月二十三日

前 言

本规范是根据原建设部“关于印发《2006 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)》的通知”(建标[2006]136 号)的要求,由中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司会同有关单位编制而成的。

本规范共 11 章和 1 个附录,主要内容包括:总则,术语,基本规定,测量与勘察,结构分析,结构设计,地基基础,构造要求,抗震设计,跨越管段施工要求,健康、安全与环境等。

本规范在编制过程中,编制组总结了多年油气管道跨越工程的建设、生产、科研和管理经验,借鉴了国内外的相关标准,吸收了近年来国内油气管道跨越工程的科研成果和生产管理经验,广泛征求了全国各相关单位的意见,经多次研究、讨论,最后经审查定稿。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见和建议反馈给中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司(地址:四川省成都市小关庙后街 25 号,邮政编码:610017),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司

参 编 单 位: 中国石油天然气管道工程有限公司

中国石油化工股份有限公司华东管道设计院

主要起草人：胡道华 杨晓秋 杨守聪 刘来福 向 波
吴克信 游 敏 胡 川 杨成刚 马红昕
吴 勇 王晓峰 付开伟 谢 健 李如海
吴 浙 傅贺平 张怀法 刘崑辉 詹胜文
赵文明

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	荷载和荷载效应组合	(7)
3.3	材料	(7)
3.4	设计指标	(8)
3.5	结构和构件变形	(10)
4	测量与勘察	(11)
4.1	测量	(11)
4.2	勘察	(11)
5	结构分析	(13)
5.1	一般规定	(13)
5.2	线弹性分析方法	(13)
5.3	非线性分析方法	(14)
6	结构设计	(15)
6.1	结构形式选择及几何尺寸确定	(15)
6.2	管道强度及稳定性计算	(15)
6.3	温度补偿及桥面设施	(17)
6.4	钢丝绳和钢丝束	(18)
6.5	索具	(19)
6.6	塔架和桁架	(19)
7	地基基础	(21)
8	构造要求	(26)

8.1	一般规定	(26)
8.2	防腐和保温	(26)
9	抗震设计	(27)
9.1	一般规定	(27)
9.2	抗震计算	(27)
10	跨越管段施工要求	(29)
10.1	组装	(29)
10.2	焊接	(29)
10.3	检验	(30)
10.4	试压和清管	(30)
10.5	防腐	(31)
11	健康、安全与环境	(33)
附录 A	各种管道跨越工程结构形式示意图	(34)
	本规范用词说明	(37)
	附:条文说明	(39)

1 总 则

1.0.1 为在油气输送管道跨越工程设计中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、安全适用、质量可靠、经济合理,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于地震动峰值加速度值小于或等于 $0.40g$ 地区的新建或改、扩建的输送原油、成品油、天然气、煤气、常温输送液化石油气等钢质管道跨越工程的设计。

1.0.3 在管道跨越工程设计文件中,应注明结构工程的设计使用年限,并应说明结构工程钢结构的焊缝形式、焊缝质量等级与焊缝检测标准。

1.0.4 管道跨越工程设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 管道跨越工程 pipeline aerial crossing engineering

输送管道从天然或人工障碍物上部架空通过的建设工程。

2.0.2 梁式直跨 girder pipeline aerial crossing

用输送管道或套管作为梁的跨越结构形式。

2.0.3 桁架式跨越 truss pipeline aerial crossing

桁架作为管道承重结构的跨越结构形式。

2.0.4 悬索式跨越 suspension cable type pipeline aerial crossing

输送管道吊挂在承重主索上的跨越结构形式。

2.0.5 斜拉索跨越 obliquely-cable stayed type pipeline aerial crossing

输送管道结构用多根斜向张拉钢索联结于塔架上的跨越结构形式。

2.0.6 “Π”形刚架跨越 “Π”-type frame pipeline aerial crossing

用输送管道构成“Π”形刚架的跨越结构形式。

2.0.7 轻型托架式跨越 light truss pipeline aerial crossing

用管道作为上弦杆、与钢索或型钢构成的下撑式组合梁的跨越结构形式。

2.0.8 单管拱跨越 single-line arch type pipeline aerial crossing

用单根输送管道作成拱形的跨越结构形式。

2.0.9 组合管拱跨越 pipe-build up arch type pipeline aerial crossing

用输送管道及其他构件组成拱形的跨越结构形式。

2.0.10 悬缆式跨越 suspended cable type pipeline aerial crossing

输送管道以悬垂形状吊挂在承重主索上的跨越结构形式。

2.0.11 主跨 main span

跨越工程中跨距最大的桥段。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 管道跨越工程应划分为甲类和乙类。甲类应为通航河流、电气化铁路和高速公路跨越,乙类应为非通航河流及其他障碍跨越。

3.1.2 管道跨越工程等级应按表 3.1.2 划分。

表 3.1.2 管道跨越工程等级

工程等级	总跨长度 L_1 (m)	主跨长度 L_2 (m)
大型	≥ 300	≥ 150
中型	$100 \leq L_1 < 300$	$50 \leq L_2 < 150$
小型	< 100	< 50

3.1.3 跨越管道强度设计系数应符合表 3.1.3 的规定,并应满足现行国家标准《输气管道工程设计规范》GB 50251 的有关规定。

表 3.1.3 跨越管道强度设计系数

管道跨越工程分类	大型		中型		小型	
	输气	输油	输气	输油	输气	输油
甲类	0.40	0.45	0.45	0.50	0.50	0.55
乙类	0.50	0.55	0.55	0.60	0.60	0.65

3.1.4 钢塔架、钢桁架的强度设计系数宜取 0.58。

3.1.5 管道跨越位置的选择应符合下列规定:

1 跨越位置应处理好与油气输送管道线路工程的衔接,以及与铁路、公路、河流、城市及水利规划的相互关系。

2 跨越位置应符合线路总走向,线路局部走向可根据跨越位置进行调整。

3 跨越位置和方案应根据管道工程的环境影响评价报告、灾害性地质评价报告、地震安全评价报告、防洪安全评价报告及其他涉及工程的有关要求等选定。

4 不同地形、地质条件下跨越位置的确定,应符合下列规定:

1)跨越位置宜选择在河流较窄、两岸有山嘴或高地、侧向冲刷及侵蚀较小、并有良好稳定地层的地段。当河流有弯道时,宜选择在弯道的上游平直河段。

2)跨越位置应选在闸坝上游或其他水工构筑物影响区之外。

3)跨越位置应避开冲沟沟头发育地段。

4)跨越位置应避开活动地震断裂带、滑坡、泥石流、岩溶,以及其他不良地质发育的地段。

5 跨越位置应避开地面或地下已有重要设施的地段。

6 跨越位置附近宜具有一定的施工安装场地及较方便的交通运输条件。

3.1.6 跨越管段与埋地管道相连接时,应符合下列规定:

1 跨越管段的管径应与埋地管道的管径匹配,所用弯管的曲率半径宜大于管道外径的4倍。

2 大型管道跨越工程宜在两端设置截断阀。

3 跨越管段与埋地管道在入土连接点处加绝缘接头时,应符合国家现行标准《阴极保护管道的电绝缘标准》SY/T 0086 的有关规定。

4 跨越管道与线路段管道连接点宜在跨越结构端点外10m处。

3.1.7 管道跨越工程的设计洪水频率(重现周期)应根据不同跨越工程等级按表3.1.7选用,并结合当地水文资料确定设计洪水位。

表 3.1.7 设计洪水频率

跨越工程等级	大型	中型	小型
设计洪水频率	1%(100 年一遇)	2%(50 年一遇)	2%(50 年一遇)

3.1.8 管道在通航河流上跨越时,管道架空结构的最下缘净空高度应符合现行国家标准《内河通航标准》GB 50139 的有关规定;当地有特定要求时,可协商确定。

3.1.9 管道在无通航、无流筏的河流上跨越时,管道架空结构的最下缘,大型跨越工程应高于设计洪水位 3m,中、小型跨越工程应高于 2m,当无准确的水文资料时,应适当加大架空高度;当河流上有其他项目规划时,还应满足相关部门对净空的要求。

3.1.10 管道跨越铁路或道路时,管道架空结构的最下缘净空高度不应低于表 3.1.10 的规定。管道跨越工程两侧应设置限高标志,必要时应设置限高构筑物。

表 3.1.10 管道跨越铁路或道路净空高度

类 型	净空高度(m)
人行道路	3.5
等级公路与城市道路	5.5
铁路	6.5~7.0
电气化铁路	11.0

3.1.11 跨越管道与桥梁之间的最小距离应符合表 3.1.11 的规定。

表 3.1.11 跨越管道与桥梁之间最小距离(m)

管 道 类 型	大 桥		中 桥		小 桥	
	铁路	公路	铁路	公路	铁路	公路
输油管道	100	100	80	50	40	10
输气管道	100	100	100	50	50	20

注:大桥、中桥和小桥的判别应分别按国家现行标准《公路桥涵设计通用规范》

JTG D60和《铁路桥涵设计规范》TBJ 2 执行。

3.1.12 通航河流上的管道跨越工程应按现行国家标准《内河交通安全标志》GB 13851 的有关规定设置标志。

3.2 荷载和荷载效应组合

3.2.1 管道跨越设计时,应确定永久荷载、可变荷载、输送介质压力和偶然荷载,并应符合下列规定:

1 永久荷载应包括输送管道、钢丝绳、结构构件、栏杆及走道板、保温层、输送介质及管内凝集液等自重。

2 可变荷载应包括检修荷载、雪荷载、覆冰荷载、风荷载、充水荷载、温度效应、流水压力、水浮力、冰压力等荷载。

3 输送介质压力应包括正常使用压力和试验压力。

4 偶然荷载应包括地震作用、船只或漂流物的撞击力。

3.2.2 荷载效应组合应按不同工况分别组合,并按最不利效应进行设计。

3.2.3 检修荷载的取值应符合下列规定:

1 对小型跨越宜在跨中确定集中荷载 0.8kN 。

2 大、中型跨越宜全桥均布荷载 2kN/m^2 。

3.3 材 料

3.3.1 输送钢管选择应符合现行国家标准《输气管道工程设计规范》GB 50251 和《输油管道工程设计规范》GB 50253 的有关规定。

3.3.2 跨越结构采用的钢材和水泥应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

3.3.3 跨越工程采用的钢丝绳应选用钢芯钢丝绳,钢芯钢丝绳应符合国家现行标准《重要用途钢丝绳》GB 8918 和《密封钢丝绳》YB/T 5295 的有关规定。采用钢丝拉索应符合国家现行标准《塑料护套半平行钢丝拉索》CJ 3058 的有关规定。

3.3.4 跨越工程中结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格证明,对焊接结构尚应具有碳含量的合格证明及冷弯试验合格证明。

3.3.5 索具的选材应符合下列规定:

1 索具的选材应根据环境条件、荷载状况及所在地区等因素,经技术经济分析比较后确定。

2 主要索具选材宜采用 25 钢、35 钢、45 钢、30CrMoA 钢、35CrMoA 钢等锻钢。

3 有疲劳破坏可能性的索具材料应为镇静钢。

4 当工作温度小于或等于 -20°C 时,应做低温 V 形缺口冲击试验,并应满足现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的有关规定。

3.3.6 锚固法兰宜采用 20 钢、16Mn 钢、07MnCrMoV 钢等锻钢,并应符合国家现行标准《压力容器用碳素钢和低合金钢锻件》JB 4726 的有关规定。

3.3.7 钢结构焊接材料应根据被焊材料的机械性能、化学成分及焊接工艺要求等因素选择,并应符合国家现行标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的有关规定。

3.4 设计指标

3.4.1 管道跨越工程采用的输送钢管材质应与线路采用的钢管相同,输送钢管的主要力学性能指标应按表 3.4.1 采用。

表 3.4.1 输送钢管的主要力学性能指标

钢级	管体(无缝和焊接钢管)			
国家标准	API 标准	屈服强度 $R_{10.5}$ (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)	伸长率 ($L_0=5.65S_0^{1/2}$) (%)
L245	B	245	415	22
L290	X42	290	415	21
L360	X52	360	460	20

续表 3.4.1

钢级	管体(无缝和焊接钢管)			
国家标准	API 标准	屈服强度 $R_{10.5}$ (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)	伸长率 ($L_0=5.65S_0^{1/2}$) (%)
L415	X60	415	520	18
L450	X65	450	535	18
L485	X70	485	570	18
L555	X80	555	625	18

3.4.2 钢丝绳的表面状态、公称抗拉强度及强度允差应按表 3.4.2-1 和表 3.4.2-2 采用, 钢丝绳弹性模量应为 160×10^3 N/mm²。

表 3.4.2-1 钢丝表面状态及公称抗拉强度

表面状态	公称抗拉强度(MPa)				
光面和 B 级镀锌	1570	1670	1770	1870	1960
AB 级镀锌	1570	1670	1770	1870	—
A 级镀锌	1570	1670	1770	1870	—

表 3.4.2-2 钢丝绳强度允差

钢丝绳公称直径 d (mm)	强度允差(MPa)
$0.6 \leq d < 1$	350
$1 \leq d < 1.5$	320
$1.5 \leq d < 2$	290
$d \geq 2$	260

3.4.3 制作半平行钢丝束采用的钢丝应经稳定化处理, 钢丝绳的物力学性能指标应按表 3.4.3 采用。

表 3.4.3 钢丝的物理力学性能指标

序号	项 目	单位	公称直径(mm)	
			5.0	7.0
1	抗拉强度标准值	MPa	1570	1570
2	直径允许偏差	mm	+0.08	+0.08
3	抗拉强度	MPa	≥ 1570	≥ 1570
4	屈服强度	MPa	≥ 1330	≥ 1330
5	弹性模量	GPa	205 ± 10	205 ± 10
6	伸长率	%	≥ 4	≥ 4
7	疲劳性能:应力上限	MPa	706.5	706.5
8	应力幅值	MPa	360	360

3.4.4 钢材的物理性能指标应按表 3.4.4 采用。

表 3.4.4 钢材的物理性能指标

弹性模量 E (N/mm ²)	剪变模量 G (N/mm ²)	线膨胀系数 α (1/°C)	质量密度 ρ (kg/m ³)
206×10^3	79×10^3	12×10^{-6}	7850

3.5 结构和构件变形

3.5.1 在永久荷载和可变荷载标准值作用下,梁式直跨中的油气管道与桁架式跨越中的桁架跨中挠度不应大于受弯构件跨度的 1/400。

3.5.2 在永久荷载和可变荷载标准值作用下,管道跨越工程中固定塔架、桅杆式塔架平面外方向的最大水平位移不应大于塔架高度的 1/200。

4 测量与勘察

4.1 测 量

4.1.1 跨越工程应按国家现行标准《长距离输油输气管道测量规范》SY/T 0055 的有关规定进行工程测量。

4.1.2 跨越位置地形图可按 1:500~1:2000 比例进行地形图测量,所测范围应满足设计布置和施工场地的要求。

4.1.3 纵断面图的水平比例尺应与地形图一致,纵、横比例尺宜相同。

4.1.4 桥墩间距测量精度应小于跨越主跨跨度的 1/10000。

4.1.5 管道跨越工程测量应统一采用国家坐标高程系统,应与线路段相同。

4.2 勘 察

4.2.1 跨越工程应按国家现行标准《油气田及管道岩土工程勘察规范》SY/T 0053 的有关规定进行工程勘察。

4.2.2 跨越位置的水文地质评价,应包括下列内容:

1 跨越位置的地层含水情况及地下水位变化情况、地下水水质分析。

2 跨越位置的上下游有无水工设施或规划、储水能力、最高水位及坝顶标高等。

3 跨越位置的设计洪水频率下最高洪水位及枯水位标高。

4 跨越位置的最大流速与流量。

5 跨越河流的冰凌资料。

6 设计洪水频率下的一般冲刷深度和局部冲刷深度。

4.2.3 跨越位置的工程地质勘察报告,应包括下列内容:

1 查明桥墩和锚固墩区地层岩性、地质构造、不良地质现象的分布和工程地质特性。

2 测试岩土的物理力学特性,水和土的腐蚀性评价,提供地基基础和桩基设计参数。

3 对边坡及地基的稳定性、不良地质的危害程度和地下水对基础的影响程度作出评价。

4 勘察报告应对跨越工程的地基基础方案提出建议。

4.2.4 勘察资料应提供地震地质设计参数、地震动参数等,并应查明有无不良地震地质情况。

4.2.5 勘察资料应包括下列内容:

1 应查明河流的类型、特征、河流两岸河漫滩及河床断面特征,一般和局部的冲淤程度,河道变迁情况,相应设计洪水频率的洪水位标高和最大流速。

2 跨越位置的通航等级。

3 当地极端最高气温、最低气温、最高月平均气温、最低月平均气温、冻土深度、最大风速、基本风压、积雪厚度和覆冰厚度等。

4.2.6 地质复杂的地基或大型跨越的基础,应根据设计要求进行施工地质勘察。

4.2.7 跨越其他天然、人工障碍物的管道跨越工程的勘察要求,应按本规范第4.2.1~4.2.6条执行。

5 结构分析

5.1 一般规定

5.1.1 跨越结构应按本规范和国家现行有关标准规定的作用(荷载)对跨越结构的整体进行作用(荷载)效应分析。

5.1.2 跨越结构在不同阶段的多种受力状况应分别进行跨越结构分析,并应确定跨越结构最不利的作用效应组合。

5.1.3 跨越结构分析所需的各种几何尺寸,以及所采用的计算图形、边界条件、作用的取值与组合、材料性能的计算指标、初始应力和变形状况等,应符合跨越结构的实际工作状况,并应具有相应的构造保证措施。

5.1.4 跨越结构分析应符合下列要求:

- 1 应满足力学平衡条件。
- 2 应符合变形协调条件。
- 3 应采用合理的材料或构件单元的本构关系。

5.1.5 跨越结构分析时,线弹性分析方法与非线性分析方法宜根据跨越结构类型、构件位置、材料性能和受力特点等选择。

5.1.6 跨越结构分析所采用的电算程序,其技术条件应符合本规范和国家现行有关标准的规定,电算结果应经判断和校核,并应在确定电算结果合理有效后用于工程设计。

5.2 线弹性分析方法

5.2.1 线弹性分析方法可用于跨越结构在各种荷载作用下的效应分析。

5.2.2 杆系结构宜按空间体系进行跨越结构整体分析,并宜分析杆件的弯曲、轴向、剪切和扭转变形对跨越结构内力的影响。跨越

结构或杆件的变形对其内力的二阶效应影响较明显时,应分析二阶效应的影响。

5.2.3 杆系结构的计算模型应按下列方法确定:

- 1 杆件的轴线宜取截面几何中心的连线。
- 2 杆件之间的连接应根据构造要求简化成刚接或铰接。

3 杆件的计算跨度或计算高度宜按杆件两端支承点的中心距或净距确定,并应根据支承节点的连接刚度或支承反力的位置加以修正。

5.2.4 杆系结构宜采用解析法、有限元法等进行计算,对体形规则的跨越结构,可根据其受力特点和作用的种类采用简化分析方法。

5.3 非线性分析方法

5.3.1 大、中型跨越结构,必要时应对跨越结构的整体或其部分进行受力全过程的非线性分析。

5.3.2 跨越结构的非线性分析应符合下列规定:

- 1 跨越结构形状、尺寸和边界条件等应预先设定。
- 2 材料、截面和构件的非线性本构关系宜通过试验测定;也可采用经验证的数学模型,数学模型的参数值应经标定或有可靠的依据。

3 宜分析跨越结构的几何非线性对作用效应的不利影响。

6 结构设计

6.1 结构形式选择及几何尺寸确定

6.1.1 管道跨越工程的结构形式应根据跨度、管径、河床水文和地质条件等确定,可采用梁式直跨、桁架、悬索、斜拉索、“Π”形刚架、单管拱、组合管拱、轻型托架、悬缆等,各种管道跨越工程结构形式示意图见本规范附录 A。

6.1.2 悬索、斜拉索等结构形式的大、中型管道跨越,宜采用对称结构。

6.1.3 跨越结构形式和跨度应根据结构受力条件、基础形式和水文地质等条件进行优化。

6.1.4 斜拉索跨越的最外一根斜拉索与管道水平夹角不宜小于 22° 。

6.1.5 在河床的跨越支承结构,宜采用钢筋混凝土结构。

6.1.6 大型跨越的锚固墩,宜采用重力式混凝土或钢筋混凝土结构。对承受水平力为主的锚固墩宜同时辅以锚杆等措施。

6.2 管道强度及稳定性计算

6.2.1 管道输送介质内压引起的环向应力应按式计算:

$$\sigma_h = \frac{Pd}{2\delta} \quad (6.2.1)$$

式中: σ_h ——管道输送介质内压引起的环向应力(MPa);

d ——管道内径(mm);

δ ——管道壁厚(mm);

P ——管道输送介质内压(MPa)。

6.2.2 管道的轴向应力应包括下列内容:

1 管道输送介质内压引起的轴向应力应按下列式计算：

$$\sigma_{a1} = 0.5\sigma_h \quad (6.2.2-1)$$

式中： σ_{a1} ——管道输送介质内压引起的轴向应力(MPa)。

2 桥面荷载效应组合引起的弯曲应力应按下列式计算：

$$\sigma_{a2} = \frac{M}{W} \quad (6.2.2-2)$$

式中： σ_{a2} ——桥面荷载效应组合引起的弯曲应力(MPa)；

M ——桥面荷载效应组合产生的弯矩(N·mm)；

W ——管道净截面抵抗矩(mm³)。

3 管道弯曲引起的轴向应力应按下列式计算：

$$\sigma_{a3} = \frac{4EDf}{L^2 + 4f^2} \quad (6.2.2-3)$$

式中： σ_{a3} ——管道悬垂引起的轴向应力(MPa)；

E ——钢材弹性模量(N/mm²)；

D ——管道外径(mm)；

f ——矢高(mm)；

L ——跨度水平长度(mm)。

4 跨越结构应进行温度补偿，补偿后的温度应力应按下列式计算：

$$\sigma_{a4} = \frac{F_t}{A} \quad (6.2.2-4)$$

式中： σ_{a4} ——温度变化引起的轴向应力(MPa)；

F_t ——温度变化引起的弹性力(N)；

A ——管道截面面积(mm²)。

5 两端固定管道的温度应力应按下列式计算：

$$\sigma_{a5} = \alpha E \Delta t \quad (6.2.2-5)$$

式中： σ_{a5} ——温度变化引起的轴向应力(MPa)；

α ——钢管线膨胀系数(1/℃)，可按表3.4.4采用；

Δt ——温差(℃)；

E ——钢材弹性模量(N/mm²)。

6.2.3 管道最大剪应力应按下列式计算:

$$\tau_{\max} = \frac{2V}{A} \quad (6.2.3)$$

式中: $\tau_{\max}$ ——管道剪切引起的最大剪应力(MPa);

V ——管道剪力(N);

A ——管道截面面积(mm²)。

6.2.4 当量应力应按下列式计算:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \quad (6.2.4)$$

式中: σ ——当量应力(MPa);

σ_x, σ_y —— x, y 方向的应力(MPa);

τ_{xy} —— x, y 平面上的剪应力(MPa)。

6.2.5 强度验算应满足下列式要求:

$$\sigma \leq F\sigma_s \quad (6.2.5)$$

式中: σ_s ——钢管的屈服强度(MPa);

F ——强度设计系数,应按表 3.1.3 采用;

σ ——当量应力(MPa)。

6.2.6 大型管道跨越工程的风动力反应,宜采用振型分解反应谱法计算。

6.2.7 管道跨越应避免风的涡激作用引起桥面结构共振,并应采取防振措施,同时应进行结构疲劳验算。

6.3 温度补偿及桥面设施

6.3.1 管道跨越应进行温度补偿设计,管段宜利用自身补偿能力,当不能满足热变形要求时应采用补偿器,补偿器宜水平设置。补偿器应满足清管器及检测仪器能顺利通过的要求。

6.3.2 补偿器与直管段连接最后一个焊口时,应选择在当地最佳温差条件下焊接,当不能满足最佳温差条件下焊接时,应进行补偿器的预拉伸(压缩)。

6.3.3 补偿器弯管宜采用热煨弯管,弯管的曲率半径应大于或等

于管道外径的 5 倍。

6.3.4 补偿器采用弯管组焊时,两弯管之间应采用直管段连接,直管段长度不得小于管道外径的 1.5 倍,且不得小于 500mm。

6.3.5 管道热伸长量计算应按式计算:

$$\Delta L = L\alpha(t_2 - t_1) \quad (6.3.5)$$

式中: ΔL ——管道热伸长量;

L ——计算管长;

α ——管道的线膨胀系数($1/^\circ\text{C}$),应按表 3.4.4 采用;

t_2 ——管道内介质温度($^\circ\text{C}$);

t_1 ——管道设计安装温度($^\circ\text{C}$),可取 20°C 。

6.3.6 补偿器应力计算应综合分析温度变化和管道内压的共同作用。

6.3.7 通航河流上的跨越工程应设置航标灯,输送电缆应选用加强绝缘型,照明灯具应选用密封防水防爆型。

6.3.8 跨越管段架空高度(包括塔架高)超过 15m 时,应设计跨越工程的防雷接地。

6.3.9 大、中型跨越工程应设置人行检修通道,通道应设置栏杆,栏杆高度不应小于 1.2m,横杆与上、下构件的间距不应大于 380mm。通道应设置阻断设施,并应设置警示标志。

6.3.10 检修通道的走道板及栏杆宜采用热镀锌组装结构,应能适应温度变化的影响。

6.3.11 跨越管段支承点宜做成滑动支座或弹性支座。管道两端预埋入两岸锚固墩时,在锚固墩与管道连接处应采取加强措施。

6.4 钢丝绳和钢丝束

6.4.1 钢丝绳的设计许用拉力应采用钢丝绳最小破断拉力的 40%~45%。

6.4.2 管道跨越工程采用的钢丝绳应在施工前进行预张拉,预拉力应为钢丝绳最小破断拉力的 45%,预张拉的稳定时间不得小

于 6h。

6.4.3 钢丝绳防腐措施及相关技术要求应在设计文件中明确。

6.4.4 跨越工程中采用的钢丝绳应在设计拉力状态下进行下料，下料宜由生产厂家进行。

6.4.5 对斜拉索结构，成品拉索长度小于或等于 100m 时，长度误差不应大于 20mm；成品拉索长度大于 100m 时，长度误差不应大于索长的 1/5000。对悬索结构，成品主缆长度误差不应大于索长的 1/10000；成品吊索两端耳板销孔间长度误差不应大于 2mm。

6.4.6 半平行钢丝束的最外层钢丝的扭转角度应为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，相应捻距应为钢丝束直径的 20~40 倍。

6.4.7 半平行钢丝束应在工厂内进行预制、张拉，并应在设计状态下进行下料。

6.4.8 半平行钢丝束运输过程中盘径不得小于 1800mm，盘重不应小于 800kg。

6.5 索 具

6.5.1 跨越工程中的索具应进行强度设计、极限设计、安定性设计以及疲劳分析设计。

6.5.2 安定性设计和疲劳分析设计应符合国家现行标准《钢制压力容器——分析设计标准》JB 4732 的有关规定。

6.5.3 索具的制造和检验应符合下列规定：

1 索具的制造和检验应在具备资质证的工厂进行。

2 制造索具采用的材料除应提供原始质量证书外，制造厂应对所用材料进行复验。

3 索具的制造和检验应符合国家现行有关标准的规定。

6.6 塔架和桁架

6.6.1 跨越工程的支承结构所设计的钢塔架或钢筋混凝土塔架可根据水文地质、工程地质、支承结构本身的高度、受力特征以及

施工等条件确定。

6.6.2 塔架设计应满足结构强度、刚度和稳定性要求。

6.6.3 塔架高度应满足结构受力和通航要求。桥面处塔柱与桥面结构间应留有适当安全防护距离。

6.6.4 钢塔架宜采用矩形钢塔架或锥形钢塔架。

6.6.5 钢塔架高度与底部宽度之比宜为 5~7。

6.6.6 钢塔架宜采用“K”形或再分式腹杆体系,在主水平腹杆处应设置横隔。

6.6.7 钢塔架的立柱、塔顶水平腹杆宜采用钢管,其他杆件可采用型钢。

6.6.8 在计算塔架的自振周期时,应分析桥面结构在正常使用状态下垂直荷载的影响。

6.6.9 钢塔架和钢桁架杆件的强度及稳定计算、节点连接计算、构造要求应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

6.6.10 钢塔架、钢桁架的对接焊缝应达到现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的一级焊缝标准,外观质量检验应达到现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的二级焊缝标准。角焊缝可不进行无损探伤检测。

6.6.11 桅杆式钢塔架在安装时,应分析桥面恒荷载加上时的预偏位移量的影响。

6.6.12 钢筋混凝土塔架的结构形式、荷载计算、结构计算、构造要求、强度与裂缝验算要求,应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 和《公路斜拉桥设计规范》JTJ 027 的有关规定执行。

7 地基基础

7.0.1 管道跨越工程基础形式应根据工程地质、水文地质、管道跨越结构形式和施工条件等因素进行选择。

7.0.2 管道跨越工程应满足地基强度和变形要求,基础埋深应符合下列规定:

- 1 基础埋深应满足抗滑移、抗倾覆要求。
- 2 基础的基底应置于冰冻线以下,且不应小于 0.3m。
- 3 除岩石地基外,基底埋置应在设计冲刷线以下,大型跨越工程不应小于 2m,中型跨越工程不应小于 1.5m,小型跨越工程不应小于 1m。
- 4 岩石地基应嵌入稳定岩层。

7.0.3 管道跨越工程各类基础的地基承载力、基础沉降及基础自身的强度和稳定计算,应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行。

7.0.4 地基基础的抗滑与抗倾覆稳定性应按下列公式计算:

$$K_{\text{滑}} = \frac{F_{\text{R滑}}}{F_{\text{S滑}}} \geq 1.3 \quad (7.0.4-1)$$

$$K_{\text{倾}} = \frac{M_{\text{R倾}}}{M_{\text{S倾}}} \geq 1.5 \quad (7.0.4-2)$$

式中: $F_{\text{R滑}}$ ——抗滑动力;

$F_{\text{S滑}}$ ——滑动力;

$K_{\text{滑}}$ ——抗滑稳定系数;

$M_{\text{R倾}}$ ——抗倾覆力矩;

$M_{\text{S倾}}$ ——倾覆力矩;

$K_{\text{倾}}$ ——抗倾覆稳定性系数。

7.0.5 处于河中的桥墩,除应分析恒载、活载、风载和地震效应之外,还应分析流水压力、冰压力、船只或漂流物的撞击作用。在工程设计时,冰压力、船舶或漂流物的撞击作用不应同时计算。

7.0.6 作用在桥墩上的流水压力标准值可按下式计算,流水压力合力的着力点,应在设计冲刷线以下水深处的 0.3 倍。

$$F_w = KA \frac{\gamma V^2}{2g} \quad (7.0.6)$$

式中: F_w ——流水压力标准值(kN);

γ ——水的重力密度(kN/m³);

V ——设计流速(m/s);

g ——重力加速度,取 9.81m/s²;

K ——桥墩形状系数,可按表 7.0.6 采用;

A ——桥墩的阻水面积,计算至设计冲刷线处(m²)。

表 7.0.6 桥墩形状系数

桥墩形状	桥墩形状系数 K
方形桥墩	1.5
矩形桥墩(长边与水流平行)	1.3
圆形桥墩	0.8
尖端形桥墩	0.7
圆端形桥墩	0.6

7.0.7 具有竖向前棱的桥墩,冰压力宜符合下列规定:

1 冰对桩或墩产生的冰压力标准值可按下式计算:

$$F_i = m C_i b t R_{ik} \quad (7.0.7-1)$$

式中: F_i ——冰压力标准值(kN);

m ——桩或墩迎冰面形状系数,可按表 7.0.7-1 采用;

C_i ——冰温系数,可按表 7.0.7-2 采用;

b ——桩或墩迎冰面投影宽度(m);

t ——计算冰厚(m),可取实际调查的最大冰厚;

R_{ik} ——冰的抗压强度标准值(kN/m^2),可取当地冰温 0°C 时的冰抗压强度;当缺乏实测资料时,海冰可取 750kN/m^2 ;河冰在流冰开始时可取 750kN/m^2 ,在最高流冰水位时可取 450kN/m^2 。

当冰块流向桥轴线的角度 φ 小于或等于 80° 时,桥墩竖向边缘的冰荷载应乘以 $\sin\varphi$ 予以折减。冰压力合力作用应在计算结冰水位以下冰厚处的 0.3 倍。

表 7.0.7-1 桩或墩迎冰面形状系数

迎冰面形状	平面	圆弧形	尖角形的迎冰面角度				
			45°	60°	75°	90°	120°
桩或墩迎冰面形状系数	1.00	0.90	0.54	0.59	0.64	0.69	0.77

表 7.0.7-2 冰温系数

冰温($^\circ\text{C}$)	0	-10 及以下
冰温系数	1.0	2.0

注:1 表中冰温系数可直线内插;

2 对海冰,冰温应取结冰期最低冰温;对河冰,冰温应取解冻期最低冰温。

2 当流冰范围内桥墩有倾斜表面时,冰压力应分解为水平分力和竖向分力,并按下列公式计算:

$$\text{水平分力} \quad F_{xi} = m_0 C_i R_{ik} t^2 \tan\beta \quad (7.0.7-2)$$

$$\text{竖向分力} \quad F_{zi} = F_{xi} / \tan\beta \quad (7.0.7-3)$$

式中: F_{xi} ——冰压力的水平分力(kN);

F_{zi} ——冰压力的竖向分力(kN);

β ——桥墩倾斜的棱边与水平线的夹角($^\circ$);

R_{ik} ——冰的抗弯强度标准值(kN/m^2),可取 $0.7R_{ik}$;

m_0 ——系数,可取 $0.2b/t$,但不应小于 1.0。

3 桥墩受冰作用的部位宜采用实体结构。对于有强烈流冰的河流中的桥墩,其迎冰面宜做成圆弧形、多边形或尖角,并应做 3:1~10:1(竖:横)的斜度,在受冰作用的部位宜缩小其迎冰面

投影宽度。

对流冰期的设计高水位以上 0.5m 到设计低水位以下 1.0m 的部位,宜采取抗冻性混凝土、花岗岩镶面或包钢板等防护措施。同时,对桥墩附近的冰体应采取使冰体减小对结构物作用力的措施。

7.0.8 位于通航河流或有漂流物的河流中的桥墩,当需要计算船舶或漂流物的撞击作用时,其撞击作用标准值可按下列规定采用和计算:

1 当缺乏实际调查资料时,内河船舶撞击作用的标准值可按表 7.0.8-1 采用。四、五、六、七级航道内的钢筋混凝土桩墩,顺桥向撞击作用可按表 7.0.8-1 所列数值的 50% 计算。

表 7.0.8-1 内河船舶撞击作用的标准值

内河航道等级	船舶吨级 DWT(t)	横桥向撞击作用(kN)	顺桥向撞击作用(kN)
一	3000	1400	1100
二	2000	1100	900
三	1000	800	650
四	500	550	450
五	300	400	350
六	100	250	200
七	50	150	125

2 当缺乏实际调查资料时,海轮撞击作用的标准值可按表 7.0.8-2 采用。

表 7.0.8-2 海轮撞击作用的标准值

船舶吨级 DWT (t)	3000	5000	7500	10000	20000	30000	40000	50000
横桥向撞击作用 (kN)	19600	25400	31000	35800	50700	62100	71700	80200
顺桥向撞击作用 (kN)	9800	12700	15500	17900	25350	31050	35850	40100

3 可能遭受大型船舶撞击作用的桥墩,桥墩防撞设施的设

计应根据桥墩的自身抗撞击能力、桥墩的位置和外形、水流流速、水位变化、通航船舶类型和碰撞速度等因素确定。当设有与墩台分开的防撞击的防护结构时,桥墩可不计船舶的撞击作用。

4 漂流物横桥向撞击力标准值可按下式计算:

$$F = \frac{WV}{gT} \quad (7.0.8)$$

式中: F ——漂流物横桥向撞击力标准值(kN);

W ——漂流物重力(kN),应根据河流中漂流物情况,按实际调查确定;

V ——水流速度(m/s);

T ——撞击时间(s),应根据实际资料估计,在无实际资料时,可取 1s;

g ——重力加速度,取 9.81m/s^2 。

5 内河船舶的撞击作用点,可假定为计算通航水位线以上 2m 的桥墩宽度或长度的中点。海轮船舶撞击作用点宜根据实际情况确定。漂流物的撞击作用点宜假定在计算通航水位线上桥墩宽度的中点。

8 构造要求

8.1 一般规定

8.1.1 跨越管段在入土点有水流冲击可能的位置,宜采取保护管段的措施。

8.1.2 拱式跨越在拱脚处宜设置套管。

8.1.3 钢塔架的顶部及跨越管道补偿器处应设置检修平台,高度大于 50m 的钢塔架,尚应在中部增设休息平台。

8.1.4 大、中型跨越工程两端应设置警示标志,并宜设置防护栏等安全设施。

8.2 防腐和保温

8.2.1 跨越工程采用的钢管及其他钢材,其表面应采用耐环境腐蚀、耐日晒、耐寒、抗紫外线作用的防腐涂层。构件设计中应避免难于检查、清刷、积留湿气或灰尘的死角和凹槽。

8.2.2 跨越工程采用的钢丝绳需现场保护时,钢丝绳表面油膜及污泥应洗刷干净,并应在钢丝绳及索具表面包扎或热涂防腐保护层,采用的防腐材料应为不含酸、碱的中性材料,与钢丝绳黏结性能应良好,在当地最高温度条件下不应流淌,最低温度条件下不应龟裂。

8.2.3 索具应采取防腐措施。

8.2.4 输送工艺要求保温时,跨越管段应选用保温性能良好、重量轻的保温材料,并应在保温层表面设置防水保护层。

9 抗震设计

9.1 一般规定

9.1.1 管道跨越工程的抗震计算、构造措施和材料要求,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《构筑物抗震设计规范》GB 50191 和《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB 50470 的有关规定。

9.1.2 大型管道跨越工程和重要干线的中型管道跨越工程,应按抗震设防类别乙类进行设防,其余管道跨越工程应按抗震设防类别丙类进行设防。

9.1.3 当场地地震动峰值加速度等于 $0.05g$ 时,可不进行抗震作用计算,但应采取抗震措施;当场地地震动峰值加速度为 $0.1g \sim 0.4g$ 时,应进行抗震作用计算和采取抗震措施;当场地地震动峰值加速度大于 $0.4g$ 时,不宜建设管道跨越工程。

9.1.4 重要的大型管道跨越工程应按地震安全评价报告提供的地震动参数进行计算。

9.1.5 地震对各类管道跨越工程的作用,应按本地区的地震动参数进行计算。对大型管道跨越工程,应按批准的地震安全性评价结果进行计算。

9.1.6 有液化土层的建设场地,不宜建设管道跨越工程,无法避开液化土层时,应将基础置于液化土层以下或进行地基处理。

9.1.7 当管道跨越断层时,桥墩基础不应设置在严重破碎带上。

9.2 抗震计算

9.2.1 小型跨越以及质量和刚度分布比较均匀的中型跨越,可采用单质点简化方法进行抗震计算。

9.2.2 跨越结构宜采用振型分解反应谱法进行抗震计算。

9.2.3 受力复杂的跨越结构宜采用时程分析法进行抗震计算,设计依据可取多条时程曲线计算结果的平均值与振型分解反应谱法计算结果的较大值。

9.2.4 对悬索、斜拉索等跨越结构进行抗震计算时,应采用几何非线性的分析模型。

9.2.5 在抗震计算中,应分析非结构构件、介质的附加质量对跨越结构抗震性能的影响。

10 跨越管段施工要求

10.1 组 装

10.1.1 管段加工前,应对管段长度和管口尺寸进行选配,每根钢管最小长度不宜小于 10m。

10.1.2 管口组对的坡口形式应符合设计文件和焊接工艺规程的规定。

10.2 焊 接

10.2.1 施工单位应根据设计文件要求,进行焊接工艺评定和编制焊接工艺规程。焊接工艺评定应符合国家现行标准《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369 和《钢质管道焊接及验收》SY/T 4103 的有关规定。

10.2.2 跨越管段焊接应符合现行国家标准《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369 的有关规定。

10.2.3 焊件的预热和焊后的热处理应根据材料的机械性能、化学成分、焊件厚度、焊接条件以及气候条件等确定。

10.2.4 当焊接两种具有不同预热要求的材料时,应以预热温度要求较高的材料为准。

10.2.5 下列情况,应采取防护措施后施焊:

- 1 雨、雪环境。
- 2 大气相对湿度大于 90%。
- 3 低氢型焊条电弧焊,风速大于 5m/s。
- 4 酸性焊条电弧焊,风速大于 8m/s。
- 5 自保护药芯焊丝半自动焊,风速大于 8m/s。
- 6 气体保护焊,风速大于 2m/s。

7 环境温度低于焊接工艺规程中规定的温度。

10.3 检 验

10.3.1 焊缝外观质量检验应符合现行国家标准《油气输送管道跨越工程施工规范》GB 50460 的有关规定。

10.3.2 焊缝无损探伤检测应符合下列规定：

1 跨越管道的环向焊缝应进行 100% 超声波检测和 100% 射线检测。

2 射线检测和超声波检测应符合国家现行标准《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T 4109 的有关规定，合格级别均应为Ⅱ级。

10.4 试压和清管

10.4.1 大、中型跨越工程的跨越管道应单独进行试压。

10.4.2 试压和清管应在管道组装、焊接、检验合格后进行。管道的整体吹扫、试压和清管应在跨越管道全部完成后进行。

10.4.3 试压介质应用洁净水。试验压力、稳压时间及合格标准应符合表 10.4.3 的规定。

表 10.4.3 试验压力、稳压时间及合格标准

项 目	跨越管道试压	
	强度试验	严密性试验
介质	洁净水	
试验压力	$1.5P$	$1.0P$
稳压时间	4h	24h
合格标准	无异常变形、无渗漏	$\Delta P \leq 1\%P$ 且 $\Delta P \leq 0.1\text{MPa}$

注：1 P 为设计压力；

2 整体严密性试验可与线路管道统一进行。

10.4.4 管道试压的压降率可按下式计算：

$$\Delta P = \left(1 - \frac{P_{\text{终}} T_{\text{始}}}{P_{\text{始}} T_{\text{终}}} \right) \times 100 \quad (10.4.4)$$

式中: ΔP ——压降率(%);

$T_{\text{始}}$ ——试验开始时管内介质绝对温度(K);

$T_{\text{终}}$ ——试验终了时管内介质绝对温度(K);

$P_{\text{始}}$ ——试验开始时读表值(MPa);

$P_{\text{终}}$ ——试验终了时读表值(MPa)。

10.4.5 强度试验压力应均匀缓慢上升,当试验压力大于3.0MPa时,宜分三次升压,压力分别为30%、60%的试验压力时,应分别稳压30min,并应对管道进行全面检查后,继续升压至最终试验压力。

10.4.6 严密性试验应在强度试验合格后,将管内压力降到设计压力,并应待管内介质温度和管道周围大气温度均衡后,按本规范表10.4.3的规定进行严密性检查。

10.4.7 管道分段试压前,应清除管内泥土、杂物等,整体试压前还应进行清管作业,用水清管时,水的流速不得小于1m/s~1.5m/s,用空气清管时,出口处空气流速不得小于20m/s。

10.4.8 大、中型跨越工程与线路管道连通前,应设置临时清管收发设施和放空口,不得将线路管道内的脏物和积水在跨越管道内通过。

10.4.9 输送热油的管道跨越工程,在通油前应进行热水试验,并应经检查各节点变位正常后通油输送。

10.4.10 跨越管段试压合格后,与两端线路管段连接时,不应出现使跨越管段发生强制变形的连接。

10.5 防 腐

10.5.1 跨越管段的腐蚀控制设计应符合现行国家标准《钢质管道外腐蚀控制规范》GB/T 21447的有关规定。

10.5.2 跨越管段所采用的防腐涂层应符合国家现行有关涂层标

准的规定。

10.5.3 跨越管段应采用与线路管道相同的防腐涂层和涂层等级。

10.5.4 大型跨越管段有接地或独立采用牺牲阳极保护时,管段两端宜设置绝缘接头。

10.5.5 跨越管段的稳管构筑物应与管段绝缘,不得对管段产生电屏蔽。

10.5.6 跨越管段的补口及补伤,应按管段所用防腐涂层的国家现行有关标准执行。

10.5.7 跨越电气化铁路时,应分析电气化铁路对管道阴极保护的影响,并应采取相应的防护措施。

11 健康、安全与环境

11.0.1 管道跨越工程设计应贯彻执行国家和行业有关健康、安全与环境管理的法律、法规及相关规定。

11.0.2 管道跨越工程设计应对相关人员进行健康、安全与环境管理的培训,并应加强“安全第一,预防为主”的意识教育。

11.0.3 管道跨越工程设计应包括地貌恢复及河道恢复等水土保持及环境保护的措施。

附录 A 各种管道跨越工程结构形式示意图

A.0.1 管道跨越工程结构形式示意图见图 A.0.1~图 A.0.10。

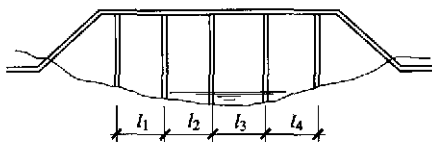


图 A.0.1 梁式直跨

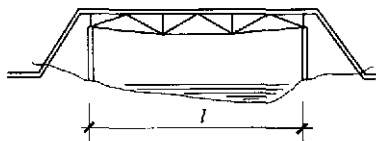


图 A.0.2 桁架式跨越

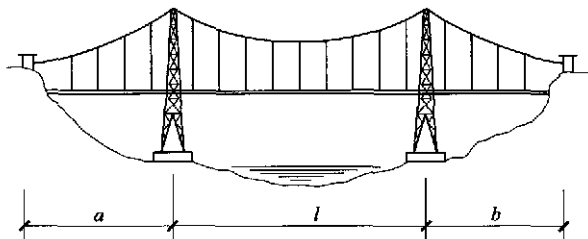


图 A.0.3 悬索跨越

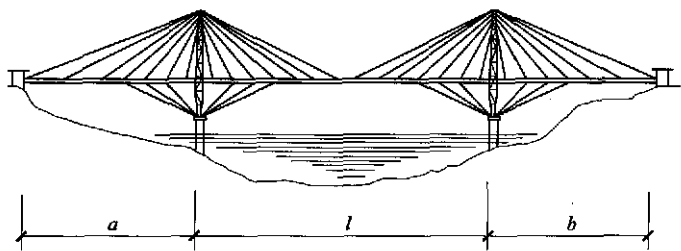


图 A.0.4 斜拉索跨越

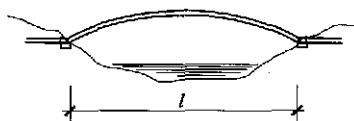


图 A.0.5 单管拱跨越

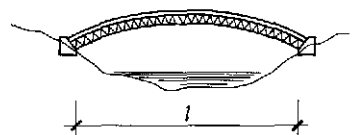


图 A.0.6 组合管拱跨越

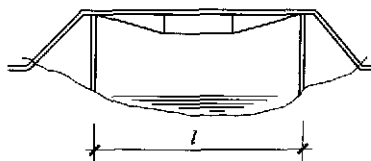


图 A.0.7 轻型托架跨越

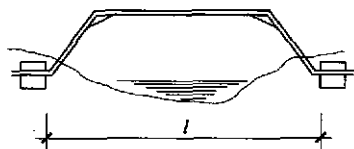


图 A.0.8 “H”形刚架跨越

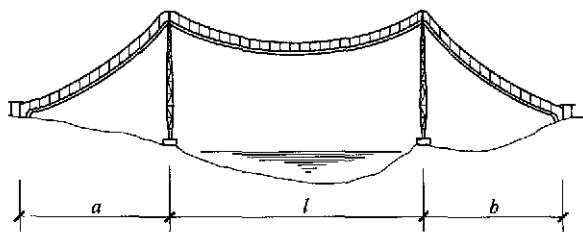


图 A.0.9 悬缆跨越

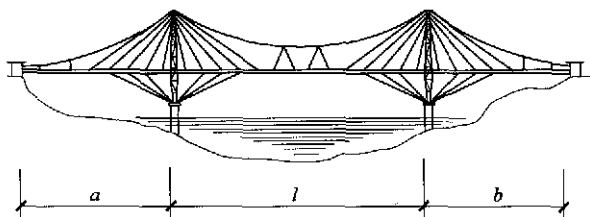


图 A.0.10 斜拉索悬索组合跨越

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

油气输送管道跨越工程设计规范

GB 50459 - 2009

条文说明

目 次

1	总 则	(43)
2	术 语	(44)
3	基本规定	(45)
3.1	一般规定	(45)
3.2	荷载和荷载效应组合	(48)
3.3	材料	(49)
3.5	结构和构件变形	(49)
4	测量与勘察	(50)
4.1	测量	(50)
4.2	勘察	(50)
5	结构分析	(51)
5.1	一般规定	(51)
5.2	线弹性分析方法	(52)
5.3	非线性分析方法	(52)
6	结构设计	(53)
6.1	结构形式选择及几何尺寸确定	(53)
6.2	管道强度及稳定性计算	(53)
6.3	温度补偿及桥面设施	(54)
6.4	钢丝绳和钢丝束	(55)
6.5	索具	(55)
6.6	塔架和桁架	(56)
7	地基基础	(58)
9	抗震设计	(61)
9.1	一般规定	(61)

9.2 抗震计算	(61)
10 跨越管段施工要求	(62)
10.1 组装	(62)
10.2 焊接	(62)
10.3 检验	(62)
10.4 试压和清管	(63)
11 健康、安全与环境	(64)

1 总 则

1.0.3 本条提出在设计文件(如图纸和材料订货单等)中应注明的一些事项,这些事项都与保证工程质量密切相关。结构设计使用年限、焊缝质量等级在说明书中表达清楚就可以。

2 术 语

本章所列术语,其定义及范围仅适用于本规范。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 管道跨越工程因输送管道内聚积了大量易燃易爆的压缩能量,若管道一旦破裂,对周围环境危害很大,因此本规范按跨越障碍物的重要程度分为甲类和乙类两种,设计时可按不同地理环境采用不同的设计系数,做到合理使用管材强度,不但经济上合理,也是确保跨越工程及周围环境有安全可靠的保证。

3.1.2 跨越工程等级划分的原则是以不同跨度大小来划分的,其主要原因是因为随着跨度的增大,技术、安全性要求也会越来越高,大型跨越工程一旦遭受损坏,不但对周围环境危害很大,而且修复的难度也十分艰巨,因此对待不同跨度采用不同的强度许用应力,并贯穿到从管道设计、设备材料选用、施工、生产、维护保养到更新改造的全过程,用控制管道的强度来确保管桥系统的安全,从而对周围环境提供了安全保证。

表 3.1.2 划分工程等级的条件只要满足一条就可以了,比如连续梁式跨越工程每跨均为 30m,共计 4 跨,总跨 120m,按照表 3.1.2 规定,主跨 30m 属于小型跨越,但是总跨 120m 满足中型跨越要求,因此就应该划分为中型跨越。

3.1.3 管道跨越安全性的控制是取决于管道强度的许用应力,因此应根据跨越工程所处不同环境条件以及不同的工程等级选用不同的强度设计系数(F)。根据现行国家标准《输气管道工程设计规范》GB 50251 规定,管道穿越铁路及公路,其标准强度设计系数在 0.4~0.6,结合跨越工程实践经验认为仍采用强度设计系数为 0.4~0.6,技术上是可行的,经济上是合理的,输油管道跨越工程设计系数可增大为 0.45~0.65。

由于输气管道的强度设计系数与地区等级有关,所以输气管道的强度设计系数同时要满足《输气管道工程设计规范》GB 50251 的相关规定。

3.1.4 油气输送管道跨越工程由于建设位置的环境条件比较差,而且受力状况和荷载组合与一般工业与民用建筑钢结构不相同,采用现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 设计不太合适,跨越工程的工作环境 with 公路钢结构桥梁的工作环境比较一致,根据国家现行标准《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》JTJ 025 综合得到该系数,这对跨越工程的安全性是有保障的。该系数主要用于采用容许应力设计方法。

3.1.5 本条说明如下:

1 油气输送管道跨越工程属于管道线路工程组成部分,因此所选用管径、材质、输送介质压力、连接点的坐标和标高以及清管、试压等都需要衔接好。同时也要求跨越工程设计应充分考虑国家有关政令、法规以及有关部委及地方政策,如保护环境、节约用地、安全卫生监察的规定以及《原油、天然气长输管道与铁路相互关系的若干规定》、《关于处理石油管道和天然气管道与公路相互关系的若干规定》等。

2 大、中型跨越工程位置的选择应符合线路总走向,但为了使跨越工程更安全、更经济合理,线路局部走向应根据跨越位置进行调整。因此,对大中型跨越工程位置应进行多方案比选。

4 不同地形、地质条件下跨越位置的确定条文解释如下:

1)跨越位置宜选择在河流较窄的断面处,可以减少跨度,尽可能避免在水中设置桥墩,节约工程投资,加快施工进度。但一般河流较窄断面处流速较高,水流对两岸侵蚀作用较大,因此对两岸桥墩或基础宜选择在稳定的地基上。河流弯道顶部的岸坡一般冲刷较为严重,跨越位置宜选择在弯道上游平直河段上。

2)跨越位置应远离上游坝闸或其他水工构筑物,因为水流通过坝闸或其他水工构筑物后,水的流态和流速都会发生很大变化,对下游桥墩或岸坡危害甚大。

3) 跨越冲沟是指通过深而窄的冲沟,即沟床窄小、两岸与沟床高差较大的冲沟,由于不同的地层岩性,冲沟的形成和发育变化有很大差别,因此选择跨越位置时,对冲沟沟头正发育地段应尽可能避开。

4) 在有活动地震断裂带地区常发生各种不同的地层变化,如地裂、断裂挤压、拉张破碎、断口、地陷、山崩、泥石流、滑坡以及砂土液化等危害,因此跨越位置应避开有活动的地震断裂带。

5 重要设施包括输电线等,需要符合相关的安全距离要求。

6 跨越工程施工,一般都在现场进行预制、组装、发送、安装等一系列施工工序,为完成这一系列施工工序,现场应设置一整套的施工临时设施和施工机具设备以及材料堆放、交通运输等,这些都是选择跨越位置所考虑的重要因素。

施工安装场地的大小应满足现场施工的需要。

3.1.6 本条说明如下:

1 跨越管道选用的管径应与线路工程匹配,壁厚则根据各自不同的强度选用不同的壁厚,但清管器外径的富盈量应以管壁薄的一方考虑,否则清管器富盈量过小,密封性差,形不成强有力的推动趋势,影响清管效果。降低弯管的热胀应力最经济和有效的措施是加大弯管的曲率半径,但考虑到我国管道工业具体情况,通过实践证明预制弯管的曲率半径大于 $4D$,并不影响清管器的顺利通过。

2 大型跨越工程在两岸设置截断阀,其主要目的是便于管桥维修以及当管桥发生破损时,尽可能减少损失和防止事故扩大。

对于相邻的连续两个大型跨越工程是否都要设置截断阀,要与线路专业统一协调。

3 若采用绝缘法兰时,制造标准应符合国家现行标准《绝缘法兰设计技术规定》SY/T 0516 的规定。

4 跨越工程与线路工程的管道交接点处往往没有明确的分界线,常常造成两者之间有一段管段设计遗漏或者是同一个桩号却表示不同符号,因此有必要建立明确交接分界线,方便施工。如果跨越结构端部设计了锚固墩或支墩,分界点宜在锚固墩或支墩外 10m

处,如果没有设置锚固墩或支墩,则在跨越管段入土点外 10m 处。

3.1.7 本规范主要参考国内外桥梁设计标准,对三种不同工程等级的管道跨越工程选用不同防洪标准。根据多年的工程运营管理经验,由于小型跨越工程一般位于没有较准确洪水资料的地点,为了提高工程设计的安全度,这次规范编制将小型跨越工程的防洪标准提高为 50 年一遇。

3.1.8、3.1.9 一般无通航河流很少有历年水文资料记录。近年来国内洪水灾害频繁发生,很难准确确定设计洪水位高度,因此本规范规定管桥最下缘高出设计洪水位的高度是比较合理的。

3.1.10 管道跨越人行道、公路、铁路、电气化铁路的净空高度以及跨越管道与桥梁之间最小距离是根据《原油长输管道线路设计规范》SYJ 14—85、《输气管道工程设计规范》GB 50251—2003、《公路路线设计规范》JTG D20—2006、《原油、天然气长输管道与铁路相互关系的若干规定》等有关规定制定的。等外级公路的净空高度参照等级公路执行。

由于现在公路上超载的车辆日益增多,有必要在管道跨越工程两侧设置限高标志,特别是低等级公路、农用车辆较多的公路,必要时设置限高构筑物,确保管道跨越工程安全。

表 3.1.10 跨越人行道路的净空高度为 3.5m,设计跨越工程时,要考虑道路的远期规划,对于今后交通发展,人行道路有可能变成车行道路时,宜适当增加净空高度。

3.1.12 本条文是根据国家有关航道安全规定制定的。

3.2 荷载和荷载效应组合

3.2.1 本条说明如下:

1 输送介质及管内凝集液等自重在使用阶段可视为不变。设计中,按永久荷载考虑。

3 试验压力为设计压力的 1.5 倍,有特殊试压要求时,按实际压力取值。

3.2.2 本条需要说明的是,由于本规范采用容许应力设计方法,在进行荷载组合时,荷载值不需要乘分项系数,这是与概率论设计方法的区别之一。

3.2.3 本条规定的均布荷载分布范围为检修通道的范围。

3.3 材 料

3.3.1~3.3.3 跨越工程中,所用的钢管、钢材、钢筋、水泥和钢丝绳等建筑材料应有严格要求才能保证工程质量,这三条规定了所用材料应遵循的相关标准,不符合这些规定标准的材料,跨越工程不得采用。

高酸性介质的输送管道没有行业标准和国家标准,但是有企业标准,在设计中也要严格按照企业标准来设计,这对于管道跨越工程的安全是有重要意义的。

3.3.4 本条规定了跨越工程中对结构用钢应具有的性能和化学成分等合格保证的项目。

3.3.5 本规范推荐索具宜采用的材料是根据多年实践经验所得,也是符合常规选材的规定,对于碳当量不得大于 0.43%,一般控制在 0.38%左右,略低于其他钢材规定,因索具一般除了主要承受拉应力以外,还承受脉动特性的接触应力和弯曲应力,容易引起金属疲劳,这是国内外常用做法。

3.3.6 锚固法兰在跨越工程中属重要受力构件,有必要单独对其材料要求作出规定。

3.3.7 焊接材料的质量及其选用是保证焊接质量的首要问题。焊前预热和焊后热处理的目的是为了消除或降低焊接接头的残余应力,防止焊缝或母材产生裂纹和金属热影响区的金相组织和材料性能。

3.5 结构和构件变形

3.5.1、3.5.2 这两条是本规范新增内容,主要针对跨越工程中所涉及的结构和构件变形的限值作出了相应的规定。所规定的变形限值是根据结构相关规范的规定,结合跨越工程实践经验的总结得出的。

4 测量与勘察

4.1 测 量

4.1.2 测量所用比例尺与跨越的长度成反向增长。

4.1.3 对于长度较大的跨越,可以适当增大纵比例尺。

4.2 勘 察

4.2.2~4.2.4 地质资料应满足设计需要,确保跨越工程的安全。

4.2.5 勘察资料对河道的自然变化应有一定的预计,以供设计考虑。

5 结构分析

5.1 一般规定

5.1.1 在所有的情况下均应对跨越结构的整体进行分析。对于结构中的重要部位、形状突变部位以及内力和变形有异常变化的部分(例如节点及其附近、支座和集中荷载附近),必要时应另做更详细的局部分析。

5.1.2 跨越结构在不同的工作阶段,例如正常使用、试压阶段、安装阶段等,以及出现偶然荷载的情况下,都可能出现多种不利的受力状况,应分别进行结构分析,并确定其可能最不利的作用效应组合。

5.1.3 结构分析应以结构的实际工作状况和受力条件为依据。结构分析的结果应有相应的构造措施作保证。例如:固定端和刚节点的承受弯矩能力和对变形的限制等。

结构分析方法应有可靠的依据和足够的计算准确程度。

5.1.4 所有结构分析方法的建立都基于三类基本方程,即力学平衡方程、变形协调(几何)条件和本构(物理)关系。其中力学平衡条件应满足;变形协调条件对有些方法不能严格符合,应在不同程度上予以满足;本构关系则需要合理的选用。

5.1.5 现有的跨越结构分析方法可归纳为两类。

1 线弹性分析方法是最基本和最成熟的结构分析方法,也是其他分析方法的基础和特例。它适用于分析一切形式的结构和验算结构的安全状态。

2 非线性分析方法以跨越工程的实际力学性能为依据,引入相应的非线性本构关系后,可准确地分析结构受力全过程的各种荷载效应,而且可以解决一切形体和受力复杂的结构分析问题。

这是一种先进的分析方法,已经在国内外一些重要结构的设计中采用,并不同程度地纳入国外的一些主要设计规范。但这种分析方法比较复杂,计算工作量大,各种非线性本构关系尚不够完善和统一,至今应用范围仍然有限,主要用于重大结构工程的分析 and 地震下的结构分析。

5.1.6 跨越结构设计中采用电算分析的日益增多,商业的和自编的电算程序都应保证其运算的可靠性。而且每一项电算的结果都应做必要的判断和分析。

5.2 线弹性分析方法

5.2.2 由长度大于3倍截面高度的构件所组成的结构,可按杆件结构进行分析。斜拉索跨越、悬索跨越等柔性较大的跨越工程结构分析要考虑二阶效应。

5.2.3 计算图形宜根据结构的实际形状、构件的受力和变形情况、构件间的连接和支承条件以及各种构造措施等做合理的简化。

5.2.4 电算程序一般按准确分析方法编制,简化分析方法适用于手算。

5.3 非线性分析方法

5.3.2 杆件(一维)结构和二、三维的非线性分析可根据结构的类型和形状、要求的计算精度等选择分析方法。

6 结构设计

6.1 结构形式选择及几何尺寸确定

6.1.2 由于悬索、斜拉索等结构形式的大、中型管道跨越,其支承结构多为钢塔架或钢筋混凝土支架,若其上部结构为非对称结构,则必将增大支承结构的内力和剪切变形。因此,在满足跨越位置地形地貌、水文地质条件的前提下,宜采用对称结构。

6.1.3 在确定管道跨越的跨度时,除了综合考虑受力条件、桥墩(基础)形式和经济条件等,还应考虑施工需要的场地和其他条件。当主跨跨度在管道允许跨度范围之内时,宜采用单跨或多跨梁式直跨跨越。如采用单跨或多跨梁式直跨跨越,要满足管道的容许跨度。

6.1.5 管道跨越的桥墩(基础)往往浸泡在河水中,且有被来往船只或水上漂浮物撞击的可能,为了管桥的安全及减少支承结构的维护保养费用,建议最高洪水水位以下的支承结构采用混凝土或钢筋混凝土结构。

6.2 管道强度及稳定性计算

6.2.2 本条公式解释如下:

1 式(6.2.2-1)中,管道内压引起的轴向应力比环向应力小,一般管道较平直时,可选取环向应力值为0.36~0.50。

3 式(6.2.2-3)的推导如下(公式中的符号见图1):

$$\text{由 } \rho = x + f = \sqrt{\frac{L^2}{4} + x^2}, \text{ 求出 } \rho = \frac{L^2 + 4f^2}{8f}$$

$$\text{由 } \frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI_x}, \text{ 得 } M = \frac{EI_x}{\rho}$$

$$\text{则 } \sigma = \frac{M}{W_z} = \frac{EI_x}{W_z \rho} = \frac{E\pi D^4/64}{\pi D^3/32 \times \frac{L^2+4f^2}{8f}} = \frac{4EDf}{L^2+4f^2}$$

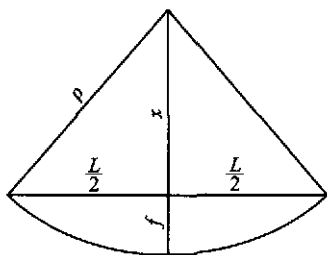


图 1 推导公式符号图

4 式(6.2.2-4)是考虑温度应力的计算比较复杂,可以采用查表法、程序计算法、公式法等,由于内容较复杂,而且现在程序计算也越来越普及,所以直接给出公式,不给出具体的计算过程,使用者可以灵活掌握。

6.2.4 由于管道作为跨越结构体系杆件的一部分,管道应力将会增高。因此,应按两向应力状态进行组合计算。

6.2.6 有条件的工程,建议通过风洞模拟试验确定,为管道跨越工程积累试验数据,推动跨越工程的发展。

6.2.7 在结构刚度突变的位置、应力集中的地方,风的涡激振动易引起该处结构的疲劳破坏,因此还应进行疲劳验算。

6.3 温度补偿及桥面设施

6.3.1 输送管道从地下埋设改变为架空跨越,到达对岸后又改为地下埋设,自然形成了垂直或水平方向的短臂立管,为跨越管段热变形提供了自身补偿功能,若自身补偿能力不能满足热变形的要求,应另设补偿器。

6.3.2 一般施工安装补偿器时,往往留下最后一个焊口与直管段相接,选择在当地最佳温度条件下焊接,是指选择管道正常运营时温度与施工焊接时气温之间达到较小的温差值。

一般施工输送介质管道的补偿器时,往往将补偿器预拉伸(压缩)为管道热变位计算值的 50%,这样使管道温度变化时能沿管道顺直方向变位,否则设置补偿器后,管道局部刚度增大,容易引起直管段向旁侧弯曲变形。

6.3.3 弯管曲率半径应大于或等于 $5D$,根据实践经验基本能满足清管器及检测仪器顺利通过。

6.3.4 大管径管道的温度补偿器是由多个弯管组焊而成的,两弯管之间应使用一短节直管连接,直管段长度不得小于管道外径的 1.5 倍,且不得小于 500mm,主要是避免弯管曲率半径的偏差给对口造成一定困难。

6.3.7 管道跨越工程中所采用电源应是低压电源,所用输电线及灯具均应防水、防爆并有较好的绝缘性能,为保证管桥生产及操作人员安全,应按国家现行标准的有关规定进行设计。

6.3.11 管道支支点做成滑动支座或悬吊式弹性支座,其目的是防止跨越管道因温度变化或清管通球时产生冲击力的影响,允许管道有一定位移可避免管道内应力超过其强度允许值的危险。锚固墩端面与管道连接处,两者刚度相差很大,在风激振动下管道容易产生疲劳,因此对管道局部增强刚度措施是十分必要的。

6.4 钢丝绳和钢丝束

6.4.5 斜拉索结构成品拉索长度允许误差的控制参考了《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》GB/T 18365 的部分内容。

悬索结构成品主缆长度误差和成品吊索两端耳板销孔间长度误差的控制参考了《悬索桥预制主缆丝股技术条件》JT/T 395 和《公路悬索桥吊索》JT/T 449 的相关内容。

6.5 索 具

6.5.1 管道跨越工程中的索具包括花篮螺栓、锚固头、拉杆(U形环)、索夹板及铸钢索鞍等零部件。

索具设计一般包括四个方面的设计要求,即常规设计中结构、零部件截面尺寸的初定型和用分析方法进行的分析设计、疲劳分析和校核计算,这样才能保证使用安全可靠。分析设计主要是考虑结构截面尺寸发生变化后,由于受力截面形状的变化而引起附加弯矩和附加剪力出现的二次应力。管桥上有一部分载荷是属于可变随机荷载,如出现脉动特性的荷载,有可能引起疲劳破坏,因此应进行疲劳分析和校核计算。

索具设计采用标准件产品时,应提供设计要求或技术规格书。

6.5.3 索具制造和检验的技术规定应包括从材料的制备,材料化学成分和机械性能检测,中间加工过程,无损检测到最后出厂和厂方出具合格证及质量检验证明等全过程。其中检验规定是参照兰州石油机械研究所、兰州石油化工机器厂和化工部第五设计院等院所在研制高压聚乙烯反应釜(有疲劳存在)的规定和实测结果,并参照上海石化总厂对进口高压聚乙烯反应釜复验结果,属纯净度高的细晶粒结构全镇静钢,总的来说它高于一般的材料要求,但从实践中证明是切实可行的,国内技术上也可以解决。按本规范规定执行,索具使用安全可靠是有保证的。否则任一环节的疏忽都会造成花篮螺栓有可能断裂的危险。

6.6 塔架和桁架

6.6.4 通过试验和现场测试表明,圆环断面的管桥在脉动风的作用下,产生发散性振动的可能性很小,但在飓风的作用下,管桥横向水平摆动所产生的内力是不可忽视的。因此,在塔架结构选型及构造上如何增加侧向刚度是非常必要的。本条推荐的钢塔架的结构形式,其意就在于此。

6.6.5 一般钢结构的电视塔高与底宽比为4~8,而大型跨越的钢塔架除了承受水平风荷载和自重外,还承受着上部结构传来的垂直荷载。因此,应尽可能减少水平风荷载在塔柱和腹杆上产生的轴向力,以达到经济合理的目的。

6.6.6 设置横隔的目的是为了保证塔架平截面的几何不变及塔柱有较好的工作条件。

6.6.7 管道跨越的钢塔架通常处在江边潮湿的环境中,在设计中除了对防腐涂料的选择和做法上应予特别重视外,在结构设计上也应特别注意。钢管耐腐蚀能力强,断面各向回转半径一致,平面内、外具有相同的承载力,而且圆环断面体型系数小,承受的风荷载小。

6.6.9 钢塔架和钢桁架杆件的强度及稳定计算、节点连接计算、构造要求应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 执行,但是荷载采用标准值,材料的设计强度为强度设计系数乘以屈服强度。

6.6.12 由于跨越工程的钢筋混凝土塔架的工作环境和使用条件不完全与工业与民用建筑的钢筋混凝土结构相似,在执行现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定外,尚应按照国家现行标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62、《公路斜拉桥设计规范》JTJ 027 的有关规定执行。

7 地 基 基 础

7.0.1 跨越工程所在位置的工程地质的好坏会直接影响基础设计。因此,设计时应准确查明跨越所在位置的工程地质和水文地质情况,如各层地基土的物理力学性能及其承载能力,河床冲刷和河床变迁,基岩层面的倾斜度,岸坡的稳定性等情况。只有综合考虑了上述这些因素及其相互影响之后,才能选出切合实际并满足上部结构要求的,且安全、经济和合理的基础方案。

7.0.2 当基础设置在冻土层中时,地基土的冻胀或融陷变形将使基础中的附加应力产生重分配,从而影响基础的变形和稳定性。因此,在冻土层中跨越工程基础埋深要求在冰冻线以下不应小于0.3m(冰冻线指当地最大冻结深度线)。对于埋置在冻土层中的基础,其最小埋深计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定。

跨越工程在长期运营中,要考虑洪水冲刷的影响,基础的埋深是关键。因此要求基底在最大冲刷线以下留有一定的安全值以保证结构的安全。设置在有冲刷河床上的跨越工程基础,在最大冲刷线以下的最小埋深值应满足本条的规定。

影响基础埋深的因素很多,如设计频率流量的可靠性与实测流量年代的长短,实测流量的连续性和代表性,以及调查所得历史洪水位的可靠性等,都在一定程度上影响基础的安全。另外因跨越工程下游取砂使河床下降及上游水库溃坝等,都会影响基础埋深并造成危害。因此在设计时,应加强综合调查,经分析研究后确定。

7.0.3 选择跨越工程的基础形式,应考虑工程地质、水文地质、上部结构形式和施工条件等综合因素合理确定。如情况比较复杂,

应拟订多种方案进行技术经济比较后确定。

7.0.6 位于河流中的桥墩,其上游迎水面受到流水压力,流水压力的大小与桥墩的平面形状、墩桥表面的粗糙率、水流速度、水流形态、水温及水的黏结性有关。

桥墩宜做成圆形、圆端形或尖端形,以减小流水压力。

7.0.7 本条提出的冰压力计算公式,仅适用于通常的河流流冰情况,公式是以冰破碎极限强度等强度条件建立起来的。

7.0.8 船舶或漂流物与桥墩结构的碰撞过程十分复杂,其与碰撞时的环境因素(风浪、气候、水流等)、船舶特性(船舶类型、船舶尺寸、行进速度、装载情况以及船首、船壳和甲板室的强度和刚度等)、桥墩结构因素(桥墩构件的尺寸、形状、材料、质量和抗力特性等)及驾驶员的反应时间等因素有关,因此,精确确定船舶或漂流物与桥墩的相互作用力是十分困难的。

根据通航航道的特点及其通行的船舶的特性,可以将需要考虑船舶与桥墩相互作用的河流分为内河和通行海轮的河流(包括海湾)两大类。内河的代表船型主要为内河驳船和货船队,依据《内河通航标准》GB 50139,一至七级内河航道对应的船舶吨位分别为3000、2000、1000、500、300、100和50t。通行海轮航道的代表船型为海轮。两者与桥墩结构发生撞击的机理有所区别,结果也大不一样。

船舶与桥墩的撞击作用,如有实测资料,宜采用实测资料;如有针对项目开展的研究成果,在经审批及其他手续后可采用研究成果的作用值。上述采用值不宜小于本规范表7.0.8-1和表7.0.8-2的规定值。当无实测资料或针对性研究成果时,可采用本规范表7.0.8-1和表7.0.8-2的规定值。

内河船舶对桥墩的撞击作用标准值可以按“静力法”,即假定作用于桥墩上的有效动能全部转化为静力功并采用一些经验系数经计算得到。顺桥向撞击力标准值约为横桥向撞击力标准值的3/4。

在通航河流上,当基础采用桩基时,承台底面应置于低水位以下,以免船舶或漂流物直接作用于桩上。

从实际情况看,在航道顺直、桥墩位较正的情况下,船舶或漂流物与桥墩发生正面撞击的机会很小,斜向撞击桥墩的较多。一般斜向撞击的角度 α 小于 45° 。当桥墩与航道斜交时,正向与斜向撞击桥墩的可能性均存在。由于撞击角度不容易预先确定,故在计算撞击作用时,应根据具体情况加以研究确定。

本规范表 7.0.8-2 所列海轮的船舶撞击力标准值,是在对国内外有关船舶撞击力计算公式及有关研究成果经综合分析、比较的基础上综合确定的。顺桥向的撞击力标准值取横桥向撞击力标准值的 1/2。本规范的规定值大多数小于国外的研究结果和规定值,但与我国自己的研究成果相近。

对于船舶与桥墩撞击力的计算,各国学者通过实验模型分析或结构计算分析,总结而得的计算方法不尽相同,这些试验和计算公式的结果出入也很大。在实际跨越工程设计中,应综合考虑船与墩相撞的各种原因,通过多方面比较之后再行确定。

9 抗震设计

9.1 一般规定

9.1.2 在《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008、《石油化工建(构)筑物抗震设防分类标准》GB 50453—2008 以及相关的国家标准规范中,均未对跨越工程的抗震设防分类标准作出规定,根据跨越工程特点与抗震设防的基本精神,特作出本条规定。

9.1.6、9.1.7 在选择建设场地时,应对抗震有利、不利和危险地段作出综合评价,应避开不利地段;当无法避开时应采取有效措施。不应在危险地段建设管道跨越工程。

9.2 抗震计算

9.2.1~9.2.3 各类跨越结构的抗震计算,根据工程建设的规模以及跨越结构的特性,提出了可以采用简化方法、振型分解反应谱法以及时程分析法来计算与分析。

采用时程分析法时,宜按场地类别和设计地震分组选用不少于 2 组的实际强震记录和一组人工模拟的加速度时程曲线。

9.2.4 通过对跨越结构的抗震性能的研究,以及借鉴国内外大跨度桥梁抗震性能的研究成果,对于几何非线性效应明显的跨越结构如悬索、斜拉索、悬缆以及悬链等跨越结构,应采用考虑几何非线性效应的计算分析模型。

9.2.5 非结构构件、介质的附加质量对跨越结构的自振周期与模态的影响较大,从而影响跨越结构的地震效应,为了更合理地反映结构的地震特性,应考虑附加质量的作用。

10 跨越管段施工要求

10.1 组 装

10.1.1 选配钢管长度越长,不但可以减少现场焊接工程量,而且管桥的安全可靠性也能得到提高。对管道口径的选配是保证质量的重要环节,若口径偏差太大,焊口容易错边,削弱管道强度。

10.1.2 坡口形式的选择关系到保证管道焊口接头的质量,节约填充金属,便利操作,减少焊接变形以及满足清管工艺等方面。

10.2 焊 接

10.2.1 跨越工程是管道工程中的关键部位,管道长期暴露在空中,对周围环境、城市居民都有一定影响,为保证跨越管桥安全生产,应对管道焊接质量严格控制,焊接前应按设计要求进行一系列焊接工艺试验,根据试验结果编制焊接工艺说明书,并在焊前按国家现行标准《油气管道焊接工艺评定方法》SY/T 4052 进行焊接工艺评定后方可施焊。

10.2.3 焊件的预热和焊后热处理的目的是为了消除或降低焊件接头的残余应力,防止焊缝或母材产生裂纹,改善焊缝和金属热影响区的金相组织和材料性能。因此,设计除了应根据材料、性能、焊件厚度、焊接条件等条件来确定焊件预热和焊后热处理外,对输送原料气(未净化处理的天然气)也应进行热处理,除了改善焊缝及热影响区金相组织外,还要预防焊缝与母体发生硫化氢应力腐蚀。

10.3 检 验

10.3.1 每道焊缝焊完后应及时进行外观检查,对外观质量不合

格者不得进行无损探伤检测,因为外观质量不合格直接影响无损检测的效果。

10.3.2 由于科学技术的发展,检测技术也在发展,为了检测结果的可查性,建议超声波检测采用数字化超声波检测仪器。

个别焊口接头位于高空,仪器安放和人员操作条件等困难较大,本规范结合实践经验,经查明确实难度较大的部分环向焊缝,经与建设、设计、施工、监理等部门代表协商可适当放宽。

10.4 试压和清管

10.4.3 试压介质应用水,当采用空气试压时,需要论证与批示。试压用压力表应经过标准计量单位检验合格后方可使用,其精度不小于1级。

10.4.7 跨越管道在整体试压前应使用清管器进行清管,无论使用水或空气介质进行清管,为了推动清管器运行,除了使清管器前后保持一定压差外,还要供给一定的排量,否则清管器堵住在低洼处,无法把污水和杂物排出,因此要求用水清管,水的流速不得小于 $1\text{m/s}\sim 1.5\text{m/s}$,用空气清管,出口处空气流速不得小于 20m/s 。

10.4.9 热油输送管道在投油前应以相应温度的热水作试验介质,使管桥建立一定温度场,经检查后若发现某节点变位过大,应进行调节后方可投油生产。

11 健康、安全与环境

由于经济、技术等的发展,现在对基本建设工程的健康、安全与环境保护都要求比较高,本章根据国家的相关要求,对跨越工程从前期、设计、施工等方面作出了健康、安全与环境的要求。