

文章编号: 1000-8241 (2011) 11-0827-03

中缅油气管道跨越双管同桥的可行性分析

詹胜文¹ 冯义军¹ 伍兴中² 左雷斌³

(1. 中国石油天然气管道局国内事业部, 河北廊坊 065000; 2. 湖南省邵阳市第二设计研究院, 湖南邵阳 413403;

3. 中国石油天然气管道工程有限公司, 河北廊坊 065000)

詹胜文等. 中缅油气管道跨越双管同桥的可行性分析. 油气储运, 2011, 30(11): 827-829.

摘要: 中缅油气管道工程为油气双管并行敷设, 管道通过怒江、澜沧江等 V 形山间峡谷时, 需要采用跨越方式通过。针对中缅油气管道双管并行敷设的特点, 对跨越处油气管道双管是否同桥进行了论证。介绍了国内外标准对双管同桥布置的要求, 列举了国内外双管跨越实例。从结构设计和运营角度对比分析了双管同桥布置与单管分桥布置方案的安全性、经济性、环保性及风险概率, 并提出了中缅管道跨越同桥的设计方案, 详细介绍了管桥基础、塔架、索系、应力分析、管材、防腐, 以及阀室、避雷和预警监测设计。

关键词: 油气管道; 并行; 跨越; 同桥; 可行性**中图分类号:** TE976**文献标识码:** A**ADOI:** CNKI:13-1093/TE.20110913.1826.014

中缅油气管道工程是我国能源进口的西南大通道。中缅原油管道工程(国内段)包括 1 干 1 支, 与中缅天然气管道工程并行。干线全长 605.9 km, 管径 813 mm, 设计压力 8~14.7 MPa, 全线采用 X70 级钢管。中缅天然气管道工程(国内段)包括 1 干 8 支, 干线全长 1 726.8 km, 管径 1 016 mm, 设计压力 10 MPa, 全线采用 X80/X70 级钢管。

中缅油气管道工程在云南境内双管并行或同沟敷设, 双管同时跨过怒江、澜沧江、漾濞江, 3 条江均采用悬索跨越型式, 油气双管拟同桥敷设。

1 油气双管同桥布置论证

1.1 国内外标准

国内相关标准、规范、法规均没有明确规定油气管道不能同桥布置。对于同桥布置, CDP-G-PC-PL-2010-1《油气管道并行敷设设计规定》要求同桥布置管道并行间距不小于 0.5 m。由于中缅油气管道跨越国际河流(怒江、澜沧江), 美国法律、澳大利亚标准称其为高后果区。对于高后果区, 美国法律和澳大利亚标准均有相关规定, 如美国法律 CFR 192、195 中包括管理方面的规定, 以及监测、事故后应急预案等相关规定, 但没有油气双管共用跨越的相关要求。

1.2 实例

国外跨越管道双管同桥的工程较多。例如, 位于伊朗南部的 Cross-lake Pipeline Bridge 工程, 此管桥跨越湖泊, 同桥布置 3 条管道。其中: 1 条为原油管道, 设计压力 6.3 MPa, 管径 559 mm; 1 条为天然气管道, 设计压力 8 MPa, 管径 610 mm; 1 条为 H₂S 管道, 设计压力 3 MPa, 管径 273 mm。

国内也有双管同桥跨越的实例。例如, 816 厂输气管道涪陵长江跨越同时架设 1 条管径 406.4 mm 和 1 条管径 108 mm 的输气管道, 这是国内第一条同时架设两根不同管径、不同压力、不同用户的长输管道跨越。双管上下布置, 大管在下, 小管在上。该跨越于 1991 年施工完毕, 现运行良好。

川气东送野三河悬索桥跨越工程位于湖北省恩施市建始县与巴东县交界 318 国道原野三河大桥上游侧, 全长 332 m, 主跨跨径 240 m。桥面宽度 4.5 m (同桥布置 3 条检修道路、两条天然气管道), 两侧锚跨分别为 58 m (西北岸) 和 34 m (东南岸), 两岸锚碇均为重力式锚。两条同桥跨越管道均为管径 1 016 mm 的输气管道。

普光气田后河悬索跨越位于宣汉县普光镇千河村 1 组, 距普光镇约 0.5 km。跨越总长 242.5 m, 主跨长度 175 m, 设计压力 10 MPa, 一共有 6 条管道同桥跨越,

其中4条气管道,两条水管道。

在国内长输管道跨越中,双管或多管同桥并不多见,主要原因是并行长输管道跨越较少。但是在集输管道、码头、厂区,双管或多管同桥非常普遍。

2 双管同桥与单管分桥布置方案比较

双管同桥布置是指油气两条管道布置在同一座管道桥上,共用桥面、索系及基础墩台等。单管分桥布置是指间隔一定距离同时建两座跨越管桥,油气两条管道分别位于各自的管桥上,两条管道互不干扰。

2.1 安全性

设计原则:只要一座管桥的安全性满足要求,并具备维护、检修的条件,就无需将两条管道分别布置在两座管桥上。以下分别从管桥的基础、索系、管道、维修检修条件、监测和保卫设施等分别论述油气管道共用跨越管桥结构的安全性。

2.1.1 基础

中缅油气管道管桥的基础,一般采用桩基础,在原位进行勘察后,严格按照规范要求进行设计和施工,并有完善的程序保证各方面的质量,基础的安全性是有保障的。

2.1.2 塔架

对于钢塔架,按照极限状态法分别验算在最不利荷载工况下的结构内力和变形,通过构件尺寸设计和合理的材料选用使结构达到规范要求,并按照不同需要对每根杆件进行长细比的控制,以保证杆件的稳定性。另外还需验算塔架整体的稳定性,对于地震烈度高的地区需进行抗震验算。

对于钢筋混凝土桥塔,按照极限状态法分别验算在最不利荷载工况下的结构内力和变形,通过尺寸设计和配筋设计使结构达到规范要求,对于地震烈度高的地区需进行抗震验算。

2.1.3 索系

管桥的上部结构,采用高强度拉索作为索系结构,采用公路部门相关规范进行设计和施工。索力计算采用线弹性的分析方法,计算出缆索在标准荷载作用下的内力,安全系数取2.5,按照容许应力法进行设计计算。对于风振影响,设计采用风索系统,并施加预应力,

增加频率干扰索,并有完善的程序保证各方面的质量,从而确保锚固的安全性。

对于悬索和斜拉跨越结构,需要验算由风载引起的结构疲劳,对钢结构和管道进行疲劳验算,保证在跨越寿命期内的结构安全。

2.1.4 应力分析

应用ANSYS有限元软件,建立悬索桥和斜拉桥(包括管道)三维有限元模型,对结构动力特性进行分析。悬索桥考虑几种典型的施工状态和成桥状态(包括空管与输送油、气满载状态),斜拉桥考虑最大双悬臂、最大单悬臂及成桥状态(包括空管与输送油、气满载状态),分析管道刚度对桥梁整体动力特性的影响。

2.1.5 管材

管桥上的管道,设计系数取0.4,管道的壁厚较陆地埋设段提高1.5倍,其承压能力大为提高,而且通过加密支座的设计,管道承受的结构载荷很小,并且有完善的防腐设计,因此跨越段管道的安全有充分保证。

基于工厂生产影响,同时考虑直缝埋弧焊焊缝较短,跨越段管材选用直缝埋弧焊钢管。严格按照相关方案编写技术规格书,其中对管材的韧性、可焊性进行严格的要求以保证质量。对跨越段所用管材,应驻厂监造。

2.1.6 防腐、阴极保护和防火涂料

跨越采用3层复合结构,底漆为环氧富锌或无机硅酸锌,中间漆为环氧云铁,面层则为耐候面漆。耐候面漆主要有氯化橡胶、丙烯酸聚氨酯或氟碳面漆。氟碳面漆的耐候性、耐化学品性、防污自洁性、阻燃、抗紫外线、物理机械性能、耐高温性和装饰性能远远超过前两者。同时,由于氟碳面漆致密性高,透气性、透湿性极低,选择氟碳面漆更有利于跨越管道的防护。

中缅原油管道干线全线采取强制电流阴极保护,管桥段与线路段管道统一纳入整个阴极保护系统。为避免阴极保护电流通过金属管桥泄漏,支撑在金属管桥上的管道与桥面支座间设置绝缘橡胶板。对整个跨越钢管和钢结构,全部采用喷涂薄型防火涂料,耐火极限为2h。

2.1.7 阀室设计

在油管道跨越上下游分别设置RTU阀室和普通截断阀室,在气管道上下游设置截断阀室。

2.1.8 避雷设计

在两座塔架顶部设置避雷针,并设置防雷接地,每年测量1次接地电阻,其阻值不超过 $10\ \Omega$ 。

2.1.9 值守看护

中缅管道跨越设置4~6人进行24 h值守,同时设置跨越应力应变监测系统和摄像监控系统,实现技防和人防相结合的安全保卫方案。跨越两岸基础在跨越结构施工完成后,将用铁丝网围栏进行封闭,围栏上预留大门,在靠近公路的一侧大门内设置值班室。

2.1.10 预警和监测

管桥作为关键的控制性工程和重点保护目标,采取专门的预警和监测系统,维护检修条件完善,并采取专人看护措施,可以有效地预防第三方破坏。

2.1.11 泄漏监测

中缅管道工程采用SCADA系统进行全线数据的采集和监控。工程调度控制中心的调度和操作人员可通过SCADA系统操作员工作站提供和显示管道系统工艺过程的压力、温度、流量、密度、设备运行状态等信息,完成对管道全线的监控与运行管理。从风险角度,油气管道共用跨越采取足够的安全措施后,可以保证管道泄漏概率在 10^{-5} 级别,为可接受风险。

2.2 经济性

油气管道共用跨越可以减小作业面,经济上节约管桥材料用量,节省占地费用,降低边坡治理费用,减小地面植被等环境影响。从线路路由选择和管道跨越工程本身建设考虑,修建两座管桥的代价很高。据初步估计,双管同桥布置工程造价比分桥布置节省30%~40%。

2.3 环保性

目前,国家对环境影响采取评价的制度,环境保护有一票否决权。随着国家对环境保护的重视,工程建设时应尽量减小环境影响,保护生态平衡。两座桥占地面积大,永久占地和临时占地都成倍增加,对环境、植被影响、水土保持都会产生较大影响。

2.4 失效概率

双管同桥在国内外均有先例,管道的失效概率主要取决于管桥的结构安全设计、自然环境、社会环境等,单管管桥与双管管桥的失效概率相差不大。天然气管道发生物理爆炸时,下方的油管有可能被飞来的

管道碎片击中而产生泄漏。考虑油管道与气管道之间的间距为1.2 m,按照Cozzani(2006)推论的曲线(由于物理爆炸引起的平均破坏概率),对应于目标距离的破坏概率为0.002 5/m,可推算出由于气管道失效而引起油管道失效概率为 $1.00\times 10^{-5}/(\text{km}\cdot\text{a})$ 。

3 结论

管道跨越位置山高坡陡,地势险峻,设置两座管桥代价巨大;基于提高管道的安全系数的考虑,各结构构件严格按照相关规范进行设计并留有一定的安全储备,保证跨越结构安全和管道本身安全,同时加强安全保卫,设置预警系统和保卫设施,由此完全可以保证跨越段管道的安全。设计认为,就中缅管道整体风险而言,主要风险来自复杂山区段线路的地质灾害及其引起的次生灾害,而跨越结构作为关键点,建设质量不存在问题,对地质灾害有足够的防御措施,而跨越结构抗震能力很强,因此,从技术和运行必要性两方面考虑,无需建设两座管桥。

鉴于双管同桥方案的安全性有充分的保障,从技术经济上均具有较大优势,且环境影响小,中缅油气管道双管同桥跨越是可行的。

(收稿日期:2011-03-31)

作者简介:詹胜文,高级工程师,国家一级注册结构工程师,1974年生,1998年毕业于国防科技大学工程兵学院结构工程专业,现主要从事长输管道穿跨越设计方向的研究工作。

电话:13932623598; Email:717317906@qq.com