

甘肃西洞倒虹吸工程斜拉钢管桥设计

陈敏俭

(张掖市甘州水利水电勘测设计院, 甘肃张掖 734000)

摘 要:斜拉钢管桥是很好的跨沟建筑物。笔者介绍了西洞倒虹吸工程设计。提出了解决了单面索斜拉钢管桥设计中风振、温度补偿和充水时塔柱摆动等三个问题的具体处理措施。

关键词:斜拉钢管桥; 风振; 温度补偿; 塔柱摆动; 甘肃张掖

中图分类号:U448.27 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2005)01-0038-03

1 基本情况

西洞倒虹吸工程位于甘肃省张掖市境内黑河出山口处,从龙渠水电站动力渠引水,跨越黑河,输水至西洞渠,代替西洞渠原无压引水隧洞(4.35 km),灌溉面积 1900 hm²,设计流量 2 m³/s,加大流量 2.4 m³/s。该处原河面宽约 450 m,非汛期河床大部分为滩地,主河床水面宽 60~80 m,两岸高 24~28 m,河床及两岸均为第四系砂卵石层,粒径 50~100 mm,最大 400 mm,上部为疏松层,下部呈半胶结状。当地绝对最高气温 37℃,最低气温 -33℃,最大风速 26.5 m/s,黑河设计最大洪峰流量 2 880 m³/s,最高洪水位,海拔 1 651.502 m。

2 工程概况

龙渠水电站动力渠与西洞渠隔河相距 805 m。引水系统包括进水闸、联接段、上下斜坡段和联接渠共长 436 m。现河床总宽 369 m,架设三塔四跨的斜拉钢管桥 369 m(见图 1)。塔墩高 12 m,埋入基础 7~8 m,露出地面 4~5 m,塔墩为钢筋混凝土结构,采用一般的桥墩形式。塔柱为倒 Y 型,下部岔管高 6 m,上部直管 16.5 m,塔柱总高 22.5 m,高跨比 5.302,属一般斜拉桥。塔柱采用圆形钢管混凝土结构,外径 1 020 mm,管壁厚 10 mm,施工时钢管作为模板,运行时限制混凝土侧向变形,混凝土抗压强度可提高一倍,是良好的承压结构。另外还便于焊接吊环,简化了塔柱结构。每个塔柱有五对单面拉索,索距 3.839 m,PC5-37 拉索(即用 37 根 5 mm 高强度钢丝绞成 5°~10°的钢索),极限抗拉应力 $\sigma=1\,570$ MPa,弹性模量 $E=$

2.0×10^5 MPa,抗疲劳 200 万次以上。外部用聚乙烯(PE)加入 2.6% 炭黑以及其他助剂护套,使用寿命可达 40 a。拉索锚头采用广西柳州市建筑机械总厂生产的墩头锚。制造拉索时,按设计要求墩好锚头,以保证锚头质量。钢管采用辽宁省辽阳钢管厂生产的螺旋缝埋弧焊钢管(SY5036-83),出厂时除焊缝作超声波和 X 射线探伤外,还进行了水压试验。另外考虑到钢管放空、排沙和通水时排气要求,钢管中还设有排沙和排气阀,以利运行。

3 斜拉钢管桥的特点

斜拉钢管桥与一般斜拉桥结构相比,不同之处有:

(1)荷载小。一般斜拉桥荷载约 30~100 t/m,而斜拉钢管桥荷载仅 1~3 t/m,很少超过 10 t/m,二者相差几十倍,因之结构可适当简化。

(2)管道细长比大。一般斜拉桥跨宽比 $L/B<15\sim 20$,而斜拉钢管桥跨宽比通常是 $L/D>100$,个别甚至 $L/D>500\sim 1000$,对于这样大的细长比,考虑到压稳问题,显然不能做成受压结构。故不能像一般斜拉桥一样以塔柱为中心成伞形布置(见图 2),应是两塔对拉结构(见图 3)。另外因细长比较大,侧向和垂直向(因拉索不能受压)结构刚度小,对风振和地震荷载都比较敏感,故设计中应加强结构侧向和垂直向的刚度(如设置防风索等)。

(3)钢的线胀系数大,温度反应灵敏,应妥善解决好温度补偿问题。

(4)一般斜拉桥恒载较大,活荷载不超过总荷载的 20%,故运动时由跨间不均匀荷载作用引起的塔柱和大梁摆动不大,而斜拉钢管桥恒载较小,活荷载占总荷载比例大于 70%,充水时因跨间不均匀荷载作用,塔柱摆动较大,设计中应妥善处理。

收稿日期:2004-07-05

作者简介:陈敏俭(1954-),男,甘肃张掖人,高级工程师,院长,从事水利水电设计管理工作。

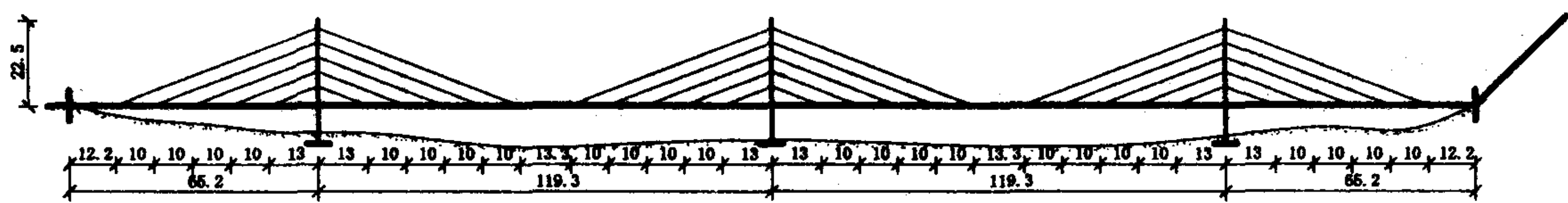


图 1 三塔四跨对称布置示意图 m



图 2 伞形布置图

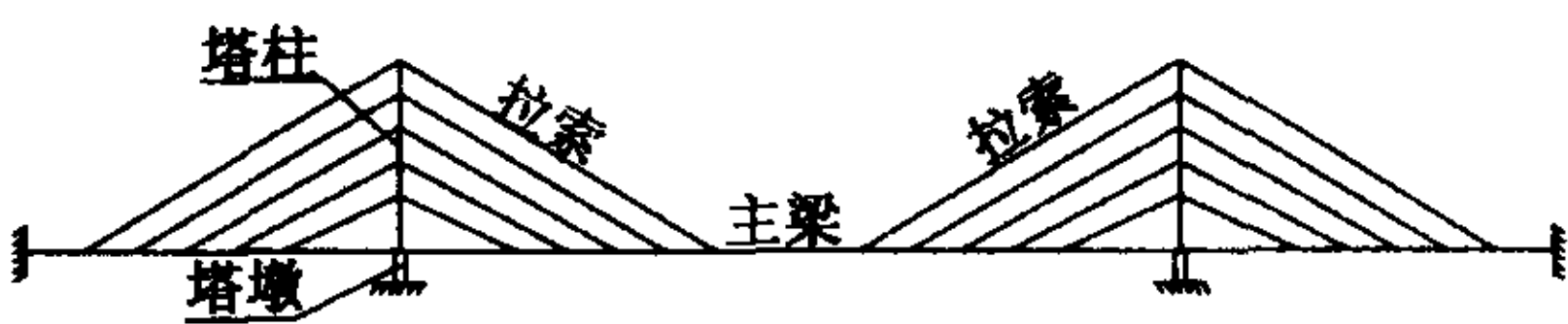


图 3 两塔对称布置图

4 斜拉钢管桥设计

4.1 总体布置

(1) 由于风振,一般斜拉桥很少用单面索,但斜拉钢管桥断面为圆形,改善了空气动力学性能。为了增加总体抗风性能,西洞斜拉钢管桥工程在塔墩上加设水平方向和垂直方向防风索(见图 4),经过 2 a 运行(其间历经九级以上大风数次),工程安然无恙,由此看出采用单面索是可以的。单面索的另一个问题是在管道上如何设置锚箱,采用卧式 H 形锚箱,并改装空心千斤顶即可。与单面索配套的塔柱是倒 Y 形,在塔下通过钢管,采用钢管混凝土施工方便,造价低廉。

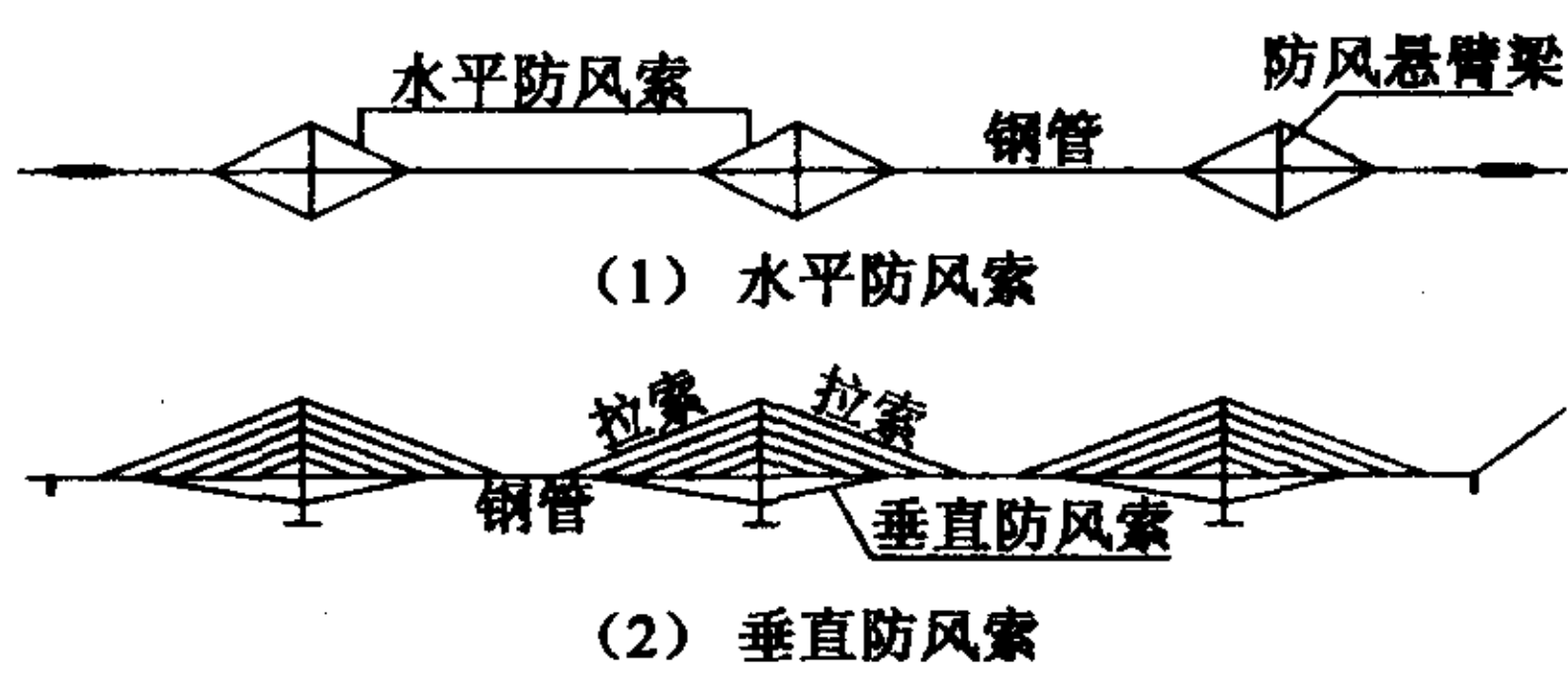


图 4 防风索布置示意图

(2) 桥的跨度选择。独塔布置,塔柱太高,施工机械不能满足要求;双塔布置有一个塔在主河床中,施工不便,故采用三塔四跨方案为宜。该方案塔柱高 22.5 m,便于吊装和浇筑混凝土。

(3) 温度补偿。采用双向伸缩节,经过一年多运行,未发现问题。

(4) 钢管支座比较。研究了三个支座方案,即固端、滑动支座(只允许水平自由移动,但不允许自由转动)、简支。计算结果见表 1。

表 1 钢管支座形式比较表

方案	支座最大弯矩 (t·m)	跨中最大弯矩 (t·m)	拉索最大拉力 (t)	跨中最大挠度 (m)
固端	-244.3	1141.1	37.4	1.070
滑动	-212.7	109.1	436.5	1.126
简支	0.0	92.7	47.0	1.151

前两个方案基本属同一类型,内力和挠度略有差别,而第三个方案钢管内力则大大改善,钢管应力能满足要求,拉索内力和挠度稍大,但亦在允许范围内。为保证钢管支座能自由角变位,伸缩节内外管间隙较大,外套最好是外大内小的锥形管。

4.2 风振

4.2.1 拟静力法

风振属于动力荷载,其分析方法有拟静力法和动力法两种。一个足够长的物体,在风的作用下,垂直于物体轴向的平面将产生升力 L,阻力 D 和升力距 Mc。

对于斜拉桥,危害最大的是升力 L,即可将桥面向上托起,减少索力,从而使桥面自由地跳动,而且还可产生升力弯矩,使桥面发生扭力发散。当阻力 D 较大时,亦有可能产生侧倾失稳。

4.2.2 动力分析法

风的动力作用主要表现在两个方面,即周期性涡激振动和非周期性随机振动。

(1) 周期性涡激振动。风流作用在管道上,在其后侧将产生旋涡,形成有规则的涡街,当涡的发放频率接近管道某一振型的自振频率时,会激起某振型的共振,此时引起管道的动力反应最大。

(2) 非周期性随机振动。风的作用力不确定,管道反应是随机的,主要有阵风振动、奔驰振动和颤振三种。

4.3 充水时跨间不均匀荷载问题

斜拉钢管桥活载比例大,变形亦比较大。充水时,水先到达前跨,则该跨将产生较大的挠度,后跨则产生向上的变位,通过拉索,塔柱向前跨倾斜(见图 5),使前跨挠度更大。当水到达后跨时,后跨又产生较大挠度,引起塔柱向后跨倾斜,使塔柱来回摆动。西洞斜拉钢管桥在试放水时,实测第二跨最大变位 $\epsilon_{\max}=800\text{ mm}$, 2# 塔柱 $\epsilon_{\max}=400\text{ mm}$, 第三跨 $\epsilon_{\max}=710\text{ mm}$ 。

弧形底宽箱梁横向预应力空间作用效应分析

徐科英¹, 陆光阔¹, 沈桂平², 秘志辉¹

(1. 同济大学桥梁工程系, 上海 200092; 2. 上海市中环线建设发展有限公司, 上海 200072)

摘 要:以上海市中环线工程为工程背景, 讨论了宽跨比较大的弧形底单箱多室箱梁在横向预应力作用下的受力特性。建立空间有限元模型分析横向预应力的空间效应, 分别讨论了横梁和顶板中横向预应力对结构的影响, 得出箱梁横向应力沿结构纵向和横向的分布规律。

关键词:弧形底; 宽箱梁; 横向预应力; 空间分析; 上海中环线

中图分类号: U448.213 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2005)01-0040-04

1 概述

上海市沪闵高架二期工程的弧形底宽箱梁以其优美的结构造型和桥下视觉空间受到市民的青睐。上海市重点工程中环线也采用弧形底的结构形式, 其中部分标段采用桥宽达 30.2 m 的预应力混凝土单箱多室连续梁结构。

通常在宽的连续箱梁的设计中, 在箱梁顶板中会均匀布置横向预应力钢束, 以提高横截面的整体刚度并预防顶板中纵向裂缝的产生。但是对于弧形底单箱多室结构, 由于有较强大的横梁, 在横梁中施加横向预应力后是否需要在顶板布置横向预应力钢束是值得探讨的问题。本文正是基于这个目的, 提出了横向预应力空间作用效应的问题。

收稿日期: 2004-11-02

作者简介: 徐科英(1979-), 女, 湖北鄂州人, 硕士研究生, 从事桥梁工程研究。

2 工程背景及空间分析模型

2.1 工程背景

上海市中环线为上海市重点工程, 该工程设计中大量采用弧形底宽箱梁结构, 大致分为整体式和分幅式两种。其中, 整体式采用单箱六室的弧形底箱形截面, 桥面为双向行驶 8 车道, 宽度达到 30.2 m, 下部结构采用 Y 形桥墩。本文主要以 30.2 m 宽、跨度为 35 m 的三跨连续梁桥为分析模型, 其截面形式见图 1。

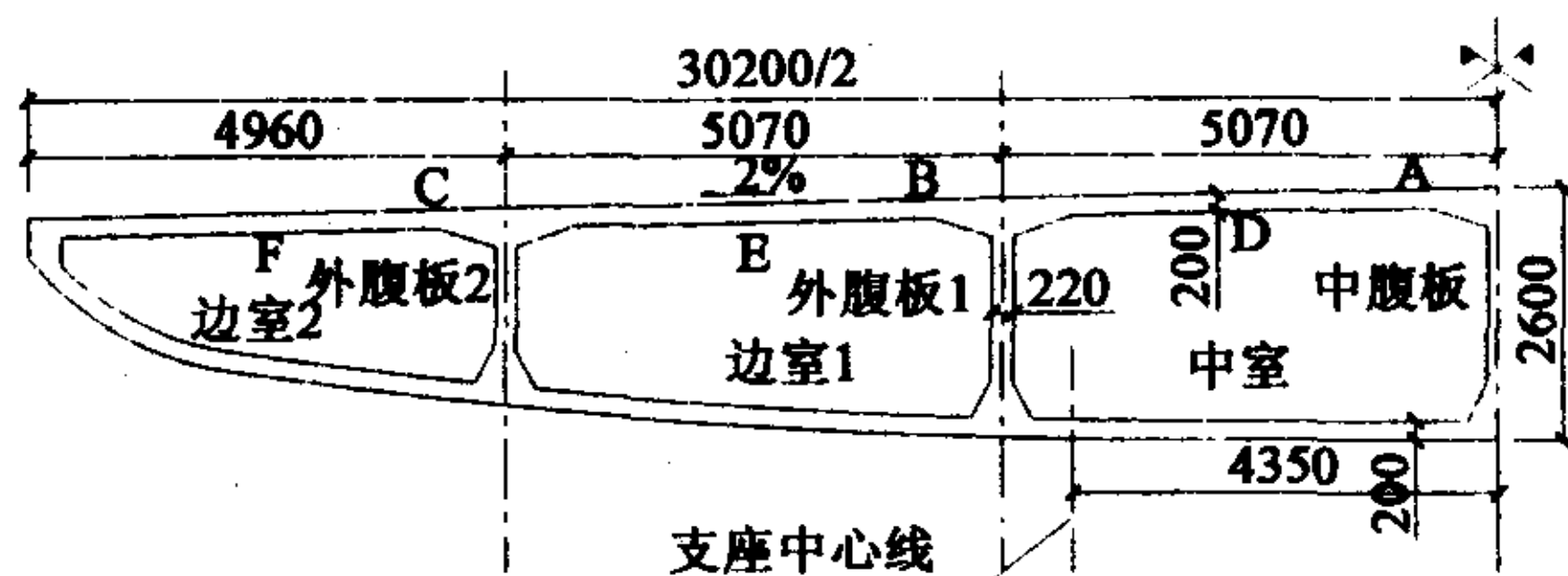


图 1 弧形底箱梁跨中截面示意图(单位: mm)

2.2 空间分析模型

(3) 2 号塔柱设防风索, 限制塔柱摆动。

改进后再次充水, 塔柱无摆动, 经核算其应力和变位不超过正常运动值。

5 结论

斜拉钢管桥是很好的跨越结构, 造价低廉, 管理方便, 施工简单, 无需大型施工设备, 适用性强。西洞倒虹吸工程大胆采用单面索和倒 Y 形钢管混凝土塔柱, 适当加设防风索, 用水电工程传统的伸缩节代替一般管桥的 U 形补偿器; 另外采用综合措施, 解决了水管充水时, 钢管和塔柱的摆动问题。初步解决了单面索斜拉钢管桥设计中风振、温度补偿和充水三个难题。

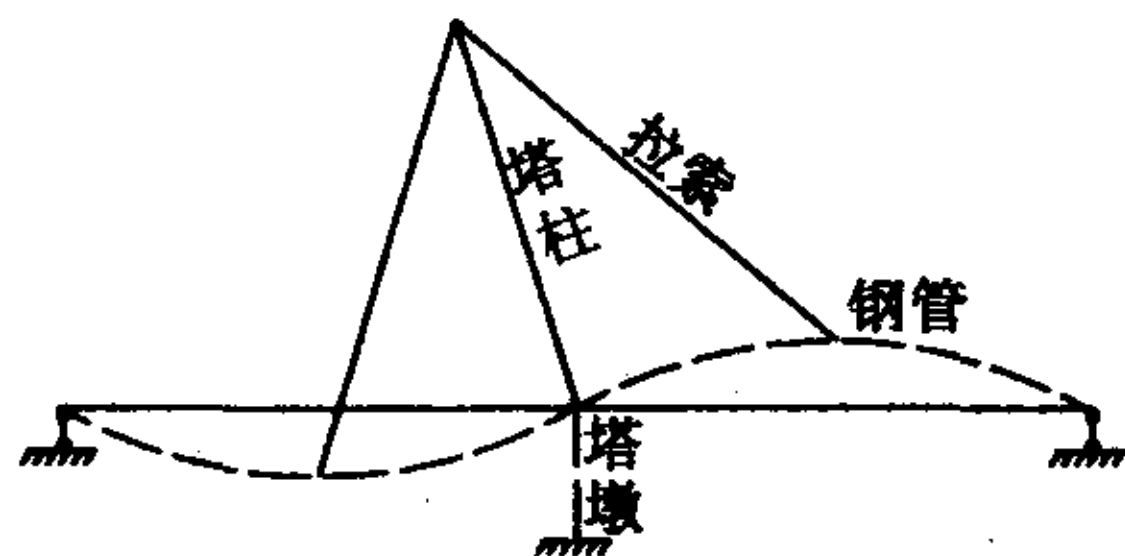


图 5 钢管、塔柱位示意图

对此, 采取以下处理措施:

(1) 在第二、第三跨中, 加设限制变位的辅助墩。即按该跨正常运动时的最大变位的高程为墩顶高程。充水时, 变位低于该高程而受到限制。使其变位不超过正常运行时的变位。

(2) 在 2 号墩附近的拉索下侧, 设反向索, 使钢管不产生向上的变位。