

自锚式空间悬索桥体系转换施工 若干关键性问题的研究

余丹 韦福堂 甘科 方建回

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

摘要:自锚式空间悬索桥在国内数量较少,施工可借鉴的经验不多。尤其是缆索系统体系转换施工方面,由于每个桥梁的锚固方式不同,导致在进行体系转换施工时由于没有可参考的范例给施工会造成极大困难。本文以松原天河大桥北汊桥为例,试探性解决自锚式空间悬索桥在体系转换施工方面存在的一些问题,并取得良好效果,对同类型桥梁体系转换施工提供一些参考的经验。

关键词:空间悬索桥体系转换猫道临时吊索张拉

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2016.05.006

1 前言

自锚式空间悬索桥以其优美的外形越来越多的应用于市政桥梁及景观桥梁,虽然大多数自锚式空间悬索桥在外观上类似,但是由于每座桥梁的吊杆锚固方式不同^[2],所以在体系转换施工方法的选择上却是迥然不同的。在没有同类型锚固方式可参考的前提下,会给施工带来极大困难。为确保工程质量,降低施工成本,解决自锚式空间悬索桥体系转换中施工中的问题,已势在必行。

松原市天河大桥北汊桥是目前国内跨径最大的自锚式空间悬索桥(如图1),其跨径组成为100m+266m+100m。吊索采用新型大角度长调节量吊索进行锚固(如图4),索夹采用新型可转动式索夹(如图2),由内、外两种索夹组成,内索夹夹持在主缆上,外索夹可绕内索夹 0° ~ 360° 度自由转动,可解决空间悬索桥索夹定位时需预设偏角的问题。吊杆采用空间大角度长调节量吊索,双吊索结构,下方锚固点采用球头杆与底座连接的锚固方式(如图3)。

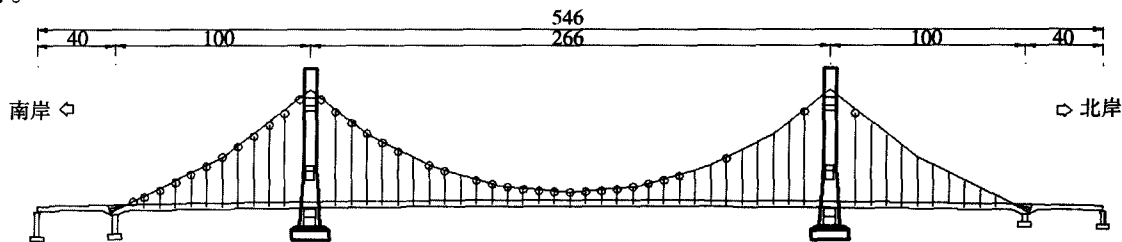


图1 天河大桥桥型布置图

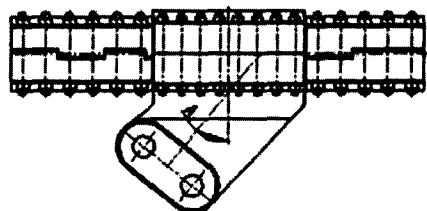


图2 索夹结构图

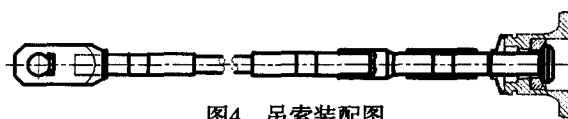


图4 吊索装配图

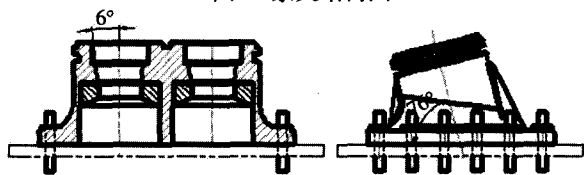


图3 吊索底座结构图

桥面宽度27.5m,体系转换时需将主跨主缆从间距1.5m张拉至最大间距26.8m,逐步张拉至成桥线型,在此过程中,需解决猫道调节横梁连接处的转动角问题、吊索底座可转动角度不能满足张拉要求的问题以及张拉系统的设计问题。

2 猫道调节横梁设计

在体系转换过程中,猫道需跟随主缆同步移

动,由于中跨主缆从空缆状态到成桥状态位移较大,导致猫道横向位移较大,在猫道移动过程中猫道调节横梁(如图5)的部分构件受力状态比较复杂,同时存在受弯、受剪、受拉等复杂应力状态,会导致局部构件的承载力降低、安全状态不可控,对施工人员人身安全造成极大威胁。因此,对猫道调节横梁的设计需重点考虑其在施工过程中各阶段的受力状态,使受力状态简洁、明确,以保证施工安全。

普通平行主缆悬索桥在猫道调节横梁设计时将精轧螺纹钢连接孔设计成圆形,由于平行主缆

悬索桥猫道调节横梁在体系转换过程中没有水平位移,其受力状态比较清晰、简单,设计成圆形方便加工。空间主缆悬索桥若将孔位设计成圆形将会导致精轧螺纹钢受力状态复杂、安全系数降低。因此,在空间悬索桥猫道调节横梁设计时需将圆形孔位调整为圆端形孔(两端半圆形,中间矩形)(如图7),以利于释放空间,使精轧螺纹钢及局部构件受力状态单一、可控。

预埋件位置处锚盒由于处在两端位置,在猫道发生水平位移时其角度变化较小,故直接将其孔径扩大即可避免复杂应力状态(如图6)。

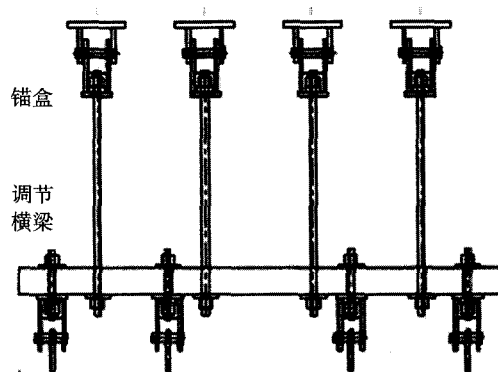


图5 猫道调节横梁图

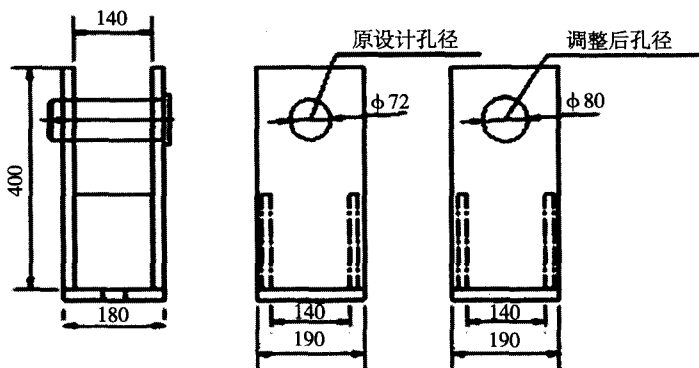


图6 锚盒设计图

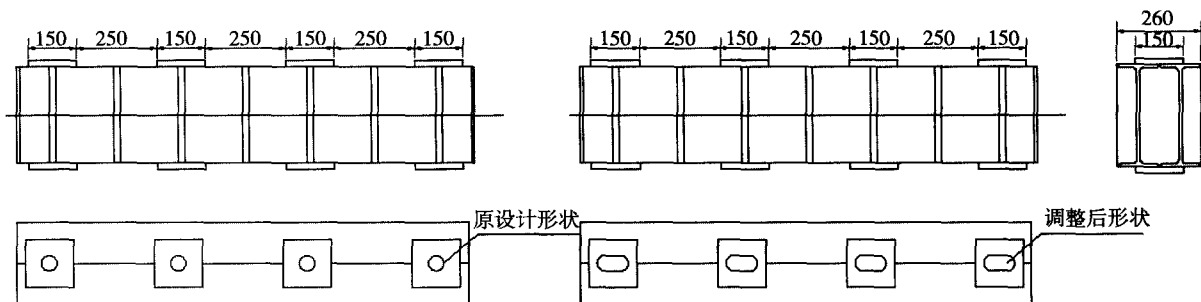


图7 猫道调节横梁设计图

3 临时吊索及临时吊索底座设计

在体系转换过程中,中跨主缆从间距1.5m逐渐过渡到成桥状态的26.8m。在张拉过程中需设置临时吊索,将主缆逐步张拉成成桥线型。根据同类型桥梁江东大桥的施工经验,在体系转换时在中跨设置了5对临时吊索(如图8)^[7],在桥面设置临时锚点,采用临时索夹通过钢丝绳缠绕的方式进行张拉,先将主缆张拉成空间线型,然后逐步张拉至成桥状态。当体系转换完成后,再拆除临时锚点、临时索及临时索夹。天河大桥北汉桥

由于下锚点设置困难,加上工期紧,所以江东大桥的方案并不适用。

因此在条件有限的情况下,创造性的采用成品吊索作为临时索。中跨中设置三对临时索,分别位于三等分点及中跨跨中位置,随着体系的转换进行逐级张拉临时吊索,待临时吊索张拉完成后,逐步张拉至成桥线型。

这种方案有以下明显优点:首先可以节省工期,避免了临时索夹、下锚点的设计制造及安装工序对工期的影响。其次,节省了大量的人力、物力,在经济上的效益是显而易见的。

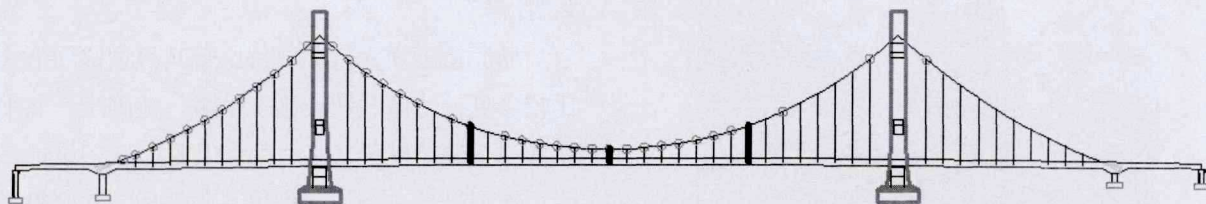


图8 临时索布置图

由于原设计吊索底座下部球头杆的可转动角度为 6° ，而在体系转换过程中，临时吊索的最大转动角度达到 32° 。因此，原设计临时吊索底座在体系转换过程中由于转动角度限制不能使用，需额外加工转动角度以满足张拉要求的临时底座要求（如图9、图10所示）。

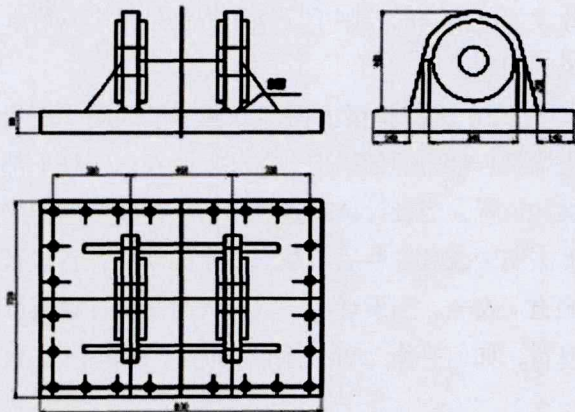


图9 临时底座设计图

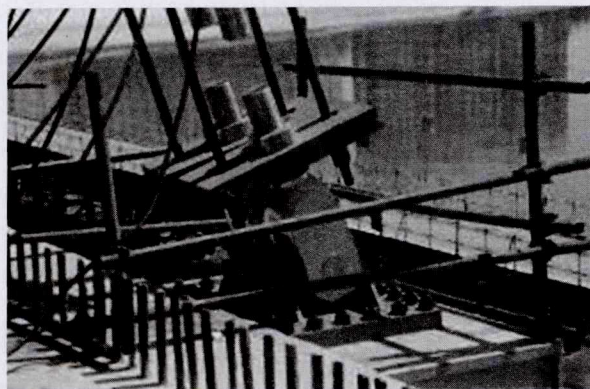


图10 临时底座安装

临时底座采用销轴将吊索与钢梁锚箱连接起来，当转动角度为 $0^\circ - 180^\circ$ ，可满足体系转换过程中临时吊索的角度转动要求。临时底座采用45#钢焊接而成，底板厚度和螺栓孔位与原设计保持一致，采用高强螺栓将临时底座与对应位置钢梁锚箱按照设计螺栓预紧力连接，待体系转换完成后更换临时底座为永久性底座。焊缝强度经

验算可满足施工要求。临时底座设计尺寸如图9所示：

4 张拉系统设计

松原天河大桥吊索（如图13）锚固采用上端吊索、连接杆、中间套筒、下方球头杆的锚固方式，各部件间采用螺牙连接，上方连接杆与下部球头杆采用正反牙设计，可调节量大。此种锚固方式在桥梁上应用较为少见，可参考经验少，与普通支承式锚固方式相比，张拉工艺及设备更加复杂，张拉精度的要求更高，给吊索张拉带来极大困难。

经方案比选，设计一种两半式工程张拉系统，由上、下扁担梁（如图11）组成。上扁担梁夹持在连接杆上方，下扁担梁为带内螺牙结构，与下部球头杆靠近底座位置处部分螺牙连接。上下扁担梁通过精轧螺纹钢连接成一个整体，在上扁担梁上方安装张拉撑脚、千斤顶进行张拉。

张拉过程中施加千斤顶压力与调节套筒施拧同时进行，由于调节套筒外部为圆形，会给施拧造成困难。因此需设计一个施拧抱箍（如图12），抱箍为两半式，通过高强螺栓固定在调节套筒外部，抱箍上下四周焊接小节段圆形厚壁钢管，张拉时在钢管内部插入相应尺寸的加力杆对调节套筒进行施拧。张拉系统装配示意图及现场安装图如图14、15所示。

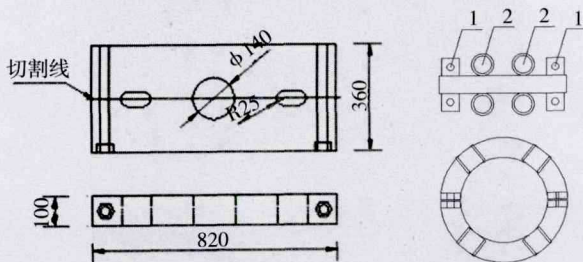


图11 扁担梁设计图

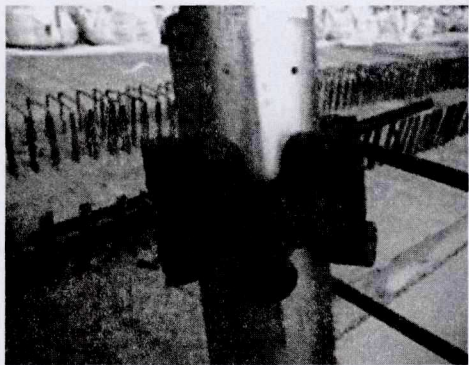


图12 抱箍设计图

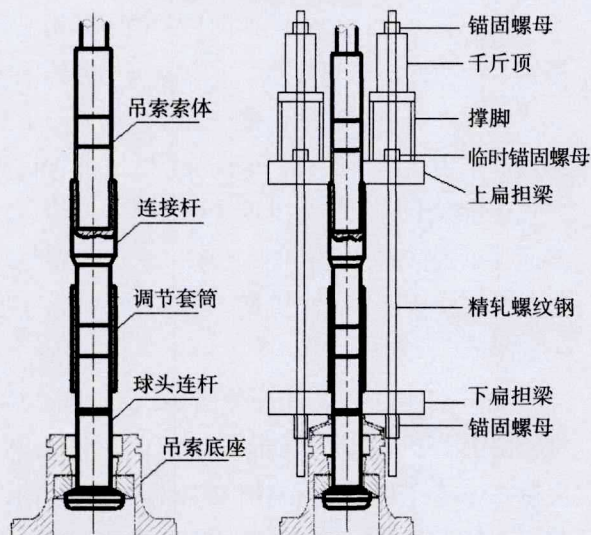


图13 吊索装配图

图14 张拉系统装配图



图15 张拉系统安装

5 结语

松原市天河大桥北汊桥由于其吊索锚固形式比较少见,给体系转换施工带来一些困难,文中仅从猫道调节横梁、临时吊索及临时底座设计、张拉系统设计三个方面作出一些尝试,并取得了良好效果,对同类型锚固方式施工提供一些经验和参考。但同时仍然存在一些问题没有完全解决:

(1) 如何在张拉时精确控制千斤顶压力。张拉过程中,千斤顶压力过大或者过小都会导致调节套筒施拧困难,甚至会损伤套筒螺牙。因此,如何精确的控制千斤顶压力仍是一个亟待解决的问题。

(2) 下扁担梁占据部分调节量问题。下扁担梁是自带内螺牙结构,需要安装在球头杆下部螺牙位置,当设计调节量过小时会导致下扁担梁无法安装或者安装后承载力不足的问题,直接影响施工安全。当设计调节量过大时又会导致资源浪费,如何平衡二者关系,仍需继续探讨。

参考文献

- [1] 蔡迎春, 万超, 郑元勋. 中国自锚式悬索桥发展综述[J]. 中外公路, 2013年04期;
- [2] 韩振勇, 彭春阳, 张日亮, 黄家珍, 李文献. 天津富民桥可转动索夹的研发[J]. 桥梁建设, 2008年05期;
- [3] 汤洪雁, 张振学, 井润胜. 天津富民桥空间缆索系统关键技术[J]. 桥梁建设, 2008年05期;
- [4] 柯红军, 李传习, 张玉平, 董创文. 双塔大横向倾角空间主缆自锚式悬索桥体系转换方案与控制方法[J]. 土木工程学报, 2010年11期;
- [5] 柯红军. 广州猎德大桥体系转换施工方法的确定及实施[J]. 桥梁建设, 2010年02期;
- [6] 张启桥, 王海峰. 平胜大桥自锚式悬索桥体系转换施工技术[J]. 桥梁建设, 2006年S1期;
- [7] 张日亮, 彭春阳, 黄家珍. 单塔空间索面悬索桥的体系转换[J]. 预应力技术, 2009年02期;
- [8] 张玉平, 董创文. 江东大桥双塔单跨空间主缆自锚式悬索桥的施工控制[J]. 公路交通科技, 2010年07期;
- [9] 唐启, 李传习, 柯红军. 独塔双跨空间索面自锚式悬索桥体系转换方案确定[J]. 公路交通技术, 2010年01期;
- [10] 卢士鹏, 王振峰, 韩振勇. 单塔空间索面自锚式悬索桥吊索结构安装与体系转换[J]. 桥梁建设, 2008年05期