

①
2000(4)
2-5

广州丫髻沙大桥系杆的选型与施工

尹浩辉

U448.225

【摘要】丫髻沙大桥的系杆为长达518米的柔索。本文介绍本桥系杆选择的原则,方案的比较及扭绞型钢绞线系杆的施工工艺要点。

【关键词】丫髻沙大桥;系杆拱桥;群锚拉索;防护;悬浮张拉;施工方法;方案比较

广州丫髻沙大桥是广州环城高速公路的重要工程,主桥为76m+360m+76m三跨连续自锚中承式钢管混凝土拱桥,其中锚固在两边拱端横梁上的系杆长达518m,为目前国内外最长的预应力束(图1)。主拱产生的巨大水平推力主要由系杆张拉力来平衡,因此系杆是系杆拱桥的生命线,选择适当的系杆,有利于提高桥梁的安全性与使用寿命。

丫髻沙大桥的系杆由初步设计到定型经历了一年多的时间,经过多次的修改完善,形成了现在的挤包护层扭绞型钢绞线拉索方案,在选型过程中主要对系杆的性能、施工的可行性等方面进行了比选。

1 系杆选择的原则

1.1 防护性能与可换性

在国内已建成的系杆拱桥中,多采用刚性系杆,一般是在钢绞线索体外包裹混凝土而成。由

于索体与混凝土的变形不一致,从而在索体和混凝土外表面之间产生一系列的缝隙,在徐变和收缩的影响下,会发展成常规裂缝,水分和其他化学物质就能乘虚而入,侵蚀索体。在近年的桥梁检修中发现此类系杆的索体锈蚀严重,但由于在设计时没有考虑换索的措施,给维修带来很大的困难。

丫髻沙大桥采用柔性系杆,其结构形式是在斜拉桥的斜拉索的基础上移植而来的。在过去40年内,全世界修建了300余座斜拉桥,其中由于斜拉索锈蚀的影响,使得部分早期修建的斜拉索桥结构状况损坏非常严重。本市某桥仅使用6年半,济南某桥使用13年即因索腐蚀,不得不进行全部换索。

对于自锚式钢管混凝土拱桥,系杆是主要受力构件,桥梁的耐久性在很大程度上取决于系杆的抗腐蚀能力。另外,鉴于目前国内外对体外索

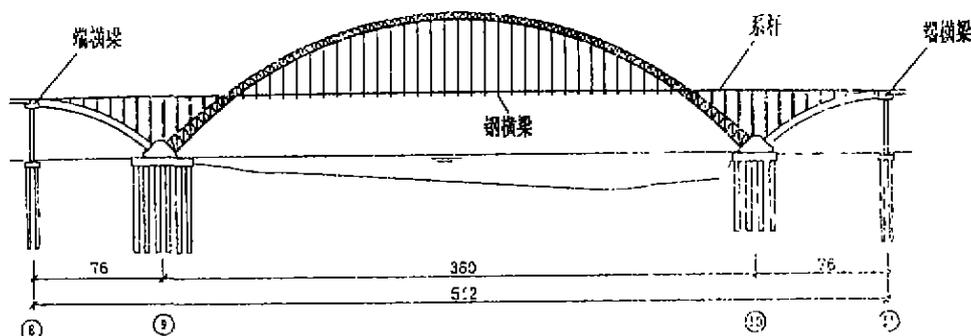


图1 主桥立面布置图

尹浩辉:广州市高速公路总公司,工程师

桥梁建设

没有永久的防护方法,换索是不可避免的,在设计时应考虑有完善的换索措施。因此本桥在系杆的选型时,把防护性和可换性作为首要条件。

1.2 索力的可调性

由于丫髻沙大桥的加载程序要求系杆分阶段、分批张拉,成桥后整体调索,同时考虑拉索钢绞线松弛、边拱的徐变收缩等因素的影响,在运营期间需对索力进行检测和调整。因此要求系杆的锚具在结构上能对索力进行调整。

1.3 便于施工

丫髻沙大桥的系杆有如下特点:其一,系杆支承在钢横梁上,由于全桥位于线路的竖曲线上,系杆在跨中与锚固端的标高相差2m,并且在端横梁上的系杆定位钢管设有竖弯与平弯半径为6m的曲线,因此系杆内每根钢丝的长度都不同;其二,系杆随恒载加载的过程分阶段张拉。因此系杆的结构应考虑上述特点,以便于施工。此外,还应考虑系杆的抗疲劳性能,本桥系杆的应力上限为 $0.55 \delta_s$ 、应力幅为90MPa,一般的斜拉索均能满足要求。

2 系杆设计方案及比较

目前国内建成的系杆拱桥中,采用柔性系杆的不多,丫髻沙大桥的系杆在选型时主要参考斜拉索的结构形式,并针对该桥的特点,先后提出了平行钢绞线方案、挤包护层扭绞型钢丝方案和挤包护层扭绞型钢绞线方案。

2.1 平行钢绞线方案

索体采用平行钢绞线,锚具采用OVM250组合式夹片锚。由于锚具带有可调的螺母,可满足换索和调整索力的要求。

全桥共设16根系杆索,每4根索放置在一个钢箱内(图2),横梁两端共设4个钢箱。每根索体采用 $61 \Phi 15.24$ 无粘结预应力钢绞线,钢绞线的抗拉强度为1860MPa,PE层厚1.00~1.200mm。完成张拉后在钢绞线束外缠包聚酯纤维

带,然后在钢箱内灌石蜡,再密封钢箱。平行钢绞线索体在整个制索过程可“化整为零”在现场施工,由于钢绞线是逐根穿索,逐根张拉,对索长不需精确计算,施工机具可轻量化。

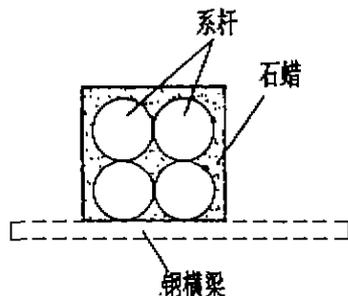


图2 系杆及钢箱

存在问题:

(1) 防护问题。设计上索体采用4层防护:①钢绞线内灌防腐油脂;②每根钢绞线外包PE层;③缠包聚酯纤维带;④石蜡和钢箱(见图3)。但实际上,由于系杆与钢横梁上的钢箱密贴,缠包聚酯纤维带难以进行施工。由于无粘结预应力钢绞线外包的PE层厚度仅1.00~1.200mm,在安装牵引过程中极易损伤,如果钢箱的石蜡在低温时硬化,形成微小裂纹,水蒸汽进入钢绞线后,将造成系杆被腐蚀而失效。因此系杆的防护问题成为突出的矛盾。

(2) 施工、换索困难。由于斜拉桥每根拉索的距离较大,施工与更换有足够的空间。但在

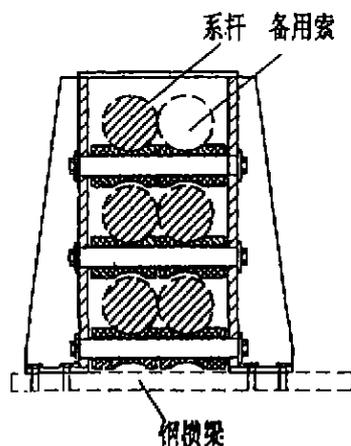


图3 系杆支撑架

桥梁建设

丫髻沙大桥中,由于系杆放置在钢箱内,操作空间狭窄、穿索比较困难。同时由于每根系杆互相挤压、摩擦,张拉力难以准确控制,下层系杆也无法更换。另外每根索需分阶段多次张拉锚固,容易造成滑丝。

2.2 挤包护层扭绞型钢丝拉索方案

为解决平行钢绞线方案防护性能差的问题,提出了挤包护层扭绞型钢丝拉索方案。索体采用目前国内外大量采用的热挤塑高密度聚乙烯(PE)护套加聚氨脂(PU)彩色护套的挤包护层扭绞型拉索。每根系杆索体采用253Φ7镀锌高强钢丝,钢丝抗拉强度为1670MPa。

扭绞型拉索是将若干根钢丝平行并拢,同心同向作轻度扭绞,扭绞角 $2\sim 4^\circ$,再用包带扎紧,最外层挤裹PE护套作防护,即成为扭绞型钢丝索。这种索挠曲性能好,可以盘卷,具备长途运输的条件,可以在工厂内制作及配制锚具,不但质量有保证,而且极大地简化了施工现场的工作。

锚具采用LZM253L-7冷铸墩头锚。配装冷铸墩头锚的系杆具有优异的抗疲劳性能,其耐疲劳应力幅大于200MPa,同时满足换索和调整索力的要求。

挤包护层拉索性能稳定、防腐性能好。由于镀锌钢丝外的PE层较厚、密封性能好、防止了水汽对钢丝的侵蚀。且每根系杆只需牵引一次,可缩短工期。

冷铸墩头锚的锚杯设有内螺纹、可与千斤顶的工具螺杆相连进行多次反复张拉,到了预定张拉力后即可用螺母锁定。而不象夹片锚那样经多次张拉后容易产生滑丝。

存在问题:

(1) 由于每根系杆盘卷后重达50t,体积较大,运输吊装困难。

(2) 索长须作精确计算,在制作时应对策

料工序进行严格控制,但由于索长达500多米,下料时受制作厂家场地的限制,索长控制较困难。

2.3 挤包护层扭绞型钢绞线拉索方案

综合上述两个方案的优点,并结合目前国内有关厂家索体制作的经验及运输条件,提出挤包护层扭绞型钢绞线拉索的方案。

由于采用61Φ15.24钢绞线时,每根系杆须进行多次张拉锚固,夹片容易磨损,产生滑丝,亦不便于索力的调整及换索。在对全桥进行优化设计的基础上,对系杆进行了重新布置,重新设计后全桥共设20根系杆索,每根索体采用37Φ15.24预应力钢绞线、钢绞线的抗拉强度1860MPa。钢绞线束外包双层PE热挤塑护套。内层黑色PE厚度为8~9mm,外层彩色PE厚度为5~6mm。每根成品系杆缠盘后直径为4m,盘高2.8m,重量33t。

为方便施工和换索,取消了系杆钢箱,设计了带滑动轴承的系杆支撑架(图3)。张拉分5个阶段进行,每束系杆拉索的设计索力为500t,每个加载阶段张拉4束,索力张拉2000t,一次张拉到设计位,成桥后再集中调整索力一次。

锚具采用OVM250XG.T15-37组合式夹片锚。根据丫髻沙大桥的特点,厂家对OVM250锚具的结构进行了改进,形成OVMXG.T15-37可换索式钢绞线系杆锚固体系(图4)。

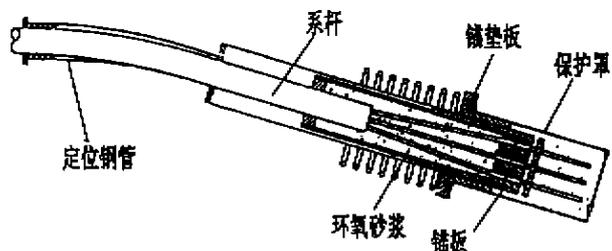


图4 可换索式钢绞线系杆锚固体系

为增强索体的防护性能,在生产索体时采取了一系列的措施;设一道风屏,在钢绞线缠包

前,进行表面风干,然后在钢绞线中注防腐油,最后才挤包PE层。其特点是:(1)具有平行钢绞线索体对下料精度要求低和挤包护层扭绞型钢绞线拉索防护性能好的优点。由于每次可牵引一根系杆,每根系杆在施工过程中一次张拉到设计吨位,大大缩短施工周期,避免了反复张拉造成滑丝。(2)改系杆钢箱为带滑动轴承的系杆支撑架,施工和换索比较容易。(3)由于只能进行整体张拉,需对现有的张拉设备进行改造,施工费用有所提高。

上述三个方案中,挤包护层扭绞型钢绞线拉索方案在防护性能、可换性、索力可调性、施工方便等方面均满足要求,确定为实施方案。

3 施工工艺要点

3.1 系杆安装

(1)钢纵梁、钢横梁安装完成后,在钢横梁上安装系杆定位架,利用卷扬机牵引系杆逐个穿过系杆定位架。(2)系杆进入边拱端横梁上的预埋定位钢管前,根据精确测量的系杆两锚固端的实际距离,剥除两端的PE层,确保在张拉后系杆PE层进入锚具延伸筒的长度在100~600mm,用丙酮清除裸露的钢绞线上的防腐油脂。

3.2 张拉工艺

(1)由于索体是经过绞制的成品索,因此不能进行单根钢绞线张拉,只能采用大吨位群锚千斤顶进行。

(2)张拉采用张拉力与伸长值双控,用两台千斤顶在两端同时张拉。由于每端张拉的伸长量达1200mm,如采用普通的千斤顶张拉,按每次张拉行程180mm计,需要倒顶7~8次。由于锚具的工作夹片在张拉多次后磨损严重,容易产生滑丝,因此在张拉过程中必须设法使工作夹片不锚固钢绞线,待张拉到位后才用工作夹片锚固。

为解决上述问题,提出了“悬浮张拉”的施

工方案。该方案需对普通的张拉千斤顶进行改造。改造后的千斤顶型号为YDCL600,构造如图5。

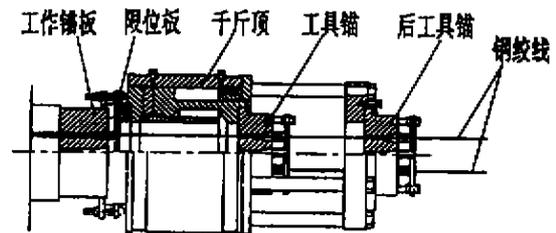


图5 YDCL600张拉千斤顶

YDCL600千斤顶与一般千斤顶的区别主要在于:在千斤顶后增加一套后工具锚及支架,在千斤顶与与锚环间设限位板。在每次张拉时后自动工具锚夹片处于放松状态,在完成一个行程回油时自动工具锚夹片锁紧钢绞线,多次倒顶,直到张拉到设计吨位。由于限位板的作用,在张拉过程中,工作夹片不至于退出锚孔,在回油倒顶时,工作夹片不会咬合钢绞线,工作夹片始终处于“悬浮”状态,在张拉到位后,旋紧定位板的螺母,随后千斤顶回油放张,使工作锚夹片锚固钢绞线。

4 结束语

近年来,系杆拱桥在我国发展很快,随着跨度的增加,系杆的长度亦迅速增加。丫髻沙大桥在系杆选型过程中注意了防护性、可换性与可调性,特别是施工中所采用的悬浮张拉新工艺,为超长索的张拉提供了可借鉴的经验,对斜拉索的施工亦有一定的参考价值。

参考文献

- 1 王文涛·斜拉桥换索工程·北京:人民交通出版社,1997
- 2 文武松、彭旭民、党志杰·斜拉桥设计、试验与安装条例·国外桥梁,1997(4):31~35
- 3 铁道部专业设计院,丫髻沙大桥系杆技术条件,1999