

斜拉索HDPE护套施工工艺

李东平 顾寅

【摘要】回顾斜拉桥及斜拉索的发展,对斜拉索的防护套管--整圆式HDPE护管、哈夫式HDPE护管的施工工艺、焊接工艺、焊接质量、焊接设备等问题进行讨论,对HDPE护管与塔、梁连接提出建议。

【关键词】斜拉桥 斜拉索 哈夫式HDPE护套 整圆式HDPE护套 施工 焊接

1. 斜拉桥及斜拉索的发展

1956年,瑞典的stromsund桥开始了现代斜拉桥的先河,经过四十余年的发展,至今全世界约建成了300余座斜拉桥。我国现代斜拉桥的设计与施工起步较晚,1975年在四川省云阳县建造了云阳桥,其跨径为76m,从此,中国的斜拉桥技术蓬勃发展开来。1991年建成的南浦大桥为当时的世界之最,这也标志着中国斜拉桥已进入世界领先水平。近几年来,中国斜拉桥有了更迅猛的发展,一些超大跨度和有影响力的斜拉桥相继建成或在建,南京长江二桥跨度达到了628m,正在施工的宜昌夷陵长江大桥为2×348m跨三塔斜拉桥,新近开工的润扬长江大桥其斜拉桥部分跨度达到900m,将超过世界第一斜拉桥日本的Tatara桥(跨度为890m)。

作为斜拉桥生命线的斜拉索随斜拉桥的发展相继出现了①钢丝绳拉索,②高强钢筋拉索,③平行(或半平行)钢丝束拉索,④平行钢绞线拉索四种类型,相应的斜拉索的防腐也就有了油漆、缠包、灌改性水泥浆或其它化学浆液、挤塑、涂油、涂蜡等多种方式。随着建筑材料的发展,斜拉桥跨径越来越大,斜拉索也由工厂定制成品索"化整为零"、在现场制索、成索,这就需

要采用新的方式对索进行防护。

另外,早期建成的斜拉桥的斜拉索防护材料已开始老化、剥落,如何对这些旧桥斜拉索进行有效地再防护也成为桥梁建设者们必须思考的问题。在这种情况下,HDPE(高密度聚乙烯)护管进入了桥梁建设者们的视线。下面,笔者将介绍一下斜拉索HDPE护套及其施工工艺。

2. 塑料及HDPE护管的一般介绍

随着科技水平的提高,人们对塑料及塑料制品越来越了解。而塑料也因其轻质高强易于加工,性能优越而被广泛地运用于工业体系的各个领域。正是由于其它领域的成功应用,建材制造商也进行了将塑料用于斜拉桥生命线--斜拉索的尝试,并取得空前的成功,目前世界上正在运营或即将投入运营的斜拉索桥之斜拉索大多采用塑料防护体系,其中大多数斜拉索防护塑料采用一次加工工艺(塑料加工术语,在塑料母料中加入一定量的添加剂,然后再在较高温度或压力条件下被加工成成品)。这些防护一般是在工厂是完成的,并且大多数采用热挤HDPE技术。

由于现代斜拉桥越来越多地采用现场制索成索工艺,原先采用的工厂热挤HDPE技术已不再适用,为了与斜拉索施工工艺相适应,我们在工厂用HDPE材料制成定形管材即HDPE护套,然后运至施工现场,在现场接长,制成斜拉索防护

李东平:柳州欧维姆工程有限公司工程师

顾寅:柳州欧维姆工程有限公司助理工程师

成品。这就对塑料的焊接提出了相应的要求，塑料的焊接在塑料加工术语中属二次加工工艺（即对塑料型材或构件等的进一步加工）。HDPE护套施工工艺中最重要的一环便是HDPE护套的焊接。

桥梁设计者和建材制造商通过对决定塑料使用性质和工艺性质的重要温度参数：玻璃化温度 T_g ，粘态流动温度 T_f ，晶体熔融温度 T_m ，热分解温度进行比较，最终确定采用HDPE护管作为斜拉索的风雨衣。笔者在HDPE护管的隔热试验得到，在高温下，斜拉索在HDPE护管的防护下，仍能保持 30°C 以下。HDPE特性如下表一：

3.HDPE护套施工工艺

3.1整圆式HDPE护管施工工艺

整圆式HDPE护管是为了适应斜拉索施工过程中采用先悬挂HDPE护管，后在管内穿挂斜拉索单元而采用的一种斜拉索防护工艺。

3.1.1工艺流程（见图1）

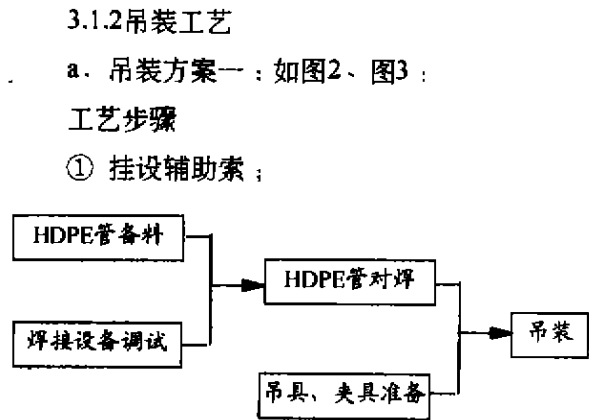


图1

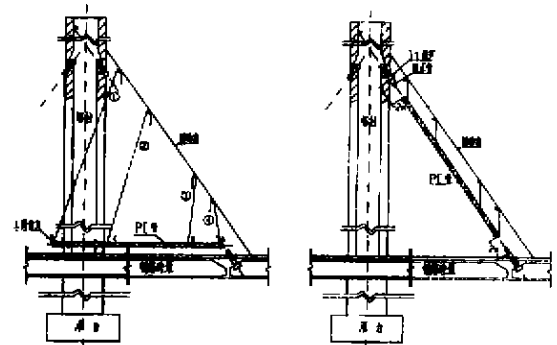


图2

图3

表一 HDPE特性表

序号	项目	单位	指标	试验方法
物理性能				
1	密度	g/cm ³	0.942~0.978	GB1033-86
2	熔体流动速度MFR	g/10min	< 0.45	GB3682-83
3	拉伸强度	Mpa	> 20	GB1040-79
4	屈服强度	Mpa	> 10	GB1040-79
5	断裂伸长率	%	> 600	GB1040-79
6	硬度	ShoreD	> 60	GB2411-80
7	弹性模量	Mpa	> 50	GB2411-80
8	冲击强度	KN/m ²	> 25	GB1043
9	软化温度	℃	> 115	GB1633
耐气候性能				
10	耐环境应力开裂性	FO/h	> 1500	GB1842
11	脆化温度	℃	< -60	GB5470
耐老化性能				
12	拉伸强度保留率	%	> 80	GB7141
	断裂伸长率保留率	%	> 80	GB7141
	耐臭氧老化			

施工工艺

② 将焊接好的HDPE护管平放在桥(或梁)面上, 安装工具索夹;

③ 从A至D平稳提升护管, 尽量避免护管产生大的弯曲。

b. 吊装方案二: 如图4、图5:

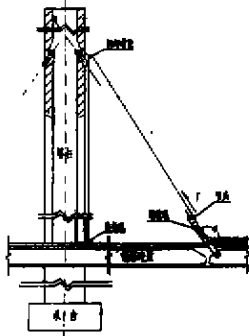


图4

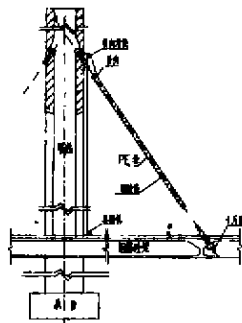


图5

工艺步骤

① 将焊接好的HDPE护管平放在桥(或梁)面上, 管内穿一根钢绞线, 并与护管作相对固定;

② 在提升钢绞线的同时也将HDPE护管提升到位, 并穿过预埋管、锚具, 在塔内锚固;

③ 将钢绞线另一端穿过桥(或梁), 用张拉机具进行张拉, 直至HDPE护管被悬挂起来了。

一般来说, 优先采用方案二, 在方案二实施时, 应着重注意两个施工参数: 一是HDPE护管的最大允许弯曲角度 ϕ , 二是管夹与HDPE护管之间的摩擦力 f 。根据笔者在西宁昆仑桥的施工经验, ϕ 值大于 105° 时, HDPE护管的变形基本在弹性范围内, 而摩擦力 f 与管夹所采用的材料有关, 钢材与HDPE护管的最大静摩擦系数为0.2, 而橡胶与HDPE护管的摩擦系数则可达到0.5以上, 施工中通常采用改变管夹与HDPE护管间的接触材料和增加管夹数量的方法来保证HDPE护管悬挂安全, 在HDPE护管管壁较薄、或弯曲角 ϕ 可能小于 105° 时, 建议采用方案

一, 避免材料或焊缝塑性变形。

3.1.3 整圆式HDPE护管焊接工艺

a. 焊接原理及条件

由于HDPE护管是塑料的一种, 因此, 它的焊接原理和条件都与塑料相同。其焊接基本原理是: 热熔状态的聚乙烯大分子, 在焊接压力的作用下相互扩散, 产生范德华作用力, 从而紧密地焊接在一起。根据这个原理, HDPE护管焊接的必要条件为导致聚乙烯材料熔融流动的焊接温度; 促进大分子相互扩散并挤去焊缝中残余气隙的焊接压力; 压力及温度作用时间, 在这段时间里, 聚乙烯材料从加热熔融直至重新冷却硬化, 建立足够的焊接强度。

b. 焊接方法设备及工艺参数

由于斜拉索用HDPE护管为硬质圆管, 并且只要求对焊。一般情况下我们选择直接式热工具(热板)焊接方法(由于塑料材质和种类不同, 焊接方法也是多种多样的), 如图6。

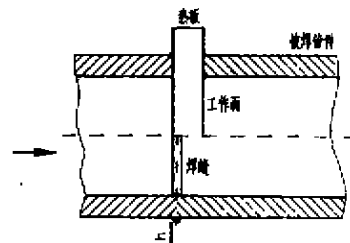


图6

常用的焊接设备有XQD-400W全自动热板式电脑塑料焊接机(国产)、WIDOS4502型加热板式对接塑料焊机, WIDOS-polypress 2500型塑料焊接机, 这些设备自动化程度高, 易于控制, 能很好地保证焊接质量。

在选定焊接设备及焊接方法后, 则须有严格的工艺过程来控制焊接质量, 热板式焊接的重要工艺参数有:

加热压力-在加热周期里发热工具表面对塑料表面的作用压力

施工工艺

加热时间-加热压力作用下塑料表面被加热的
的时间

切换时间-加热结束至压焊开始的一段时
间, 这里包括撤出热具的时间

焊接压力-作用在两个焊接面上的压力

压焊时间-保持焊接压力的时间

热工具温度-发热工具表面的真实温度

焊接温度-压焊时开始瞬时塑料被焊表面的
温度

德国联邦焊接学会 (DVS) 关于高密度聚乙
烯管材的焊接参数 (表二) 可作参考。

c. 焊接质量检验

一般来说, 对塑料焊接接头的质量检验靠力
学性能试验来评价。焊接接头的力学性能试验包
括: 抗拉试验、冲击拉伸试验、三点弯曲试验、
持久拉伸试验。采用热板式焊接材料的焊接接头
强度系数不得小于0.9, 最小持久抗拉强度系数
不小于0.8。

3.2哈夫式HDPE护管施工工艺

哈夫式HDPE护管是在斜拉桥斜拉索安装完
毕后, 对斜拉索采取的一种防护工艺, 它不仅适
用于新建桥梁, 也适用旧桥斜拉索再防护工程。

哈夫式HDPE护管施工工艺与整圆式HDPE
护管有相同之处, 也有许多不同之处。在焊接方
法、焊接工艺参数、焊接质量检验方面, 二者是
相同的, 但在安装或吊装工艺、焊接设备的选择

上, 二者又有所区别。

3.2.1哈夫式HDPE护管焊接设备要求

首先由于哈夫式HDPE护管为双壁扣结式
(如图7), 这种结构可保证雨、雪、湿气不致
侵入, 在技术上保证了HDPE护管可免焊纵缝。
而且是在斜拉索安装完毕后才施工的, 这就要求
焊接设备的主要工作部分 (加热装置、HDPE护
管端面刨削装置、护管定位、抱紧装置) 均采用
哈夫式结构, 并且在扣结后, 结构中心应有大于
斜拉索索径的圆孔。

3.2.2哈夫式HDPE护管安装工艺, 如图8。

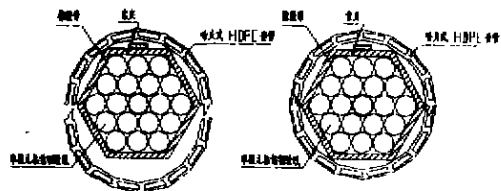


图7

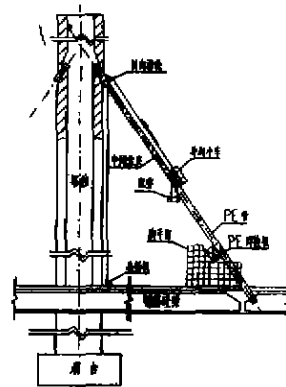


图8

表二: 高密度聚乙烯管材的焊接参数

壁厚(mm)	预热时的卷边高度h(mm) 预热温度: 210 ± 10℃ 压力: 0.01MPa	加热时间: (s) 温度: 210 ± 10℃ 压力: 0.01MPa	允许最大切 换时间 (s)	焊缝在保压状态下的冷却 时间焊接压力: 0.15MPa
2~3.9	0.5	30~40	4	4~5
4.3~6.9	0.5	40~70	5	6~10
7.0~11.4	1.0	70~120	6	10~16
12.2~18.2	1.0	120~170	8	17~24
20.1~25.5	1.0	170~210	10	25~32
28.3~32.3	1.5	210~250	12	33~40

施工工艺

工艺步骤:

a. 根据斜拉索与桥梁纵轴线的水平夹角的变化范围, 设计可调节式焊机工作平台, 务必保证焊机工作部分结构中心线与斜拉索中心线重合;

b. 第一段HDPE护管在桥面处沿索扣接, 并与上端悬挂部分对焊;

c. 安装HDPE护管行走导向机构;

d. 上拖第一段HDPE护管, 并在其后过程中接长一段, 上拖一段。

3.3 HDPE护管与塔、梁的连接

无论整圆式还是哈夫式HDPE护管均须与塔、梁连接起来, 构成连续、密闭的斜拉索防护体系, 对HDPE护管而言, 要么通过支撑将其恒载、活载传给梁, 要么采用悬挂装置悬挂于塔身, 将恒载、活载传给塔柱。

不论采用何种连接方式, 都要着重注意: ①确保整个防护系统密闭, 雨、雪、湿气无法侵蚀斜拉索; ②HDPE护管线膨胀系数约是钢材的10倍, 因而须采取措施避免温度应力。

4、工程应用

在国外, 斜拉索HDPE护管施工开始比国内早, 现已成功地用于法国诺曼底大桥、香港汲水门大桥等几座著名桥梁; 在国内, 目前已完成的仅西宁昆仑桥(整圆式)、汕头礐石大桥(哈夫式)。在建的浙江湖州苕溪大桥(拟采用整圆式)等少数几座桥梁。2000年初笔者有幸参与了越南德龙桥的建设, 该桥采用整圆式HDPE护管。以下是笔者在参与上述几座桥建设时拍下的照片。

5结束语

科技越来越发达, 斜拉桥施工技术日新月异。如何使在建的桥梁防护更完美、更耐久, 旧桥旧貌换新颜, 更充分地发挥其功能, 成了桥梁设计者与桥梁施工者应考虑的头等大事。我相

信, 通过所有路桥人的努力, 在新世纪, 我国的桥梁事业会有更蓬勃的发展。



图9 越南德龙桥全貌



图10 汕头礐石大桥哈夫式HDPE护管焊接



图11 汕头礐石大桥HDPE护管与梁连接



图12 礐石大桥HDPE护管



图13 汕头礐石大桥全貌