

HDPE在桥梁索体中的应用及索的施工简介

黄日金 程昭荣 蒋业东 宋强

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要: HDPE对预应力筋的防腐起着重要作用, 本文通过工程实例介绍了HDPE在桥梁中的应用情况及施工环境温度控制。本文也简单地介绍了斜拉索、吊杆索、系杆索、体外索等的施工情况。

关键词: HDPE 索体 温度

1. 引言

1933年英国ICI公司首先发现了聚乙烯(PE), 如今, 聚乙烯得到了广泛应用。HDPE(高密度聚乙烯)管在预应力桥梁拉索中起保护和防腐作用, 其性能优劣将直接影响桥梁的结构安全与寿命。1978年修建的华盛顿州Pasko-Kennewick大桥, 钢丝束或钢绞线束的防护就已经采用了HDPE管。为了更好地阻碍腐蚀介质进入索体, 提高拉索的防腐性能, 延长拉索寿命, 斜拉索、吊杆索、系杆索、体外索等索体一般都采用多层HDPE防腐保护。例如OVM公司开发的新型吊杆体系中, 采用新型PES(FD)低应力全防腐索体, 索体外面有两层HDPE, 并且采取措施使外层HDPE的应力得到有放释放, 极大地提高了索体的防腐性能和防开裂性能。

2. HDPE的性能

HDPE具有重量轻、韧性好、耐低温性能较好、抗冲击强度高、耐腐蚀、挠性优良、无毒且价格较便宜等优点, 其物理力学性能如表1。

表1

序号	项目	单位	指标
1	密度	g/cm^3	0.942-0.978
2	熔体流动速率	$g/10min$	≤ 0.45
3	硬度	Shore D	≥ 60
4	拉伸强度	MPa	≥ 20
5	拉伸屈服强度	MPa	≥ 10
6	断裂伸长率	%	≥ 600
7	拉伸弹性模量	MPa	≥ 150
8	冲击强度	kJ/m^2	≥ 25
9	软化温度	黑色	≥ 115
		彩色	≥ 110
10	耐环境应力开裂性	F_0/h	≥ 1500
11	脆化温度	$^{\circ}C$	≤ -76

索体HDPE性能符合《斜拉桥热挤聚乙烯高强度钢丝拉索技术条例》GB/T 18365-2001和《建筑缆索用高密度聚乙烯塑料》CJ/T3078-1998的标准。

3. HDPE索体结构

索体有钢绞线索体和并行钢丝索体, 其防护层是有区别的:

单根光面钢绞线加油脂后外层热挤HDPE层或钢绞线经过镀锌或环氧喷涂后加油脂再外层热挤HDPE层, 称为钢绞线无粘结筋(如图1), 形成单根钢绞线防护。需要注意的是, 本文所提的油脂只是通称, 材料可以是油脂、专用防腐材料、蜡, 或是其他合适的材料。多根钢绞线无粘结筋集合缠绞后, 用聚脂带包扎, 外层热挤HDPE层, 成为钢绞线无粘结筋成品索(如图2)。系杆索和体外索多数采用钢绞线无粘结筋成品索。

镀锌钢丝外裹油脂, 或是其他适合材料, 外层热挤HDPE层(如图3)。现在为了更好地对索体进行防护, 采用新型PES(FD)低应力并行钢丝全防腐索体的吊杆索越来越多。

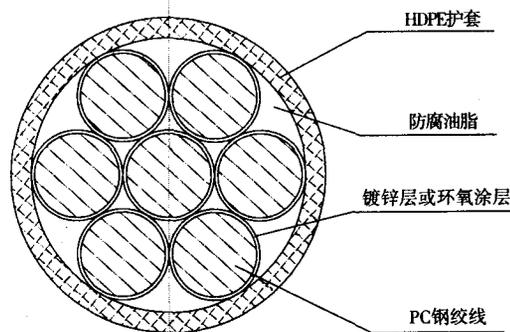


图1 钢绞线无粘结筋成品索截面

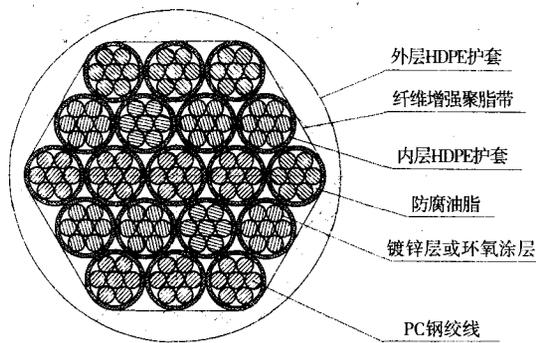


图2 钢绞线无粘结筋成品索截面

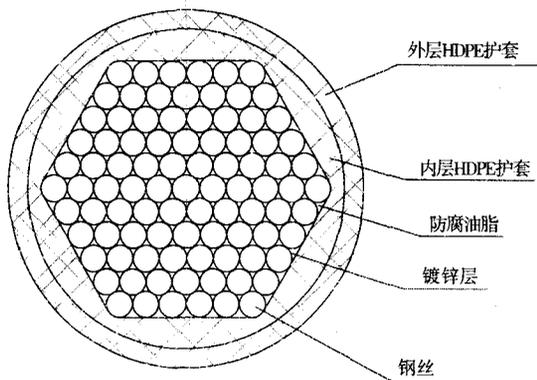


图3 平行钢丝索截面

上述两类索体的防腐，在运输前就已完成。因此，它不仅是最终的永久防护，而且也提供了索体在安半装施工前后的临时防护，例如运输、储存。在靠近海边地区，临时防护尤其显得重要。

平行钢绞线拉索和平行钢丝拉索截面如图3和如图4所示。钢绞线拉索结构由单根 $\phi 15\text{mm}$ 直径的涂油脂或加保护层的无粘结钢绞线组成的平行钢绞线索股，穿入HDPE外护管而成，管内可以灌浆或泡沫塑料，也可以不灌浆。

另外体外预应力结构所用的散索型体外索由钢绞线和转向器组成（如图5）。转向器的作用：在工程实际应用中，在索体的转向处，需要安装转向器，预应力通过转向器把力传给工程构件。

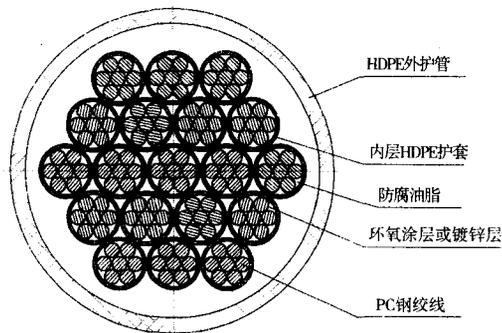


图4 钢绞线斜拉索截面



图5 散索型体外索

4. HDPE在工程中的应用

4.1 HDPE在斜拉索体系中的应用和安装方法，以五合口大桥为例进行说明。

4.1.1 工程概况

五合口大桥是宿淮高速公路上的一座特大型桥梁，位于宿淮高速公路、宁淮高速公路及淮安西环的共线段上，处于黄河水系、淮河水系及沂沭泗水系的结合部。桥梁跨越苏北运河淮阴船闸远调站、淮阴船闸停泊区、盐河杨庄船闸上游引航道、盐河杨庄水电站引水渠等航运、水利设施。

五合口大桥起桩号为K170+269.5，终点桩号为K172+311.5，全桥长2062m。跨径组成为：

主桥：152m+370m+152m

宿迁岸引桥：6×35m+（21+5×35+21m）+6×35m+（21+5×35+21m）

淮安岸引桥：5×35m+5×35m+5×35m

主桥采用双塔双索面预应力混凝土斜拉桥，引桥采用装配式部分预应力混凝土连续箱梁。

4.1.2 OVM250索体结构

斜拉索采用环氧喷涂钢绞线无粘结筋，为OVM250钢绞线拉索体系。外层HDPE套管设双

螺旋线,并制成带肋形式,以抗风雨激振。

索体最里层为环氧喷涂钢绞线,其每根组成钢丝均静电喷涂了环氧树脂层;第二层为高熔点建筑油脂包裹;第三层为单根钢绞线热挤HDPE层;第四层为索体外整圆包HDPE护管。全桥斜拉索数量见表2。

表2

索编号	索数量	索总长(m)	拉索总重(kg)	HDPE外护管总长(m)
I	32	2471	100825	2119
II	40	4004	177788	3618
III	64	7203	371666	6480
IV	72	11080	731303	10350
V	40	7822	572573	7410

4.1.3 HDPE外护圆管安装

用于索体外防护的HDPE圆管按每节8米在工厂生产,运输到工地后,再用专用的HDPE管焊机进行焊接接长。HDPE外护圆管按不同的拉索规格分为 $\phi 200$ 、 $\phi 235$ 、 $\phi 260$ 三种。

HDPE外护圆管由于自重产生很大的挠度,无法直接进行钢绞线挂索,我们采用加长辅助索挂HDPE外护圆管的方案。HDPE外护圆管挂好后即拆除辅助索,用于下一根索的施工。

HDPE外护圆管按每索计算长度焊接好后,将其平放于桥面事先安装好的一组滚轴上。在挂HDPE外护圆管前,先将辅助索穿入,用塔顶卷扬机起吊HDPE外护圆管及辅助索,将辅助索两端分别穿入上、下端锚具拉紧并锚固。在塔内安装单根张拉装置,用YDCSI60—150型千斤顶对辅助索进行张拉,直到将HDPE外护圆管挺直到位,完成HDPE外护圆管安装。

4.1.4 挂索

下料好的钢绞线无粘结筋成盘运输至施工现场,挂索时用专用放线架进行放索。放线架与预埋管之间应设铺垫及导向垫,以防钢绞线PE损伤。挂索前在已挂好的HDPE外护管内安装循环牵引系统,将钢绞线放盘并打开张拉端,

与循环系统上的专用牵引装置连接,启动循环系统将钢绞线顺着HDPE护管内腔牵引至上端管口,然后将钢绞线和从锚具孔穿过的牵引索连接,解除循环系统上的牵引装置,通过塔柱内的手动牵引装置将钢绞线拉出锚板孔至满足单根张拉所需的工作长度,临时锚固。每孔的钢绞线都安装好后,拆除牵引索。至此,完成了该根斜拉索的安装。其后进行整体张拉,调整索力及标高至设计要求。

4.2 吊杆索、系杆索在拱桥的应用,以湖南益阳南县茅草街大桥为例进行说明。

南县茅草街大桥是省道1831线跨越松澧洪道、藕池河西支、南茅运河及沱江的一座特大型桥梁。主桥按80m+368m+80m三跨连续自锚中承式钢管砼系杆拱桥布置,主桥长528m。边跨、主跨拱脚均固结于拱座,边跨曲梁与边墩之间设置轴向活动盆式支座,在两边跨端部之间设置钢绞线系杆,通过边拱拱肋平衡主拱肋所产生的水平分力。

茅草街大桥共74根吊杆,吊杆采用低应力全防护索体,热挤双层HDPE护套,在双层HDPE护套间设置隔离层结构以减少双层HDPE护套间的摩阻。每根吊杆钢索由73根 $\phi 7$ mm镀锌低松驰预应力钢丝组成,钢丝标准强度1670MPa。吊杆两端穿过预埋钢管并采用冷铸锚具,且在下端预埋钢管内灌注防护油脂。

茅草街大桥每边拱肋均设有11根高强度低松驰预应力钢绞线成品索系杆,全桥共22根,每根系杆成品索由31根环氧喷涂钢绞线无粘结筋组成,其标准强度1860MPa。每根系杆索长度为536米,放置在拱肋下两侧的防撞栏杆之间的系杆箱内,在主拱肋处穿过,锚固于边拱,锚具采用OVMXGK15—31可换索式可调式系杆锚,系杆索体采用高密度聚乙烯,厚度不少于7mm黑色HDPE包裹防护。系杆穿束采用卷扬机牵引,跨中设有系杆支架作为支承平台,系杆张拉采用YDCL650Q型千斤顶进行张拉。

5. HDPE施工环境温度

HDPE软化温度 $\geq 115^{\circ}\text{C}$ ，脆化温度 $\leq -76^{\circ}\text{C}$ ，理论上HDPE的使用及施工环境温度为 $-76^{\circ}\text{C} \sim 115^{\circ}\text{C}$ ，对直线受力且索体外壁不受外力的索体，如斜拉索、吊杆索等就可在 $-76^{\circ}\text{C} \sim 115^{\circ}\text{C}$ 的范围内使用和施工。但对有弯曲走向且外壁受力的索体如体外索的施工环境温度就受到了限制。体外索的施工环境温度约为 $-10^{\circ}\text{C} \sim 115^{\circ}\text{C}$ ，下面以南轩桥体外索的施工过程来说明。

辽宁大石桥市南轩桥的工程属旧桥加固工程，采用TT 15-15散索型体外索。索体为环氧喷涂钢绞线无粘结筋，配用方形转向器，转向器的弯曲半径为3m。全桥12组索，共120个转向器，其中北车道和南车道各60个。

施工过程：

南车道内，张拉时温度较低，约 $-20^{\circ}\text{C} \sim -16^{\circ}\text{C}$ ，发现少数转向器处的HDPE有断裂现象，靠近锚具张拉端处较严重（如图6）。



图6

原因分析：

(1) 温度太低是断裂的重要原因，在低温下，油脂凝结，HDPE收缩，钢绞线与HDPE间的摩阻增大。

(2) 转向器安装误差，有扭角情况，HDPE被钢板刮伤。

(3) 转向器处的HDPE受力大，既受拉力又受压力，HDPE无法自由伸展。

处理措施：在HDPE损伤处的钢绞线外周，灌注3号防腐油脂，钢绞线间用环氧砂浆填充密封，用热缩带缠包，靠近梁底处用环氧砂浆和红砖砌密封箱，内灌注3号防腐油脂，HDPE损伤处所有外露的钢绞线得到防腐油脂保护（如图7）。



图7

北车道张拉时，温度较高，约 -6°C 以上，利用水泥墩保养余热（水泥墩保养用了20千瓦的空调吹），HDPE没有断裂。

事实证明，HDPE性能受环境温度的影响较大，工程施工中应采取措施加以控制。

参考文献

- [1]、《桥梁施工及组织管理》苏寅申主编，人民交通出版社。
- [2]、《桥梁预应力混凝土施工技术及标准规范实施手册》王凡主编，吉林电子出版社。
- [3]、《聚乙烯(PE)燃气管道的应用与发展》作者：陆光炯。
- [4]、《美国斜拉索的演变》作者：Walter Podolny, Jr.博士。
- [5]、《建筑缆索用圆管护套》柳州欧维姆机械股份有限公司。
- [6]、《环氧涂层钢绞线拉索在斜拉桥中的应用》孙长军等，柳州欧维姆机械股份有限公司。
- [7]、《拱桥拉索病害研究与对策》龙跃等，柳州欧维姆机械股份有限公司。