

# 钢绞线双拉索体系的设计及应用

杨帆<sup>1</sup> 朱万旭<sup>1,2</sup> 黄颖<sup>1</sup> 朱元<sup>1</sup>

(1 柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005 2 哈尔滨工业大学土木工程学院 哈尔滨 150090)

**摘要:**采用锚具外径较小的钢绞线挤压拉索在同一锚固区形成双拉索结构,可改善桥梁拉索锚固区的受力,提高桥梁拉索的安全性,同时便于桥梁拉索安装施工及拆换。该拉索体系已在多个桥梁工程中得到推广应用。

**关键词:**双拉索 钢绞线挤压拉索 拉索更换

## 前言

索结构的桥梁,是跨越大江、海峡项目中不可或缺的桥型,有时甚至是唯一合理的结构。承受随机疲劳的桥梁拉索,其耐久性问题迄今没有得到很好的解决。在调查了美国200多座斜拉桥后,德国学者Finster Watders认为:其期望寿命约20年,如果不作维护,有的甚至过不了10年。在我国,目前业内对早期拉索的“二年一检测,十年一拆换”几乎成为惯例。桥梁新建时的拉索费用,仅为全桥总造价的10%左右,近年拉索一次拆换的费用达新建时的6~10倍,与全桥当年的总造价可比拟。换言之,拉索拆换一次,几乎相当于当年新建一座同样的桥梁。特别是,如果在一个锚固点只有一根拉索承载,则往往会发生索断桥塌的恶性事故,造成很大的经济损失和很坏的社会影响,近年来时有发生。比如2011年4月12日新疆孔雀河大桥就是因为主跨第二根吊杆断裂而导致部分桥面垮塌。

由此,某些重要的桥梁,比如举世瞩目的上海卢浦大桥、武汉长江二桥、润扬长江大桥等,采用同一个锚固区设置有两根拉索共同承载的桥梁拉索体系,形成双保险的双拉索体系结构。而一般的桥梁往往管养不到位,在实践中更容易发

生腐蚀断索事故,但由于拉索的锚具外径大,对桥梁锚固区削弱相对较大,在一般的桥梁很少应用双拉索结构。本文提出双拉索结构采用锚具外径较小的钢绞线挤压拉索,提高了锚固区的安全性。

## 1 钢绞线双拉索的设计

钢绞线双拉索体系用拉索为两端配套有压接式锚具的钢绞线成品索。该类型拉索锚具(见图1)是目前已知的成品索锚具中结构最紧凑的锚固形式。通常情况下,钢绞线拉索锚具比同吨位钢丝拉索锚具外径小25%以上(见表1)。

应用拉索作为桥梁承重构件的桥梁设计中往往要预留安装拉索时锚具通过的预留通道,通常称为预埋管。预埋管的开孔会对桥梁结构造成一定程度的损伤,开孔面积越大则对桥梁结构的损伤程度也越大,还会增大拉索锚固区的锚下应力。故在设计桥梁拉索时工程师们都希望预埋管的开孔面积越小越好。从表2可以看出:钢绞线双拉索的预埋管开孔面积比同吨位钢丝拉索的预埋管开孔面积小40%以上。同时,双拉索体系将单个锚固点受力分解为两个均匀受力锚固区,受力面积增大,受力分散,优化了锚固区位置的应力分布。桥梁锚固区受力得到优化后,桥梁结构的安全性也得到提高。

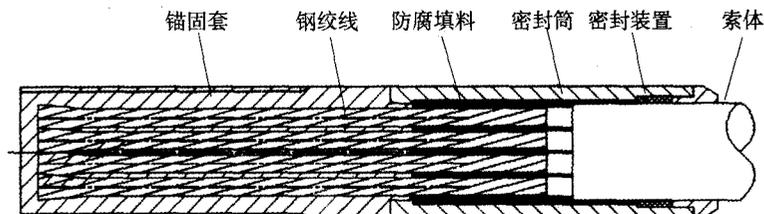


图1 钢绞线拉索锚具构造图

表1 钢绞线拉索锚具与钢丝拉索锚具尺寸比较表

拉索类型	内容	拉索规格	公称破断索力 (kN)	锚具外径 (mm)	挤压拉索锚具外径比冷 铸锚拉索锚具外径小
钢绞线拉索		GJ15-12	3120	120	
钢丝拉索		PES5-91	2984	165	38%
挤压拉索		GJ15-19	4940	150	
钢丝拉索		PES5-151	4951	200	33%
钢绞线拉索		GJ15-27	7020	175	
钢丝拉索		PES7-109	7005	225	29%
钢绞线拉索		GJ15-37	9620	208	
钢丝拉索		PES7-151	9705	265	27%

注：钢绞线双拉索受力钢绞线 $\sigma_s=1860\text{MPa}$ ，钢丝拉索受力钢丝 $\sigma_s=1670\text{MPa}$ 。

表2 钢绞线双拉索与钢丝拉索预埋管开孔面积比较表

拉索类型	内容	拉索规格	公称破断索力 (kN)	预埋管开孔直径 (mm)	预埋管开孔面积 (mm <sup>2</sup> )	钢绞线双拉索预埋管开孔面积 比钢丝拉索预埋管开孔面积小
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-12)	6240	2 × 132	27356	
钢丝拉索		PES7-91	5848	225	39741	45%
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-19)	9880	2 × 162	41203	
钢丝拉索		PES7-151	9705	281	61984	50%
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-27)	14040	2 × 187	54901	
钢丝拉索		PES7-211	13561	325	82916	51%
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-37)	19240	2 × 225	79481	
钢丝拉索		PES7-301	19345	380	113354	43%

注：钢绞线双拉索受力钢绞线 $\sigma_s=1860\text{MPa}$ ，钢丝拉索受力钢丝 $\sigma_s=1670\text{MPa}$ 。

钢绞线拉索索体由单根防腐的环氧喷涂钢绞线（或光面钢绞线、镀锌钢绞线，结构如图2所示），扭角集束后缠包高强聚脂带，再挤包外层HDPE防护层构成（如图3）。拉索HDPE护套管作为拉索的外部防护层，具备良好的防老化、抗开裂等耐候性能。组成索体的钢绞线均单独进行涂油脂及挤压HDPE护层进行防腐，相互隔离，即使拉索外层出现局部或某根钢绞线产生了腐蚀，也不会影响到其他的钢绞线，相比钢丝与钢丝相互接触的平行钢丝拉索来说，其防腐性能更高。同时，由于组成拉索的单根钢绞线外表面包裹着油脂层，在拉索服役过程中索体外层HDPE所受的应力非常小，这在一定程度上改善了索体外PE的防护性能。

分解成两束的拉索大大减轻了每根拉索的索体重量及锚具尺寸规格，原来需要大型专用施工设备及需预留较大的施工操作空间的拉索，现在可减小施工设备的规格，降低施工难度，节约施工成本，同时减小了施工张拉空间的要求。

桥梁拉索可靠性及耐久性一直受到设计工程师、施工单位及业主的高度重视。在运营期间所受到的振动对拉索的使用产生较大影响，合理减少拉索的振动成为大家的共识。双拉索构造可以减小单根拉索的迎接风雨的面积，从而减小风雨激振。必要时双拉索体系更便于安装体外减振装置。

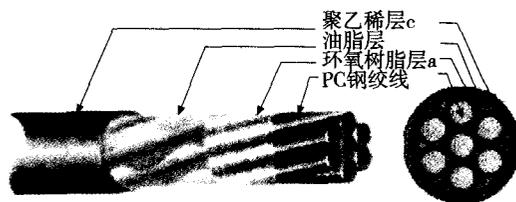


图2 单根钢绞线截面图

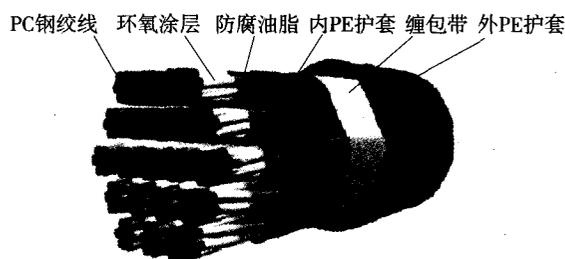


图3 拉索索体截面图

通常情况，更换拉索时需在既有拉索的两边安装临时拉索，操作过程中难免对桥梁原结构进行破坏性施工，对桥梁原受力结构造成不利影响，并且需要专用的换索施工设备，同时施工周期较长。临时拉索不能长期承载，因此换索过程需要封闭交通，这给过往的行人及车辆造成极大的不便。双拉索结构则可以解决以上困扰。由于通过两根拉索在一个锚固区共同承载，在不增加大吨位活载的情况下，由其中某一根拉索临时承受原来两根拉索的荷载，先期更换另一根，再由更换好的拉索承受原荷载而更换余下的那一根，从而实现双拉索的更换。

这样既减少了换索施工对桥梁结构的破坏又大大降低了换索施工难度，缩短施工周期，同时换索过程基本不影响行人及非机动车辆的通行。

## 2 双拉索锚固区的构造

双拉索锚固区的构造通常根据拉索的实际受力情况设计，同时需要考虑安装拉索的施工操作空间。双拉索的锚固区构造图见图4。与锚固区相关的参数见表3。锚固区预埋垫板下的加强筋等构件结合拉索的受力酌情布置。为切实保证拉索的锚固端部防水、防锈，务必将梁端预埋管伸出桥面结构100~150mm（图示H）。

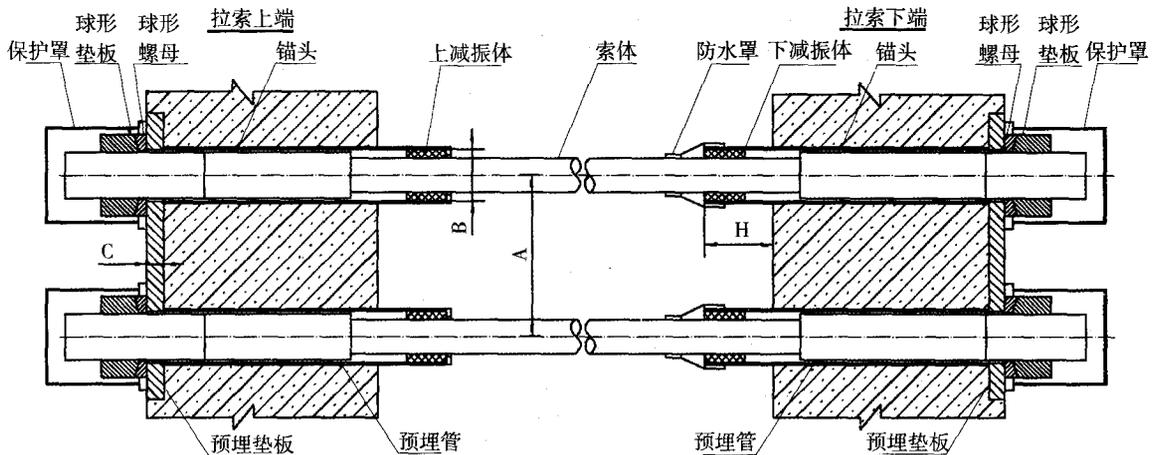


图4 双拉索锚固区构造图

表3 双拉索锚固区参数表

拉索类型	内容	双拉索规格	双拉索间距A (mm)	预埋管开孔直径B (mm)	预埋垫板厚度C (mm)
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-12)	400	132	30
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-19)	500	162	35
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-27)	500	187	40
钢绞线双拉索		2 × (GJ15-37)	600	226	45

## 3 钢绞线双拉索体系的应用

长沙火星北路浏阳河大桥全桥总长736米。引桥下部构造为桩基、墩柱结构，上部构造为钢筋混凝土预应力连续箱梁结构，桥面宽为25.6米，下层非机动车桥为预应力砼简支梁及连续空心板桥结构，桥面宽9.1米。主桥下部为桩基、承台拱座结构，上部构造为一跨过河的类双层钢箱拱肋悬链线无铰拱结构，计算跨径为138.0米，矢高34.5米，矢跨比1/4，拱轴系数为： $m=1.347$ 。主桥桥面总宽39.8米（含两边各5米人行道）。桥面横向布置为：5.0米（人行道+栏杆）+2.0米

（吊杆区）+0.4米（间隙+栏杆）+0.75米（隔离区）+3.5米（机动车道）+2 × 3.75米（机动车道）+3.5米（机动车道）+0.75米（隔离区）+0.4米（间隙+栏杆）+2.0米（吊杆区）+5.0米（人行道+栏杆）。主桥为“类双层”结构，设柔性吊杆，吊住钢横梁，横梁承受桥面荷载及活载，同时横梁底部悬挑出人行道挑梁，形成二层桥面专供行人及非机动车使用，实现人车分流。由于横梁较高，横梁间设置钢纵梁，横梁及中纵梁顶面设湿接缝，形成钢-砼组合桥面，增强整个桥面的整体刚度。该桥采用双拉索承载形式，全桥共设置64根32对GJ15-19型钢绞线拉索，见图5。

苏扬公路2号桥位于鄂尔多斯市东胜区铁西三期开发片区内苏扬公路上。本工程为一级公路，是东胜区一座重要的景观大桥。桥梁总长180米，宽50米，为一座异形斜独塔组合梁特种斜拉桥，跨径组合为附跨60米，主跨120米，塔、墩、梁固结体系。采用双拉索承载形式。全桥共设置GJ15-12型拉索8对，GJ15-17型拉索8对，GJ15-25型拉索24对，见图6。

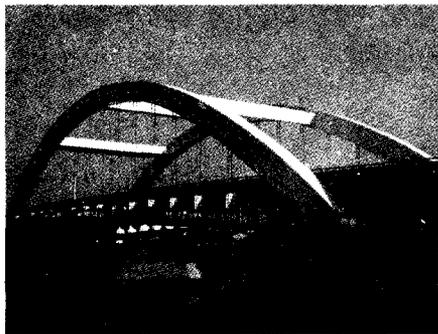


图5 长沙火星北路浏阳河大桥



图6 建设中的苏扬公路2号桥

#### 4 小结

钢绞线双拉索体系能有效改善桥梁拉索锚固区的受力，提高桥梁拉索的安全性。同时便于桥梁拉索安装施工、长期运营及拉索拆换。随着桥梁设计师对钢绞线双拉索体系认识的加深，该类型拉索将在桥梁建设中得到广泛应用。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准. GB50010-2002, 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 中华人民共和国行业标准. JTG D62-2004, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [3] 中华人民共和国行业标准. JTG D60-2004, 公路桥涵设计通用规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [4] 中华人民共和国行业标准. JTG B01-2003, 公路工程技术标准[S]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [5] 中华人民共和国行业推荐性标准. JTG/T J22-2008, 公路桥梁加固设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
- [6] 中华人民共和国行业推荐性标准. JTG/T J23-2008, 公路桥梁加固施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
- [7] 中华人民共和国国家标准. GB/T18365-2001, 斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件[S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2001.
- [8] 王文涛. 斜拉桥换索工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [9] 金增洪. 缆索支承桥梁[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [10] 裘伯永等. 桥梁工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.
- [11] 黄颖、朱万旭、杨帆, 等. 钢绞线整束挤压式拉索锚具抗滑性能的试验研究[C]. 第五届全国预应力结构理论与工程应用学术会议论文集, 2008中国昆明

## 简讯

# 欧维姆亮相BICES展会倍受关注

第十一届中国(北京)国际工程机械、建材机械及矿山机械展览与技术交流会(BICES 2011)于10月18日-10月21日在北京九华国际会展中心隆重举行,世界各大工程机械制造商汇聚一堂,纷纷向世人展示自己最新、最强的产品。欧维姆作为工程机械巨头柳工新成员第一次亮相BICES展会,引起行业关注。

在这次展会上,欧维姆以“汇聚人类智慧、预应世界力量”为主题,展示了30余种具有强大竞争力的产品,以丰富的工程业绩及扎实的专业技术得到参展者的一致好评。

欧维姆公司董事长郑津、总经理刘璇一行出

席会展并接受了新华网等媒体的采访。刘璇表示,欧维姆的愿景是成为预应力行业国内领先、国际知名的系统解决方案提供商。我们每一名欧维姆人都肩负着发展国家预应力行业民族产业的使命。

在为期4天的展会中,柳工集团欧维姆展台,以其别出心裁的展台设计、丰富而高技术含量的产品吸引了众多参展者的眼球,成为展会期间柳工集团的亮点。欧维姆公司作为国内领先、国际知名的预应力技术排头兵,在推广自身先进产品及技术的同时,还为广大群众普及了桥梁建筑方面的基础知识,深受广大参展者喜爱。

(许慧)