

OVM 平行钢绞线拉索 在岩石大桥工程的应用

唐明翰 李 义 李东平 孙长军

【摘 要】 由 OVM 公司开发研制的我国新一代拉索——OVM 平行钢绞线拉索体系,具有许多优点,是国内斜拉桥发展的新趋势,它已成功地在柳州四桥等五座桥梁中,并正用于施工中的岩石大桥,此项成果已获得建设部 1996 年科技进步二等奖。

关键词 斜拉桥 OVM 钢绞线拉索体系 等张力值 PE 总护管

一、前 言

1. 国内斜拉桥、斜拉索发展之现状

自 1975 年我国首座斜拉桥——云阳桥(主跨 75m)建成后,我国的斜拉桥有了迅速发展,跨度达到了 618m,桥宽达到了 8 个机动车道(主跨 599m 的徐浦桥),有混凝土结构,有结合梁结构,有结合梁与混凝土及钢梁与混凝土的混合梁结构;斜拉索有单索面,也有双索面。主跨 423m 的南浦桥开辟了我国斜拉桥的新纪元。主跨 602m 的杨浦桥曾一度是世界第一,正在施工的主梁为混合结构的武汉三桥和南京二桥,其主跨为 618m,即将开工的青州大桥主跨为 605m,如今我国的斜拉桥无论在设计还是施工上,均达到了世界先进水平。

我国斜拉桥建设前半时期中,斜拉索基本上都是平行钢丝索(P—W—S),且均在施工现场制索,机械化程度较低,索的防护结构也不够理想,值得一提的是 1978 年泖港桥(主跨 200m)建设时期,笔者等人研究发明了“冷铸锚”,由于其抗疲劳性能好,获得了国家发明奖,从而被此后我国建造的数十座斜拉桥几乎清一色地所采用。

1985 年广东九江大桥首次采用了(现场制作的)“热挤聚乙烯护套扭绞型钢丝索”,1988 年结合南浦大桥工程,成立了更正规的专业化制索工厂——浦江缆索厂,嗣后又出现了柳州 OVM 公司缆索厂等,为我国的斜拉桥提供了数万吨的这

种成品索——“热挤 PE 护套大节距扭绞型钢丝索”。

2. 现代普遍应用的成品索存在的问题

笔者曾负责过南浦、杨浦、横琴……多座大跨度斜拉桥的施工,也曾负责过现场制索,因此觉得在我国成立一个专业制索厂——浦江缆索厂很有必要。然而当后来在深化南浦大桥主桥施工方案时,竟又发现了这种“成品索”虽然避免了每座桥梁需有一个现场制索厂,索的质量也更有保障。然而又存在另外一些方面的问题。上述成品索系将各种原材料运至远离桥位的工厂加工而成。该工厂需有超索长即长达数百米的厂房和各种大型制索设备、起吊设备、水运码头和船只、陆运道路和车辆,以及若干直径 $\Phi 3m$,供周转使用的立式钢盘,使用后钢盘尚需带回工厂。

南浦大桥最长索长 225m,重 20 吨,需用 80kN 卷扬机以 8 倍率的提升力方可将张拉端锚具提至塔上索管下口,再用具有 1000kN 牵引力功能的千斤顶方可将该锚具穿出索管施上螺母,准备张拉。笔者深深感到上述成品索制索、运输、安装和张拉等全过程相当复杂,所用设备庞大,成本很高。因而研制一种安全可靠、施工简便、经久耐用、价格低廉的新型斜拉索,就成为我们桥梁工作者必须研究的新课题。

3. OVM 平行钢绞线拉索的产生

广西柳州 OVM 公司、上海基础公司、同济大

唐明翰 OVM 工程公司总工程师

李 义 OVM 公司 石大桥工程项目总指挥

李东平 孙长军 OVM 工程公司助工

学等单位的有关同志在缺乏国外资料的情况下,从 1990 年开始了我国新一代拉索(取名 OVM200 型拉索——用平行钢绞线作为索材的群锚拉索)体系的开发、研究、试验与应用工作。目前已成功地用于 1994 年建成的柳州市柳江四桥等五座斜拉桥,正在施工的主跨为 518m 的汕头市岩石大桥采用 OVM250 型拉索体系。

OVM200 型拉索研究成果在 1995 年 10 月于柳州召开的由建设部、交通部、铁道部从事桥梁科研、设计、施工的专家们组成的鉴定会上一致通过了鉴定。结论为“OVM200 型拉索体系的研究是成功的,技术先进的,它为我国提供了一种全新的拉索技术,有助于我国大跨度桥梁建设技术的发展,该成果填补了国内空白,技术属国内领先地位,在我国可推广使用。”

OVM 平行钢绞线拉索体系获得国家专利并获建设部 1996 年科技进步二等奖,它与国际上的 VSL、DSI、Freyssinet(已通车的主跨 865m 的法国诺曼底桥即采用此体系)等预应力公司各自开发并有各自专利的平行钢绞线拉索一样,已成为当今斜拉桥中最为流行的“现代斜拉索”。

二、OVM 平行钢绞线拉索的结构组成及工艺特点

1. 拉索体系组成

OVM 钢绞线拉索由两端的锚固段、隐埋在塔、梁内部的过渡及外露部分的中间段(索体)三部分组成。

锚固段中的锚具分为固定式和可调式(张拉端)两种,它们均可适用于塔上或梁上,为了灵活起见,一根拉索的上下端有时均采用可调式锚具。

无论张拉端还是固定端锚具中,夹片、锚板、支承筒、螺母是加工主要控制件,也是结构上的主要受力构件,故由合金钢加工而成。

2. 锚具结构(见图 1)

固定端+过渡段(一般组成为锚板、夹片、螺母、支承筒、密封装置、承压板、预埋管、减振装置、防松装置、粘结料或保护油脂、保护罩)。根据锚具组装件承受的应力大小,OVM200 型拉索锚具内一般灌注油脂或石蜡等无粘结料。OVM250 型拉索锚具内一般灌注粘结料,使粘结料和夹片共同承受载荷。

锚板、夹片设计时主要考虑如下参数:强度校

核及几何尺寸。强度校核主要是夹片夹紧强度,螺母及支承筒的螺纹强度,锚垫板和锚板强度校核。几何尺寸除了满足施工空间需要以外,夹片的锥度、齿形和粗细度均为其特殊性,这是 OVM 钢绞线拉索能有较高抗疲劳性能的秘诀。

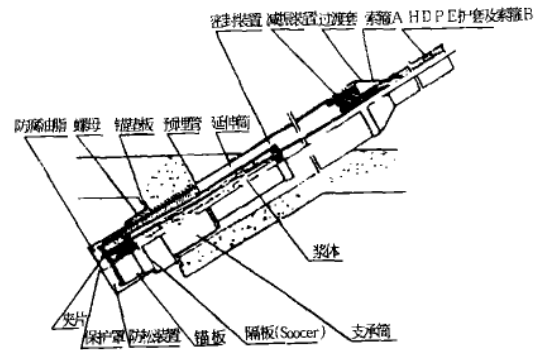


图 1 锚具组件结构图

支承筒、螺母在体系中起重力调节作用,防松装置是为防异常情况夹片松动而设置的,密封装置是为使该区域内裸露的绞线能得到有粘结料或无粘结料的充分保护而设置的,保护罩是为了保护锚板、夹片、防松装置及锚板外露钢绞线,使它们不易锈蚀而设置的。

过渡段由承压板(又叫锚垫板)、索导管(即预留管)及减振器三大部件构成。承压板和索导管一起将索力均匀地传给混凝土结构。减振装置将来自索的振动通过索导管传到坚硬的混凝土结构上,起到了减振作用。OVM 型拉索的特色之一就是减振装置吸取了以往的教训,在索导管中另加了一个校正管,校正管外径比索导管内径要小 1.5~4cm(各座桥有所不同,可根据设计具体确定),减振装置在校正管和拉索之间。这样,索的中心偏离预埋管中心 3~8cm 时,仍能较方便地安装减振装置。

张拉端+过渡段:其过渡段和固端过渡段结构相同。张拉端锚具结构和可调式固定端相仿,只是调节长度上有所区别,对于短索可在锚板外缘加工螺纹,配以螺母承压,中长索、长索的调整量(索长变化量)一般较大,而锚板厚度有限,因此需要用带支承筒的锚具,锚板位于支承筒顶面,支承筒依靠外面的螺母支承在承压板上。

3. 中间段

中间段系指索材及其防护层,可用做索材的

钢绞线通常是三种:

技术标准见表 1。

表 1 可做索材的钢绞线的技术标准

标准 项目	品种 标准号	无镀(涂)层钢绞线	镀锌钢绞线	环氧树脂钢绞线
		GB/T5224—1995	法 NF A35—035	日 JISG3536
公称直径 (mm)		Φ15.2	Φ15.2	Φ15.2
允差 (mm)		-0.4~+0.2		
公算截面积 (mm ²)		139	139	139
强度级别 σ_b (Mpa)		1860	1770	1770
破断力 F_b (KN)		259	246	246
屈强比		>0.85	>0.85	>0.85
松弛率 (0.7F _b /mh)		<2.5	<2.5	<2.5
延伸率 (%)		>3.5	>3.5	>3.5
锌层重量 (g/m ²)			190~350	
锌层厚度 (mm)			0.027~0.05	
喷涂标准外径(mm)				Φ16.1

至于钢绞线的防护,一般来说,OVM 平行钢绞线拉索索材采用以下防护形式:

(1) 单根钢绞线三层防护

a. 采用镀锌钢绞线或环氧涂层钢绞线; b. 钢绞线涂蜡类或油脂; c. 热挤 PE 护套,有单层,也有双层。

(2) 拉索整体防护有以下几种形式

a. 对整索用 PE 总管保护,这种 PE 总管可以是全圆整条,还可以是哈大式的; b. 在全圆总管内填充填料; c. 整索外包玻璃钢; d. 整索外包不锈钢。根据工程环境和综合造价的许可,可选择上述各种组合进行防护。

4. 制索工艺

- 上、下端锚具安装;
- 单根钢绞线无应力下料;
- 单根钢绞线挂索,用手提式千斤顶及等张拉力法进行单根张拉;
- 安装减振装置;
- 整体张拉到设计索力;
- 进行索的防护处理。

三、OVM 平行钢绞线拉索的技术性能

1. 拉索体系的研制

(1) 拉索的力学参数

OVM 钢绞线拉索计有 200 型和 250 型两种体系。

前者锚具系按上限荷载为 $0.4\sigma_b$, 应力幅 200MPa, 能经受 200 万次疲劳试验而设计的, 为无粘结锚具, 200 型拉索已成功地在柳州壶西大桥等四座桥梁中, 运营两年多来情况良好。

后者锚具系按上限荷载为 $0.45\sigma_b$, 应力幅 250MPa 能经受 200 万次疲劳试验而设计的, 为有粘结锚具, 正用于施工中的岩石大桥。

(2) OVM250 型锚具与冷铸锚的比较

OVM250 型锚具与“冷铸锚”既有相似之处又有不同之处。两者均有外周为“T”型螺纹内腔为锥形孔的锚杯, 均靠大螺母永久性地支承在锚垫板上, 冷铸锚锚杯前端即有一不太厚的球面锚板, 且与杯孔间有约一毫米的间隙, 钢丝从锚杯、锚板穿出后, 加以锚头, 靠锚头支承在锚板上, 杯内及锚板后的环氧树脂钢球系在制索工厂(早期在现场)的振动台上“冷铸”, 拉索静力破断试验表明“由于钢球支承拱的作用, 锚板外有意未作锚头的外露钢丝在索体钢丝全部破断后也未产生丝毫滑动。”OVM250 型锚具中的锚板是支承在锚杯前端面, 锚杯中的环氧砂浆压注工作在锚具受荷后进行, 随着压注的时间不同, 夹片与浆体在受力分配方面也有所不同。若在单根拉索张拉后或施工中期进行压注, 则浆体承受部分恒载和全部动载, 若成桥后运营前进行压注, 则全部恒载是由夹片承受, 而全部动载是由浆体承受, 试验表明 250 型锚

具都能满足上述要求。

(3) 拉索的研制过程

OVM 平行钢绞线拉索从 90 年开始研制和应用。在研制过程中做了很多试验,如钢绞线拉索夹片选定型试验,钢绞线拉索体系锚具静载试验,注浆与不注浆锚头拉索群锚动载试验,群锚拉索疲劳试验,钢绞线拉索锚具组装件动载试验后静载试验,平行钢绞线拉索低应力状态下的动载试验,不同环境温度下的环氧砂浆配比研制及其对钢绞线的握裹力试验,以及环氧砂浆的压注工艺试验等。所有这些试验最终都取得了令人满意的成果。特别值得一提的是,笔者等人为了慎重起见,在柳州 OVM 总公司厂区内作了施工工艺模拟试验,如今试验索、试验塔仍然挺立在 OVM 厂区内。

2. OVM 型钢绞线拉索体系的技术性能

拉索两端的群锚锚具其锚固效率系数 $\eta_A > 0.95$ 。

锚具及拉索的组装件在应力上限为 $0.45\sigma_b$, 应力幅为 200MPa 的情况下,经 200 万次疲劳试验后,锚具及索体绞线均完好无损,符合国际预应力协会(FIB)《后张预应力体系的验收和应用建议》(1991)及国家标准(GB/T14370—93)《预应力筋用锚具和连接器》中的有关要求。

GB、BS、ASTM 各种标准,各种强度等级,各种直径($\Phi 15$ 、 $\Phi 15.24$ 、 $\Phi 15.7$ mm)的低松弛钢绞线均可作为本体系的索体材料。

索体可采用 2.2~2.5 倍设计荷载的强度安全系数,我国斜拉桥设计采用 2.5 的安全系数,岩石大桥和国外许多桥梁均采用 2.2 的安全系数。据国外资料,当安全系数因索材损坏降低到 1.8 时,要考虑换索。

拉索的应力幅 200~250MPa。

锚具的原型 OVM 锚具经新加坡“标准与工业研究院(SISIR)检测中心“按国际 EIB”和英国“BS4447”标准检测合格准许并已进入国际市场。

四、OVM 拉索的特点(与成品索比较)

1. 索体材料和锚具可零星地在斜拉索的“索位”处简便地直接组装成索,制索与初张拉合而为一,因而无需庞大的制索厂,不再有整索制作、运输和安装的困难。

2. 该索施工工艺简便,设备轻巧。

3. 该索采用多层防护,其耐久性亦即使用年限将远超过其它类型拉索。

4. 对于无粘结(锚具、索体)的索,可随意且轻便地抽换已锈蚀的钢绞线,且不影响正常的交通,对于有粘结(锚具、索体)的索可采用将余留段绞线接长的方法,然后放松进行整体换索。

5. 索中绞线不再直接挤在一起,由各自的 HDPE 护套相互隔离,从而大大提高了振动时的内部阻尼系数。

6. “成品索”在桥梁投入运营前即最终索力调整后,其张拉端螺母常设计成处于锚杯半高度处,然而由于众多钢丝弹性模量波动,首先影响了索长计算的正确性,此后又加上了制索时的下料误差,塔梁的施工误差,塔柱的压缩,梁体实际挠度与计算的值的不吻合性以及张拉的不同步、不对称性等多种因素命名许多斜拉桥施工中部分长索的设计索长与设计不符,常出现原设计的锚杯高度不够,不得不在螺母与承压板之间垫上一叠厚厚的“哈夫”垫圈。这不利于索的安全使用。平行钢绞线由于是逐根穿挂,逐根张拉和锚固,因而不会受到索长计算及上述偏差的影响。

7. 单根拉索的设计索力“大小由之”绞线根数可在 7~127 根中选择。

8. 特大跨径的斜拉桥或超大吨位的斜拉索采用引种拉索,其优越性更加突出。

9. OVM 型拉索经济效益显著。(据最新统计,总造价可降低 12~18%)

五、OVM 平行钢绞线拉索的施工工艺

OVM 平行钢绞线拉索 200 型和 250 型的施工工艺在外防护安装的工艺差异不大,其主要工艺是:下料、锚具安装、单根穿索张拉、整体张拉、调索(根据设计需要进行)。下面就以正在施工中的岩石大桥为例介绍 OVM 平行钢绞线拉索的施工工艺。

1 岩石大桥工程概况

岩石大桥位于汕头市区南部,跨海连接达濠与市区,是交通的主要干道。由于位于海边,多雨、多台风。对施工有很大的影响,也对施工提出了很高的要求。

岩石大桥主桥为双塔双索面混合结构斜拉桥,总长 906m,其跨径布置为 47+47+100+518+100+47+47(m),其中 47m 跨径的梁体为混

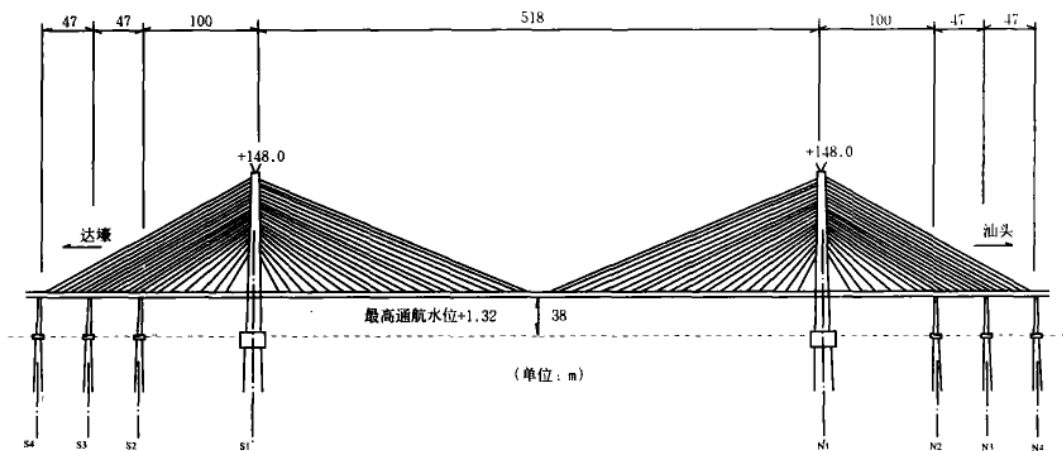
土结构,其余为钢结构,桥面设 6 个机动车道,全宽 30.35m,通航净空 38m。

塔柱为钻石型钢筋混凝土结构,全高 148.00m,肢体和上下横梁均为箱型断面;塔柱顺横桥向均为变断面尺寸。上塔柱为锚固段,塔内空间尺寸,顺桥向:3.00~3.80m;横桥向:1.80~2.33m。

全桥共有箱梁 63 个节段,梁高 3m,其中 50 个标准节段,长均为 12m,每节段重 144.3~156.8t。钢主梁为开口箱梁,其横截面积由中间的横梁,两侧的箱梁及外悬挑梁构成,五块件之间以及相邻节段箱梁之间采用高强螺栓连接。

就每座塔看,20 对斜拉索呈扇形布置,为空间索,横桥向索距 25.15m,钢梁部分标准索距为

12m,混凝土梁部分索距为 7m,塔上索距分别为 2.5、3、4m,水平夹角 $23^{\circ}\sim 68^{\circ}$,索的布置及桥形见主桥立面布置图(图 2)。斜拉桥索采用柳州欧维姆公司研究开发的 OVM250 型平行钢绞线拉索,两端为灌注环氧砂浆的拉索群锚,索材为英国进口带 PE 护套的低松弛镀锌钢绞线,强度等级为 1770MPa,整索外再套以 HDPE 管。根据索力的大小,岩石大桥斜拉索绞线根数共有 7 种规格,分别是 19, 22, 27, 31, 34, 37, 43 根,最短的索长为 59.34m,最长的索长为 272.55m,索的总重量约 950t,上端锚于塔的内壁;下端锚于箱梁两侧的斜底板上,单根张拉及整体张拉均在塔内进行。



(单位:m)

图 2 岩石大桥主桥总体布置图

平行钢绞线拉索施工的机具和设备性能见表 2~表 4。

表 2 YDCS160 型千斤顶

公称张拉力	kN	160
公称油压	MPa	50
张拉活塞面积	m^2	3.23×10^{-3}
回程活塞面积	m^2	1.88×10^{-3}
穿心孔直径	mm	$\Phi 18$
张拉行程	mm	150 ± 5
配用油泵	型号	ZB4-500
外形尺寸	mm	$\Phi 85 \times 480$
质量	kg	14

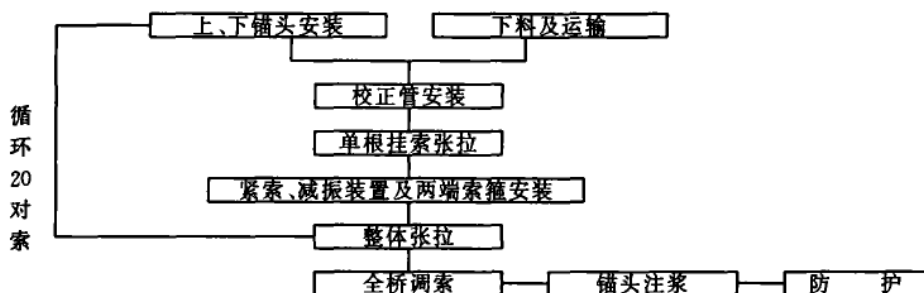
表 3 YDCS5550 型千斤顶

公称张拉力	kN	5500	穿心孔径	mm	280
公称油压	MPa	50	张拉行程	mm	100
张拉活塞面积	m ²	1.159×10^{-1}	配用油泵	型号	ZB4-500
回程活塞面积	m ²	5.781×10^{-2}	质量	kg	426
外形尺寸	×560×Φ280×360				

表 4 BHRF 测力传感器

测量范围	分辨率	灵敏度	安全过载	外形尺寸	质量
0~120kN	100N	2.0%	20% FS	70×Φ42	0.5kg

2. 岩石大桥平行钢绞线拉索工艺流程



3. 牵引系统的考虑

(1) 以往的成品索由于锚头和索在制索过程中就固结在一起,这就使得在施工中可以利用冷铸锚的内螺纹和加工有外螺纹的连接杆进行牵引,而 OVM 平行钢绞线拉索在施工中要逐根将钢绞线牵引出两端锚具。在没有资料可查的情况下,根据笔者等人的思路,现柳州欧维姆公司已研制出两种专用牵引夹具(CS5 穿束器和 CKQ8 穿孔器),用来牵引单根钢绞线。

(2) 以往的成品索施工,大都是将拉索穿入梁端,然后借助大型起重设备和辅助牵引系统进行塔端穿索,而平行钢绞线拉索由于具有轻、巧、灵的特点,可以先穿梁端,也可先穿塔端。岩石大桥先穿梁端,然后利用卷扬机系统将钢绞提升至塔外索管处,最后利用塔内牵引系统将钢绞线牵引出锚板孔满足工作长度;也可直接利用塔内牵引系统将钢绞线从桥面引入塔内。

(3) 为了节省卷扬机钢丝绳上下运行时间,提高效率,卷扬机上采用无绳端循环钢丝绳。

(4) 岩石大桥穿索牵引力 8kN 力考虑,牵引力的大小将影响钢绞线的下料长度,这一点将在

下料工艺中谈到。

4. 下料

(1) 下料长度计算

下料长度计算主要包含两方面的内容,一是钢绞线切断长度,二是钢绞线两端的 PE 剥除长度。因为岩石大桥锚具内采用粘结料,所以两者相比,后者尤其重要。因为如果钢绞线两端剥 PE 太长,将有可能使钢绞线端头裸露部分因不能伸入锚具密封筒内而得不到保护,如果钢绞线两端剥 PE 太短,则可能使带 PE 护套的钢绞线段进入支承筒内过多,使得支承筒内裸露钢绞线太短,达不到应有的握裹力。

下料长度按下式进行计算:

$$\text{下料长度为: } L = L_0 + L_1 + A_1 + A_2 + L_2 + L_3 + L_4 + 5(\text{cm})$$

式中 L_0 ——张拉端、固定端锚垫板底面之间的距离(由设计提供);

A_1 ——固定端锚具厚度(锚垫板的以外部分);

A_2 ——张拉端锚具厚度(锚垫板的以外部分);

- L_1 ——固定端余留长度;
 L_2 ——张拉端工作长度;
 L_3 ——垂度影响长度;
 L_4 ——塔梁施工误差的影响长度(根据实测结果);
 5cm——富余量。

其中,垂度影响随牵引力不同而不同,岩石大桥按 800kg 牵引力考虑,垂度影响长度在 2.3~2.4mm 之间。两端 HDPE 护套剥除长度;

$$\text{固定端 } L_{\text{固}} = L_1 + A - L_5 + 5(\text{cm})$$

$$\text{张拉端 } L_{\text{张}} = L_2 + L_3 + L_4 + A + \Delta L - L_5 + 5(\text{cm})$$

式中

- A——锚具组件总长;
 ΔL ——该索张拉伸长值;
 L_5 ——HDPE 护套进入锚具内的长度。

预先对全部斜拉索列表计算无应力下料长度,可不考虑温度影响,校核无误后供下料人员执行。

(2)下料场地

在施工初期,桥面长度不够,必须在地面下料。随着架梁的进行,桥面越来越长,此时可考虑在桥面进行下料;由于岩石大桥地处海湾,又在台风季节施工,故全部在地面下料。

(3)下料工艺

下料按如下顺序进行:长度丈量→断料→剥除 PE→裸露钢绞线清洗→按牵引要求长度切除钢绞线周围 6 丝,留下中心丝→中心丝镦头→成盘→运至桥面。

为防止钢绞线直接在地面拖动而磨损 PE 护套,岩石大桥钢绞线的放线与成盘均在架空的辊轴上进行,有效的防止了 PE 磨损。

长度丈量进可不考虑温度影响,但需专人严格复测。

裸露钢绞线外表的油性蜡要清洗干净,否则将影响环氧砂浆对钢绞线的握裹力。

5. 锚具安装

锚具安装采用小型机具进行安装,本文不再叙述,着重提一下锚具安装要求:

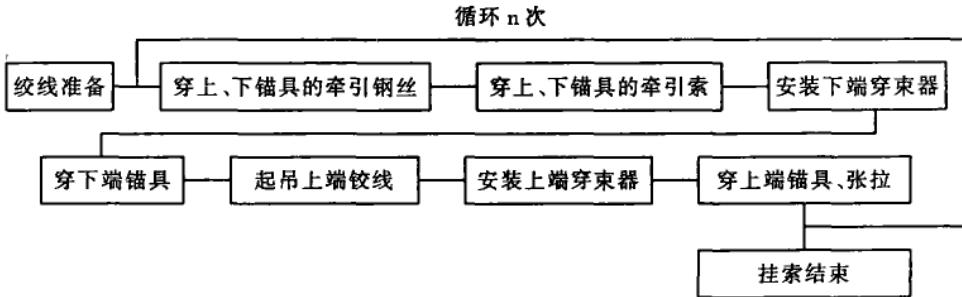
(1)各种规格的锚具的锚孔应事先编上孔号,注意注浆孔在下,排气孔在上;

(2)锚板的中心线与承压板(锚垫板)的中心线力求一致;

(3)上、下锚板的相应锚孔必须相互对齐,以确保各钢绞线的平行性。

6. 单根钢绞线穿挂、张拉

挂索工艺流程如下:



单根挂索工艺见图 3。

单根索力均匀性是平行钢绞线拉索施工中的关键,一般采用如下三种控制方法:

(1)复拉法——是采用多次循环张拉,使每根钢绞线索力趋向于均匀;

(2)等引伸量法——是通过严格控制每根钢绞线伸长值,使之在数值上完全一致的控制方法,这种方法由于受测量误差和索材材质不匀影响较大。

(3)等张拉力法——挂索时将测力传感器装

在首根穿挂的钢绞线上,以后即每根钢绞线的张拉力以当时测力传感器显示值进行控制。这种方法简便易行,且已在国外广泛采用,岩石大桥也采用此控制方法。

7. 紧索、安装减振装置和索箍

由于岩石大桥斜拉索按钢绞线根数分为七种规格,其中仅 19 根和 37 根的索断面为正六边,其余所有减振装置和索箍为达到良好紧固效果在该截面处也应变为正六边形,因此在安装减振装置

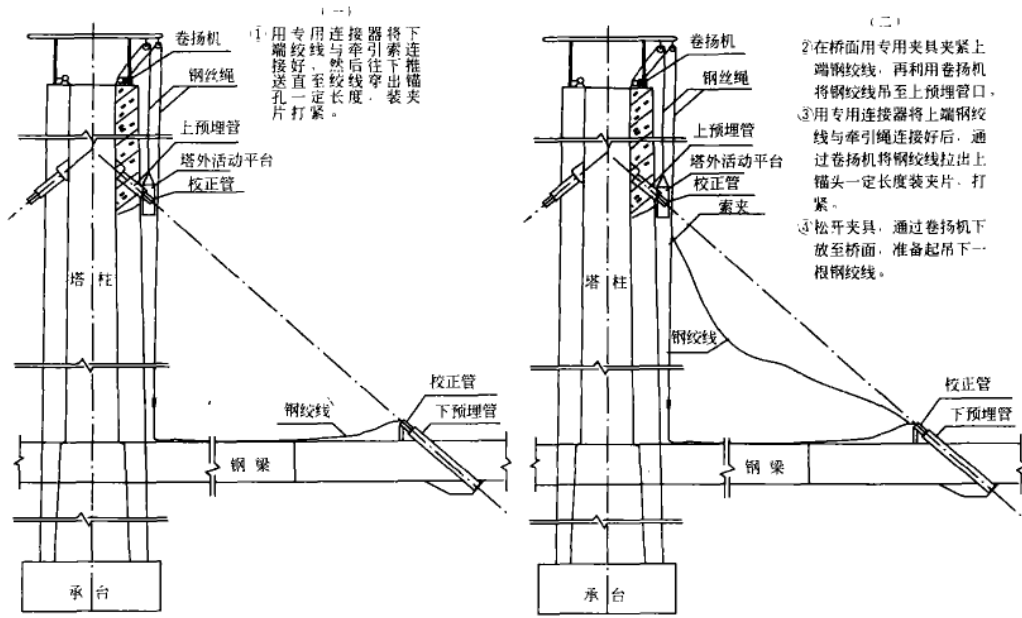


图 3 岩石大桥单根挂索工艺示意图

和索箍时要填充部分假索。

8. 切除多余钢绞线时预留一定长度,供今后钢绞线接长换索之用。岩石大桥张拉端(塔内)锚板外裸绞线长度为 20cm,固定端为 30cm。

岩石大桥夹片防松装置为单根独立式的,即每付夹片处有一紧固螺栓可独立地顶紧该付夹片,安装时,要保证每付夹片均被紧固螺栓压紧。每次调索完后要重新紧固一次。

9. 用整体张拉千斤顶张拉到设计索力

岩石大桥整体张拉时按梁设计标高和索力进行控制,每一段梁 2 根索张拉时应力求同步,相互呼应,分级加载,级差控制在设计允许范围内。

10. 锚头灌浆

锚头内部灌注环氧砂浆承受动载和部分恒载,浆体是由五种材料严格配制而成,均事先按锚杯容积秤量分装,使用时将各种材料投入强制式搅拌机,拌匀后用液压泵压入,待浆液全部压完,并且排气孔也已溢浆时证明已灌注饱满,保护罩内灌注建筑油脂对裸露钢绞线和夹片、锚板进行防护。

11. 索材 PE 总护管安装

笔者同柳州欧维公司、大桥局设计院一起对国内外目前采用的斜拉索防护层进行了广泛的考察和分析,曾考虑过用单层 PE 总管和双层中空 PE 总管两种方案。后来,从防护效果,经济指标多个方面进行了论证,最终采用双层中空 PE 总管。岩石大桥 PE 总管 6cm 一段,为双层“哈夫”扣结式,

其断面见图 4。岩石大桥 PE 总管共有三种规格,分别是 160/132 × 4/7/3mm, 196/170 × 4/6/3mm 和 226/195 × 5/6/4mm。在安装 PE 总护管前,每隔 3m 用一道不锈钢索箍将索箍紧。索箍安装工艺和 PE 总管安装工艺见图 5 和图 6。

岩石大桥主桥南北两岸均已边跨台龙,分别安装了七对斜拉索,钢箱梁与斜拉索的安装可做到三天一周期,预计 9 月中旬中孔合成,合成将进行锚头灌浆和 PE 总管的安装工作。

六、结束语

平行钢绞线拉索已有国外成功的经验,在国内也经多次成功应用。且在弹性索、体外索加固,大跨度结构的领域逐步推广。OVM 平行钢绞线拉索的研制成功,在国内处领先地位,填补了国内空白,在经济效益、施工控制、施工适应性、防腐性能、换索可行性等方面,有其独特的优点。

随着经济的发展,我国跨海大跨径的斜拉桥已成为热门的工程项目,OVM 平行钢绞线拉索的研制成功,使桥梁设计者和建设者在选择方案时多了一条新思路,在建设特大跨径的斜拉桥时,具有不可替代的优势。

98 年 7 月 21 日~22 日在汕头召开的岩石大桥专家交流会上,与会专家对该拉索体系给予了高度评价,一致认为这将是我国斜拉索大发展的一种新趋势。OVM 平行钢绞线拉索与国外相比尚不够十分完善,尚需不断改进提高。

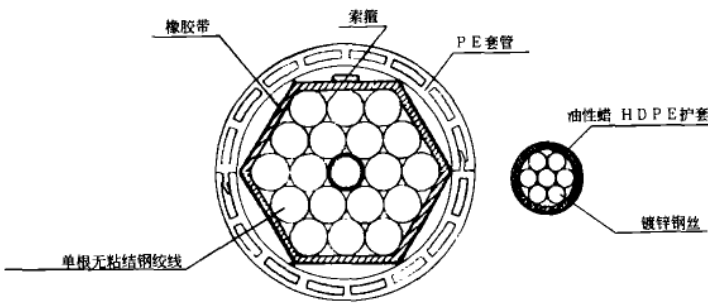


图 4 斜拉索 PE 套管及索断面图

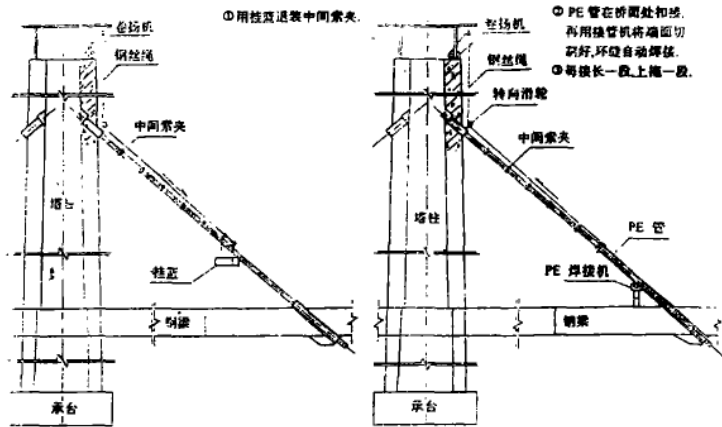


图 5 岩石大桥斜拉索索管安装图

图 6 岩石大桥斜拉索 PE 套管安装图

参考文献

- 1 美国. 斜拉索设计, 试验与安装条例
- 2 小川克美、田中德夫. 汲水门桥设计制作大家. Kap shui Mun Bridge
- 3 公路斜拉桥设计规范(试行). JTJ027-96
- 4 《现代斜拉索》唐明翰、李义著

(上接第 5 页) 准调整索力, 旋紧螺母, 以锁定索力。

7. 防护处理: 截去多余的钢绞线外露段, 向锚腔内压注防腐介质(要求压注得密实), 对钢绞线外露段做防护处理后, 安装保护罩。为改善斜拉索体的防护性能, 在索体外套装 HDPE“哈弗”管。

六、OVM 型平行钢绞线斜拉索体系的国内工程应用实例

1. 广西柳州市壶西大桥: 该桥主跨 $2 \times 125\text{m}$, 独塔双索面混凝土结构斜拉桥, 采用 19 孔和 37 孔 $\Phi 15.24, 1860\text{MPa}$ 级双层 PE 防护钢绞线组成斜拉索。

2. 湖南省衡阳市湘江大桥: 该桥位于衡山县,

跨越湘江, 主跨 $2 \times 90\text{m}$, 三塔斜拉桥, 采用 OVM200-19 型平行钢绞线斜拉索体系。

3. 浙江省金华市金婺大桥: 主跨 $2 \times 125\text{m}$, 独塔单索面混凝土结构斜拉桥。9 对斜拉索为 OVM200-109 型钢绞线斜拉索体系, 该拉索为当今世界索径最大的斜拉索。

4. 广东省汕头市岩石大桥: 该工程的二项新技术之一即是采用平行钢绞线斜拉索体系。

七、结论

综合上述, 证明 OVM 型平行钢绞线斜拉索体系在斜拉桥施工技术中处于先进之列, 工艺完善, 填补了国内空白。与国外现有的同类技术相比, 成为当今斜拉桥中具代表性的“现代斜拉索”。