

了热处理分厂。实践证明,搞好资产重组和盘活,适时因厂制宜地组建多种所有制形式的企业,就可以进一步拓宽生产服务领域,求得较好的经济效益。

#### 5、加强市场开拓

为促进企业快速发展,我们制定了开拓市场的两个战略目标:一是生产更好更适销对路的产品,努力占领国内市场;二是敢于与世界竞争强手进行较量,去努力抢占国外市场。现在这两个目标,已经或正在实现,国内市场占有率已达50%以上。OVM锚固系列及其派生预应力产品,已成为上海两座斜拉桥、东方明珠广播电视塔、广东虎门特大型悬索桥、北京西客站和北京机场现代化的四机库等重大建设工程的首选或必选用的产品。还开始打入越南、日本、新加坡和港澳等地市场。近两年来,仅在越南市场,出口额就达214.2万美元。

6、加强物质文明建设同时,加强党建工作和精神文明建设,按照上级统一部署,结合企业实际,加强党员和全体职工教育,积极开展“三会一课”、“三严四自”、“创先争优”和“四有三热爱”等学习活动,收到了良好效果。1985年以来,有96人向党组织递交了入党申请书,有57人已获批准入党。特别是1995年,通过组织向优秀共产党员黄是勇同志学习后,在党员模范行动的带动下,企业进一步形成了积极向上的浓重氛围,为促进物质文明建设创造了很好条件。

1997年7月25日,柳州市委党建工作队,在全面具体地考核我企业党建工作和领导班子后指出:

1、党建工作机构健全,建有制度、活动正常、成绩显著,常委发挥政治核心作用,但还存在责任区不明晰,考核刚性指标不明显等不足。

2、厂行政领导班子团结协作,勇于开拓,善于经营,效益显著,积极探索符合实际具有建机厂特色的发展道路,但还存在着基础管理不够扎实,调动职工积极性的广度和深度不够等方面的问题。

3、企业近几年财务审计情况,结论是:“会计报表符合《企业会计制度》的规定,可以反映企业本年度财务状况,经营成果和资金变动情况,有关会计情况处理方法前后一致”,“在财务管理方面,经审计核实,企业财务核算资料真实,财务核算基本规范,未发现重大违规现象”。

对我们班子的考核评价是:“敬业奉献精神好”。同时,对我们班子的每个成员,都一一作了公正和鼓励性的良好评价。

### 三、企业在发展中的问题

目前还存在管理跟不上形势发展的需要及国有企业与合资企业管理上的混岗运作等不足,使一些职工观念上产生模糊意识,对混岗管理要进一步进行剥离,以便更明晰产权和加强科学管理。

\*\*\*\*\*

(上接25页)境相适应的钢材”,即碳(纤维),将决定于它们的(价格/功能)比值,目前钢与碳之间的这个比值的比例约为1:4。但在另一方面,碳具有比钢更良好的(重量/强度)比值,以及更高的劲度和抗腐蚀能力。

#### 8. 参考文献

[1]Jungwirth, D: Anforderungen an Schraegeile im internationalen Wettbewerb; Betonmag

Hamburg, 1995 and off print in English.

[2]PTI - Recommendation 1993, stay cables, under revision.

[3]Nürnberg, U.: Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen; Bauverlag1995.

[4]FIP - Notes 1991/4, Galvanization of prestressing steels.

以上译自:1997年7月1日~5日,里斯本“结构工程新技术”国际学术交流会议论

# 斜拉索的耐久性及其改进

D. JUNGWIRTH

prof. Dr. Ing.

王国敏译

**内容摘要** 钢筋混凝土结构的斜拉索具有高度的可挠性。斜拉索的永久有效性可以得到解决。它们必须满足的强度、疲劳强度以及防腐的要求各有不同,因而价格也不一样。本文介绍它们的弱点与改进,以求取得统一的评价标准。

## 1. 引言

斜拉索是将连续支承的轻量柔性长跨梁体上的外力传递给桥塔的最佳结构体系。采用具有牵索的自由伸臂法来施工的结构物在转变到它的完工状态后不会有很大结构体系的改变。因而跨度在500m以下的混凝土梁以及跨度在900m以下的钢结构梁可以经济地以及耐久地用上斜拉索<sup>[1]</sup>。

斜拉索是结构物在美学上的最重要构件。使用预应力混凝土结构的受拉构件与常规钢结构的斜索相比设置有新的标准。

根据模量原理(Modular principle),这些斜索可以采用任何一种预应力钢材来施工,无论是带有PE管或钢套管,采用压注水泥浆及树脂来作防护腐蚀或者是各自(单根)保护的钢材。以上这些发展大致已经完成。实际的情况以及某些改进措施的细节将在下面叙述,以得到统一的评价标准。

本文将不讨论钢结构所用的圆形索股以及DIN18800, 1的螺旋式与平行钢丝索。

## 2. 实际情况

### 2.1 锚固区部分

基本上存在有两种形式。

如图1所示的仅带有疲劳强度特别高的锚楔的斜拉索,这种方法在需要的地方可以单根张拉与更换。它易于安装、价格不贵。它在支承

性能和防护腐蚀方面都较简洁。

另一种形式是图2所示的锚头具有粘结的斜拉索。这种型式有一部分的拉力(通常约为活载的50%,见第5章)是通过粘结力传递给锚头,而锚头本身将它的荷载直接传递给桥塔与上部结构(梁体)。这种方法在支承性能和防护腐蚀方面是具有多余的装置。这就是,如果一个支承装置破坏后,锚楔与索力仍可由粘结力来锚固住;或者当一种防护腐蚀的体系失效后,其第二种或第三种防护体系即起作用。另外,它还能提供防火和防护野蛮的(Vandalism)损坏。这种斜拉索比较贵,但是它能单根或成束地张拉。只能整索一起更换。在地震时或作用有冲击(撞击)荷载时锚楔没有被破坏的危险。

两种方法的受挠结构物通常结合橡胶支座都具有制振阴尼效果。

在鞍座发生偏斜歪挠时,对锚头必须作相似的考虑。

### 2.2 自由长度部分

在斜索的自由长度部分(非锚固区部分)可以有多种多样的防护腐蚀的方法。如图3所示的图阵显示出许多种可能的保护方式。各种方式的特点可用材料的价格与其作用的大小比值来表示。预制的工业生产设施具有高质量的防护能力。装配方法将会影响价格的高低。根据钢索索股或整束地工厂预制的斜索绕置在展索的轴

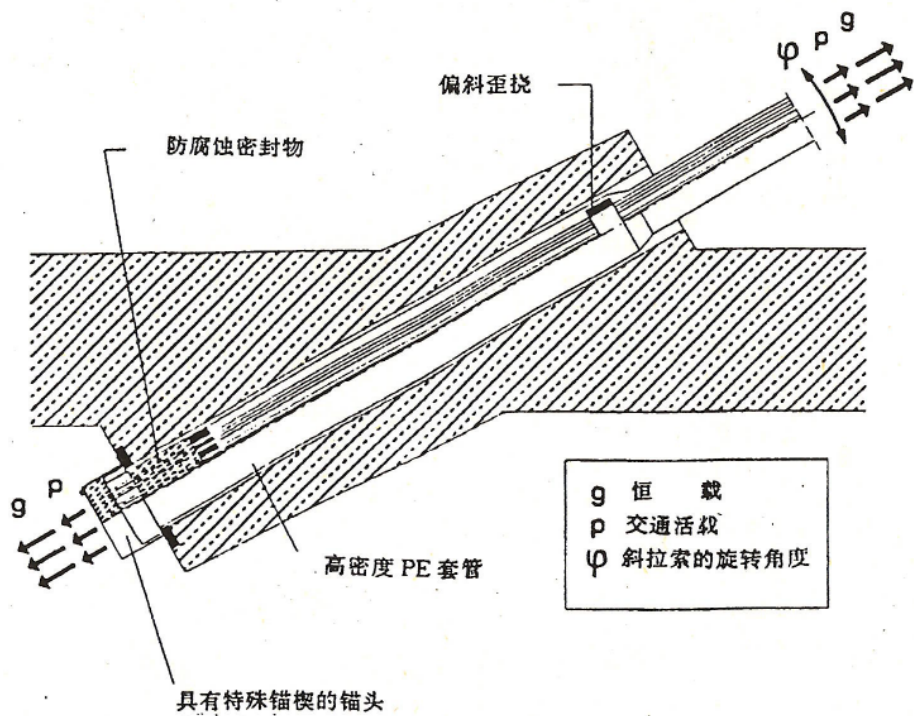


图 1 具有特殊锚楔的锚头

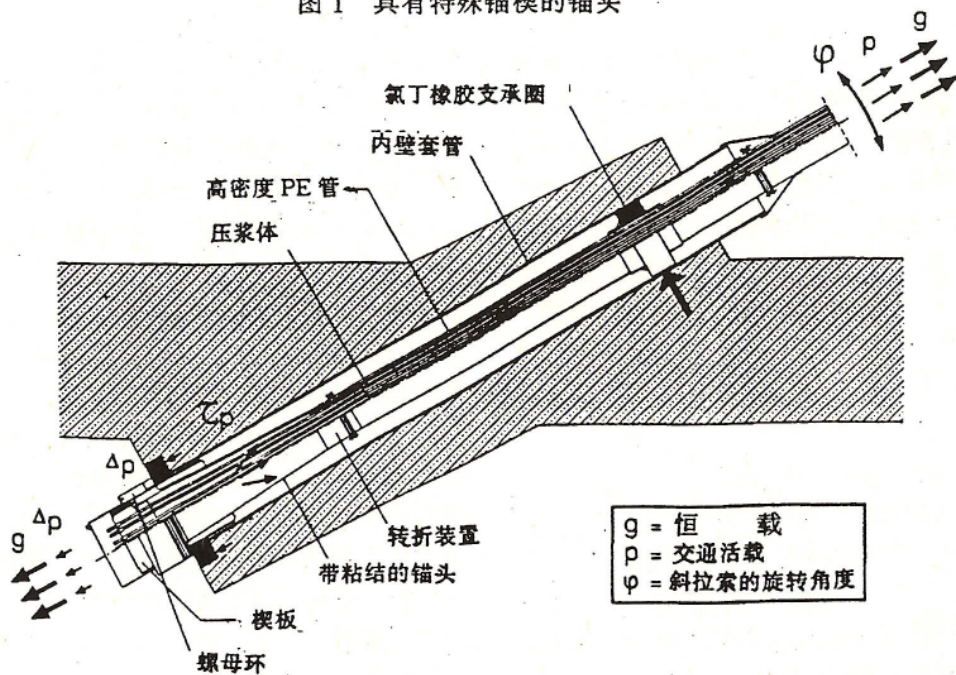


图 2 成股的斜拉索, 具有粘结的锚头

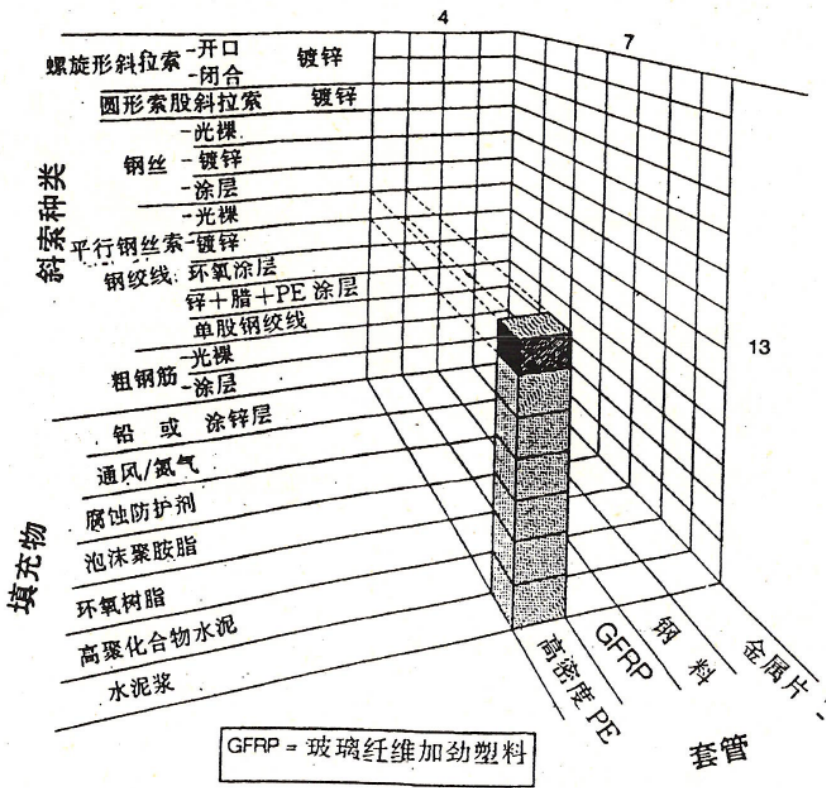


图3 腐蚀防护体系的组成, 共有 $4 \times 7 \times 13$ 种组合

筒上, 然后运到工地展开的, 采用或拉入或推进, 或单股或整束地来进行安装<sup>[1]</sup>。由于风压、噪音以及抗风动力性能等因素, 斜拉索的套管可以用两个半圆形的管壳或Sruton氏的螺旋管来进行安装。必须考虑各种不同的参数与振动的原因。同时还必须计划设计减振(阻尼)装置, 然而这种装置很少需要, 因为所用的斜拉索本身就较重, 并且具有高度固有的与内在的阻尼性能<sup>[1]</sup>。

### 3. 单根用的与成束用的千斤顶

由于每根斜拉索的拉力可达到15,000kN, 对整束施加预应力必须要备有需要较大操作空间的昂贵的千斤顶。因而, 可以使用单根用的小千斤顶来对整束斜拉索中每根直线的平行索股(钢绞线)进行单独张拉(施加预应力)。在这种情况下, 用计算方法或合适的张拉方法可以保证各根索股(钢绞线)在张拉过程的最终阶段取得与温度无关的相同的拉力。众所周知, 对第一

(批)索股(钢绞线)必须比最后一批施加更多一些的张拉力, 这是因为先张拉的会受后张拉的影响, 逐渐因受压缩变形而减小其原有的张拉力。ISO张拉法在测得先张拉索股(钢绞线)的应力后, 根据其应力的连续变化(减小)来对后张拉的各索股(钢绞线)决定其该施加预应力值。根据先张拉的应力利用油压滚轴来决定后张拉的应力可以取得同样的效果。

当前后两种千斤顶中的压力相等时, 张拉过程自动停止。即使各索股因单独张拉而产生应力不均的影响, 为了校正应力的梯度, 重要的是要有一个能张拉整束斜拉索的千斤顶。否则锚头中的楔块可能会咬伤斜拉索的自由长度。

### 4. 防护腐蚀

最近“PTI—建议”正在作修订<sup>[2]</sup>, 在这种建议中将建立标准。其中最重要的是耐久性问题, 因而涉及对防护腐蚀的要求。虽然斜拉索可

表1 各种多重防腐体系的比较

香港汲水门桥的斜拉索			比较		
自由长度部分 (1)	粘结锚头部分 图2 (2)	镀锌钢丝 压注水泥浆 (3)	与(3)相似,但改用压注环氧树脂 (4)	常规的 预应力混凝土 (5)	常规的压注水泥浆 的斜拉索,例如南 韩的奥林匹克大桥 (6)
锌层厚度 > 40 μ	锌层厚度 > 40 μ	一般锌层厚度 > 40 μ, 局部只有 20 μ	锌层厚度 > 40 μ	几mm的水泥浆	1cm的水泥浆 (裂缝 < 0.05mm)
1.5mm的PE层	环氧树脂砂 (epoxy-sand)	1cm的水泥浆 (裂缝 < 0.05mm)	1cm的的环氧/砂 (裂缝 < 0.05mm)	特殊套管, 0.3mm (不紧贴)	厚度大于10mm的 高密度PE套管
双重不紧贴的套管	厚度 > 10mm的钢板	厚度大于10mm 的高密度PE管	厚度大于10mm 的高密度的PE管	4cm混凝土保护层 (裂缝 < 0.10mm)	
粗略的评价有以下一些评分					
锌 1.5	锌 1.5	50%的锌层 1.25	常规锌层 1.5	金属套管 1.01	
腊 1.1	环氧/砂 1.2	1cm水泥浆 1.40	环氧/砂 1.2	几mm的水泥浆 1.05	1cm的水泥浆 1.40
1.5mm	10mm的钢板 2.0	10mm高密度PE1.30	10mm高密度PE1.3	4cm开裂混凝土 1.20	10mm高密度PE1.30
在大气中风干 0.8	在大气中风干 1.0	在桥塔中风干 1.00	在桥塔中风干 1.0	在大气中风干 0.80	在大气中风干 0.80
总分*	3.6	2.3	2.34	- 1.0	1.50
最终得分 4.5- 4 = 0.5	5.7- 4 = 1.7	4.95- 4 = 0.95	5.0- 4 = 1.0	4.06- 4 = 0.06	3.5- 3 = 0.5
较佳	最佳	介于较佳与最佳之间	介于较佳与最佳之间	正常标准, 良好	较佳

\*译注, 分值来源不明

以更换,并且在它的荷载计算中已经考虑了意外事故的撞击,但对它的防护腐蚀的要求应该比对预应力混凝土结构中的预应力钢索更高,因此要争取具有双重的腐蚀防护体系。

这将是怎样的一种体系?怎样来对它作试验?怎样来评价?是否按照ASTM B117的要求在去掉一道保护措施之后对另一道保护措施来作洒盐的试验?一般来说各种防护措施之间互相有影响而不是单独地起作用,即使它们合在一起是一种很好的防护方法也是如此。对锚固区部分应该采用哪些要求?对这些问题的遍及全球的讨论尚未结束,虽然正建立标准。

在表1中所列的是对各种防腐体系试作比较的资料。在表中对每种防护措施按一定的理由给出一个数目。可能是一种近似于统计计算的比较方法,将它们的作用影响(荷载,与暴露在大气中)与抵抗(强度,与防护腐蚀)作比较。它还可能将制成的斜拉索的荷载作用下进行试验,并有意地使它出现缺陷(如在外部PE管中出现裂缝等)。这种探讨还仍在进行之中。

关于表1的说明:

(1)它承受风、与风干的环境,但具有三道多余的措施:PE、腊与锌。

(2)带粘结锚头的标准,是其他各种体系所不能达到的。

(3)在某些地方被液态水泥浆局部减损50%的锌层,坚硬的锌/钢合金未被损伤,减薄的锌层被水泥浆中的活性碱的防护所代替。即使小于0.05mm的裂缝不能削减离之较远的碱的作用。另外,这种体系还有一道10mm厚的高密度PE套管封盖住。

(4)这种体系具有全部锌层,但是它不是由水泥浆中的活性碱来防护,而是必须只依靠压注消极的环氧/砂来代替。因此对它的评价大致与(3)相同。

(5)常规的钢筋混凝土结构承受风化的关

系,因而其防腐能力低于其他各种体系。

(6)常规的压注水泥浆的斜拉索在大气中的抗腐蚀能力也比(3)小,因为(减薄了的)锌层随着强烈的风化影响而消失。但它接近(3)而类似于(5)。

(译注:以上的说明似与表中的评分比较不全相符)

## 5. 疲劳强度

对具有特殊锚楔的锚头以及具有粘结的锚头曾经进行过许多次单独的大规模(大比例)的试验。在PTI中对钢绞线斜拉索规定要求在 $160\text{N}/\text{mm}^2$ (160MPa)的振幅(应力变动范围)以及最大荷载为0.45GUTS(译注:暂未查到此缩语代表的意义,UTS似有可能为极限拉强)作用下能经受200万次的循环加载,而欧洲标准草案(Euro Standard Drafts)则要求疲劳应力幅度为 $200\text{N}/\text{mm}^2$ (200MPa)。

如果使用具有粘结的锚头装置或细心地使用特殊的锚楔,上述的疲劳要求是可以满足的。

在表2中是一些疲劳试验测定变形的比较资料。它说明活载是按粘结锚头与钢绞线的面积比值成比例地来分布的。因而,只有50%或活载能传递到锚头部分。这种情况甚至是不随时间变化的。然而,如果带粘结的锚头是永久地受载,例如,如果当带粘结锚头(杯)中浇注填铸物之一作用有附加的外力,这种不希望有的约束将随时间减小。在大型试验中,自由长度内的钢绞线的受力行为被证明是有疑问的。如果使用的是常规的钢绞线索或常规的压注水泥浆的钢绞线索,在压注时单根钢丝之间常常出现有轻微的腐蚀。

在动态活载作用下,出现有磨损腐蚀及提早的疲劳破坏,但是在应力振幅为160MPa及 $>240\text{MPa}$ 时,带粘结的锚头以及最不利的锚固区出现有比未经扰动的斜索自由长度更好的受力性。

表2 带粘结锚头的受力分配(根据PIT[2]所作大型式试验实例的评价)

斜拉索	锚头/钢绞线的比值	在斜索截面上的活载的百分数: 160N/mm <sup>2</sup> × F斜索钢绞线		大致的比值	
		锚头中的测定值	在锚固区的钢绞线	第2栏	第3栏 第4栏
1	2	3	4	5	6
KSM型式55根钢绞线 直径0.62英寸	82cm <sup>2</sup> /83cm <sup>2</sup>	0.4‰ × 205000N/mm <sup>2</sup> × 82cm <sup>2</sup> = 670kN	160N/mm <sup>2</sup> × 83cm <sup>2</sup> = 1330kN 1330 - 670 = 660kN	1:1	1:1
KSM型式73根钢绞线 直径0.62英寸	100cm <sup>2</sup> /110cm <sup>2</sup>	0.33‰ × 205000N/mm <sup>2</sup> × 100cm <sup>2</sup> = 677kN	160N/mm <sup>2</sup> × 110cm <sup>2</sup> = 1760kN 1760 - 677 = 1083kN	*	**
KSM型式102根钢绞线 直径0.62英寸	160cm <sup>2</sup> /153cm <sup>2</sup>	0.38‰ × 205000N/mm <sup>2</sup> × 160cm <sup>2</sup> = 1250kN	160N/mm <sup>2</sup> × 153cm <sup>2</sup> = 2450kN 2450 - 1250 = 1200kN	1:1	1:1
奥林匹克大桥61根钢绞线 直径0.62英寸	63cm <sup>2</sup> /92cm <sup>2</sup>	0.35‰ × 205000N/mm <sup>2</sup> × 63cm <sup>2</sup> = 452kN	160N/mm <sup>2</sup> × 92cm <sup>2</sup> = 1470kN 1470 - 452 = 1018kN	1:1.5	*** 1:2.25

注: KSM代表香港的汲水门桥

译注: 表中带\*, \*\*, \*\*\*的三个比值是经过译者修正所得, 原文分别为1:1, 1:1, 1:2。

能。这清楚地说明防护腐蚀与疲劳强度之间的关系, 两者都是一种耐久性的表示。解答非常容易。如果使用镀锌钢绞线就不会出现这些缺点。因而在施工状态下最好能具有较优越的临时防护腐蚀的措施。

很可惜的是, 众所周知的关于镀锌优点与缺点的问题有意与无意地出现在工地与水泥浆接触时。

### 6. 镀锌的预应力钢材与水泥浆

由于氢脆的危险, 1993年的PTI建议禁止水泥浆与镀锌钢丝接触。这个规定将有改变, 因为已经发表了有关的文献[3]与[4]。

以下是上述文献的结论:

- 镀锌工艺要改变镀锌量为250~350g/m<sup>2</sup>, 并对材料的质量不能有任何降低(如过去采用浸渍)
- 与淬火钢材及回火钢材相比, 钢绞线对氢脆非常敏感。
- 斜拉索的最大永久应力0.45GUTS并不是十分严重的。
- 水泥浆在液化状态(0~24小时)时的氢不会穿透斜拉索的锌层。
- 已经证明由于机械作用以及在锚楔区部

分损伤的锌层在几个月之内就会“自愈”。

· 按照PTI建议已经成功地实施了一些镀锌钢绞线与压注水泥浆的带粘结锚头的静力与动力试验。两个结构物已经实施了, 其中的一个是在5年之前施工的。

结论是斜拉索钢材的镀锌结合压注水泥浆作为耐久和具有高度抗振性能的建筑钢丝索来使用是适宜的。

### 7. 前景

来自预应力混凝土结构经验的对斜拉索的要求如以下所列是广为所知的。

- 具有多种措施的可挠性(柔性)体系
- 可以更换
- 易于安装
- 永久性的防腐
- 高度的抗疲劳幅度
- 养护维修费用低
- 优越的(价格/功能)比值
- 良好的抗振性能

一个重要的前提是由合格的专业公司来作咨询与实施。对防腐问题的评价仍在进行讨论中。

何时与是否使用被称为“与环(下转5页)