

电 话:+86 551 63822918 - 8038
邮 箱:market@vslchina.com.cn
网 址:www.vslchina.com.cn
地址:安徽省合肥市经济技术开发区紫石路2429号

Tel. +86 551 63822 918 - 8038
E-mai:market@vslchina.com.cn
https://www.vslchina.com.cn
No.2429 of Zishi Road
Hefei Economic and Technological Development Zone
Anhui Province China



VSL

SSI 2000斜拉索体系

设计/材料供应/工程施工/安装/监测



版权2023 VSL国际集团公司 专利保护

本文本内的所有信息, 包括技术内容和工程数据仅仅是概括说明。尽管在制作过程中已经确保内容的准确性, 但是这些信息在没有得到专业的检查并验证准确性、适合和适用性以前不得使用或是作为特别参考应用。任何使用此材料的人需承担因使用本材料所导致的部分及全部责任。此处包含的内容以及涉及到的内容, 对于侵权使用专利、商标或版权作为一般或是特别使用意图的商业行为, VSL对后果概不负责。本文件所包含的任何信息均不得解释为对任何专利的授予许可。

威胜利工程有限公司
精 益 求 精 品 质 为 先

CONTENTS

目录

01 企业简介

公司概况	02
VSL 斜拉索技术优势解析	04
共同创造可持续性解决方案	06

02 VSL SSI 2000斜拉索体系

斜拉索体系简介	08
斜拉索体系结构	10
主要规格尺寸	12
鞍座	14
索体振动解决方案	16
智能索体优化方案	18
耐久性实验验证	20

03 其他斜拉索产品及服务

VSL SSI 2100EW 高强钢绞线斜拉索体系	24
VSL 拉索防火防冰	26
VSL 减震支座	27
VSL 健康监测及维修加固	28

04 案例赏析及业务咨询

VSL 业绩分布	30
VSL 斜拉索体系案例展示	32
VSL SSI 鞍座案例展示	36
国外案例赏析	38
VSL 分布及联系方式	40

VSL Engineering Co., Ltd.

威胜利工程有限公司(简称VSL中国)成立于1997年8月,是由合肥四方工程机电有限责任公司与世界五百强企业法国布伊格集团旗下全资子公司——VSL国际有限公司(简称VSL集团)在中国大陆共同组建的中外合资企业。公司专注于预应力技术领域,业务涵盖预应力体系研发、生产制造、工程咨询、深化设计及施工等环节,致力于为客户提供系统化、专业化的预应力工程解决方案。

作为VSL集团全球核心生产基地之一,VSL中国凭借雄厚的技术实力与规模化生产能力,不仅为集团全球子公司供应高品质产品,更面向中国市场,提供应用于桥梁建筑、风电混塔、LNG储罐、核电安全壳等领域的预应力锚具产品。同时,公司积极承接群锚预应力工程、钢绞线斜拉索、钢绞线体外索等项目的施工及技术咨询服务,以专业能力满足客户多元需求。



公司概况



公司核心业务涵盖三大板块:

方案深化设计:包括预应力后张工法技术咨询与方案设计;桥梁拉索结构安装施工方案设计;风电预应力方案设计;储罐、核电预应力深化设计等;

旗舰产品体系:涵盖VSL SSI 2000斜拉索体系、环氧钢绞线斜拉索体系、VSL SSI 鞍座体系、拉索减振体系、拱桥吊杆系杆体系、VSL 体外预应力体系、E-WT风塔无粘结体外索体系、储罐预应力体系、核电预应力体系、结构支座等;

预应力张拉施工, 结构加固维修。

世界500强
中外合资企业

TOP

掌握核心技术
多领域自主知识产权

创新

国内预应力锚具
出口量

TOP

专业技术装备和
检测手段

品质

近30年的预应力
产品生产、安装经验

近30年

产品畅销
五大洲

畅销

近20项发明专利、40余项实用
新型专利, 1项软件著作权

近60项



专业



专注



专精

VSL 斜拉索技术优势解析



全球资源 赋能

VSL-一个全世界的工程技术网络

从设计理念到现场作业,VSL一直秉持通过对员工进行良好的培训,与客户密切合作,根据客户要求提供解决方案,使得项目所有阶段价值最大化。客户在与VSL合作的同时,也享有VSL的全球资源、专业化技术和专家咨询服务、VSL集团持续发展的专业化施工技术。

前沿管理 专业人才

VSL-专注于质量、安全和环保

VSL始终追求质量、安全和可持续发展策略,保持其作为专业承包商的领先地位。VSL建立了前瞻性的管理体系并应用于VSL各分公司,从而保证集团公司网络具有统一的、较高的执行标准。

保持员工竞争力,是有效、安全工作的关键因素。VSL致力于“安全第一”、力求“零事故”,充分调动员工积极性并激发员工责任心,使项目得以顺利进行。

VSL-专业斜拉索供应商

作为预应力技术领域的深耕者,VSL不仅对目前斜拉索结构存在的挑战提供解决方案,而且与客户密切合作,开发新一代的斜拉索体系。近年来,随着钢绞线斜拉索在大跨径桥梁中的逐步推广,钢绞线斜拉索的规格也越来越大,索力也不断增加;满足斜拉索快速施工、抗疲劳性能的要求也越来越高。VSL轻型吊装设备、紧凑的钢绞线束方案以及高效可靠的减振体系都能够满足现有斜拉索施工及技术规范要求。

VSL-拥有代表国际领先水准的斜拉索体系

随着现代冶金技术的不断发展,新材料、新工艺的出现,使得钢丝盘条的性能得以提升,更高强度的钢绞线是未来的发展趋势。VSL致力于高强耐候钢绞线斜拉索的研发,研制并完善了SSI2100EW高强耐候钢绞线斜拉索体系。高强 (2100MPa)高抗疲劳应力幅(280MPa)钢绞线斜拉索的研制成功,证明我国钢绞线斜拉索已具备更高的技术指标。高强钢绞线抗疲劳应力幅由300MPa提高至380MPa,斜拉索应力幅由200MPa提高至280MPa,其相关的高强锚具、高强夹片及高强钢绞线的生产水平也将得到大幅提高,生产工艺也将日益完善,为大跨度、重载荷的斜拉桥拉索提供成套解决方案,为跨江、跨河、跨海峡、跨山谷的交通通道提供技术支撑。



巢马铁路马鞍山长江大桥副汉桥 (2023)
全球首次使用2100Mpa高强耐候钢绞线斜拉索



La Unidad Bridge—墨西哥 (2003)
使用了VSL SSI 2000 斜拉索体系



马桑溪大桥——中国重庆 (2001)
SSI 2000 斜拉索体系国内首次使用

共同创造可持续性解决方案



现代工程须遵循严格的设计标准

- 斜拉索及其张拉元件和锚具的长期耐久性,锚具组装件的防水性能,容易检查和维护保养,在不影响交通管制的情况下更换索体。
- 对于大跨径桥梁,可以最小化索体风阻。
- 优良的静载和疲劳性能,并通过试验进行验证。
- 将阻尼装置整合到斜拉索中,或作为一个单独的部件。
- 通过使用紧凑型锚具、鞍座和不同颜色的外套管来提高结构的几何美感。

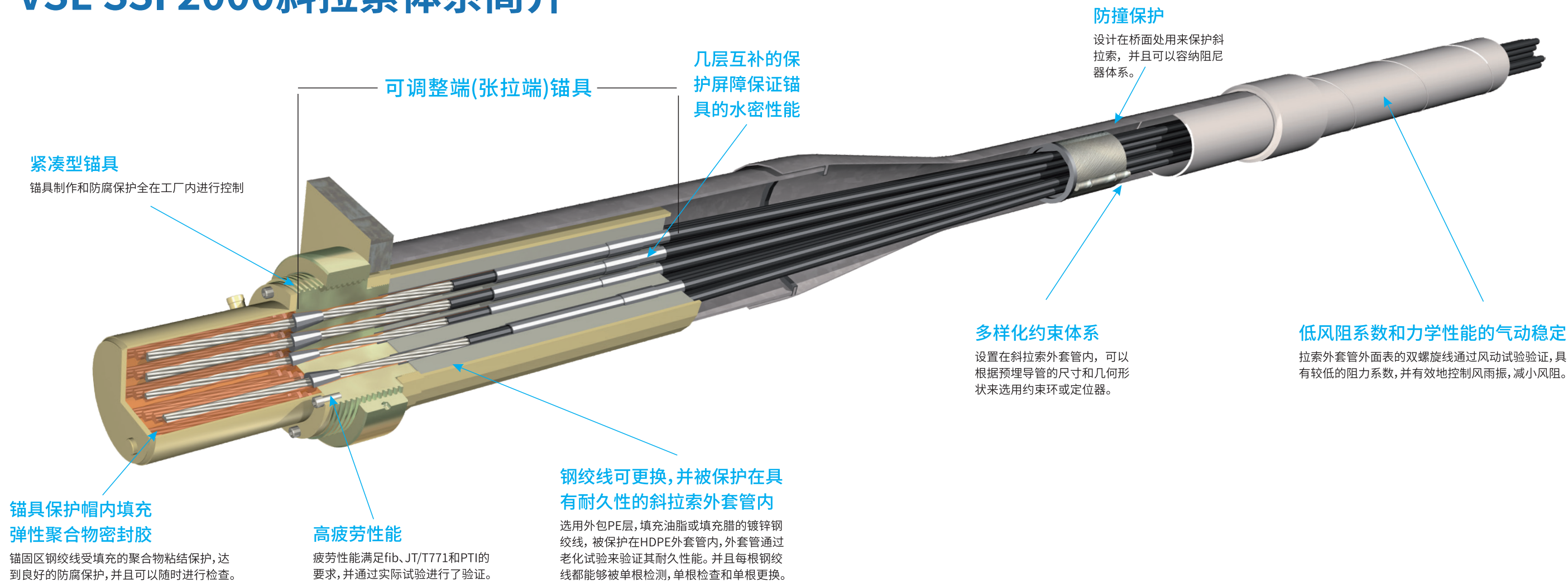
VSL 可持续性解决方案解析

斜拉索高强耐候性能及模块化结构设计

VSL推出在有充分的养护和维修保证的前提下,斜拉索体系保证在最恶劣的环境条件下设计寿命为100年,并且能够实现在不修改结构的条件下对部件进行更换。斜拉索体系所有材料均经过严格挑选,所有的部件均满足最严格的耐久性标准要求。VSL SSI 2000体系的自由化模块设计可以减少因部件维护、更换而产生的废弃零件,从而减少对环境的影响。

VSL SSI 2000斜拉索体系的设计满足fib (国际结构混凝土协会)、PTI (美国后张预应力协会)、CIP (法国预应力协会)、JT/T771 (无粘结钢绞线斜拉索技术条件) 和GB/T 30826 (斜拉桥钢绞线拉索技术条件) 的要求。

VSL SSI 2000斜拉索体系简介



VSL SSI 2000 斜拉索体系简介

VSL SSI 2000 斜拉索体系锚具、夹片及张拉部件均满足最严格的抗疲劳耐久性能、在最恶劣环境条件下的耐腐蚀性能要求,从而确保桥梁的安全性及安装灵活性。该斜拉索体系可实现单根钢绞线快速更换,从而保证在不影响交通的情况下实现快速换索功能。

VSL SSI 2000 斜拉索体系优势

1、优良的静载锚固性能及抗疲劳耐久性能

斜拉索体系均满足fib、PTI、JT/T 771及GB/T30826最新标准要求,即:在索体弯曲角度10mrad的条件下进行200万次循环载荷试验。锚具内部设置纠偏器,可实现对单根钢绞线进行纠偏,能有效降低索体振动给锚具带来的不利影响。

2、防腐耐久性及多层保护

VSL SSI 2000 斜拉索体系的设计均满足PTI、JT/T 771及fib对密封性能的严格要求,保证在最恶劣的环境下具有100年的使用寿命。拉索体系内独特的单根钢绞线保护技术,可有效防止钢绞线之间的腐蚀蔓延。斜拉索索体结构由带PE涂油(蜡)热镀锌钢绞线和双层护套管组成,共有热镀锌、涂油(蜡)、钢绞线PE护套和外双层护套管等四层防护。锚具保护帽内填充弹性聚合物或油脂密封,从而保证斜拉索防腐性能。

3、单根换索

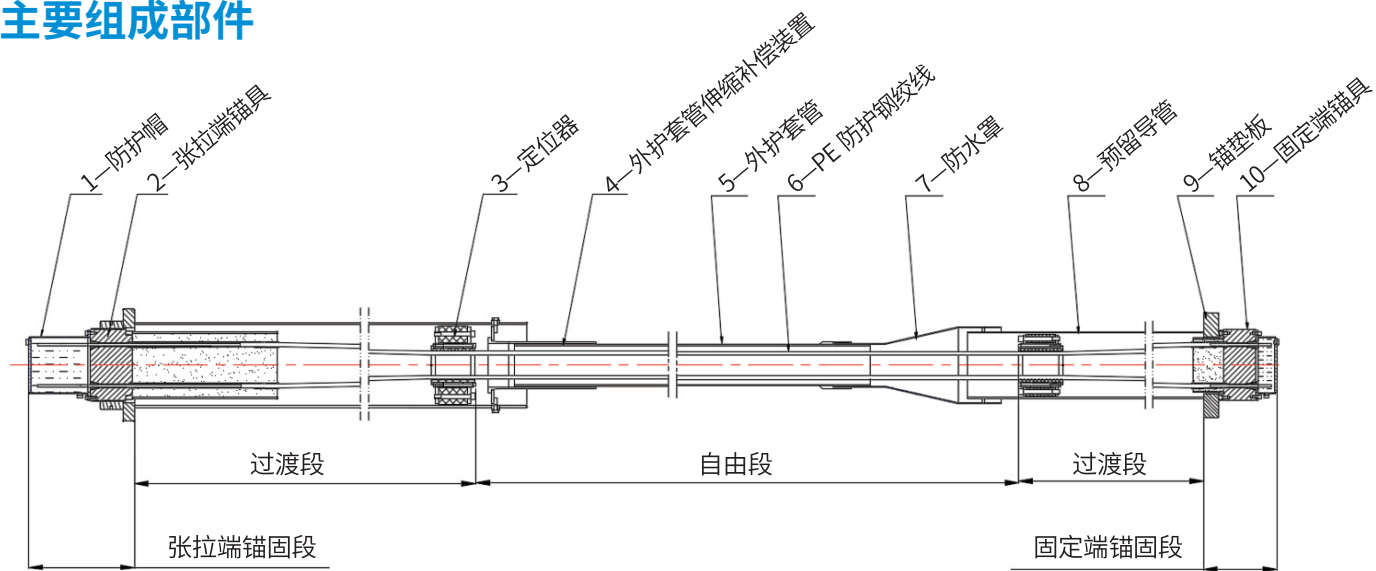
斜拉索用钢绞线设计成可更换型,在25年后或特定情形下,可以在不影响交通的情况下对钢绞线进行单根抽检或更换;斜拉索锚具设计成可维护型,在使用25年后,可以每15年对其进行维护保养。

斜拉索体系结构

斜拉索结构包括张拉端、固定端、过渡段及自由段四部分。主要由索体、锚具、定位器(减振器)、防水罩、外护套管伸缩补偿装置、防护帽等组成。

斜拉索索体结构由带PE涂油(蜡)热镀锌钢绞线和双层护套管组成,共有热镀锌、涂油(蜡)、钢绞线PE护套和外双层护套管等四层防护。

主要组成部件



张拉端结构组成

张拉端锚具采用夹片式群锚结构,采用螺母调整拉索长度。安装防护帽,锚具及防护帽内部灌注防腐剂。在塔端预埋导管端部设置外护套管伸缩补偿装置。张拉端主要由锚板、夹片、调整螺母、过渡管、防护帽、防腐剂、密封装置、定位器、外护套管伸缩补偿装置等部件组成。

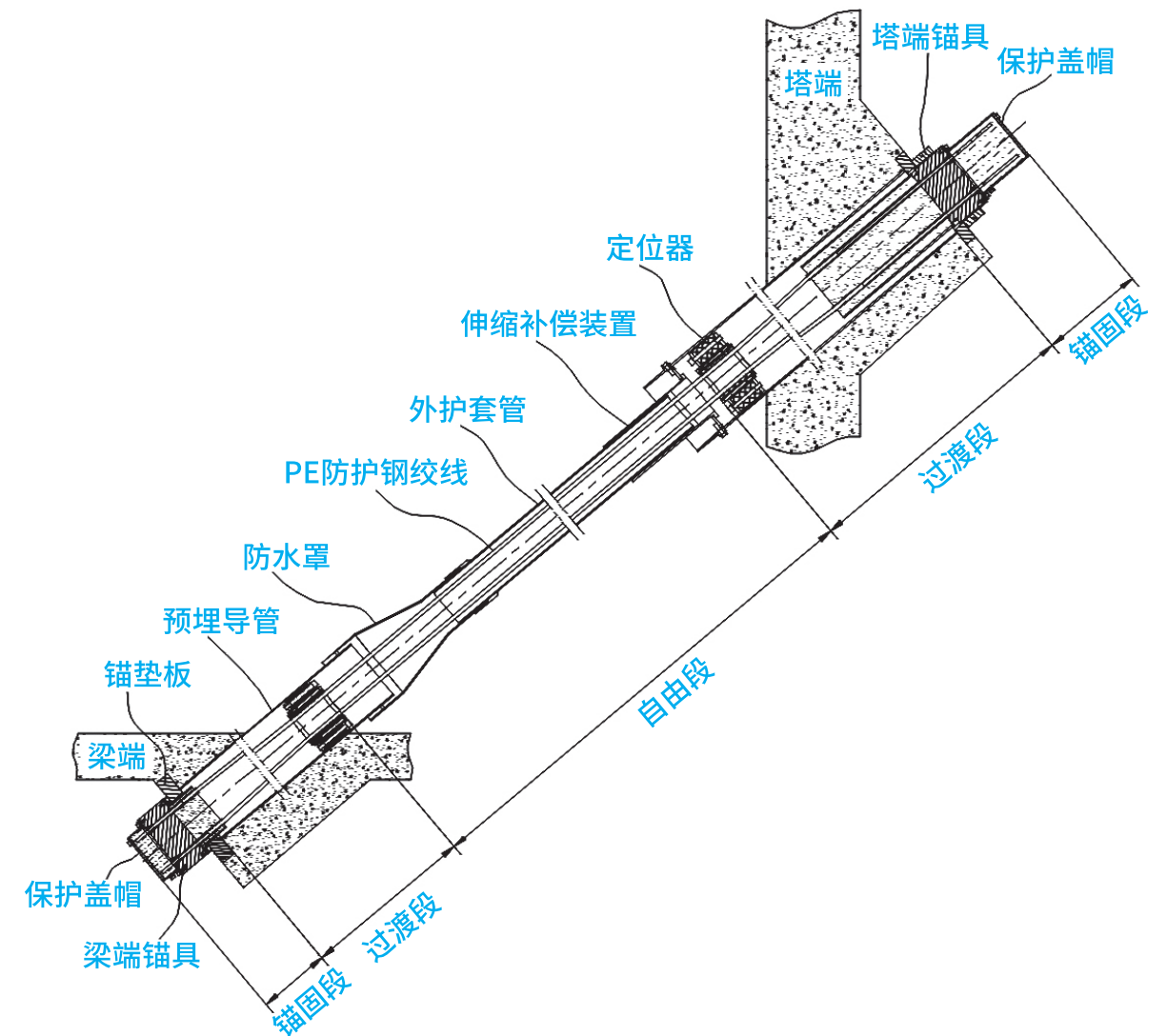
固定端结构组成

固定端锚具采用夹片式群锚结构,安装防护帽,锚具及防护帽内部灌注防腐剂。在梁端预埋导管端部设置防水罩。固定端主要由锚板、夹片、防护帽、防腐剂、密封装置、定位器等部件组成。

自由段结构组成

自由段是斜拉索两过渡段之间的部分,由PE防护钢绞线集束、外护套管组成。其中外护套管为双层结构,内层为黑色,外层可采用项目所需颜色。外护套管外表面设置具有防风雨激振作用的双螺旋线。

VSL SSI 2000斜拉索体系总体构造图

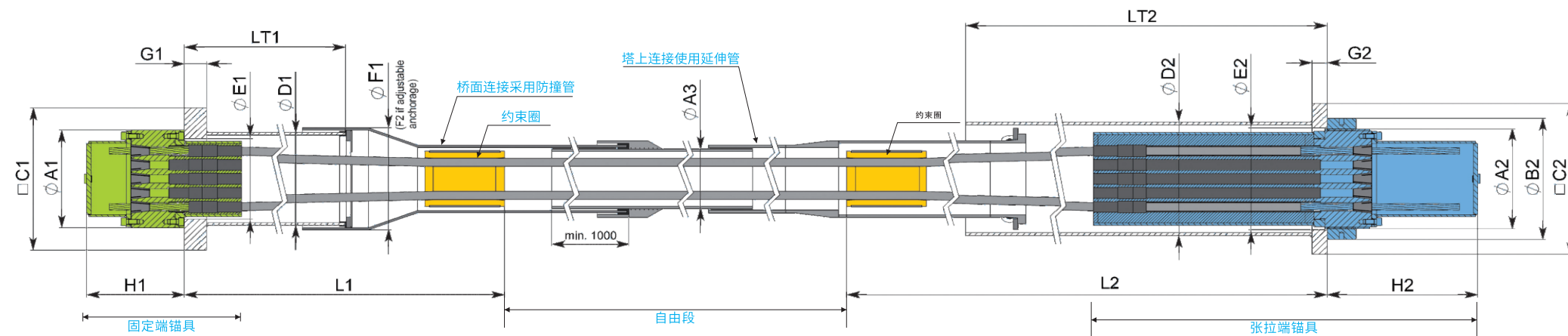


VSL SSI 2000斜拉索体系主要特点

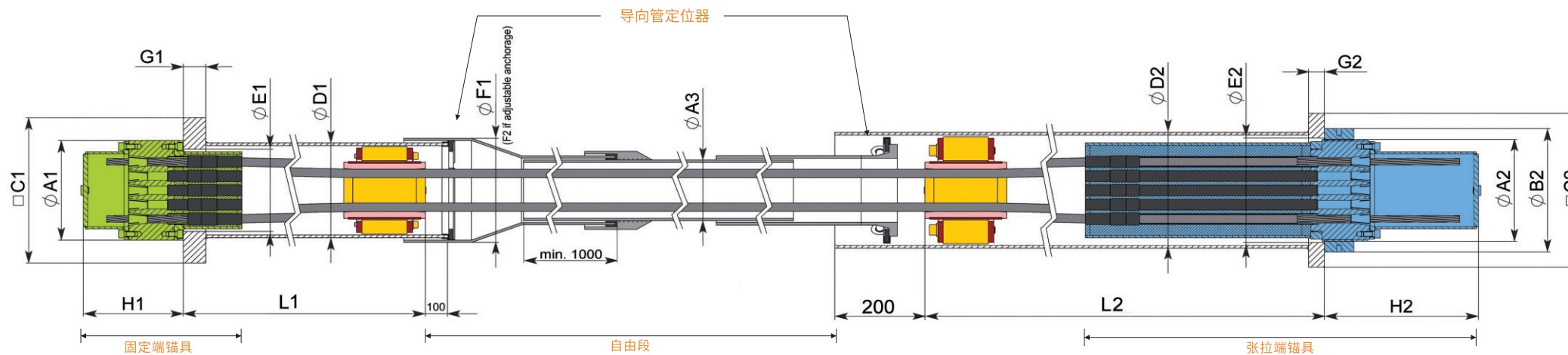
- 1、钢绞线单根直接从钢绞线包盘放线安装
- 2、斜拉索可在主塔施工完成后封顶之前分段安装挂索
- 3、可单根钢绞线张拉和调索
- 4、可单根钢绞线更换
- 5、可单根钢绞线防腐
- 6、运营中可单根钢绞线索力检测

主要规格尺寸

使用约束环的布局

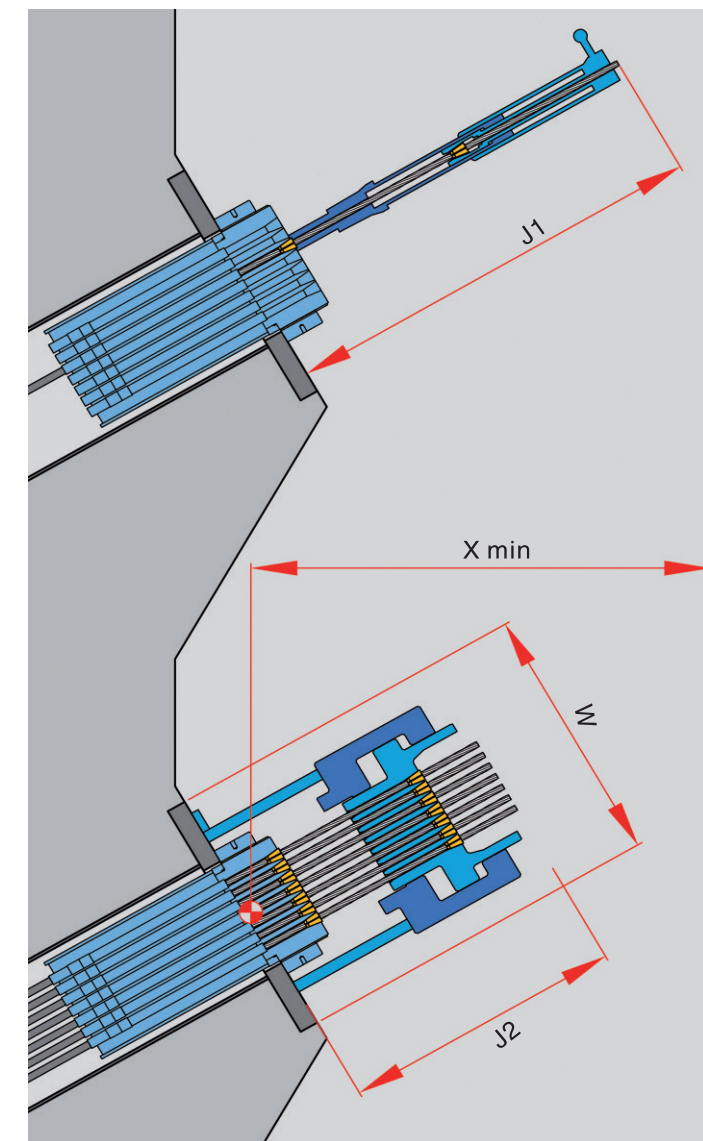


使用定位器的布局



张拉空间要求

对于张拉端锚具, 建议提供两倍最小空间尺寸要求。如需要减小空间尺寸, VSL可根据客户要求定制施工机具。



拉索规格	拉索外套管
拉索规格	钢绞线根数
SSI 2000标准体系 (mm)	
6-12	12
6-19	19
6-22	22
6-31	31
6-37	37
6-43	43
6-55	55
6-61	61
6-73	73
6-85	85
6-91	91
6-109	109
6-127	127
6-139	139
6-151	151
6-169	169
6-187	187

固定端锚具							
Φ A1 mm	C1 mm	Φ D1/厚度 mm/mm	Φ E1 mm	Φ F1 mm	G1 mm	H1 mini mm	
185	260	180/4.5	150	190	35	205	
230	335	219/6.5	190	233	50	220	
250	355	219/6.5	205	233	50	220	
280	415	245/6.5	230	260	60	245	
300	455	273/6.5	255	286	70	270	
340	505	325/8	285	337	75	275	
380	550	325/8	310	337	75	295	
380	585	356/9	330	370	85	310	
430	650	406/9	370	420	95	330	
430	685	406/9	370	420	110	360	
480	730	457/10	420	470	110	370	
495	775	457/10	420	470	120	380	
550	845	508/11	475	525	130	430	
570	900	520/12	480	540	135	440	
590	920	560/12.5	490	550	140	460	
630	970	585/14	510	580	150	480	
660	1000	600/15	550	620	160	490	

张拉端锚具						
Φ A2 mm	B2 mm	C2 mm	Φ D2/厚度 mm/mm	E2 mm	G2 mm	H2 mini mm
190	230	290	219/6.5	196	30	320
235	285	355	267/6.5	241	35	345
255	310	385	299/7.5	261	40	355
285	350	440	325/7.5	291	45	405
310	380	485	356/9	316	50	435
350	425	540	406/9	356	55	450
385	470	585	419/10	391	60	490
385	470	600	419/10	391	65	525
440	530	680	508/11	446	75	525
440	540	710	508/11	446	80	585
490	590	760	560/12.5	496	80	580
505	610	795	560/12.5	511	90	615
560	670	865	610/12.5	566	95	665
580	700	910	630/15	590	100	685
590	720	940	640/15	600	100	695
630	760	1,000	685/15	640	110	730
660	800	1,050	720/15	670	120	770

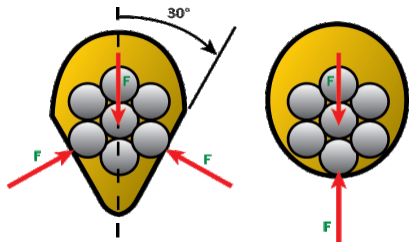
过渡段长度		标准布局				可选择
L1 mm	L2 mm	LT1桥面 mm	LT2桥塔 mm	LT1桥塔 mm	LT2桥面 mm	作用于定位器上的水平力
1,100	1,500	500	1,000	500	1,000	50
1,370	1,770	500	1,000	500	1,000	80
1,550	1,950	500	1,000	500	1,000	92
1,740	2,140	500	1,200	900	1,000	130
1,920	2,320	500	1,200	900	1,000	155
2,170	2,570	500	1,200	900	1,000	180
2,290	2,690	500	1,400	1,100	1,000	230
2,490	2,900	500	1,400	1,100	1,000	255
2,710	3,120	500	1,400	1,100	1,000	306
2,830	3,240	500	1,600	1,300	1,000	356
3,080	3,490	500	1,600	1,300	1,000	381
3,230	3,640	500	1,600	1,300	1,000	456
3,630	4,030	500	2,000	2,000	1,000	531
3,680	4,090	500	2,000	2,000	1,000	582
3,770	4,170	500	2,000	2,000	1,000	632
4,180	4,580	500	2,500	2,000	1,000	707
4,190	4,590	500	2,500	2,000	1,000	783

千斤顶操作空间要求

锚具规格	W mm	J1 mm	J2 mm	Xmin mm
6-12 ~ 6-19	490	1000	1000	1500
6-22 ~ 6-43	620	1050	1100	1500
6-55 ~ 6-73	780	1100	1200	1500
6-85 ~ 6-91	780	1150	1300	1500
6-109 ~ 6-127	970	1200	1500	1800
6-139 ~ 6-187	根据设计要求提供	1250	根据设计要求提供	2000

鞍座

VSL在灌浆鞍座的基础上开发出新一代的斜拉索鞍座，可以完全实现钢绞线单根安装和更换。



SSI鞍座截面，“V”型钢绞线导向孔与圆形导向孔比较

对于桥塔设计紧凑的斜拉桥或矮塔斜拉桥，鞍座式索体方案是理想选择。其核心优势在于以鞍座替代传统桥塔锚具，既能简化塔上锚固区结构设计，又能有效减小锚固区的应力，这一优势已得到行业广泛认可。

不过，传统鞍座存在明显短板：疲劳性能低于锚具、存在摩擦腐蚀风险，且钢绞线无法单根更换，这些问题限制了其大规模推广应用。为此，VSL针对性研发出 SSI 鞍座方案，且该方案与 SSI 2000 斜拉索体系完全兼容。

SSI 鞍座采用钢绞线单根导向与密封设计，不仅实现了钢绞线的单根安装、检查与更换，大幅降低维护难度；还通过在单根导向管内注入特殊弹性胶状聚合物，使其与钢绞线紧密粘结，隔绝氧气与钢绞线接触，从根本上降低了摩擦腐蚀风险。同时，经大量疲劳试验验证，SSI 鞍座满足 fib 及 JT/T 771 标准要求，具备与 SSI 2000 标准斜拉索锚具同等的抗疲劳性能，其安全可靠的锚具性能能有效抵抗索体不平衡力，完美适配紧凑型桥塔与矮塔结构的应用需求。

V型孔专利:使用楔形锚固 实现最大的摩擦

SSI 鞍座是在钢结构模块内填充高强度 Ductal 砂浆，并在砂浆中预制专利 V 型单根钢绞线导向孔。该导向孔形状能为钢绞线提供有效锚固作用与连续握紧力（鞍座长度范围内通过摩擦实现），同时最大化降低循环载荷下的摩擦腐蚀。鞍座的设计使钢绞线偏转作用力直接作用于钢绞线 with 高强砂浆之间，中间无其他介质。

钢绞线单根独立并且可更换

VSL 鞍座拥有单根钢绞线安装、检查及更换技术，可实现单根张拉与放张，该技术为VSL独有。针对大规格锚具，可提前预留钢绞线孔位及鞍座对应导向孔，以此来满足后期斜拉索整体索力提升的需求。

与SSI斜拉索体系完全整合

VSL鞍座使用与SSI2000斜拉索体系一样的钢绞线，不需要做任何特殊处理。在工地进行安装时将鞍座长度内钢绞线PE层剥除即可。

将索体上的不平衡力传递到桥塔上

桥跨间存在不平衡力时，可通过SSI 鞍座内的 V 型导向孔来增大与钢绞线的摩擦力，将索体上的不平衡力传递到桥塔上。试验表明，SSI 鞍座体系的摩擦系数大于 0.4。

连续的多层防腐保护

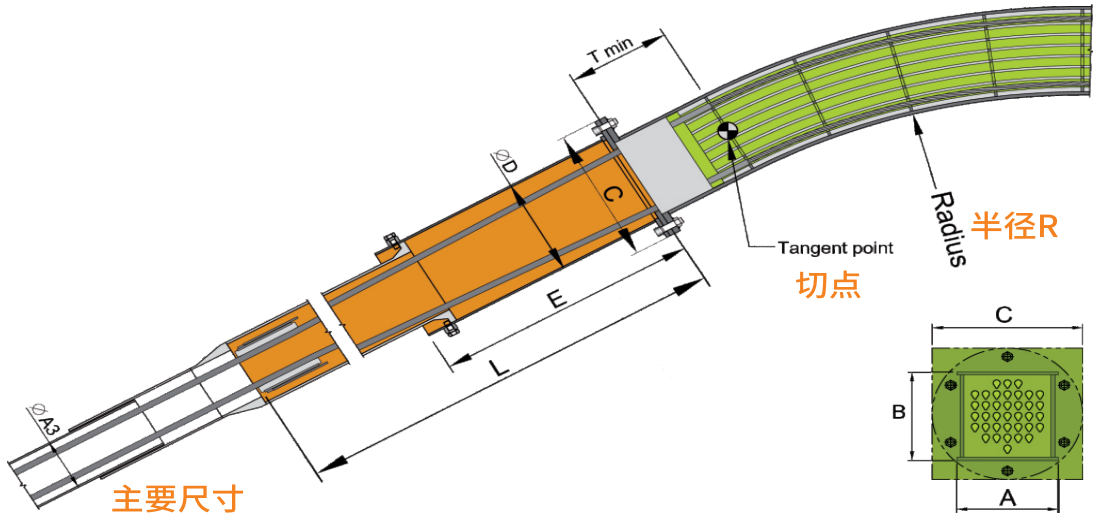
位于鞍座内部的钢绞线段，其PE层会被直接去除，以确保钢绞线 with 高强砂浆直接接触。该部件与其他斜拉索部件一致，具备多层防腐保护：外部钢结构外罩 with 高强砂浆形成第一道防护，隔绝水与腐蚀介质接触钢绞线；鞍座内钢绞线单孔导向管填充弹性聚合材料，与钢绞线充分粘结，杜绝水汽和空气侵入，实现可靠防腐；钢绞线表面的镀锌层，在其进行安装及聚合材料填充前，可为钢绞线提供防护。

疲劳性能

针对 SSI 2000 鞍座的疲劳性，VSL 已根据 fib 的要求做过大量的试验进行验证，其中包括 6-55 规格实际比例的鞍座疲劳试验。

在鞍座端部控制索体角度偏差

斜拉索锚具与鞍座的出口端部，需承受索体安装角度偏差及索体振动带来的较大负荷。这些因素易导致钢绞线保护层受损、引发早期疲劳损坏。SSI 鞍座沿用 SSI 2000 标准锚具的单根钢绞线纠偏设计，可有效规避安装角度偏差与振动的不良影响，且不会对桥塔表面产生有害应力。



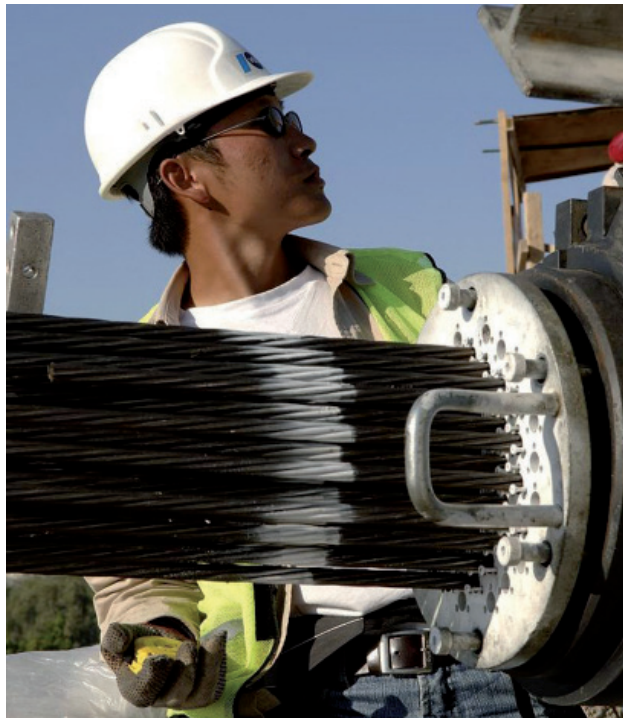
拉索			
索体规格	钢绞线根数	100%标准破断强度	2.4m半径时的最大压应力
6-12	12	3,348	9
6-19	19	5,301	11
6-22	22	6,318	13
6-31	31	8,649	13
6-37	37	10,323	15
6-43	43	11,997	14
6-55	55	15,345	18
6-61	61	17,019	20
6-73	73	20,367	20
6-85	85	23,715	23
6-91	91	25,389	23
6-109	109	30,411	24
6-127	127	35,433	26

索套管联接			
L mm	E mm	ΦD mm	ΦA3/thk mm
1,160	250	219/4.5	125/4.9
1,760	400	245/5	140/5.4
1,900	500	273/5	160/6.2
2,220	500	325/6	160/6.2
2,580	600	356/6	180/5.6
2,540	900	356/6	200/6.2
2,880	800	406/6	200/6.2
3,240	800	450/6	225/7
3,470	1100	460/6	250/7.8
3,590	800	508/6	250/7.8
4,010	800	560/6	280/8.7
4,120	1000	560/6	315/9.8
4,700	1200	610/6	315/9.8

鞍座截面尺寸			
C mm	B mm	A mm	Tmin mm
320	200	185	400
370	235	230	400
370	235	230	400
400	275	300	400
450	310	310	400
500	310	375	400
510	350	380	400
550	395	410	400
570	395	470	400
590	430	480	400
620	470	520	400
640	470	580	400
700	545	580	400

索体振动解决方案

VSL就索体振动的风险分析给业主和设计提供专业的支持并推荐合适的振动减轻方案



作用于斜拉索上的动态激励原理相当复杂,在大多数关于斜拉索结构的规范里也只是做了部分介绍。为了确定结构所特别需要的阻尼措施, VSL利用各种稳定性标准对斜拉索不可接受的振动做出了风险评估。VSL斜拉索体系通过运用模块化设计方法来降低索体振动而产生的风险。

凸起螺旋线

索套管外表面具有双螺旋线凸起,并通过风洞试验证明了此带有双螺旋线凸起的索套管可以最大程度地降低风雨振。

阻尼器

VSL提供两种斜拉索减振方案: VSL摩擦和VSLGensui阻尼器。此两种减振器高的减振效率, 以及非常好的耐久性能且只需要较小的养护。其尽可能少地减少了活动部件的数量, 减少了磨损和损坏, 从而具有杰出的长期性能。因此使得VSL阻尼器比其他阻尼器体系更加坚固耐用。

VSL摩擦阻尼器性能优越 能满足特殊要求

高效率:

通过对几个安装VSL摩擦阻尼器斜拉索进行比较试验,证明了VSL摩擦阻尼器的杰出性能。并且阻尼器的性能多次超出规定的要求。

杰出的耐久性:

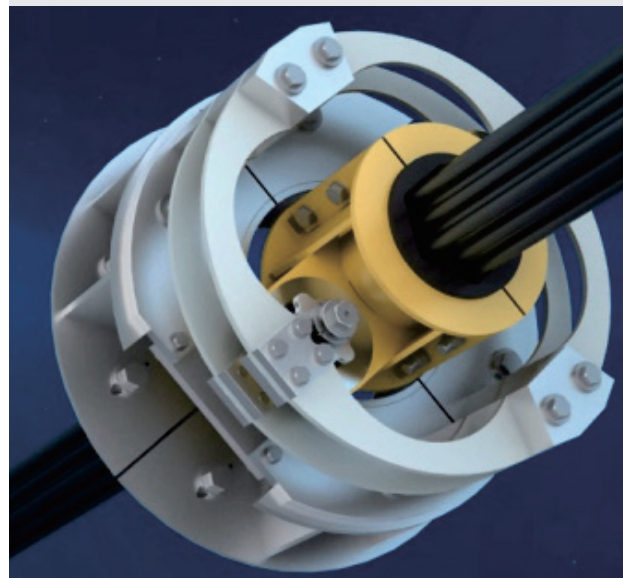
摩擦阻尼器被设计成只有当需要提供阻尼时才开始工作,因此具有杰出的耐久性。只有当索体的振动位移影响到索体的性能时摩擦阻尼器才开始工作,并且立刻达到最大的阻尼效果。

建筑美学方案:

将阻尼器安装在斜拉索上时,应当对结构产生最小的视觉影响。通常情况下考虑使用外部的阻尼器支持装置,但是VSLSSI2000体系将摩擦阻尼器整合到桥面预留导管内。

VSL摩擦阻尼器的其他优点:

- 检查简单,养护容易
- 调节阻尼器阻尼性能时,不需要拆除阻尼器,只要对摩擦力进行调节
- 当现存的结构索体(钢绞线体系或平行刚丝体系)出现了不期望的振动时,均可以对其安装阻尼器
- 所有的部件均能够在现场进行更换
- 阻尼特性不受环境温度变化或振动频率变化的影响



VSL摩擦阻尼器

VSL摩擦阻尼器具有非常高的耐久性,可以应用在较长的索体上,或是振动风险较大的结构中。

VSL Gensui阻尼器

专门为短索和中长索定制

■ 高阻尼橡胶:

VSL Gensui 阻尼器由几块橡胶垫组成,通过剪切变形来消耗索体的动态能量。 阻尼器的橡胶垫是由Sumitomo Rubber Group研发的高阻尼橡胶制成。

■ 结构简单:

此阻尼器是采用模块化设计,橡胶垫的需求数量取决于索体的动态特性。此简单的阻尼体系可以被广泛应用于任何规格的新安装的索体,或者已经存在的结构上。

■ 优越的耐久性:

高阻尼的橡胶垫,具有较长的设计寿命和较高的疲劳特性。基本不需要进行维护保养,因此可以安装在难以提供维护通道的桥塔上。

■ 可定制特性:

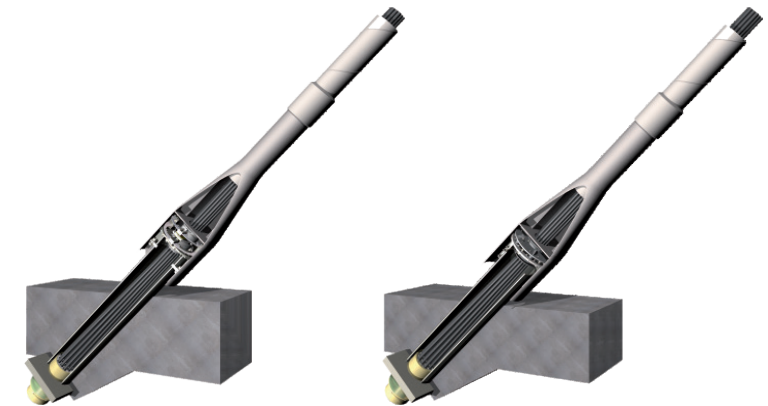
阻尼器的特性,完全取决于橡胶垫的阻尼性能,并且可以通过改变橡胶垫的数量和类型进行调整。阻尼器的特性可以通过加大与锚具之间的距离,或在塔上安装第二个阻尼器,来进一步得到提高。阻尼器的性能与振动模式无关,并且受环境温度及振动频率的影响很小。

■ 结构紧凑,具备建筑审美观点:

VSL Gensui阻尼器能够完全与SSI2000紧凑型斜拉索体系的防撞钢椎管整合到一起。对于已存在的桥梁索体结构,可以作为外部阻尼器包括简单的橡胶垫和紧凑的固定装置。

VSL Gensui阻尼器

VSL Gensui阻尼器可应用于短索或中长索以及矮塔斜拉索等需要中等阻尼的结构。和VSL摩擦阻尼器一样,VSL Gensui阻尼器也可以与SSI2000体系整合,并被保护在防撞钢椎管内。阻尼器可以和斜拉索一起安装,或是在需要的时候再安装。



VSL阻尼体系安装连接

■ 细节(为后来安装的需要)

安装法兰被焊接在导向管端部,防撞钢椎管直径被加大用于后来当索体振动需要被修正时在内部安装VSL阻尼体系。当索体配备有定位器或是约束圈时,不需要安装阻尼器。

■ 索体配备VSL摩擦阻尼器

在不希望索体产生振动的情况下,可以选择使用VSL阻尼体系-摩擦阻尼器或Gensui阻尼器,并且可以在不修改索体组装的条件下进行安装。

■ 提供横向连接

VSL推荐使用阻尼器来有效控制振动,在需要的时候,VSL SSI2000体系同样允许安装拉索横向连接。横向连接能够通过提高索体的固有频率来提高索体产生不稳定的临界风速。但是横向连接只是对整个索面有效,并且横向连接的安装、维护都将花费较大的额外费用。

■ 测试

VSL阻尼器的优越特性已经被一些机构如上海同济大学、香港公路属、韩国公路公司等通过一系列的实际比例的比较性试验而得到了验证,同时也在工地上进行了实际应用和验证。自从20世纪90年代中期,阻尼器的低养护成本已经得到了确认。

智能索体优化方案 AMM超微测 自感知智能监测系统及应用

Acoustic Micro-Measurement | 穿透式全域感知 · 高精度长期稳测 · 工程级可靠耐用

开发背景 / Development Background

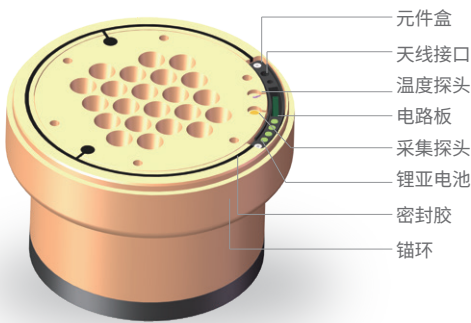
拉索、锚栓等索体是桥梁、风电等重大工程的核心承力“生命线”，长期承受动 / 静荷载，易腐蚀疲劳，安全至关重要。传统监测依赖人工巡检，效率低、成本高、风险大，且数据滞后；现有传感器体积大、安装难、抗干扰弱、寿命短，难以满足高精度、高可靠、长期化、智能化监测需求，亟需技术革新。

产品概述 / Product Overview

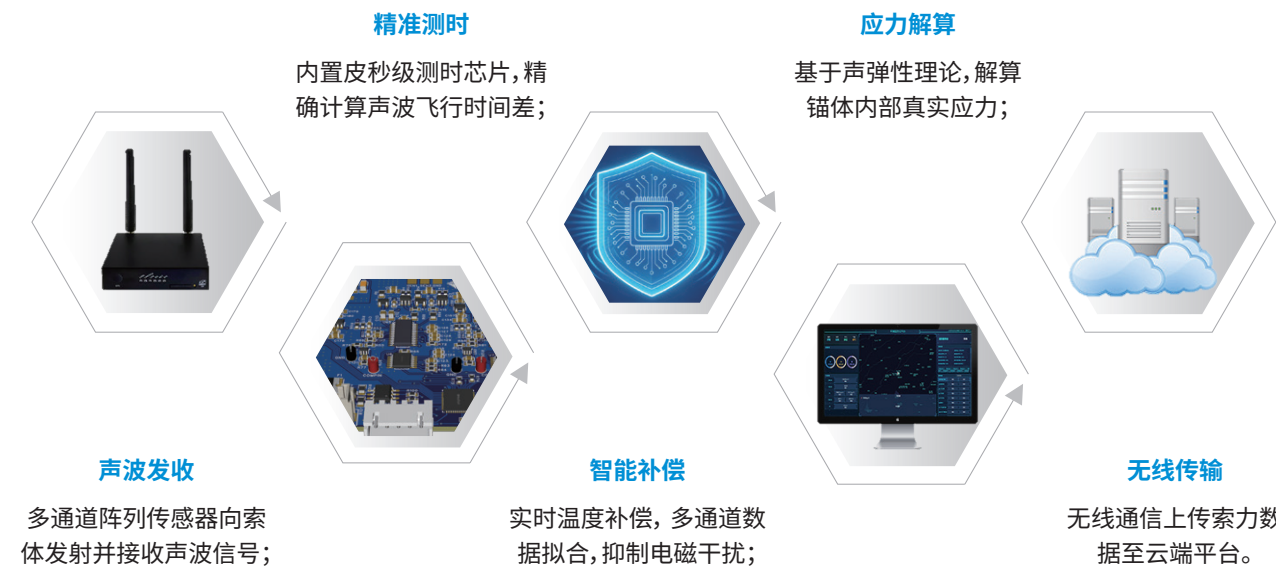
自感知锚具 (AMM 超微测智能监测系统)，是一款集成感知、处理、通信、供电于一体的智能索体监测产品。基于声弹性效应的 AMM 超微测技术，将传感器与锚具深度融合，实现结构即传感器。

无需额外附加设备，适配新旧工程，提供索体原位、实时、长期、高精度一体化健康监测，云端可视化管理，全生命周期安全预警。

结构示意图 / Structural Schematic Diagram



工作原理 / Working Principle



主要技术指标 / Main Technical Specifications

参数项	性能指标
测量精度	±1%~±2% F.S.
分辨率	0.01% F.S.
防护等级	IP67 (完全防尘、防水)
通信方式	LoRa 无线 (免布线)
供电模式	高能电池 (长续航免维护)
工作寿命	≥20 年

技术优势 / Technical Advantages

技术优势	核心内容
集成微型化	芯片级集成，体积小，与普通锚具无异，安装便捷
测量高精度	声弹性原理 + 智能算法，精度高、分辨率高，数据可靠
强抗干扰性	数字信号传输，规避电磁干扰，适配潮湿、腐蚀等恶劣环境
超长服役期	高能电池供电，20 年免维护，IP67 防护，工程级耐用
全生命周期	LoRa 无线免布线，云端平台实时监测、评估、预警、可视化

工程应用 / Engineering Applications

桥梁工程:斜拉桥、悬索桥拉索索力永久在线监测，精准把控拉索张拉应力与永存应力，实时掌握结构受力状态，实时预警断丝、松动风险，评估结构疲劳，保障桥梁运营安全；

风电工程:风机基础锚栓、塔筒锚固监测，长期跟踪应力变化，提升关键部位抗疲劳能力，保障风电设备稳定运行；

重大工程存量改造:针对已服役桥梁、预应力结构，无需大规模拆改，直接替换原有锚具，快速实现智能化监测升级，盘活存量工程安全管控能力。



》》》自感知锚具桥梁应用场景

》》》自感知锚具风电应用场景

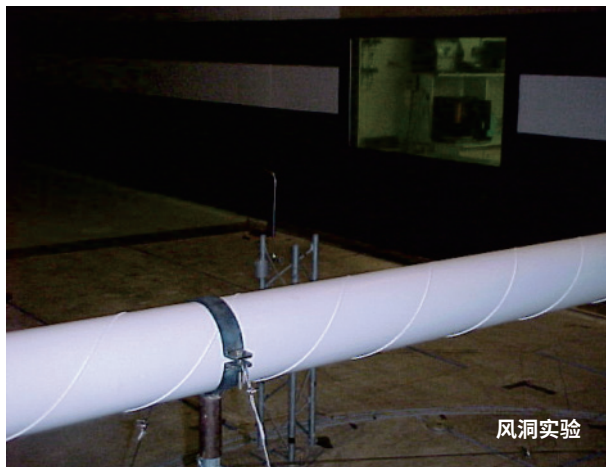
耐久性实验验证

耐久性和疲劳强度是斜拉索设计中最为重要的要求

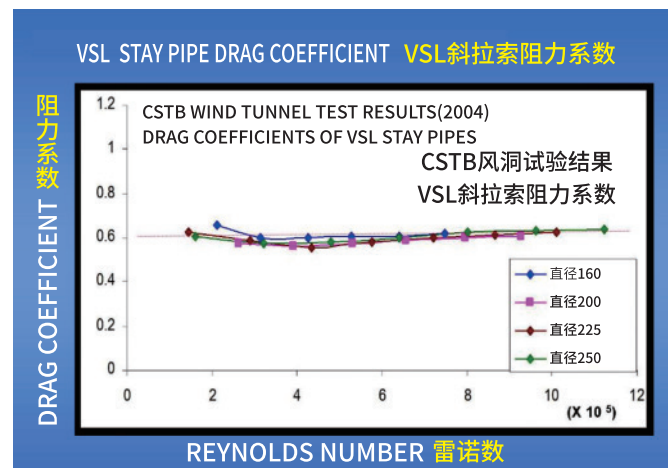
连贯的设计

VSL斜拉索设计寿命在最恶劣的条件下为100年, 满足ISO12944中C4和C5级的要求。在不修改结构的情况下, 可以实现对张拉部件进行完全更换。所有使用的材料都经过仔细挑选, 并且所有部件设计都能够满足最高的耐久性标准要求。

SSI2000的性能甚至超过了PTI和CIP对耐久性最严格的要求。所有不能够直接接近的零部件都在工厂内进行防腐保护并确保在不进行养护的条件下具备100年的设计寿命。对于可以接近以及可以进行更换的部件, 设计为每25年进行一次养护。主要的张拉部件由VSL指定的钢绞线组成, 设计成多层保护体系达到与锚具性能相匹配。VSL负责为每个项目提供详细的养护计划并帮助客户执行养护计划。



风洞实验



风洞实验

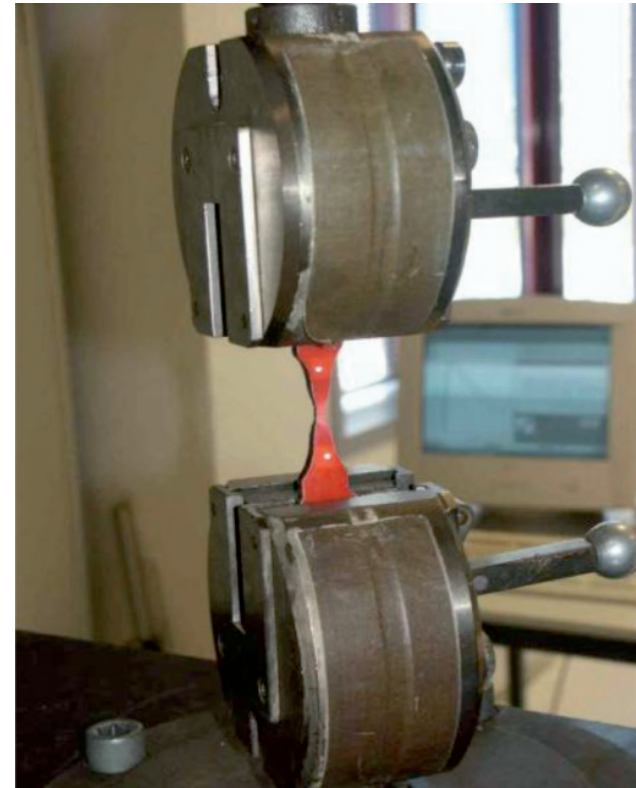
斜拉索外套管的表面设计有连续的双螺旋线凸起,能够有效地抑制风雨激振,并减小索体上的风阻系数。已经通过大量的风洞试验(试验风速70m/s)进行了验证,风阻系数小于0.8。

疲劳实验

遵循PTI、JT/T771和fib对斜拉索体系疲劳性能的要求, VSL斜拉索体系已经通过大量试验进行了验证其体系满足280MPa疲劳应力幅, 45%GUTS上限应力, 200万次的载荷循环, 同时在试验过程中对锚具进行10mrad的角度偏转。



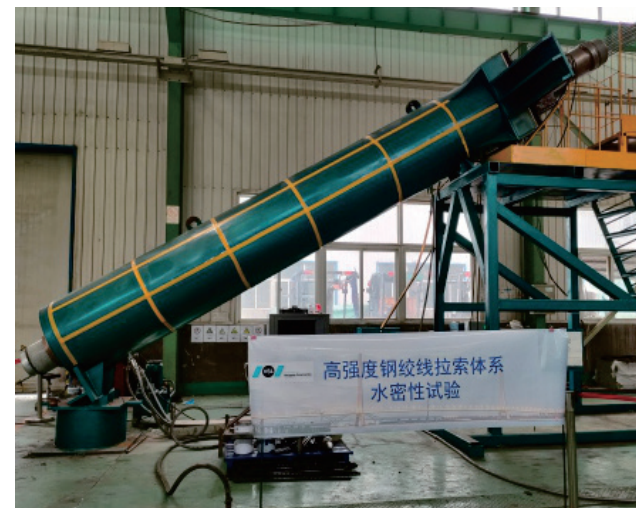
疲劳实验



■ 加速老化实验后对HDPE外套管进行张拉实验

彩色斜拉索外套管加速老化实验

对于自由段斜拉索最外层的保护屏障HDPE外套管, 选择正确的材料和生产控制程序是避免其特性变化的重要环节。久而久之, 老化影响, 紫外线或污染等都将使外套管性能产生衰退。随着发展, 外套管的机械和颜色特性已经通过加速老化试验进行了验证。耐久性是贯穿整个阶段的关键点, 因此, VSL已经准备了专业的施工方法和程序来保证达到安装质量要求以及在运输到项目工地前检测出因运输、吊装和安装导致的损坏。模块化的设计体系允许对任何受损部件进行更换并且不影响施工工期。



■ 水密性实验

锚具水密性实验

就耐久性而言, 锚具是现代斜拉索体系中最脆弱的部分。为了达到从斜拉索自由段至锚具区实现连续的保护, 防止水进入到锚具的表面是至关重要的, 特别对于位置较低的桥面锚具。VSL对SSI2000斜拉索锚具设计了多层密封体系, 并且通过了PTI、JT/T771和FIB对水密性能试验的要求。

填注型鞍座具有与斜拉索体系同等耐久性,钢绞线亦可单根更换

SSI鞍座是市场上第一种可填注鞍座,并且钢绞线可以被单根更换。在鞍座区域内,钢绞线的PE层被剥除。每根钢绞线通过各自的孔道独立穿过鞍座,孔道内填注粘结、具有弹性的密封胶,有效地阻止氧气或其他腐蚀介质接触到钢绞线。已经通过实际比例的疲劳试验证明了鞍座与标准锚具具有等同的疲劳性能,并且不存在摩擦腐蚀。

通过对振动的系统控制来提高耐久性

VSL有两种阻尼器可以有效控制索体的振动:VSL摩擦阻尼器和VSLGensui阻尼器。两种阻尼器都可以在施工过程中安装或是安装在已建成的结构上。阻尼器的设计通过最小化可活动部件的数量同时选择最具耐久性的材料来最大化其耐久性。



VSL鞍座试验



VSL结构监控方案

VSL能够提供结构监控方案。使用传感器对斜拉索进行永久或临时的载荷和变形测量,并且与结构的其它测量设备整合到一起。因此有利于收集所有必要的数用于对结构的养护方索进行优化,验证设计假定,诊断机械失效和检测任何早期的损坏。

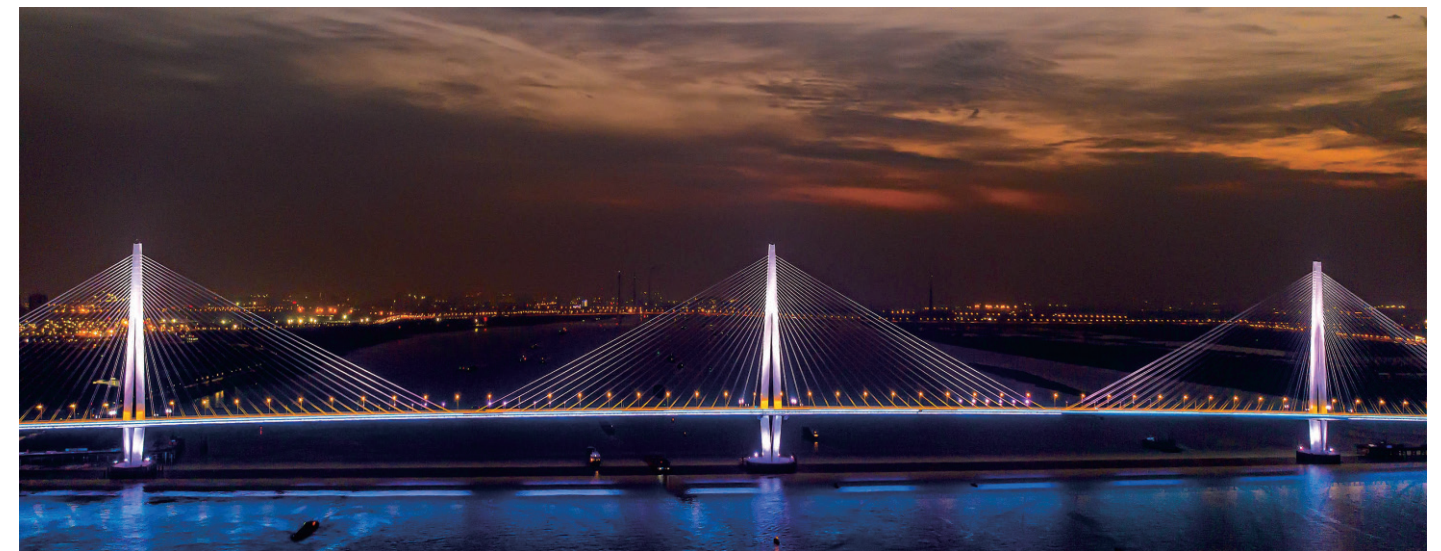
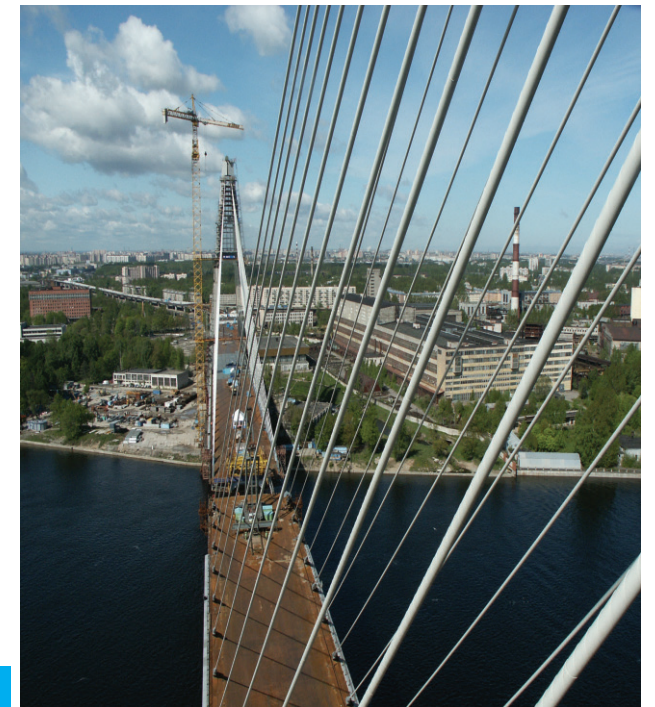
斜拉索的耐久性要求

- fib明确规定了桥梁斜拉索体系的设计寿命为100年,并且需要进行正常的维护保养。
- CIP推荐斜拉索体系中可更换部件的设计寿命为50年,不可更换部件的设计寿命为100年,并且需要明确养护间隔周期。

斜拉索使用寿命表

在较恶劣的气候环境条件下

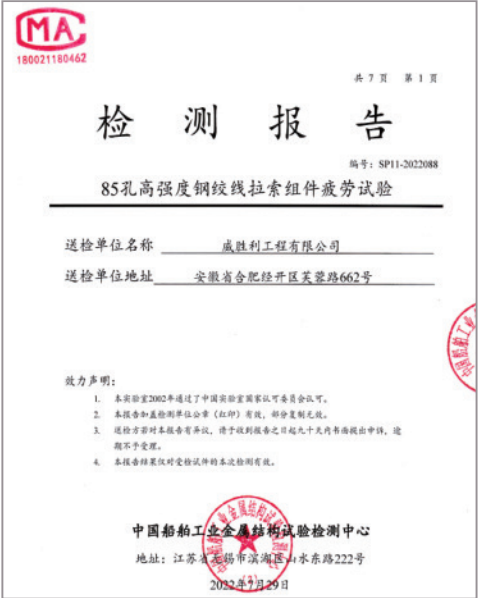
斜拉索设计寿命	是否可养护或更换	防腐设计要求	初始防腐要求	养护间隔时间
100年	可更换	25年	25年	25年
	不可更换但可维护	进行养护达100年	25年	15年
	不可更换和维护	100年	100年	免维护



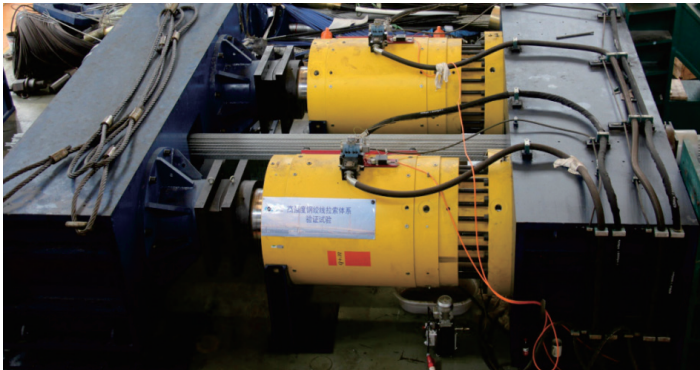
VSL SSI 2100EW 高强钢绞线斜拉索体系

VSL High-strength steel strand stay cable system

目前国内外应用于斜拉索工程实践的钢绞线,其标准抗拉强度常用级别为1860MPa。为适应大跨度、重载荷桥梁的飞速发展,自2019年起,VSL携国内顶尖钢绞线生产厂家致力于高强高抗疲劳应力幅钢绞线斜拉索的研发,并成功研发出高强度(2100MPa)且高抗疲劳应力幅(280MPa)钢绞线斜拉索体系。根据斜拉桥委员会PTI DC45.1-18《斜拉索设计、试验与安装条例》标准要求,拉索索体抗疲劳应力幅280MPa则钢绞线本体抗疲劳应力幅为380MPa、单根钢绞线与锚具匹配应力幅为350MPa。对多组单孔锚具、多组多孔位锚具,参照JT/T771-2009《无粘结钢绞线斜拉索技术条件》试验要求在第三方权威机构进行全比例斜拉索锚具的疲劳及静载试验。经试验验证,高强高抗疲劳应力幅钢绞线斜拉索体系满足相关标准要求。



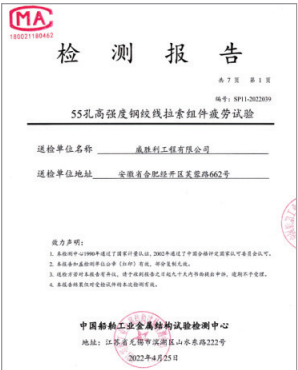
试验参数：钢绞线强度：2100MPa；疲劳试验上限应力：45%fpm；抗疲劳应力幅：280MPa；
试验次数：200万次



高强度钢绞线拉索组件疲劳验证试验



55孔高强度钢绞线拉索组件疲劳验证试验



表A1 斜拉索的主要技术参数 (f_{ptk} =2100MPa)

斜拉索规格型号	钢绞线束公称截面积 mm ²	钢绞线束单位重 kg/m	索套管最大外径 (F) mm	公称破断索力 kN	设计索力 kN
SSI 2100EW 6-12	1680	13.2	125	3528	1588
SSI 2100EW 6 -19	2660	20.9	140	5586	2514
SSI 2100EW 6-22	3080	24.2	160	6468	2910
SSI 2100EW 6-31	4340	34.1	160	9114	4101
SSI 2100EW 6-37	5180	40.7	180	10878	4895
SSI 2100EW 6-43	6020	47.3	200	12642	5689
SSI 2100EW 6-55	7700	60.6	200	16170	7276
SSI 2100EW 6-61	8540	67.2	225	17934	8070
SSI 2100EW 6-73	10220	80.4	250	21462	9658
SSI 2100EW 6-85	11900	93.6	250	24990	11245
SSI 2100EW 6-91	12740	100.2	280	26754	12039
SSI 2100EW 6-109	15260	120.0	315	32046	14421
SSI 2100EW 6-127	17780	139.8	315	37338	16802

技术创新点

- (1) 首次研发桥梁斜拉索用强度 (2100MPa)、本体抗疲劳应力幅 (380MPa) 钢绞线；
- (2) 首次研发出高强 (2100MPa)、高应力幅 (280MPa) 平行钢绞线斜拉索体系,包括锚具、加强型夹片、强化后外护套管等；
- (3) 结合施工安装工艺的研究,为减小斜拉索风阻影响,首次提出采用缩小型护套管的斜拉索体系；
- (4) 首次完整研究了斜拉索用主动和被动的防冰害措施,并建议研究成果收入行业标准。

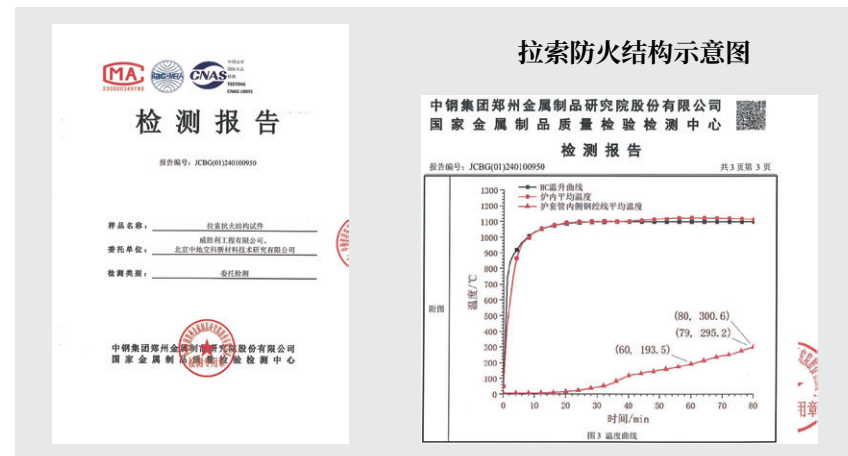
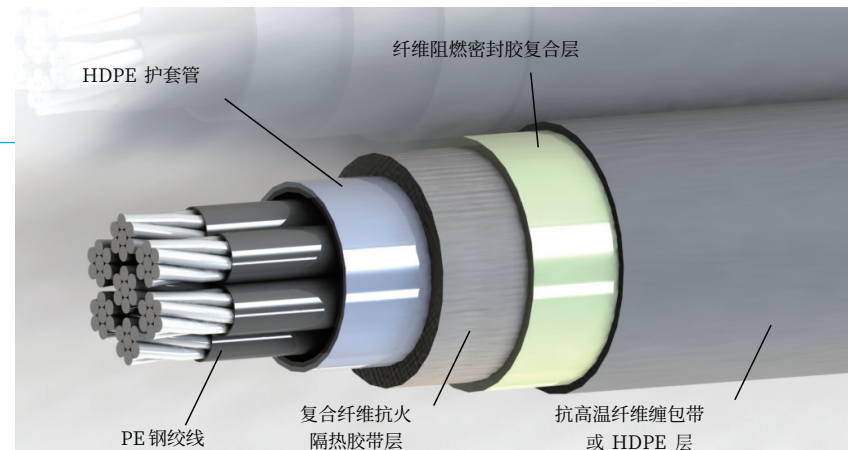
经济效益

钢绞线在斜拉索中占有较大的比重,从拉索抗拉强度性能比较而言,在相同设计索力条件下,采用2100MPa钢绞线相对于1860MPa钢绞线的用量将降低11%以上,拉索根数相应减少。如:桥梁采用1860MPa钢绞线4000吨,若采用2100MPa钢绞线仅需3550吨,成本减少11%左右;因采用高强度钢绞线,斜拉索规格减小,结合采用缩小护套管工艺,护套管材料用量也可减少15%左右。

VSL 拉索防火防冰

防火性能

VSL拉索防火体系采用FCFR 防火密封技术,在HDPE护套管外 包覆玄武岩纤维抗火隔热带和玄 武岩胶布复合带,设计具备耐火、 隔热、阻燃、密封功能的缆索防护 体系,该体系满足950°C~1100°C 环境下,60 min内索体表面不超 过300°C,保障桥梁结构和人车安 全,并为应急数援预留充分反应时 间。



防冰性能



对斜拉索护套管外层料进行疏水改性,通过 引发剂将氟硅有机小分子接枝在聚乙烯大分子 链上,建立起牢固的化学键,大大降低了聚乙烯 的表面能,形成稳定的表面超疏水层,大幅降低 冰与材料表面的附着力,使冰聚乙烯附着强度 <0.005Mpa,冰极易在自然力(如重力、风和振动 等)作用下从护套管表面脱落,具有一定防冰性 能,降低灾害程度。



预应力拉索产品 拉索防火防冰性能

Cable Performance in Fire Resistance and Ice Prevention



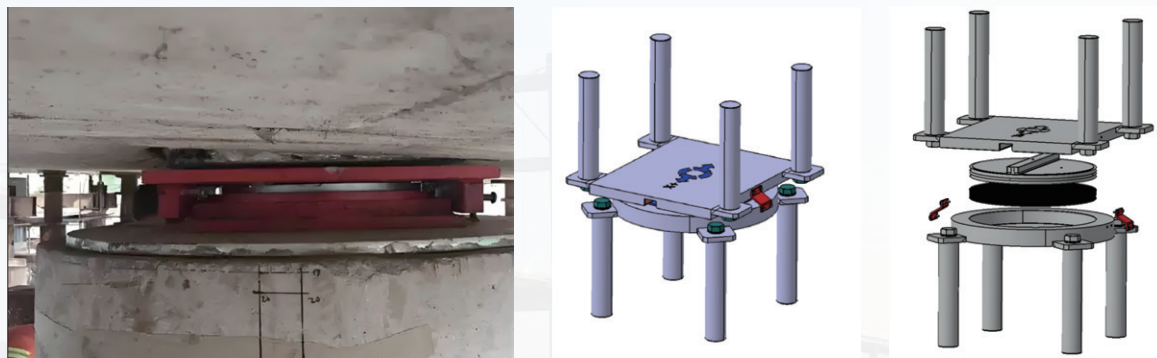
减震支座

VSL 盆式橡胶支座

盆式橡胶支座由顶板组件、活塞组件、橡胶组件和盆座组件组成。顶板组件和盆座组件均采用高强钢板制成，具有一定的刚度和强度，能够承受桥梁的垂直荷载。橡胶组件则嵌在盆座中，通过橡胶的弹性变形来适应桥梁的水平位移和转角。

盆式橡胶支座能够承受桥梁的垂直荷载，将上部结构的重量均匀地传递给下部结构。能够适应桥梁因温度变化、车辆荷载等因素引起的水平位移和转角，保持桥梁的稳定性和安全性；具有一定的减振降噪功能，能够减少车辆行驶对桥梁的冲击和振动，提高桥梁的舒适性和使用寿命。

盆式橡胶支座具有承载能力强、适应性强、减振降噪、维修方便等特点。



健康监测

Health Monitoring

威胜利工程有限公司 (VSL中国) 专注于桥梁和结构工程，提供包括桥梁健康监测在内的多种服务。桥梁健康监测是一种重要的技术手段，用于确保桥梁的安全运营。这项技术通过实时监测和分析桥梁结构的状态，可以及时发现并处理桥梁的病害，避免事故的发生。

桥梁健康监测系统通常包括传感器、数据采集与处理单元、通信系统和监控软件等组成部分。

传感器负责监测桥梁的各个部件，如桥墩、桥塔、桥面等，并将监测到的数据转换为电信号发送给数据采集单元。数据采集单元对传感器收集到的数据进行整理和初步处理，然后通过通信系统将数据传输至监控中心。监控软件则对数据进行进一步的分析和评估，生成监测报告和预警信号。

Health Monitoring

维修加固

Maintenance and Strengthening



多股预应力加固系统

单股预应力加固系统



深圳西部通道——香港
架桥机施工

昂船洲大桥——香港
重型起吊

Figueira Da Foz Bridge repair, 葡萄牙
修复加固

中国已成为世界第一桥梁大国，但同时也进入了桥梁垮塌等安全事故高发期。据统计，我国公路路网中在役桥梁40%服役超过20年，技术等级为三、四类的带病桥梁达30%，15%的桥梁（约10万座）为危桥，存在严重的安全隐患。桥梁在使用过程中会出现裂缝、露筋、腐蚀等病害，这些病害不仅影响桥梁的使用性能，还可能对公路交通安全产生严重威胁。

国内桥梁病害现状严峻，需要通过提升桥梁健康监测技术水平、加强桥梁维护管理、制定科学合理的维护策略等措施来改善。同时，政策支持和技术创新也将在解决桥梁病害问题中发挥重要作用。

VSL公司在结构加固与维修、桥梁常见病害检查、桥梁支座更换、体外预应力管道维修等方面提供可行性解决方案，保障交通安全、延长桥梁使用寿命。

Other Products and Services



桥梁业绩分布



安徽建工公路桥梁建设集团有限公司



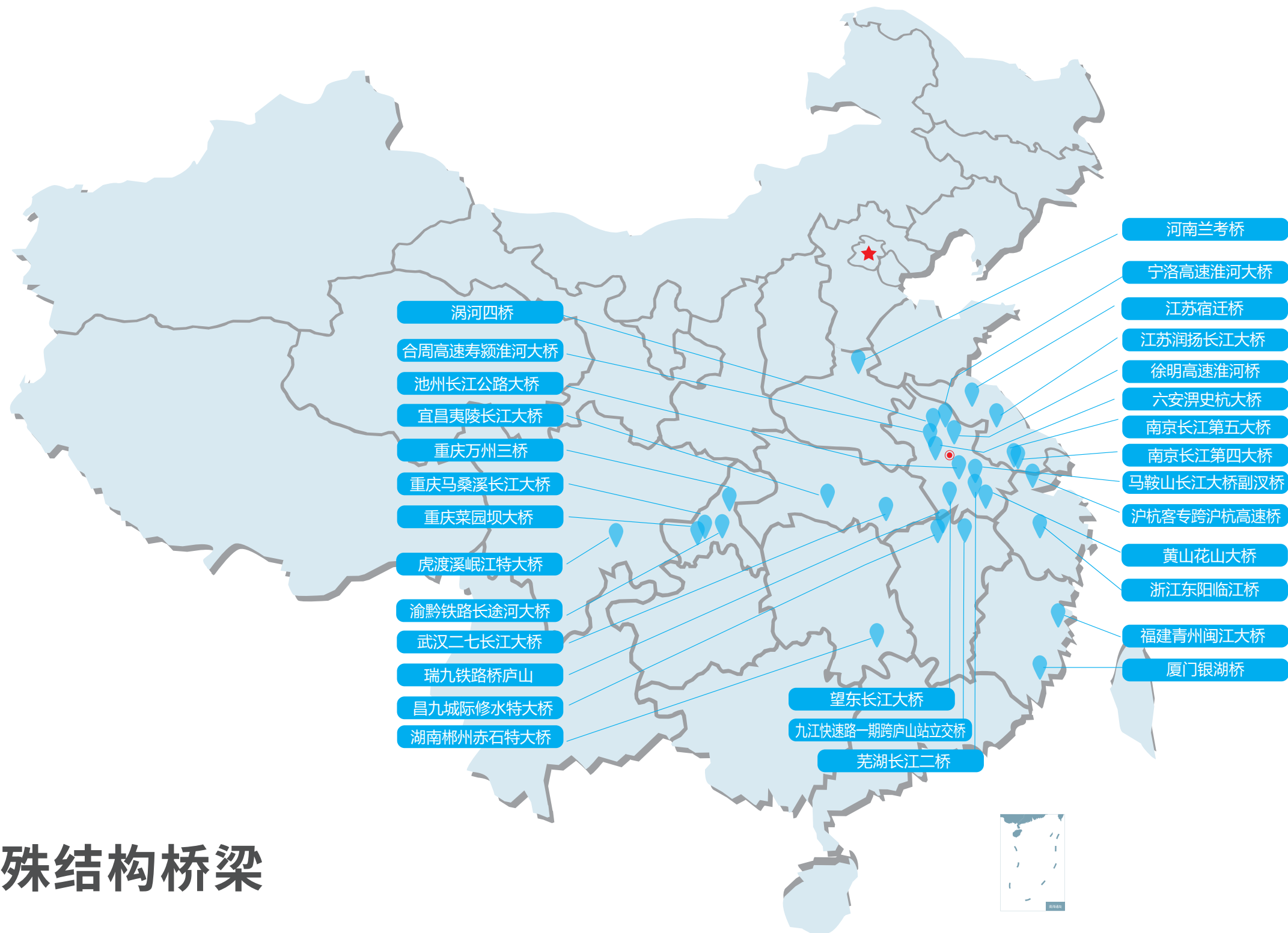
中国建筑第七工程局

中交二公局、二航局、三公局、三航局

重庆市渝通公路工程总公司

浙江金顺路桥建设有限公司

.....



国内近100座特殊结构桥梁

VSL斜拉索体系案例展示(中国)



马鞍山长江公铁大桥副汉航道桥—SSI 2100EW钢绞线斜拉索体系

代表国际领先水准的2100MPa高强度钢绞线斜拉索体系首次应用；VSL提供斜拉索材料供应、安装施工管理



南京长江第五大桥

全长4400米，桥宽30.5米。主桥斜拉索及引桥体外索均由VSL负责供货及施工安装



池州长江公路大桥

国内同期同类型跨径最大桥梁(主跨828m)，VSL提供斜拉索材料供应、安装施工管理



芜湖长江公路二桥

大桥位于中国安徽省芜湖市，主桥长1622米，主跨806米，施工中采用VSL体外索体系



武汉二七长江大桥

VSL提供斜拉索材料供应、安装施工管理

**万州长江大桥三桥**

VSL摩擦阻尼器供应、安装施工管理

**江苏润扬长江大桥**

VSL提供斜拉索材料供应、安装施工管理

**闽江青洲大桥**

VSL提供斜拉索材料供应、安装施工管理

**宁洛高速淮河特大桥—环氧钢绞线斜拉索体系**

VSL提供斜拉索材料供应

**九江市新建快速路转体桥—SSI 2000斜拉索体系**

VSL提供斜拉索材料供应、安装施工管理

**重庆菜园坝长江大桥**

应用了VSL 6-85/91系杆体系,VSL提供系杆索材料供应、安装施工管理

VSL SSI 鞍座案例展示(中国)



瑞九铁路桥, 中国
鞍座规格: 6-37, 6-43



孔城河大桥, 中国
鞍座规格: 6-27, 6-31

“



长途河大桥, 中国
鞍座规格: 6-61, 6-73



徐明路桥, 中国
鞍座规格: 6-27, 6-43

”

国外案例赏析



Kwidzyn Bridge, 波兰

同期欧洲最长的矮塔斜拉桥, 全长 808 米, 主跨 204 米, VSL 提供斜拉索供应及安装



Hodariyat Bridge, 阿联酋

斜拉索及鞍座供应和安装



Puente La Unidad Bridge, 墨西哥

合资项目, VSL 提供项目管理, 完全的技术和方案支持, 以及提供 SSI2000 斜拉索体系的安装和普通预应力安装



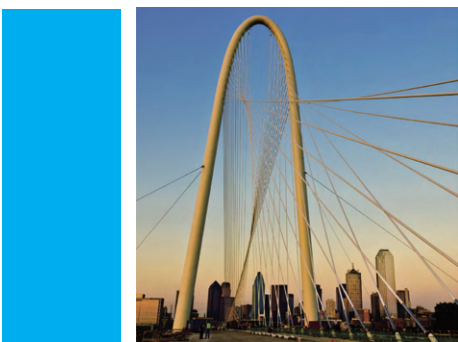
Neva 2 Bridge, 俄罗斯

斜拉索供应和安装, 索体上安装 VSL 摩擦阻尼器



Koshiki Daimyojin Bridge, 日本

技术咨询和供应预制斜拉索



Margaret Hunt Hill Bridge, 美国

全长 367 米, 在 30 天内供应并安装 58 根 VSL SSI 2000 斜拉索



Mersey Bridge, 英国

全长 998 米, 设有 3 座桥塔, 主跨 318 米, 采用 VSL SSI 2000 体系, 索体安装 VSL 摩擦阻尼器



Papendorpse Bridge, 荷兰

最大斜拉索规格 6-120



Ponte Europe Bridge, 葡萄牙

186 米主跨——最大 91 根钢绞线索体



Peldar Bridge, 哥伦比亚

VSL 鞍座和监测体系



Nguyen Van Troi - Tran Thi Ly Bridge, 越南

斜拉索供应和安装, 索体安装 VSL 摩擦阻尼器



Woonam Bridge, 韩国

VSL 鞍座设计实现了索体可更换

VSL分布和联系方式

Worldwide

VSL国际集团公司

Scheibenstrasse 70 - 伯尔尼
CH-3014 - 瑞士

Phone: +41 58 456 30 00

Fax: +41 58 456 30 95

◆ 美洲

阿根廷

VSL Sistemas Especiales de
Construcción Argentina S. A.
布宜诺斯艾利斯
Phone: +54 11 5272 87 52

加拿大

Vorspann Systems Ltd
多伦多
Phone: +1 416 631 5069

智利

VSL Sistemas Especiales de
Construcción S.A.
圣地亚哥
Phone: +56 2 2571 67 00

哥伦比亚

VSL Sistemas Especiales de
Construcción S.A.S.
波哥大
Phone: +571 226 6230

墨西哥

VSL Corporation Mexico S.A. de C.V.
墨西哥
Phone: +52 55 55 11 20 36

秘鲁

VSL Peru S.A.C
利马
Phone: +51 14 363 564

美国

Structural Technologies *
巴尔的摩, 马里兰州
Phone: +1 410 850 7000

◆ 非洲

南非

VSL Construction Solutions
(Pty) Ltd *
约翰内斯堡
Phone: + 27 10 492 1811

突尼斯

VSL Switzerland Tunisia Branch
TUNIS
Phone: +216 70 728 473

◆ 欧洲

捷克

VSL Systémy /CZ/, s.r.o.
布拉格
Phone: +420 251 091680

法国

VSL France S.A.
(Bouygues TPRF) *
拉贝格
Phone: +33(0)5 3365 9659

波兰

VSL Polska Sp.o.o.
华沙
Phone: +48 22 849 2209

葡萄牙

VSL Sistemas Portugal SA
帕科德阿尔科斯
Phone: +351 21 445 8310

西班牙

VSL Construction Systems SA
巴塞罗那
Phone: +34 93 289 2330

瑞士

VSL (Switzerland) Ltd.
伯尔尼
Phone: +41 58 456 3000

英国

VSL System (UK) Ltd
伦敦
Phone: +44 020 740 11321

◆ 澳洲

澳大利亚

VSL Australia Pty Ltd
新南威尔士州
Phone: +61 2 9484 5944

◆ 亚洲

中国

VSL Engineering Corp., Ltd.
(China)
合肥
Phone: +86 551 6382 2918

香港

VSL Hong Kong Ltd.
柴湾
Phone: +852 2590 2288

印度

VSL India Private Ltd.
钦奈
Phone: +91 44 4225 1111

印度尼西亚

PT VSL Indonesia
雅加达
Phone: +62 21 570 0786

日本

VSL Japan Corporation *
东京
Phone: +81 3 3346 8913

马来西亚

VSL Engineers (M) Sdn. Bhd.
吉隆坡
Phone: +60 3 7981 4742

缅甸

VSL Myanmar Co., Ltd.
仰光
Phone: +95 92 500 12611

菲律宾

VSL Philippines Inc.
曼达卢永市
Phone: +632 723 1395

新加坡

VSL Singapore Pte. Ltd.
新加坡
Phone: +65 6559 1222

越南

VSL Vietnam Ltd.
河内
Phone: +84 24 3976 5088

胡志明市

Phone: +84 28 3810 6817

◆ 中东

阿曼苏丹国

VSL Muscat LLC
马斯喀特
Phone: +971 4 885 7225

阿拉伯联合酋长国

VSL Middle East LLC
迪拜
Phone: +971 4 885 7225

Vorspann System Intrafor
Contracting Llc
阿布扎比
Phone: +971 4 885 7225

沙特阿拉伯王国

VSL Saudi Arabia LLC
利雅得
Phone: +966 11 460 2866

卡塔尔国

VSL Middle East (Qatar) LLC
多哈
Phone: +971 4 885 7225

www.vsl.com