

团 体 标 准

T/CCTAS 61—2023

桥梁承重缆索抗火密封综合防护技术规程

Technical specification for comprehensive protection of fire-resistant sealing
of bridge load-bearing cables

2023-09-12 发布

2023-10-01 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前言..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 通用要求..... 2

5 防护结构要求..... 3

 5.1 一般规定..... 3

 5.2 防火密封综合防护要求..... 3

 5.3 防护结构类型、型式和设计参数..... 4

 5.4 防火密封综合防护典型结构..... 4

 5.5 防护结构分级技术指标..... 6

6 材料要求..... 6

 6.1 纤维密封胶带..... 6

 6.2 纤维抗火隔热带..... 8

 6.3 纤维密封缠包带..... 8

7 施工要求..... 9

 7.1 一般规定..... 9

 7.2 首件段..... 9

 7.3 施工要求..... 9

8 质量控制及验收..... 10

 8.1 原材料检验及验收..... 10

 8.2 施工质量及验收..... 10

附录 A（规范性） 气密性抗压力试验..... 12

 A.1 试验目的..... 12

 A.2 试件制备..... 12

 A.3 试验步骤..... 12

 A.4 试验结果判定..... 12

附录 B（规范性） 防火燃烧试验..... 13

 B.1 试验目的..... 13

 B.2 试件制备..... 13

 B.3 试验步骤..... 13

 B.4 试验结果判定..... 14

附录 C（资料性） 防火密封综合防护结构施工方法..... 15

 C.1 FrS- I 、FrS- II 综合防护结构施工..... 15

 C.2 FrS-III、FrS-IV 综合防护结构施工..... 15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：扬州大学、江苏天龙玄武岩连续纤维股份有限公司、中交公路规划设计院有限公司、保利长大工程有限公司、同济大学、安徽省交通控股集团有限公司、广州珠江黄埔大桥建设有限公司、中交特种工程有限公司、江苏高速公路工程养护技术有限公司、江苏中矿大正表面工程技术有限公司、上海浦江缆索股份有限公司、华纤科学技术（深圳）集团有限公司、江苏润扬大桥发展有限责任公司、华煜建设集团有限公司、北京路桥瑞通科技发展有限公司、重庆大有表面技术有限公司、中交一公局第三工程有限公司、北京中地交科新材料技术研究有限公司、安徽交控道路养护有限公司、北京中路创豪工程设计咨询有限公司。

本文件主要起草人：张少锦、邬惠娟、胡斌、阮欣、廖树忠、易小年、张立奎、康壮苏、李捷、李双、张海良、夏晓亮、朱尚清、任玉中、罗永传、郭悬、朱彦、赵超、杨志刚、李鹏、王勇、韩涛、赵磊、薛晓薇、赵先民、王旭东、倪雅、弋安、陈占力、刁鹏程、彭银辉、黄俊、孙文丽、谭利华、邓军、牟军、何博、何旭初、张啸晨、霍宁宁、梁晓翀、刘俊、张惠宇、廖玲、王帅、陈胜、周艳。

引 言

现行规范中，桥梁缆索防护结构对振动使用工况和火损致灾问题考虑较少。实际运营中，缆索防护层作为保护桥梁承重缆索耐久使用和安全使用的关键结构，出现早期开裂导致防腐失效的普遍问题和受火灾威胁影响使用安全的突出问题。为确保桥梁缆索使用可靠性，须对防护结构进行功能重构、性能提升和材料、工艺更新，特制定本文件。





桥梁承重缆索抗火密封综合防护技术规程

1 范围

本文件规定了桥梁承重缆索抗火密封的通用要求、结构要求、材料要求、施工要求和质量控制及验收等内容。

本文件适用于新建和在役桥梁承重缆索抗火密封综合防护的设计、施工、质量控制和验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法
- GB/T 1725 色漆、清漆和塑料不挥发物含量的测定
- GB/T 1865 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射暴露滤过的氙弧辐射
- GB/T 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法标准
- GB/T 3820 纺织品和纺织制品厚度的测定
- GB/T 7689.2 增强材料 机织物试验方法 第2部分：经、纬密度的测定
- GB/T 7689.5 增强材料 机织物试验方法 第5部分：玻璃纤维拉伸断裂强度和断裂伸长的测定
- GB/T 9914.3 增强制品试验方法 第3部分：单位面积质量的测定
- GB/T 18365 斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索
- GB 23864 防火封堵材料
- GB/T 31838.4 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第4部分：电阻特性（DC方法） 绝缘电阻
- GA/T 714 构件用防火保护材料 快速升温耐火试验方法
- HB 5242 室温硫化密封剂不粘期试验方法
- HB 5243 室温硫化密封剂流淌性试验方法
- HG/T 2580 橡胶或塑料涂覆织物 拉伸强度和拉断伸长率的测定
- HG/T 5600 桥梁缆索防腐缠包带
- JT/T 694 悬索桥主缆系统防腐涂装技术条件
- JTG/T 3365-01 公路斜拉桥设计规范
- JTG/T D65-05 公路悬索桥设计规范
- YB/T 4130 耐火材料 导热系数试验方法（水流量平板法）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

缆索抗火防护 fire resistance protection of cables

在缆索索体结构表面实施具有耐高温、隔热、阻燃、抗振动变形和力学拉伸性能的抗火防护结构。

3.2

缆索高韧密封防护 high-toughness sealable protection of cables

在缆索索体结构表面实施具备密封、阻燃、抗振动变形、抗气体压力、耐老化等性能的密封防护结构。

3.3

缆索抗火密封综合防护 fire resistance sealing comprehensive protection

在缆索索体表面实施抗火防护和高韧密封组合的防护结构，简称FrS。

3.4

阻燃密封胶 flame-retardant sealant

一种耐高温大于600℃、工作温度大于300℃、离火熄灭的单组份、中性固化有机胶。

3.5

玄武岩纤维专业布 basalt fiber fabric

玄武岩纤维经过特殊编织、涂敷、固边等工艺加工而成的网格布或平纹布。

3.6

纤维密封胶带 fiber sealant tape

阻燃密封胶和玄武岩纤维专业布组合而成的无缝密封柔性防火防水结构。

3.7

纤维抗火隔热带 heat-insulation zone of fire-resistance in fiber

玄武岩纤维经特殊织造而成的多孔纤维带状柔性结构材料。

3.8

纤维密封缠包带 fiber sealing wrapping tape

耐高温阻燃胶和玄武岩纤维专业布热压合成的带状柔性耐高温防水卷材。

4 通用要求

4.1 缆索抗火防护设计前，应进行桥梁火灾环境和使用条件的调研与评估。

4.2 缆索抗火防护设计宜实行分级防护，缆索高韧密封防护设计宜根据缆索类型进行。

4.3 在役桥梁承重缆索抗火密封综合防护可在原有缆索结构上实施。

4.4 新建桥梁承重缆索抗火密封综合防护应按以下原则实施：

- a) 悬索桥主缆在完成缠丝后实施抗火密封防护，缠丝之前的防护设计及施工应符合 JTG/T D65-05 和 JT/T 694 相关要求；
- b) 斜拉索和吊索（杆）抗火密封防护可工厂一体化制造，也可挂索前现场实施，工厂一体化制造应符合 JTG/T 3365 和 GB/T 18365 的要求；
- c) 工厂一体化制造斜拉索和吊索（杆）应内置纤维抗火隔热带；
- d) 工厂一体化制造斜拉索和吊索（杆）HDPE 护套外层宜增设纤维密封缠包带。

4.5 斜拉索和吊索（杆）在抗火密封综合防护时应同步实施锚头的抗火密封综合防护。

4.6 密封防护结构整体抗气体压力应符合设计要求。

4.7 现场密封防护应采用纤维密封胶带或纤维密封缠包带实施。

- 4.8 防火材料应兼具抗力学变形性能和机械施工性能，且应与密封材料兼容。
- 4.9 施工前应进行实索气密性抗压力试验和防火燃烧试验。

5 防护结构要求

5.1 一般规定

- 5.1.1 防护结构应根据缆索长期持荷、颤振、内外压力差等使用环境和养护要求进行设计。
- 5.1.2 防护结构应满足缆索索体和锚固体系不受外部腐蚀环境和火灾事故影响的防护要求。

5.2 防火密封综合防护要求

- 5.2.1 防护结构设计使用寿命应不小于20年。
- 5.2.2 防护结构应符合以下要求：
- a) 火灾时防护结构应不燃烧、钢丝表面温度应不超过 300℃、锚固体系锚头温度应不超过铸锚材料设计退锚温度；
 - b) 使用期内密封无泄漏，密封承气压差大于 0.1MPa；
 - c) 结构应柔韧降振，能抵抗外力碰撞。
- 5.2.3 防火防护结构设计应确定以下项目：
- a) 火灾类型和燃烧时间等；
 - b) 温度场分布及高度等；
 - c) 防火结构类型和设计参数。
- 5.2.4 火灾类型按车辆装载货物特征分为小汽车、客车、货车和油罐车四种代表车型，其火场参数按表1取用。

表 1 不同类型车辆火场参数

火灾类型	火场尺寸 (m×m)	热释放速率 (Mw)	升温时间 (min)	火灾最大持续时间 (min)	火灾持续时间取值 (min)
小汽车火灾	1.5×4	5	11.2	45	45
客车火灾	2×6	30	8.2	90	
货车火灾	4×6	80	6.7	100	
油罐车火灾	6.9×12	200	7.5	120	

- 5.2.5 火灾温度场分布及高度按表2取用。

表 2 不同类型火灾温度场分布高度（m）

火灾类型	火场温度（℃）												
	1008	984	934	900	800	700	600	569	550	500	400	350	300
油罐车火灾	1	—	—	5.7	7.7	9.7	11.8	—	12.9	14.2	17.3	19.3	22.1
货车火灾	—	1	—	5.5	7.7	9.4	11.3	—	12.2	12.9	15.1	16.1	17.9
客车火灾	—	—	1	1.7	3.9	4.9	5.8	—	6.2	6.7	7.8	8.4	9.2
小汽车火灾	—	—	—	—	—	—	—	1	1.2	1.4	2	3.5	2.9

5.3 防护结构类型、型式和设计参数

防护结构类型、设计参数、防护结构组成、适用范围，按表3取用。

表 3 防护结构类型设计参数

结构类型	设计参数	防护结构组成	适用范围
FrS-I	耐 600℃，30min；密封承压压差大于 0.1MPa	阻燃密封胶（1 层胶 1 层布）+纤维密封缠包带，或者纤维密封胶带（4 层胶 3 层布）	高度>12m，货车限行桥梁
FrS-II	耐 900℃，45min；密封承压压差大于 0.1MPa	纤维密封胶带（3 层胶 2 层布）+纤维密封缠包带	高度>6m，危化品车限行桥梁
FrS-III	耐 1100℃，60min；密封承压压差大于 0.1MPa	单层 3.5mm 防火隔热带+纤维密封胶带（3 层胶 2 层布）+纤维密封缠包带，或者单层 3.5mm 防火隔热带+纤维密封胶带（4 层胶 3 层布）	高度≤12m，45min 内开展有效救援桥梁
FrS-IV	耐 1100℃，120min；密封承压压差大于 0.1MPa	双层 7mm 防火隔热带+纤维密封胶带（4 层胶 3 层布）+纤维密封缠包带	高度≤12m，救援条件较差桥梁

注 1：高度指桥面之上垂直高度。
注 2：纤维密封缠包带宜采用阻燃密封胶黏贴。
注 3：防火隔热带宜采用阻燃密封胶或一体化自黏胶黏贴。

5.4 防火密封综合防护典型结构

5.4.1 在役桥梁承重缆索防火密封综合防护典型结构

在役桥梁承重缆索防火密封综合防护典型结构见图1。

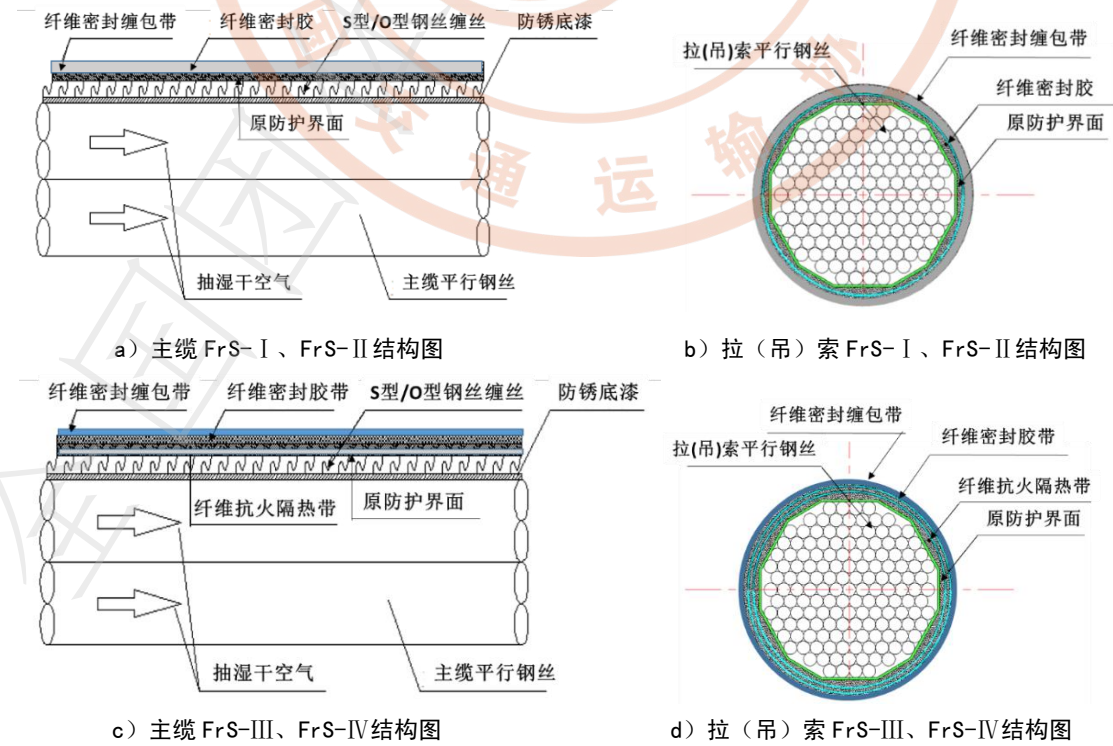


图 1 在役桥梁主缆防火密封综合防护典型图

5.4.2 新建桥梁承重缆索抗火密封综合防护典型结构

新建桥梁承重缆索抗火密封综合防护典型结构见图2。

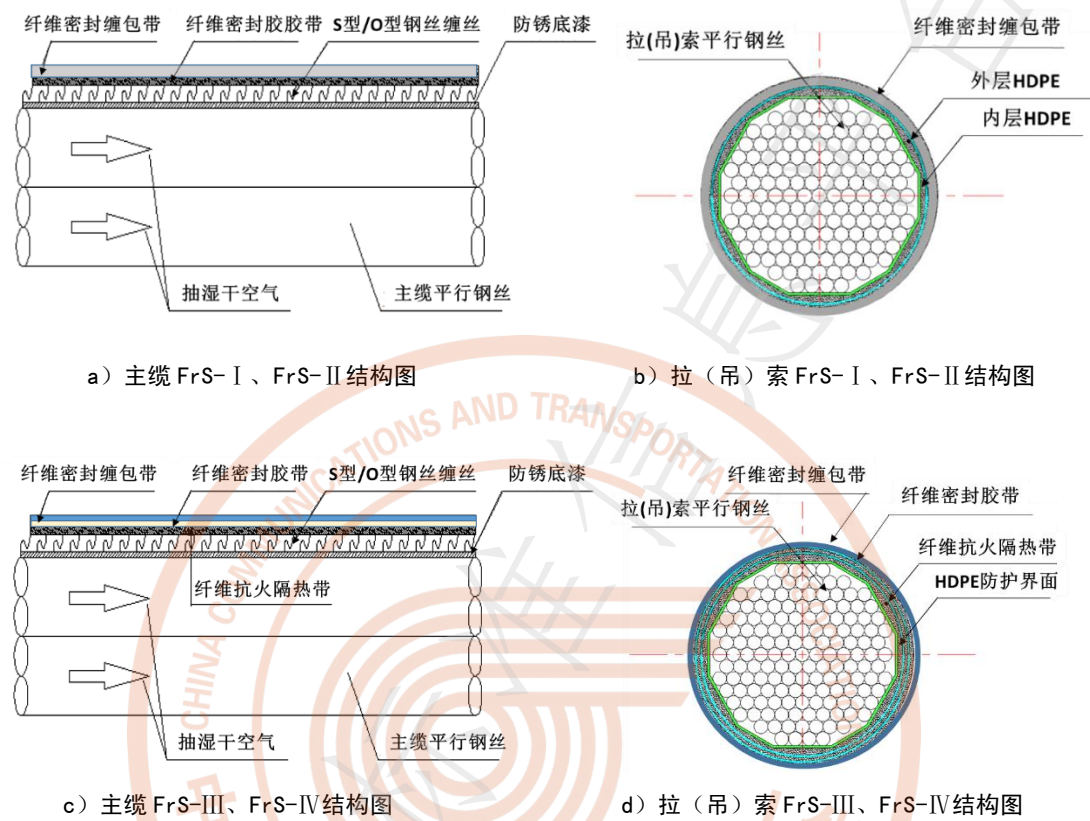


图 2 新建桥梁主缆抗火密封综合防护典型图

5.4.3 悬索桥主缆索夹抗火密封综合防护典型结构

主缆索夹抗火密封综合防护典型结构图见图3。FrS防护结构应实施至索夹变断面处，索夹渐变段宜采用纤维拌合阻燃密封胶填充。

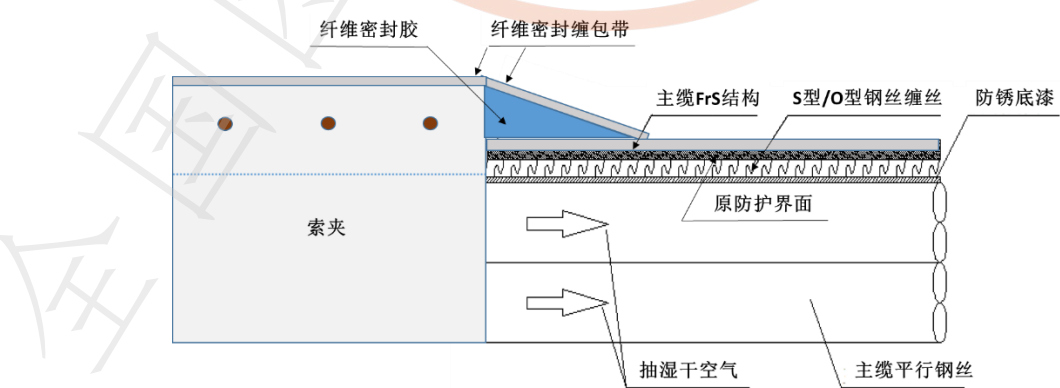


图 3 主缆索夹抗火密封综合防护典型结构图

5.4.4 工厂制造斜拉索和吊索（杆）抗火密封综合防护典型结构

工厂制造斜拉索和吊索（杆）综合防护典型结构见图4。

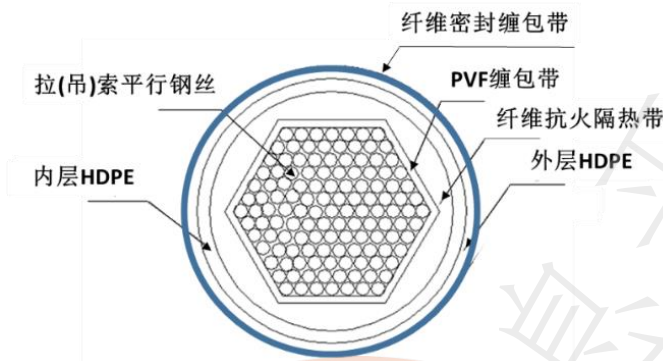


图 4 抗火型工厂化制造斜拉索典型结构图

5.5 防护结构分级技术指标

油罐车火灾的抗火密封分级防护技术指标按表4取用，其它火灾类型可根据表2各火灾类型的火场高度进行相应调整。

表 4 抗火密封分级防护技术标准（油罐车燃烧 60min）

缆索类型		防护指标要求	分级防护方案
斜拉索 (有 PE 护套)		PE 护套不被点燃，且钢丝温度低于 300℃	12m 以下，结构类型 FrS-III； 12m 以上，结构类型 FrS-II
主缆 (无 PE 护套)		防护体系不燃烧：钢丝表面温度低于 300℃	15m 以下，结构类型 FrS-III或 FrS-IV； 15m 以上，结构类型 FrS-II或 FrS-I
吊索	有护套	PE 护套不被点燃，且钢丝温度低于 300℃	12m 以下，结构类型 FrS-III； 12m 以上，结构类型 FrS-II
	无护套 (拱桥)	吊索钢丝温度低于 300℃	12m 以下，结构类型 FrS-IV； 12m 以上，结构类型 FrS-II
	无护套 (悬索桥)	吊索钢丝温度低于 300℃	12m 以下，结构类型 FrS-IV； 12m 以上，结构类型 FrS-II

6 材料要求

6.1 纤维密封胶带

6.1.1 阻燃密封胶

阻燃密封胶性能应符合表5的规定。

表 5 阻燃密封胶技术指标

性能项目		性能指标	试验方法
外观		膏状物	目视法
密度/（kg/m ³ ）		≤1.5×10 ³	GB 23864
不挥发分含量/%		≥92	GB/T 1725
不粘期（表干时间）/h		≤10	HB 5242
流淌性/mm		≤10	HB 5243
拉伸性能	拉伸强度/MPa	≥2.5	GB/T 528
	扯断伸长率/%	≥180	
耐液体		3%氯化钠盐水中 60℃×20d,外观无明显变化	GB/T 1690
耐介质性能	腐蚀性/d	≥7，不应出现腐蚀锈蚀现象	GB 23864
	耐酸性/d	≥3，不溶胀，不开裂	
	耐碱性/d	≥3，不溶胀，不开裂	
	耐水性/d	≥3，不溶胀，不开裂	
	耐冻融循环/次	≥15，不开裂，不粉化	
耐光照/240h	拉伸强度保留率/%	≥90	GB/T 528
	外观	表面无裂纹、粉化及其他破损	GB/T 1865
阻燃等级		V-0	GB/T 2408
耐火等级	耐火完整性	A3 级≥3h，试件背面无连续 10s 的火焰穿出，棉垫未着火	GB 23864
	耐火隔热性	A3 级≥3h，被测试样背火面任何一点温升<180℃，背火面框架表面任何一点温升<180℃	
注 1：拉伸性能参照 GB/T13477.8 中 8.2 要求处理试样。			
注 2：耐光照拉伸强度保留率参照 GB/T13477.8 中 8.2 要求处理试样。			
注 3：耐光照外观参照 GB/T13477.8 中 8.2 要求处理试样。			

6.1.2 玄武岩纤维专业布

玄武岩纤维专业布性能应符合表6的规定。

表 6 玄武岩纤维专业布技术指标

性能项目	I 型	II 型	试验方法
面密度/（g/m ² ）	130±20	210±20	GB/T 9914.3
网孔尺寸/mm	2×2	—	GB/T 7689.2
经向拉伸性能/（N/25mm）	≥600	≥1200	GB/T 7689.5
耐高温性能℃	≥1100	≥1100	明火测试
外观要求	封边整齐，无掉边，无翘起		—

6.1.3 纤维密封胶带

纤维密封胶带性能应符合表7的规定。

表 7 纤维密封胶带技术指标

验收项目	施工质量要求	试验方法
不透水性 / (0.3MPa, 30min)	无渗漏	HG/T 5600
气密性 / (0.3MPa, 30min)	斜拉索、吊索 ≥ 0.3	附录 A
	主缆 ≥ 0.4	
拉伸性能 / (N/25mm)	斜拉索、吊索防护用胶带 ≥ 800	HG/T 2580
	主缆防护用胶带 ≥ 1400	
热空气老化性能 / (80°C, 7d)	拉伸强度保持率 $\geq 85\%$	HG/T 5600
耐水性试验 / (23°C, 168h)	无明显变化	HG/T 5600

6.2 纤维抗火隔热带

纤维抗火隔热带性能应符合表8的规定。

表 8 纤维抗火隔热带技术指标

性能项目	技术指标	试验方法
面密度 / (g/m^2)	800~1600	GB/T 9914.3
厚度/mm	2.5~5	GB/T 3820
压缩率/%	$< 30\%$	GB/T 3820
拉伸性能 / (N/25mm)	≥ 400	GB/T 7689.5
导热系数 / ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 540°C)	< 0.1	YB/T 4130
耐高温性能 / (°C)	≥ 1100 , 无碳化或无脆化	明火测试

6.3 纤维密封缠包带

纤维密封缠包带性能应符合表9的规定。

表 9 纤维密封缠包带技术指标

性能项目	技术指标	试验方法
厚度/mm	(1~2) ± 0.1	GB/T 3820
面密度 / (g/m^2)	1300~2600	GB/T 9914.3
长期最佳使用温度 / , °C	-40~100	—
抵抗防护温度 / °C	-100~1200	GA/T 714
密封伸长率/%	≥ 150	HG/T 5600
强度降低伸长率/%	≥ 2.5	HG/T 5600
拉伸强/MPa	≥ 700	HG/T 5600

表 9 纤维密封缠包带技术指标（续）

性能项目		技术指标	试验方法
耐介质性能	腐蚀性 $d \geq 7$	无腐蚀锈蚀现象	GB 23864
	耐酸性 $d \geq 3$	不溶胀，不开裂	
	耐碱性 $d \geq 3$	不溶胀，不开裂	
	耐水性 $d \geq 3$	不溶胀，不开裂	
耐光照（240h）	外观	表面无裂纹、粉化及其他破损	GB/T 528
	外观	表面无裂纹、粉化及其他破损	
耐压气密性/MPa		≥ 0.3	HG/T 5600
透水性/（0.3MPa，30min）		无渗漏	HG/T 5600
传导特性		电绝缘	GB/T 31838.4
织物层间剥离强度/（N/mm）		> 2	HG/T 5600

7 施工要求

7.1 一般规定

- 7.1.1 施工前应编制施工组织方案和安全环保专项方案。
- 7.1.2 宜在温度 $5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 、空气相对湿度 $35\% \sim 85\%$ 环境下施工。
- 7.1.3 新建悬索桥主缆防护前，应对主缆缠丝质量、索夹紧箍力等进行检查。
- 7.1.4 在役桥梁承重缆索防护前，应对缆索进行系统性检查，并对存在缺陷进行修复：
 - a) 对主缆索夹紧固力进行检查，待索夹螺杆紧固力恢复到设计要求后方可进行防护施工；
 - b) 对主缆、斜拉索、吊索（杆）、锚头等的表面污染物进行清理。
- 7.1.5 正式施工前应开展首件段施工和气密性抗压力试验与抗火燃烧试验。
- 7.1.6 材料现场贮存应符合质量、安全要求，标识清晰。
- 7.1.7 应建立施工原始记录和各类施工检查记录等。

7.2 首件段

- 7.2.1 防护长度不应小于10m。
- 7.2.2 通过首件段施工，应确定施工工艺参数和质量控制要点。

7.3 施工要求

- 7.3.1 应严格按照施工组织设计方案组织人员、设备、材料进场。
- 7.3.2 应严格按照安全环保专项方案做好现场安全和环保措施，现场作业采用高空施工平台应进行安全验算，施工时应符合JGJ 80和JB/T 11699的规定。
- 7.3.3 施工前应对缆索防护施工界面进行清理以符合施工质量要求。
- 7.3.4 施工界面清洁应符合下列要求：
 - a) 新建悬索桥主缆缠丝表面清理：用浸润有环氧稀释剂的毛刷、毛巾去除钢索表面的粉尘、油污等附着物，并用干布将其表面擦干；
 - b) 在役悬索桥主缆表面清理：使用工具去除原有防护结构劣化表层、缠包带和附着力不足的涂层，用浸润有环氧稀释剂的毛刷、毛巾去除原防护表面的粉尘、油污等附污染物，并用干布将其表面擦干，并采用阻燃密封胶对开裂或存在缺陷的保护层进行修复；

- c) 在役斜拉索、吊索（杆）表面清理：使用工具去除原有防护结构劣化表层和缠包带，用浸润有环氧稀释剂的毛刷、毛巾去除原防护表面的粉尘、油污等污染物，并用干布将缆索擦干，并采用阻燃密封胶对开裂或存在缺陷的保护层进行修复；
- d) 索夹和缆套连接位置清理：去除原劣化材料及密封材料，用浸润有环氧稀释剂的毛刷、毛巾去除原防护表面的粉尘、油污等污染物，并用干布将缆索擦干，应采用纤维密封胶对清理后的密封层进行修补，修复厚度以隙缝密封填满为宜；
- e) 锚头连接位置清理：应去除原劣化材料和索套管、锚头将军帽锈蚀和残积物，采用阻燃密封胶胶带密封并平滑过渡。

- 7.3.4 纤维抗火隔热带施工边缘应平顺、紧密、无折叠。
- 7.3.5 纤维密封胶施工应严格控制工序和时间，涂刮应均匀无气孔，玄武岩纤维专业布应无褶皱。
- 7.3.6 纤维密封缠包带施工时，应先在缠包界面均匀刮涂阻燃密封胶，再采用搭接方式或拼接方式进行缠绕，缠包带应无褶皱。
- 7.3.7 锚头索套管、锚头将军帽等位置应采用与索体同等防护方案施工；吊索吊点、吊栓和锚拉板宜结合保护物形状进行抗火密封综合防护。
- 7.3.8 纤维密封表面完成后进行检修道施工，施工采用的嵌入石英砂不得破坏防护结构。

8 质量控制及验收

8.1 原材料检验及验收

- 8.1.1 进场的原材料应随附出厂检验报告及合格证明，并对样品及其外观包装等存样保管。
- 8.1.2 进场材料应分期分批抽检，抽检项目及抽检批次见表10，检验方法及检测结果应符合表5~表9规定。

表 10 进场材料抽检项目及抽检批次

抽检材料	抽检项目	抽检批次
阻燃密封胶	拉伸强度、扯断伸长率、耐火隔热性、耐火完整性	10t
玄武岩纤维专业布	拉伸性能、耐高温性能	5000m ²
纤维抗火隔热带	压缩率、拉伸性能、导热系数、耐高温性能	2000m ²
纤维密封缠包带	密封伸长率、拉伸强度、耐蚀、耐酸、耐碱、耐水性	2000m ²

- 8.1.3 经检验合格材料进入施工现场后应进行批次、外观包装和检验结果的核对验收。

8.2 施工质量及验收

- 8.2.1 纤维抗火隔热带施工质量应符合表11的规定。

表 11 纤维抗火隔热带施工质量要求及验收方法

验收项目	施工质量要求	验收方法
外观	张拉紧密，表面完整均匀、洁净、无破损且粘结牢固；拼缝紧密整齐、无明显间隙	目视法
层间剥离强度	拉伸剥离，抗拉强度不小于 3N/mm	HG/T 5600

8.2.2 纤维密封胶带施工质量应符合表12的规定。

表 12 纤维密封胶带施工质量要求及验收方法

验收项目	施工质量要求	验收方法
外观	表面光滑无缺陷，无针孔、裂纹、脱落、漏涂等现象	目视法
纤维增强层数量	切割剥离后，不小于设计层数	目视法
厚度/mm	切割剥离后，不小于设计厚度	HG/T 5600

8.2.3 纤维密封缠包带施工质量应符合表13的规定。

表 13 纤维密封缠包带施工质量要求及验收方法

验收项目	施工质量要求	验收方法
外观	表面完整均匀、洁净、无破损且粘结牢固；拼缝和错缝搭接紧密整齐、无间隙	目视法
层间剥离强度	拉伸剥离，抗拉强度不小于 3N/mm	HG/T 5600

附录 A
(规范性)
气密性抗压力试验

A.1 试验目的

通过在带孔PVC管道表面实施密封防护结构,完成试件养护后进行充气加压试验,验证密封防护结构的密封性能。

A.2 试件制备

试件制备应符合下列要求:

- 裁切 3 根长度为 1200mm 直径为 300mm 的 PVC 管道,并将表面擦拭干净;
- 在每根 PVC 管上按照 50mm×50mm 间距布设 10mm 直径的圆孔;
- 在 PVC 管上,制作高韧阻燃密封封层,总体厚度在 $3.0\pm 0.2\text{mm}$;
- 然后在 PVC 管的两端分别盖上一个密封盖子,并用环氧树脂胶将盖子缝隙处密封好,并在一端的盖子处开孔连接压力管道,压力管道连接压力表、气压阀与空压机。试件在不低于 10°C 、相对湿度不大于 75%的室内环境静置固化 48h 以上等待试验。

A.3 试验步骤

试验步骤如下:

- 打开空压机,并调节气压阀,预加载气压 0.2MPa,稳压 15min;
- 预加载气压稳定后,每次加载 0.1MPa 气压,并稳压 30min;
- 观测气压情况及密封层情况,若气压在 30min 内无变化,且密封层无鼓包或脱落,继续加压 0.1MPa;若 30min 内出现气压下降或密封层出现鼓包或脱落,应记录上一次加压压力数据为密封层的气密性抗压力;当气压达到 0.5MPa 时停止继续加压。

A.4 试验结果判定

加载气压不小于 0.3MPa,持载 30min,取三次试验数据作为气密性抗压力结果:

- 若两次不合格,判定试件不合格;
- 若一次不合格,两次合格,则取双倍试件重新试验,若最小值仍不合格则判定试件不合格。

附录 B
(规范性)
抗火燃烧试验

B.1 试验目的

通过在实体索表面实施高韧抗火密封综合防护体系的密闭空间有氧燃烧试验,验证抗火密封防护结构应用于缆索的抗火性能。

B.2 试件制备

试件制备应符合下列要求:

- a) 在长度不小于 1000mm 的斜拉索 HDPE 或模拟主缆直径铁皮圆管+缠丝+底层密封外表面实施 3.5mm 厚的纤维抗火隔热带与 3.0mm 厚的纤维密封胶带;
- b) 在试件表面各层分别预埋温度传感器,温度传感器 1 设置在钢丝束表面、温度传感器 2 设置在护套表面、温度传感器 3 设置在纤维抗火隔热带表面、温度传感器 4 设置在纤维密封胶带表面;
- c) 试件制作成型后,在埋设温度传感器的部位放置多把液化气喷枪,点燃喷枪开始燃烧试验,每隔 1min 记录温度传感器 1、温度传感器 2、温度传感器 3 的显示温度;
- d) 试验模型图详见图 B.1。实体索试验的火焰温度稳定控制在 1100℃左右。

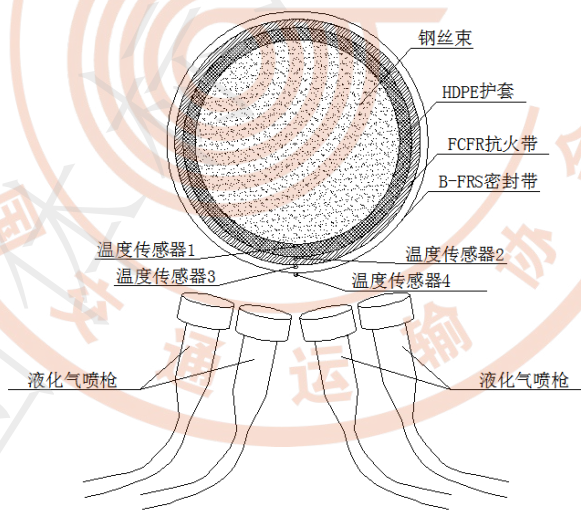


图 B.1 抗火燃烧试验模型图

B.3 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 将制备好的试件根据实际情况置于试验炉上,调整液化气喷枪位置,使试件受火面积为四面受火;
- b) 测试火源温度的热电偶感温端应放在离试件受火面 100mm 的位置,试件内部热电偶感温端应放在接近火源位置最外侧钢丝束的表面。每支热电偶的读数间隙要求不超过 1min。升温曲线

及耐火试验 HC 类试件的升温曲线、炉内温度、试件内部温度测量及控制按照 GA/T 714 的规定进行；

- c) 试验开始前应检查热电偶记录的环境温度。当炉内热电偶的平均温度达到 50°C 时，所有测量仪表开始工作。试验过程中，连续测量和记录或每间隔不超过 5min 测量和记录一次火源温度和试件内部温度；
- d) 试验开始 5min 后火源平均温度值应为 $1100\pm 50^{\circ}\text{C}$ ，单点温度值应为 $1100\pm 100^{\circ}\text{C}$ ；
- e) 试验过程中若试件丧失耐火完整性或耐火隔热或耐火稳定性，试验即可终止；如已达到试验的预期要求时或有对人员的安全造成威胁的可能时或有对设备造成损坏的因素时也可终止试验。

B.4 试验结果判定

在规定的耐火时间内，试件最外层钢丝束表面平均温度不超过 300°C ，则判定试验结果为合格，否则为不合格。



附录 C

(资料性)

抗火密封综合防护结构施工方法

C.1 FrS-I、FrS-II 综合防护结构施工

C.1.1 按照本文件7.3.1~7.3.3要求做好施工准备工作,缆索界面准备完毕后方可进行综合防护结构施工,施工步骤如下:

- a) 第一道工序:将阻燃密封胶均匀涂覆于防护界面,厚度控制在 $1\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$,随后缠绕I型无机纤维专业布,整形并表面固化;
- b) 第二道工序:采用II型无机纤维专业布和阻燃密封胶重复第一道工序;
- c) 第三道工序:缠绕I型无机纤维专业布;
- d) 第四道工序:均匀刮涂 0.5mm 阻燃密封胶,固化后的防护结构外观应整体光滑平整。

C.1.2 若有以下具体情况,应在防护结构外表面黏结并缠包纤维密封缠包带:

- a) 增强斜拉索防护结构表面抗高温损伤性能;
- b) 增加施工可操作性;
- c) 增加防护结构整体美观性;
- d) 增加拉吊索抗风雨振动;

C.1.3 纤维密封缠包带施工步骤如下:

- a) 按照本文件C.1.1的a)和b)的规定分别完成第一道工序和第二道工序;
- b) 在第二道工序完成后的界面上,均匀刮涂约 2mm 阻燃密封胶,随即缠绕纤维密封缠包带,缠包带重叠宽度 $10\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 。

C.2 FrS-III、FrS-IV综合防护结构施工

C.2.1 按照本文件7.3.1~7.3.3要求做好施工准备工作,缆索界面准备完毕后方可进行综合防护结构施工。

C.2.2 纤维抗火隔热带一面应具有粘性,悬索桥主缆在缠包纤维抗火隔热带时,应将粘性一面紧密包裹在施工界面上,并沿同一方向缠包。

C.2.3 斜拉索、吊索(杆)在施工综合防护结构时,先按照本文件C.2.2的要求完成纤维抗火隔热带的缠包,随机应每隔 1.5m 使用高强不锈钢卡箍对缠包后的纤维抗火隔热带进一步固定,缠包起始点各采用2个卡箍加固。

C.2.4 纤维抗火隔热带施工完成后,方可进行纤维密封胶带或纤维密封缠包带施工。