

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2023

桥梁缆索抗火密封综合防护技术规程

Technical specification for fire resistance sealing of bridge cables

草案版次选择

(本草案完成时间: X)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
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	3
5 结构要求	4
5.1 一般规定	4
5.2 桥梁缆索抗火防护标准	4
5.3 桥梁缆索抗火防护要求	4
5.4 桥梁缆索密封防护标准	5
5.5 桥梁缆索抗火密封防护结构	5
6 技术要求	6
6.1 纤维阻燃密封胶带	6
6.2 纤维抗火隔热带	7
6.3 耐高温型密封缠包带	8
7 施工要求	8
7.1 一般规定	8
7.2 首件段施工	9
7.3 高韧阻燃密封防护施工	9
7.4 高韧抗火密封防护施工	10
7.5 主缆防护施工	10
7.6 斜拉索、吊索、吊杆防护施工	10
7.7 主缆检修道施工	11
8 验收	11
8.1 原材料检验	11
8.2 质量验收	11
附 录 A	12
(规范性)	12
气密性抗压力试验	12
A.1 试验目的	12
A.2 试样制备	12
A.3 试验步骤	12
A.4 试验结果判定	12

附录 B.....	13
(规范性)	13
实体索抗火燃烧试验	13
B.1 试验目的	13
B.2 试件制备	13
B.3 试件安装	13
B.4 实验步骤	13
B.5 试验结果判定	14

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、同济大学、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、安徽省交通控股集团有限公司、保利长大工程有限公司、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、北京中地交科新材料技术研究有限公司、北京中路创豪工程设计咨询有限公司。

本文件主要起草人：

引言

被视为缆索结构桥梁“生命线”的承重缆索系统，存在着全生命周期受到火灾威胁的严重问题和密封防护失效造成锈蚀的普遍问题。

缆索结构桥梁在以往设计和现行标准规范中没有对缆索防护结构及其材料的防火提出要求，随着道路交通流量增长特别是危险化学品运输车辆的增加，发生在缆索桥梁上的火灾数量增多、强度提高，引发缆索损伤的事故数量呈上升态势，甚至危及结构整体安全。另外，对于桥梁缆索密封防护结构，现行标准对于长期处于振动运行工况考虑不足，造成防护结构过早开裂和密封效果失效并导致缆索内钢丝快速发生腐蚀劣化。为保障缆索结构桥梁运营安全，确保桥梁承重缆索的耐久使用和安全使用，必须对承重缆索现有防护体系进行功能重构、标准提升和技术创新，特制定本文件。

桥梁缆索抗火密封综合防护技术规程

1 范围

1.1 本文件用于新建和在役缆索结构桥梁承重缆索系统抗火密封设计和防护保护。桥梁钢结构防火和其他特殊结构抗火防腐可参考使用。

1.2 本文件对桥梁承重缆索抗火密封和阻燃密封综合防护技术的结构要求及其技术要求、施工要求、验收等方面内容进行规定，其他防护技术体系应参照对应标准。

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。

- GA/T 714 烃类测试石油天然气生产防护罩构件防火保护材料快速升温耐火试验方法
- 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曝露滤过的氙弧辐射
- GB/T 2408 塑料 燃烧性能的测定水平法和垂直
- GB/T 3354 定向纤维增强聚合物基复合材料拉伸性能试验方法
- GB/T 3820 厚度仪测试方法
- 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 7689.3 增强材料 机织物试验方法 第3部分：宽度和长度的测定
- 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 斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件
- GB/T 23864 防火封堵材料
- 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
- JTG/T D65-05 公路悬索桥设计规范
- JTG/T 3365 公路斜拉桥设计规范
- JT/T 694 悬索桥主缆系统防腐涂装技术条件
- CECS 200 《建筑钢结构防火技术规范》
- YB/T 4130 耐火材料导热系数试验方法(水流量平板法)
- DG/TJ 08-008 建筑钢结构防火技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于“本文件”。

3.1

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

在缆索索体结构表面实施密封防护结构阻止环境锈蚀介质进入缆索索体,阻止缆索钢丝锈蚀的做法,密封防护结构同时具备耐候密封、阻燃耐老化、抗振动变形、抗气体压力等性能。

3.2

3.2 缆索抗火防护 fire-resistant protection of cable

在缆索索体结构表面实施阻止高温热传导防护结构、避免火灾场景下缆索钢丝力学性能衰减的做法,抗火防护结构材料具有耐高温、隔热阻燃、抗振动变形和力学拉伸性能。

3.3

3.3 抗火密封防护 fire-resistance and sealing protection

在缆索索体表面实施具有抗火防护功能的高韧密封防护结构,抗火防护结构材料和高韧密封防护材料性能具有兼容性。

3.4

3.4 高韧阻燃密封防护 high-toughness flame-retardance and sealing protection

是指满足600°C温度环境、防护结构不燃烧、燃烧60min、钢丝表面温度不超300°C要求和正常使用条件下防护结构整体抗气压大于0.3MPa的缆索密封防护方法。

3.5

3.5 高韧抗火密封防护 high-toughness fire-resistance and sealing protection

是指满足1100°C火场环境、防护结构不燃烧、燃烧60min、缆索钢丝表面温度不超300°C要求和正常使用条件下防护结构整体抗气压大于0.3MPa的抗火密封防护方法。

3.6

3.6 阻燃密封胶 flame-retardant sealant

一种单组份、中性固化有机胶,耐高温大于600°C、工作温度大于300°C、离火熄灭,与无机纤维材料具有较好兼容性,在常温使用时吸收空气中的水分,固化成性能稳定柔性密封体。

3.7

3.7 玄武岩纤维专业布 Basalt fiber fabric

采用玄武岩连续纤维经过特殊涂敷、剪切、固边等工艺加工而成的网格布或平纹布,具有柔韧、耐火、防水和力学拉伸性能,与阻燃密封胶具有良好兼容性。

3.8

3.8 纤维阻燃密封胶带 flame-retardant and sealable fibrous tape

采用阻燃密封胶和玄武岩连续纤维专业布,采用多道黏缠一体式自然固化工艺形成抗力学损伤、拉伸性能、阻燃性能和密封效果优秀的防护胶带,可适用于现场施作和工厂制造。

3.9

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

采用玄武岩连续纤维为基础原材料经特殊织造而成的轻质、柔韧、多孔纤维带状结构,具有优秀的耐火、阻燃、隔热和力学拉伸性能。

3.10

耐高温型密封缠包带 High temperature resistant sealing wrapped tape

由耐高温硅胶和特殊性能玄武岩纤维专业布采用热压合成工艺制造而成,具备柔韧高强、耐高温阻燃、耐候耐压和水气密封效果好等性能的柔性卷材。

3.11

抗火密封防护段 fire-resistance and seal protecting section

通过桥梁火灾事故模拟计算,火场环境温度超过600℃的缆索防护范围区域。

3.12

阻燃密封防护段 flame-retardance and seal protecting section

通过桥梁火灾事故模拟计算,火场环境温度小于600℃、或瞬时温度可能超过600℃的缆索防护范围区域。

3.13

气密性抗压力试验 airtightness compressive test

模拟缆索防护结构运行环境,通过0.3MPa气体压力30min承压试验,验证缆索密封防护结构持压情况下的气体密封性耐久密封防水性能。

3.14

抗火燃烧试验 fire-resistance test

通过模拟桥梁火灾事故实际场景,验证缆索抗火密封综合防护结构的耐高温和隔热性能。

4 通用要求

4.1 开展缆索抗火防护设计之前,应开展桥梁火灾环境和使用条件调研并进行必要性评估。

4.2 缆索抗火密封防护宜分别设计抗火密封段和阻燃密封段。

4.3 在役运营桥梁缆索抗火密封防护结构可在原有缆索防护结构之上实施。

4.4 新建桥梁缆索抗火密封结构按以下原则实施:

a) 悬索桥主缆在完成缠丝后实施抗火密封防护结构或阻燃密封防护结构,缠丝之前防护设计参照 JTG/T D65-05 和 JT/T 694,缠丝之后防护设计参照本文件。

b) 斜拉索和吊索(杆)抗火密封结构可采用工厂一体化制造或现场挂索之前实施,现场施工在索体表面采用抗火密封结构或阻燃密封结构实施,工厂一体化制造参照 JTG/T 3365 公路斜拉桥设计规范和 GB/T 18365 斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件。

c) 工厂一体化制造斜拉索和吊索(杆)采用抗火型缠包带应满足6.2表6的指标要求。

4.5 斜拉索和吊索(杆)在抗火密封防护时必须同步实施锚头的抗火密封防护,阻燃密封防护结构应解决索体结构锚头耐久密封防水问题。

4.6 密封防护结构整体抗气体压力应满足设计要求。

为保证缆索防腐耐久密封效果,现场密封防护宜采用粘缠一体化自然固化方式或阻燃密封胶自然固化黏贴缠包带方式,不宜采用现场热固化缠包方式。

4.7 设计缆索密封防护结构必须开展抗气体压力测试试验，抗火密封防护结构必须开展实体索抗火试验。

5 结构要求

5.1 一般规定

缆索结构桥梁应根据运营需求进行缆索抗火防护设计，提升抗火韧性。桥梁缆索抗火防护设计过程中，宜将缆索的抗火与密封需求综合考虑，提升耐久性能。

5.2 桥梁缆索抗火防护标准

桥梁缆索抗火防护应满足以下要求：

- 可更换缆索构件在设计车辆火灾中不发生钢丝断裂现象，即缆索内钢丝温度不超过600℃。
- 不可更换缆索在设计车辆火灾中不发生钢丝损伤现象，即缆索内钢丝表面温度不超过300℃。

5.3 桥梁缆索抗火防护要求

5.3.1 桥梁缆索抗火防护设计应按以下流程进行：

- 根据运营阶段车辆类型及消防条件，确定设计车辆火灾类型和典型火灾场景。
- 进行火场温度分布特性和无防护下缆索火损分析。
- 根据分析结果，确定缆索抗火防护分区和防护方法，使缆索满足抗火防护标准。
- 必要时可通过计算或试验验证施加抗火保护后的缆索抗火性能。

5.3.2 确定设计车辆火灾类型和典型火灾场景可按以下取用：

a) 车辆火灾可划分为小汽车、客车、货车、油罐车四个类型。可根据桥梁运营阶段通行车辆的限制、分布情况及流量等确定一个或多个类型的车辆火灾作为设计车辆火灾。相关火场分析的参数可按表1取用。

表1 设计车辆火灾参数

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	1.5×4	5	11.2	45	45
客车	2×6	30	8.2	90	
货车	4×6	80	6.7	100	60
油罐车	6.9×12	200	7.5	120	

b) 根据桥梁横断面布置、车道分布、缆索与桥面的相对关系等，确定典型火灾场景。

5.3.3 典型火灾场景的火场温度可通过瞬态数值分析方法进行计算。车辆火灾标准火场温度分布可按表2取用。

表2 车辆火灾标准火场温度分布

火场形式	对应火场温度的高度/m												
	1008	984	934	900	800	700	600	569	550	500	400	350	300
油罐车	1			5.7	7.7	9.7	11.8		12.9	14.2	17.3	19.3	22.1

货车	1	5.5	7.7	9.4	11.3	12.2	12.9	15.1	16.1	17.9	
客车	1	1.7	3.9	4.9	5.8	6.2	6.7	7.8	8.4	9.2	
小汽车						1	1.2	1.4	2	3.5	2.9

5.3.4 为提升缆索抗火防护经济性，设置两级抗火防护段，火场温度在600℃以下的区域设置为阻燃密封防护段，火场温度在600℃至1100℃之间的区域设置为抗火密封防护段。分别进行抗火防护设计，可在阻燃密封防护段宜采用高韧阻燃密封防护设计，在抗火密封防护段宜采用高韧抗火密封防护设计。

5.3.5 若需对缆索抗火防护效果进行验证，一般采用两种方法：

1) 采用数值分析方法对有防护下缆索温度进行分析时，应合理取用抗火防护材料的导热系数，必要时可通过试验方式测量材料导热系数。

2) 采用实火试验方法时，应使有防护下缆索处于1100℃稳定火场，通过缆索内钢丝表面布置的温度传感器读取温度，进而推算缆索抗火防护是否满足相关标准。

5.4 桥梁缆索密封防护标准

桥梁缆索密封防护应满足以下条件：

- 1) 桥梁缆索密封防护的使用寿命应大于15年。
- 2) 桥梁缆索密封防护的力学性能应保证使用期间不发生缆索密封防护结构破裂现象。
- 3) 桥梁缆索密封防护应保证内部长期处于气体无泄漏的密封状态，持续气密承压性能大于0.1MPa，瞬间气密承压性能大于0.3MPa。
- 4) 桥梁缆索密封防护需通过试验等方式验证其是否到达防护标准。

5.5 桥梁缆索抗火密封防护结构

5.5.1 高韧阻燃密封防护结构

高韧阻燃密封防护可设置在阻燃密封防护段，即在缆索原界面之上施加4mm纤维阻燃密封胶带、或者在缆索原界面之上施加2mm纤维阻燃密封胶带+1层耐高温型密封缠包带。

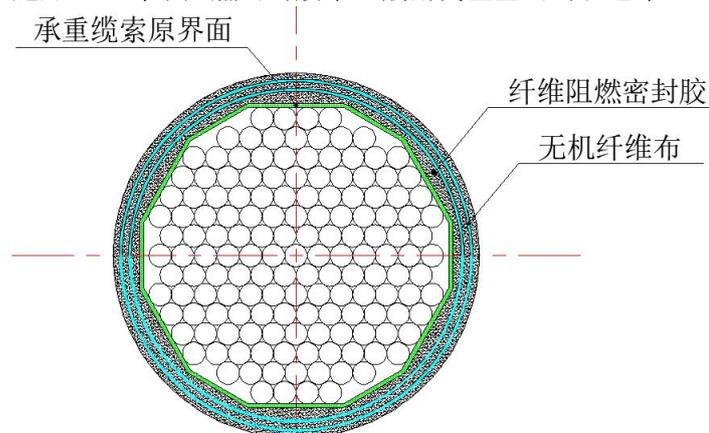


图4 高韧阻燃密封技术防护结构

5.5.2 高韧抗火密封技术防护结构

高韧抗火密封防护可设置在抗火密封防护段，即在缆索原界面之上施加3.5mm玄武岩纤维抗火隔热带+4mm纤维阻燃密封胶带、或者在缆索原界面之上施加3.5mm玄武岩纤维抗火隔热带+4mm纤维阻燃密封胶带+1层耐高温型密封缠包带。

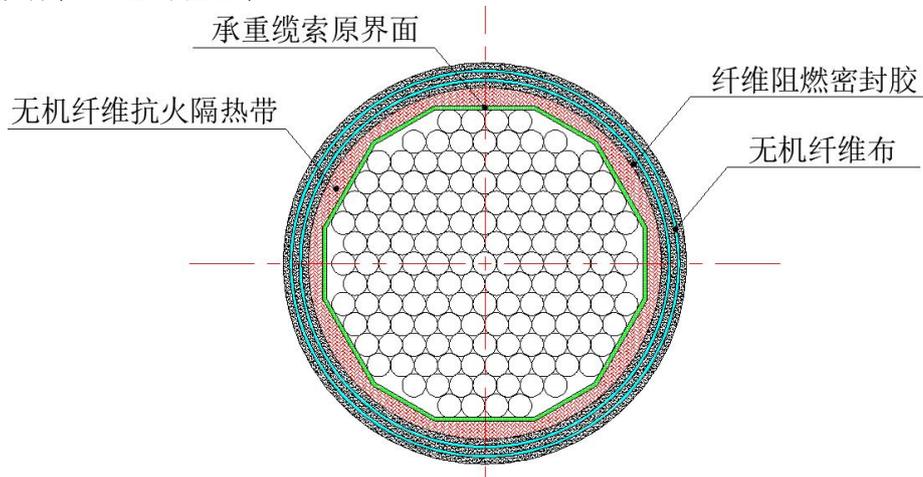


图5 高韧抗火密封技术防护设计

6 技术要求

6.1 纤维阻燃密封胶带

纤维阻燃密封胶带由阻燃密封胶和无机纤维专业布组成。

6.1.1 阻燃密封胶

用于纤维阻燃密封胶带的阻燃密封胶性能应符合表3要求。

表3 阻燃密封胶性能指标

序号	性能项目		性能指标	试验方法
1	外观		膏状物	目视法
2	密度/kg/m ³		≤1.5×10 ³	GB 23864
3	不挥发分含量/%		≥92	GB/T 1725
4	不粘期（表干时间）/h		≤10	HB 5242
5	流淌性/mm		≤10	HB 5243
6	拉伸性能	拉伸强度/MPa	≥2.5	GB/T 528 注：参照 GB/T13477.8 中 8.2 要求处理试样
		扯断伸长率/%	≥180	
7	耐液体		3%氯化钠盐水中 60°C×20d,外观无明显变化	GB/T 1690
8	耐介质性能	腐蚀性/d	≥7, 不应出现腐蚀锈蚀现象	GB/T 23864
9		耐酸性/d	≥3, 不溶胀, 不开裂	
10		耐碱性/d	≥3, 不溶胀, 不开裂	
11		耐水性/d	≥3, 不溶胀, 不开裂	
12		耐冻融循环/次	≥15, 不开裂, 不粉化	

13	耐光照/240h	拉伸强度保留率 %	≥90	GB/T 528 注:参照 GB/T13477.8 中 8.2 要求处理试样
		外观	表面无裂纹、粉化及其他破损	GB/T 1865 注:参照 GB/T13477.8 中 8.2 要求处理试样
14	阻燃等级		V-0	GB/T 2408
15	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/T 23864
		耐火隔热性	A3 级≥3h,被测试样背火面任何一点温升<180°C,背火面框架表面任何一点温升<180°C	

6.1.2 无机纤维专业布

用于纤维阻燃密封胶带的无机纤维专业布性能应满足表4要求。

表4 无机纤维专业布性能指标

序号	性能项目	I 型	II 型	试验方法
1	克重/(g/m ²)	130±20	210±20	GB/T 9914.3
2	网孔尺寸/mm	2×2	——	GB/T 7689.2
3	拉伸性能 经向/(N/25mm)	≥600	≥1200	GB/T 7689.5
4	耐高温性能/°C	≥1000	≥1000	明火测试

6.1.3 纤维阻燃密封胶带

由上述阻燃密封胶和无机纤维专业布形成的纤维阻燃密封胶带性能应符合表5要求。

表5 纤维阻燃密封胶带技术性能指标

序号	验收项目	施工验收要求	试验方法
1	不透水性/0.3MPa, 30min	无渗漏	HG/T 5600
2	气密性	斜拉索、吊索≥0.3MPa	本文件附录
		主缆≥0.4MPa	
3	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	
4	热空气老化性能/80°C, 7d	拉伸强度保持率≥85%	HG/T 5600
5	耐水性试验/(23°C×168h)	无明显变化	HG/T 5600

注: 试验室按照设计要求成型密封胶带, 并在温度23±1°C, 相对湿度保持在50%—70%的标准环境下养护7d后开始试验。

6.2 纤维抗火隔热带

纤维抗火隔热带性能应满足表 6 要求。

表6 纤维抗火隔热带技术性能指标

序号	性能项目	技术指标	试验方法
1	克重/(g/m ²)	1000±100	GB/T 9914.3
2	厚度/mm	4±1	GB/T 3820
3	拉伸性能/ (N/25mm)	≥400	GB/T 7689.5
4	导热系数/(W/ (m·K)), 540°C	<0.1	YB/T 4130
5	耐高温性能/°C	≥1000, 无碳化或无脆化	明火测试

6.3 耐高温型密封缠包带

耐高温型密封缠包带性能应满足表 7 要求。

表7 耐高温型密封缠包带技术性能指标

序号	项目		技术指标	说明
1	厚度 (mm)		1±0.1	
2	宽度 (cm)		15±0.1	
3	面密度 (g/m ²)		1300~1400	
4	最佳使用温度 (°C)		-40~100	长期
5	抵抗防护温度 (°C)		-100~1200	GA/T 714-2007
6	密封伸长率/(%)		≥150	HG/T 5600-2019
7	强度降低伸长率/(%)		≥2.5	HG/T 5600-2019
8	拉伸强度/(N/25mm)		≥700	HG/T 5600-2019
9	耐介质性能	腐蚀性 d ≥7	无腐蚀锈蚀现象	GB 23864-2009
		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	
10	耐光照 (240h)	外观	表面无裂纹、粉化及其他破损	GB/T 528-2009
		外观	表面无裂纹、粉化及其他破损	
11	耐压气密性 (MPa)		≥0.3	HG/T 5600-2019
12	透水性 (0.3MPa, 30min)		无渗漏	HG/T 5600-2019
13	传导特性		电绝缘、磁绝缘	
14	织物层间剥离强度/(N/mm)		>2	HG/T 5600-2019

7 施工要求

7.1 一般规定

7.1.1 施工前应编制实施性施工组织方案, 在役运营桥梁还应编制专项交通与安全保障方案。

7.1.2 调查地方气象气候, 宜选择在旱季低湿度情况下施工, 施工期选择在环境温度 10°C~35°C、相对湿度不超 60%为宜, 不宜雨、雾、雪、扬尘等不利气候条件下施工。

7.1.3 施工前按照设计要求现场划分标明高韧阻燃密封防护段和高韧抗火密封防护段。

7.1.4 新建悬索桥主缆防护时, 应提前对主缆索夹夹紧力和缠丝施工质量等进行验收, 验收合格后方可开展高韧阻燃密封防护或高韧抗火密封防护施工。新建缆索结构桥梁斜拉索、吊索(杆)运抵现场并在挂索前进行高韧阻燃密封防护或高韧抗火密封防护施工。

7.1.5 在役运营桥梁缆索防护施工前应对缆索系统进行系统性检查，并对存在缺陷进行修复：

(a) 对主缆索夹夹紧力进行全面检查，将夹紧力恢复到设计状态后方可开展高韧阻燃密封防护或高韧抗火密封防护施工。

(b) 对主缆、斜拉索、吊索（杆）、锚头等各类保护缆索油脂和表面油污、灰尘等污染物进行清理，经验收合格后方可开展高韧阻燃密封防护或高韧抗火密封防护施工。

7.1.6 根据设计或实施项目具体情况决定：开展首件段施工；密封防护方案的气密性抗压力试验；防火密封防护结构的防火燃烧试验。

7.1.7 选用防护材料，应由具有相应资质的第三方检测机构进行检测，检验合格后方可使用，每批次材料进场后应进行抽检。

7.1.8 防护材料现场保存必须满足质量、安全保障条件和要求，材料存放应按品种、批号、颜色等标识清楚。

7.1.10 建立缆索防护施工质量档案，全过程做好施工记录，认真记录缆索施工前原始状况、材料试验报告、阶段验收情况等资料。

7.2 首件段施工

首件段现场施工长度不宜小于10m或一个构件长度。首件段应验证防护结构功能和材料指标，并提出施工参数。

- a) 密封防护方案的抗气压密封性能；
- b) 防火密封防护结构的防火性能；
- c) 防护材料产品力学指标；
- d) 施工工艺和施工效能；
- e) 施工质量控制要点；

7.3 高韧阻燃密封防护施工

7.3.1 根据实施性施工组织设计方案组织人员、设备、材料进场。

7.3.2 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 准备满足施工质量要求的缆索防护施工界面，处理完成后对界面进行检查，并确保清理后的界面不被雨水、灰尘、油污等残留杂物污染：

(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，并用干布将缆索擦干。

(b) 在役运营悬索桥主缆表面清理，使用专用工具除去主缆上原有防护结构劣化表层、缠包带和附着力差涂层，采用阻燃密封胶对开裂或存在缺陷的保护层进行修复，用浸润有环氧稀释剂的毛刷、毛巾去除原防护表面的粉尘、油污等附着物，并用干布将缆索擦干。

(c) 在役运营斜拉索、吊索（杆）表面清理，使用专用工具除去原有防护结构劣化表层和缠包带，采用阻燃密封胶对开裂或存在缺陷的保护层进行修复，用浸润有环氧稀释剂的毛刷、毛巾去除原防护表面的粉尘、油污等附着物，并用干布将缆索擦干。

7.3.4 缆索界面准备完毕，开始阻燃密封胶带施工，施工过程严格控制好工序时间，不应出现涂刮不均匀造成气孔和专业布缠绕出现褶皱现象。

(1) 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 $1\pm 0.1\text{mm}$ ，随后人工用力缠绕I型无机纤维专业布，光平后自然固化。

(2) 第二道工序：在达到阻燃密封胶自然固化时间后，采用Ⅱ型无机纤维专业布重复第一道工序。

(3) 第三道工序：采用Ⅰ型无机纤维专业布重复第二道工序。

(4) 采用0.5mm阻燃密封胶进行胶刮涂修面，确保密封胶带整体均匀。

7.3.5 增强斜拉索防护结构表面抗高温损伤性能，同时增加施工可操作性和防护结构整体美观性以及拉吊索抗风雨振动，在防护结构外表面黏结耐高温型密封缠包带。

(1) 完成7.3.4(1)(2)第一道、第二道工序。

(2) 均匀刮涂约2mm阻燃密封胶随即缠绕耐高温型密封缠包带，缠包带重叠宽度 10 ± 1 mm。

7.4 高韧抗火密封防护施工

7.4.1 按照本文件7.3.1~7.3.3要求做好施工准备工作。

7.4.2 缆索界面准备完毕，进行纤维抗火隔热带施工，施工过程应确保缠包施工边缘的处理平顺、施工拼缝紧密、整齐，无重叠搭接。

(1) 悬索桥主缆施工采用施工平台作业，沿同一方向采用人工旋转缠包或缠包机旋转方式缠包，缠包完成后，纤维抗火隔热带防护材料复合自粘胶一面按照一定缠绕角度紧密包覆在施工界面之上。

(2) 斜拉索、吊索（杆）采用施工升降平台或高空作业车平台施工，施工过程沿同一方向采用人工旋转缠包或缠包机旋转缠包，纤维抗火隔热带防护材料复合自粘胶一面按照一定缠绕角度紧密包覆在施工界面之上，纤维抗火隔热带缠包完成后每隔1.5m使用高强不锈钢卡箍进一步固定，缠包起始点各采用2个卡箍加固。

7.4.3 纤维抗火隔热带施工完成后开始阻燃密封胶带或耐高温型密封缠包带施工。阻燃密封胶带、耐高温型密封缠包带施工按照本文件7.3.4要求进行。

7.5 主缆防护施工

7.5.1 抗火密防护封段施工

主缆抗火密防护封段施工按照本文件7.4要求进行。

7.5.2 阻燃密封防护段施工

主缆阻燃密防护封段施工按照本文件7.3要求进行。

7.5.3 索夹和缆套连接位置施工

(a) 清理干净索夹和缆套连接位置原劣化及附着力较差密封材料，采用同等阻燃密封胶带对清理后的密封层进行修补防护，修复厚度以隙缝密封填满为宜。

(b) 索夹和缆套环缝密封时，以主缆表面到索夹或缆套外沿高度填刮形成等边三角形，然后进行修整使阻燃密封胶表面平整圆滑过渡。

(c) 阻燃密防护封段施工覆盖缆套。

7.6 斜拉索、吊索、吊杆防护施工

7.6.1 抗火密防护封段施工

斜拉索、吊索、吊杆抗火密防护封段施工按照本文件7.4要求进行。

7.6.2 阻燃密封防护段施工

斜拉索、吊索、吊杆阻燃密防护封段施工按照本文件7.3要求进行。

7.6.3 锚头连接位置施工

(1) 清理干净索锚连接位置原劣化材料和索套管、锚头将军帽锈蚀和残积物，与索体连接位置先采用阻燃密封胶胶带密封并平滑过渡。

(2) 锚头索套管、锚头将军帽等位置原则上采用与索体同等防护方案施工。

7.7 主缆检修道施工

7.7.1 阻燃密封胶带施工完成后 30 分钟内，在主缆顶面部位 30cm-40cm 宽范围施作检修道。

7.7.2 检修道的采用环氧石英砂方案。环氧石英砂是由改性环氧树脂与石英砂按照一定比例拌制而成。环氧石英砂撒布后，用滚筒按压，使环氧石英砂嵌入耐火阻燃纤维密封胶中。

7.7.3 在环氧石英砂固结完成后，滚涂 50 μm 厚的氟碳面漆材料。

8 验收

8.1 原材料检验

8.1.1 原材料的检验要求如下：

- a) 经设计确定的原材料不得随意变更，当特殊情况需要变更时，必须经相关方审核批准。
- b) 进场的原材料应随附型式检验报告、出厂检验报告及合格证，并且在有效期内，各类型材料型式检验报告、出厂检验报告检测项目及技术指标要求详见第六章。
- c) 各批进场材料应取样进行必要的抽检并保存样品备检，各类型材料抽检项目及技术指标要求详见第六章。
- d) 抽检批次为：耐火阻燃纤维密封胶每2t为一个检验批次；无机纤维布每5000m²为一个检验批次；复合纤维抗火隔热带每2000 m²为一个检验批次，不足一个批次的量按一个批次算。

8.2 质量验收

8.2.1 复合纤维抗火带施工验收要求见表 8。

表8 复合纤维抗火带施工验收要求

序号	验收项目	施工验收要求	试验方法
1	外观	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

8.2.2 耐火阻燃纤维密封胶带施工验收要求见表 9。

表9 耐火阻燃纤维密封胶带施工验收要求

序号	验收项目	施工验收要求	试验方法
1	外观	表面光滑无缺陷，无针孔、裂纹、脱落、漏涂等现象	目视法
2	纤维增强层数量	不小于设计层数	切割剥离后，目视法
3	厚度/mm	不小于设计厚度	HG/T 5600-2019

附录 A

(规范性)

气密性抗压力试验

本附录验证缆索密封防护结构使用过程能够承受缆索振动和温度变形产生的应力影响,抗力学变形和长期承受缆索结构内外气体压力差的,验证和评价缆索密封防护体系的长期密封的可靠性。

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 试样制备

- a) 裁切 3 根直径为 800mm 的 PVC 管道,并将表面擦拭干净;
- b) 在每根 PVC 管上按照 5cm×5cm 间距布设 1cm 直径的圆孔;
- c) 在 PVC 管上,制作高韧阻燃密封封层,总体厚度在 3.0±0.2mm;
- d) 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。试件静置固化 48h 以上等待实验。

A.3 试验步骤

- a) 打开空压机,并调节气压阀,预加载气压 0.2MPa 15min;
- b) 预加载气压稳定后,每次加载 0.1MPa 气压,并稳压 30 分钟;
- c) 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,记录上一次加压压力数据为密封层的气密性抗压力。

A.4 试验结果判定

取三次结果最小值作为气密性抗压力结果,若最小值不合格,其余两个值合格,则取双倍事件重新试验判定,最小值仍不合格则试件不合格。

附录 B

（规范性）

实体索抗火燃烧试验

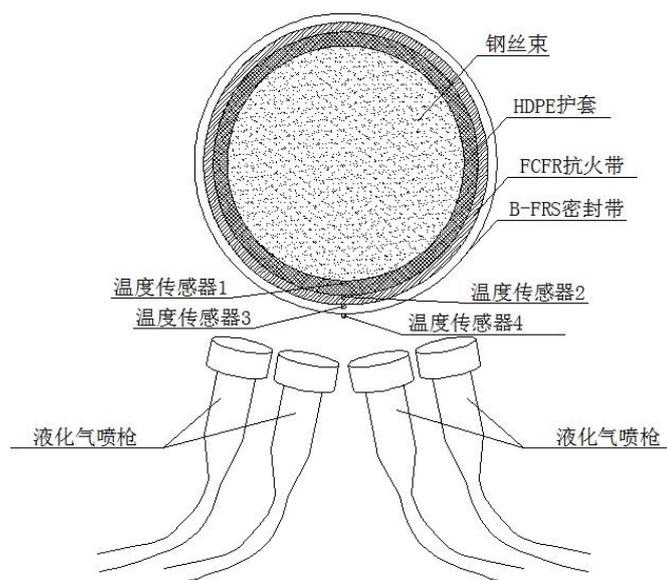
本附录提供一种节段实体索模拟现场火灾燃烧试验方法，通过模拟桥梁车致火灾对缆索的实际工况影响，验证和评价缆索抗火密封防护体系的可靠性。

B.1 试验目的

通过在实体索表面实施高韧抗火密封防护体系（纤维抗火隔热抗火带+纤维密封胶带）的燃烧试验，验证纤维抗火密封防护结构应用于缆索防护的隔热性能。

B.2 试件制备

在斜拉索HDPE外表面实施4.0mm厚的纤维抗火隔热带与3.0mm厚的纤维密封胶带，实施过程中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HDPE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；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，点燃喷枪后开始燃烧试验，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。试验模型图详见下图。实体索试验的火焰温度控制在1100℃左右。



B.3 试件安装

将制备好的试件根据实际情况置于实验炉上，调整液化气喷枪位置，使试件受火面积为四面受火。测试火源温度的热电偶感温端应放在离试件受火面 100 mm 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隔要求不超过 1 min。升温曲线及耐火实验 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--2007 的规定进行。

B.4 实验步骤

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℃时，作为试验开始时间，所有测量仪表开始工作。实验过程中，连续测量和记录或每间隔不超过 5 min 测量和记录一次

火源温度和试件内部温度。

试验开始后 5min 后火源平均温度值应为 $1100\pm 50^{\circ}\text{C}$ ，单点温度值应为 $1100\pm 100^{\circ}\text{C}$ 。

试验过程中若试件丧失耐火完整性或/和耐火隔热或/和耐火稳定性，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重大损坏的因素时也可终止试验。

B.5 试验结果判定

在规定的耐火时间（60min）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。