

团 体 标 准

T/CIN 084—2025

钢壳混凝土沉管隧道结构防火设计与施工 技术规范

Technical code for fire protection design and construction of steel shell concrete
immersed tunnel structure

2025-10-10 发布

2026-01-10 实施

中国航海学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

5 结构防火设计 3

6 结构防火施工 11

7 质量检验 14

附录 A （资料性）钢壳混凝土沉管隧道结构管节结构防火性能测试方法 16

附录 B （资料性）钢壳混凝土沉管隧道结构管节接头防火性能测试方法 19

附录 C （资料性）风压试验 22

参考文献 23

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。

本文件由中国航海学会提出并归口。

本文件起草单位：深中通道管理中心、中交第一航务工程局有限公司、中交公路规划设计院有限公司、中交天津港湾工程设计院有限公司、陆宇皇金建材（河源）有限公司。

本文件主要起草人：张长亮、陈越、潘伟、阚卫明、黄清飞、金文良、姬海、孔令臣、周国富、周相荣、杨润来、彭英俊、温润生、高衡、贾会杰、芮伟国、孙春华、刘巍然、陈一尤、罗林杰、张海英、管泽旭、陈业林、任宁、刘昊槟、张冬梅、柳福鑫、张亮、董辉、姜学军

钢壳混凝土沉管隧道结构防火设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了钢壳混凝土沉管隧道结构防火设计与施工的总体要求、结构防火设计、结构防火施工、质量检验等技术要求。

本文件适用于钢壳混凝土沉管隧道结构防火设计、施工及质量验收。

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 699 优质碳素结构钢

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 3003 耐火纤维及制品

GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验

GB/T 6725 冷弯型钢通用技术要求

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB 12955 防火门

GB 16807 防火膨胀密封件

GB/T 23443 建筑装饰用铝单板

GB 23864 防火封堵材料

GB/T 24001 环境管理体系要求及使用指南

GB 28376 隧道防火保护板

GB/T 45001 职业健康安全管理体系要求及使用指南

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50018 冷弯薄壁型钢结构技术规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准

GB 51251 建筑防烟排烟系统技术标准

JC/T 2341 膨胀蛭石防火板

JG/T 234 建筑装饰用搪瓷钢板

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沉管隧道 immersed tunnel

将若干预制完成的基本结构单元通过浮运、沉放、对接形成的水下隧道。

[来源：JTG/T 3371-01-2022, 2.1.1]

3.2

钢壳混凝土沉管隧道 steel shell concrete immersed tunnel

采用双层钢板-混凝土组合结构的沉管隧道。

3.3

防火保护板 fireproof board

固定安装在公路和城市交通隧道的混凝土结构表面，能提高隧道结构耐火极限的保护板。

3.4

龙骨 grid

连接防火保护板和沉管隧道墙体、结构的钢结构连接件。

3.5

柔性防火隔断 flexible fireproof partitions

用于沉管结合腔部位，能适应沉管隧道纵向伸缩变形要求、保护止水带的柔性防火构件。

3.6

防火密封胶 fireproof sealant

防火保护板空隙处的封堵材料。

3.7

固定件 fixings

用于固定防火保护板的一种紧固件。

3.8

机电转接件 electromechanical adapters

一种沉管隧道预埋件与机电设备间的连接件。

4 总体要求

4.1 钢壳混凝土沉管隧道结构（简称“沉管隧道结构”）防火设计与施工应遵循“技术可靠、经济合理、风险可控”的原则。

4.2 沉管隧道结构防火施工应建立工程测量、工程信息监控系统，实施信息化施工管控。

4.3 沉管隧道结构防火工程防火性能和设防标准应与沉管隧道的规模、功能用途、火灾危险性等相适应。

4.4 沉管隧道结构防火应满足下列功能要求：

- a) 沉管隧道两侧和顶部的承重结构在受到火或高温作用后，在设计耐火时间内仍能正常发挥承载功能；
- b) 沉管隧道内设置发生火灾时人员安全疏散或避难需要的设施；
- c) 沉管隧道内部的防火分隔能在设定时间内阻止火灾蔓延至相邻防火分隔区域。
- d) 发生火灾时，沉管隧道内疏散通道洞口处温度具备隧道内人员逃生时的体表可接受温度。

4.5 沉管隧道结构防火所用固定件的耐久性要求应根据隧道结构设计使用年限确定。

4.6 沉管隧道内发热量较大的设备宜设置防火隔断。

4.7 防火保护板装饰材料特性应满足沉管隧道内行车照明及感观要求，且不反射光源。

4.8 沉管隧道结构防火设计和施工应统筹考虑环境保护要求。宜按照 GB/T 24001 和 GB/T 45001 建立环境管理体系。

4.9 应统筹考虑运营期间沉管隧道管节接头区域防火保护板完整状况，防止脱落。

5 结构防火设计

5.1 一般要求

5.1.1 沉管隧道结构防火主要包括管节行车孔、排烟道、疏散检修通道、管节接头等部位，主要采用防火保护板、防火门、防火隔热涂料等措施。

5.1.2 沉管隧道结构主体结构耐火等级应为一级，并按 RABT 标准升温曲线要求，耐火极限不低于 2h。RABT 标准升温曲线见图 1。

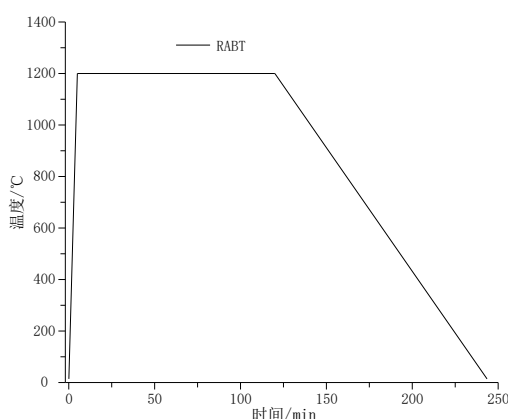


图1 RABT 标准升温曲线

5.1.3 防火保护板满足下列要求：

- a) 总厚度应满足沉管隧道防火要求，层数不宜超过两层；
- b) 防火保护板组成材质应为A级，板材规格按RABT标准升温曲线要求进行测试，耐火极限不应低于2h，材料物理特性应符合GB 28376的有关规定；
- c) 设计使用的年限不应小于25年。

5.1.4 防火门应满足下列要求：

- a) 符合国家甲级防火门要求；
- b) 沉管隧道长度小于3000m时，防火门耐火隔热性、耐火完整性不小于2.0h；沉管隧道长度不小于3000m时，其耐火隔热性、耐火完整性不小于3.0h。

5.1.5 防火隔热涂料可依据排烟道的防火分区及功能要求选取，其性能应满足下列要求：

- a) 结构附着力符合设计要求；
- b) 涂料设计寿命期内结构耐久性符合设计要求；
- c) 防护部位火灾工况下最高温度极限不低于2h。

5.1.6 毗邻安全通道等特殊部位防火构件应具备隔热功能。

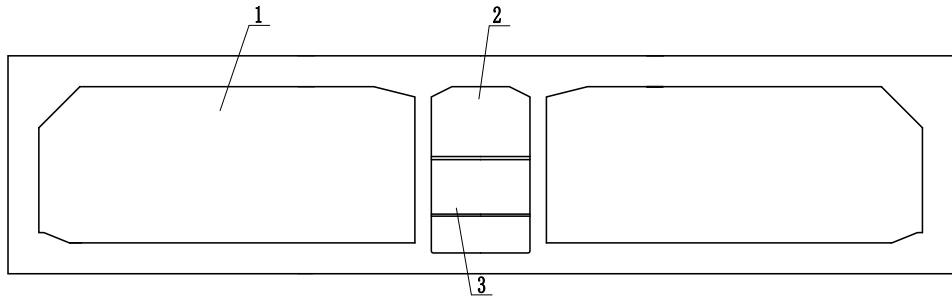
5.1.7 管节接头位置的防火设计和施工应满足管节纵向伸缩变形要求。

5.2 防火分区

5.2.1 沉管隧道结构的防火设计应按照使用功能和防火要求进行分区设计。

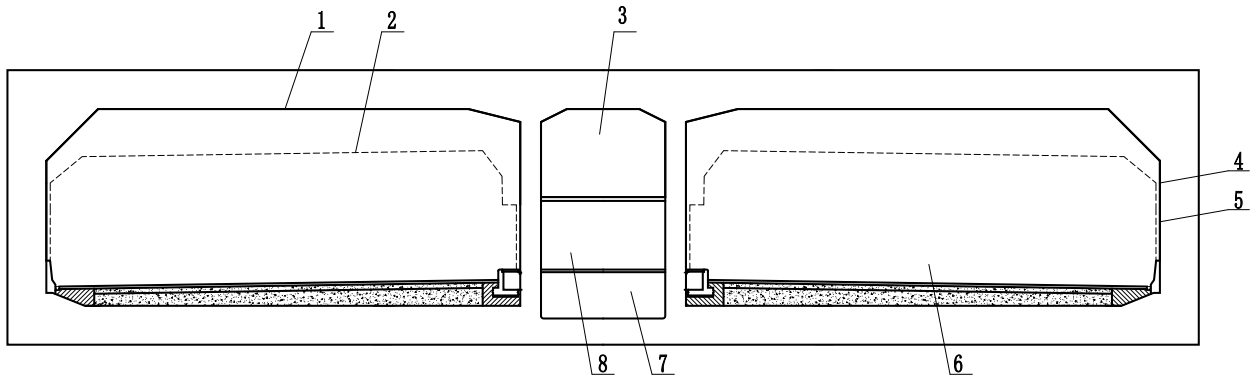
5.2.2 沉管隧道结构防火分区应分为管节行车孔、排烟道、疏散检修通道和管节接头等区域。沉管隧道防火分区示意图2，沉管隧道防火分区横断面布置见图3。

5.2.3 当沉管隧道长度较短时，可采用纵向通风排烟模式，可以不设置独立排烟道。



标引序号说明：
1——管节行车孔；
2——排烟道；
3——疏散检修通道。

图2 沉管隧道防火分区示意



标引序号说明：
1——防火保护板；
2——建筑界限；
3——排烟道；
4——防火密封胶；
5——装饰板；
6——管节行车孔；
7——电缆通道；
8——疏散检修通道。

图3 沉管隧道防火分区横断面布置示意

- 5.2.4 沉管隧道管节行车孔应根据相应火灾热释放率下隧道内温度空间分布明确隧道防火区域，沉管隧道防火内衬保护范围根据温度场确定，防火保护方案应满足表 1 中所列指标，通常应覆盖下列范围：
- a) 沉管隧道顶板以及顶板下不小于1m范围内的侧墙部分（含加腋）；
 - b) 沉管隧道管节接头等部位；
 - c) 沉管隧道顶部风机、照明灯具的预埋件及转接件；
 - d) 侧墙防火保护板下方安装装饰板，装饰板满足覆盖范围内的钢壳防火保护要求。

表1 钢壳结构及接头防火构造设计指标

序号	项目	指标
1	隔热后环境温度（止水带区域）	最高温度 $\leq 150^{\circ}\text{C}$ ； 100°C 以上时间不应大于1h； 70°C 以上不应大于2h
2	隔热材料/钢壳界面温度	$\leq 300^{\circ}\text{C}$

- 5.2.5 沉管隧道结构的排烟道应根据隧道发生火灾情况下排烟道内温度场进行防火分区，并应满足下列要求：
- a) 纵向主排烟道与主体结构连为一体，采取防火保护措施；
 - b) 横向排烟道顶部整体结构和主隧道壁面的接触面与连接件采取有效的防火隔热措施；

- c) 排烟道的耐火极限不小于1h;
- d) 排烟管道及其连接部件在280℃时持续30min保持其结构完整性;
- e) 排烟道防火包含排烟道纵向内壁及侧墙上开设的排烟口区域, 分区示意情况见图4。

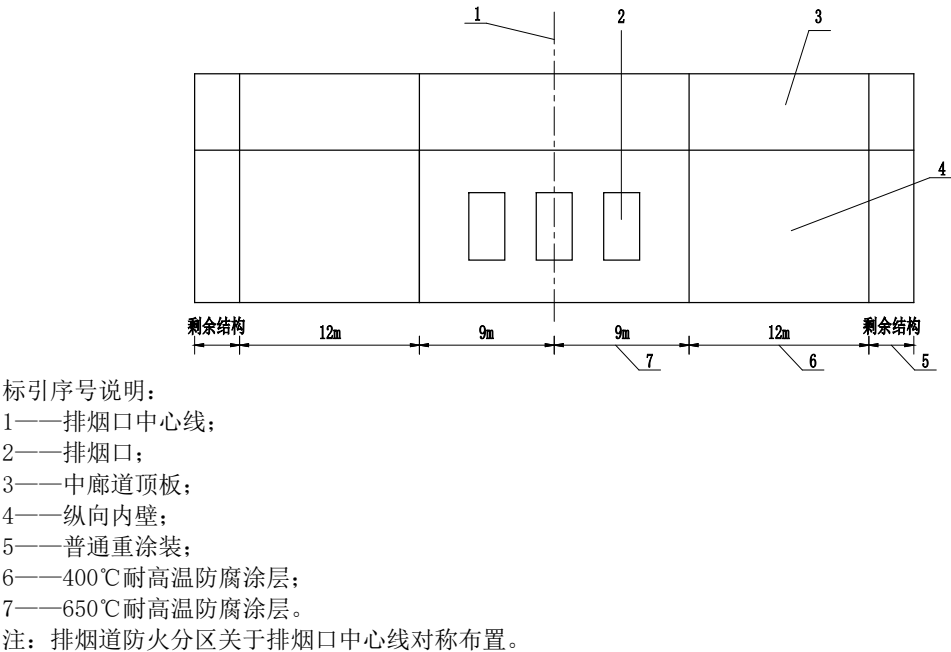


图4 排烟道防火分区示意

- 5.2.6 疏散检修通道防火应仅包含横向疏散检修门区域。
 - 5.2.7 管节接头防火应同时满足接头主体结构及接头防水构造的耐火要求。
- 5.3 管节行车孔结构防火

5.3.1 管节行车孔结构的防火保护宜采用防火保护板, 防火保护板应设置在行车孔的顶部及两侧墙体, 见图5, 覆盖范围应根据温度场实体试验或数值模拟结果确定。

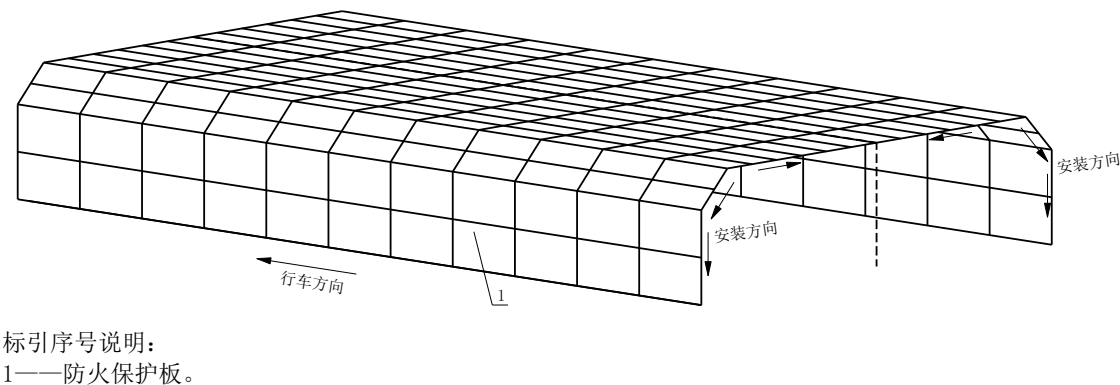
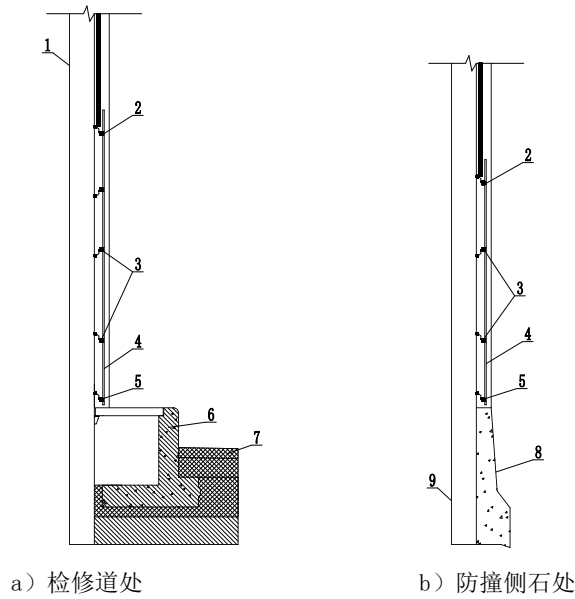


图5 沉管隧道行车孔结构防火保护板设置示意

5.3.2 管节行车孔结构的隧道检修道、防撞侧石、检修道路缘石, 以及相关附属工程范围内的主体结构可不进行防火保护, 见图6。

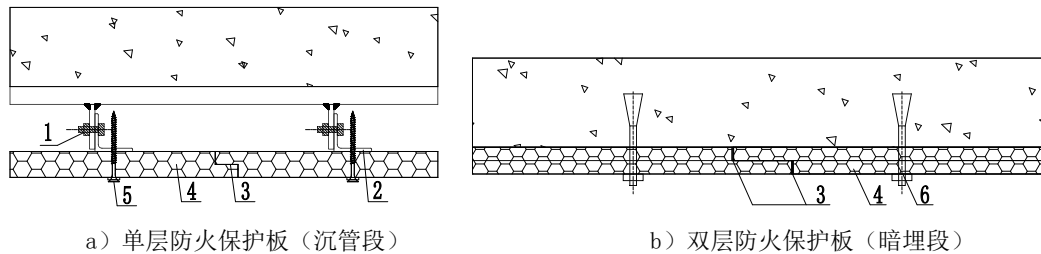


- 标引序号说明：
- 1——结构中墙；
 - 2——龙骨上节点；
 - 3——龙骨中节点；
 - 4——装饰板；
 - 5——龙骨下节点；
 - 6——检修道路缘石；
 - 7——路面；
 - 8——防撞侧石；
 - 9——结构侧墙。

图6 防撞侧石及检修道路缘石示意

5.3.3 沉管隧道行车孔防火保护板的安装符合下列规定：

- a) 单层防火保护板的拼缝搭接长度或双层防火保护板的拼缝错开长度应满足耐火及变形要求，防火保护板安装形式见图7；
- b) 搭接长度及拼缝错开长度的取值宜通过试验确定；
- c) 满足试验要求并经论证通过时可采用平接拼缝形式；
- d) 在钢壳混凝土沉管内安装时，应设置龙骨，通过固定件与防火保护板连接；
- e) 防火保护板的固定件应满足防火、防腐及美观等要求；
- f) 防火保护板接缝处应采用耐火性密封材料填充，该材料应满足接缝处防火密封及变形要求。

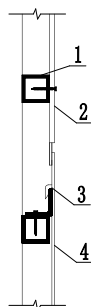


- 标引序号说明：
- 1——螺栓；
 - 2——角钢；
 - 3——防火密封胶；
 - 4——防火保护板；
 - 5——螺丝；
 - 6——膨胀螺栓。

图7 防火保护板安装形式示意

5.3.4 防火保护板预埋件宜与钢壳本体同时加工，预埋件横向及纵向布置间距应与防火保护板规格相适应，沉管隧道接头处宜采用扁钢预埋件。

5.3.5 防火保护板与装饰板分界位置宜采用搭接的方式，见图 8。



标引序号说明：

- 1——龙骨；
- 2——防火保护板；
- 3——挂钩；
- 4——装饰板。

图8 防火保护板与装饰板搭接示意

5.3.6 沉管隧道侧墙面上布置机电设备时，应安装设备箱，机电设备预埋件与机电转接件连接处应设置隔热垫，隔热垫应专项设计并通过耐火试验验证，机电设备电缆不应设于防火保护板内。

5.3.7 管节行车孔结构的龙骨材质应满足防腐要求，龙骨长度、规格、强度和热变形应符合 GB/T 700 的有关规定。

5.3.8 管节行车孔墙面装饰板应符合下列规定：

- a) 不含有可燃或易燃材料，满足国家A级不燃标准要求；
- b) 装饰板之间的拼缝位置设置背衬或采用其他连接方式，装饰板及其拼缝满足在管节行车孔发生火灾50MW热释放率工况下，装饰板背部主体结构钢壳表面温度不大于300℃的要求；
- c) 设计使用年限不小于25年；
- d) 用于安装装饰板的龙骨系统可靠、牢固；
- e) 装饰板安装简单、拆卸方便；
- f) 侧墙装饰材料无辐射，在高温或受火条件下无毒害气体散发。

5.4 排烟道结构防火

5.4.1 排烟口处的防火保护板不应影响排风阀、排烟罩等机电设施的安裝。

5.4.2 排烟道内壁宜优先采用防火隔热型涂料，喷涂类型及厚度宜按照受热温度分区确定。

5.4.3 排烟道底板应依据论证结果确定增加防火隔热措施。

5.5 疏散检修通道结构防火

5.5.1 沉管隧道结构内疏散检修通道进出口处应设置常闭式防火门，并应符合下列规定：

- a) 采用向疏散检修通道内开启的平开式；
- b) 具有自动关闭功能，并能在其内外两侧手动开启。双扇防火门具有按顺序自行关闭功能；
- c) 关闭后具有防烟功能。

5.5.2 疏散检修通道进出口的间距应结合项目情况，并满足 GB 50016 的相关要求，不宜超过 250m。

5.5.3 疏散检修通道顶面、防火门底面及安全通道宜平齐设置。

5.5.4 防火门可选择垂直路面或铅锤方式，应密闭并满足设计推力要求。

5.5.5 防火门设置应满足防火分区及安全疏散要求，见图 9，净宽不宜小于 1.2m，净高不宜小于 2.1m，应符合 GB 12955 的有关规定。

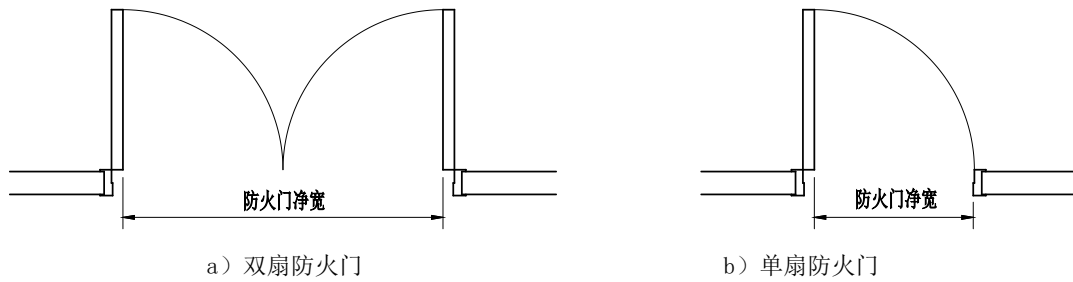
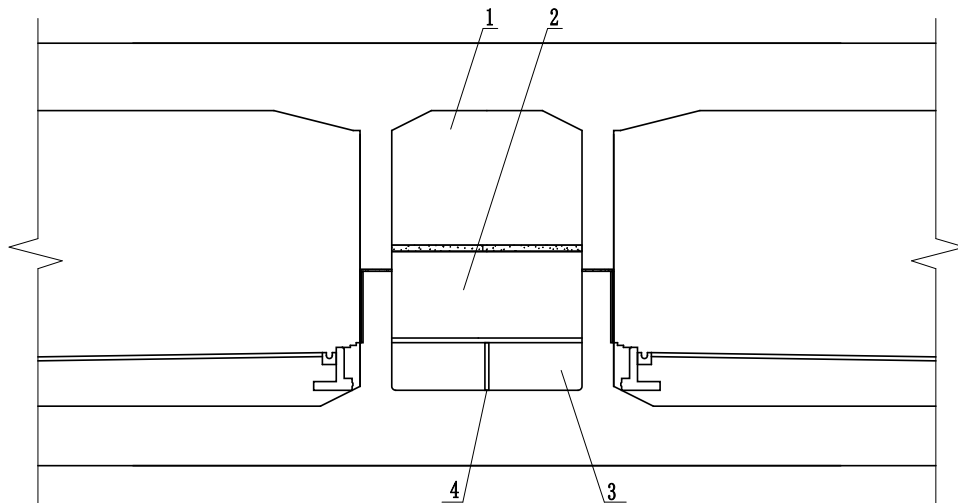


图9 防火门净宽示意

5.5.6 防火门与预留洞口间隙应填充防火耐高温材料，防火耐高温材料耐火等级不应低于防火门，填充材料本体或涂刷颜色应与防火门颜色一致或接近。

5.5.7 疏散检修通道内供电防火符合下列规定：

- a) 应根据不同电缆的作用、功率等划分防火区域；
- b) 高压区域与其他分区间应设置防火隔断，区域上方封盖进行防火处理；
- c) 电缆通道与其他管线通道之间设置防火隔断，防火隔断宜采用耐火砖，设置方式见图10。



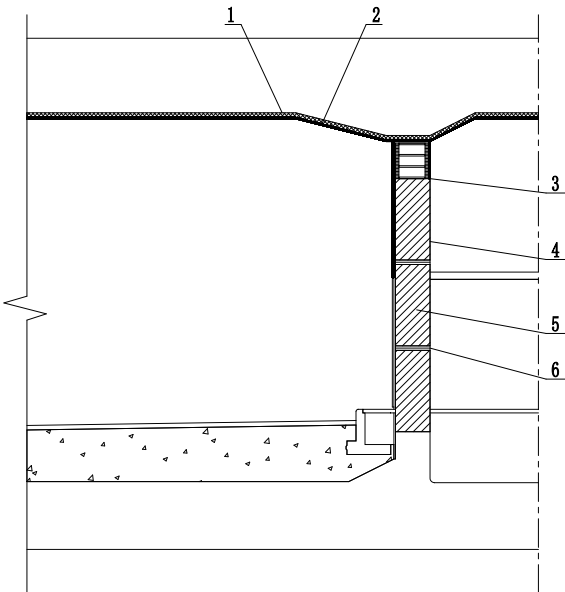
标引序号说明：

- 1——排烟道；
- 2——疏散检修通道；
- 3——电缆通道；
- 4——耐火砖防火隔断。

图10 电缆通道中间防火隔断设置示意

5.6 管节接头结构防火

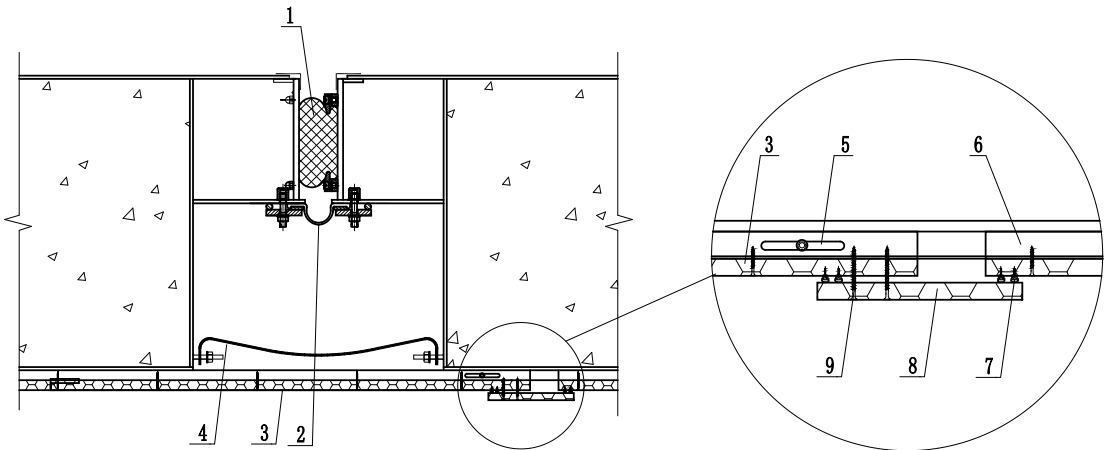
5.6.1 管节接头环向防火设计可采用外侧设防火保护板、内侧设硅酸铝纤维毯组成防火隔断，接头范围内的防火保护板通过钢桁架、固定件连接在周边的结构上。对于设有中管廊的管节接头中墙及顶部防火保护设置见图 11。



- 标引序号说明：
- 1——硅酸铝纤维；
 - 2——防火保护板（ $\geq 35\text{mm}$ ）；
 - 3——防火密封胶（嵌缝）；
 - 4——钢板表面防腐漆（隔热耐高温）；
 - 5——竖向剪力键；
 - 6——剪力键垫层。

图11 中管廊管节接头中墙及顶部防火保护设置示意

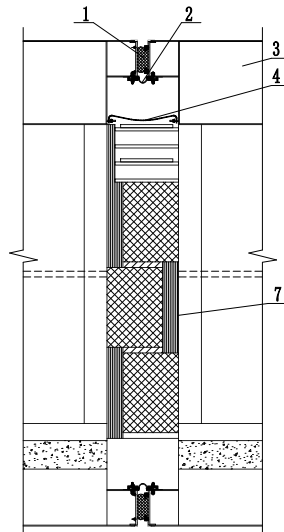
- 5.6.2 行车孔管节接头处龙骨应单独设置，沉管隧道跨接头处龙骨应满足沉管隧道纵向伸缩变形要求。
- 5.6.3 中管廊排烟道接头处龙骨宜设置于管节结合腔内，应满足沉管隧道纵向伸缩变形要求。
- 5.6.4 在管节接头处连续敷设的防火保护板应设变形伸缩缝，缝宽应满足沉管隧道纵向伸缩变形要求，伸缩缝处防火保护宜设置附加防火保护板。管节接头防火保护构造见图 12。



a) 管节接头行车道防火保护构造示意

- 标引序号说明：
- | | | |
|--------------|-------------------|------------|
| 1——GINA止水带； | 4——柔性防火隔断（硅酸铝纤维）； | 7——防火密封胶条； |
| 2——OMEGA止水带； | 5——滑动支座； | 8——附加保护板； |
| 3——防火保护板； | 6——龙骨系统； | 9——自攻螺钉。 |

图 12 管节接头处防火保护构造示意



b) 管节接头剪力键防火保护构造示意

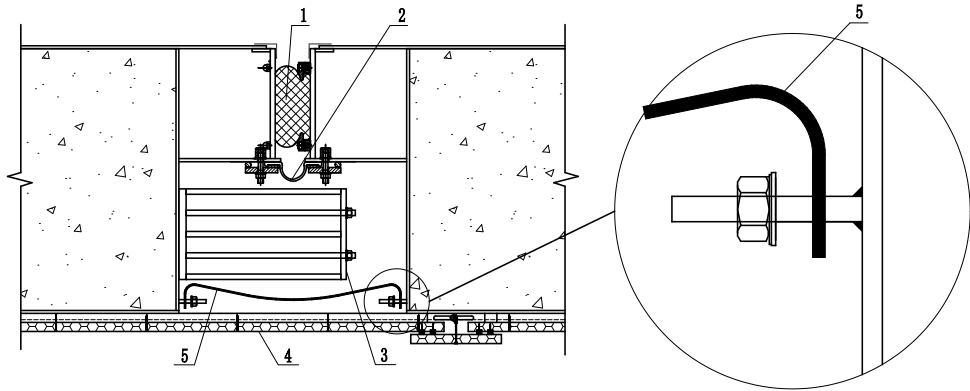
标引序号说明:

- 1——GINA止水带;
- 2——OMEGA止水带;
- 3——防火保护板;
- 4——柔性防火隔断 (硅酸铝纤维);
- 5——滑动支座;
- 6——龙骨系统;
- 7——防火密封胶条;
- 8——附加保护板;
- 9——自攻螺钉。

图12 管节接头处防火保护构造示意 (续)

5.6.5 管节接头采用非耐火柔性止水结构时, 止水结构与接头防火保护板之间应设置柔性防火隔断。柔性防火隔断宜采用环保材料, 耐火等级应采用一级, 材料、规格、最高使用温度应符合 GB/T 3003 和 GB 50016 的有关规定。敷设范围及形式应满足沉管隧道纵向伸缩变形要求。

5.6.6 管节接头处剪力键与相邻沉管主体空隙应采用满足沉管隧道变形、密封性的柔性防火材料填充。管节接头处竖向剪力键上方宜设置防火保护板及柔性防火隔断支撑。柔性防火隔断构造见图 13。



标引序号说明:

- 1——GINA止水带;
- 2——OMEGA止水带;
- 3——钢剪力键;
- 4——防火保护板;
- 5——防火隔断 (硅酸铝纤维)。

图13 柔性防火隔断构造示意

5.6.7 管节接头剪力键与沉管中墙存在高度差距时, 宜通过钢桁架对排烟道防火保护板及柔性防火隔

断加以支撑。

5.6.8 沉管段与暗埋段隧道管节接头防火宜根据沉管隧道接头防火构造形式进行设置。

5.7 耐火性能试验

5.7.1 沉管隧道结构的防火结构设计应制定专项耐火性能试验方案,由具有资质的检测机构确认通过。管节结构和管节接头的耐火性能测试方法可分别参照附录 A、附录 B。

5.7.2 沉管隧道结构的耐火性能试验应由具有相应资质的机构实施。

5.7.3 防火保护板型式检验应符合 GB 28376 的有关规定,装饰板应符合 GB/T 23443、JG/T 234 的有关规定,防火保护板和装饰板的耐火性能试验应制定专项试验方案,并经有资质的检测机构评审。

5.7.4 采用新材料、新工艺的防火保护设计方案,应进行防火保护可靠性的模型试验验证,并由具有资质的机构确认通过。

6 结构防火施工

6.1 一般要求

6.1.1 施工单位施工前,应组织有关技术管理人员深入现场调查,掌握现场情况,核对设计文件,并对防火设计图纸中的坐标、高程、钢构件以及结构相关的几何尺寸等进行详细复核。

6.1.2 施工单位施工前,宜按照工序或部位编制施工作业指导书。

6.1.3 沉管隧道结构防火施工相关材料进场时,材料厂家应提供出厂检测合格报告、型式认可证书及质量保证书等质量合格证明文件。

6.1.4 管节接头结构防火施工前,应先进行隐蔽工程验收并确认验收合格。

6.1.5 防火保护板及防火涂装正式施工前,宜进行典型或首件施工,验证施工效果符合设计要求。

6.1.6 防火保护板安装应满足下列前置条件:

- a) 沉管隧道结构临时舾装件拆除完成;
- b) OMEGA止水带安装完成;
- c) 沉管隧道结构机电转接件安装完成;
- d) 沉管隧道内具备防火保护板施工环境条件,包括交叉工序、隧道通风、隧道通行等。

6.1.7 防火保护板表面喷涂应在防火保护板安装验收合格后进行。

6.2 防火保护板施工

6.2.1 防火保护板正式加工前,应通过试拼装或三维图型模拟进行验证,无误后方可进行加工。

6.2.2 防火保护板运输应符合下列规定:

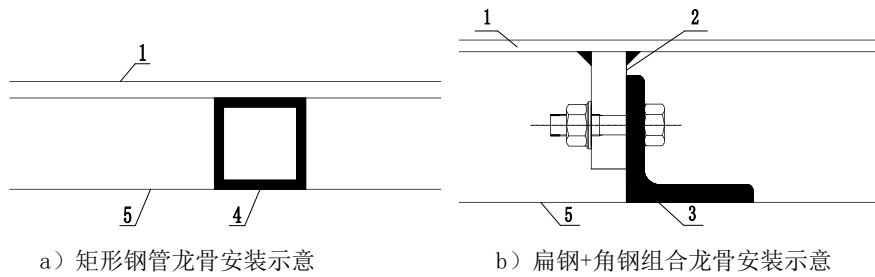
- a) 采用固定包装形式运输;
- b) 装卸过程中采取保护措施,避免磕碰破坏;
- c) 产品存放场地具备防水、防潮、通风、干燥、防晒的条件;
- d) 进场防火保护板数量与施工生产计划相匹配,减少材料现场堆放时间。

6.2.3 安装防火保护板的龙骨可采用矩形钢管龙骨、扁钢+角钢组合龙骨,矩形钢管龙骨与钢壳结构宜采用焊接固定连接。防火保护板宜采用固定件安装于龙骨上。防火保护板面层涂料喷涂应均匀,喷涂外观质量符合设计要求。

6.2.4 焊接材料应采用与母材相匹配的焊丝、焊剂和手工焊条,并通过焊接工艺评定试验进行验证选择。

6.2.5 龙骨安装应符合下列规定:

- a) 安装前核查防火保护板预埋件位置、数量、安装偏差等;
- b) 预埋件缺失或偏差过大时,进行现场处理,并确认满足预埋件设计安装要求后方可安装;
- c) 龙骨与预埋件连接螺栓使用不锈钢或镀锌螺栓,安装示意图14;
- d) 龙骨与沉管隧道结构防火保护板固定件连接先预紧,复核调整其安装平整度、垂直度后,再进行最终紧固。



标引序号说明：
1——管节钢壳；
2——扁钢；
3——角钢；
4——龙骨；
5——防火保护板。

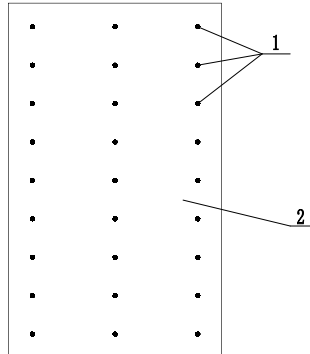
图14 龙骨安装示意

6.2.6 防火保护板安装前应进行以下工作：

- a) 检查防火保护板外观完整性；
- b) 明确单块防火保护板固定件的安装位置及数量。

6.2.7 防火保护板安装应满足下列要求：

- a) 防火保护板与机电转接件间的避让处理符合设计要求；
- b) 根据防火保护板总体施工要求，确定板材安装方向及安装顺序；
- c) 防火保护板固定件位置和数量符合设计要求，单块防火保护板固定件布置见图15；
- d) 固定螺栓的螺帽避免沉入防火保护板内；
- e) 安装时采用可移动式脚手架等辅助类设施。

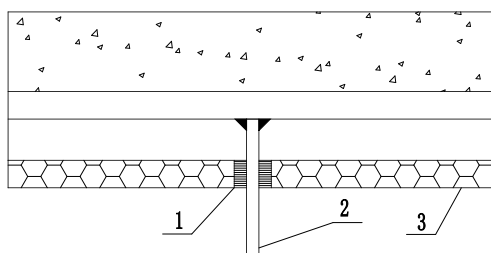


标引序号说明：
1——自攻螺丝；
2——防火保护板。

图15 单块防火保护板固定件布置示意

6.2.8 防火密封胶施工满足下列要求：

- a) 防火密封胶填充于已安装板材与相邻板材对接处，填充量应经试验确定，填充饱满密实、粘接牢固、均匀平顺；
- b) 防火密封胶与相邻防火保护板的安装应同时进行；
- c) 防火保护板安装前，对安装范围内的机电转接件位置开孔，开孔与机电转接件间隙宜控制在5mm以内并使用防火密封胶填充，见图16；
- d) 对接缝处填充防火密封胶时，不应污染板材表面，对污染区域应及时清理。



标引序号说明:

1——防火密封胶;

2——机电预埋件;

3——防火保护板。

图16 机电预埋件位置防火密封胶填充示意

6.2.9 防火保护板安装完成后, 应进行以下目测自检:

- a) 检查已安装板块整体表观质量;
- b) 检查接缝处防火密封胶填充情况, 对密实度、光滑度进行复核性检查。

6.2.10 防火保护板表面喷涂材料施工应满足下列要求:

- a) 具备材料厂家提供的产品使用说明书, 注明喷涂材料混合配比、搅拌速度、搅拌时间。现场抽检合格后, 在满足喷涂温度、湿度等条件下进行施工;
- b) 正式喷涂前进行试喷试验;
- c) 喷涂前清理防火保护板表面污物;
- d) 喷涂前对沉管隧道内已完成部位进行防护;
- e) 涂层颜色均匀一致, 无起皮、脱落、流淌、积聚、漏涂等现象。

6.2.11 采用搪瓷钢板等其他类装饰材料时, 材料性能和施工应符合 JG/T 234 的有关规定。

6.3 排烟道防火隔热涂料施工

6.3.1 防火隔热涂料喷涂施工准备应满足下列要求:

- a) 编制工艺指导书, 明确涂料喷涂注意事项及检测流程;
- b) 检测涂料喷涂施工区域湿度、温度等环境条件, 不满足时可采取通风、除湿等辅助措施;
- c) 围蔽喷涂施工区域。

6.3.2 防火隔热涂料喷涂施工应满足下列要求:

- a) 喷涂施工前进行试喷试验;
- b) 表面清理及打磨符合GB/T 8923.1中St2级的要求;
- c) 正式喷涂前对边角、转弯等不易喷涂的隐蔽部位进行预涂处理;
- d) 喷涂施工全程持续进行有毒有害气体检测, 达到预警值后严禁作业;
- e) 防火隔热涂料喷涂后, 其外观质量符合湿膜均匀, 无流淌、无气泡、无干喷、无漏喷等设计要求, 喷涂层厚、附着力均应满足设计及GB/T 5210的要求;
- f) 喷涂作业人员佩戴劳动保护用具。

6.3.3 排烟道内排烟设施安装应符合 GB 51251 的有关规定。

6.4 疏散检修通道防火施工

6.4.1 防火门与主体连接应可靠, 垂直方向及角度应满足设计和 GB 12955 的要求。

6.4.2 施工过程中, 应对防火门采取保护措施。

6.4.3 防火门安装前, 应按照设计要求预留洞口, 不应边安装边砌口或先安装再砌口。

6.4.4 其他设施安装应满足相关安装施工规范要求。

6.5 管节接头结构防火施工

6.5.1 管节接头防火保护板施工应满足下列要求:

- a) 行车孔防火保护板间设置伸缩缝时, 其位置设置在管节接头结合腔外;

T/CIN 084—2025

b) 管节接头区域内存在机电预埋件或其他构造时，防火保护板开孔在沉管隧道纵向变形方向加扩开孔尺寸，以满足沉管隧道变形需求。

6.5.2 附加保护板施工应满足下列要求：

- a) 安装固定仅与活动空腔一侧板材进行连接；
- b) 防火密封条采用不燃防火材料。

6.5.3 柔性防火隔断施工应满足下列要求：

- a) 连接沉管的预埋连接螺杆采用不锈钢材料，焊缝、布置间距及位置符合设计要求；
- b) 包覆材料安装宽度、长度预留量符合沉管隧道变形量要求；
- c) 覆盖封闭前，确认包覆材料完整无破损；
- d) 压板采用不锈钢或镀锌钢材。

6.5.4 柔性防火材料施工应满足下列要求：

- a) 伸缩性能满足沉管隧道纵向伸缩变形要求；
- b) 安装后预留伸缩量，避免在沉管隧道变形情况下发生位移、脱落；
- c) 安装后如因其他结构变形或其他因素影响产生空隙，使用防火密封胶进行足量填充。

6.6 预埋件的防火施工

6.6.1 防火保护板包覆范围内的各种机电转接件及隔热垫等均应先行安装，验收完毕后方可进行防火保护板安装。

6.6.2 中大型机电转接件与防火保护板交涉位置的开孔大小宜由相关施工单位共同确认后方可施工。

7 质量检验

7.1 一般要求

7.1.1 材料使用前应按照 7.2 规定的抽检频次及数量要求进行送检，送检样品合格所代表批次的材料方可用于施工。

7.1.2 质量检验应按照自检、互检、专项检验的程序进行。

7.2 材料检验

7.2.1 防火保护板龙骨抽检频次及检测项目应符合 GB/T 699 的有关规定。

7.2.2 防火保护板抽检频次及检测项目应根据防火保护板材质所对应的标准进行：

- a) 使用蛭石防火保护板时，符合 JC/T 2341 的有关规定；
- b) 使用硫氧镁、玻镁、硅酸钙等其他材质的防火保护板时，符合 GB 28376 的有关规定。

7.2.3 装饰板抽检频次及检测项目应符合 GB/T 23443、JG/T 234 的有关规定。

7.2.4 柔性防火隔断抽检频次及检测项目应符合 GB/T 3003 和 GB 50016 的有关规定。

7.2.5 防火密封胶抽检频次及检测项目应符合 GB 23864 的有关规定。

7.2.6 防火门抽检频次及检测项目应符合 GB 12955 的有关规定。

7.2.7 柔性防火材料抽检频次及检测项目应符合 GB 16807 的有关规定。

7.2.8 用于支撑固定防火保护板的钢桁架所用材料抽检频次及检测项目应符合 GB/T 6725 和 GB 50018 的有关规定。

7.3 施工质量检验

7.3.1 防火保护板施工检测与质量标准应满足下列要求：

- a) 防火保护板工序安装完毕后，表面清洁干净，无气泡、脱落现象，外露固定件表面喷涂颜色与板面颜色一致；
- b) 防火保护板的龙骨、钢桁架等安装牢固可靠，龙骨安装平整度、垂直度要求不大于表2实测项目标准；
- c) 防火保护板安装的实测项目及抽检频次符合表2的要求。

表2 防火保护板安装实测项目

项次	检查项目	允许偏差 (mm)	检查方法和频率
1	立面垂直度	± 4	面垂直度(中墙和侧墙),使用2m靠尺检测,里程方面每100m检测取10个点,单次检验批中墙+侧墙检测数量不应少于20个点。
2	表面平整度	± 2	表面平整度(侧墙+中墙+折角+顶板),使用2m靠尺检测,里程方向每100m,并考虑沉管隧道横向尺寸变化影响,检测点取61-70个点不等。
3	接缝宽厚(0-3mm)	± 2	接缝宽厚,按照标准板块的数量取10%进行检测,每个板检测横竖各取一侧。

7.3.2 防火隔热涂料施工检测与质量标准应符合下列规定:

- a) 防火隔热涂料规格、质量满足设计要求;
- b) 涂层无漏涂、脱粉、明显裂缝及通长性裂缝等质量缺陷,局部裂缝宽度小于0.5mm;
- c) 防火隔热涂料的实测项目满足表3的要求。

表3 防火隔热涂料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	防火层厚度	厚度满足设计要求	按照GB 50205第13.4节的规定执行
2	防火层附着力	附着力满足设计要求	按照GB/T 5210检测方法执行,检测时以沉管为单位

7.3.3 管节接头结构防火施工检测与质量标准应符合下列规定:

- a) 管节接头结构防火安装外观质量无破损、缺角、污染、明显变形等情况;
- b) 管节接头结构防火各构件适应沉管隧道变形伸缩要求;
- c) 管节接头结构防火的实测项目满足表4中要求。

表4 管节接头结构防火实测项目

项次	检查项目	允许偏差 (mm)	检查方法和频率
1	防火保护板安装预留伸缩量	± 10	使用量尺检查,抽检10%
2	柔性防火隔断安装预留伸缩量	± 10	使用量尺检查,抽检10%

7.3.4 设有龙骨支撑的防火保护板,应考虑日常风振对防火保护板的影响。宜通过风压试验或环境模拟试验验证。防火保护板风压试验可参照附录C进行。

附 录 A
(资料性)
钢壳混凝土沉管隧道结构管节结构防火性能测试方法

A.1 一般规定

本方法适用于钢壳混凝土沉管隧道结构管节结构耐火性能测试。

A.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 9978.1 建筑构件耐火试验方法第1部分：通用要求

XF/T 714 构件用防火保护材料快速升温耐火试验方法

A.3 试验装置

A.3.1 包括试验炉、约束和支撑构件等遵照GB/T 9978.1、XF/T 714及本方法中的相关规定。

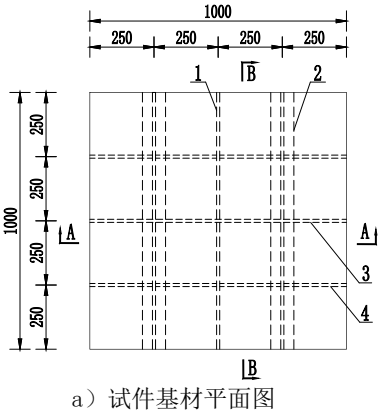
A.3.2 热电偶、炉压管等仪器的结构及布置方式，应符合GB/T 9978.1、XF/T 714及本方法中的相关规定。耐火试验炉的升温能力应满足XF/T 714中RABT升温曲线的要求。

A.3.3 测量仪器的精度应与GB/T 9978.1、XF/T 714中的规定一致。

A.4 试件要求

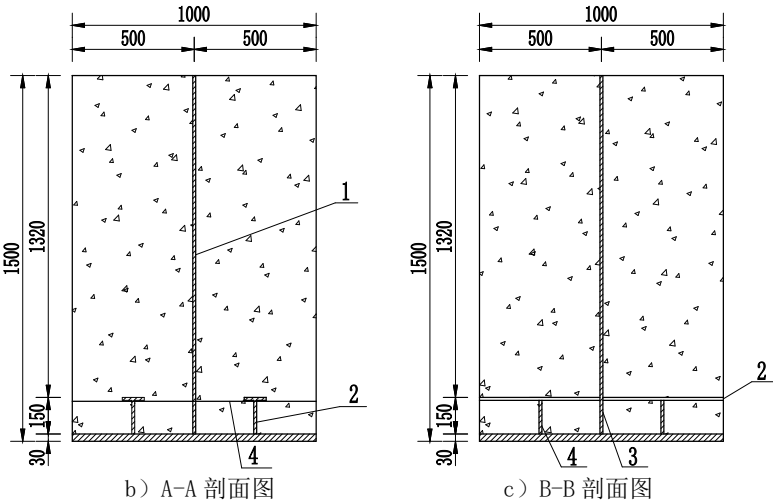
A.4.1 测试的钢壳沉管隧道管节结构构件应与实际使用情况一致。

A.4.2 试验基材外形尺寸：长×宽×高为1000mm×1000mm×1500mm。基材设计结构见图A.1：其中钢材型号为Q235，构件内侧钢板厚度为30mm，横、纵向隔板厚度为12mm；混凝土强度为C50。



标引序号说明：
1——纵隔板；
2——纵肋；
3——横隔板；
4——横肋。

图 A.1 基材设计图（单位：mm）

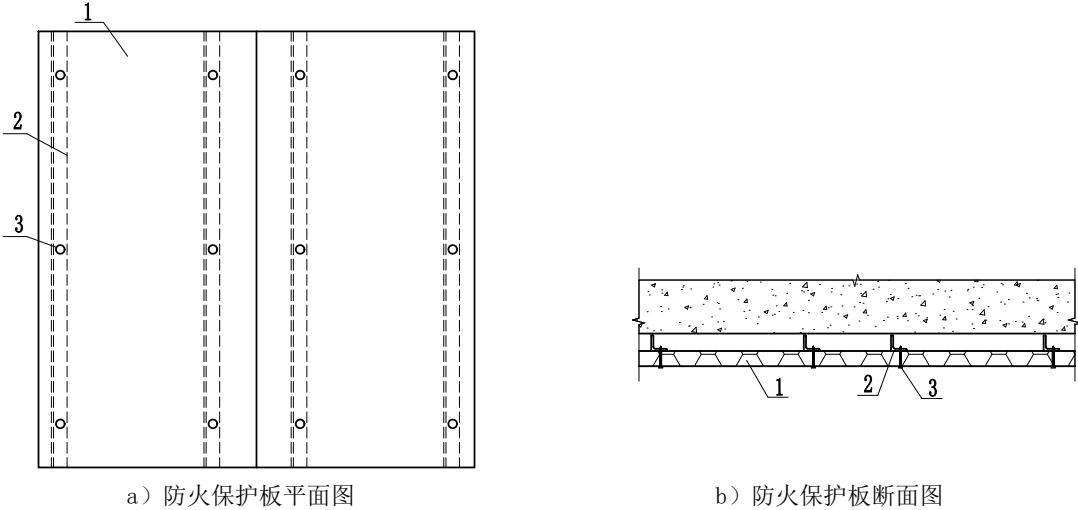


标引序号说明:

- 1——纵隔板;
- 2——纵肋;
- 3——横隔板;
- 4——横肋。

图 A.2 基材设计图 (单位: mm) (续)

- A. 4. 3 试件数量为1个。
- A. 4. 4 试件由两块防火保护板与基材通过龙骨组合而成, 防火保护板拼缝处采用高温胶抹平处理, 试件设计及防火保护板拼接方式见图A.2; 试件安装过程中应保证试件中心线与炉膛中心线重合并进行有效约束, 吊装系统应保证试件水平放置于炉体上方且底面受火, 并不应影响试件上下表面的空气流动。



标引序号说明:

- 1——防火保护板;
- 2——角钢;
- 3——燕尾钉。

图 A.2 试件安装示意

- A. 4. 5 热电偶布置见图A.3。

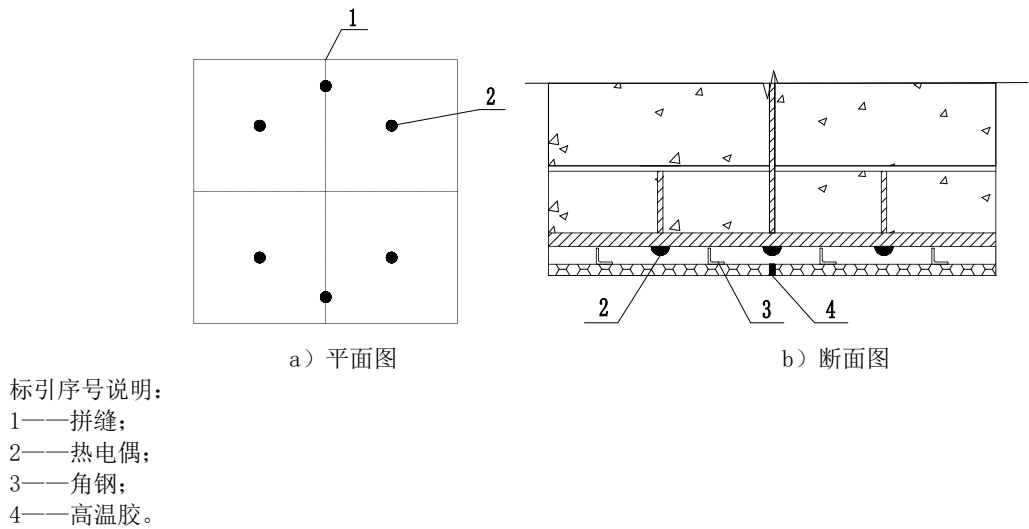


图 A.3 温度测点布置

A.5 试验条件

A.5.1 炉内的升温条件为RABT升温曲线，应符合XF/T 714中5.1条的相关规定。

A.5.2 对炉内的压力进行监测，使其在试验开始10min后压力值为 (20 ± 3) Pa。

A.6 试验程序

A.6.1 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，作为试验开始时间，所有测量仪表开始工作，按隧道火灾RABT升温曲线进行试验。如试件已达到耐火极限或有对人员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可终止试验。

A.6.2 应采用热电偶测量炉内温度，每1min测量和记录一次，并计算炉内平均温度。

A.6.3 炉内压力的测量应依据A.5.2的规定进行。

A.6.4 应采用热电偶测量各测点温度，每1min测量和记录一次。

A.6.5 应观察试验过程中及试验结束后试件的变化情况，并作记录。

A.7 判定准则

试件的耐火极限应按以下要求判定：在升温2.00小时，降温1.83小时的耐火试验期间，钢壳混凝土结构的钢壳表面任一测温点温度不应大于 300°C ，否则认为试件已达极限。

A.8 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

- a) 试验委托单位名称；
- b) 样品生产单位名称和样品名称；
- c) 试验日期；
- d) 试件结构图、照片、所用材料的技术数据以及试件安装情况；
- e) 试验结果数据、炉内温升及测点温升曲线；
- f) 必要的现象观察；
- g) 试验结论；
- h) 报告编制、审核、批准人签字，试验单位盖章。

附录 B
(资料性)
钢壳混凝土沉管隧道结构管节接头防火性能测试方法

B.1 一般规定

本方法适用于钢壳混凝土沉管隧道结构管节接头耐火性能测试。

B.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

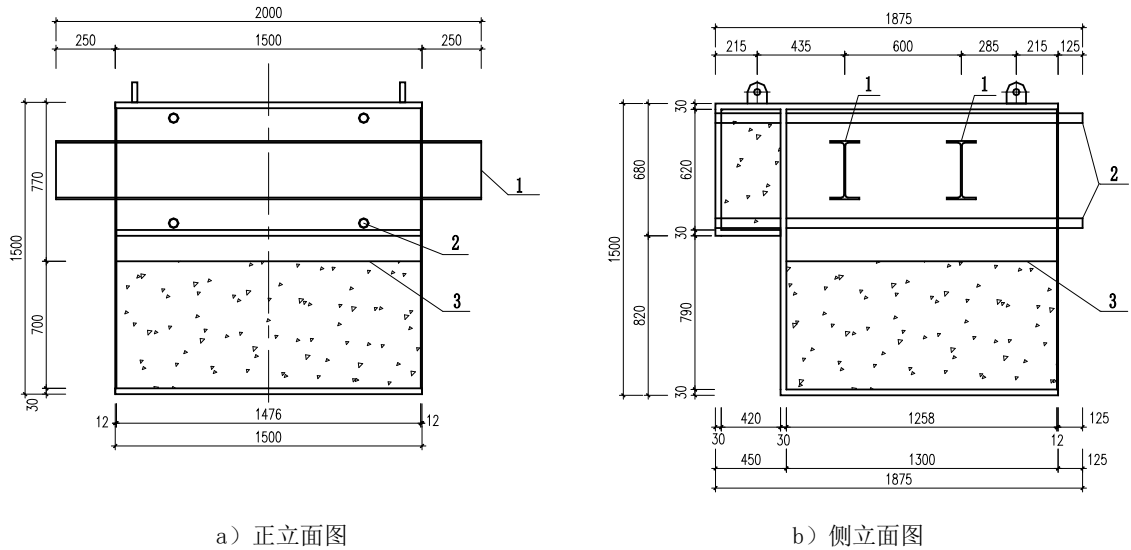
GB/T 9978.1 建筑构件耐火试验方法第1部分：通用要求

B.3 试验装置

- B.3.1 试验炉、约束和支撑构件等应符合GB/T 9978.1中的相关规定。
- B.3.2 热电偶、炉压管等仪器的结构及布置方式，应符合GB/T 9978.1及本方法中的相关规定。
- B.3.3 测量仪器的精度应与GB/T 9978.1中的规定一致。

B.4 试件要求

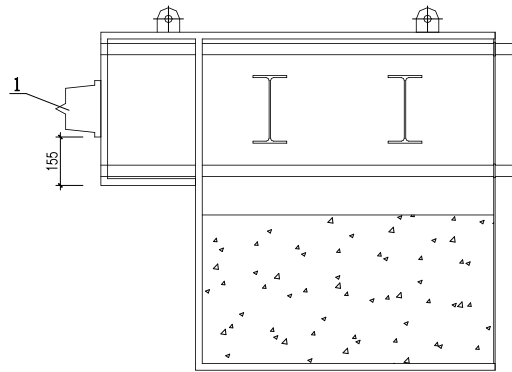
- B.4.1 测试的钢壳沉管隧道管节接头构件及防火保护板安装布置方式应与实际使用情况一致。
- B.4.2 试验基材由两个完全一致的接头对接而成，基材结构为钢壳混凝土，单个接头外形尺寸：长×宽×高为2000mm×1875mm×1500mm，具体尺寸见图B.1。试件应与背景工程沉管隧道厚度方向的尺寸以及接头构造完全一致，长度方向与宽度方向选取局部进行试件制作。



标引序号说明：
1——工字钢；
2—— $\phi 73 \times 7$ 钢管；
3——大空腔混凝土浇筑位置。

图 B.1 单个接头构件设计图（单位:mm）

- B.4.3 试件主体制作完成后，进行GINA橡胶止水带安装，设计图见图B.2，在其中一个接头端部居中安装GINA橡胶。



标引序号说明：
1——GINA橡胶。

图 B.2 GINA 橡胶止水带安装（单位:mm）

- B.4.4 试件数量为1个。
- B.4.5 试件由25mm防火保护板50mm防火棉与基材通过龙骨组合而成，试件设计、防火保护板拼接方式及约束应与设计方案一致。吊装系统应确认试件水平放置于炉体上方且底面受火，并不应影响试件上下表面的空气流动。
- B.4.6 热电偶布置见图B.3，布置说明见表B.1。

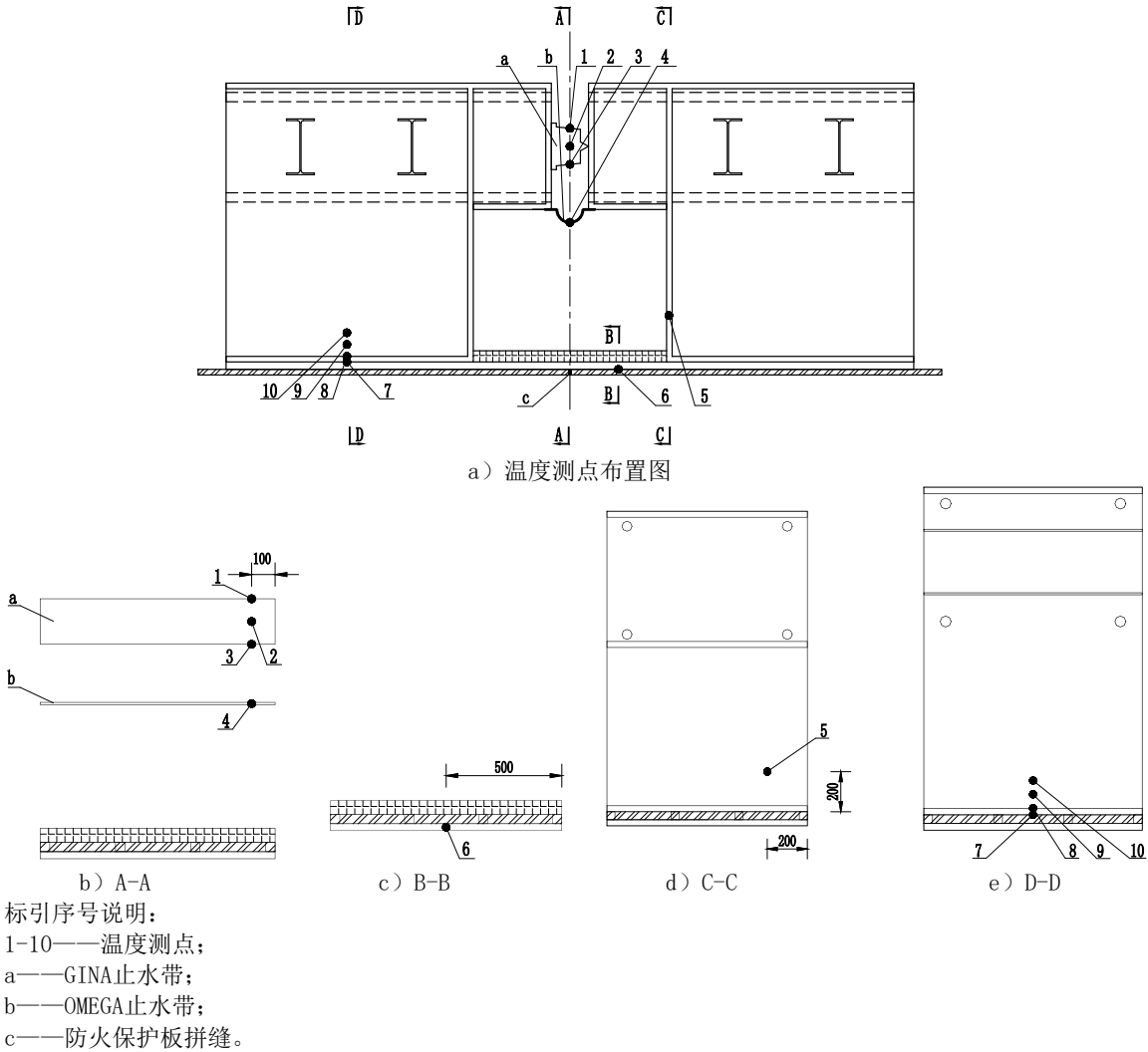


图 B.3 温度测点布置（单位:mm）

表 B.1 热电偶布置

测点编号	位置	备注
1	距GINA橡胶上侧10mm处温度	测点位于GINA橡胶上表面中点
2	GINA橡胶中部温度	测点位于GINA橡胶中部
3	距GINA橡胶下侧10mm处温度	测点位于GINA橡胶下表面中点
4	OMEGA橡胶底侧温度	测点位于OMEGA橡胶最低处
5	空腔旁钢壳温度（距底部200mm处）	测点位于右侧接头左侧面距底部200mm位置
6	防火保护板中部温度（空腔的1/4处）	测点位于防火保护板上表面距右侧接头左侧面1/4空腔长度位置
7	钢壳下侧温度	测点位于接头下表面几何中心位置
8	混凝土下侧温度	测点位于接头混凝土下表面几何中心位置
9	距混凝土下侧底面50mm处温度	测点位于接头混凝土下表面几何中心位置
10	距混凝土下侧底面100mm处温度	测点位于接头混凝土下表面几何中心位置

B.5 试验条件

炉内温升曲线应符合GB/T 9978.1中6.1条的相关规定。

B.6 试验程序

B.6.1 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，按本方法所要求的温升曲线进行试验。如试件已达到耐火极限或有对人员的安全造成威胁时或有对设备造成重大损坏的因素时可终止试验。

B.6.2 炉内温度的测量应依据GB/T 9978.1规定测量炉内温度，每1min测量和记录一次，并计算炉内平均温度。

B.6.3 测点温度的测量应采用B5规定的热电偶测量各测点温度，每1min测量和记录一次。

B.6.4 炉内压力的测量应依据GB/T 9978.1中的规定进行测量。

B.6.5 试验应观察试验过程中及试验结束后试件的变化情况，并作记录。

B.7 判定准则

试验时长180min，在整个试验过程中，表B.1中除1号、2号、3号和4号外所有测温点的最高温度不大于300℃；表B.1中1号、2号、3号和4号测点的最高温度不大于150℃，100℃以上时间不大于1小时，70℃以上不大于2小时。否则判定试件已达极限。

B.8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- 试验委托单位名称；
- 样品生产单位名称和样品名称；
- 试验日期；
- 试件结构图、照片、所用材料的技术数据以及试件安装情况；
- 试验结果数据、炉内温升及测点温升曲线；
- 必要的现象观察；
- 试验结论；
- 报告编制、审核、批准人签字，试验单位盖章。

附录 C
(资料性)
风压试验

C.1 一般规定

- C.1.1 风压试验适用于设有龙骨支撑的防火保护板固定形式的验证。
- C.1.2 风压试验应综合考虑防火保护板类型及拟采用安装固定方式,根据不同工程特点确定试验方案。
- C.1.3 用于风压试验的防火保护板、龙骨及固定件等应为合格材料。
- C.1.4 风压试验应委托由具备相应资质的第三方单位进行。

C.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 7106 建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法

C.3 风压试验试件制作

- C.3.1 试件所采用的全部材料、安装固定方式应与设计方案完全一致。
- C.3.2 试件应满足施工最不利工况的固定方式要求,如防火保护板悬臂长度最大、固定件位置偏差最大等情况。
- C.3.3 试件干湿程度应与工程实际运营及施工阶段防火保护板最大干湿情况一致。
- C.3.4 试件规格应满足宽度不小于2.44m,高度不小于1.22m且具备横竖接缝的要求。

C.4 风压试验方法

- C.4.1 风压试验过程可参考GB/T 7106进行,也可根据工程情况选择适宜标准,所选标准应经工程有关各方及检测单位确认。
- C.4.2 风压试验应采用多次正负加压方式进行。

C.5 风压试验过程及结论

- C.5.1 过程中应记录每次加压的时间、压力、试件情况等信息。
- C.5.2 试验结果应结合试件开始失稳及完全破坏的压力、加压时间等数据信息综合判定。

参 考 文 献

- [1] GB 51249-2017, 建筑钢结构防火技术规范.
 - [2] GB/T 51318-2019, 沉管法隧道设计标准.
 - [3] JTG/T 3371-01-2022, 公路沉管隧道设计规范.
 - [4] 吴梦军,吴庆良,宋神友,等.钢壳沉管隧道耐火极限标准与防火保护技术研究:以深中通道沉管隧道为例[J].隧道建设(中英文),2024,44(2):257-265.
 - [5] 李平立,毛朝君,张泽江,等.钢壳结构沉管隧道防火保护技术[J].消防科学与技术, 2018, 33(11):1510-1512.
-