

# DB 11

北京市地方标准

DB 11/T XXXXX—XXXX

## 城市轨道交通隧道结构 装配式工艺加固维修技术规程

Code of practice for urban rail transit tunnel reinforcement using prefabricated  
composite material components

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	2
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	2
4 基本要求 .....	3
5 设计 .....	4
6 施工 .....	7
7 质量控制及验收 .....	9
8 养护维修 .....	10
附 录 A .....	10
参 考 文 献 .....	16

## 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。

本文件由北京市交通委员会提出并归口。

本文件由北京市交通委员会组织实施。

本文件起草单位：北京市地铁运营有限公司、北京地铁工程管理有限公司、国铁新材（北京）科技有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、北京交通大学、北京市建设工程质量第三检测所有限责任公司、北京地铁建筑设施维护有限公司、同济大学、湖北轨道交通设计研究股份有限公司、中国铁路设计集团有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、北京建工集团有限责任公司、中铁隧道股份有限公司、中铁十六局集团北京轨道交通工程建设有限公司、中铁三局集团线桥工程有限公司、华设设计集团股份有限公司、中铁二十五局集团有限公司、中铁第五勘察设计院集团有限公司。

本规程主要起草人员：

# 城市轨道交通隧道结构装配式工艺加固维修技术规程

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通隧道结构复合型材装配式工艺修复加固设计、施工、质量验收、养护维修等要求。

本文件适用于城市轨道交通隧道结构修复加固。

## 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 8162 结构用无缝钢管  
GB 14907 钢结构防火涂料  
GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准  
GB 50367 混凝土结构加固设计规范  
GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范  
GB 50728 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范  
GB/T 51446 钢管混凝土混合结构技术标准  
GB 55004 组合结构通用规范  
CJJ/T 289 城市轨道交通隧道结构养护技术标准  
JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**装配式多腔复合结构** assembled multi-cavity composite structure

将符合强度、绝缘及防腐等耐久性要求的纤维布作为增强材料，经热压工艺与多根钢管复合成型，形成多段可拼装空腔结构，并在腔体内部灌注灌浆材料形成的复合结构构件。

### 3.2

**纤维增强材料** unidirectional basalt fiber sheet

由单向连续玄武岩纤维组成，未经浸渍固化的布状玄武岩纤维制品。

### 3.3

**前置防护** protection before construction

为了确保作业影响范围内轨道交通既有设备设施在隧道结构加固维修期间能够正常使用以及免受损毁，施工前对其进行临时性保护罩安设、绝缘毯防护、篷布铺设以及防护警示标牌设置等相关措施。

## 4 基本要求

### 4.1 一般要求

4.1.1 城市轨道交通隧道主体结构健康度依据CJJ/T 289评定为4级及以上时,可采用装配式多腔复合结构进行修复加固;或轨道交通隧道安全保护区有重大风险工程施工作业时,可采用装配式多腔复合结构对隧道进行预加固。

4.1.2 装配式多腔复合结构修复加固施工前,应对隧道的渗漏、破损、开裂等结构病害进行治理,治理可参照DB11/T 1843和JGJ/T 212实施。

4.1.3 装配式多腔复合结构修复加固工艺是将复合成型的钢管簇划分为多节段拼插构件,将其通过结构胶及锚栓固定在隧道内壁上,之后对钢管腔体内灌注灌浆料。

4.1.4 城市轨道交通隧道装配式多腔复合结构修复加固应编制专项设计方案、专项施工方案及应急预案。

4.1.5 隧道修复加固施工前,隧道内原有管线和其他设施的移位或保护应符合前置防护的规定。

4.1.6 隧道修复加固施工作业不应影响运营安全,隧道修复加固施工质量应满足运营安全要求。

4.1.7 隧道修复加固完成后应进行施工质量验收。

### 4.2 材料要求

4.2.1 装配式多腔复合结构所用的钢管宜用SUS201不锈钢管,也可采用Q235及更高强度的钢管。钢管质量应符合GB/T 8162的有关规定。

4.2.2 装配式多腔复合结构所用的纤维增强材料宜用玄武岩纤维,也可采用碳纤维、玻璃纤维、芳纶纤维。纤维增强材料的力学性能指标应符合GB 55004的相关指标要求。

4.2.3 装配式多腔复合结构所用的灌浆料应采用水泥基灌浆料,质量应符合GB/T 50448的有关规定。

4.2.4 结构胶的基本性能应符合GB 50728中I类胶(A级)的有关规定。

4.2.5 锚栓质量应符合JGJ 145的有关规定。

## 5 设计

### 5.1 一般要求

5.1.1 编制专项设计方案前,应收集下列资料作为设计依据:

- a) 隧道结构现状检测报告、现状监测数据或状态安全性评估报告;
- b) 原隧道结构的施工图、施工资料、竣工图及相关技术文件;
- c) 原隧道结构的大修或专项维修资料;
- d) 多腔复合结构物理力学性能试验检测报告。

5.1.2 采用装配式多腔复合结构对隧道结构进行修复加固时,应通过配套的结构胶及锚栓将复合型材固定于隧道结构内壁,使二者形成叠合结构,变形协调,共同受力。以盾构隧道为例,多腔复合结构节段划分及锚栓分布如图1所示。

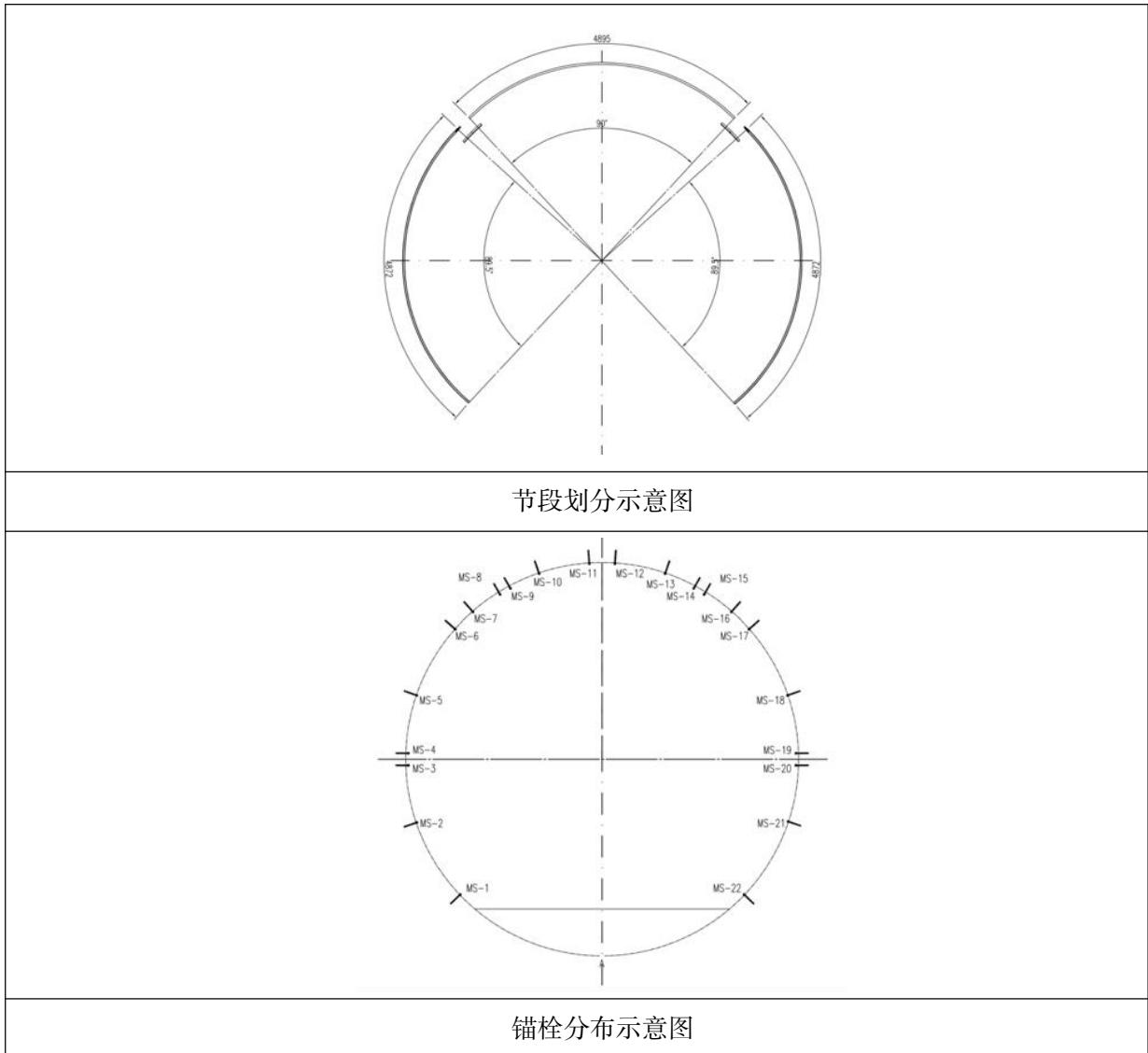
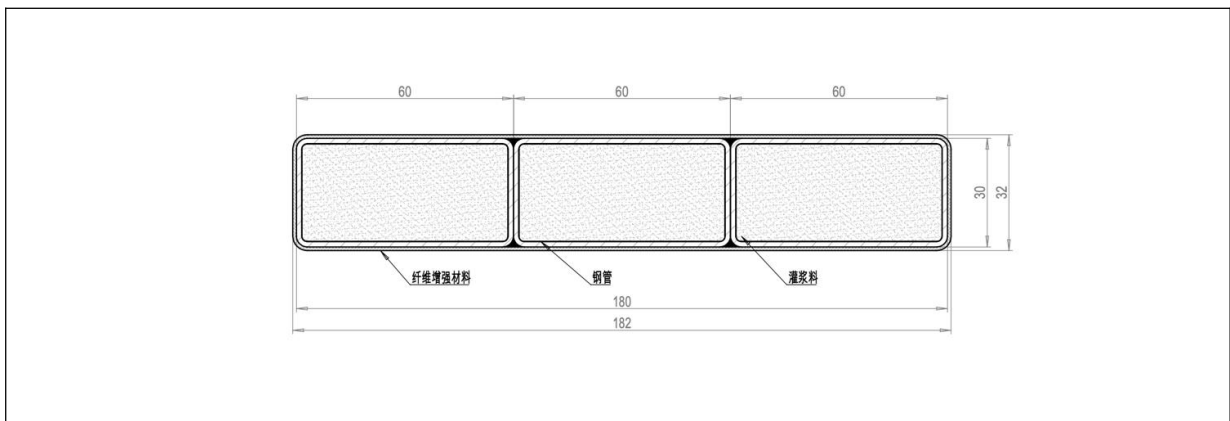


图 1 盾构隧道装配式多腔复合结构构造示意图

5.1.3 装配式多腔复合结构常用的尺寸规格为 $182\text{mm} \times 32\text{mm} (\pm 2\text{mm})$ 、 $182\text{mm} \times 42\text{mm} (\pm 2\text{mm})$  或  $242\text{mm} \times 42\text{mm} (\pm 2\text{mm})$ ，如图2所示，其力学性能指标应满足表1的要求。



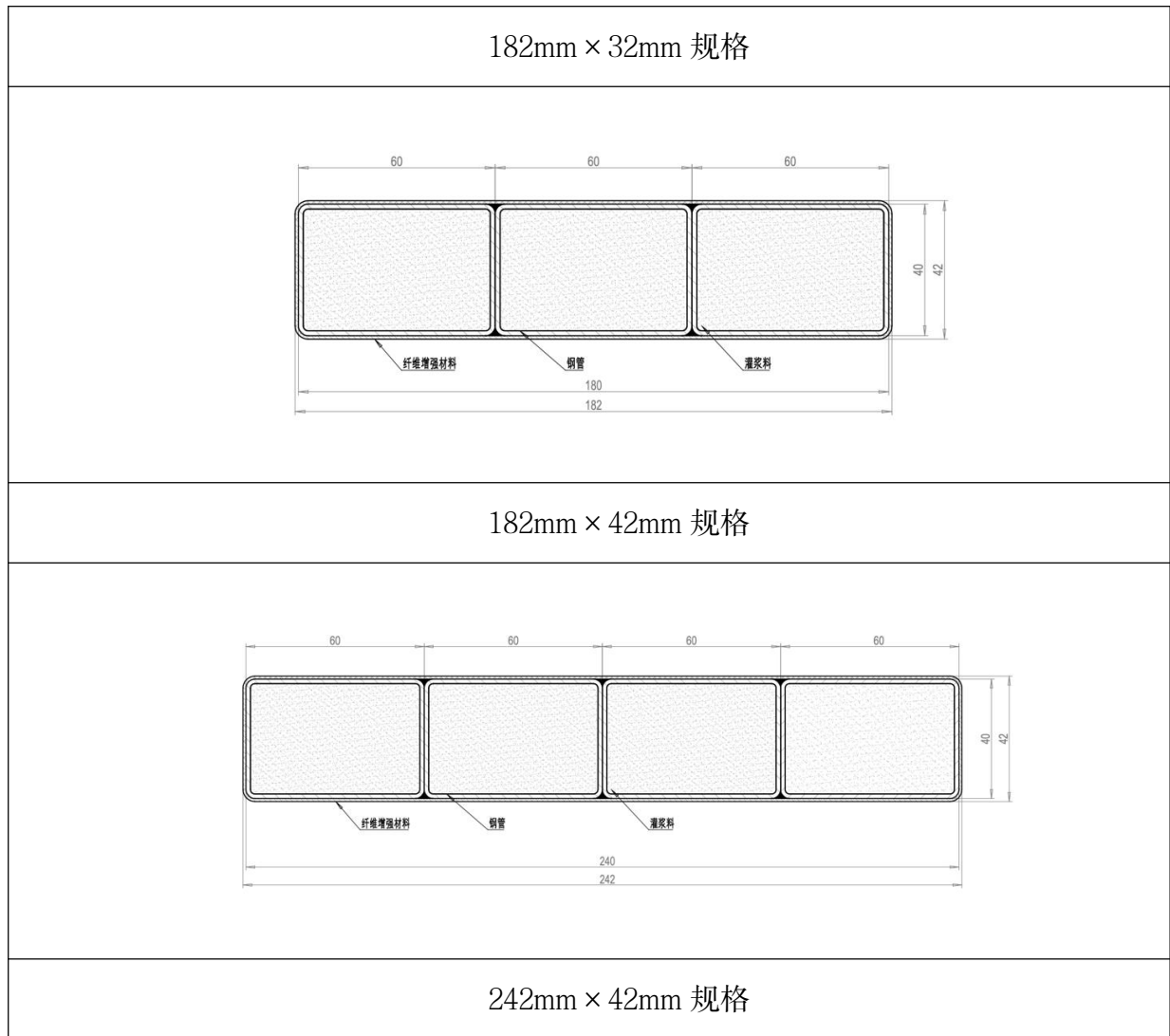


图 2 装配式多腔复合结构常用规格示意图

表 1 多腔复合结构力学性能指标

规格	力学性能	性能指标
182mm × 32mm ( ± 2mm )	抗弯刚度, N · mm <sup>2</sup>	≥ 50 × 10 <sup>9</sup>
	受压弹性模量, GPa	≥ 53.0
182mm × 42mm ( ± 2mm )	抗弯刚度, N · mm <sup>2</sup>	≥ 155 × 10 <sup>9</sup>
	受压弹性模量, GPa	≥ 60.0
242mm × 42mm ( ± 2mm )	抗弯刚度, N · mm <sup>2</sup>	≥ 185 × 10 <sup>9</sup>
	受压弹性模量, GPa	≥ 70

## 5.2 设计要求

### 5.2.1 装配式多腔复合结构修复加固的设计原则为：

- a) 不应侵入设备限界；
- b) 不应削弱隧道的原有结构承载力；
- c) 不应影响隧道内轨道交通设备设施的正常使用；
- d) 不应影响线路的正常运营。

#### 5.2.2 专项设计的内容应包括：

- a) 依据基础资料，确定多腔复合结构安装的里程范围、隧道横断面安装范围、多腔复合结构的截面尺寸及材料参数、纵向榫间距、横向节段划分等；
- b) 绘制相应的多腔复合结构安装平面、纵剖面及横断面布置图，以及节点安装详图；
- c) 明确施工技术要求及相关注意事项。

5.2.3 多腔复合结构的节段划分应结合隧道形状及尺寸、隧道内设备设施布置、单节段自重、施工天窗时间等因素综合确定。

## 6 施工

### 6.1 一般要求

6.1.1 装配式多腔复合结构修复加固实施包括多腔复合结构的加工与制作、隧道内既有设备设施防护、多腔复合结构现场安装。

6.1.2 专项施工组织方案应符合施工阶段隧道结构安全性要求。

6.1.3 专项施工组织方案应包含详细施工步序及相关质量控制指标；

6.1.4 应急预案应包含应急小组组织架构、应急事项管理流程及现场处置预案。

### 6.2 多腔复合结构加工与制作

6.2.1 多腔复合结构腔体加工制作前，应对隧道结构内壁断面进行扫描，根据扫描数据进行定制加工，复合结构与隧道内壁贴合度偏差不应超过2mm。

6.2.2 多腔复合结构锚栓孔数量应按设计要求的1.2倍加工设置；灌浆孔按照单腔单注的原则，每榫多腔复合结构均应预设注浆孔、出浆孔。

6.2.3 多腔复合结构出厂前应按照正式拼装顺序预拼成环，观察多腔复合结构外观、锚栓孔是否完好，并测量多腔复合结构尺寸规格及弧度是否符合设计要求，拼装精度应符合 $\pm 5\text{mm}$ 的要求。

6.2.4 多腔复合结构出厂前，可对表面进行防火处理；也可在现场安装完成后，对表面进行防火处理。要求防火等级为一级，耐火极限 $\geq 1.5\text{h}$ ，相关技术要求参考标准GB14907。

### 6.3 隧道内既有设备设施前置防护

6.3.1 隧道实施装配式多腔复合结构修复加固施工前，应对隧道线缆、桥架及既有设备设施等情况进行踏勘、记录，对施工影响范围内的设备设施应进行保护，对与安装位置相冲突的设备设施应进行拆移。

6.3.2 多腔复合结构进行修复加固施工时，应实地调查隧道的断面布置情况，应规划施工机械设备的行走和停靠位置，确认与接触网或接触轨等运营设施的安全距离满足要求后，方可进入现场作业。

### 6.4 多腔复合结构现场安装

6.4.1 多腔复合结构现场安装包括工前准备、基面处理、粘结锚固、灌浆、撤场等步序。现场安装流程详见图3。



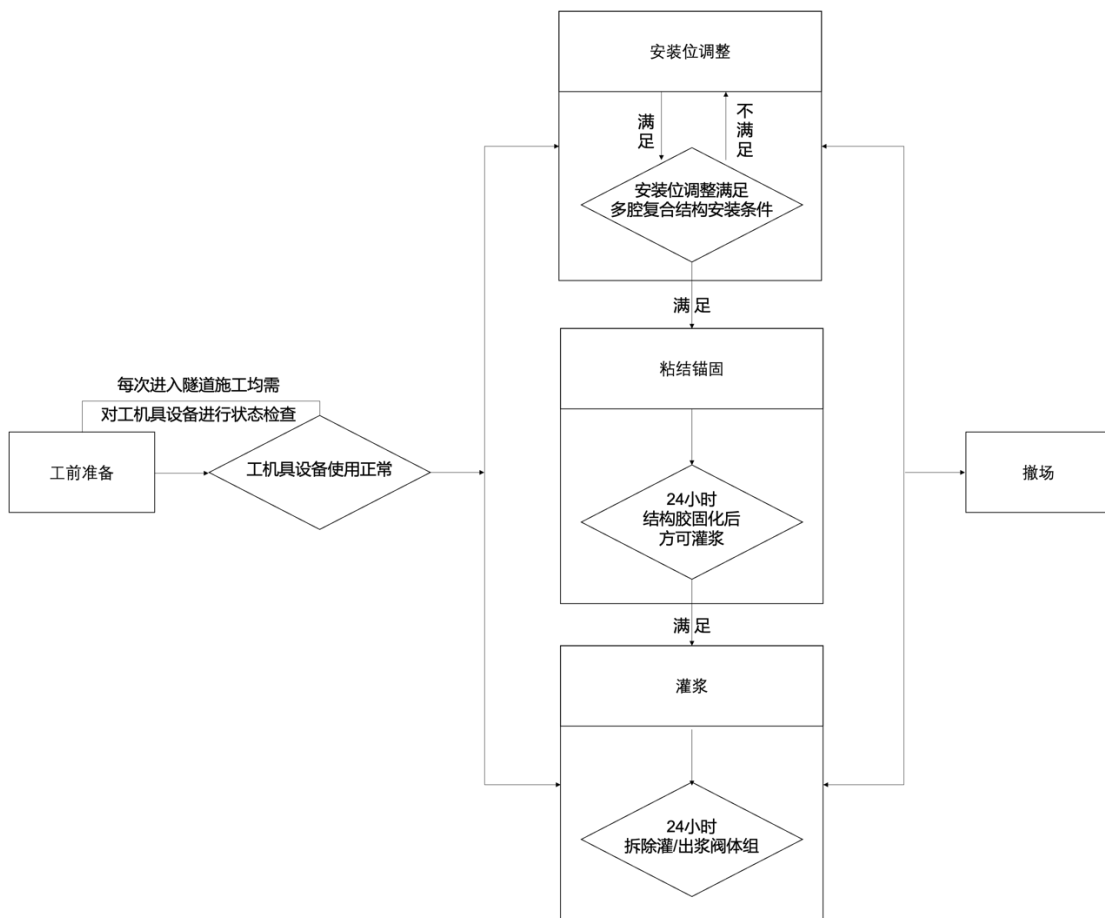


图 3 现场安装流程图

#### 6.4.2 工前准备应符合下列规定：

- 工前准备包括各施工步序进入隧道施工前的工机具状态检查、工机具运输至作业面、供电线路搭设、照明及组装脚手架等内容。
- 施工前应确保所有工机具处在可正常使用状态。

#### 6.4.3 基面处理应符合下列规定：

- 既有线缆应满足与隧道衬砌之间的距离 $\geq 50\text{mm}$ ，如不满足，应对线缆进行微调。
- 隧道衬砌表面不应有油污、浮尘、水渍，如不满足，应进行打磨处理，打磨深度 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

#### 6.4.4 粘结锚固应符合下列规定：

- 多腔复合结构应按照先拱顶、后侧墙的顺序安装。
- 隧道锚栓孔打设前，应采用钢筋探测仪对结构钢筋进行探测，孔位应避开结构钢筋。
- 结构胶刮涂于多腔复合结构外弧面，胶体厚度不应小于 $5\text{mm}$ ，以确保安装后胶体挤压密实。
- 待多腔复合结构粘结于隧道内壁后，打设锚栓固定。
- 安装完毕，应刮除清理多腔复合结构两侧挤压溢出的结构胶。

#### 6.4.5 灌浆应符合下列规定：

- 灌浆料按单腔单注依次灌注，灌浆机最大压力不宜大于 $0.6\text{MPa}$ ，单腔灌浆至出浆孔持续无气泡时，先关闭注浆阀门，后关闭出浆阀门，终止灌浆工序。
- 灌浆完毕后 $24$ 小时，灌浆料初凝，可拆除灌/出浆阀体组。

#### 6.4.6 撤场应符合下列规定：

- 撤场前，拆除设备设施临时防护用具。
- 撤场应完成对人员、工机具、主辅料的清点工作，保证施工现场无遗漏。

## 7 质量控制及验收

### 7.1 一般要求

7.1.1 装配式多腔复合结构的质量验收宜按照总体竣工验收进行。

7.1.2 总体竣工验收质量控制应按照施工准备、施工作业两个阶段提供相应文件记录。

7.1.3 质量控制及验收对象以总榫数为基数进行抽检数量的计算。

### 7.2 质量阶段控制要求

7.2.1 施工准备阶段要求如下：

a) 锚栓数量及规格应符合下列规定：

- 1) 锚栓数量及规格应抽样检查，一批次检验一次，并符合设计要求；
- 2) 检查产品出厂合格证或质保书等资料。

b) 结构胶、植筋胶应符合下列规定：

- 1) 抽样检查，一批次检验一次，并符合设计要求；
- 2) 检查产品出厂合格证或质保书等资料。

c) 灌浆料应符合下列规定：

- 1) 抽样检查，一批次检验一次，并符合设计要求；
- 2) 检查产品出厂合格证或质保书等资料。

d) 装配式多腔复合结构本体表面不应有裸露复合纤维层的划痕，防火涂层不应有脱落、起鼓、开裂等质量问题。

7.2.2 施工作业阶段要求如下：

a) 装配式多腔复合结构刮涂结构胶厚度应符合下列规定：

- 1) 抽样检查，抽样比例按总榫数的2%抽取；
- 2) 现场观察和检查，厚度应大于5mm。

b) 隧道锚栓孔的尺寸应符合下列规定：

- 1) 用钢尺测量，并检查施工记录，并符合设计要求。
- 2) 抽样检查，抽样比例10%且不应少于3个。

c) 锚固数量应符合下列规定：

- 1) 现场观察计数，并检查施工记录；
- 2) 锚固数量应全数检查，并符合设计要求。

d) 锚栓植入深度应符合下列要求：

- 1) 用钢尺量锚栓尾部露出长度，以检验锚栓植入深度，并检查产品出厂报告等资料。
- 2) 抽样检查，抽样比例10%且不应少于3根，并符合设计要求。

e) 钢管内部灌浆料填充效果应符合下列规定：

- 1) 填充不应出现漏填充隙；
- 2) 用敲击法进行抽样检查，抽样比例10%。

### 7.3 工程竣工质量验收

7.3.1 施工现场质量管理检查记录、工程竣工验收记录应按GB 50300的规定执行。

7.3.2 工程竣工验收应提供以下文件记录：专项设计图纸、专项施工方案及应急预案、材料及配件进场检验记录表（附录A中表A.1）、主材及辅材产品质量证明文件、工程施工日志（附录A中表A.2）等工程竣工资料。

## 8 养护维修

### 8.1 一般要求

8.1.1 装配式多腔复合结构的养护维修包括日常检查和日常养护。

8.1.2 检查人员应携带常规检查工具及必要的记录工具。检查工具包括相机、手电筒、粉笔等；必要的记录工具包括记录笔、记录本和记录仪等。

8.1.3 发生地震、洪灾、火灾等灾害时，应在灾后对装配式多腔复合结构的承载能力进行鉴定评估，并根据评估给出进一步处置意见。

### 8.2 日常检查

8.2.1 周期：装配式多腔复合结构养护维修的周期宜为每半年检查一次。

8.2.2 对象：主要目测检查装配式多腔复合结构，锚栓、螺母是否存在松动现象、表面涂层是否完整。

8.2.3 内容：目测锚栓、螺母止退线是否存在位移、表面涂层是否完整，是否存在涂层划痕、脱落、开裂、起鼓等情况，具体要求宜符合表2的要求，对发现问题处进行采集记录，形成台账，并判断是否需要养护维修。

表 2 装配式复合型材日常检查的对象和内容

检查对象	检查内容
纤维表面涂层完整度	破损的类型：涂层脱落面积、开裂长度不大于15MM，或1/3结构面、走向、位置。
锚栓螺母检测	检查止退线是否有变化，记录仪进行记录

### 8.3 日常养护

8.3.1 日常养护计划应结合日常检查结果综合制定。

8.3.2 根据日常检查结果结合相应施工工艺进行处理。

8.3.3 装配式多腔复合结构治理措施宜按表3选择执行。

表 3 装配式多腔复合结构养护维修措施表

外治意见 病害	需处理	不需处理
表面涂层划痕（纤维层未暴露）	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
表面涂层划痕、脱落、开裂、起鼓（纤维层暴露）	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
止退螺母止退线发生变化	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.3.4 养护维修内容应包括以下内容：

a) 防火涂层补刷

- 1) 补刷防火漆的位置必须彻底清除油污、旧涂层及破损边缘，起鼓部分需要进行彻底剔除。
- 2) 防火漆防火等级：1级

b) 锚栓螺母紧固

- 1) 采用专用设备进行锚栓螺母紧固。
- 2) 紧固后的螺母重新标记止退线。

## 附 录 A

(资料性)

表A.1 加固维护材料、构配件进场检验记录表

材料、构配件进场检验记录					资料编号			
工程名称					进场日期			
施工单位					分包单位			
序号	名称	规格型号	进场数量	生产厂家	质量证明文件核查	外观检验结果	复验情况	
1					符合 <input type="checkbox"/>	符合 <input type="checkbox"/>	不需复验 <input type="checkbox"/>	
					不符合 <input type="checkbox"/>	不符合 <input type="checkbox"/>	复验合格 <input type="checkbox"/>	
2					符合 <input type="checkbox"/>	符合 <input type="checkbox"/>	不需复验 <input type="checkbox"/>	
					不符合 <input type="checkbox"/>	不符合 <input type="checkbox"/>	复验合格 <input type="checkbox"/>	
3					符合 <input type="checkbox"/>	符合 <input type="checkbox"/>	不需复验 <input type="checkbox"/>	
					不符合 <input type="checkbox"/>	不符合 <input type="checkbox"/>	复验合格 <input type="checkbox"/>	
施工单位检查意见： 外观及质量证明文件：                  符合要求 <input checked="" type="checkbox"/> 不符合要求 <input type="checkbox"/> 日期： 需要复验项目的复验结论：          符合要求 <input checked="" type="checkbox"/> 不符合要求 <input type="checkbox"/> 日期：								
附件共 (    ) 页								
监理单位审查意见： 符合要求，同意使用 <input checked="" type="checkbox"/> 不符合要求，退场 <input type="checkbox"/> 日期								
签字	施工单位材料验收负责人			分包单位材料验收负责人			专业监理工程师	
制表日期								
注：1、本表由施工单位填写。 2、本表由专业监理工程师签字批准后代替材料进场报验表。 3、材料进场应按专业验收规范的规定进行检验，本表可代替材料进场检验批验收记录。								

表A.2 加固维护工程施工日志

工程名称			
施工单位		施工日期	年 月 日
施工人数	人	施工地点	
工器具、材料进场情况	<input type="checkbox"/> 平板车 <input type="checkbox"/> 脚手架 <input type="checkbox"/> 防护毯 <input type="checkbox"/> 灌浆机 <input type="checkbox"/> 搅拌机 <input type="checkbox"/> 小型工具箱1 <input type="checkbox"/> 小型工具箱2 <input type="checkbox"/> 照明及电力连接 <input type="checkbox"/> 装配式多腔复合结构 <input type="checkbox"/> 组合锚栓 <input type="checkbox"/> 拼插接头 <input type="checkbox"/> 压强板 <input type="checkbox"/> 结构胶 <input type="checkbox"/> 植筋胶 <input type="checkbox"/> 灌浆料 <input type="checkbox"/> 其它		
施工内容			
问题及总结			
现场负责人签字	   年 月 日		

填表人：

审核人：

表A.3 加固维护工程质量检验评定报告

工程名称		建设单位	
工程地址			
工程概述			
开工日期		竣工日期	
分别对各分部工程质量情况进行评价：			
质量控制资料和文件的检查情况			
验收单位：			备注：
项目代表：	年	月 日	
验收单位：			
项目代表：	年	月 日	
设计单位：			
项目代表：	年	月 日	
监理单位：			
项目代表：	年	月 日	
施工单位：			
项目代表：	年	月 日	
验收单位：			
项目代表：	年	月 日	

参 考 文 献

- [1] GB/T 700 碳素结构钢
  - [2] GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
  - [3] GB 50367 混凝土结构加固设计规范
  - [4] GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范
  - [5] GB 50936 钢管混凝土结构技术规范
-