

ICS 93.060

CCS P 21

团 体 标 准

T/CIN 082—2025

沉管隧道管节接头施工技术规范

Technical code for construction of immersed tube tunnel joint

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 3

5 施工前准备 3

6 钢端壳 4

7 止水带系统 8

8 端封墙拆除 13

9 剪力键 14

10 预应力拉索 16

11 跨管节接头构件 16

12 监测 26

附录 A（资料性）施工流程..... 29

参考文献 34

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。

请注意本标准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：中交第一航务工程局有限公司、深中通道管理中心、中交天津港湾工程设计院有限公司、中交天津港湾工程研究院有限公司、上海海科工程咨询有限公司。

本文件主要起草人：潘伟、宋神友、张长亮、宁进进、李汉君、邓宏彦、陈一尤、徐宾宾、胥新伟、金文良、寇晓强、匡磊、郭朝、杨福林、锁旭宏、王剑虹、高衡、刘迪、施忠良、陈智军、刘兆权、古世煌、王伟、许晴爽、郑伟涛、王振南、黄晓初、赵瑞军、刘华、朱华宝。

沉管隧道管节接头施工技术规范

1 范围

本文件规定了沉管隧道管节接头施工的总体要求、施工前准备、钢端壳、止水带系统、端封墙拆除、剪力键、预应力拉索、跨管节接头构件、监测等技术要求。

本文件适用于钢壳混凝土沉管、钢筋混凝土沉管管节接头施工及质量验收。

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 3003 耐火纤维及制品
GB/T 4950 锌合金牺牲阳极
GB/T 18173.2 高分子防水材料 第2部分：止水带
GB/T 23443 建筑装饰用铝单板
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
GB 51201 沉管法隧道施工与质量验收规范
JG 163 滚轧直螺纹钢筋连接接头
JG/T 234 建筑装饰用搪瓷钢板
JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
JGJ 162 建筑施工模板安全技术规范
JTS 131 水运工程测量规范
JTS 153 水运工程结构耐久性设计标准

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

管节 element

一次或分次预制完成，可实施浮运、沉放、水下对接组成沉管结构的基本单元。

[来源：GB/T 51318—2019, 2.1.2]

3.3

管节接头 element joint

管节与管节、管节与衔接段之间的连接结构。

[来源: JTG/T 3371-01—2022, 2.1.9]

3.4

钢端壳 steel end frame

管节或衔接段端头用于 GINA 止水带与 OMEGA 止水带安装或对接的钢构件。

[来源: JTG/T 3371-01—2022, 2.1.12, 有修改]

3.5

GINA 止水带 GINA gasket

安装于管节接头处的压缩式防水专用橡胶制品。

[来源: GB/T 51318—2019, 2.1.12, 有修改]

3.6

OMEGA 止水带 OMEGA seal

安装于管节接头或节段接头处的可更换式防水专用橡胶制品。

[来源: JTG/T 3371-01—2022, 2.1.13, 有修改]

3.7

端封墙 bulkhead

为浮运、沉放和安装管节, 在管节两端及暗埋段设置的临时封闭墙体结构。

[来源: GB/T 51318—2019, 2.1.19, 有修改]

3.8

剪力键 shear key

设于管节接头或节段接头, 用于限制管节(节段)间或管节与衔接段间水平向和竖向位移的构件, 分为竖向剪力键、水平向剪力键。

[来源: JTG/T 3371-01—2022, 2.1.16, 有修改]

3.9

钢壳混凝土管节 steel shell sandwich concrete element

采用双层钢板—混凝土组合结构的管节。

[来源: JTG/T 3371-01—2022, 2.1.5, 有修改]

3.10

牺牲阳极 sacrificial anode

依靠自身腐蚀使与之耦合的阴极获得保护的金属或合金材料。

[来源: JTS 153—2015, 2.0.26]

3.11

鼻托 bearer

用于管节沉放、对接具有临时承托、导向作用的装置。

[来源：GB 51201—2016, 2.0.31]

3.12

后填法 post filling method

管节沉放对接后完成的管节基础垫层施工方法。

[来源：GB/T 51318—2019, 2.1.29]

3.13

剪力键垫层 shear keys cushion

设置于竖向剪力键之间，避免应力集中的缓冲垫层。

3.14

限位装置 displacement restrictor

设于管节接头，用于限制管节间或管节与衔接段间纵向位移的构件。

[来源：JTG/T 3371-01—2022, 2.1.15]

3.15

隧道防火保护板 fireproof board for tunnels

固定安装在公路和城市交通隧道的结构表面，能提高隧道结构耐火极限的防火保护板。

[来源：GB 28376—2012, 3.1, 有修改]

3.16

调平层 leveling layer

铺设于管节接头两侧一定范围，使接头行车道路面平滑过渡的复合垫层。

4 总体要求

- 4.1 沉管隧道管节接头施工（以下简称“管节接头施工”）应遵循“工艺先进、技术可靠、经济合理、风险可控”的原则，按照结构耐久、施工和运营安全的要求进行系统性考虑。
- 4.2 应根据设计要求、结构特点、水文条件、作业环境要求和施工能力等因素综合确定沉管管节接头施工工艺。总体施工流程见附录 A 图 A.1。
- 4.3 管节接头施工包含钢端壳、止水带系统、端封墙拆除、剪力键、预应力拉索、跨接头构件等内容。管节接头构件示意图见附录 A 图 A.2。
- 4.4 管节接头施工应建立工程测量、工程信息监控系统，实施信息化施工。
- 4.5 原材料、半成品或成品的质量应符合设计要求。
- 4.6 管节接头施工应建立健全施工技术、质量、安全生产、健康环境等方面的管理体系，制定施工管理制度，并贯彻执行。
- 4.7 对于沉管内高空、受限空间等施工作业应进行专项安全与技术交底。
- 4.8 管节接头施工及质量验收应符合 GB 51201 的相关规定。

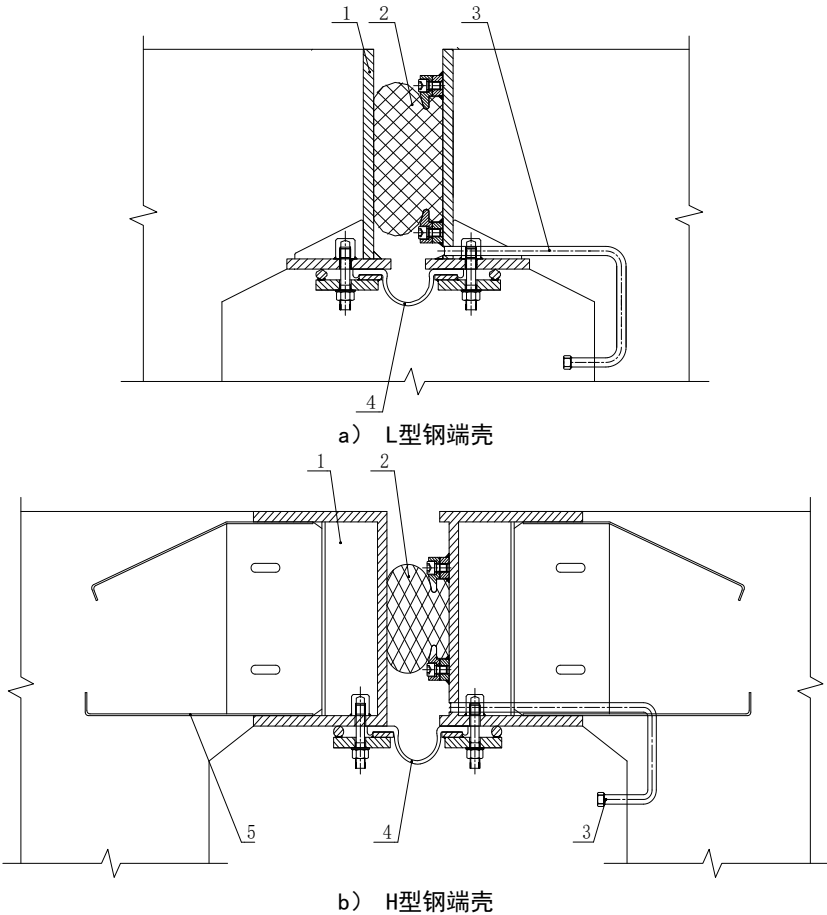
5 施工前准备

- 5.1 施工单位应熟悉设计文件、核对施工图纸，并参加建设单位组织的图纸会审和设计交底，建设单位形成图纸会审记录和设计交底纪要。
- 5.2 施工单位应开展工装专项设计，编制专项施工方案并按有关程序进行审批。
- 5.3 采用新结构、新材料、新技术和新工艺的项目，应通过试验确定施工方法和施工工艺，经设计、建设、施工和监理等单位确认后方可施工。
- 5.4 施工单位应建立满足工程精度要求的测量控制系统。
- 5.5 施工单位应根据设计要求、施工环境、工期安排、施工方法等编制监测及测量方案。

6 钢端壳

6.1 一般要求

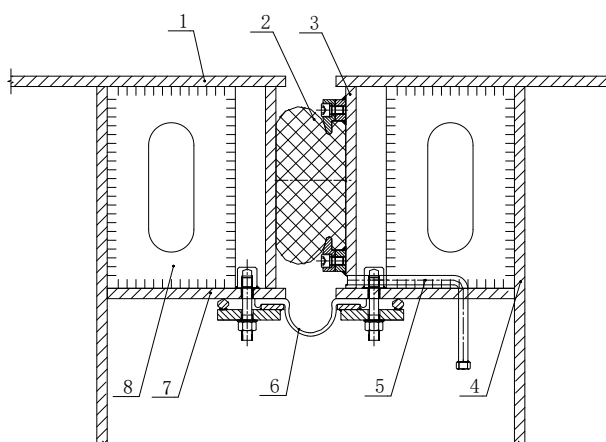
- 6.1.1 钢端壳分为钢筋混凝土管节钢端壳和钢壳混凝土管节钢端壳。
- 6.1.2 钢筋混凝土管节的钢端壳可采用 L 型或 H 型等构造，构造示意见图 1。钢壳混凝土管节的钢端壳应与主体结构焊接，构造示意见图 2。
- 6.1.3 钢端壳施工应满足 GINA 止水带、OMEGA 止水带安装和对接的要求，A 型钢端壳（安装 GINA 止水带）及 B 型钢端壳（提供 GINA 的对接端）分别设置于管节接头两侧，沿顶板、底板和侧墙形成环状。



标引序号说明：

- 1——钢端壳；
2——GINA止水带；
3——水密性检测装置；
4——OMEGA止水带；
5——锚筋。

图 1 钢筋混凝土管节钢端壳示意图



标引序号说明:

- 1——钢端壳顶板;
- 2——GINA止水带;
- 3——钢端壳面板;
- 4——管节端面板;
- 5——水密性检测装置;
- 6——OMEGA止水带;
- 7——钢端壳翼缘板;
- 8——加劲板。

图 2 钢壳混凝土管节钢端壳示意图

6.1.4 钢端壳制造应按照设计图的形状及尺寸,同步考虑加工制作过程误差、装配需要公差,以及间隙及反变形值、焊接、火焰矫正等收缩量,综合确定下料尺寸后放样加工。

6.1.5 钢端壳施工放样尺寸应满足设计范围内止水带安装及止水带压缩变形、管节沉放安装误差及后期不均匀沉降的要求。

6.1.6 钢端壳及止水带埋件加工宜采取增设临时固定装置、改进施焊方法等控制加工变形措施。钢端壳焊接后发生轻微变形时,宜采用机械矫正或火焰矫正方法。

6.1.7 钢端壳应分段预制,现场组装焊接。

6.1.8 钢端壳现场安装时,应先在半成品及安装架上标出基线、中线及其它控制线,并设置微调工装设施。

6.1.9 钢端壳连接部位的焊缝应打磨平整,面板及翼缘板不应有凸起或残边;焊接造成钢端壳外露防腐涂层受损时,应采用同种涂层修补至设计要求厚度。

6.1.10 钢端壳牺牲阳极宜采用焊接方式固定于钢端壳外表面,焊缝处应采取防腐蚀加强措施。

6.1.11 钢端壳应在钢端壳拼装期、管节浇筑期和管节舾装期进行线形测量,管节浇筑期测量周期宜取12h。

6.1.12 钢端壳施工应配置水密性检测装置,水密性检测装置宜采用不锈钢材质,检测装置与钢端壳应水密焊接。

6.1.13 钢端壳施工中应加强对水密性检测装置的保护,避免堵塞及撞击。

6.2 钢筋混凝土管节钢端壳施工

6.2.1 钢端壳施工前,应先设立可靠的安装支架支承钢端壳并作为操作平台。

6.2.2 钢端壳应根据沉管钢筋绑扎进度逐步安装、调坡并焊接成整体。

6.2.3 涂装施工不应损坏预留孔洞、GINA止水带及外包防水层。

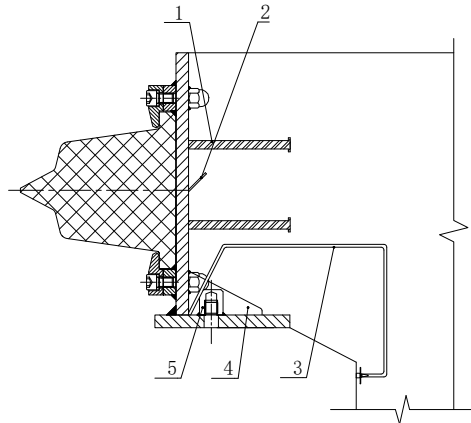
6.2.4 钢端壳与止水钢片、止水铜片间应水密焊接,受损防腐涂层应采用同类涂层修补至同等厚度。

6.2.5 注浆导管及其端部配套的封口盒宜固定于同向钢筋上,封口盒应贴近模板基面。

6.2.6 钢端壳现场安装完成后,应进行一次全面测量,测量内容包括测定各方向尺寸及全部控制线数据。

6.2.7 L型钢端壳应在管节混凝土浇筑时整体安装并调整到设计要求的精度。

6.2.8 L 型钢端壳应在主体混凝土强度达到 90%后注浆。L 型钢端壳注浆管埋设示意图 3。

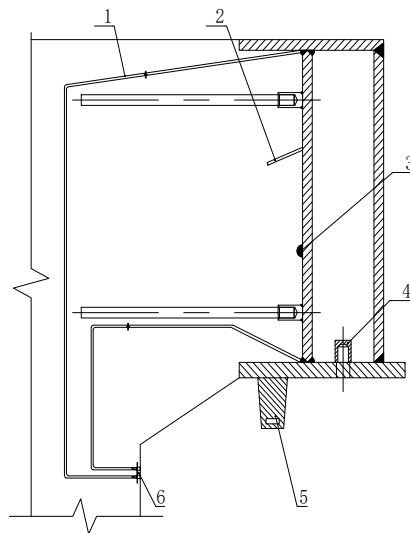


标引序号说明：

- 1——焊钉；
- 2——止水钢片；
- 3——预埋式注浆管；
- 4——加劲板；
- 5——预埋套筒。

图 3 钢筋混凝土管节 L 型钢端壳注浆管埋设示意图

- 6.2.9 H 型钢端壳宜分阶段安装，应在安装钢端壳本体和完成混凝土结构浇注后进行面板安装。
- 6.2.10 H 型钢端壳面板宜分块安装，安装前应对安装的钢构件进行测量复核与放样定位，确认面板安装精度。
- 6.2.11 H 型钢端壳面板宜从中间向两边，从下向上安装，焊接应按先角焊缝再对接焊缝的顺序进行。
- 6.2.12 H 型钢端壳面板焊接时，应临时封住灌浆孔和排气孔。
- 6.2.13 H 型钢端壳内部预留注浆管路间距不宜小于 500mm。H 型钢端壳注浆管埋设示意图 4。



标引序号说明：

- 1——预埋式注浆管；2——止水钢片；3——遇水膨胀橡胶；4——预埋套筒；5——牺牲阳极块；6——封口盒。

图 4 钢筋混凝土管节 H 型钢端壳注浆管埋设示意图

- 6.2.14 H 型钢端壳钢筋及其连接器应满足 JG 163 的规定，钢筋与其连接器的旋合长度及拧紧力矩应满足设计要求。
- 6.2.15 H 型钢端壳在浇注前应进行初始定位，在结构混凝土浇注后，现场焊接钢端壳面板时再进行二

次调整，施工过程中应采取必要的临时固定支撑措施。

6.2.16 H 型钢端壳面板隔腔内灌浆符合下列规定：

- a) 灌注砂浆的强度、收缩性、流动性应满足设计要求；
- b) 灌浆顺序应按照从下至上，从中间向两侧，逐步地对每一隔腔进行灌注；
- c) 灌注过程中控制灌注压力，最大灌注压力不宜超过 0.3MPa。排气孔持续出浆（浆体无气泡）后方可封闭排气孔，封闭排气孔后需继续维持压力灌注 10s~20s 后方可封闭灌浆孔。

6.2.17 混凝土浇筑达到强度后，应通过钢端壳与混凝土接缝处设置的预埋式注浆管进行环氧树脂注浆。

6.3 钢壳混凝土管节钢端壳施工

6.3.1 钢端壳焊接前应检查上道工序的制造精度。

6.3.2 钢端壳焊接应在钢壳混凝土管节成型后连续监控测量 3d，确认管节整体数据无明显变化后方可施工。

6.3.3 钢端壳安装前应确认管节外表面平整度满足钢端壳安装要求。

6.3.4 钢端壳应按照加劲板、钢端壳翼缘板、钢端壳面板的顺序进行安装。

6.3.5 管节本体结构偏差和钢端壳精度冲突时，宜优先选择钢端壳精度，并经设计单位确认。

6.3.6 钢端壳翼缘板安装应按照中间高度方向、圆弧位置、合龙口位置的定位顺序。

6.3.7 钢端壳翼缘板焊接前，应制作翼缘板保型专用工装，在钢端壳面板试装合格后再依次与加劲板和管节端面板焊接固定。

6.3.8 钢端壳翼缘板焊接应控制焊接尺寸，先焊接翼缘板与钢端壳面板的角焊缝，再焊接翼缘板的对接缝。

6.3.9 钢端壳需要注浆时，应满足下列要求：

- a) 钢端壳预留有注浆孔、排气孔时，在注浆前采取有效的封堵防护措施，注浆孔与排气孔在钢端壳浇筑完成后割除并封堵；
- b) 钢端壳注浆按从下至上，从中间向两边，分布对称缓慢均匀进行；
- c) 每一注浆隔腔待其相应排气孔持续出浆后封闭排气孔。

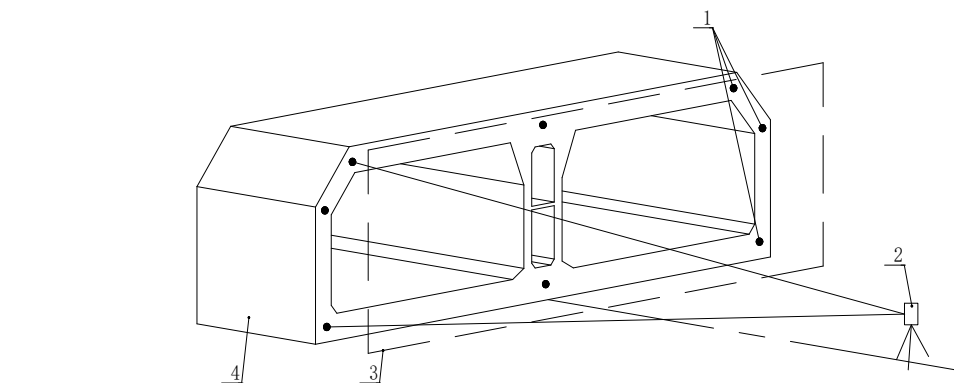
6.4 钢端壳测量

6.4.1 钢端壳及止水带埋件测量定位数据拟合时，宜依据管节两端钢端壳面板的整体精度进行水平及竖向微调，确认两端面板纵倾角、横倾角在最佳状态。

6.4.2 管节调节、运移期间应定期对管节整体精度和钢端壳进行测量监控。

6.4.3 钢端壳测量满足下列要求：

- a) 钢端壳测量应包含钢端壳拟合面的线形角度测量以及平整度测量，端面拟合测量示意图 5；
- b) 钢端壳线性拟合时，应先通过端面选取管节实际轴线，再构建管节坐标体系，对相关线形数据进行解算；
- c) 钢端壳面板 GINA 压缩中轴线处，宜按照 0.5m 到 1.0m 的间距均匀布设测量特征点。采用反射片作为特征点标识时，应保证反射片平整牢固；
- d) 拟合面宜采用全站仪获取端钢壳特征点的三维数据，应采用拟合算法计算每个端钢壳端面的线形角度和平整度；
- e) 对解算超标的特征点应进行复核或局部调整处理。



标引序号说明：
1——特征点；
2——全站仪；
3——拟合面；
4——沉管管节。

图 5 端面拟合测量示意图

6.5 施工质量验收

6.5.1 钢端壳的施工检验标准应满足表 1 的要求。

表1 钢端壳几何尺寸的允许偏差及检测方法

项次	检查项目		规定值或允许偏差（mm）	检测方法
1	中心间距	侧墙—中墙	—5，+15	尺量或激光测距仪
		中墙—中墙	±8	
2	梁以及柱弯曲		$L/1000$	尺量或激光测距仪：跨中央 1 点
3	翼缘板宽 及隔板宽	$0.5m \leq W \leq 1.0m$	±3	尺量或激光测距仪：支点
		$1.0m < W \leq 2.0m$	±4	
		$2.0m \leq W$	$\pm (3+W/2)$	
4	面板平整度		≤4	全站仪，平面拟合
5	GINA 止水带接触面平整度		≤1	1m 直尺和塞尺量
6	OMEGA 止水带接触面平整度		≤1	0.5m 直尺和塞尺量
7	横向垂直度		≤3	拟合面与设计面在管节左右外缘之差
8	竖向倾斜度		≤3	拟合面与设计面在管节上下外缘之差

注：L 为梁或柱高度，以 mm 计。

7 止水带系统

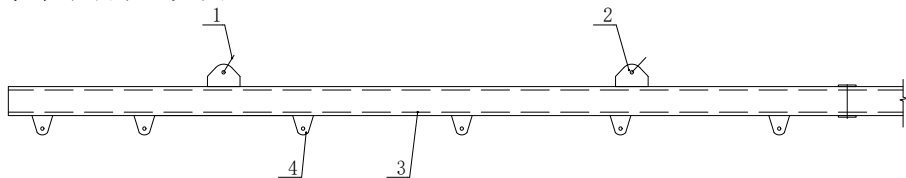
7.1 一般要求

- 7.1.1 止水带材质、物理性能指标应符合 GB/T 18173.2 的规定。
- 7.1.2 采用 GINA 橡胶止水带和 OMEGA 橡胶止水带在管节接头形成的双道止水系统,施工应满足管节结构防水等级要求。
- 7.1.3 GINA 及 OMEGA 止水带相关开孔及埋件焊接施工应在钢端壳主体结构验收合格完成后进行。
- 7.1.4 止水带压板应进行抽检试装，验证孔位，加工完成后应标注型号，每批高强螺栓连接副及压板

- 进场时，应核查相关检测报告并进行抽检。
- 7.1.5 止水带的搬运、摆放及安装过程中应做好保护措施，避免阳光直射、酸碱液体侵蚀、粉尘污染等情况，不得划伤，污染等。
- 7.1.6 止水带开箱后应设置安全警戒区域，避免明火或焊接作业。
- 7.1.7 止水带安装前，相关埋件螺栓及螺栓孔应采取有效的封堵防护措施。
- 7.1.8 止水带安装应牢固、平整、严密，位置误差满足精度要求。
- 7.1.9 止水带安装完成后，管节接头动火、焊接施工时应采取必要的措施保护止水系统和隧道主体结构。

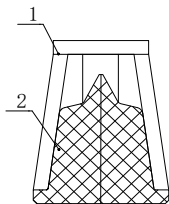
7.2 GINA 止水带

- 7.2.1 GINA 止水带应在管节制作完成后或管节一次舾装时安装。GINA 止水带安装流程见附录 A 图 A.3。
- 7.2.2 GINA 止水带开箱应核对产品标识、检测报告，复核其长度、断面构造形式、断面尺寸，检查表面平整度、颜色均匀性、有无破损、飞边和毛刺等情况，确认配套附件是否齐全、合格。
- 7.2.3 固定 GINA 止水带的压板、压块应防腐处理，厚度应达到设计要求。GINA 止水带压块焊角不应挤压 GINA 止水带边角安装。
- 7.2.4 GINA 止水带开箱后应设置安全警戒区域，避免明火或焊接作业。
- 7.2.5 GINA 止水带在管节端头侧地面摊铺时，清理范围宽度不宜小于 20m，并预铺土工布或彩条布；场地受限时，可在管顶进行摊铺和吊装，范围应满足施工和安全要求。
- 7.2.6 GINA 止水带摊铺过程应符合下列规定：
- a) 止水带吊点挂钩避免设置在止水带转角处；
 - b) 摊铺过程中避免采用拖、拉、拽的方式移动止水带；
 - c) 止水带摊铺阶段复核止水带各边尺寸，按照由中间向两侧的顺序依次在止水带和钢端壳各边的 1/2、1/4、1/8 对应位置标记。
- 7.2.7 GINA 止水带宜采用整体吊装方式，吊装时应在吊具与止水带之间放置橡胶垫或设置保护装置，吊点数量及分布根据 GINA 止水带的尺寸及重量确定，与止水带接触的长、短吊带应采用纤维材质，止水带吊缆系统宜不小于 5 倍安全系数。GINA 止水带吊装示意图 6 所示，GINA 止水带吊装保护装置见图 7，GINA 止水带吊装示意图 8。



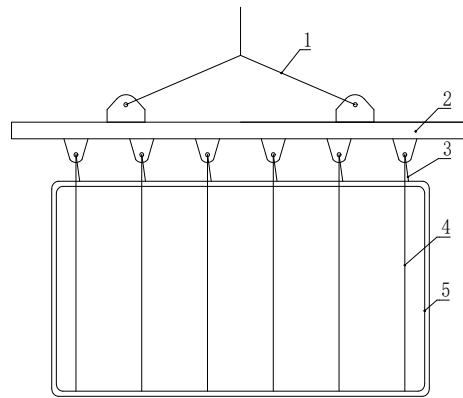
- 标引序号说明：
- 1——锁扣；
 - 2——吊梁吊耳；
 - 3——吊梁主体；
 - 4——止水带吊耳。

图 6 GINA 止水带吊梁示意图



- 标引序号说明：
- 1——GINA 止水带吊装保护装置；2——GINA 止水带。

图 7 GINA 止水带吊装保护装置示意图



标引序号说明:

- 1——吊索;
- 2——吊梁;
- 3——短吊带;
- 4——长吊带;
- 5——GINA止水带。

图 8 GINA 止水带吊装示意图

- 7.2.8 GINA 止水带宜按照由中间向两侧的顺序进行安装，施工流程符合下列规定：
- a) 止水带应按照管节底部、侧墙直线段、顶部倒角、顶部直线段的顺序安装；
 - b) 管节底部及顶部止水带安装前，宜完成部分底边压板安装，然后依次进行 1/2、1/4、1/8 处安装，侧墙位置可借助施工平台辅助配合进行安装，GINA 止水带固定顺序示意图见 图 9；
 - c) 安装过程可通过吊带进行止水带微调，使孔位对正。

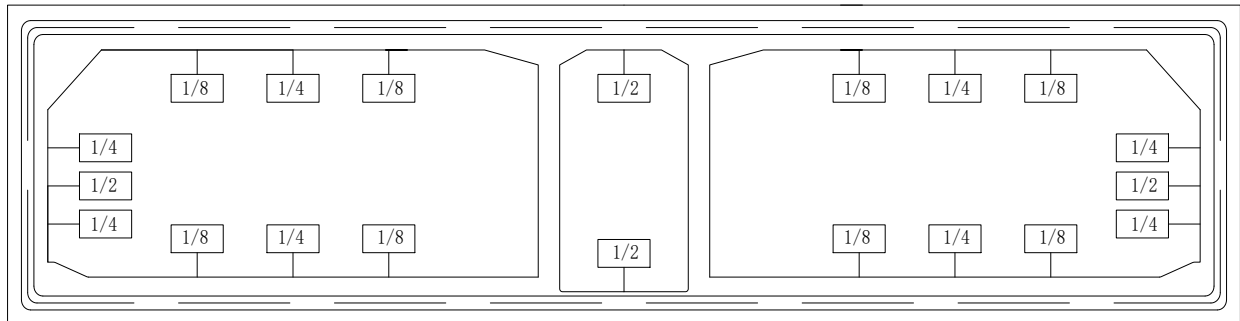
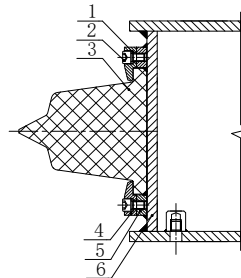


图 9 GINA 止水带固定顺序示意图

- 7.2.9 GINA 止水带宜采用卡箍方式，通过螺栓压板夹紧其两侧翼缘固定，螺栓初拧、终拧扭矩应符合设计要求。GINA 止水带固定方式示意图见 图 10。



标引序号说明:

- | | | |
|--------------|-------------|--------|
| 1——弹簧垫圈; | 3——GINA止水带; | 5——压块; |
| 2——内六角圆柱头螺钉; | 4——压板; | 6——面板。 |

图 10 GINA 止水带固定方式示意图

7.2.10 GINA 止水带压块安装螺栓时, 应根据设计要求对各个螺钉进行初拧、复拧和终拧, 终拧后应对压块固定螺栓逐个检查, 压块表面不应突出。

7.2.11 GINA 止水带安装就位后, 应及时在 GINA 止水带表面采取防护海洋生物措施, 出运前应安装保护罩。

7.2.12 管节初步对接止水后, 应进行水下检查, 确认管节 GINA 止水带止水正常及止水带外露面无异物。

7.2.13 GINA 止水带的潜水摸检应符合下列规定:

- a) 管节坞内存放阶段, 定期对 GINA 止水带进行探摸检查及清理;
- b) 管节沉放前, 清除 GINA 止水带四周及对接端端面上的杂物, 并探摸检查 GINA 止水带, 应稳固、无偏位、无破损;
- c) 管节对接前, 检查确认管节 GINA 止水带无偏位、无脱落、无破损、钢端壳表面无附着物等内容, 满足对接要求。

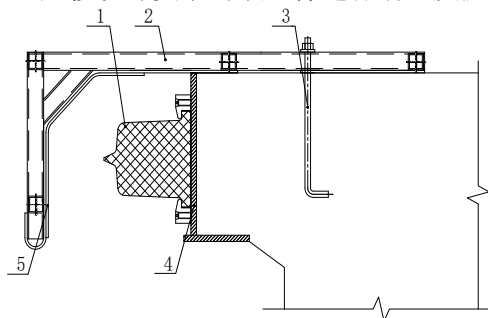
7.3 GINA 止水带保护罩

7.3.1 管节坞内寄存期、浮运前, 管节顶面在 GINA 止水带安装范围内应设置 GINA 止水带临时保护措施。浮运水域杂物较多时, 宜将管节竖向高度一定范围内加装 GINA 止水带保护罩, 保护罩结构形式示意图见图 11 和图 12。

7.3.2 GINA 止水带保护罩宜根据管节类型、浮运工艺和施工水域悬浮物类别选择保护罩形式。

7.3.3 GINA 止水带保护罩固定螺栓应按设计拧紧力矩要求紧固, 出运前应复拧。

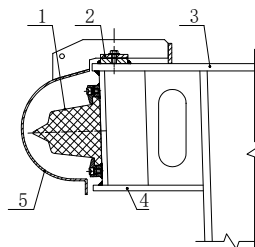
7.3.4 GINA 止水带保护罩拆除后, 应按设计要求对预埋件进行清理及防腐处理。



标引序号说明:

- 1——GINA止水带;
- 2——保护罩框架;
- 3——预埋固定锚栓;
- 4——钢端壳;
- 5——海绵橡胶。

图 11 GINA 止水带半遮罩框架式保护罩示意图



标引序号说明:

- 1——GINA止水带;
- 2——保护罩固定件;
- 3——管节外表面;
- 4——钢端壳;
- 5——GINA保护罩钢壳。

图 12 GINA 止水带全遮罩圆弧式保护罩示意图

7.4 OMEGA 止水带

7.4.1 OMEGA 止水带应在管节沉放对接后在隧道内进行安装。OMEGA 止水带安装流程见附录 A 图 A.4。

7.4.2 OMEGA 止水带的固定方式宜采用杠杆式构造，压件系统宜采用不锈钢双头螺柱、螺母、垫圈的紧固方式，压板、压条、垫圈应进行防腐处理。OMEGA 止水带固定方式见图 13。

7.4.3 预埋套筒与钢端壳焊接应采用专用焊条焊接并满足水密焊接设计要求。

7.4.4 压件系统尺寸加工公差为 $\pm 1\text{mm}$ ，相邻压件（包括压板、压条、圆钢）之间的间隙不应大于 5mm 。

7.4.5 OMEGA 止水带安装前，应复核断面尺寸、形式、适应变形能力，所承受的水压、三向位移的限值、抗老化等参数。

7.4.6 OMEGA 止水带安装前，应对管节接头接合腔内及钢端壳翼缘板进行冲洗，表面清洁后对预埋套筒试拧。

7.4.7 OMEGA 止水带安装前，满足下列要求：

- a) 应对管节接头接合腔内及钢端壳翼缘板进行冲洗，表面清洁后试拧预埋套筒；
- b) 宜采用普通螺栓结合天然牛油封闭钢端壳上的螺孔。

7.4.8 OMEGA 止水带安装后，钢端壳上螺孔与螺柱的间隙应采用天然牛油密封。

7.4.9 在压件试装配前，应确认 OMEGA 止水带安装区域光洁、平整、无异物且转角角度与 OMEGA 止水带转角压件的折角相同。

7.4.10 OMEGA 止水带整条摊铺后，应按实际安装长度在止水带及管节端面安装区域每边的 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ 处做上标记，作为安装控制点。

7.4.11 管节接顶部转角处安装 OMEGA 止水带宜搭设门式脚手架进行施工。

7.4.12 OMEGA 止水带固定安装前，应对压板和对位位置成对统一编号。

7.4.13 OMEGA 止水带固定安装应按照中孔顶中点、顶角位、侧墙中点、底角位、中孔底中点、止水带热接位置、控制点之间区域的顺序安装。

7.4.14 OMEGA 止水带应确定最终安装长度，切除多余止水带后，并对止水带接头区域进行打磨。

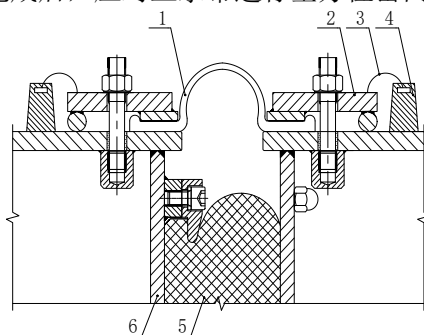
7.4.15 OMEGA 止水带最终封闭接头应在现场采用专用设备进行硫化连接。

7.4.16 OMEGA 止水带应在硫化连接后，对所有压板螺栓进行初拧，初拧结束 24h 后进行复拧，止水带水密试验后进行终拧，各阶段螺栓预紧力应满足设计要求并进行 100% 检查。

7.4.17 OMEGA 止水带安装后水密试验应符合 GB 50268—2008 中第 10.2 节的规定，并进行试压试验，同时符合下列规定：

- a) 试压值应取沉管隧道底板底面处水深的 1.5 倍；
- b) 保压时间不应小于 24h ，水压不应低于设计值的 95% 。

7.4.18 OMEGA 止水带水密试验完成后，应对止水带进行全方位密闭防护。



标引序号说明：

- 1——OMEGA止水带；
- 2——OMEGA止水带压板；
- 3——导线；
- 4——牺牲阳极块；
- 5——GINA止水带；
- 6——钢端壳。

图 13 OMEGA 止水带固定方式示意图

7.5 施工质量验收

7.5.1 GINA 止水带安装检测项目应满足表 2 的要求。

表2 GINA 止水带安装及预埋件检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差(mm)	检查方法
1	中心线偏差	± 5	全站仪、钢尺：逐件检查
2	净宽	0, +3	尺量：逐件检查
3	螺栓孔定位	± 1	全站仪、钢尺：逐件检查
4	螺栓预紧力	不小于设计值	扭矩扳手：逐件检查

7.5.2 GINA 止水带保护罩安装检测项目应满足表 3 的要求。

表3 GINA 止水带保护罩及预埋件检测项目

项次	检查项目	允许偏差 (mm)	检查方法
1	平面位置偏差	± 1	尺量：逐件检查
2	水平横梁的前支点垫块和后支点螺栓开孔位置偏差	± 1	尺量：逐件检查

7.5.3 OMEGA 止水带安装检测项目应满足表 4 的要求。

表4 OMEGA 止水带安装及预埋件检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差 (mm)	检查方法
1	预埋套筒及压件螺孔定位	± 0.5	尺量：逐件检查
2	螺栓预紧力	不小于设计值	扭矩扳手：逐件检查
3	接头长度	± 40	尺量：逐件检查
4	试漏水压	不小于设计文件要求的压力值	压力表：逐件检查
5	试漏水压时长	$\geq 2h$	秒表：逐件检查

8 端封墙拆除

8.1 一般要求

- 8.1.1 端封墙拆除包括钢质端封墙、钢筋混凝土端封墙拆除施工，端封墙拆除不应损伤管节结构。
- 8.1.2 端封墙拆除应在管节基础与回填全部完成且管节锁定回填完成的前提下进行。
- 8.1.3 待拆除端封墙迎水端不应少于三道端封墙。
- 8.1.4 端封墙拆除后应对预埋件表面做防腐处理。
- 8.1.5 端封墙拆除过程应对管节位移及沉降进行持续观测。
- 8.1.6 端封墙施工应符合 GB 51201、GB 50205、GB 50204 的有关规定。

8.2 钢质端封墙拆除

- 8.2.1 端封墙拆除时应按照端封墙面板、加强材、钢梁立柱、牛腿的顺序依次拆除。
- 8.2.2 采用热切割方式拆除不可重复利用钢质端封墙时，应避免对隧道主体结构造成损伤。
- 8.2.3 端封墙拆除后，应对各构件的损伤、变形、锈蚀程度进行检查，不合格构件应更换。
- 8.2.4 管节主体结构外露面防腐涂层受损时，应采用同等材料按设计要求进行补涂。

8.3 钢筋混凝土端封墙拆除

- 8.3.1 端封墙施工应在管节主体混凝土结构施工完成后进行。
- 8.3.2 端封墙拆除前，应事先制定混凝土抗裂、防水等技术方案。
- 8.3.3 端封墙安装有鼻托时，端封墙拆除还应包括鼻托和端头挡墙。
- 8.3.4 端封墙拆除宜采用分块拆除方式，分块大小应根据现场作业空间、施工机具能力和整体施工工艺综合确定。
- 8.3.5 端封墙拆除宜采用钻孔取芯和绳锯切割结合的拆除工艺；绳锯切割作业应在钻孔取芯完成后进行，切割应按照“先纵后横，先上后下”的切割顺序进行。钢筋混凝土封墙取芯点示意图 14。

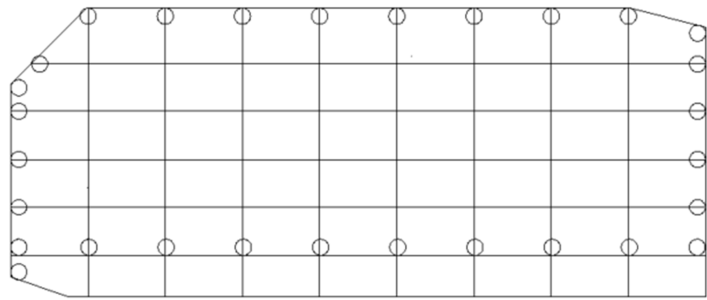


图 14 钢筋混凝土端封墙取芯点示意图

8.3.6 扶壁墙及混凝土端封墙切割及倒运过程中应铺设缓冲垫层，避免对隧道结构产生影响。

8.4 施工质量验收

8.4.1 端封墙拆除后预埋件检测项目应满足表 5 的要求。

表5 端封墙拆除后预埋件检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差 (mm)	检测方法
1	预埋件表面平整度	±5mm	用 1m 靠尺、塞尺检查

9 剪力键

9.1 一般要求

- 9.1.1 剪力键按材质构成分为钢剪力键和钢筋混凝土剪力键。
- 9.1.2 剪力键安装时机应根据管节沉降监测结果综合确定，应在拆除端封墙、OMEGA 止水带监测合格、沉降基本稳定后安装。后填法基础处理的剪力键亦应在垫层施工完成后安装。
- 9.1.3 剪力键制作完成后，应与管节剪力键底座板使用螺栓预拼装，并做对应编号处理。
- 9.1.4 剪力件埋件精调定位时，应与管节端面平行，竖直方向倾角应符合设计要求。
- 9.1.5 剪力键垫层宜进行专项设计，垫层可采用复合垫层、弹簧垫层、橡胶支座、垫块等形式；复合垫层宜采用钢垫板、注浆囊、沥青层组合形式。
- 9.1.6 钢剪力键所有外露表面均应采取防腐措施。钢剪力键安装后吊装的安装位置以及钢剪力键表面及安装区域的受损涂层应进行防腐修复。
- 9.1.7 混凝土剪力键的施工和防腐应符合 GB 51201 和 JTS 153 的有关规定。

9.2 竖向剪力键

- 9.2.1 竖向剪力键安装定位高度应考虑隧道纵向坡度。
- 9.2.2 竖向钢剪力键的制作符合下列规定：
 - a) 剪力键应在制造厂内加工制作，制作应考虑加工偏差、装配公差、间隙、焊接及矫正过程中的收缩量等因素；
 - b) 剪力键与预埋件的接触面宜采用机加工方式处理，平面度公差≤1mm；
 - c) 剪力键及预埋件加工完成后，应进行防腐处理并对外露螺纹采取防护措施。
- 9.2.3 竖向钢剪力键施工流程见附录 A 图 A.5，剪力键焊接安装符合下列规定：
 - a) 中墙钢剪力键焊接顺序宜先焊接下剪力键，再焊接中剪力键，最后焊接上剪力键；
 - b) 剪力键焊接应采取有效措施控制焊接应力和焊接变形。
- 9.2.4 竖向钢剪力键栓接安装符合下列要求：
 - a) 剪力键及预埋件的尺寸、强度应满足接头变形及水密性要求；
 - b) 侧墙钢剪力键采用螺栓连接式时，安装顺序宜与中墙相同；
 - c) 侧墙钢剪力键采用高强螺栓连接时，拧紧力及复拧次数应满足设计及规范要求。
- 9.2.5 竖向钢筋混凝土剪力键施工流程见附录 A 图 A.6，剪力键的制作和安装应符合下列规定：
 - a) 外侧墙及中墙采用钢筋混凝土剪力键时，安装刚性连接件和剪力键垫层；

- b) 钢筋混凝土上剪力键及中剪力键在预制场内制作完成，下剪力键在施工现场管内立模浇筑完成，完成后安装剪力键垫层；
- c) 剪力键垫层根据纵向端头倾角变化情况在现场安装。

9.3 水平向剪力键

- 9.3.1 水平向剪力键施工前，应检查确认预埋件位置、规格尺寸符合设计要求。
- 9.3.2 水平向剪力键可设置在管节接头结构底板压舱层、或结构底板、顶板等位置。
- 9.3.3 水平向钢剪力键施工流程见附录 A 图 A.7，水平向钢剪力键安装应符合以下规定：
 - a) 剪力键制作完成后，与管节剪力键底座板使用螺栓预拼装，正常拼装后进行对应编号处理；
 - b) 剪力键与底座板的接触平面光滑平整，机加工平面度公差小于 1mm；
 - c) 水平钢剪力键固定螺栓按初拧、终拧顺序施工，预紧力满足设计要求。
- 9.3.4 水平向钢筋混凝土剪力键应在管节两端压重混凝土浇筑时同步施工。
- 9.3.5 水平向钢筋混凝土剪力键施工流程见附录 A 图 A.8，水平向钢筋混凝土剪力键安装符合下列规定：
 - a) 剪力键榫和剪力键槽宜分幅浇筑施工；
 - b) 止水带防护和跨缝钢板安装应分别满足 7.4 条、11.4 条要求；
 - c) 钢筋连接应满足 GB 50204 和 JGJ 18 的有关规定；
 - d) 模板安装和拆除应满足 JGJ 162 的有关规定；
 - e) 相邻剪力键的预埋件宜在先浇侧剪力键混凝土浇筑前固定在一起并安装就位；
 - f) 混凝土宜分层浇筑，模板拆除后对侧面进行凿毛处理，凿毛深度不小于 8mm。

9.4 剪力键垫层

- 9.4.1 管节内同向钢剪力键垫层的构造及材质宜保持一致，并满足设计要求。
- 9.4.2 钢筋混凝土剪力键榫、槽应匹配，受力面间应设置弹性垫层，非受力面间应设置隔离垫层。
- 9.4.3 竖向剪力键施工完成后，应检测相邻剪力键的间距再安装剪力键垫层。
- 9.4.4 剪力键弹簧垫层使用前，应通过螺栓预压力使其处于压合状态；垫层安装就位后，应旋出预压螺栓使垫层顶紧两侧剪力键。
- 9.4.5 固定于剪力键弹簧垫层上的螺栓孔应根据现场测量的剪力键之间相对位置进行放样确定。
- 9.4.6 竖向剪力键垫块高度应根据实测剪力键间隙确定。
- 9.4.7 剪力键垫块放置后，垫层整体与剪力键重叠区间任意位置的上、下间隙之和不应大于 3mm。
- 9.4.8 剪力键垫层宜在现场拼装，先浇侧埋件紧固后再进行弹性垫层及匹配端埋件安装。
- 9.4.9 水平向钢筋混凝土剪力键组合垫层在运输和保存过程中应采取免受压有效保护措施。
- 9.4.10 竖向剪力键垫层安装完成后，应测量垫块高度并将初始数据提交建设单位。

9.5 施工质量验收

- 9.5.1 钢剪力键制作的检测项目应满足表 6 的要求。

表6 钢剪力键制作的检测项目

项次	检查项目	允许偏差(mm)	检测方法
1	外包宽度	0, +3	尺量：逐件检查
2	外包高度	0, +4	尺量：逐件检查
3	平整度	±2	2m 靠尺和楔形塞尺

- 9.5.2 钢剪力键预埋件制作的检测项目应满足表 7 的要求。

表7 钢剪力键预埋件制作的检测项目

项次	检查项目		允许偏差(mm)	检测方法
1	预埋件与钢剪力键接触面的平面度公差		≤1	尺量：逐件检查
2	定位偏差	水平向	≤10	尺量：逐件检查
3		竖向	≤20	用激光平面度测量仪检查：逐件检查

- 9.5.3 钢剪力键安装的检测项目应满足表 8 的要求。

表8 钢剪力键安装的检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差 (mm)	检测方法
1	焊接焊缝	≥ 29	尺量：逐件检查
		焊接探伤	探伤仪器：100%检测
2	安装定位	± 2	全站仪测量
3	支撑垫高度	± 2	全站仪测量
4	混凝土剪力键平整度	± 2	2m 靠尺和楔形塞尺

9.5.4 钢筋混凝土剪力键安装的检测项目应满足表 9 的要求。

表9 钢筋混凝土剪力键安装的检测项目

项次	检查项目	允许偏差 (mm)	检测方法
1	钢筋焊接连接轴线偏差	≤ 2	尺量：逐件检查
2	剪力键平整度	± 2	用 1m 靠尺、塞尺检查：逐件检查
3	剪力键高程	± 5	水准仪等：逐件检查
4	剪力键轴线偏差	± 8	尺量或全站仪：逐件检查
5	垂直度	± 8	吊线或用测量仪测量：逐件检查

10 预应力拉索

10.1 一般要求

- 10.1.1 预应力拉索施工应编制专项施工方案并经过审批。
- 10.1.2 采用预应力拉索作为纵向限位装置时，预应力拉索承受的拉/压力和限制位移量应满足设计要求。
- 10.1.3 预应力拉索应根据设计要求的时机进行安装。
- 10.1.4 预应力拉索的张拉顺序应遵循对称、均匀的原则，并满足设计要求。
- 10.1.5 预应力拉索的孔道可采用金属波纹管或塑料波纹管，安装时应位置准确、固定牢固，避免在混凝土浇筑过程中发生移位、变形或破损。

10.2 预应力拉索安装

- 10.2.1 每组拉索安装时，应按照设计要求施加预张力调直拉索。
- 10.2.2 拉索均匀受力后方可与连接套筒连接。
- 10.2.3 安装预应力拉索时，应同时安装防腐蚀保护套，保护套应使用可伸缩波纹胶管，其耐久性应满足设计年限要求，安装后在拉索内注入防锈油脂。
- 10.2.4 预应力拉索穿束前，应检查拉索的外观质量、清除表面油污、锈蚀等。穿束可采用人工穿束或机械牵引穿束，根据拉索长度和现场条件选择合适的方法。

10.3 预应力拉索张拉

- 10.3.1 预应力拉索宜采用张拉力和伸长值双控法进行张拉，以张拉力控制为主，伸长值作为校核，实际伸长值与理论伸长值的偏差应不大于 6%。
- 10.3.2 预应力拉索张拉完成后，应及时进行孔道压浆，且应在 48h 内完成，否则应采取避免预应力筋锈蚀的措施。压浆材料应采用专用的水泥浆或压浆剂，其强度、流动性、泌水性等性能应符合设计要求。
- 10.3.3 压浆完成后，应及时对锚具进行封锚处理。封锚混凝土的强度等级应符合设计要求，一般不低于构件混凝土强度等级的 80%。

11 跨管节接头构件

11.1 一般要求

- 11.1.1 跨管节接头构件施工内容主要包括管节接头区域的牺牲阳极、鼻托（仅钢筋混凝土管节）、跨缝钢板、接头结构防火系统、路缘石及防撞侧石、检修道、装饰板、接头路面基层等。
- 11.1.2 跨管节接头构件成品件在施工前应进行质量检查。

11.1.3 各构件安装时应定位准确、缝隙均匀、整体美观。

11.1.4 跨管节接头构件应满足接头处纵向伸缩变形要求。

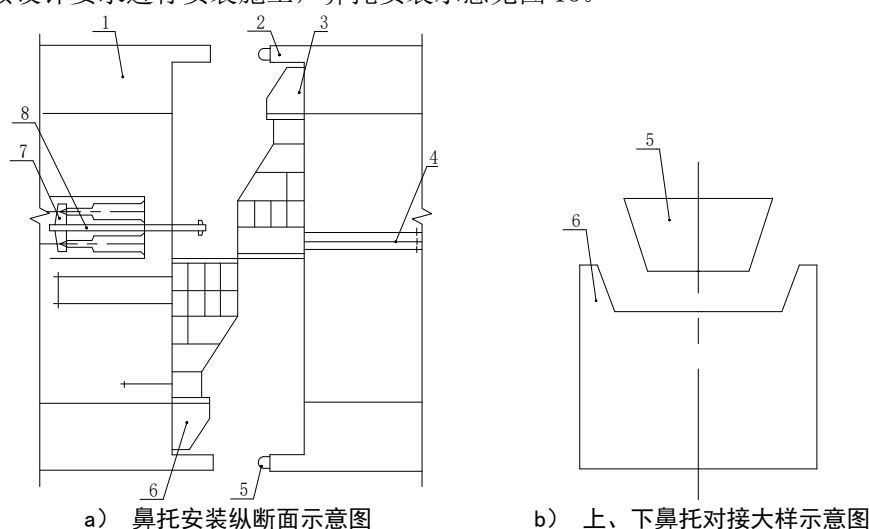
11.2 牺牲阳极

11.2.1 牺牲阳极的安装应符合下列规定：

- 每一管节接头底板设置牺牲阳极块，材质、规格、性能等满足设计和 GB/T 4950 的要求；
- 阳极芯棒与钢端壳的焊接形式、尺寸及焊缝质量满足设计要求，焊接工艺评定按 GB 50205 执行；
- OMEGA 止水带压板与牺牲阳极块之间采用电力电缆焊接方式相连，焊接点涂刷环氧重型防腐涂料，干膜厚度满足设计要求；
- 施工完成后，牺牲阳极金属表面保持清洁，无油漆、油污等。

11.3 鼻托

11.3.1 鼻托应按设计要求进行安装施工，鼻托安装示意图 15。



标引序号说明：

- 1——预先沉放管节；
- 2——拟沉放对接管节；
- 3——上鼻托；
- 4——拉合座；
- 5——GINA止水带；
- 6——下鼻托；
- 7——拉合千斤顶；
- 8——拉合杆。

图 15 鼻托安装示意图

11.3.2 鼻托安装应在管节试漏、起浮前的一次舾装期间进行。

11.3.3 鼻托或导向装置安装前，应对预埋件及其安装位置进行标定。

11.3.4 钢质鼻托制作符合下列规定：

- 钢质鼻托应在制造厂内加工制作，制作应考虑加工偏差、装配公差、间隙、焊接及矫正过程中的收缩量等因素；
- 鼻托与预埋件的接触面宜采用机加工方式处理，平面度公差 $\leq 1\text{mm}$ ；
- 鼻托及预埋件加工完成后，应进行防腐处理并对外露螺纹采取防护措施。

11.3.5 钢质鼻托安装应设置专用夹具进行定位固定，夹具的数量和位置应根据鼻托形状和大小确定。

11.3.6 栓接钢质鼻托与沉管前端的埋件应紧密贴合，间隙不应超过 1mm 。

11.3.7 栓接钢质鼻托拧紧力及复拧次数应满足设计及规范要求。

11.3.8 焊接连接钢质鼻托焊接工艺评定及焊缝质量检测应符合 GB 50205 的相关规定。

11.3.9 鼻托拆除时机为后铺基础施工完成后,拆除时不应损坏垂直剪力键和止水带。栓接式鼻托拆除时,螺栓应按规定顺序对称拆除。

11.3.10 钢筋混凝土鼻托切割及倒运过程中应铺设缓冲垫层,避免对隧道结构产生影响。

11.3.11 鼻托拆除过程应对管节进行持续观测。

11.3.12 鼻托拆除后,应对预埋件表面做防腐处理。

11.4 跨缝钢板

11.4.1 跨缝钢板安装位置、钢板两侧与沉管底板、侧墙搭接宽度应满足设计要求。行车道横断面跨缝钢板安装范围示意图 16,行车道纵断面跨缝钢板安装范围示意图 17。

11.4.2 跨缝钢板安装前,应对管节接头结合腔 OMEGA 止水带进行有效防护。

11.4.3 跨缝钢板宜采用整块成品钢板按放样尺寸切割,钢板表面应按设计要求进行重防腐涂装处理。

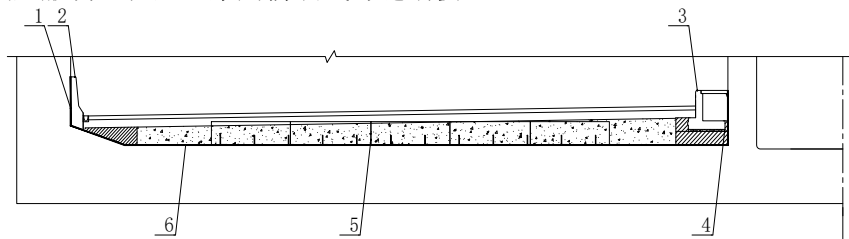
11.4.4 跨缝钢板的受损涂层应按设计要求进行防腐补涂。

11.4.5 跨缝钢板安装前,应将面板清理干净,突出部分磨平并补涂。

11.4.6 跨缝钢板焊缝宜进行 100%MT 探伤,焊后应按设计要求进行防腐补涂。

11.4.7 行车道及侧墙跨缝钢板安装符合下列规定:

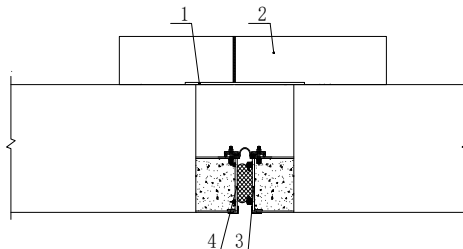
- 跨缝钢板宜根据施工能力分块设置;
- 钢板间应无明显凸起,浇筑过程不漏浆;
- 跨缝钢板在管节底板及倒角区域宜水平安放,侧墙防撞侧石区域及中墙路缘石区域宜竖直安放;
- 侧墙跨缝钢板应与侧墙墙面应紧密贴合。防撞侧石安装前,侧墙跨缝钢板宜与水平跨缝钢板焊接固定;
- 管节底板加腋构造位置宜采用拼装式跨缝钢板。



标引序号说明:

- 1——侧墙跨缝钢板;
- 2——防撞侧石;
- 3——检修道缘石;
- 4——中墙跨缝钢板;
- 5——混凝土剪力键;
- 6——跨缝钢板。

图 16 行车道横断面跨缝钢板安装范围示意图



标引序号说明:

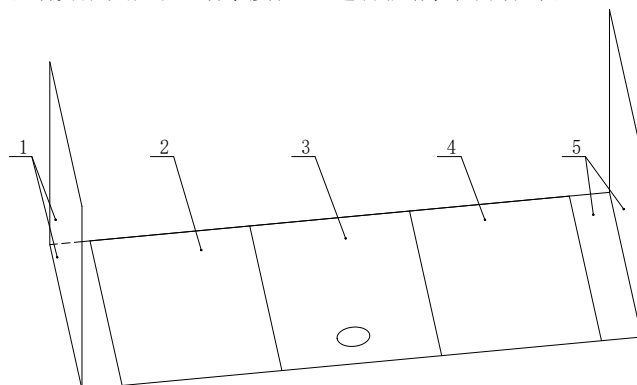
- 1——跨缝钢板; 2——水平向剪力键; 3——A型钢端壳; 4——B型钢端壳。

图 17 行车道纵断面跨缝钢板安装范围示意图

11.4.8 中管廊跨缝钢板安装符合下列规定,中管廊跨缝钢板示意图 18。

- 中管廊跨缝钢板搭接宽度应满足设计要求,且不宜小于 200mm;

- b) 中管廊跨缝钢板应根据现场实测数据定制;
- c) 中管廊跨缝钢板施工应包括跨缝钢板倒运、跨缝钢板拼接、跨缝钢板底板焊接、跨缝钢板侧板焊接、焊缝磁粉探伤、焊缝间防水密封胶填充、钢板搭接范围沥青油毛毡安装等;
- d) 钢壳沉管隧道跨缝钢板宜单侧与钢壳底板及中墙间断焊接, 焊缝间隔位置可使用低模量聚氨酯建筑密封胶填充, 密封胶凝固后应对焊接位置进行防腐涂料补涂处理。



标引序号说明:

- 1——1号折弯板;
- 2——2号平板;
- 3——3号平板;
- 4——4号平板;
- 5——5号折弯板。

图 18 中管廊跨缝钢板示意图

11.4.9 排烟道跨缝钢板安装符合下列规定:

- a) 排烟道跨缝钢板刚度不满足现场使用要求时, 应在排烟道跨缝钢板下设置加劲肋;
- b) 管节接头排烟道隔板位置的弹性防火密封条应能满足管节接头纵向张合变形的要求;
- c) 当管节接头存在横向错位偏差时, 排烟道跨缝钢板应在间隙较大一侧紧密填充防火密封条及防火密封胶;
- d) 排烟道跨缝钢板安装前, 应在工作和试验风压条件下进行测试, 排烟道跨缝钢板的强度、刚度、振动等应满足设计要求。

11.5 跨管节接头结构防火系统

11.5.1 跨管节接头结构防火系统施工包括柔性防火隔断、隧道防火保护板(以下简称防火保护板)安装、防火保护板接缝处理。跨管节接头结构防火系统安装示意图 19。

11.5.2 柔性防火隔断宜采用环保材料, 耐火等级应采用 1 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。

11.5.3 防火保护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通过。

11.5.4 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文件。

11.5.5 跨管节接头结构防火系统施工前应建立隐蔽工程验收制度, 确认前置工序已全部完成且验收合格后方可施工。

11.5.6 柔性防火隔断下料、搭接尺寸参数应根据管节安装对接后两端面实际距离、管节纵向伸缩量综合确定。

11.5.7 柔性防火隔断宜采用不锈钢螺柱、型钢压边固定, 连接沉管的预埋连接螺杆宜采用不锈钢或类似材料, 焊脚高度、布置间距及位置满足设计要求。

11.5.8 防火保护板材安装方向及安装顺序应根据防火保护板材总体施工要求确定。

11.5.9 防火保护板施工前应开展防火保护板整体排板专项设计。

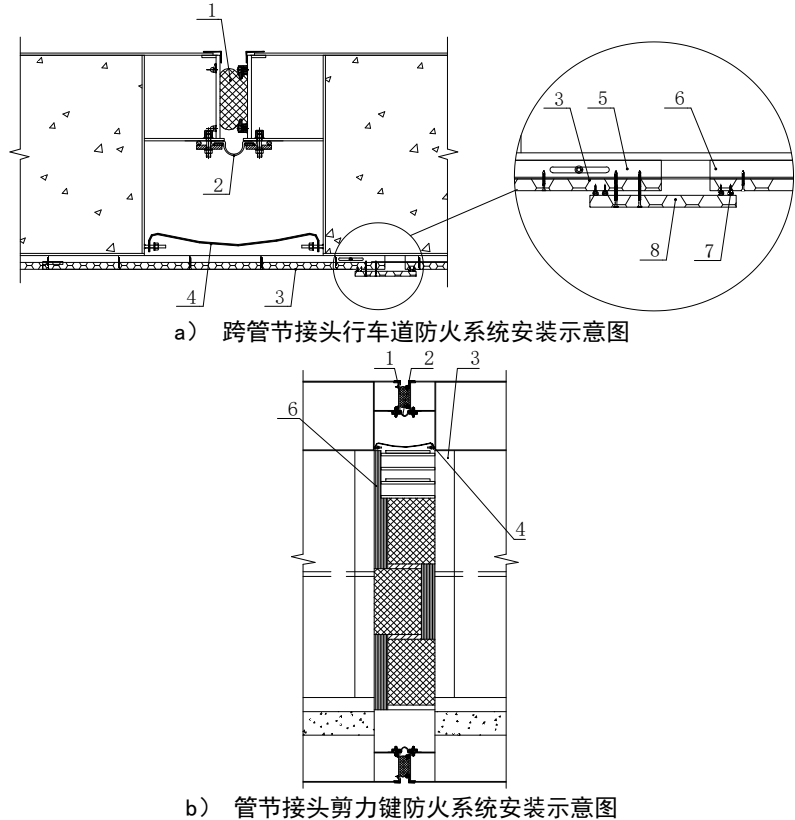
11.5.10 安装时应采用可移动式脚手架等辅助类设施。

11.5.11 防火保护板安装流程见附录 A 图 A.9, 防火保护板安装应符合下列规定:

- a) 防火保护板安装前,明确单块防火保护板固定件的安装位置及数量;
- b) 跨管节接头结构防火系统安装位置优先于机电转接件;
- c) 防火保护板固定件位置和数量满足设计要求;
- d) 固定螺栓的螺帽避免沉入防火保护板内。

11.5.12 行车孔隧道防火保护板间设置伸缩缝时,其位置应设置于管节结合腔外。

11.5.13 防火保护板接缝及周边的防火密封胶应填充密实,防火性能及伸缩性能应满足隧道纵向伸缩变形要求。



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。

图 19 跨管节接头结构防火系统安装示意图

11.5.14 跨管节接头结构防火系统区域内不应设置机电固定设施。

11.5.15 剪力键与管节中墙存在高度差时,宜通过支撑架过渡,对排烟道防火保护板及柔性防火隔断进行支撑。

11.5.16 防火保护板及支撑结构安装前,应在工作和试验风压条件下进行测试,防火保护板及支撑结构的强度、挠度及振动噪声应满足设计要求。

11.6 防撞侧石

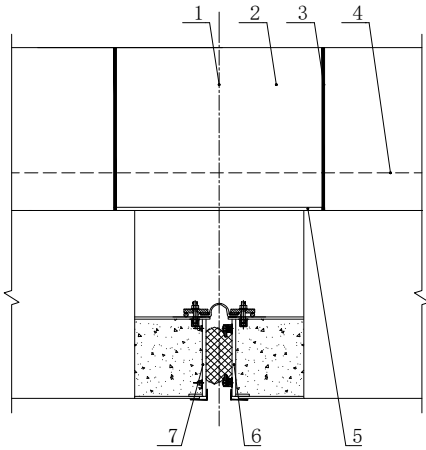
11.6.1 跨管节接头处防撞侧石宜采用现浇方式施工,浇筑长度应满足设计要求。管节接头防撞侧石浇

筑流程见附录 A 图 A. 10。

11.6.2 防撞侧石底部跨缝钢板应安装牢固，防腐符合设计要求。

11.6.3 防撞侧石和跨缝钢板两端处设置变形缝，变形缝宽度及内部填充的材质及厚度应满足设计要求。

11.6.4 管节接头位置处的防撞侧石应根据管节对接后的实际尺寸进行平滑过渡安装。跨管节接头防撞侧石安装断面示意图见图 20。



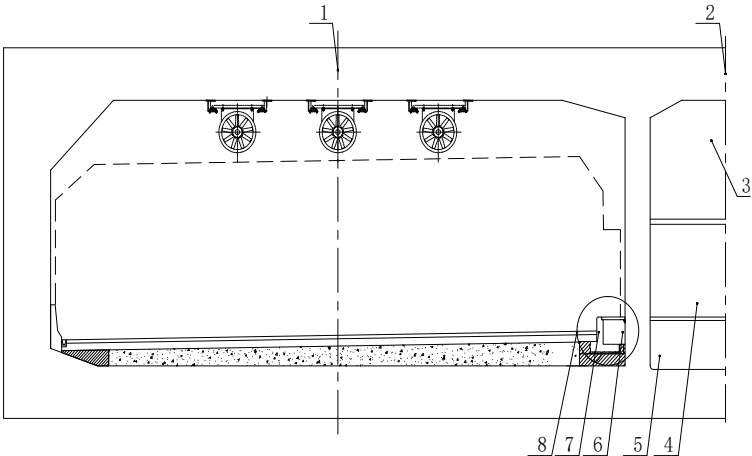
标引序号说明：

- 1——管节接头中心线；
- 2——接头位置现浇防撞侧石；
- 3——现浇防撞侧石变形缝；
- 4——边沟安装顶边线；
- 5——跨缝钢板；
- 6——A型钢端壳；
- 7——B型钢端壳。

图 20 管节接头防撞侧石安装断面示意图

11.7 检修道

11.7.1 检修道宜通过在隧道中墙间的管沟上铺设沟盖板形成，检修道示意图见图 21。



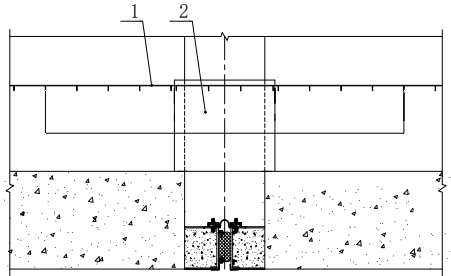
标引序号说明：

- | | | | |
|------------|----------|----------|------------|
| 1——行车道中心线； | 3——排烟道； | 5——管线通道； | 7——检修道路缘石； |
| 2——隧道中心线； | 4——安全通道； | 6——管沟； | 8——检修道。 |

图 21 检修道示意图

11.7.2 沟盖板安装断面示意图见图 22，跨管节接头处沟盖板的制作和安装符合下列规定：

- a) 接头处沟盖板尺寸应根据管沟实际尺寸进行放样预制；
- b) 接头处管沟托板应与跨缝钢板等宽；
- c) 沟盖板在接头跨缝钢板两侧应各设置一条变形缝；
- d) 接头处管沟托板上表面应与平直段管沟托板上表面齐平，接头两侧 2m 范围内托架肋板宜现场焊接；
- e) 钢壳混凝土沉管隧道沟盖板宜通过钢壳制作过程中预焊接的托板加劲肋进行支撑。

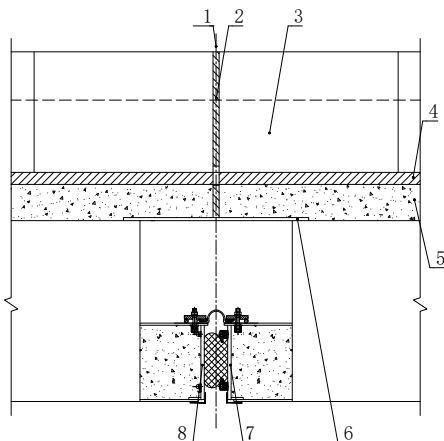


标引序号说明：

- 1——管沟托板；
2——跨缝钢板。

图 22 沟盖板安装断面示意图

- 11.7.3 检修道钢牛腿安装高度应根据路面设计高程、底板顶和底板加腋顶实测标高放样确定。
- 11.7.4 检修道路缘石宜采用预制安装钢筋混凝土结构。
- 11.7.5 检修道路缘石安装应与路线线形一致，应遵循线形顺接、曲线段顺滑的安装原则。
- 11.7.6 埋置式检修道路缘石应在沥青层施工前安装。路缘石安装流程见附录 A 图 A.11。
- 11.7.7 相邻两块路检修道路缘石安装时宜预留 3mm 的安装拼缝。
- 11.7.8 管节接头位置处的检修道路缘石应考虑管节对接安装后的实际尺寸影响。
- 11.7.9 管节接头位置检修道路缘石之间的变形缝应满足设计要求，变形缝位置与管节接头中心线重合，其内部填充的泡沫板材质及厚度应符合设计要求。接头路缘石安装断面示意图 23。
- 11.7.10 检修道路缘石安装完成后应填充满足设计要求的混凝土。
- 11.7.11 检修道路缘石施工宜与隧道消防管沟施工统筹考虑。



标引序号说明：

- | | | | |
|-------------|------------|--------------|-----------|
| 1——管节接头中心线； | 3——检修道路缘石； | 5——压舱砣（后浇区）； | 7——A型钢端壳； |
| 2——隔板； | 4——细石混凝土； | 6——跨缝钢板； | 8——B型钢端壳。 |

图 23 接头路缘石安装断面示意图

11.8 装饰板

- 11.8.1 装饰板材料和性能应符合 GB/T 23443、JG/T 234 的有关规定。如需进行耐火性能试验，应制定专项试验方案，并经有资质的检测机构评审通过。

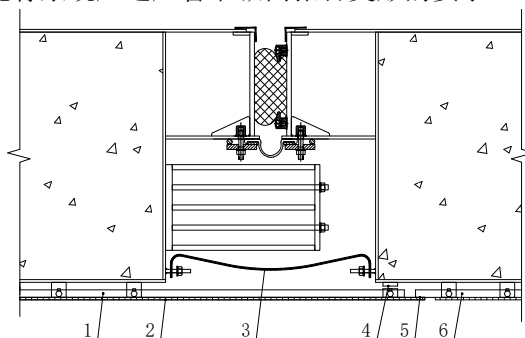
11.8.2 装饰板顶部与防火保护板底部应进行有效搭接。管节接头装饰板安装示意图 24，管节接头装饰板龙骨安装示意图 25，装饰板安装流程见附录 A 图 A.12。

11.8.3 装饰板龙骨防腐处理应满足设计要求。

11.8.4 跨缝接头处应设置与面层颜色相同的衬板，板缝位置与其他附属结构变形缝预留位置相同。

11.8.5 装饰板施工前应进行整体排板专项设计。

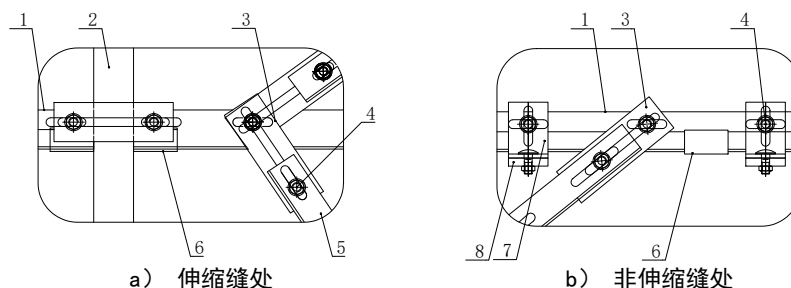
11.8.6 管节接头处装饰板龙骨系统应适应管节纵向张合变形的要求。



标引序号说明：

- 1——龙骨系统1；
- 2——装饰板；
- 3——防火隔断；
- 4——滑动支座；
- 5——内衬板；
- 6——龙骨系统2。

图 24 管节接头装饰板安装示意图



标引序号说明：

- 1——热镀锌龙骨；
- 2——伸缩缝（使用特制压缩条）；
- 3——连接件；
- 4——镀锌马车螺栓；
- 5——角钢支撑；
- 6——减震胶垫；
- 7——热镀锌角钢；
- 8——沉管表面埋件。

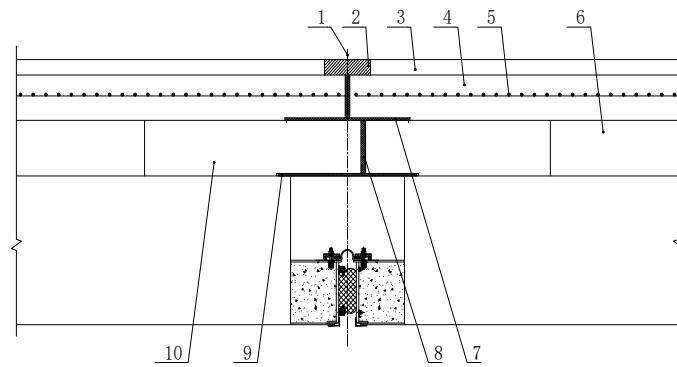
图 25 管节接头装饰板龙骨安装示意图

11.9 接头路面基层

11.9.1 调平层施工应与水平剪力键施工统筹考虑。

11.9.2 调平层接头处采用的纤维混凝土及内部预埋设施应符合设计要求。

11.9.3 调平层接头伸缩缝施工应满足设计要求。接头处路面调平层纵断面示意图 26。



- 标引序号说明：
- 1——管节接头中心线；
 - 2——无缝伸缩缝；
 - 3——沥青路面层；
 - 4——调平层；
 - 5——钢筋网；
 - 6——压舱混凝土；
 - 7——沥青油毛毡；
 - 8——泡沫板；
 - 9——跨缝钢板；
 - 10——剪力键。

图 26 接头处路面调平层纵断面示意图

11.10 施工质量验收

11.10.1 管节接头牺牲阳极及跨缝钢板的检测项目应满足表 10 的要求。

表10 牺牲阳极及跨缝钢板安装的检测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差（mm）	检测方法
1	焊脚尺寸		不小于设计值	尺量：逐件检查
2	安装数量		满足设计要求	检查安放布置图和施工记录或现场测量检查：全部
3	牺牲阳极块支座的定位偏差		±20	尺量纵横两方向：逐件检查
4	牺牲阳极尺寸	长度	±2 %	尺量：逐件检查
		宽度	±3 %	尺量：逐件检查
		厚度	±5 %	尺量：逐件检查
		直线度	<2 %	尺量：逐件检查
5	牺牲阳极外观质量		表面干净，无油污、毛刺、飞边、裂纹等缺陷	目测
6	跨缝钢板横、纵对接偏差		±10	尺量纵横两方向：每个行车孔、中管廊左右侧各检查一个测点
7	焊缝 MT 探伤		Ⅱ级焊缝	焊缝全长

11.10.2 鼻托安装的检测项目应满足表 11 的要求。

表11 鼻托安装的检测项目

项次	检查项目		允许偏差（mm）	检查方法
1	预埋件位置	轴线	-5 ~ +5	尺量或全站仪
		高程	0 ~ -5	尺量或全站仪
2	导向装置	轴线	±1	尺量
		高程	±1	水准仪

11.10.3 防火保护板安装的检测项目应满足表 12 的要求。

表12 防火保护板安装的检测项目

项次	检测项目	检测标准 (mm)	检测方法
1	立面垂直度	± 7	用 2m 垂直检测尺检查: 检查 10%
2	表面平整度	± 5	用 2m 靠尺、塞尺检查: 检查 10%
3	接缝宽度	$\leq 5 \pm 2$	用钢直尺检查: 检查 10%

11.10.4 路缘石安装的检测项目应满足表 13 的要求。

表13 路缘石安装的检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差 (mm)	检测方法
1	直顺度	15	20m 拉线尺量: 每 200m 测 4 处
2	相邻两块高差	3	水平尺: 每 200m 测 4 处
3	相邻两块缝宽	± 3	尺量: 每 200m 测 4 处
4	顶面高程	± 10	水准仪: 每 200m 测 4 处

11.10.5 防撞侧石安装的检测项目应满足表 14 的要求。

表14 防撞侧石安装的检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差 (mm)	检测方法
1	防撞侧石断面尺寸	高度 ± 10	尺量: 每 1km 每侧测 5 处
		顶宽 ± 5	
		底宽 ± 5	
2	钢筋骨架尺寸	满足设计要求	过程检查, 尺量: 每 1km 每侧测 5 处
3	横向偏位	± 20 或满足设计要求	尺量: 每 1km 每侧测 5 处
4	基础厚度	$+10\%H$	过程检查, 尺量: 每 1km 每侧测 5 处
5	防撞侧石混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	同条件试块强度: 根据每次浇筑方量
6	混凝土块件之间的错位	≤ 5	尺量: 每 1km 每侧测 5 处

注: H 为基础的设计厚度, 以 mm 计。

11.10.6 沟盖板安装的检测项目应满足表 15 的要求。

表15 沟盖板安装的检测项目

项次	检测项目	检测标准 (mm)	检测方法
1	直顺度	15	20m 拉线尺量: 每 200m 测 4 处
2	相邻两块高差	3	水平尺: 每 200m 测 4 处
3	相邻两块封宽	± 3	尺量: 每 200m 测 4 处
4	顶面高程	± 10	水准仪: 每 200m 测 4 处

11.10.7 装饰板安装的检测项目应满足表 16 的要求。

表16 装饰板安装的检测项目

项次	检测项目	检测标准 (mm)	检测方法
1	立面垂直度	2	用 2m 垂直检测尺检查
2	表面平整度	2	用 2m 靠尺、塞尺检查
3	阴阳角方正	2	用直角检测尺检查
4	接缝高低差	1	用钢直尺和塞尺检查
5	接缝宽度	1	用钢直尺检查

11.10.8 调平层铺设的检测项目应满足表 17 的要求。

表17 调平层铺设的检测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差 (mm)	检测方法
1	抗压强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1 附录 D 检查
2	平整度	最大间隙 $h < 5$	3m 直尺, 每半幅车道每 200m 测 2 处 $\times 5$ 尺
3	相邻板高差	≤ 2	尺量: 纵横缝每 200m 抽查 2 条, 每条测 2 点
4	纵、横缝顺直度	≤ 10	纵缝 20m 拉线尺量: 每 200m 测 4 处, 横缝沿板宽拉线尺量: 每 200m 测 4 条

表 17 调平层铺设的检测项目（续）

项次	检查项目	规定值或允许偏差（mm）	检测方法
5	纵断高程	±10	水准仪：每 200m 测 2 个断面
6	横坡（%）	±0.15	水准仪：每 200m 测 2 个断面

12 监测

12.1 一般要求

12.1.1 沉管隧道管节接头监测应覆盖沉管对接安装后施工期和运营期。

12.1.2 沉管隧道管节接头监测应至少包括以下内容：

- a) 管节接头的沉降、位移；
- b) 管节接头的差异变形；
- c) 管节接头的剪力键；
- d) 管节接头的渗漏水。

12.1.3 在隧道管节安装完成后，应立即进行监测项目的初始测量，建立基准数据。

12.1.4 沉管隧道管节接头监测的频次应根据隧道的外部荷载情况和地质条件确定。在隧道经历特殊事件（如地震、强回淤、极端天气、隧道内失火等）时，应加密监测频次。

12.2 管节接头沉降、位移监测

12.2.1 管节接头沉降、位移监测满足下列要求：

- a) 管节沉降、位移测点宜布置在中管廊或行车廊道下部；
- b) 管节沉降监测线路宜在中管廊内，每 1 个管节沉降测点布置不宜少于 6 个测点；
- c) 管节位移监测线路宜在中管廊内，每 1 个管节位移测点布置不宜少于 3 个测点；
- d) 沉降监测宜采用闭合水准线路或静力水准的方式，高程测量宜按照二等水准精度进行控制，高程控制测量应符合 JTS 131 的有关规定。

12.2.2 管节接头沉降量、位移监测频次应满足表 18 的要求。

表18 管节接头沉降位移监测频次表

项次	监测项目	监测频次	监测阶段
1	管节接头沉降、位移监测	1 次/天	回填施工期
		1 次/周	恒载期
		荷载稳定后，重新和核定	运营期

12.2.3 管节接头沉降、位移测点布置示意图 27。

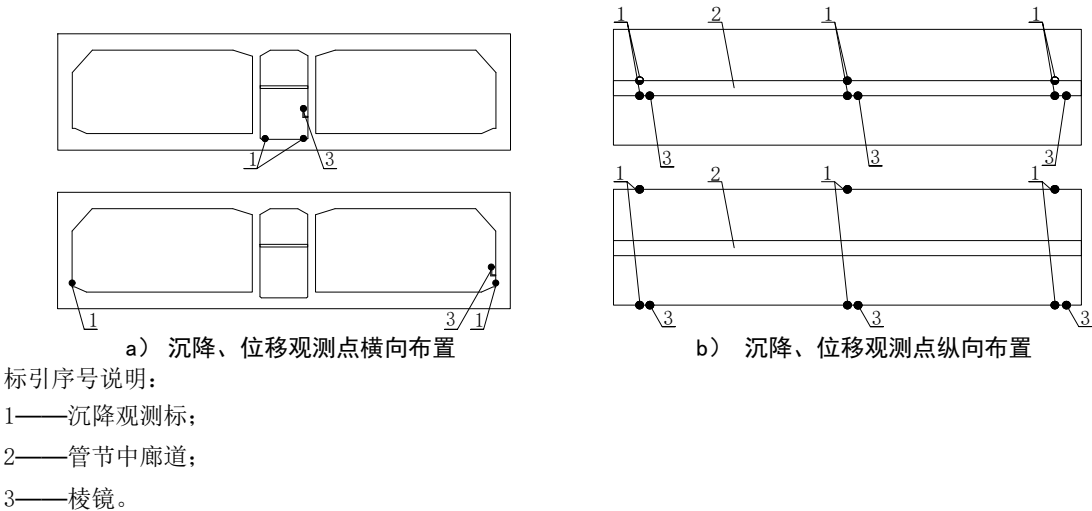


图 27 管节接头沉降、位移测点布置示意图

12.3 管节接头差异变形监测

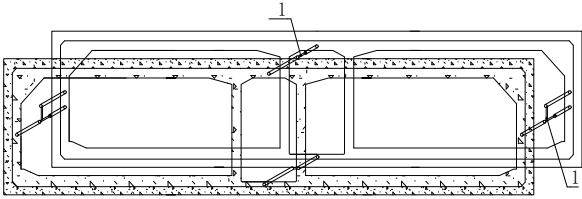
12.3.1 管节接头差异变形监测满足下列要求：

- a) 管节接头差异变形监测应包含轴向张合量、竖向差异沉降及横向错位监测；
b) 管节接头差异变形可采用光纤光栅式、磁致伸缩式、振弦式或电阻式位移传感器进行监测。
- 12.3.2 管节接头差异变形监测项目应满足表 19 的要求。

表19 管节接头差异变形监测项目

项次	监测项目	监测位置	测点数量及布置形式
1	管节接头轴向张合量	管节接头间	≥3，每个接头均匀布置
2	管节接头竖向差异沉降	节段接头间	≥2，每个接头对称布置
3	管节接头横向错位	节段接头间	≥1，隧道中轴线或每个接头对称布置

12.3.3 管节接头差异变形测点布置见图 28。



标引序号说明：
1——磁致伸缩式位移传感器。

图 28 管节接头差异变形测点布置示意图

12.3.4 管节接头张合量和差异变形监测频次应满足表 20 的要求。

表20 管节接头差异变形监测频次表

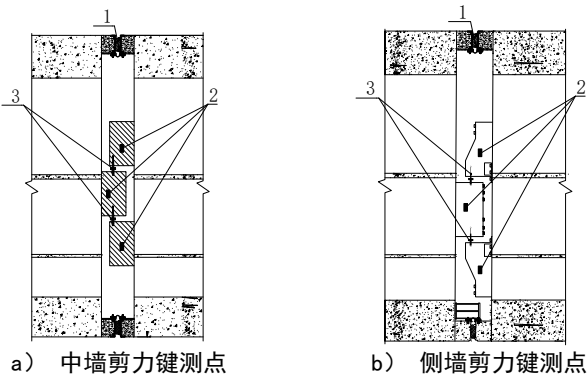
项次	监测项目	监测频次	监测阶段
1	管节接头差异变形监测	1 次/小时	回填施工期
		4 次/天	恒载期
		荷载稳定后，重新核定	运营期

12.4 管节接头剪力键监测

12.4.1 管节接头剪力键监测满足下列要求：

- a) 管节接头剪力键监测应包含应力及位移监测；
b) 管节接头剪力键应力、位移监测方式见 12.3.1 条；
c) 管节接头剪力键位移测点应根据剪力键结构特点布置相邻管节剪力键缝隙部位，应确认剪力键缝隙部位均布置有位移测点；
d) 管节接头剪力键应力监测宜采用应变计或薄膜式压力传感器，应变计宜布置在剪力键受力集中位置，薄膜式压力传感器宜布置在剪力键间缝隙接触部位。

12.4.2 管节接头剪力键测点布置见图 29。



标引序号说明：
1——GINA 止水带；2——应变计；3——位移计。

图 29 剪力键测点布置示意图

12.4.3 管节接头剪力键监测频次应满足表 21 的要求。

表21 管节接头剪力键监测频次表

项次	监测项目	监测频次	监测阶段
1	管节接头剪力键监测	1 次/小时	施工期
		4 次/天	恒载期
		荷载稳定后, 提交设计部门重新确定监测频次	运营期

12.5 管节接头渗漏水监测

12.5.1 管节接头渗漏水监测满足下列要求:

- a) 应在 OMEGA 止水带试漏试验时开始进行监测;
- b) 试漏测点应布置在管节接头中管廊 OMEGA 止水带试漏用预埋水管位置, 每个管节布置 1 个测点;
- c) 宜采用机械式或数显式压力表进行监测。

12.5.2 管节接头 OMEGA 止水带监测频次应满足表 22 的要求。

表22 管节接头 OMEGA 止水带监测频次表

项次	监测项目	监测频次	监测阶段
1	管节接头 OMEGA 止水带监测	1 次/天	施工期
		1 次/周	恒载期
		荷载稳定后, 提交设计部门重新确定监测频次	运营期

附录 A
(资料性)
施工流程

A.1 图 A.1 给出了管节接头总体施工流程。

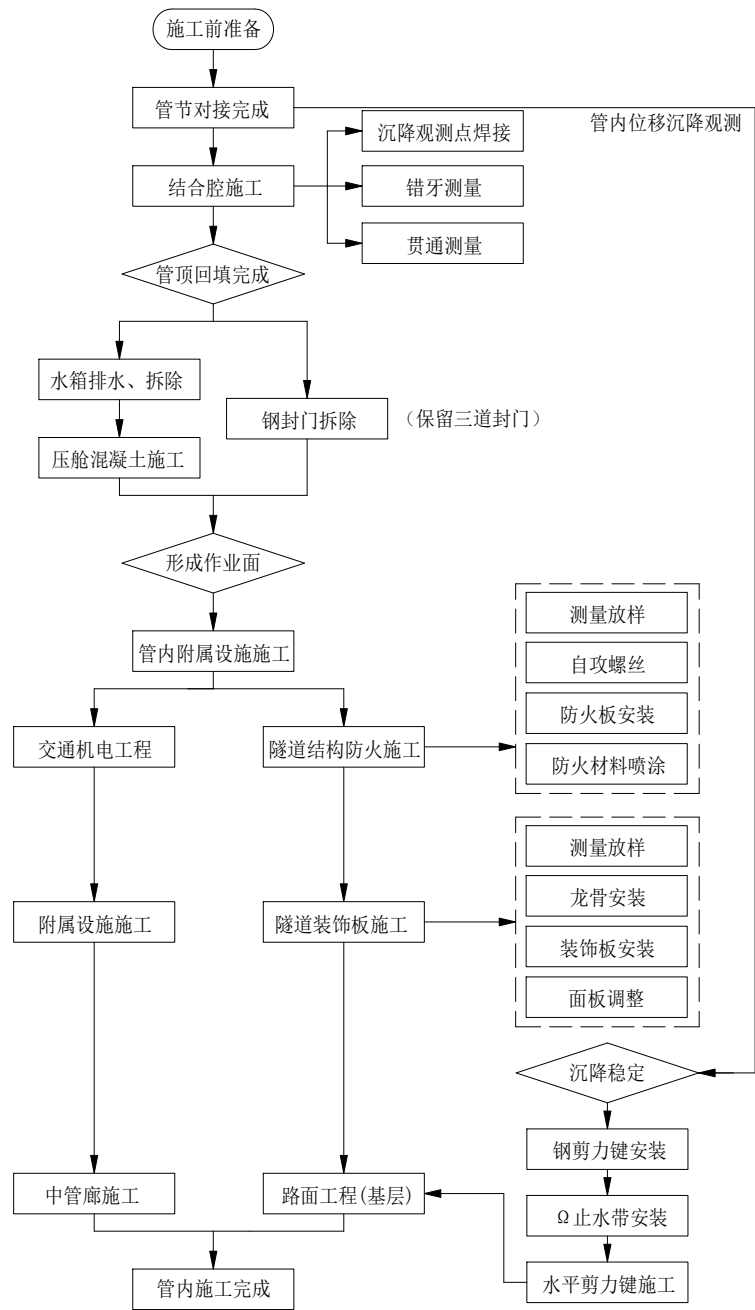
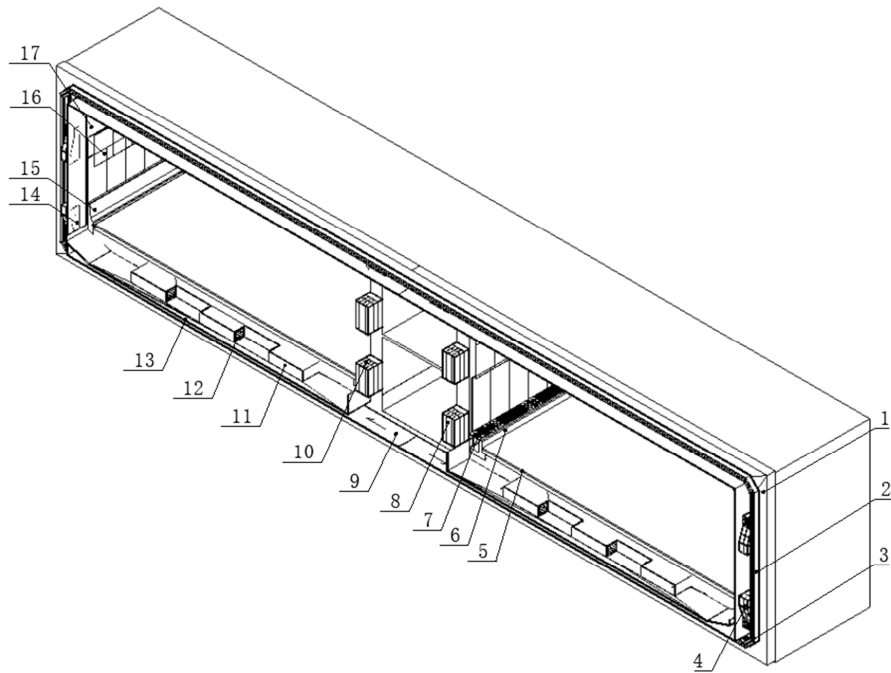


图 A.1 管节接头总体施工流程图

A.2 图 A.2 给出了管节接头构件总装示意。



标引序号说明：

- 1——钢端壳；
- 2——GINA止水带；
- 3——OMEGA止水带；
- 4——侧墙竖向剪力键；
- 5——接头路面基层；
- 6——检修道路缘石；
- 7——沟盖板；
- 8——中墙竖向剪力键；
- 9——中廊道跨缝钢板；
- 10——中墙竖向剪力键垫层；
- 11——水平向剪力键；
- 12——水平向剪力键垫层；
- 13——行车道跨缝钢板；
- 14——侧墙跨缝钢板；
- 15——防撞侧石；
- 16——装饰板；
- 17——隧道防火保护板。

图 A.2 管节接头构件总装示意图

A.3 图 A.3 给出了 GINA 止水带安装流程。

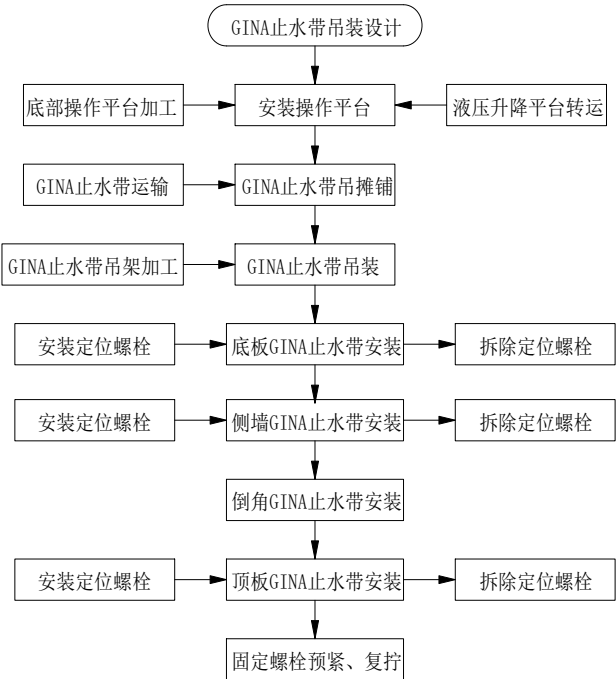


图 A.3 GINA 止水带安装流程图

A.4 图 A.4 给出了 OMEGA 止水带安装流程。

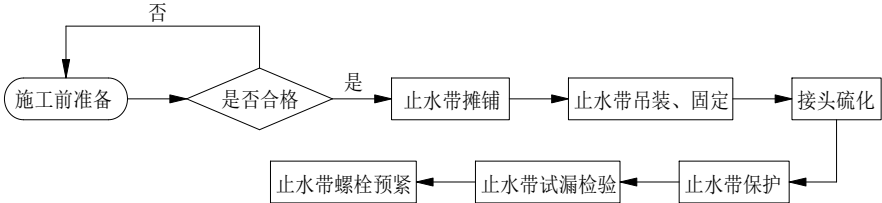


图 A.4 OMEGA 止水带安装流程图

A.5 图 A.5 给出了竖向钢剪力键施工流程。

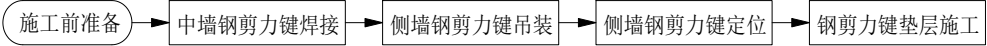


图 A.5 竖向钢剪力键施工流程图

A.6 图 A.6 给出了竖向钢筋混凝土剪力键施工流程。

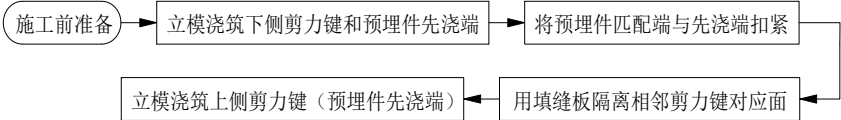


图 A.6 竖向钢筋混凝土剪力键施工流程图

A.7 图 A.7 水平向钢剪力键施工流程。



图 A.7 水平向钢剪力键施工流程图

A.8 图 A.8 给出了水平向钢筋混凝土剪力键施工流程。

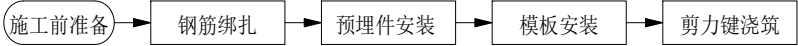


图 A.8 水平向钢筋混凝土剪力键施工流程图

A.9 图 A.9 给出了防火保护板安装流程。

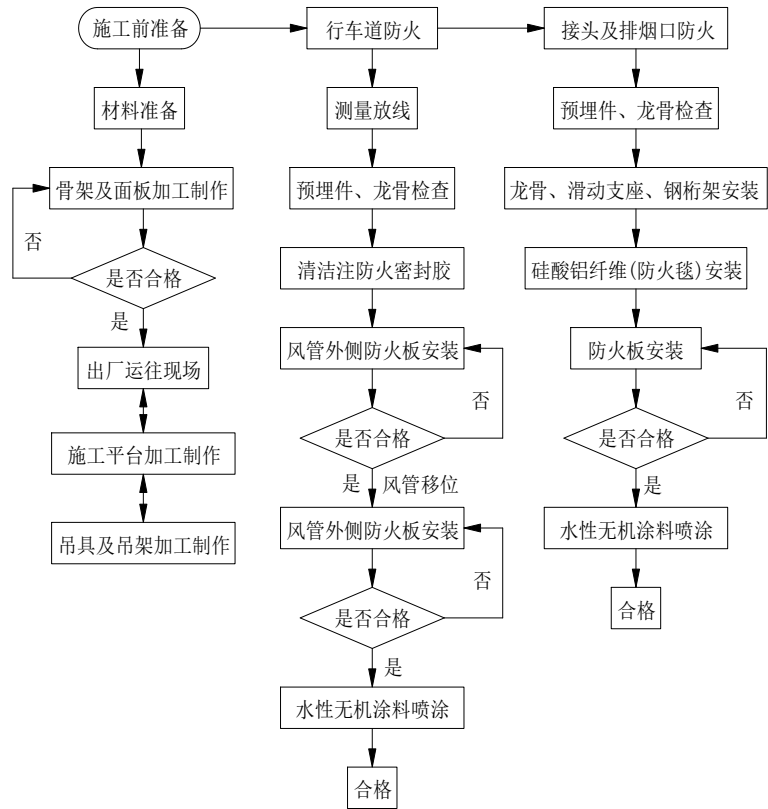


图 A.9 防火保护板安装流程图

A.10 图 A.10 给出了管节接头防撞侧石浇筑流程。

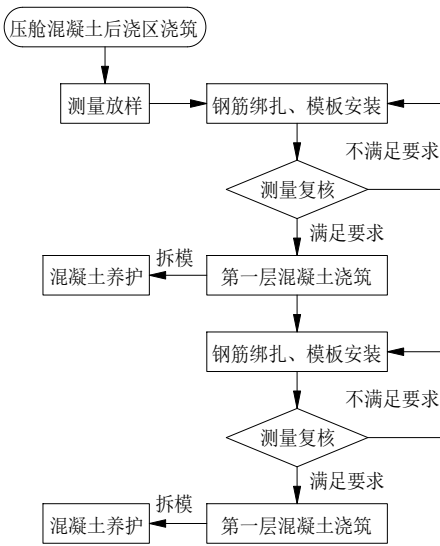


图 A.10 管节接头防撞侧石浇筑流程图

A. 11 图 A. 11 给出了接头路缘石安装流程。

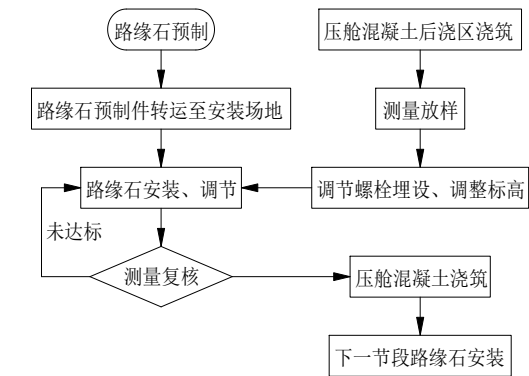


图 A. 11 接头路缘石安装流程图

A. 12 图 A. 12 给出了装饰板安装流程。

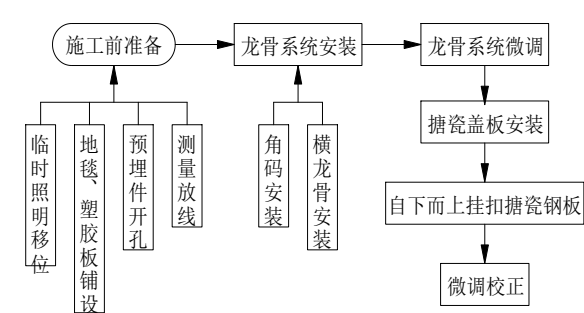


图 A. 12 装饰板安装流程图

参 考 文 献

- [1] GB 28376—2012 隧道防火保护板.
 - [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] 陈韶章, 陈越. 沉管隧道设计与施工. 北京: 科学出版社, 2002.
 - [5] 安关峰, 等. 沉管隧道施工技术指南. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
-