

山东省工程建设标准

隧道薄壁钢管初期支护施工技术规范

DB37/T 5129 — 2018

住房和城乡建设部备案号：J 14425—2018

主编单位：济南城建集团有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省质量技术监督局

施行日期：2019年1月1日

中国建材工业出版社

2018 北京

山东省工程建设标准
隧道薄壁钢管初期支护施工技术规范
DB37/T 5129 — 2018

*

出版：中国建材工业出版社

地址：北京市海淀区三里河路1号

邮政编码：100044

印刷：北京雁林吉兆印刷有限公司

开本：850mm×1168mm 1/32 印张：2.375 字数：60千字

2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷

印数：1~300册 定价：50.00元

*

统一书号：155160·1465

版权所有 翻印必究

关于发布山东省工程建设标准 《隧道薄壁钢管初期支护施工 技术规程》的通知

鲁建标字〔2018〕37号

各市住房建设局（城乡建委）、质监局，各有关单位：

由济南城建集团有限公司主编的《隧道薄壁钢管初期支护施工技术规程》经审定通过，批准为山东省工程建设标准，编号DB37/T 5129—2018，现予以发布，自2019年1月1日起施行。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由济南城建集团有限公司负责具体内容的解释。

山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局

2018年9月17日

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅 2016 年山东省工程建设标准编制修订项目计划，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内有关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 8 章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 材料；5. 构造设计；6. 制作与安装；7. 监控量测；8. 质量验收及相关附录。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由济南城建集团有限公司负责具体技术内容的解释。

若执行过程中对本规程有任何意见和建议，请寄送济南城建集团有限公司《隧道薄壁钢管初期支护施工技术规程》编制管理组（地址：济南市天桥区汽车厂东路 29 号，邮编：250031，电话：0531-85829903，传真：0531-85829950，邮箱：cjgcgs@sina.com），以供今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主 编 单 位：济南城建集团有限公司

参 编 单 位：中建八局第一建设有限公司

山东城市建设职业学院

山东职业学院

山东省城市建设管理协会

济南城市建设集团有限公司

山东大学

济南市市政工程建设集团有限公司

山东泉建工程检测有限公司

山东易方达建设项目管理有限公司

山东汇友市政园林集团有限公司

山东汇通建设集团有限公司

主要起草人员：孙 杰 吕 红 郑 枫 亓祥成

甄西东 金 宝 马尊国 刘付明

王钰博 石 义 潘金刚 侯合涛

王传凯 丁 艳 杨 勇 潘合斌

李素平 刘昆明 刘 辉 张太雷

王 笑 王 翔 史红军 许为民

李 密 丁 群 李庆广 张海龙

郭秀峰 黄利明 陈 斌 宁兰兰

秘宝星 祝亭亭 尹贻超 冯化新

主要审查人员：吕国仁 马云新 连 峰 万 利

高国忠 石锦江 王 磊 张祥龙

李克金

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	材料	5
5	构造设计	7
5.1	一般规定	7
5.2	结构计算	7
6	制作与安装	9
6.1	一般规定	9
6.2	钢管构件加工	9
6.3	混凝土灌注	10
6.4	钢管混凝土构件安装	10
6.5	喷射混凝土	11
7	监控量测	13
7.1	一般规定	13
7.2	监控量测内容	14
7.3	监测点布置	14
7.4	监测频率	16
7.5	监测控制值和预警	17
7.6	监测方法	17
7.7	监测成果及信息反馈	18
8	质量验收	19
8.1	钢管构件加工	19
8.2	钢管内混凝土灌注	20
8.3	钢管混凝土构件现场拼装	22

8.4 钢管混凝土构件安装	22
8.5 喷射混凝土	24
附录 A 记录表	29
本规程用词说明	46
引用标准名录	47
附：条文说明	49

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Materials	5
5	Structure Design	7
5.1	General Requirement	7
5.2	Structural Calculations	7
6	Production and Installation	9
6.1	General Requirement	9
6.2	Steel Tube Components Processing	9
6.3	Concrete Casting in Steel Tube	10
6.4	Installation of Concrete-filled Steel Tube	10
6.5	Concrete Injecting	11
7	Monitoring Measurement	13
7.1	General Requirement	13
7.2	Contents of Monitoring Measurement	14
7.3	Layout of Monitoring Points	14
7.4	Monitoring Frequency	16
7.5	Monitoring Control Values and Early-Warning	17
7.6	Method of Monitoring Measurement	17
7.7	Monitoring Results and Information Feedback	18
8	Quality Acceptance	19
8.1	Steel Tube Processing	19
8.2	Concrete Casting in Steel Tube	20
8.3	Field Assembly of Concrete-filled Steel Tube Components	22

8.4	Installation of Concrete-filled Steel Tube	22
8.5	Concrete Injecting	24
Appendix A	Records	29
	Explanation of Wording in this Standard	46
	Bibliography of Normative Standards	47
	Addition; Explanation of Provisions	49

1 总 则

1.0.1 为使隧道薄壁钢管混凝土初期支护的构造设计、构件制作、施工和验收等技术工作符合安全可靠、耐久适用、技术先进、经济合理的要求，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省行政区域内采用薄壁钢管混凝土作为初期支护的隧道构造设计、构件制作、施工和验收。

1.0.3 隧道薄壁钢管混凝土初期支护的构造设计、构件制作、施工和验收，除应符合本规程外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 薄壁钢管混凝土构件 concrete-filled thin-walled steel tube

在薄壁钢管中填充混凝土，并由钢管和管内混凝土共同承担荷载的构件。

2.0.2 钢管内混凝土 concrete in the steel tube

浇筑在钢管内有一定工作性能要求的混凝土，又称核心混凝土。

2.0.3 支护钢架 steel frame or beam support

本规程中采用薄壁钢管混凝土构件为主，制成隧道初期支护的骨架结构。

2.0.4 初期支护 primary support

采用复合式衬砌的隧道开挖后及时施做的支护结构，一般是由喷射混凝土、锚杆、钢筋网、支护钢架等组合成的支护结构。

2.0.5 超前支护 advanced support

在隧道开挖前，对开挖工作面前方的围岩进行预加固的支护技术。

2.0.6 监控量测 monitoring measurement

在隧道施工阶段和运营阶段，通过使用各种量测仪器和工具，对围岩变化情况、支护结构的工作状态、地表沉降和周边环境等进行监测，及时提供围岩稳定程度、支护结构可靠性和周边环境安全性的信息。

3 基本规定

3.0.1 薄壁钢管混凝土构件应与其他初期支护手段相配合，并应严格按照设计支护工序施工。

3.0.2 钢管、钢板、钢筋、连接材料、焊接材料及钢管混凝土的材料应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

3.0.3 当薄壁钢管采取工厂预制时，进场前应对钢种、等级、牌号、节段进行合格验收。

3.0.4 钢管构件的制作应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定，构件出厂应按规定进行验收检验和预拼装，出厂验收记录表、出厂预拼装记录表应符合本规程附录 A 的规定。

3.0.5 设计要求全焊透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行焊缝内部缺陷检验，超声波探伤不能对缺陷做出判断时，应采用射线探伤检验。其内部缺陷分级及探伤应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345、《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的有关规定。

3.0.6 钢管混凝土构件安装与钢管内混凝土浇筑顺序应满足结构强度和稳定性的要求。

3.0.7 钢管内混凝土施工前应进行配合比设计，并宜进行浇筑工艺试验，浇筑方法应与结构形式相适应。

3.0.8 灌注混凝土前，应对薄壁钢管进行防腐、除锈处理，配合比应进行开盘鉴定，其工作性应满足设计配合比的要求。

3.0.9 应在混凝土达到设计强度 50% 以上，方可将钢管混凝土构件运至施工现场，并应继续进行现场条件下的养护。

3.0.10 加工好的薄壁钢管混凝土构件运至施工现场后，应按组分楸放置好，并进行编号标示。

- 3.0.11** 应根据隧道断面和尺寸等对每榀构件进行分段，自上向下分段安装，并应及时用连接筋将其固定到前一榀构件。
- 3.0.12** 构件拼装固定好后，应按比例配制微膨胀水泥并尽快进行节点灌浆，同时应对节点缝隙进行适当封堵。
- 3.0.13** 当采用套管方式连接支架时，应将两段拼接后分别与套管进行现场焊接。

4 材 料

4.0.1 隧道薄壁钢管混凝土构件中的钢管宜选用质量等级为 B 级及以上的碳素结构钢或低合金高强度结构钢，其质量要求应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

4.0.2 钢管宜采用卷制焊接管，也可采用直缝焊接管和螺旋焊接管。

4.0.3 钢材的主要强度指标应按表 4.0.3 采用。

表 4.0.3 钢材主要强度指标

钢号	厚度或直径 (mm)	设计值 (N/mm ²)		端面承压 f_{ce} (N/mm ²)
		抗拉、抗压和 抗弯 f_s	抗剪 f_{vd}	
Q235	≤16	215	125	325
	>16~40	205	120	
	>40~60	200	115	
Q345	≤16	310	180	400
	>16~35	295	170	
	>35~50	265	155	

4.0.4 钢材的物理性能指标应按表 4.0.4 采用。

表 4.0.4 钢材的物理性能指标

弹性模量 E_s (N/mm ²)	剪切变形模量 G_s (N/mm ²)	密度 ρ_s (kg/m ³)	泊松比 μ_s
2.06×10^5	7.90×10^4	7.85×10^3	0.30

4.0.5 钢管的径厚比应按本规程 5.2.4 条选取。

4.0.6 混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ck} 、轴心抗压强度设计值 f_{cd} 、轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 、轴心抗拉强度设计值 f_{td} 、弹性模量 E_c 应按表 4.0.6 采用。混凝土剪切变形模量 G_c 可按表 4.0.6 中弹性模量 E_c 的 40% 采用，混凝土泊松比 μ_c 可取为 0.2。

表 4.0.6 混凝土强度和弹性模量 (N/mm²)

强度种类 强度等级	轴心抗压强度		轴心抗拉强度		弹性模量 E_c
	标准值 f_{ck}	设计值 f_{cd}	标准值 f_{tk}	设计值 f_{td}	
C25	16.70	11.90	1.78	1.27	2.80×10^4
C30	20.10	14.30	2.01	1.43	3.00×10^4
C35	23.40	16.70	2.20	1.57	3.15×10^4

4.0.7 隧道薄壁钢管混凝土构件宜选用 Q235 碳素结构钢或低合金高强度结构钢，灌注混凝土强度等级不宜低于 C25。

4.0.8 钢管混凝土约束效应系数设计值 ξ_0 不宜小于 0.60，截面含钢率 ρ_c 宜为 0.04~0.20。 ξ_0 、 ρ_c 应按下列公式计算：

$$\xi_0 = \frac{A_s f_s}{A_c f_{cd}} \tag{4.0.8-1}$$

$$\rho_c = \frac{A_s}{A_c} \tag{4.0.8-2}$$

式中： ξ_0 ——钢管混凝土约束效应系数设计值；
 ρ_c ——钢管混凝土截面含钢率；
 A_s ——钢管的截面面积 (mm²)；
 f_s ——钢板（材）抗拉、抗压和抗弯强度设计值 (N/mm²)；
 f_{cd} ——混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)；
 A_c ——钢管内混凝土截面面积 (mm²)。

5 构造设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 隧道结构应按破损阶段法验算构件截面的强度。
- 5.1.2 隧道结构上的荷载取值应符合现行行业标准《公路隧道设计规范》JTG D70 的有关规定。
- 5.1.3 初期支护施工喷射混凝土应符合《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372 的有关规定。
- 5.1.4 薄壁钢管混凝土构件支护应根据围岩条件、隧道开挖断面的尺寸、埋深、开挖方式、开挖方法、构件支护的施作时间等进行设计。
- 5.1.5 支护构件的结构应符合下列要求：
- 1 支护结构型式及其接头应简单牢固；
 - 2 构件应定型化设计；
 - 3 支护构件相互之间应用纵撑连接牢固，构成整体。

5.2 结构计算

- 5.2.1 隧道薄壁钢管初期支护结构计算应符合现行行业标准《公路隧道设计规范》JTG D70 的有关规定。
- 5.2.2 钢架与围岩之间的混凝土保护层厚度应符合设计要求，临空一侧的混凝土保护层厚度不应小于 20mm。
- 5.2.3 钢管外直径不宜小于 180mm，壁厚不宜小于 3mm。
- 5.2.4 钢管径厚比 D/t 宜为 $(20 \sim 135) \frac{235}{f_y}$ ， D 和 t 分别为钢管外直径和壁厚， f_y 为钢材强度标准值。
- 5.2.5 薄壁钢管应分节段制作，节段之间可采用承插式、法兰连接、套筒连接。当采用承插式连接时，节段与节段之间宜通过

钢板用螺栓连接或焊接（见图 5.2.5）。

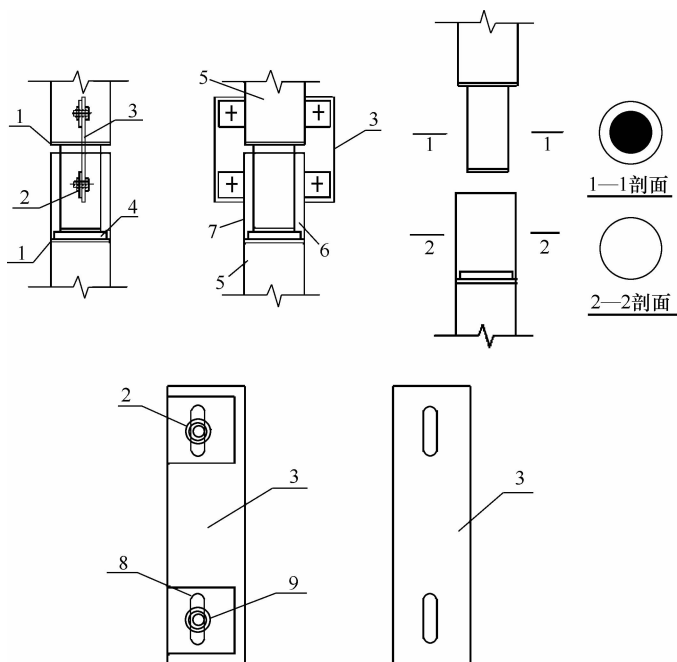


图 5.2.5 隧道薄壁钢管混凝土初期支护承插式接口构造示意

1—封头端板；2—高强度螺栓；3—连接钢板；4—橡胶垫；
5—钢管混凝土；6—微膨胀混凝土；7—注浆孔；8—螺栓孔；9—垫片

6 制作与安装

6.1 一般规定

- 6.1.1 钢管应具有制造厂的质量证明书和试验报告单，并应对进场的钢管抽取试样做力学性能试验。
- 6.1.2 钢管在运输、储存、加工过程中应防止锈蚀、污染和变形。
- 6.1.3 钢管表面应无显著锈蚀、裂纹、重皮和压延等不良现象，表面不得有超过壁厚负偏差的凹陷。
- 6.1.4 钢管的材质、规格应符合设计要求。
- 6.1.5 薄壁钢管混凝土构件支护适用于分部开挖、导坑开挖。

6.2 钢管构件加工

- 6.2.1 弯管加工前应对直管进行验收，合格后方可使用。
- 6.2.2 应根据隧道的断面形式、设计要求和设备条件分段加工制作钢管构件和弯曲加工。
- 6.2.3 弯曲成型的构件表面不应有明显褶皱，凹凸深度不应超过 1mm。弯曲部位不应发生裂纹、过烧、分层等，外形尺寸应符合《钢管结构技术规程》CECS 280 的规定。
- 6.2.4 薄壁钢管端头应按设计要求制作，采用承插连接时，插管外径 d 不得大于套管内径 D ，且间隙宜为 5mm~10mm。
- 6.2.5 薄壁钢管应设置与钢管等厚的加强弧板。
- 6.2.6 薄壁钢管加工后应进行试拼装，允许误差为：沿隧道周边轮廓偏差为 $\pm 3\text{cm}$ ，平面（翘曲）偏差为 $\pm 2\text{cm}$ 。
- 6.2.7 加工好的构件应进行标识，并应按规格、类别堆放。

6.3 混凝土灌注

6.3.1 灌注混凝土前，应复查钢管弯曲质量、几何尺寸、高程和拱轴线。

6.3.2 钢管内混凝土灌注可采用导管灌注或手工灌注，施工前应根据设计要求进行混凝土配合比设计和灌注工艺试验。

6.3.3 灌注混凝土时应在钢管底部设排气孔，排气孔直径应小于钢管直径，距离管端净距宜为 15cm~35cm。

6.3.4 灌注混凝土宜采用微膨胀混凝土，并应按照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的要求，设计混凝土的配合比和混凝土中外加剂的掺量。

6.3.5 管内混凝土灌注过程中应对钢管外表面进行清洗，管内混凝土灌注完成后，应将钢管的排气孔封闭。

6.3.6 混凝土养护宜在 20℃左右的恒温下养护 3~7 天。当混凝土中掺用矿物掺合料时，确定混凝土强度时的龄期可按现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 的规定取值。

6.3.7 冬期灌注混凝土施工应在暖棚内进行，入管混凝土温度宜为 5℃~10℃，并应符合国家现行标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 的规定。

6.4 钢管混凝土构件安装

6.4.1 薄壁钢管混凝土构件应进行现场预拼装，并检验灌注的混凝土强度是否达到安装要求。

6.4.2 构件应按设计架设，每榀构件之间应用纵向钢筋连接，拱脚必须支设在牢固的基础上。

6.4.3 薄壁钢管混凝土初期支护应按照先顶部后边墙的顺序进行安装。

6.4.4 薄壁钢管混凝土构件应与隧道中线垂直，允许偏差应为

±2cm，钢架倾斜度不应大于 2°。

6.4.5 应采用微膨胀水泥对连接点处进行节点灌浆，宜采用防火胶泥对节点缝隙进行封堵。

6.4.6 薄壁钢管混凝土构件标高应预留沉降量，其数值可按表 6.4.6 采用。

表 6.4.6 薄壁钢管混凝土构件预留沉降量

围岩分类	Ⅳ及Ⅳ以上	Ⅲ	Ⅱ	I
预留沉落量（cm）	15～20	10～15	5～10	≤5

6.4.7 薄壁钢管混凝土构件与围岩之间的间隙应用喷射混凝土充填密实，间隙过大时，可用钢楔或混凝土楔块顶紧，其点数单侧不得少于 8 个。

6.4.8 构件在初喷混凝土后应及时安装，保护层厚度应符合设计要求。

6.5 喷射混凝土

6.5.1 混合料应拌和均匀，随拌随用。

6.5.2 喷射混凝土作业应符合下列规定：

1 在喷射混凝土之前，应用水或高压风管将岩壁面的粉尘和杂物冲洗干净。

2 喷射作业应分段、分片由下而上顺序进行，每段长度不宜超过 6m。

3 喷头与受喷面宜垂直，距离应与工作气压相适应，以 0.6m～1.2m 为宜。有钢筋网时，喷射距离可小于 0.6m，喷射角度可稍偏一些，喷射混凝土应覆盖钢筋网 2cm 以上。

4 喷射作业应以适当厚度分层进行，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行。若终凝后间隔 1h 以上且初喷表面已蒙上粉尘时，受喷面应用高压气体、水清洗干净。岩面有较大凹洼时，应结合初喷予以找平。

5 一次喷射厚度应根据设计厚度和喷射部位确定，初喷厚

度宜为 4cm~6cm。

6 拱部回弹率不宜超过 40%，边墙回弹率不宜超过 30%，挂钢筋网后，回弹率限制可放宽 5%。

7 冬季喷射混凝土作业时应符合下列规定：

- 1) 喷射作业区的气温不应低于 5℃；
- 2) 在结冰的层面上不得喷射混凝土；
- 3) 混凝土强度未达到 6MPa 前，不得受冻；
- 4) 混合料应提前运进洞内。

7 监 控 量 测

7.1 一 般 规 定

7.1.1 工程监测对象的选择应在满足工程支护结构安全和周边环境保护要求的条件下，针对不同的施工方法，根据支护结构设计、周围岩土体及周边环境条件综合确定，监测对象宜包括下列内容：

- 1 暗挖法隧道工程中的初期支护、临时支护；
- 2 工程周围岩体、土体，地下水及地表；
- 3 工程周边建（构）筑物、地下管线、高速公路、城市道路、桥梁，既有轨道交通及其他城市基础设施等环境。

7.1.2 工程监测项目应根据监测项目的特点、工程监测等级、工程影响分区、设计及施工的要求合理确定，并应反映监测对象的变化特征和安全状态。

7.1.3 各监测对象和项目应相互配套，满足设计、施工方案的要求，并形成有效、完整的监测体系。

7.1.4 监控量测采用的仪器或设备应与观测精度、观测方法相适应。

7.1.5 监控量测应及时进行数据分析，形成日报、周报、月报成果，并上报到相关单位，同时将成果资料分类装订进行归档。

7.1.6 监控量测过程中发生下列情况之一时，应立即实施应急预案，同时应提高观测频率或增加观测内容：

- 1 观测值速率出现异常变化；
- 2 观测值速率达到或超出预警值；
- 3 观测值累计达到或超出预警值；
- 4 开挖掌子面或周边出现裂缝、塌陷、滑坡等；
- 5 周边环境出现异常。

7.2 监控量测内容

7.2.1 支护结构、周围岩体监测项目可根据以下内容选择：

- 1 初期支护结构拱顶沉降；
- 2 初期支护结构底板竖向位移；
- 3 初期支护结构净空收敛；
- 4 隧道拱脚竖向位移；
- 5 支撑轴力；
- 6 中柱结构竖向位移；
- 7 中柱结构倾斜；
- 8 中柱结构应力；
- 9 初期支护结构；
- 10 围岩压力；
- 11 土体深层水平位移；
- 12 土体分层竖向位移；
- 13 地下水位。

7.2.2 地表及周边环境监测项目可根据以下内容选择：

- 1 地表沉降；
- 2 建（构）筑物竖向位移、水平位移、倾斜、裂缝；
- 3 地下管线竖向位移、水平位移、差异沉降；
- 4 路基路面竖向位移；
- 5 桥梁竖向位移、差异沉降、裂缝、墩台倾斜。

7.3 监测点布置

7.3.1 监测点的布置应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势，监测点应布置在内力及变形关键特征点上，并应满足监控要求。

7.3.2 暗挖法的初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测应布设垂直于隧

道轴线的横向监测断面，监测断面间距宜为 10m~15m；

2 监测点宜在隧道拱顶、两侧拱脚处（全断面开挖时）或拱腰处（半断面开挖时）布设，拱顶的沉降监测点可兼作净空收敛监测点，净空收敛测线宜为 1 条~3 条；

3 分部开挖施工的每个导洞均应布设横向监测断面；

4 监测点应在初期支护结构完成后及时布设。

7.3.3 暗挖法的初期支护结构底板竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点宜布设在初期支护结构底板的中部或两侧；

2 监测点的布设位置与拱顶沉降监测点宜对应布设。

7.3.4 暗挖法的隧道拱脚竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 在隧道周围岩土体存在软弱土层时，应布设隧道拱脚竖向位移监测点；

2 隧道拱脚竖向位移监测点与初期支护结构拱顶沉降监测点宜共同组成监测断面。

7.3.5 围岩压力、初期支护结构应力、二次衬砌应力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 在地质条件复杂或应力变化较大的部位布设监测断面时，应力监测断面与净空收敛监测断面宜处于同一位置；

2 监测点宜布设在拱顶、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等部位，监测断面上每个监测项目不宜少于 5 个监测点；

3 需拆除竖向初期支护结构的部位应根据需要布设监测点。

7.3.6 周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿每个隧道或分部开挖导洞的轴线上方地表布设，根据围岩等级及岩性情况监测点间距宜为 5m~15m；

2 应根据周边环境和地质条件，沿地表布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，根据围岩等级及岩性情况监测断面间距宜为 10m~50m；

3 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，且主要影响区的监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为

5m~10m。

7.3.7 地下管线沉降监测，当采用测量地面沉降的间接方法时，其测点应布设在管线正上方；当管线上方为刚性路面时，宜将测点设置于刚性路面下；对直埋的刚性管线，应在管线节点、竖井及其两侧等易破裂处设置测点。测点水平间距不宜大于 20m。

7.4 监 测 频 率

7.4.1 监测频率应根据施工方法、施工进度、监测对象、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地工程经验进行确定。

7.4.2 监测频率应使监测信息及时、系统地反映施工工况及监测对象的动态变化，并宜采取定时监测。监测频率可按照表 7.4.2 确定。

表 7.4.2 隧道工程监测频率

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或监测断面的距离	监测频率
开挖面前方	周围岩土体和周边环境	$2B < L \leq 5B$	1 次/2d
		$L \leq 2B$	1 次/1d
开挖面后方	初期支护结构、周围岩土体和周边环境	$L \leq 1B$	(1 次~2 次)/1d
		$1B < L \leq 2B$	1 次/1d
		$2B < L \leq 5B$	1 次/2d
		$L > 5B$	1 次/(3d~7d)

- 注：1 B—隧道开挖直径（m），L—开挖面至监测点或监测断面的水平距离（m）。
2 当拆除临时支撑时应增大监测频率。
3 监测数据趋于稳定后，监测频率宜为 1 次/(15d~30d)。

7.4.3 对穿越既有轨道交通和重要建（构）筑物等周边环境风险等级为一级的工程，在穿越施工过程中，应提高监测频率，并宜对关键监测项目进行实时监测。

7.4.4 工程施工期间，现场巡查每天不宜少于一次，并应做好巡查记录，在关键工况、特殊天气等情况下应增加巡查次数。

7.5 监测控制值和预警

7.5.1 暗挖隧道工程应根据工程特点、监测项目控制值、当地施工经验等制定监测预警值和预警标准。

7.5.2 暗挖隧道工程施工图设计文件应明确监测项目的控制值。

7.5.3 监测控制值和预警值应满足支护结构设计以及周边环境中被保护对象的控制要求。

7.5.4 暗挖隧道工程施工过程中，当监测数据达到预警标准时，必须进行警情报送。

7.6 监测方法

7.6.1 监测方法应根据监测对象和监测项目的特点、设计要求、精度要求、场地条件和当地工程经验等综合确定，并应合理易行。

7.6.2 测定特定方向的水平位移宜采用小角法、方向线偏移法、视准线法、投点法、激光准直法等大地测量法。

7.6.3 竖向位移监测可采用几何水准测量、电子测距三角高程测量、静力水准测量等方法。

7.6.4 倾斜监测应根据现场观测条件和要求，选用投点法、激光铅直仪法、垂准法、倾斜仪法或差异沉降法等观测方法。

7.6.5 建（构）筑物、桥梁等的裂缝监测内容应包括裂缝位置、走向、长度、宽度，必要时尚应监测裂缝深度。

7.6.6 暗挖法隧道初期支护结构的净空收敛可采用收敛计、全站仪或红外激光测距仪进行监测。

7.6.7 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，采用测绳、水位计等进行量测。

7.6.8 暗挖法隧道围岩压力宜采用界面土压力计进行监测。

7.6.9 结构应力可通过安装在结构内部或表面的应变计或应力计进行量测。

7.7 监测成果及信息反馈

7.7.1 监测成果资料应完整、清晰、签字齐全，监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、文字报告等。

7.7.2 监测单位取得现场监测资料后，应及时整理、分析和校对监测数据，保证监测数据的真实、准确和完整性。

7.7.3 外业观测值及巡视检查的原始记录不得涂改、伪造和转抄，并应及时组卷、归档。

7.7.4 监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告应按规定的格式和内容及时向相关单位报送。

8 质量验收

8.1 钢管构件加工

主控项目

8.1.1 钢管构件进场应进行验收，其加工制作质量应符合设计要求和合同约定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查出厂验收记录。

8.1.2 钢管构件进场应按安装工序配套核查构件、配件的数量。

检查数量：全数检查。

检验方法：按安装工序清单清点构件、配件的数量。

8.1.3 钢材的品种、规格、性能及钢管壁厚、钢板厚度及允许偏差应符合国家产品标准规定及设计要求。栓钉应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。钢材的切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于 1mm 的缺棱。

检查数量：每一品种、规格的钢板抽查 5 处。裂纹、夹渣、分层全数检查。

检验方法：观察或放大镜及百分尺检查；品种、规格、性能检查钢材质量合格证明文件、检验报告和复试报告。

8.1.4 钢管构件上的钢板翅片、加劲肋板、栓钉及管壁开孔的规格和数量应符合设计要求。

检查数量：同批构件抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：尺量检查、观察检查及检查出厂验收记录。

一般项目

8.1.5 钢管构件不应有运输、堆放造成的变形、脱漆等现象。

检查数量：同批构件抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：观察检查。

8.1.6 钢管构件进场应抽查构件的尺寸偏差，其允许偏差应符合表 8.1.6 的规定。

检查数量：同批构件抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：见表 8.1.6。

表 8.1.6 钢管构件进场应抽查尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
直径 D	$\pm D/500$ 且不应大于 ± 5.0	尺量检查
构件长度 L	± 3.0	
管口圆度	$\pm D/500$ 且不应大于 ± 5.0	
弯曲矢度	$L/1500$ 且不应大于 ± 5.0	拉线、吊线和 尺量检查

8.1.7 钢管制作前应检查钢板表面，矫正后钢材表面不应有明显的凹面及损伤，划痕深度不得大于 0.5mm。钢材表面的锈蚀等级应符合《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/T 8923.1 规定的 C 级及 C 级以上。钢管构件制作完成后应清理开孔、槽周边毛刺及管内杂物，管内表面应保持干净，不得有油污等污物，管口及开口位置应设有封堵措施。

检查数量：同批同类钢管检查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：从开口处配以光源目测，如有疑义时可局部开孔检查。

8.2 钢管内混凝土灌注

主 控 项 目

8.2.1 钢管内混凝土强度等级应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告。

8.2.2 钢管内混凝土的工作性能和收缩性能应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

8.2.3 钢管内混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间，同一施工段钢管内混凝土应连续浇筑。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

8.2.4 钢管内混凝土应浇筑密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查钢管内混凝土浇筑工艺试验报告和混凝土浇筑施工记录。

一 般 项 目

8.2.5 钢管内混凝土浇筑方法及浇灌孔、排气孔的留置应符合专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

8.2.6 钢管内混凝土浇筑前，应对钢管安装质量检查确认，并应清理钢管内壁污物。混凝土浇筑后应对管口进行临时封闭。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

8.2.7 钢管内混凝土灌注后的养护方法和养护时间应符合专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

8.2.8 钢管内混凝土浇筑后，浇灌孔、排气孔应按设计要求封堵，表面应平整，并进行表面清理和防腐处理。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8.3 钢管混凝土构件现场拼装

主 控 项 目

8.3.1 钢管混凝土构件现场拼装时，钢管混凝土构件各种缀件的规格、位置和数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量检查。

8.3.2 钢管混凝土构件拼装的方式、程序、连接方法应符合设计及专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

一 般 项 目

8.3.3 钢管混凝土构件拼装场地的平整度、控制线等控制措施应符合专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量检查。

8.4 钢管混凝土构件安装

主 控 项 目

8.4.1 钢管混凝土构件安装与混凝土浇筑顺序应符合设计要求和专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

8.4.2 钢管混凝土构件安装前，构件的中心线、标高基准点等标记应齐全。吊点与临时支撑点的设置应符合设计要求和专项施

工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8.4.3 钢管混凝土构件安装就位后，应及时校正和固定牢固。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8.4.4 钢管混凝土构件与紧固件连接的质量应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：尺量检查，检查高强度螺栓终拧扭矩记录、施工记录。

8.4.5 钢管混凝土构件垂直度允许偏差为 $h/1000$ ，且不大于 10.0mm。

检查数量：同批构件抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：经纬仪、全站仪检查。

一 般 项 目

8.4.6 钢管混凝土构件安装前应清理钢管内的杂物，钢管口应包封严密。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8.4.7 钢管混凝土构件安装允许偏差应符合表 8.4.7 的规定。

检查数量：同批构件抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：见表 8.4.7。

表 8.4.7 钢管混凝土构件安装尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
竖向构件中心线对定位轴线的偏移	5.0	吊线和尺量检查

续表 8.4.7

项目	允许偏差	检验方法
弯曲矢度	$h/1500$ 且不应大于 10.0	经纬仪、全站仪检查

注： h 为钢管混凝土构件高度。

8.5 喷射混凝土

主控项目

8.5.1 喷射混凝土应优先采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。水泥进场时，必须按批对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行验收，并对其强度、凝结时间、安定性进行试验，其质量必须符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 等的规定。

当在使用中对水泥质量有怀疑或水泥出厂日期超过 3 个月（快硬硅酸盐水泥逾一个月）时，必须再次进行强度试验，并按试验结果使用。

检查数量：同一生产厂家、同一等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥，散装水泥每 500t 为一批，袋装水泥每 200t 为一批，当不足上述数量时，也按一批计。施工单位每批抽样不少于一次；监理单位平行检验或见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 10% 或 20%，但至少一次。

检验方法：施工单位检查产品合格证、出厂检验报告并进行强度、凝结时间、安定性试验；监理单位检查全部产品合格证、出厂检验报告、进场试验报告并对强度、凝结时间、安定性进行平行检验或见证取样检测。

8.5.2 喷射混凝土所用的细骨料，应按批进行检验，其颗粒级配、坚固性指标应符合国家现行标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定，细度模数应大于 2.5，泥块含

量应符合现行行业标准规定，含泥量不应大于 3%。

检查数量：同一产地、同一品种、同一规格且连续进场的细骨料，每 400m³或 600t 为一批，不足 400m³或 600t 也按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 20%，但至少一次。

检验方法：施工单位现场取样试验；监理单位检查全部试验报告，见证取样检测。

8.5.3 喷射混凝土所用的骨料应符合下列规定：

1 粗骨料应选用坚硬耐久的卵石或碎石，粒径不宜大于 12mm；当使用碱性速凝剂时，不得使用含有活性二氧化硅的石料；

2 细骨料应选用坚硬耐久的中砂或粗砂，细度模数宜大于 2.5；干拌法喷射时，骨料的含水率应保持恒定并不大于 6%。

检查数量：同一产地、同一品种、同一规格且连续进场的粗骨料，每 400m³或 600t 为一批，不足 400m³或 600t 也按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 20%，但至少一次。

检验方法：施工单位现场取样试验；监理单位检查全部试验报告，见证取样检测。

8.5.4 混凝土外加剂进场时，必须按批对减水率、凝结时间差、抗压强度比进行检验，其质量必须符合《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规程》GB 50119 等现行国家标准和其他有关环境保护的规定。

检查数量：同一生产厂家、同一批号、同一品种、同一出厂日期且连续进场的外加剂，每 50t 为一批，不足 50t 时，也按一批计。施工单位每批抽样不少于一次；监理单位平行检验或见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 10%，均不少于一次。

检验方法：施工单位检查产品合格证、出厂检验报告并进行试验；监理单位检查全部产品合格证、出厂检验报告、进场试验

报告并进行见证取样检测。

8.5.5 喷射混凝土拌和用水宜采用饮用水，当采用其他水源时，水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

检查数量：同水源施工单位试验检查不应少于一次，监理单位见证试验。

检验方法：施工单位做水质分析试验；监理单位检查试验报告，见证试验。

8.5.6 喷射混凝土的配合比设计应根据原材料性能、混凝土的技术条件和设计要求进行，并应符合下列规定：

- 1 灰骨比宜为 $1:4 \sim 1:5$ ；
- 2 水灰比宜为 $0.40 \sim 0.50$ ；
- 3 含砂率宜为 $45\% \sim 60\%$ ；
- 4 水泥用量不宜小于 $400\text{kg}/\text{m}^3$ 。

检查数量：施工单位对同强度等级、同性能喷射混凝土进行混凝土配合比设计；监理单位全部检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查配定单。

8.5.7 喷射混凝土的强度必须符合设计要求。用于检查喷射混凝土的试件，可采用喷大板切割法制取。当对强度有怀疑时，在混凝土喷射地点采用钻芯取样法随机抽取制作试件做抗压试验。

检查数量：施工单位每一作业循环检验一次，每个循环至少在拱部和边墙各留置一组检验试件；监理单位见证取样检测或平行检验，检查次数分别为施工单位检查次数的 20% 和 10% 。

检验方法：施工单位进行混凝土强度试验；监理单位检查混凝土强度试验报告并进行见证取样检测或平行检验。

8.5.8 喷射混凝土的厚度应符合下列要求：

- 1 平均厚度应大于设计厚度；
- 2 大于设计厚度的检查点数不应小于 60% ；
- 3 最小厚度不得小于设计厚度的 $1/2$ ，且不小于 3cm 。

检查数量：施工单位每一作业循环检查一个断面，每个断面

应从拱顶起，每间隔 2m 布设一个检查点检查喷射混凝土的厚度；监理单位见证检查或按 20％比例抽查。

检验方法：施工单位、监理单位检查控制喷层厚度的标志或凿孔测量厚度。

8.5.9 喷射混凝土后应进行养护，避免受低温、干燥、急剧温度变化等影响。

检查数量：施工单位、监理单位全检验。

检验方法：观察。

一 般 项 目

8.5.10 喷射混凝土方式符合设计要求，施工时应分段、分片，由下而上依次进行。混合料应随拌随喷，喷层厚度符合设计要求。

检查数量：施工单位每一作业循环检查一个断面。

检验方法：观察。

8.5.11 采用湿喷方式的喷射混凝土拌合物的坍落度应符合设计配合比要求。

检查数量：施工单位每工作班不少于一次。

检验方法：坍落度试验。

8.5.12 喷射混凝土拌制前，应测定砂、石含水率，并根据测试结果和理论配合比调整材料用量，提出施工配合比。

检查数量：施工单位每工作班不少于一次。

检验方法：砂、石含水率测试。

8.5.13 喷射混凝土原材料每盘称量的偏差应符合表 8.5.13 的规定。

表 8.5.13 原材料每盘称量的允许偏差

序号	材料名称	允许偏差
1	水泥	±2％
2	粗、细骨料	±3％
3	水、外加剂	±2％

注：1 各种衡器应定期检定，每次使用前应进行零点校核，保证计量准确。
2 当遇到雨天或含水量有显著变化时，应增加含水量检测次数，并及时调整水和骨料的用量。

检查数量：施工单位每工作班不少于一次。

检验方法：复称。

8.5.14 喷射混凝土表面应平顺，无裂缝及掉渣现象，锚杆头及钢筋无外露。

检查数量：施工单位全验。

检验方法：观察。

附录 A 记 录 表

表 A.0.1 钢管构件进场验收检验批质量验收记录

工程名称				分项工程名称				验收部位				
施工单位				专业工长				项目经理				
施工执行标准 名称及编号												
分包单位						分包项目 经理				施工班 组长		
验收规范规定						施工单位检 查评定记录		监理（建设） 单位验收记录				
主控项目	1	钢管构件进场质量验收										
	2	进场构件配套数量										
	3	钢管构件上翅片、肋板、栓钉 及开孔规格数量										
一般项目	1	构件运输、堆放造成的变形、脱漆										
	2	允许 偏差 (mm)	直径 $\pm D/500$ 且 ± 5.0									
			构件长度 ± 3.0									
			管口圆度 $D/500$ 且不应大于 ± 5.0									
			弯曲矢高 $L/1500$ 且 ≤ 5.0									
			钢管 孔径 偏差	中间 $1.2d \sim 1.5d$								
				外侧 $1.2d \sim 1.5d$								
				长圆孔度 $1.2d \sim 1.5d$								
			钢管 孔距	任意 ± 1.5								
				两端 ± 2.0								
			钢管轴线偏差 1.5									
施工单位检查评定结果： 项目专业质量检查员： 年 月 日												
监理（建设）单位验收结论： 监理工程师： 建设单位项目专业技术负责人： 年 月 日												

表 A.0.2 钢管内混凝土灌注检验批质量验收记录

工程名称			分项工程名称			验收部位		
施工单位			专业工长			项目经理		
施工执行标准 名称及编号								
分包单位				分包项 目经理		施工班 组长		
验收规范规定				施工单位检 查评定记录		监理（建设） 单位验收记录		
主控项目	1	管内混凝土强度						
	2	管内混凝土工作性能						
	3	混凝土灌注初凝时间控制						
	4	灌注密实度						
一般项目	1	管内施工缝留置						
	2	浇筑方法及开孔						
	3	管内清理						
	4	管内混凝土养护						
	5	孔的堵封及表面处理						
施工单位检查评定结果： 项目专业质量检查员： 年 月 日								
监理（建设）单位验收结论： 监理工程师： 建设单位项目专业技术负责人： 年 月 日								

表 A.0.3 钢管混凝土构件安装检验批质量验收记录

工程名称				分项工程名称				验收部位					
施工单位				专业工长				项目经理					
施工执行标准 名称及编号													
分包单位						分包项 目经理				施工班 组长			
验收规范规定						施工单位检 查评定记录			监理（建设） 单位验收记录				
主控项目	1		构件安装与混凝土浇筑顺序										
	2		基座及下层管内混凝土强度										
	3		构件标点线、吊点、支撑点										
	4		构件就位后校正固定										
	5		焊接材料										
一般项目	1		管内清理封口										
	2	允许 偏差 (mm)	轴线偏移 5.0										
			弯曲矢高 $h/1500$ 且 ≤ 10.0										
施工单位检查评定结果： 项目专业质量检查员： 年 月 日													
监理（建设）单位验收结论： 监理工程师： 建设单位项目专业技术负责人： 年 月 日													

表 A.0.4 钢管构件预拼装检查记录

工程名称		部位					
加工单位		生产日期					
验收规范							
序号	检查项目及允许偏差 (mm)	自检评定记录					
1	预拼装单元长度 ± 3						
2	预拼装单元弯曲矢高 $L/1500$, 且 ≤ 5						
3	对口错边 ≤ 2						
4	坡口间隙 $+2$, -1						
5	对角线之差 ≤ 5						
评定结论							
(生产加工单位章) 专业质量检查员: 年 月 日							

表 A.0.5 钢管构件出厂验收记录

工程名称			部位				
生产单位			生产日期				
验收规范							
序号	检查项目及允许偏差 (mm)		自检评定记录				
1	直径 D	$\pm D/500$, 且 $\leq \pm 5$					
2	构件长度	± 3					
3	管口圆度	$D/500$, 且 $\leq \pm 5$					
4	弯曲矢高	$L/1500$, 且 ≤ 5					
5	钢管壁厚	$\leq \pm 12.5\%$					
评定结论							
(生产加工单位章) 专业质量检查员: 年 月 日							

表 A.0.6 矿山法隧道初期支护净空测量记录

工程名称:

编号:

施工单位																							
工程部位												桩号						检查日期					
序号		拱部边墙																					
		线路中心左侧											线路中心右侧										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
设计																							
		仰拱																					
		线路中心左侧											线路中心右侧										
专业技术负责人							测量员										质检员						
填表说明： 1. 自中线向两侧测量横向尺寸，自仰拱顶向上每 50cm 一点（包含拱顶最高点）。 2. 仰拱从中线向两侧每 50cm 一点，测量自仰拱面线下的竖向尺寸。 3. 设计尺寸填在第一栏内。																							

注：本表由施工单位填写并保存。

表 A.0.7 拱顶下沉观测成果表

工程名称：

编号：

施工单位							
水准点编号：					量测部位：		
水准点所在位置：					测量里程：		
观测日期：自 年 月 日至 年 月 日							
测点 位置	观测日期	时间间隔	前本次相差 (mm)	速率 (mm/d)	累计沉降 (mm)	初测日期	初测值
专业技术负责人		测量员		计算		复核	

注：本表由施工单位填写并保存。

表 A.0.8 矿山法隧道现场巡查报表

监测工程名称：

编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	开挖步序、步长、核心土尺寸等情况		
	开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，地下水渗漏及发展情况		
	开挖面岩土体有无坍塌及坍塌的位置、规模		
	降水或止水等地下水控制效果及降水设施运转情况		
	其他		
支护 结构	超前支护施作情况及效果、钢拱架架设、挂网及喷射混凝土的及时性、连接板的连接及锁脚锚杆的打设情况		
	初期支护结构渗漏水情况		
	初期支护结构开裂、剥离、掉块情况		
	临时支撑结构有无明显变位		
	二衬结构施作时临时支撑结构分段拆除情况		
	初期支护结构背后回填注浆的及时性		
	其他		
周边 环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展态势等		
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其他生产活动		
	其他		
监测 设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其他		

现场巡查人：

监测项目负责人：

监测单位：

第 页 共 页

表 A.0.9 钢管混凝土灌注记录

共 页, 第 页

编号:

工程名称							
施工单位							
构件名称				设计配合比编号			
混凝土 设计强度等级				全构件混凝土用量 (m^3)		设计值	
						实际值	
实测坍落度 (mm)							
气温 ($^{\circ}\text{C}$)				入模温度 ($^{\circ}\text{C}$)			
序号	第一次			第二次			
	灌注 方向	起止 时间	压力 (MPa)	灌注 方向	起止 时间	压力 (MPa)	
备注							
试样留置		数量 (组)		编号			
有见证标养							
同条件养护							
取样人签名				见证人签名			
项目技术负责人		质检员		施工员		施工班组	
年 月 日		年 月 日		年 月 日		年 月 日	

表 A.0.10 小导管打设记录

工程名称：

编号：

施工单位						工程部位			
钢管规格						日期		年 月 日	
序号	桩号	位置	长度 (m)	直径 (mm)	角度 (°)	间距 (m)	根数	施工班次	备注
草图：									
专业技术负责人				施工员				质检员	

注：本表由施工单位填写并保存。

表 A.0.12 管棚施工记录

工程名称:

编号:

[illegible]

注：本表由施工单位填写并保存。

表 A.0.13 隧道开挖施工记录

工程名称：

编号：

施工单位					
工程部位					
日期					
序号	里程	工程部位	围岩状况	开挖进尺 (m)	开挖情况
施工单位					
专业技术负责人		施工员		质检员	

表 A.0.14 隧道地质素描图

工程名称：

编号：

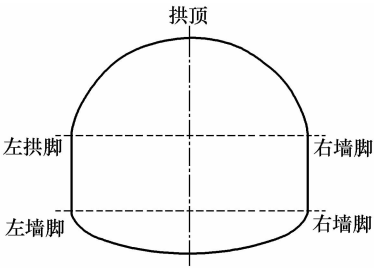
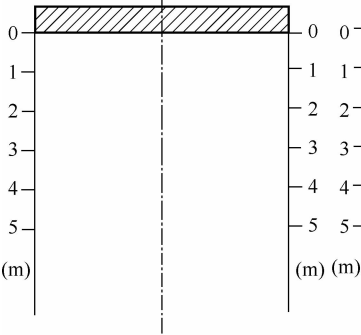
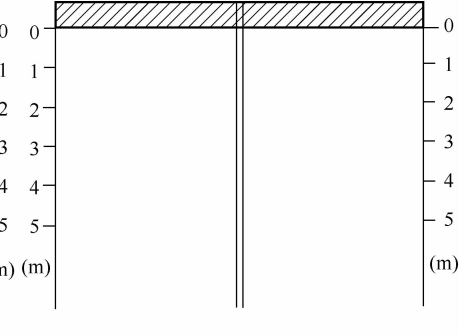
施工单位	素描编号
掌子面里程	地质素描人员 时间
开挖（爆破时间）	技术负责人 时间
	现象描述（偏帮现象、岩爆现象、渗水涌水状态，发生时间等）：
拱顶地质素描  左拱脚 拱顶 右拱脚 侧面地质素描  左拱脚 左墙脚、右墙脚 右拱脚 图形素描：断层、节理的位置、走向倾向；溶洞、空洞、采空区的位置；塌方位置、大小；偏帮部位；岩爆部位；渗水涌水的位置等。	

表 A.0.15 矿山法隧道初期支护施工记录

工程名称：

编号：

施工单位								
喷射混凝土 设计强度						喷射混凝土设计 厚度（mm）		
喷射混凝土配合比 （水泥：砂：石）						速凝剂掺量		
桩号	工程 部位	施工 时间	围岩 状况	格栅间距 （mm）	中线偏差 （mm）	高程偏差 （mm）	格栅连 接状况	喷射混凝土 厚度 （mm）
专业技术负责人			质检员			施工员		
年 月 日			年 月 日			年 月 日		

表 A.0.16 初支（二衬）背后注浆施工记录

工程名称：

编号：

工程名称						
施工单位			注浆类型			
注浆材料			注浆设备			
注浆管型号及设置						
序号	注浆管里程	注浆日期	注浆压力(MPa)	注浆量(m³)	饱满情况	注浆时间
注浆管布置图						
监理单位		施工单位				
		专业技术负责人	施工员		质检员	

注：本表由施工单位填写并保存。

表 A.0.17 管棚注浆检查记录

工程名称：

编号：

施工单位					
注浆材料及配比				注浆设备型号	
注浆里程	注浆日期	注浆压力 (MPa)	注浆量 (m³)	饱满 情况	备注
其他说明：					
监理单位	施工单位				
	专业技术负责人	施工员		质检员	

注：本表由施工单位填写并保存。

本规程用词说明

1 为方便在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《碳素结构钢》GB/T 700

《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323

《混凝土外加剂》GB 8076

《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/T 8923. 1

《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433

《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205

《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911

《钢管结构技术规程》CECS 280

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

《混凝土用水标准》JGJ 63

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104

《公路隧道设计规范》JTG D70

《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372

山东省工程建设标准

隧道薄壁钢管初期支护施工技术规范

DB37/T 5129—2018

条 文 说 明

制 定 说 明

《隧道薄壁钢管初期支护施工技术规范》DB37/T 5129—2018的主编单位是济南城建集团有限公司，参编单位是中建八局第一建设有限公司、山东城市建设职业学院、山东职业学院、山东省城市建设管理协会、济南城市建设集团有限公司、山东大学、济南市市政工程建设集团有限公司、山东泉建工程检测有限公司、山东易方达建设项目管理有限公司、山东汇友市政园林集团有限公司、山东汇通建设集团有限公司。为便于广大施工、设计、监理、项目管理、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文的规定，本规程编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，供使用者参考。

本规程全面兼顾省内各地区、各企业不同的施工技术水平，突出重点，体现先进性、科学性和可操作性的原则，对隧道薄壁钢管支护施工技术等内容提出要求。在本规程编制过程中各编制组成员充分表达了自己的观点，讨论稿也经过多次修改，最大限度地吸收了各编制组成员的意见。同时，本规程也经过了广泛的征求意见。

本规程在内容上不与现行标准相矛盾，在应用时可与现行标准或要求相结合。

目 次

1	总则	52
2	术语	53
3	基本规定	54
4	材料	55
5	构造设计	56
5.2	结构计算	56
6	制作与安装	58
6.1	一般规定	58
6.2	钢管构件加工	58
6.3	混凝土灌注	58
6.4	钢管混凝土构件安装	59
6.5	喷射混凝土	59
7	监控量测	60
7.3	监测点布置	60
7.5	监测控制值和预警	60
7.7	监测成果及信息反馈	60
8	质量验收	61
8.1	钢管构件加工	61
8.2	钢管内混凝土灌注	61
8.3	钢管混凝土构件现场拼装	65
8.4	钢管混凝土构件安装	65
8.5	喷射混凝土	66

1 总 则

1.0.1 城市暗挖隧道工程进行开挖卸荷时，原有天然应力状态遭到破坏，围岩在地应力的作用下会发生变形甚至塌落等现象，需要进行支护以保证围岩的稳定性。目前常用的围岩支护方法有注浆、锚杆、喷射混凝土、钢拱架、二次衬砌等单一支护或各种方法联合支护，取得了较好的工程效果。除钢拱架外，其他支护方式存在湿作业多、耗时长、污染重等不足。常用的钢拱架以钢格栅、工字型钢为主，也存在承载力难以有效发挥、与围岩结合不密切、易发生侧向失稳、两者的共同作用较小等问题。

在薄壁钢管中填充高性能混凝土，作为暗挖隧道的支护形式，在受力过程中钢管和混凝土相互作用，从而使混凝土的强度得以提高，塑性和韧性性能大为改善。同时由于混凝土的存在可以避免或延缓薄壁钢管发生局部屈曲，从而保证材料性能的充分发挥，在多项工程中应用，取得了较好的效果，相比较以上两种支护形式具有承载力高、用钢量少、加工简单、安装方便以及经济性好等优点。

但国内尚无标准，编制组总结国内外先进经验编制了本规程。

2 术 语

本章总共列出了 6 个术语，给予定义和解释，是针对本规程的情况给出的，在别的规范和场合使用时仅供参考。

3 基本规定

3.0.5 本条规定了设计要求的一、二级焊缝的检测及判定，这是钢管混凝土工程的重点。

3.0.6 本条规定钢管混凝土工程施工程序的过程控制，为保证工程质量，钢管构件安装与管内混凝土浇筑顺序应事先安排好，以保证结构的安全和稳定性。

3.0.7 本条规定钢管内混凝土的配合比设计，应满足设计要求和浇筑工艺试验的要求。钢管内混凝土的工艺要求和浇筑方法关系很大，应在施工前根据结构形式要求，通过试验选择浇筑方法，并在保证混凝土强度前提下，选择适用的配合比。

3.0.12、3.0.13 构件拼装固定好后，应按比例配制微膨胀水泥并尽快进行节点灌浆，同时对节点缝隙进行适当封堵。由于浆液流动性较大，为了防止漏浆还应用防火胶泥对节点缝隙进行适当封堵。考虑到试验时间为冬季，隧道内温度较低，为了使节点内灌注的微膨胀水泥能尽快养护至设计强度，待支架上部分架设完毕并喷完混凝土后还要在节点附近安装快速高效散热的碘钨灯，三天后方可撤去。对于采用套管方式连接的支架则是将两段拼接后分别与套管进行现场焊接。

4 材 料

4.0.1 隧道薄壁钢管混凝土构件中的钢管一般采用 Q235 钢 B 级或 B 级以上的钢材制成，必要时可采用 Q345 钢。

按照钢材种类，Q235 属于碳素结构钢，Q345 属于低合金高强度结构钢，其基本技术特征和质量等级应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700—2006 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591—2018 的要求，因此规定隧道薄壁钢管混凝土构件中的钢管应符合上述规范的规定。

4.0.2 用于隧道薄壁钢管混凝土构件中的钢管主要为卷制焊接管，因为无缝钢管的管径较小，单价也较高，所以隧道初期支护中一般不采用。满足卷制要求时，宜采用卷制焊接管，卷制焊接管有直缝焊接管和螺旋焊接管。

4.0.3 钢材的分组和指标取值考虑了隧道薄壁钢管混凝土构件中的钢管常用的钢号与板厚。钢材强度设计值 $f_s = f_y / \gamma_R$ ，其中 f_y 为强度标准值， γ_R 为材料分项系数。根据现行国家标准《公路工程结构可靠度设计统一标准》GB/T 50283—1999 的规定，表 4.0.3 中抗拉、抗压和抗弯强度的抗力分项系数 $\gamma_R = 1.25$ 。抗剪强度设计值与抗拉、抗压和抗弯强度设计值的换算关系为： $f_{vd} = f_s / \sqrt{3}$ 。

4.0.4 本条主要来源于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017—2017。

4.0.5 钢管径厚比的规定是考虑结构受力要求和经济性。径厚比太大时，钢管容易发生局部屈曲；径厚比太小则含钢率太高，经济性下降。

5 构造设计

5.2 结构计算

5.2.5 薄壁钢管连接采用法兰连接时,可采用平焊、对焊、承插焊、松套、螺纹等连接方式。

1. 法兰与钢管的连接应注意以下事项:
 - (1) 管道与法兰的中心要在同一水平线上;
 - (2) 管道中心与法兰的密封面呈 90° 垂直形状;
 - (3) 管道上法兰盘螺栓的位置应该对应一致。
2. 连接法兰应注意以下事项:
 - (1) 检查法兰、螺栓和垫片的规格是否符合要求;
 - (2) 密封面要保持光滑整洁,不能有毛刺;
 - (3) 螺栓的螺纹要完整,不能有缺损,嵌合要自然;
 - (4) 垫片质地要柔韧,不易老化,表面没有破损、褶皱、划痕等缺陷;
 - (5) 装配法兰前,要把法兰清洗干净,去除油污、灰尘、锈迹等杂物,密封线剔除干净。
3. 装配法兰应注意以下事项:
 - (1) 法兰密封面与管道中心垂直;
 - (2) 相同规格的螺栓,安装方向也相同;
 - (3) 对于薄壁钢管连接法兰宜做好防腐处理。
4. 薄壁钢管连接采用套筒连接时,应注意以下事项:
 - (1) 连接套表面无裂纹,无其他缺陷;
 - (2) 各种型号和规格的连接套外表面,必须有明显的级别标记和直径;
 - (3) 连接套两端头的孔必须用塑料盖封上,以保持内部洁净、干净防锈。

- (4) 套管连接时，钢管规格和连接套的规格一致，并确保钢筋连接套的干净、完好无损；
- (5) 套管连接时应对准轴线将钢筋插入连接套；
- (6) 接头拼接完成后，应使两个钢管端头在套筒中央位置互相顶紧。

6 制作与安装

6.1 一般规定

对钢管混凝土加工制备和运输提出了要求，对安装工艺进行了一般说明。

6.2 钢管构件加工

6.2.2 钢管采用卷制方式加工成型，由于钢板宽度的尺寸限值，对于制作单元较长的构件可允许适当增加接头。

6.3 混凝土灌注

6.3.2 钢管内混凝土浇筑可采用从管底泵送顶升浇筑法、从管顶向下浇筑（高位抛落免振捣法）或手工逐段浇捣法。当采用高位抛落免振捣法或泵送顶升法且缺乏可靠经验时，应做混凝土配合比试验，确保混凝土浇筑质量。

6.3.3 在钢管适当位置留设排气孔是保证混凝土浇筑密实的有效技术措施。混凝土从管顶向下浇筑时，钢管底部通常要求设置排气孔。排气孔的设置是为了防止初始混凝土下料过快而覆盖管径，造成钢管底部空气无法排除而采取的技术措施。其他适当部位的排气孔设置应根据工程实际确定。

6.3.6 混凝土养护采用恒温养护， 20°C 左右的温度下养护3~7天。当混凝土中掺用矿物掺合料时，确定混凝土强度时的龄期可按现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146—2014等的规定取值。混凝土灌注的冬期施工，在暖棚内进行，保证混凝土入管温度 10°C 左右，最少不低于 5°C 。同时应符合国家现行标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104—2011和施工技术方案的规定。

6.4 钢管混凝土构件安装

6.4.1 现场安装时应注意避免钢管的附加变形，必要时可采取临时加固措施。

6.4.2 拱脚标高不足时，不得用土、石回填，而应设置钢板进行调整，必要时可用混凝土加固基底，拱脚高度应低于上半断面底线 15cm~20cm。当拱脚处围岩承载力不够时，应向围岩方向加大拱脚接触面积。

6.4.4 应根据中线、水平、坑道断面和预留沉落量等将构件支护架设在中线方向的垂直面上，并力求整齐。同时，支护之间应纵向连接牢固，构成整体。

6.5 喷射混凝土

6.5.2 一次喷射混凝土厚度要适当，过薄则粗骨料不易黏结牢固，增加回弹量；过厚则由于混凝土自重下坠，影响混凝土与岩面的黏结力，不易保证喷层致密。

7 监 控 量 测

7.3 监测点布置

7.3.1 观测基准点应符合观测精度要求，布设在沉降范围以外，并对稳定性进行检验分析。

7.5 监测控制值和预警

7.5.2 支护结构监测控制值和预警值应根据土质特征、设计结果及工程经验等因素由支护结构工程设计方确定。

7.7 监测成果及信息反馈

7.7.1 监测报表应用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。

7.7.2 监测项目数据分析应结合监测数据、现场施工状况、巡视检查情况及以往数据进行，并对其发展趋势做出预测。

8 质量验收

8.1 钢管构件加工

主控项目

8.1.3 本条是对钢材质量的要求。钢材的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求《碳素结构钢》GB/T 700—2006 和《低合金高强结构钢》GB/T 1591—2018。对于进口钢材及复验的要求应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001。钢材厚度及允许偏差应符合其产品标准的要求。栓钉应符合《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433—2002 的规定。对于钢材切割面、剪切面，不应有裂纹、夹渣、分层，以及大于 1mm 的缺棱。

8.1.4 本条规定了钢管构件上的栓钉、翘片、加劲肋板的长度、宽度、厚度的尺寸，以及这些缀件及开孔的位置、数量应符合设计要求，作为加工制作检查的一项重要内容。

8.2 钢管内混凝土灌注

主控项目

8.2.1 对管内混凝土的质量提出要求。管内混凝土与管外混凝土要求不同，主要是管内混凝土的强度等级要求较高，通常不应低于 C30 级，并随着钢管钢材级别的提高，而提高强度级别。通常钢材 Q235 的钢管宜配用 C30、C40 级混凝土；钢材 Q345 的钢管宜配用 C40、C50 级混凝土。

由于钢管、混凝土共同作用，管内混凝土宜采用无收缩混凝土，有收缩性能的要求。

由于浇筑方法的不同，混凝土的坍落度和可泵性的性能应与管内混凝土的浇筑方法相一致，采用顶升工艺浇筑时应注意选择可泵性能，其坍落度宜大于 160mm。

由于钢管内混凝土有多方面的要求，做好混凝土的配合比优化设计就显得重要，要使混凝土拌合物有良好的自身密实性能，使混凝土的流动性和离析性能最佳。浆骨比例适当，防止砂浆量太小，影响混凝土的流动性。砂浆量过大，混凝土自身收缩性增大，同时粗骨料体积比例小，混凝土的弹性模量降低，混凝土的受压变形增大。

同时，应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 的规定留置标准养护和同条件养护试块。

8.2.2 管内混凝土必须在初凝前浇筑完毕，混凝土的坍落度应符合要求，预拌混凝土每车都应取样试验，坍落度不符合要求严禁使用。同一管段内的混凝土最大程度地选择一次连接浇筑完毕，中间如需停留有间歇时，不能超过混凝土的初凝时间。如超过初凝时间就必须按留置施工缝处理。留置施工缝时，停止浇筑后将管口封闭，以防防水、油和异物等落入。若管内混凝土留施工缝时应有施工缝留置方案。要待已浇筑混凝土终凝并达到一定设计强度，经过对已浇筑混凝土面的清理、凿毛，并清除落入管内的水及异物等，先灌一层厚度为 100mm~200mm 的与混凝土强度等级相同的水泥砂浆，增加施工缝的黏结和防止自由下落的骨料产生弹跳，再按程序浇筑。

8.2.3 管内混凝土浇筑应达到密实，无脱粘、无离析现象。为达到密实，可以优化配合比设计，也可以掺加膨胀剂来补偿混凝土的自身收缩。发现不密实时，应在管内混凝土达到一定强度后，进行灌浆等方法补救。灌浆补救应制订方案，并有灌浆孔及排气孔，以保证灌浆达到密实。

检查密实度的方法是：钢管内混凝土的检查采用锤击钢管法应全数检查，锤击检查应选择与钢管壁厚相适应的锤重，通过比较锤击回声来判定混凝土的密实情况，并应做好锤击检查记录。

对于钢板厚度超过 20mm 的钢管混凝土，由于锤击回声不清楚应采用超声波法检测。锤击法检查如发现疑义，抽取构件的 10%进行超声波法检测，对于重要构件或部位 100%进行超声波法检测，如果还无法确认混凝土的密实情况，还可采取混凝土钻芯的方法。出现空洞时灌浆应编制补救注浆方案，注浆后并再次检查验收。

一般检查可用下列方法进行，选择并判断混凝土的密实及匀质性。

表 1 手敲与超声波检测的特点

序号	方法名称	方法概述	特点
1	手敲法	小锤敲击管壁，听声判别	精度不高，人为因素太大，壁厚较大时不易进行
2	超声波检测	利用超声波首波声时比较，判别混凝土缺陷	精度高，但对检测设备和检测过程要求较高

表 2 超声波检测钢管混凝土检测信号的分类及特征

序号	分类	特点
1	声时短、幅值大、频率高信号	这种情况表明超声波穿过的钢管混凝土密实均匀，没有缺陷
2	声时长、幅值小、频率低信号	这种情况表明钢管混凝土中存在着缺陷，而且缺陷的位置是在有效接收声场的中心轴线上即收发换能器的连线
3	声时短、幅值小、频率低信号	钢管混凝土中的缺陷不在有效接收声场的中心轴线上，而是在有效接收声场覆盖的空间内；钢管混凝土本身并没有缺陷，但是由于换能器与钢管外壁耦合不良，也会造成幅值变小、频率下降而声时变化很小的现象

8.2.4 管内混凝土浇筑方法，浇灌孔（顶升孔）、排气孔的留置要求方便、合理，应符合施工技术方案。浇筑前应对钢管安装进

场验收，确认管肢构件的支撑体系、浇灌孔、排气孔的数量、位置、尺寸应按施工技术方案检查，符合后再浇筑混凝土。

8.2.5 管内混凝土浇筑前应按照结构形式选择浇筑方法，并根据选择的浇筑方法（高抛浇筑法、导管浇筑法、手工逐段浇筑法、泵送顶升法等）进行浇筑工艺实体试验。试验应形成记录。能保证浇筑质量后，按施工技术方案及浇筑工艺实体试验结果的浇筑方法进行浇灌。

高位抛落免振捣法：料斗的下口直径应比钢管截面（直径）小 100mm~200mm，以便空气顺利排除，钢管截面（直径）不小于 350mm，高度不小于 4m，上部 2m 范围内应用内部振捣器振实，钢管顶部清除浮浆。

手工逐段浇筑法：混凝土自钢管上口灌入，用振捣器捣实。钢管最小边长大于 350mm 时，采用内部振捣器振实，每次振捣时间不应少于 30s，一次浇筑高度不宜大于 1.5m。钢管最小边长小于 350mm 时，可采用附着在钢管外部的振捣器振捣，并随浇筑高度调整，钢管顶部清除浮浆。

导管浇筑法：钢管柱插入装有混凝土漏斗的钢制导管，浇筑前，导管下口离钢管底部距离不小于 300mm，导管与管壁（及管内隔板）侧向间隙不小于 50mm，以利于振动棒振捣，直径（或边长）小于 400mm 的钢管柱，宜采用外侧附着式振动器振捣。

泵送顶升法应预先留置顶升孔及顶部排气孔，顶升前应计算混凝土泵的出口压力（钢管的入口压力），出口压力应考虑局部压力损失、管壁的沿程压力损失等以确定采用何种混凝土泵。对于矩形钢管柱还应验算板的局部稳定，板的局部变形不应大于 2mm。混凝土顶升应将浮浆顶出，柱头混凝土应以高强度无收缩混凝土补灌以补充混凝土顶部的沉陷收缩。采用顶升法时钢管截面（直径）不小于泵管直径的 2 倍。顶升口应安装一个防回流装置的进料管。

8.3 钢管混凝土构件现场拼装

8.3.2 本条规定钢管构件拼接组装方式，应按设计要求和施工技术方案的要求进行。预拼接可全部一次拼装，也可分段拼装。预拼装检查符合设计要求后，要形成预拼装记录，以便现场安装时依据该记录进行。

8.3.3 本条规定了钢管拼接、组装后管平直度的要求和组装允许偏差。

8.4 钢管混凝土构件安装

8.4.1 钢管混凝土构件安装前应按设计要求和国家标准规范的规定，编制吊装方案，钢管混凝土构件吊装的吊点位置应经计算确定，以保证强度及刚度符合规定。如需加固应有明确的加固方案，应有吊点位置的局部变形、滑动的防范措施等。钢管混凝土构件应按施工技术方案在钢管上标志中心线、标高等控制线，标明吊点位置及临时支撑的位置等，以保证吊装的稳定和安全。

8.4.2 钢管吊装与混凝土浇筑的工艺交叉进行时，应满足设计及施工技术方案中施工工序的要求，并考虑混凝土浇筑前上部结构对钢管柱的初应力的影响，初应力不宜大于 0.35 倍钢材设计强度值，或经设计确认的初应力值。

8.4.3 本条规定了吊装的条件及固定要求。钢管混凝土构件吊装按设计要求进行，当设计无要求时应在下层钢管内混凝土达到 50% 设计强度值后方可进行。钢管混凝土构件吊装就位后应及时校正其标高、轴线、垂直度等。校正合格后，应立即进行固定，固定应牢固。底脚螺栓固定的应拧紧钢管柱底脚螺栓。

8.4.4 钢管混凝土构件采用钢板翘片和连接钢筋转换型连接时，钢板翘片、连接钢筋和加劲肋板的规格、数量、位置与焊接等均应符合设计要求。

8.4.5 钢管混凝土构件上钢板翘片、加劲肋板和连接钢筋的焊缝长度、高度符合设计要求，焊渣清理干净。

8.5 喷射混凝土

8.5.1 喷射混凝土的质量与水泥品种和强度等级关系密切，而普通硅酸盐水泥与速凝剂有良好的相容性，所以优先选用普通硅酸盐水泥。

矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥抗渗性能好，对硫酸盐类侵蚀抵抗能力较强，但初凝时间长，早期强度低，干缩性大。

8.5.11 喷射混凝土施工应分段分层作业。

自下而上可以避免先喷上部时松散回弹物污染下部未喷射混凝土的基面，且喷好下部的混凝土可对上部喷射的混凝土起到支托的作用。

一次喷射混凝土厚度要适当，过薄则粗骨料不易黏结牢固，增加回弹量；过厚不易保证喷射混凝土的致密和强度。