

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	材料	4
5	构件制作	5
5.1	一般规定	5
5.2	钢管构件加工	5
5.3	混凝土灌注	6
6	施工	7
6.1	钢管混凝土构件安装	7
6.2	喷射混凝土	7
6.3	监控量测	8
7	质量检验	9
7.1	钢管构件加工	9
7.2	钢管内混凝土灌注	9
7.3	钢管混凝土构件安装	10
附录 A	记录表	12
本标准用词说明		14
引用标准名录		15
附：条文说明		21

1 总则

- 1.0.1 为规范隧道薄壁钢管混凝土初期支护的构件制作、施工和质量检验，做到安全可靠、技术先进、经济合理、耐久适用，制定本标准。
- 1.0.2 本标准适用于城市隧道薄壁钢管混凝土初期支护。
- 1.0.3 隧道薄壁钢管混凝土初期支护的构件制作、施工与质量检验，除应符合本标准外，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 thin-walled steel tube

钢管外径和壁厚之比大于 20 的钢管。

2.0.2 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。

2.0.3 钢管混凝土拱架 concrete filled steel tube support (正文中未引用该术语)

以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

喷射混凝土、锚杆、钢筋网、钢管混凝土拱架等单独或组合使用的隧道围岩支护结构。

3 基本规定

- 3.0.1 薄壁钢管混凝土构件宜在工厂内制作、现场安装，薄壁钢管混凝土构件应与其他初期支护手段相配合，并应按照设计要求支护工序施工。
- 3.0.2 钢管、钢板、钢筋、连接材料、焊接材料及混凝土等材料应符合设计要求。
- 3.0.3 薄壁钢管进场前应对钢种、等级、牌号、节段进行验收。
- 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标准》GB 50205 的有关规定，构件出厂应按规定进行检验和预拼装。
- 3.0.5 设计要求的一级、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、《焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1、《焊缝无损检测 射线检测 第2部分：使用数字化探测器的X和伽玛射线技术》GB/T 3323.2的有关规定。
- 3.0.6 钢管混凝土构件应满足结构强度和稳定性的要求。

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 钢管宜采用无缝钢管、卷制焊接管、直缝焊接管和螺旋焊接管。

4.0.3 钢管的主要强度指标应符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.3 钢管的主要强度指标

钢材牌号		设计值 (N/mm ²)		端面承压 f_{ce} (N/mm ²)	屈服强度 f_y	抗拉强度 f_u
		抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 f_v			
碳素结构钢	Q235	215	125	320	235	370
低合金高强度结构钢	Q355	305	175	400	355	470
结构用无缝钢管	Q235	215	125	320	235	375
	Q355	305	175	400	355	470

4.0.4 钢材的物理性能指标应符合表 4.0.4 的规定。

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	7.9×10^4	7.85×10^3	0.30

4.0.5 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 4.0.5 的规定采用。混凝土剪切变形模量 G_c 可按表 4.0.5 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 4.0.5 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}	
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
C40	26.8	19.1	2.39	1.71	3.25×10^4

4.0.6 灌注混凝土强度等级不宜低于 C30。

4.0.7 喷射混凝土宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。

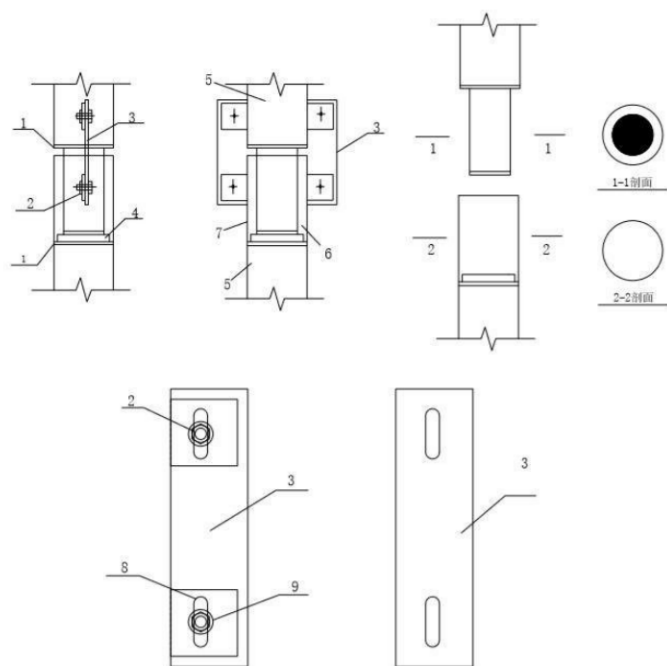
5 构件制作

5.1 一般规定

- 5.1.1 钢管外径不宜小于 180mm，壁厚不宜小于 5mm 且不宜大于 16mm，钢管径厚比 D/t 宜为 $(20\sim50)\frac{235}{f_y}$ ， D 和 t 分别为钢管外径和壁厚， f_y 为钢材强度标准值。
- 5.1.2 钢管在运输、储存、加工过程中应防止锈蚀、污染和变形。
- 5.1.3 钢管表面应无显著锈蚀、裂纹、重皮和压延等不良现象，表面不应有超过壁厚负偏差的凹陷。
- 5.1.4 钢管的材质、规格应符合设计要求。
- 5.1.5 弯管加工前应对直管进行验收，合格后方可使用。

5.2 钢管构件加工

- 5.2.1 应根据隧道的断面形式、设计要求和设备条件进行构件放样并分段加工制作钢管构件。
- 5.2.2 薄壁钢管宜采用热煨成型，钢管拱架整体曲率半径较大时也可采用冷弯成型。
- 5.2.3 弯曲成型的构件表面不应有明显褶皱，凹凸深度不应大于 1mm。弯曲部位不应发生裂纹、过烧、分层等。
- 5.2.4 薄壁钢管应分节段制作，节段之间可采用承插式、套筒连接，并应符合下列要求：
- 1 当采用套筒连接时，套筒钢管壁厚不应小于主管壁厚，长度不应低于 3 倍主管外径，套筒内径与主管外径间隙不应小于 2mm 且不应大于 8mm。
 - 2 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 5.2.4）。



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

图 5.2.4 隧道薄壁钢管混凝土初期支护承插式接口构造示意

5.2.5 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 与套管内径 D 的间隙宜为 $5\text{mm}\sim 8\text{mm}$ 。

5.2.6 宜在距离管端净距为 $150\text{mm}\sim 350\text{mm}$ 处设排气孔，排气孔直径应小于 3 倍钢管壁厚。

5.2.7 薄壁钢管加工后应进行试拼装，沿隧道周边轮廓偏差应为 $\pm 30\text{mm}$ ，平面翘曲偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。

5.2.8 钢管构件预拼装检查记录应符合本标准附录 A 的规定。

5.3 混凝土灌注

5.3.1 灌注混凝土前，应对薄壁钢管进行防腐、除锈处理。并应复查钢管弯曲质量、几何尺寸和轴线，且对钢管灌注孔焊接位置与角度、排气孔焊接位置与角度、端头连接处和整体结构稳定性进行逐一检查，混凝土应进行留样鉴定，其工作性能应满足设计要求。

5.3.2 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。

5.3.3 灌注混凝土宜采用微膨胀混凝土，灌注混凝土的设计配合比和外加剂的掺量应按照国家现行标准《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 的规定。

5.3.4 钢管内混凝土灌注前应对钢管内表面提前润湿处理。当排气孔排出一定量混凝土时，停止灌注，将钢管的灌注孔和排气孔封闭处理。

5.3.5 混凝土养护宜在钢管内自然养护。

5.3.6 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 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，并应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的规定。

5.3.7 应在混凝土达到设计强度 75%以上时，将钢管混凝土构件运至施工现场，强度 100%后进行架设。

5.3.8 加工好的构件应进行标识，并按按组分楸放置，并进行编号标示。

5.3.9 应对灌注完成后的钢管内混凝土密实度进行检测，检测方法可采用敲击法和超声波检测法。

5.3.10 钢管混凝土灌注记录应符合本标准附录 A 的规定。

6 施 工

6.1 钢管混凝土构件安装

- 6.1.1 薄壁钢管混凝土构件应进行现场预拼装，并检验混凝土强度是否达到安装要求。
- 6.1.2 构件应按设计架设，每榀构件之间应采用纵向钢筋连接，拱脚应架设牢固。
- 6.1.3 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，并应及时用连接筋将其固定到前一榀构件。
- 6.1.4 构件拼装固定好后，应采用微膨胀水泥浆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；当支架采用套管方式连接时，两段支架拼接后应分别与套管进行焊接。
- 6.1.5 薄壁钢管混凝土构件应与隧道中轴线垂直，允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ ，钢管混凝土拱架倾斜度不应大于 2° 。
- 6.1.6 薄壁钢管混凝土构件标高应预留沉降量。

6.2 喷射混凝土

- 6.2.1 喷射混凝土应符合现行行业标准《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372 的有关规定。
- 6.2.2 喷射混凝土应采用湿喷工艺，混合料应拌和均匀，随拌随用。
- 6.2.3 喷射混凝土作业应符合下列规定：
 - 1 在喷射混凝土之前，应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 1m~2m 为宜。当有钢筋网时，喷射距离可小于 0.6m，喷射混凝土应覆盖钢筋网 20mm 以上。
 - 4 喷射作业应分层进行，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 60mm~150mm。
 - 6 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°C ；
 - 2) 在结冰的层面上不应喷射混凝土；
 - 3) 混凝土强度未达到 6MPa 前，不应受冻；
 - 4) 混合料应提前运进洞内。
- 6.2.4 初期支护围岩一侧的混凝土保护层厚度不应小于 40mm，临空一侧的混凝土保护层厚度

不应小于 20 mm。

6.2.5 薄壁钢管混凝土构件与围岩之间的间隙应喷射混凝土充填密实。

6.3 监控量测

6.3.1 城市隧道监测应符合国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《公路隧道施工技术规范》JTG/T 3660 的规定。

6.3.2 宜在薄壁钢管混凝土构件连接点设置观测点，以观测连接点的沉降值。

7 质量检验

7.1 钢管构件加工

I主控项目

7.1.1 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。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查出厂验收记录。

7.1.2 钢材的品种、规格、性能、钢管直径、钢管壁厚及允许偏差应符合设计要求。

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。

7.1.3 钢管构件上的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。

II一般项目

7.1.4 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 7.1.4 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 7.1.4。

表 7.1.4 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

7.2 钢管内混凝土灌注

I主控项目

7.2.1 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。

7.2.2 钢管内混凝土的工作性能应符合设计要求的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

7.2.3 钢管内混凝土应灌注密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查钢管内混凝土灌注工艺试验报告和混凝土灌注施工记录。

II一般项目

7.2.4 钢管内混凝土灌注方法及浇灌孔、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。

7.2.5 钢管内混凝土灌注前，应对钢管安装质量检查确认，并应清理钢管内壁污物。混凝土灌注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。

7.2.6 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。

7.2.7 钢管内混凝土灌注后，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。

7.3 钢管混凝土构件安装

I主控项目

7.3.1 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。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

7.3.2 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。

7.3.3 钢管混凝土构件与紧固件连接的质量应符合设计要求。

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。

II一般项目

7.3.4 钢管混凝土构件安装允许偏差应符合表 7.3.4 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 7.3.4。

表 7.3.4 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
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

附录 A 记录表

A. 0.1 钢管构件预拼装检查记录表可按表 A. 0.1 填写。

表 A. 0.1 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							

A. 0. 2 钢管混凝土灌注记录表可按表 A. 0. 2 填写。

表 A. 0. 2 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 (m³)		设计值	
							实际值	
实测坍落度(mm)								
气 温(℃)					入模温度(℃)			
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		

本标准用词说明

1 为方便在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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用词，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

- 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/T 8923.1
- 2 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 3 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 4 《焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1
- 5 《焊缝无损检测 射线检测 第2部分：使用数字化探测器的X和伽玛射线技术》GB/T 3323.2
- 6 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345
- 7 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 8 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 9 《混凝土外加剂》GB 8076
- 10 《碳素结构钢》GB/T 700
- 11 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 12 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
- 13 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 14 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 15 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 16 《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104
- 17 《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372
- 18 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1

山东省工程建设标准

隧道薄壁钢管初期支护施工技术标准

DB37/T 5129-202X

条 文 说 明

制定说明

《隧道薄壁钢管初期支护施工技术标准》由山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局于 2024 年 XX 月 XX 日以 2024 年第 XX 号公告批准、发布。

本标准编制过程中，编制组进行了广泛和深入的调查研究总结了已有的实践经验，同时参考了国内外先进技术标准。

为便于广大设计、施工、检测、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《隧道薄壁钢管初期支护施工技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

1	总则	19
3	基本规定	20
4	材料	21
5	构件制作	22
5.1	一般规定	22
5.2	钢管构件加工	22
5.3	混凝土灌注	22
6	施工	23
6.1	钢管混凝土构件安装	23
6.2	喷射混凝土	23
6.3	监控量测	23
7	质量检验	24
7.1	钢管构件加工	24
7.2	钢管内混凝土灌注	24

1 总 则

1.0.1 本条沿用本标准 2018版第 1.0.1条。电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、钢管混凝土拱架、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。除钢管混凝土拱架外，其他支护方式存在湿作业多，耗时长，污染重等不足。常用的钢管混凝土拱架以钢格栅、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。

3 基本规定

3.0.5 本条沿用本标准 2018 版第 3.0.5 条。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 本条沿用本标准 2018 版第 3.0.6 条。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灌注顺序应事先安排好，以保证结构的安全和稳定性。

4 材料

4.0.1 本条沿用本标准 2018 版第 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 Q355 钢。

按照钢材种类，Q235 属于碳素结构钢，Q355 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 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 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 本条在本标准 2018 版第 4.0.2 条基础上作了修订。钢管均可采用无缝钢管、卷制焊接管、直缝焊接管和螺旋焊接管。

4.0.3 本条在本标准 2018 版第 4.0.3 条基础上作了修订。在隧道薄壁钢管初期支护工程中，初期支护的钢管直径一般不大于 300mm，钢管的壁厚一般不大于 16mm，如果钢管的壁厚过厚，从工程造价方面与其他型钢支护相比，就失去了优势，所以在本标准修订中删除了直径大于 16mm 的钢管强度指标。

4.0.4 本条沿用本标准 2018 版第 4.0.4 条。本条主要来源于国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017。

5 构件制作

5.1 一般规定

5.1.4 本条沿用本标准 2018 版第 6.1.4 条。对钢管的材质、规格和验收提出了要求。

5.1.5 本条沿用本标准 2018 版第 6.2.1 条。强调弯管加工前对直管的验收要求。

5.2 钢管构件加工

5.2.4 本条在本标准 2018 版第 5.2.5 条基础上发展而来，节段之间可采用承插式、套筒连接，删除了法兰连接方式。

5.2.5 本条沿用本标准 2018 版第 6.2.4 条。采用承插连接时，为保证承插连接顺利，插管外径 d 与套管内径 D 的间隙宜为 $5\text{mm}\sim 8\text{mm}$ 。

5.2.6 本条在本标准 2018 版第 6.3.3 条基础上发展而来。提出排气孔直径小于 3 倍钢管壁厚的要求，是为了钢管内的气体顺利排出，灌注密实。

5.3 混凝土灌注

5.3.2 本条在本标准 2018 版第 6.3.2 条基础上发展而来。钢管内混凝土的工艺要求和灌注方法关系很大，应在施工前根据结构形式要求，通过试验选择灌注方法，并在保证混凝土强度前提下，选择适用的配合比。

5.3.6 本条沿用本标准 2018 版第 6.3.7 条。混凝土养护采用恒温养护， 20°C 左右的温度下养护 $3\text{d}\sim 7\text{d}$ 。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 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不低于 5°C 。同时应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 和施工技术方案的规定。

6 施工

6.1 钢管混凝土构件安装

6.1.1 本条沿用本标准 2018 版第 6.4.1 条。薄壁钢管混凝土构件进行现场预拼装，防止安装误差。

6.1.2 本条沿用本标准 2018 版第 6.4.2 条。拱脚标高不足时，不应用土、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。

6.1.4 本条在本标准 2018 版第 6.4.5 条基础上发展而来。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，并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。对于采用套管方式连接的拱架则是将两段拼接后分别与套管进行现场焊接。

6.2 喷射混凝土

6.2.3 本条在本标准 2018 版第 6.5.2 条基础上发展而来。由于住房城乡建设部《房屋建筑和市政基础设施工程禁止和限制使用技术目录（第二批）》将干喷混凝土工艺列为限制使用技术，所以在本标准修订中对喷射混凝土内容进行了调整，补充了混凝土湿喷工艺技术要求。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。现行行业标准《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372 作出了具体技术要求。

6.3 监控量测

6.3.1 本条在本标准 2018 版第 7 章基础上总结简化而来。国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《公路隧道施工技术规范》JTG/T 366 对隧道监测作出了具体规定，在本标准中不再作出具体规定。

6.3.3 本条在本标准 2018 版第 7 章基础上总结简化而来。薄壁钢管混凝土构件连接点是薄弱点，观测连接点的沉降值，判断连接点是否牢固。

7 质量验收

7.1 钢管构件加工

I 主控项目

7.1.2 本条在本标准 2018 版第 8.1.3 条基础上发展而来。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标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和设计要求。钢材厚度及允许偏差应符合产品标准的要求。

7.1.3 本条在本标准 2018 版第 8.1.4 条基础上发展而来。本条规定了钢管构件上的开孔的位置、数量应符合设计要求，作为加工制作检查的一项重要内容。

7.2 钢管内混凝土灌注

I 主控项目

7.2.1 本条沿用本标准 2018 版第 8.2.1 条。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。

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。

由于灌注方法的不同，混凝土的坍落度和可泵性的性能应与管内混凝土的灌注方法相一致，采用顶升工艺灌注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。

7.2.2 本条沿用本标准 2018 版第 8.2.2 条。管内混凝土应在初凝前灌注完毕，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灌注完毕，中间如需停留有间歇时，不能超过混凝土的初凝时间。

7.2.4 本条沿用本标准 2018 版第 8.2.5 条。灌注孔、排气孔的留置要求方便、合理，应符合施工技术方案。灌注前应对钢管安装进场验收，确认灌注孔、排气孔的数量、位置、尺寸应按施工技术方案检查，符合后再灌注混凝土。