

ICS 91.100.30

CCS Q 14

DB42

湖北省地方标准

DB42/T 1890—2022

预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程

Code of practice for processing technique of reinforced
concrete segments

2022-06-28 发布

2022-11-01 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总则 3

5 基本规定 3

6 原材料 3

7 生产工艺流程 5

8 钢筋加工及钢筋骨架制作 5

9 模具及组装 6

10 混凝土 8

11 成型 10

12 前期养护 11

13 脱模 11

14 后期养护 11

15 检验 12

16 修补 12

17 标志 12

18 防腐 12

19 贮存及场内运输 13

附录 A（规范性）预埋槽道安装固定方法 15

条文说明 17

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。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：中建三局科创发展有限公司、中建科技荆门有限公司、中铁大桥勘测设计院集团有限公司、武汉理工大学、武汉科技大学、中建三局第一建设工程有限责任公司、湖北省建筑工程质量监督检验测试中心有限公司。

本文件主要起草人：蔡茂涛、刘献伟、曹红林、马保国、谷倩、龚建伍、王亮、王康、姚国锋、李鹏、张婷、王续胜、牛寅龙。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：mail.hbszjt.net.cn；对本文件的有关修改意见和建议请反馈至中建三局科创发展有限公司，联系电话：027-84511550，邮箱：38619974@qq.com。

预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程

1 范围

本文件规定了预制混凝土衬砌管片（以下简称管片）产品制造过程中的原材料、钢筋加工及骨架制作、模具及组装、混凝土、成型、前期养护、脱模、后期养护、检验、修补、标志、防腐、贮存及场内运输等工艺技术要求。

本文件适用于以钢筋、混凝土为主要原材料制成的用于轨道交通、公路、铁路、水工、电力、市政等隧道工程管片的生产工艺的管理控制。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 9142 混凝土搅拌机
- GB/T 10171 建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）
- GB/T 14902 预拌混凝土
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 22082 预制混凝土衬砌管片
- GB/T 37613 预埋槽道型钢
- GB/T 38901 纤维混凝土盾构管片
- GB/T 39147 混凝土用钢纤维
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50108 地下工程防水技术规范
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB/T 50146 粉煤灰混凝土应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50446 盾构法隧道施工与验收规范

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
GB 50666 混凝土结构工程施工规范
JC/T 2030 预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程
JC/T 2238 水泥制品用矿渣粉应用技术规程
JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程
JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管片 segment

盾构隧道预制衬砌环的基本单元。管片的类型主要有钢筋混凝土管片、纤维混凝土管片、钢管片、铸铁管片、复合管片等。

3.2

预制混凝土衬砌管片 reinforced concrete segment

以钢筋、混凝土为主要原材料制成的管片。

3.3

固定式生产线 fixed production line

管片模具固定放置在地面上并调平，模具与地面用螺栓连接固定，在模具工位完成模具组装、骨架入模、浇筑成型、前期养护、脱模等工序的管片生产设施。

3.4

流水生产线 assembly line

管片模具放置在流水线上，按工艺流程顺序在流水线上循环流动，完成模具组装、骨架入模、浇筑成型、前期养护、脱模等工序的管片生产设施。

3.5

检漏试验 testing of leakage

对用于实际工程的管片进行的渗透性检验，以检验管片抵抗地下水渗透能力。

3.6

水平拼装检验 testing of horizontal assembly

指通过测量管片水平组装两环或三环后的尺寸精度和形位偏差，对管片和模具进行的检验。

3.7

抗弯性能试验 testing of bending

对管片用于吊装的预埋构件进行拉拔试验，以检测其在外力作用下承受的抗拔力是否符合设计要求。

3.8

抗拔试验 test of resistance to pull off

对管片用于吊装的预埋构件进行拉拔试验，以检测其在外力作用下承受的抗拔力是否符合设计要求。

3.9

预埋槽道 embedded channel

由一根经热轧成型工艺生产的C型槽钢和布置在槽钢背面的锚杆组成，预埋在管片内弧面，用于固定电线电缆、管线与设备支架等物件的槽式部件。

4 总则

4.1 为加强管片生产管理，规范管片产品制造过程中原材料、设备机具及各工序的工艺技术要求，保证工程质量安全，制定本文件。

4.2 管片的生产工艺和技术要求应符合本文件的规定，且应符合国家、行业及湖北省地方现行有关标准的规定。

5 基本规定

5.1 管片生产企业应具有健全的质量管理体系、质量控制和检验制度，应制订安全生产和绿色生产制度。

5.2 管片生产操作人员应进行技术培训，合格后方可上岗；特殊工种应持证上岗。

5.3 管片生产设备和设施应满足生产要求，应定期对主要设备进行检定或测试。

5.4 管片生产前应编制施工组织设计或技术方案。

6 原材料

6.1 水泥

6.1.1 水泥宜采用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，其性能应符合 GB 175 的规定。

6.1.2 水泥应按不同厂家、不同品种和强度等级分批存储，并应采取防潮措施；出现结块的水泥不应用于管片生产；水泥出厂超过 3 个月，应进行复检，合格后方可使用。不同厂商、不同品种和强度等级的水泥不应混用。

6.1.3 水泥中的氯离子含量不应大于 0.06%，碱含量（等效 Na_2O ）不应大于 0.6%。

6.2 细集料

细集料宜采用非碱活性中粗砂，细度模数为 2.3~3.3，含泥量不应大于 2%，硫化物和硫酸盐含量不应大于 1.0%，氯离子含量不应大于 0.06%（以干砂的质量百分率计），人工砂总压碎值指标应小于 30%，其他质量应符合 JGJ 52 的规定。

6.3 粗集料

粗集料宜采用碎石或卵石，且为非碱活性，其最大粒径不宜大于31.5 mm且不应大于钢筋骨架最小净间距的3/4，针片状含量不应大于15%，含泥量不应大于1%，硫化物和硫酸盐含量不应大于1.0%，其他质量指标应符合JGJ 52的规定。

6.4 水

混凝土拌和用水应符合 JGJ 63 中钢筋混凝土用水的规定。

6.5 外加剂

6.5.1 混凝土外加剂应符合 GB 8076 的规定，不应使用氯盐类外加剂或其他对钢筋有腐蚀作用的外加剂，减水剂宜使用聚羧酸系高性能减水剂。

6.5.2 外加剂应与胶凝材料及管片生产工艺相适应，其种类和掺量应经试验确定。外加剂的应用应符合 GB 50119 的规定。

6.6 掺合料

6.6.1 掺合料使用前应进行试验验证，不对管片产生有害影响。

6.6.2 粉煤灰应采用符合 GB/T 1596 的不低于 II 级技术要求的粉煤灰，粉煤灰的应用应符合 GB/T 50146 的规定。

6.6.3 矿渣粉应采用符合 GB/T 18046 的不低于 S95 级技术要求的矿渣粉，矿渣粉的应用应符合 JC/T 2238 的规定。

6.7 钢筋

6.7.1 钢筋的品种、级别、规格应符合设计要求及相关规范性文件的规定。

6.7.2 钢筋进场时应有出厂证明书或产品合格证，并经检验合格方可使用。

6.7.3 直径大于 10 mm 时宜采用热轧带肋钢筋，其性能应符合 GB/T 1499.2 的规定；直径小于或等于 10 mm 时宜采用热轧光圆钢筋，其性能应符合 GB/T 1499.1 的规定。

6.7.4 钢筋应平直、无损伤，表面不应有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

6.7.5 当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能不良等现象时，应对该批钢筋进行化学成分的检验或其他专项检验。

6.8 钢纤维

钢纤维性能应符合 GB/T 39147 及 GB/T 38901 的规定，并进行相关钢纤维混凝土耐久性试验。

6.9 合成纤维

合成纤维性能应符合 GB/T 21120 及 GB/T 38901 的规定，并进行相关合成纤维混凝土耐久性试验。

6.10 预埋件

6.10.1 预埋件应符合设计要求，预埋件应与混凝土连接牢固、严密。

6.10.2 管片采用加热养护工艺时，应对预埋件进行耐温试验，预埋件通过加热养护后不应变形以及发生损害混凝土的现象，预埋件不应与混凝土产生化学反应。

7 生产工艺流程

7.1 管片生产工艺流程见图 1。

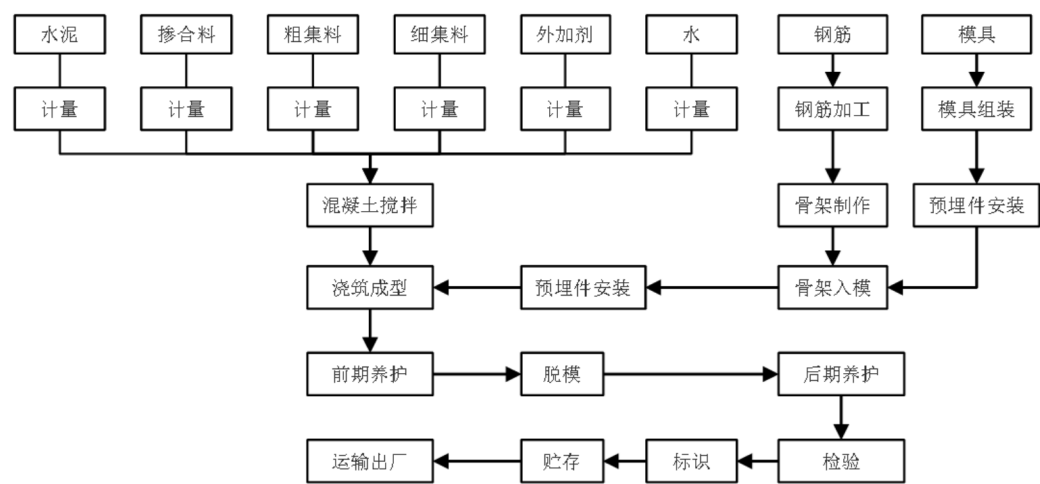


图1 管片生产工艺流程图

7.2 纤维混凝土管片的生产工艺流程，除应符合本文件的规定外，还应符合 GB/T 38901 的规定。

7.3 管片的生产线型式可采用固定式生产线、流水生产线，管片的生产线型式应与场地条件、产量、生产周期等因素相适应，宜优先采用流水生产线。

8 钢筋加工及钢筋骨架制作

8.1 钢筋加工

- 8.1.1 钢筋下料及制作应符合设计要求，并按钢筋下料表进行钢筋切断或弯曲。
- 8.1.2 钢筋的断料应先进行放样试切，经检测尺寸无误后方可连续断料。
- 8.1.3 弧形钢筋加工时应防止平面翘曲，钢筋进入弯弧机时应保持平稳、匀速。
- 8.1.4 钢筋加工成型后不应出现裂纹、鳞落及撕裂现象，且成型尺寸正确。
- 8.1.5 除焊接封闭式箍筋外，箍筋的末端应作弯钩，钢筋的弯钩、和弯折应符合 GB 50204 的规定。
- 8.1.6 钢筋设置接头时，可采用对焊连接或机械连接，接头质量应分别符合 JGJ 18 或 JGJ 107 的规定。
- 8.1.7 钢筋焊接前须消除焊接部位的铁锈、水锈和油污等，钢筋端部的扭曲处应校直或切除，施焊后焊缝表面应平整，不应有烧伤、裂纹等缺陷。
- 8.1.8 弧形钢筋宜制作专用存放架存放，存放过程中不应发生变形。
- 8.1.9 钢筋加工允许偏差和检验方法应符合表 1 的规定。

表1 钢筋加工允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验方法	检验数量
1	主筋和构造筋长度	±10	尺量	同一设备加工的同类型钢筋 每班且每生产15环同类型钢筋骨 架，抽检不少于5件。
2	弯起钢筋的弯折位置	±10	尺量	
3	箍筋外廓尺寸	±5	尺量	

8.2 钢筋骨架制作

- 8.2.1 钢筋骨架制作前，应按钢筋下料表核对钢筋品种、级别、规格、尺寸及数量。
- 8.2.2 钢筋骨架的组装、焊接应在符合设计要求的胎模上进行，钢筋的位置应符合设计要求。
- 8.2.3 钢筋焊接前应对焊接部位进行检查，不应有水锈、油渍。
- 8.2.4 钢筋焊接应采用 CO₂ 气体保护电弧焊机点焊方式，并根据钢筋品种、级别、规格、焊机性能、焊丝直径进行试焊，确定焊接参数后方可批量焊接。
- 8.2.5 钢筋焊接质量应符合以下要求：
- a) 焊点设置应符合设计要求，当设计无具体要求时，钢筋骨架四周应满焊、内部宜对称隔点焊接，不应漏焊；
 - b) 焊点应牢固可靠，不应假焊，焊点的压入深度应为较小钢筋直径的 18%~25%；
 - c) 焊点表面不应有气孔及夹渣；
 - d) 其它焊接质量应符合 GB 50204 的规定。
- 8.2.6 同一钢筋骨架内，纵向受力钢筋的连接接头不应多于 2 个，且不应在同一根钢筋上，带接头的钢筋不应相邻布置，接头的位置应在钢筋骨架的内或外弧面且不在钢筋骨架四周，钢筋接头布置及连接质量还应符合 GB 50204 的规定。
- 8.2.7 钢筋骨架允许偏差和检验方法应符合表 2 的规定。

表2 钢筋骨架允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验方法	检验数量
1	主筋间距、层距	±5	尺量	同一类型钢筋骨架每班抽检不少于5 件，每件的每个检验项目检查不少 于4点。
2	箍筋间距	±10	尺量	
3	分布筋间距	±5	尺量	
4	骨架长、宽、高	-10, +5	尺量	

- 8.2.8 检验合格的钢筋骨架应做好标识，应制作专用存放架存放，存放期间不应发生变形。

9 模具及组装

9.1 管片模具

- 9.1.1 管片应采用高精度模具。当采用钢模及其他金属模具时，焊条材质应与被焊物的材质相适应。
- 9.1.2 模具内表面宜进行表面抗氧化处理，防止锈蚀，不应喷涂或涂刷油漆，内表面应光滑平整。
- 9.1.3 模具应满足管片尺寸和形状等质量要求，具有足够的承载能力、刚度、稳定性和良好的密封性能，且应与混凝土振捣成型工艺相适应，不应有变形、破损等质量缺陷。
- 9.1.4 模具应便于安装、拆卸、检验和使用。每套模具应有唯一标识，模具中的每根芯棒应有唯一标识且与孔位一一对应；模具四角应有合模快速组装标记，模具内腔应有宽度测量位置标记；标识与标记

应明显、易于辨识、持久。

9.1.5 模具侧模的开合方式可采用平移式或者扇形，且应与管片止水橡胶条梯形凹槽腰边与底边的夹角相适应，侧模打开时凹槽腰边不应破损；宜优先采用平移式开合。

9.1.6 模具安装后应进行初次检验，符合设计和工艺要求后方可试生产。在试生产的管片中，每套模具均应随机抽取至少一环管片进行水平拼装检验，合格后该套模具方可通过验收并投入正式生产。

9.1.7 当出现下列情况之一时，应对模具进行复检：

- a) 每套模具每生产 100 环；
- b) 模具受到重击或严重碰撞；
- c) 管片几何尺寸不合格；
- d) 模具停用超过 3 个月，再次投入生产前。

9.1.8 模具允许偏差和检验方法应符合表 3 的规定。

表3 模具允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差(mm)	检验方法	检验数量
1	宽度	±0.4	使用内径千分尺在模具内腔的宽度测量 标记点上测量	6点/个
2	弧弦长	±0.4	使用靠模及游标卡尺沿侧模测量	4点/个
3	靠模夹角间隙	≤0.2	靠模及塞尺测量	4点/个
4	对角线	±0.8	尺量	2条/个
5	内腔高度	±1.0	游标卡尺测量	2点/边
6	拼缝间隙	≤0.1	塞尺测量	2点/缝
注：靠模夹角间隙是指采用靠模测得的模具的端模与底模、端模与侧模的间隙；拼缝间隙是指模具组装合拢后端模与底模、端模与侧模、侧模与底模的间隙。				

9.2 模具清理

9.2.1 组装模具前应清理模具，清理后的模具内表面不应有残留杂物。宜使用橡胶锤及硬橡塑类铲刀清理模具，不应使用金属工具直接锤敲及清理模具。

9.2.2 模具应按先内后外，先侧板、端板再底板，先中间后四周的顺序清理，并做好止水带凹槽、底部密封条、定位机构、侧板端板连接部、侧板端板上口及下口、螺栓孔芯棒、手孔上的芯棒孔座眼、侧板及端板上的芯棒孔四周、预埋槽道定位螺栓、侧板端板开合螺栓等关键部位的清理检查。

9.2.3 模具清理完毕后，生产组装前应在内表面涂刷脱模剂，涂刷应均匀一致，不应出现漏刷、积液现象；螺栓宜涂抹少量润滑油，润滑油不应带入模具内腔污染混凝土。

9.2.4 脱模剂应选用质量稳定、脱模效果好、不影响构件外观颜色的材料，脱模剂应与混凝土及管片生产工艺相适应，应在投入生产前进行验证试验。

9.3 模具组装

9.3.1 组装模具前应检查模具各部件、部位是否清洁，脱模剂喷涂是否合格。

9.3.2 应根据模具产品说明书规定的顺序组装模具，当无具体规定时，模具组装的顺序应为：先组装端板再组装侧板；应按照模具产品说明书规定的扭矩紧固端板及侧板螺栓，紧固顺序为由板中间位置向两端顺序拧紧。不应反顺序操作，以免模具变形。

9.3.3 模具配件组装时应根据标识按序组装，不应混用。

9.3.4 模具组装后，应先目测检查内腔各缝隙处是否闭合、模具四角的合模快速组装标记是否复位，再进行宽度检验，若超过允许偏差，应进行调整直至合格。

9.4 预埋槽道安装

- 9.4.1 管片设计有预埋槽道时，槽道质量应符合设计要求及 GB/T 37613 的规定。
- 9.4.2 槽道的安装位置应符合设计要求。
- 9.4.3 槽道安装应在模具清理完毕后、模具喷涂脱模剂前完成。
- 9.4.4 槽道在模具上的安装方法应符合设计要求，当设计无具体要求时，应按照附录 A 的方法执行。
- 9.4.5 槽道在模具上应固定牢靠，槽口应紧贴模具，在混凝土浇筑及振捣时不应松动。槽道固定后应进行检查，槽道表面应清洁，槽道、锚杆及固定件不应与钢筋骨架直接接触，可采用绝缘材料进行隔离、固定，满足杂散电流防护要求。
- 9.4.6 槽道的安装允许偏差和检验方法应符合表 4 的规定。

表4 槽道安装允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差(mm)	检验方法	检验数量
1	中心线横向位置偏移	3	用尺量测水平、竖向两个方向的中心线位置，取其中较大值	2点/㎡
2	嵌入深度（槽口面与模板面间距）	0, +3	尺量	3点/件
3	中心线纵向位置偏移	10	沿模板面用尺量测槽道两个端头距模具端板的距离，取其中偏差较大值	2点/件

9.5 钢筋骨架入模

- 9.5.1 钢筋骨架入模前，应核对骨架型号与模具型号是否对应，不应混用钢筋骨架。
- 9.5.2 骨架入模时不应模具造成损坏，骨架四周及底面应安装保护层垫块，入模后骨架各部位的保护层应符合设计要求，钢筋不应与预埋件、手孔模芯、螺栓孔芯棒碰撞。
- 9.5.3 预埋件应按照设计要求准确就位，并应固定牢靠，防止混凝土振捣时移位。安装灌浆孔（吊装孔）预埋件时，其底面应紧贴于模板面，不能倾斜。安装螺栓孔芯棒时，芯棒顶端必须完全插入手孔上的芯棒孔座眼，芯棒末端应固定牢靠。安装螺栓孔预埋管时，管两端应安装密封橡胶圈。
- 9.5.4 钢筋和预埋件不应沾有油污和脱模剂。
- 9.5.5 浇筑混凝土前，应进行隐蔽工程检查，隐蔽工程检查应符合 GB 50204 及 GB 50446 的规定。

10 混凝土

10.1 混凝土配合比

- 10.1.1 混凝土的配合比设计应符合 JGJ 55 的规定，冬期施工的混凝土配合比设计还应符合 GB 50666 及 JGJ/T 104 的相关规定。纤维混凝土配合比设计应符合 GB/T 38901 及 JGJ/T 221 的规定。
- 10.1.2 混凝土宜采用免蒸养配合比设计，采用蒸汽及其他加热养护时应采取措施消除混凝土耐久性 & 稳定性降低的影响。
- 10.1.3 宜根据原材料及生产条件变化等因素，设计至少二组混凝土配合比，一组用于正常生产、一组备用。

10.1.4 混凝土设计强度等级应符合设计要求且不应低于 C50。

10.1.5 混凝土抗渗等级应符合 GB 50108 的规定和设计要求。

10.1.6 混凝土的耐久性设计应符合 GB 50010 及 GB/T 50476 的规定，氯离子含量不应大于胶凝材料总用量的 0.06%，混凝土的总碱含量不应大于 3.0 kg/m^3 。混凝土的耐久性检验方法按 GB/T 50082 进行。氯离子含量的检验按相应组分的氯离子含量试验方法进行，总氯离子含量为各组分带入的氯离子含量的总和。总碱含量为各组分带入的碱含量的总和。

10.1.7 纤维混凝土的抗弯性能等级应符合设计要求。

10.1.8 混凝土的工作性应与管片生产工艺相适应。坍落度宜在 50 mm~90 mm 之间，最小不应小于 40 mm、最大不应大于 120 mm，不应出现泌水、离析、分层等现象。

10.1.9 在混凝土配合比使用过程中，应根据生产工艺，对混凝土的含气量、凝结时间差、坍落度经时变化量进行验证，并根据混凝土质量的动态信息及时调整，配合比调整应符合 GB 50164 及 JGJ 55 的规定。

10.2 混凝土制备

10.2.1 混凝土搅拌站（楼）应符合 GB/T 10171 的规定，搅拌机型式应为强制式，并应符合 GB/T 9142 及 GB/T 10171 的规定，宜采用立轴强制式搅拌机，公称容量不应小于 1000 L、不宜小于 1500 L。

10.2.2 冬期生产，搅拌站（楼）宜配置搅拌用水加热及控温装置，最高水温应能达到 60℃、控制精度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。冬期混凝土生产应符合 JGJ/T 104 的规定。

10.2.3 搅拌系统的水泥、掺合料、砂、石、外加剂、水等原材料计量应采用电子计量设备，计量设备应符合以下规定：

- a) 计量设备应能连续计量不同混凝土配合比的各种原材料，并应具有逐盘记录和储存计量结果（数据）的功能；
- b) 计量精度应满足混凝土原材料每盘计量允许偏差值：水泥、掺合料、外加剂、水 $\leq 1\%$ ，粗细集料 $\leq 2\%$ ；
- c) 计量设备应具有法定计量部门签发的有效检定证书，并应定期校验；
- d) 计量设备每月应至少自检一次，每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

10.2.4 粗、细集料应采用三面墙及顶部封闭式料仓储存，仓顶设置雾化降尘装置、仓地面应硬化并配置疏水设施。在开盘前测定粗、细集料的含水率，计算出施工配合比。

10.2.5 聚羧酸系外加剂必须采用不与外加剂发生化学反应的设施储存，宜采用塑料材质的储存设施，不应采用金属材质的储存设施。

10.2.6 搅拌首盘混凝土，搅拌罐内应先充分湿润、但不应积水，并按施工配合比增加 10% 水泥用量。

10.2.7 对首次使用或使用间隔时间超过三个月的混凝土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。开始生产时应至少留置一组标准养护试件，作为验证配合比的依据。

10.2.8 混凝土应搅拌均匀、色泽一致、和易性良好。强度等级 C50、C55 的普通混凝土，搅拌时间不应低于 90 s，强度等级 C60 及以上的高强混凝土，搅拌时间不应低于 120 s，冬期施工期间的搅拌时间应相应延长 30 s。

10.2.9 混凝土的质量控制应符合 GB 50164 及 GB/T 14902 的规定，拌合物性能应符合设计及生产工艺要求，浇筑前应进行坍落度检测，并检查混凝土工作性，混凝土拌合物性能的试验方法应符合 GB/T 50080 的规定。

10.2.10 混凝土拌合物应在浇筑工序中随机取样，每天拌制的同配合比的混凝土，取样不应少于一次，每次至少成型三组。两组试件与管片同条件养护，分别检验脱模强度和出厂强度；另一组试件与管片同

条件养护脱模后再进行标准养护至 28 d，检验评定混凝土 28 d 抗压强度。混凝土试件的制作及抗压强度试验方法应符合 GB/T 50081 的规定，混凝土 28 d 抗压强度的评定应符合 GB/T 50107 的规定。

10.2.11 混凝土抗水渗透试验的试件制作及试验方法应符合 GB/T 50082 的规定。

10.2.12 纤维混凝土的制备、质量检验、试验，应符合 GB/T 38901 及 JGJ/T 221 的规定。

10.2.13 混凝土冬期施工应符合 GB 50666 及 JGJ/T 104 的规定。

11 成型

11.1 当混凝土自由倾落高度大于 3 m 时，宜采用串筒、溜管或振动溜管等辅助设备。混凝土从搅拌机卸出到浇筑完毕的延续时间，当环境温度不大于 25 ℃时不应超过 90 min，当环境温度大于 25 ℃时不应超过 60 min。混凝土在运输和浇筑过程中不应加水。冬期施工时，混凝土入模温度不应低于 5 ℃。

11.2 管片的振动成型工艺可采用附着式振动器振动成型、振动台振动成型、插入式高频振动棒振动成型等，振动成型工艺应与生产线型式相适应，各成型工艺应符合下列规定：

a) 附着式振动器振动成型工艺应满足以下要求：

- 1) 振动器附着于模具底板，适用于固定式生产线、流水生产线；
- 2) 浇筑工位应有固定模具装置，保证模具振动时不移位；浇筑工位应有振动缓冲装置，保证模具柔顺平稳振动；振动器应有线性或档位调节振动力大小的功能；
- 3) 混凝土应分层下料；模具两端混凝土达到 1/3 高度时，开启振动器，模具不应空振；在浇筑过程中振动力应由小到大。

b) 振动台振动成型工艺应满足以下要求：

- 1) 模具整体置于振动台上，适用于流水生产线；
- 2) 振动台应有固定模具装置，保证模具同步整体振动；振动台应有振动缓冲装置，保证模具柔顺平稳振动；振动台应有线性或档位调节振动力大小的功能；
- 3) 混凝土应分层下料；开启振动器辅助下料，模具不应长时间空振；在浇筑过程中振动力应由小到大。

c) 插入式高频振动棒振动成型工艺应满足以下要求：

- 1) 适用于固定式生产线；
- 2) 模具应采用螺栓等方式牢靠固定在地面上，并且调平；
- 3) 混凝土布料顺序为先两端后中间，均匀布料且分层摊铺，振动棒振捣顺序为沿弧长方向先两端后中间、沿宽度方向先中间后两侧；
- 4) 振动棒插入点间距不应大于振动棒振动作用半径的一倍，分层浇筑振捣时振动棒应插入到下层混凝土约 50 mm；
- 5) 振捣时应快插慢拔，不应留下插入孔，振捣时振动棒不应与模具接触，且不应支撑在钢筋骨架上，不应碰撞芯棒及预埋件。

11.3 振动时间以混凝土充满模具、混凝土表面不沉落、混凝土不出现离析分层、混凝土表面无显著气泡逸出、混凝土表面泛浆为准，不应欠振或过振。

11.4 振动过程中应观察各紧固螺栓、钢筋骨架及预埋件情况，如发生变形或移位，立即停止浇筑及振动，经调整合格后才可继续。

11.5 浇筑结束后，应打开模具盖板进行抹面，并应满足以下要求：

a) 初抹面应使用刮尺沿管片外弧面刮除多余的混凝土，并进行填补压实；

- b) 中、细抹面应使用木抹板、胶抹板、钢抹板等工具进行抹面收光，使管片外表面形成弧形且平整；
- c) 抹面结束后须拔出螺栓孔芯棒，动作应缓慢轻柔。抹面期间及结束后，管片应及时覆盖塑料薄膜保湿；
- d) 浇筑过程中及抹面结束后，应清理模具外表面混凝土。

11.6 混凝土冬期施工应符合 GB 50666 及 JGJ/T 104 的规定。

12 前期养护

12.1 管片生产单位应结合现场实际条件，选取合适的养护方式，可采用加热养护或潮湿自然养护方式进行养护。加热养护可采用蒸汽加热、电加热等方式。

12.2 当采用加热养护时，养护设施可采用养护罩、养护坑或养护窑。养护制度应经试验确定，包括静停、升温、恒温 and 降温四个养护阶段。静停时间不宜少于 2 h、不应少于 1 h，升温速度不宜超过 15 °C/h、不应超过 20 °C/h，恒温最高温度不宜超过 60 °C、不应超过 70 °C，恒温阶段相对湿度应不小于 90%，降温速度不应超过 20 °C/h。

12.3 前期养护期间应覆盖塑料薄膜进行保湿保温。

13 脱模

13.1 同条件养护试块的抗压强度达到脱模强度后方可脱模、起吊。管片脱模起吊应采用真空吸盘机或专用吊具，管片脱模时的混凝土强度，当采用真空吸盘机脱模时应不低于 15 MPa，当采用专用吊具脱模时应不低于 20 MPa。

13.2 应根据模具产品说明书规定的顺序拆模，当无具体规定时，应按组装模具的逆顺序拆模。拆模时不应硬撬或硬敲，以免损坏模具。

13.3 管片脱模起吊工具可采用真空吸盘机或者专用夹具，管片与工具的接触面应隔有柔性材料保护，应平衡起吊，不应单侧或侧拉起吊。

13.4 管片起吊后在移动过程中应避免撞击。管片起吊后的翻转工具，可采用带翻转功能的真空吸盘机或者专用翻转架。当采用带翻转功能的真空吸盘机翻转管片时，应在管片起吊移至翻转工位后再进行翻转操作，不应在水平移动管片的同时进行翻转操作。当采用专用翻转架翻转管片时，翻转架应可靠固定于地面上，与管片接触部位须垫有柔性保护材料。

13.5 翻转后的管片，应移入车间内成品区放置，进行质量检查、修补及标识。

13.6 当管片内部和表面的温差大于 25 °C，或者表面与环境温差大于 20 °C 时，管片应在车间内自然降温，必要时覆盖以防止冷风直接吹，直至管片内部和表面的温差不大于 25 °C、表面与环境温差不大于 20 °C。不应用冷水淋湿管片进行降温。

14 后期养护

14.1 后期养护方式有水中养护、喷淋养护、涂养护剂养护、自然养护，各养护方式应符合下列规定：

- a) 水中养护。管片内部和表面的温差、表面与水的温差均不超过 20 °C 时，方可入水，水中养护时管片应全部浸没；

- b) 喷淋养护。可使用纤维织物遮盖后进行喷淋,或者采用其它可靠措施,以保证管片全部表面保持湿润状态;
- c) 涂养护剂养护。在管片表面喷涂养护剂,养护剂的使用方法按照产品说明书要求执行;
- d) 自然养护。管片贮存在堆场中自然养护,应采取措施防止暴晒及冻害。

14.2 后期养护工艺有先水中养护后喷淋养护再自然养护、先喷淋养护再自然养护、涂养护剂养护,各养护工艺应符合下列规定:

- a) 先水中养护后喷淋养护再自然养护。水中养护时间不少于 7 d,喷淋养护时间不少于 7 d,自然养护直至管片出厂;
- b) 先喷淋养护再自然养护。喷淋养护时间不少于 14 d,自然养护直至管片出厂;
- c) 涂养护剂养护。在管片脱模后即可喷涂养护剂,养护剂的有效时间应保持直至管片出厂。

14.3 管片生产单位应根据生产工艺条件和技术要求制订后期养护工艺方案,宜采用先水中养护后喷淋养护再自然养护工艺,或者涂养护剂养护工艺。

14.4 冬期施工期间,水中养护水池宜加热,防止水结冰,水温不宜低于 5℃。

15 检验

15.1 管片的型式检验、出厂检验按 GB/T 22082 的规定进行。

15.2 管片出厂时的混凝土强度不应低于设计强度值。

15.3 管片的外观质量、尺寸偏差、水平拼装、检漏试验、抗弯性能、抗拔性能的技术要求应符合 GB/T 22082 的规定。

15.4 管片的外观质量、尺寸偏差、水平拼装检验的检验方法按 GB/T 22082 的规定进行,管片的检漏试验、抗弯性能试验、抗拔试验的试验方法按 GB/T 22082 的规定进行。

16 修补

16.1 管片的质量缺陷认定和修补方法应按 GB/T 22082 及 GB 50446 的规定执行。

16.2 管片修补前,应分析管片破损原因及程度,制定修补方案。

16.3 管片修补材料的抗拉强度和抗压强度应不低于管片设计强度,修补后质量应符合验收要求。

17 标志

17.1 在管片的内弧面应标明生产单位永久标志,其内容为生产单位名称。

17.2 在管片的弧面或端侧面喷涂产品标识,该标识在施工现场组装结束之前不应消失,标识应清晰易识别。标识内容应包括:管片标记、管片编号、模具编号、生产日期、检验状态。每一片管片编号应具有唯一可识别性。

17.3 宜在管片中预埋电子标签,标签内容包括:工程名称、建设单位、施工单位、管片生产企业、监理单位、混凝土强度等级、抗渗等级、每工序的开始及结束时间、出厂时间、检验状态、检验人、安装时间等,预埋位置宜统一为注浆管轴线半径 100 mm 以内、贴近管片内弧面。

18 防腐

18.1 根据管片使用地质及水文条件，设计有要求时应按要求进行防腐处理。

18.2 管片的防腐应符合 GB 50446 的规定。

19 贮存及场内运输

19.1 贮存

19.1.1 管片堆放场地应坚实平整、排水通畅，应根据管片的堆放方式验算地面承载力。

19.1.2 管片的堆放应满足以下要求：

- a) 应按规格型号分别堆放，可采用侧面立放方式或内弧面向上平放方式；
- b) 管片与地面之间应采用垫木或其它可靠支垫材料垫高隔开，支垫材料应经过承载力验算，当采用硬性支垫材料时，其与管片接触面应使用柔性耐久材料作衬垫；
- c) 管片各层之间应采用垫木隔开，并对垫木进行承载力验算；
- d) 管片应受力均匀、平稳不倾斜。支垫材料应均匀摆放，水平方向放在同一水平面上，竖直方向对齐。

19.1.3 侧面立放方式应符合以下要求：

- a) 管片与地面之间的支垫材料，沿堆垛纵向不应少于 3 列，材料截面尺寸不宜小于 150 mm×150 mm、单根长度不宜小于 3 m；
- b) 管片各层之间的垫木截面尺寸不宜小于 100 mm×100 mm、单根长度不宜小于 3 m；
- c) 同一层的管片之间，宜放置柔性材料隔开。

19.1.4 内弧面向上平放方式应符合以下要求：

- a) 管片与地面之间的支垫材料截面尺寸不宜小于 150 mm×150 mm；
- b) 管片各层之间的垫木截面尺寸不宜小于 100 mm×100 mm；
- c) 堆垛之间的距离不应少于 200 mm。

19.1.5 管片堆放高度，应根据管片堆放场地的设备设施条件、管片类型、管片大小、管片自重进行受力和稳定性验算。管片内弧面向上平放不宜超过 6 层、侧面立放不应超过 4 层。

19.1.6 当生产工艺有特定要求时，贮存场地应加设顶棚，防止管片暴晒、淋雨等。

19.1.7 管片在吊放过程中应采取适当的成品保护措施，防止管片损坏。

19.2 场内运输

19.2.1 管片场内运输前，应设计好运输方式、管片在车上的摆放数量、位置、高度、支垫方式、固定方式等。

19.2.2 管片场内转运，应采用行车、龙门吊、叉车或者平板车运输。采用行车或龙门吊运输时，应采取可靠措施防止管片相互碰撞。采用叉车运输时，管片宜平放在叉杆上且接触面放置柔性材料。采用平板车运输时，应符合以下要求：

- a) 管片装车应以环为单位，侧面立放或内弧面向上平放装车；
- b) 管片与车厢底板之间应采用 2 根通长枕木支垫，并应经过承载力验算，枕木截面尺寸不宜小于 150 mm×150 mm，枕木应可靠固定在车厢底板上；
- c) 管片车上堆放高度，侧面立放时不应超过 1 层，内弧面向上平放时不宜超过 3 层；管片各层之间应采用垫木隔开，应对垫木进行承载力验算，垫木截面尺寸不宜小于 100 mm×100 mm；
- d) 管片应受力均匀、平稳不倾斜。支垫材料应均匀摆放，水平方向放在同一水平面上，竖直方向对齐；

- e) 管片侧面立放时，管片相互之间的间隔距离不应少于 100 mm，应采取可靠的防倾覆措施；管片内弧面向上平放时，管片堆垛之间的距离不应少于 200 mm，每堆垛管片应采用韧性扎带固定，扎带两端固定于车辆底板。

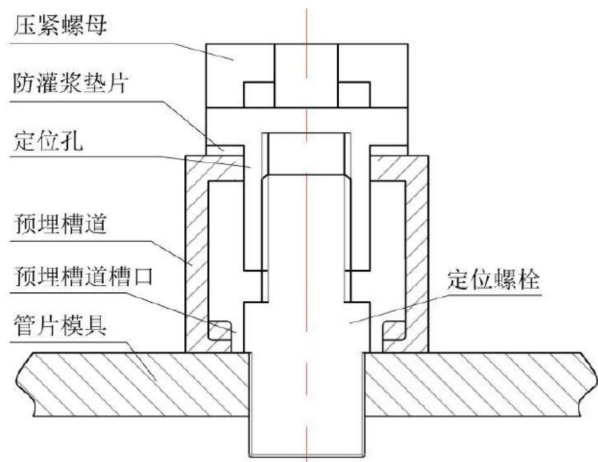
19.2.3 管片运输出厂，应采用平板货车运输，并应符合以下要求：

- a) 管片装车应以环为单位，内弧面向上平放装车；
- b) 管片与车厢底板之间应采用 2 根通长枕木支垫，并应经过承载力验算，枕木长度不应小于管片宽度，枕木截面尺寸不宜小于 150 mm×150 mm，枕木应可靠固定在车厢底板上；
- c) 管片车上堆放高度不宜超过 3 层；管片各层之间应采用垫木隔开，应对垫木进行承载力验算，垫木截面尺寸不宜小于 100 mm×100 mm；
- d) 管片应受力均匀、平稳不倾斜。支垫材料应均匀摆放，水平方向放在同一水平面上，竖直方向对齐；
- e) 管片堆垛之间的距离不少于 200 mm，每堆垛管片应采用韧性扎带固定，扎带两端固定于车辆底板。

19.2.4 车辆行驶过程应平稳，避免急加速、急减速。

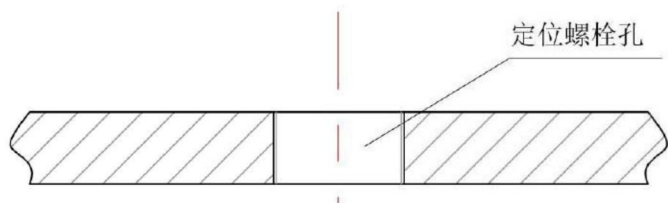
附录 A
(规范性)
预埋槽道安装固定方法

A.1 预埋槽道通过压紧螺母和定位螺栓结合进行固定，固定装置应符合图 A.1 的要求。



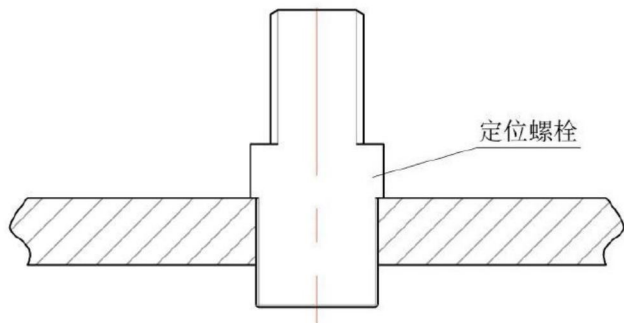
图A.1 预埋槽道固定示意图

A.2 根据设计要求，在盾构管片模具上的对应位置攻丝加工定位螺栓孔，孔径不宜小于 M10，定位螺栓孔的结构应符合图 A.2 的要求。



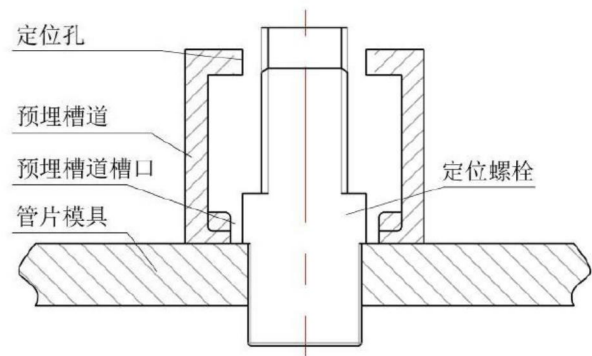
图A.2 定位螺栓孔示意图

A.3 安装定位螺栓，将定位螺栓拧入定位螺栓孔中，定位螺栓的安装应符合图 A.3 的要求。



图A.3 定位螺栓示意图

A.4 放置预埋槽道。槽道上的定位孔与模具上的定位螺栓一一对应，槽道的轴向位置通过定位孔进行控制，槽道的横向位置通过定位螺栓进行控制。预埋槽道的放置应符合图 A.4 的要求。



图A.4 预埋槽道放置示意图

- A.5 紧固预埋槽道。将防灌浆垫片套装在压紧螺母上，将压紧螺母拧入定位螺栓，使槽道贴紧模具底板。
- A.6 安装完成后，应检查安装质量，合格后方可进入下一道工序。
-

湖北省地方标准

预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程

Code of practice for processing technique of reinforced
concrete segments

条文说明

6 原材料

6.5 外加剂

6.5.2 外加剂的选择，应在混凝土配合比设计前，根据生产工艺确定混凝土的含气量、凝结时间差、坍落度经时变化量的合理范围，并模拟生产工艺条件进行试验。

6.6 掺合料

6.6.1 当掺硅粉时应先进行试验验证，且应与粉煤灰或矿渣粉复掺。

6.10 预埋件

6.10.2 生产实践证明，金属预埋件的某些涂层会与混凝土发生化学反应，特别是在经过加热养护后，会生成较多气体包裹在预埋件周围降低锚固力，或者溢出混凝土后在混凝土内形成孔洞。

7 生产工艺流程

7.3 流水生产线采用了自动控制化技术，可实时监控并记录生产工艺的执行情况，在产品质量稳定性、生产效率等方面优于固定式生产线。

9 模具及组装

9.1 管片模具

9.1.4 模具四角的合模快速组装标记，用于合模后初步检查模具是否合模到位，不作为判定合模是否合格的依据。

9.1.8 靠模通常由模具生产厂家随模具配套提供。

9.2 模具清理

9.2.4 生产实践证明，脱模剂对混凝土外观有极重要的影响，因脱模剂与混凝土及管片生产工艺存在适应性问题，宜在投入生产前进行验证试验。

9.4 预埋槽道安装

9.4.1 管片设计有预埋槽道的工程案例，国内已越来越多，预埋槽道的质量相比早期已大幅度提高。

9.4.5 预埋槽道安装质量应严格保证，一旦浇筑混凝土后，将无法进行校正，且后期修复极其困难。

9.5 钢筋骨架入模

9.5.2 骨架四周每面应不少于 2 个保护层垫块，位置位于每面长度的 1/3 处。底面应不少于 3 排、每排 2 个保护层垫块，纵向位置应分别位于骨架正中、骨架两端向中间数第 2 根箍筋，横向位置分别位于骨架两侧向中间数第 3 根主筋处。

9.5.3 生产实践中，安装螺栓孔芯棒易出现质量问题，芯棒孔座眼应事先清理干净彻底，否则芯棒顶端无法完全插入，导致芯棒松动。

10 混凝土

10.1 混凝土配合比

10.1.2 大量研究表明，对混凝土进行蒸汽养护虽然提高了生产效率、减少了模具投入，但降低了混凝土耐久性 & 稳定性，国内部分工程及国外较多国家的管片是不实行蒸汽养护的。采用免蒸养混凝土配合比设计，没有降低混凝土的耐久性 & 稳定性，延长了工程寿命，与普通混凝土不实行蒸汽养护对比，提高了生产效率、减少了模具投入，但混凝土成本相应有所增加。

10.1.8 生产过程中，管片外弧面在上为人工收光面，内弧面为模具接触面。管片外弧面呈弧形、中间高两边低，当混凝土坍落度大于 120 mm 时，处于塑性阶段的高处混凝土在重力作用下，向两边低处缓慢移动，人工收面时无法再恢复成较标准的弧形，因此，管片混凝土坍落度宜在 50 mm~90 mm 之间、在 50 mm~70 mm 之间最佳。

10.2 混凝土制备

10.2.1 湖北省冬季最低气温可达零下 9℃，冬期混凝土搅拌宜使用温热水。强制式搅拌机分立轴、卧轴两种，管片混凝土相比商品混凝土，坍落度更小，实际生产数据表明：相比卧轴式搅拌机，在相同的搅拌时间内，采用立轴式搅拌机搅拌的管片混凝土，均匀性更佳。

11 成型

11.3 混凝土的振动成型质量与设备、操作密切相关，应在试验总结的基础上，制定相应的振动操作制度。

12 前期养护

12.1 前期养护指管片脱模之前的养护。管片生产单位应在生产前结合生产实际条件，选取合适的养护方式。潮湿自然养护方式，是在自然养护方式的基础上覆盖塑料薄膜或者采取其它措施达到保湿效果。

12.2 养护制度的确定，综合了JC/T 2030-2010《预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程》、GB 50446-2017《盾构法隧道施工及验收规范》、GB 50164-2011《混凝土质量控制标准》、GB 50666-2011《混凝土结构工程施工规范》中相关条款的要求，参考了GB/T 51231-2016《装配式混凝土建筑技术标准》中预制构件相关条款的要求，按照可执行、偏向严格的原则制定。

14 后期养护

14.1 后期养护指管片脱模之后、出厂之前这一期间的养护。管片混凝土内外温差，为注浆孔内壁温度最高值与管片外表面温度最低值之差。

15 检验

15.2 对于管片出厂时是否要达到28d龄期，与管片相关的国家标准、行业标准中均未作明确规定，具体以设计和工程要求为准，但管片出厂时的混凝土强度不应低于设计强度值。

17 标志

17.3 管片上的标志，除了模具编号外，其它内容均是刻章油印在管片表面上，这是目前通行的做法。经统计国内管片生产企业情况，油印标志普遍存在保持时间不长、不耐脏易被污染导致无法辨识等现象。在隧道施工完成后，油印标志也会被覆盖而无法辨识，当隧道出现质量问题而需要对管片进行质量溯源时，难以查到某一片管片的浇筑日期、出厂日期、质量检验等信息。采用在管片中预埋无源RFID电子标签的方法，可解决上述问题。

18 防腐

18.1 管片防腐宜采用提高结构材料自身耐久性与涂覆防腐涂料相结合的方法。