



T/CECS XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片制作与验收标准

Standard for production and acceptance of reinforced concrete segments for
ultra-large diameter shield tunnels

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片制作与验收标准

Standard for production and acceptance of reinforced concrete segments for
ultra-large diameter shield tunnels

T/CECS XXX- 202X

主编单位：中铁十四局集团有限公司
 中铁十四局集团房桥有限公司
批准单位：中国工程建设标准化协会
施行如期：202X 年 X 月 X 日

中国计划出版社
202X 北 京

前 言

《超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片制作与验收标准》（以下简称“标准”）根据中国工程建设标准化协会《关于印发 2024 年度第一批协会标准制定、修订计划的通知》（建标协字〔2024〕15 号）的要求进行编制。编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外的先进经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为 7 章和 3 个附录，主要内容包括：总则，术语，基本规定，材料，管片制作，管片质量检验，场内运输及贮存等。

本标准由中国工程建设标准化协会铁道分会归口管理，由中铁十四局集团有限公司和中铁十四局集团房桥有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送中铁十四局集团房桥有限公司（地址：北京市房山区阎村镇房山科技工业园区燕房园 8 号，邮编：102400）。

主 编 单 位： 中铁十四局集团有限公司
中铁十四局集团房桥有限公司

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总 则.....	1
2	术 语.....	2
3	基本规定.....	5
4	材 料.....	6
4.1	胶凝材料	6
4.2	骨料	6
4.3	外加剂	7
4.4	钢筋	7
4.5	水	8
4.6	纤维	8
4.7	预埋件	9
5	管片制作.....	10
5.1	一般规定	10
5.2	钢筋骨架	10
5.3	模具	11
5.4	混凝土制备	12
5.5	管片成型	13
5.6	脱模与养护	13
5.7	标识标志	14
6	管片质量检验.....	15
6.1	一般规定	15
6.2	管片检测	15
6.3	管片验收	19
7	场内运输与贮存.....	22
7.1	运输	22
7.2	贮存	22
附录 A	管片外形尺寸检查记录表	23
附录 B	管片外观质量检查记录表	24

附录 C 管片水平拼装检查记录表	25
用词说明.....	26
引用标准名录.....	27
附：条文说明.....	29

Contents

1 General Provisions	1
2 Normative References	2
3 Terms and Definitions.....	2
4 Basic Requirements	5
5 Materials	6
5.1 Cementitious Materials.....	6
5.2 Aggregates	6
5.3 Chemical Admixtures	7
5.4 Steel Reinforcement	7
5.5 Water.....	8
5.6 Fibers	8
5.7 Embedded Parts	8
6 Segment Production.....	10
6.1 General Requirements.....	10
6.2 Reinforcement Cage.....	10
6.3 Molds	11
6.4 Concrete Preparation	12
6.5 Segment Casting	13
6.6 Demolding and Curing	13
6.7 Marking and Identification	14
7 Quality Inspection of Segments	15
7.1 General Requirements.....	15
7.2 Segment Testing.....	15
7.3 Segment Acceptance.....	19
8 In-plant Transportation and Storage	22
8.1 Transportation	22
8.2 Storage.....	22
Appendix A (Normative) Record Form for Segment Dimensional Inspection	23

Appendix B (Normative) Record Form for Segment Appearance Inspection	24
Appendix C (Normative) Record Form for Horizontal Assembly Inspection	25
Explanation of Wording.....	27
List of Quoted Standards	28
Addition: Explanation of Provisions	29

1 总 则

1.0.1 为加强超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片制作与验收的管理，确保管片制作质量及验收规范，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于盾构隧道钢筋混凝土管片的制作、质量检验、场内运输与贮存等。

1.0.3 超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片制作与验收除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 超大直径盾构管片 Extra-large diameter shield segments

指用于超大直径盾构隧道施工中的衬砌结构单元，其外径不小于 14m，能够承受巨大的地层压力和水压力，在隧道结构中起支护和防水等关键作用，保障隧道施工安全与稳定运行。

2.0.2 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，以模拟检验管片抗地下水渗透能力。

2.0.3 水平拼装检验 testing of horizontal assembly

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。

2.0.4 抗弯性能试验 testing of bending

对管片进行的承载能力试验，以检测其在规定的试验方法下的承载力是否符合设计要求。

2.0.5 抗拔试验 resistance to pull off

对管片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。

2.0.6 裂缝 crack

管片表面存在的因成型或受外力而形成的伸入保护层、管壁混凝土内部的狭长的缝隙。

2.0.7 露筋 exposed steel

钢筋未被混凝土包裹而外露。

2.0.8 蜂窝 honeycomb

表面因漏浆或缺少水泥砂浆而引起的蜂窝状空洞。

2.0.9 麻面 pitted surface

表面呈现的密集微孔。

2.0.10 粘皮 peeling

表面的水泥砂浆层被模具粘去后留下的粗糙表面。

2.0.11 孔洞 hole

管片表面深度和长度均超过保护层厚度的孔穴。

2.0.12 夹渣 entrainment

混凝土内夹有杂物且深度超过保护层厚度。

2.0.13 混凝土配合比 mix proportion of concrete

指混凝土中各组成材料（水泥、骨料、水、外加剂、掺合料等）之间的比例关系。

2.0.14 钢筋骨架 reinforcement cage

由钢筋按照设计要求加工、焊接而成的空间结构，是盾构管片的重要组成部分，用于增强管片的承载能力和结构稳定性。

2.0.15 蒸汽养护 steam curing

一种混凝土养护方法，利用蒸汽的湿热作用加速混凝土的硬化过程，提高混凝土的早期强度。

2.0.16 胶凝材料 cementitious materials

胶凝材料是在混凝土中起胶结作用的材料，主要包括水泥、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料。通过水化反应，胶材能将骨料粘结在一起，使混凝土形成具有一定强度和耐久性的整体结构。

2.0.17 纤维 fiber

在混凝土中添加的纤维材料，如钢纤维、化学合成纤维、耐碱玻璃纤维、玄武岩纤维等。其作用是改善混凝土的性能，增强混凝土的抗拉强度、抗裂性、韧性等。

2.0.18 外加剂 additive

混凝土外加剂是在混凝土搅拌过程中掺入的，用以改善混凝土性能的物质。

2.0.19 振捣 vibrate

在混凝土浇筑过程中，利用振捣设备对混凝土进行振动密实的操作。通过振捣，排除混凝土中的气泡，使混凝土紧密包裹钢筋和预埋件。

2.0.20 拆模 form removal

混凝土浇筑成型后，待其达到一定强度时，拆除模具的过程。超大直径盾构管片一般采用吸盘吊装，拆模强度满足图纸设计要求。

2.0.21 碱活性骨料 Alkali-reactive aggregate

指混凝土中能与水泥或环境中的碱金属离子发生化学反应，导致混凝土体积膨胀、开裂或降低耐久性的骨料。此类骨料通常含有活性二氧化硅或特定碳酸盐矿物，在一定湿度与碱浓度条件下可能引发碱-骨料反应，对盾构管片的结构安全性和服役寿命构成潜在风险。

3 基本规定

3.0.1 超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片的制作与验收应严格按照本标准执行，确保管片的质量满足设计要求及施工规范。

3.0.2 管片制作过程中，所有原材料检测合格后方可投入使用。

3.0.3 管片制作应严格按照既定的生产工艺和流程进行，确保每一道工序都符合标准要求。

3.0.4 建立健全质量管理体系，对管片制作过程中的各个环节进行严格控制，确保产品质量稳定可靠。

3.0.5 管片制作完成后，应按照规定进行质量检验和试验，包括外观质量、尺寸偏差、混凝土抗压强度、水平拼装检验等。

3.0.6 检验和试验应由具有相应资质的检测机构进行，确保检验结果的准确性和可靠性。

3.0.7 对检验不合格的管片，应及时进行返工或报废处理，严禁使用不合格的管片。

4 材料

4.1 胶凝材料

4.1.1 应选用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，其性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定，水泥中的氯离子含量不得超过 0.06%，碱含量不大于 0.6%，存放超过 3 个月时应重新进行检验，合格后方可使用，不同厂商、不同品牌 and 不同强度等级的水泥不得混用。

4.1.2 宜选用 I 级 F 类粉煤灰，其性能应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的有关规定，其应用应符合现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146、《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的有关规定。

4.1.3 应选用 S95 级及以上等级的粒化高炉矿渣粉，其性能应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定，其应用应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的有关规定。

4.1.4 其他矿物掺合料的应用应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的有关规定，不得对管片产生有害影响，使用前应进行试验验证。

4.1.5 应评估复合胶凝材料水化热对管片的影响，拆模前管片内外部温差过大时宜提高矿物掺合料掺量。

4.2 骨料

4.2.1 细骨料应选用级配合理、质地坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然砂，不得使用海砂或淡化海砂，细度模数应为 2.3~3.0，含泥量不大于 2%，氯离子含量不超过 0.01%，其他性能应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

4.2.2 粗骨料应选用粒形良好、级配合理、质地坚固、吸水率低、线胀系数小的洁净碎石，其最大粒径不宜大于 25mm 且不应大于最小钢筋间距的 3/4，宜为连续级配，针片状颗粒不大于 5%，含泥量不大于 0.5%，硫化物和硫酸盐含量不大于 1%，其他性能应符合国家现行标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

和《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

4.2.3 骨料宜为非碱活性骨料，当骨料存在碱活性或潜碱活性时，应采取抑制碱活性骨料反应的技术措施。

4.3 外加剂

4.3.1 混凝土外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的有关规定，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，且与水泥及矿物掺和料之间应具有良好的相容性。

4.3.2 宜选用高性能减水剂，其应用应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规程》GB 50119 的有关规定

4.3.3 对含气量要求大于等于 4.0%的混凝土，宜采取减水剂和引气剂双掺方式进行配制，掺量应经试验确定，其应用应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规程》GB 50119 的有关规定。

4.3.4 严重腐蚀环境下采取防腐蚀强化措施时应选用钢筋阻锈剂、混凝土表面涂层材料、混凝土表面憎水材料等品种外加剂，质量应符合设计要求，其应用应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规程》GB 50119 的有关规定。

4.3.5 其他外加剂的选择应与管片生产工艺相适应，其品种和掺量应经试验确定。

4.3.6 当选用两种及以上不同功能的外加剂时，在配合比设计验证时应进行外加剂适应性检验。

4.3.7 外加剂进场时应对其相关性能指标进行复验，其性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的有关规定，且应按照现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB 8077 的有关规定，进行匀质性指标检测。

4.4 钢筋

4.4.1 直径大于 10mm 时宜采用热轧螺纹钢筋，其性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2 的有关规定；直径小于或等于 10mm 时宜采用热轧光圆钢筋，其性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1 的有关规定。

4.4.2 钢筋应根据设计要求选用，管片所使用的钢筋的种类、钢号、直径等应

符合施工图及有关文件的规定。

4.4.3 钢筋进厂时应有出厂证明书或产品合格证，并经检验合格满足要求方可使用。

4.4.4 钢筋骨架尺寸大、重量高、焊点多，存放时为避免钢筋骨架变形，应放置在专门的存放架上。吊装不宜超过 2 个，运输堆放高度不宜超过 4 层。

4.4.5 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

4.4.6 当发现钢筋脆断、焊接性能不良、力学性能不合格、弯弧严重翘曲等现象时，应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

4.4.7 钢筋质量验收应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢》GB/T 1499 的有关规定。

4.5 水

4.5.1 混凝土拌和用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.5.2 除不溶物、可溶物可不作要求外，混凝土养护用水的性能应与拌和用水一致，不应采用海水养护混凝土。

4.6 纤维

4.6.1 混凝土中如使用钢纤维，宜采用粘结成排钢纤维，其性能指标应符合现行国家标准《混凝土用钢纤维》GB/T 39147 的有关规定及设计要求,并应相应进行相关钢纤维混凝土耐久性实验，其他性能应满足现行行业标准《混凝土用钢纤维》YB/T 151 的规定。

4.6.2 混凝土中如使用化学合成纤维，其性能指标应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120 的规定及设计要求，并应相应进行相关合成纤维混凝土耐久性实验。

4.6.3 混凝土中如使用耐碱玻璃纤维，其性能指标应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维》GB/T 38143 的规定，并应相应进行相关耐碱玻璃纤维混凝土耐久性实验。

4.6.4 混凝土中如使用玄武岩纤维，其性能指标应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》GB/T 23265 的有关规定，并应相应进行相关玄

武岩纤维混凝土耐久性实验。

4.7 预埋件

4.7.1 预埋件应符合设计图纸的要求。

4.7.2 预埋件应与混凝土连接严密（必要时增加遇水膨胀胶圈），预埋件为非金属件且管片采用蒸汽养护工艺时，应进行耐温试验，预埋件通过蒸养后不得变形。

4.7.3 接触网预埋槽道性能指标应符合现行国家标准《预埋槽道型钢》GB/T 37613 的有关规定。

4.7.4 预埋槽道规格、性能等应符合现行国家标准《预埋槽道型钢》GB/T 37613 的有关规定及其他行业现行规范的要求。

5 管片制作

5.1 一般规定

5.1.1 管片生产应具有健全的技术质量管理体系、质量控制和检验制度，并应制定安全生产和绿色生产制度。

5.1.2 管片生产操作人员应进行安全技术培训，合格后方可上岗。

5.1.3 特殊工种应持证上岗。

5.1.4 管片生产设备和设施应满足生产要求，并应定期对主要设备进行检定或测试。

5.1.5 管片生产原材料应通过检测合格后投入使用。

5.1.6 管片生产应编制施工组织设计或技术工艺方案。

5.2 钢筋骨架

5.2.1 钢筋的品种、规格应符合设计要求。

5.2.2 钢筋加工应符合下列规定：

- 1 应按钢筋下料表进行钢筋加工，批量生产前要先试弯，尺寸满足要求后方可大批量生产；
- 2 弧形钢筋加工时，根据钢筋批次不同，要适时验证滚弧弧度，满足要求才允许批量加工，应防止平面翘曲，成型后表面不得有裂纹；
- 3 成型钢筋半成品要核对入模后的钢筋保护层，确保钢筋保护层满足要求；
- 4 当设计允许受力钢筋设置接头时，可采用机械连接，接头质量应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 或《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定；
- 5 钢筋加工允许偏差和检验方法应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 钢筋加工允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差（mm）	检验工具	检验数量
1	主筋和构造钢筋	±10	钢卷尺	每班同设备生产 15 环同类型钢骨架，应抽检不少于 5 根。
2	主筋折弯点位置	±10		
3	箍筋外廓尺寸	±5		

5.2.3 钢筋骨架应符合下列规定：

- 1 钢筋骨架应在专用的胎具上焊接成型，胎具要通过验收，焊接前应核对钢筋级别、规格、型号；
- 2 焊接前应检查，钢筋不应有水锈、油渍，焊接后不应有烧伤、脱焊等焊接缺陷；
- 3 宜采用二氧化碳气体保护焊，应根据钢筋级别、直径及焊机性能进行试焊，在确定焊接参数后，方可批量施焊；焊接骨架的焊点设置应符合设计要求，当设计无规定时，四周满焊，内部宜采用对称跳点焊接；
- 4 同一钢筋骨架不得使用多于 2 根带有接头的纵向受力钢筋，接头位置位于不同截面，且不得相邻布置；
- 5 钢筋骨架各种预埋件及洞口处加强钢筋的位置要准确，以达到设计受力效果；内弧面端部倒角处“V”型钢筋位置要准确，以保证角部钢筋保护层合理；
- 6 钢筋骨架允许偏差和检验方法应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 钢筋骨架允许偏差和检验方法

序号	检验项目		允许偏差 (mm)	检验工具	检验数量
1	钢筋骨架	长	+5, - 10	钢卷尺	按日生产量的 3% 进行抽检，每日抽检数量不少于 3 件，且每件的每个检验项目检查 4 点。
		宽	+5, - 10		
		高	+5, - 10		
2	主筋	间距	±5		
		层距	±5		
3	箍筋间距		±10		
4	分布筋间距		±5		

5.2.4 钢筋骨架安装应符合下列规定：

- 1 骨架入模时不应对模具造成损坏；
- 2 入模后应先调整骨架保护层，符合设计要求，再进行预埋配件的安装；
- 3 浇筑混凝土前，应进行钢筋隐蔽工程验收。

5.2.5 钢筋骨架存放时，不应超过 4 层，采用 4 点起吊，一次起吊不超过 2 块。

5.3 模具

5.3.1 模具应具有足够的承载能力、刚度、稳定性和良好的密封性能，并应满足管片尺寸和形状等质量要求，模具端面和侧面宜设置 2mm 的传力面。

5.3.2 模具应便于安装、拆卸和使用，在吊运时要按照模具厂家要求进行操作，防止发生变形。

5.3.3 模具验收应符合下列规定：

- 1 模具材料应满足质量要求，焊条材质应与被焊物的材质相适应；
- 2 每套模具应有原始出厂数据；
- 3 每批模具宜配备检测工具；
- 4 模具进场后应进行激光三维检测，结果符合设计要求后可试生产，并应在试生产的管片中随机抽取两环或三环进行水平拼装试验，合格后方可通过验收。

5.3.4 当出现下列情况之一时，应对模具进行检验，检验结果应满足相关质量控制要求：

- 1 模具初次进厂时；
- 2 模具每周转 100 次；
- 3 模具受到重击或严重碰撞后；
- 4 管片几何尺寸不合格时；
- 5 模具停用超过 3 个月，重新生产前。

5.3.5 合模与开模应符合下列规定：

- 1 合模前应清理模具各部位，内表面不应有杂物和干灰；
- 2 模具内表面应均匀涂刷脱模剂，模板夹角处不应漏涂，且应无积聚、流淌现象，钢筋骨架和永久预埋件严禁被脱模剂污染；
- 3 螺栓孔成孔器、注浆管等和模具接触面应密封良好；
- 4 合模与开模应按使用说明书规定操作，并应保护模具和管片；
- 5 合模后应核对快速组装标记，模具接缝处不应漏浆，胶条损坏应及时更换。

5.3.6 当模具采用气动振动器时，要有可靠措施保证振动器气压达到要求。

5.4 混凝土制备

5.4.1 混凝土的试验和评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定。

5.4.2 混凝土配合比设计应符合下列规定：

- 1 混凝土坍落度不宜大于 90mm，且不宜小于 30mm；
 - 2 混凝土中碱含量和氯离子含量应符合设计要求；当设计无要求时，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；
- 5.4.3** 混凝土的各项性能应满足设计要求，特种混凝土的配合比设计尚应满足相关标准的规定。

5.5 管片成型

- 5.5.1** 混凝土宜连续分层浇筑，且不少于 3 层，浇筑时注意使混凝土在模具内均匀分布，浇筑时不应扰动预埋件；
- 5.5.2** 混凝土浇筑成型后，应在混凝土接近初凝时再次进行收面。

5.6 脱模与养护

- 5.6.1** 当同条件试件达到脱模强度要求，且管片芯部与表层、表层与车间内环境温度温差小于 15℃时方可拆模。
- 5.6.2** 管片脱模吊运宜采用真空吸盘，管片经过翻转机翻转后采用专用的垂直吊具吊运。
- 5.6.3** 脱模后，如管片表面温度与室外温度、水养池水温温差大于 20℃时，需将管片吊运至缓存区进行降温，降温期间，采用温水喷淋、喷雾养护，待温差符合要求后方可吊运至水养池进行水养。
- 5.6.4** 混凝土养护应符合下列规定：
- 1 混凝土浇筑成型后至拆模前，应覆盖保湿，可采用蒸汽养护或自然养护方式进行养护；
 - 2 当采用蒸汽养护时，应经试验确定养护制度，并应监控和记录温度变化；
 - 3 混凝土冬期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的有关规定；
 - 4 水养时，管片采用立式入池，养护水应淹过管片顶面，保证整块管片浸泡在水中。管片在水池中养护期不少于 7 天，养护水的 pH 值宜保持在 9~11 之间。冬期施工时，不宜水养，采用涂刷养护剂养护；
 - 5 非冬期施工时，水中养护结束后，管片转运至存放场继续采用喷淋洒水养护，洒水养护期不少于 7 天。

5.7 标识标志

5.7.1 在管片的内弧面标明企业永久标志，其内容为生产厂标识。

5.7.2 在管片的弧面或端侧面喷涂标志，该标志在施工现场组装结束之前不应消失，应清晰易识别。标记内容应包括：管片标记、管片编号、模具编号、生产日期，检验状态。每一片管片应独立编号，有条件时可以标记二维码。

6 管片质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 检测人员应经过专业培训，确保检测工作的专业性和准确性。检验过程中应严格按照规定的检验方法和操作流程进行，以确保检验结果的准确性和可靠性。

6.1.2 检测所用的仪器设备应进行定期检定和校准，并处于正常状态，其测量精度应满足相关标准要求。

6.1.3 检测数据应包括检测时间、地点、人员、检测数据等信息。

6.1.4 检测报告应包含工程名称、委托单位名称、建设单位、设计单位、施工单位、管片生产单位及监理单位名称，检测目的及依据的标准，检测项目、检测数量及仪器设备，检测结果与数据分析、检测结论，检测日期和报告完成日期，检测单位及主要检测人员的签章，以及检测数据图表、照片和计算资料等内容。

6.2 管片检测

6.2.1 混凝土技术指标及试验方法：

1 混凝土设计强度等级、抗渗等级应符合工程设计要求。混凝土的配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定，混凝土质量控制应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定，纤维混凝土设计应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 的有关规定。

2 管片脱模时的混凝土强度，当采用吸盘脱模时应不低于 15 MPa，当采用其他方式脱模时，应不低于 20MPa，同时应满足图纸设计要求。管片出厂时的混凝土强度不低于设计强度值。

3 钢纤维混凝土应符合现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 3064 的有关规定。

4 混凝土拌合物应在浇筑工序中随机取样，混凝土拌合物性能的试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的有

关规定；立方体试件的制作应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定。

5 每天拌制的同配合比的混凝土，取样不得少于一次，每次至少成型三组。二组试件与管片同条件养护，另一组试件与管片同条件养护脱模后再进行标准养护。一组与管片同条件养护的试件用于检验脱模强度，另一组与管片同条件养护的试件用于检验出厂强度；经同条件养护脱模后再标准养护的试件用于检验评定混凝土 28d（56d）抗压强度。

6 混凝土抗压强度试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定。

7 混凝土抗压强度评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定。

8 投入生产或混凝土设计配合比有调整时应进行混凝土抗渗试验,抗渗试验按现行国家标准《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 有关规定进行。

9 混凝土配合比设计应进行总碱量验算，碱含量的试验按相应组分的碱含量试验方法进行检验，总碱含量为各组分带入的碱含量总和。

10 混凝土配合比设计应进行氯离子含量的验算，氯离子含量的试验按相应组分的氯离子含量试验方法进行检验，总氯离子含量为各组分带入的氯离子含量总和。

11 纤维混凝土的试验应按现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 的有关规定进行。

6.2.2 外观质量、尺寸偏差技术指标及检验方法：

1 当管片表面出现缺棱掉角、混凝土剥落以及宽度 0.1mm~0.2mm 非贯穿性裂缝时，应进行修补。管片修补时，修补材料的抗拉强度和抗压强度均不低于管片混凝土设计强度。修补后的管片质量应符合本标准的要求。

2 管片成品的外观质量应符合表 6.2.2-1 的规定。

表 6.2.2-1 外观质量要求

序号	项目	项目类别	质量要求
1	贯穿裂缝	A	不准许
2	拼接面裂缝	B	不准许
3	非贯穿性裂缝	B	内表面不准许，外表面裂缝宽度不超过
4	内、外表面露筋	A	不准许
5	孔洞	A	不准许
6	麻面、粘皮、蜂窝	B	不准许
7	疏松、夹渣	B	不准许
8	缺棱掉角、飞边	B	不应有，允许修补
9	环、纵向螺栓孔	B	畅通、内圆面平整，不得有塌孔
注：由于水泥砂浆表面收缩引起的收缩裂纹不是裂缝。			

3 管片的尺寸允许偏差应符合表 6.2.2-2 的规定，管片外形尺寸检查记录表见附录 A。

表 6.2.2-2 尺寸允许偏差

序号	项目	项目类别	质量要求
1	宽度	A	± 0.5
2	厚度	A	-1, +3
3	钢筋保护层厚度	B	-3, +5

4 外观质量、尺寸偏差的检验方法与检验工具见表 6.2.2-3，管片外观质量检查记录表见附录 B。

表 6.2.2-3 检验方法与检验工具

序号	检验项目		检验方法	度具分度值 (mm)
1	外观 质量	贯穿裂缝	用 20 倍读数放大镜测量，精确至 0.01mm	0.01
2		拼接面裂缝	用 20 倍读数放大镜测量，精确至 0.01mm	0.01
3		非贯穿性裂缝	用 20 倍读数放大镜测量，精确至 0.01mm	0.01
4		内、外表面露筋	观察	—
5		孔洞	观察、测量孔洞深度和长度	—
6		麻面、粘皮、蜂 窝	用钢卷尺（或钢直尺）测量，精确至 1mm	≤ 1
7		疏松、夹渣	观察	—

8		环、纵向螺栓孔	目测，用螺栓穿孔进行试验	—
9		缺棱掉角、飞边	观察	—
10	尺寸 偏差	宽度	用游标卡尺、软性游标卡尺在内外表面端部及中部测量各三点，精确至	≤ 0.05
11		厚度	用游标卡尺在二个侧面端部及中部测量各三点，取 6 点的平均值，精确至	≤ 0.05
12		钢筋保护层厚度	用钢筋保护层厚度测定仪进行测量，在内弧面和外弧面各测量三点，精确至 1mm。有争议时通过凿开混凝土保护层用深度游标卡尺进行	≤ 1

6.2.3 水平拼装技术指标及检验方法：

1 水平拼装尺寸的允许偏差应符合表 6.2.3 的规定，管片水平拼装检查记录表见附录 C。

表 6.2.3 水平拼装尺寸允许偏差

序号	项目	项目类别	质量要求 (mm)
1	环向缝间隙	—	≤ 2
2	纵向缝间隙	—	≤ 2
3	成环后内径	—	± 10

2 管片水平应在坚实的平地上进行，拼装时宜采用两环或三环拼装，不应加衬垫。

3 管片成环后内径检验，采用钢卷尺测量在同一水平测量断面上测量间隔约 45° 的四个方向直径计算平均值，精确至 1mm。

4 成环后管片的纵、环缝全数检验采用塞尺测量。各环环缝测量应不少于 6 点，每条纵缝测定出最大值，精确至 0.1mm。

5 每生产 200 环管片应进行水平拼装一次。

6.2.4 检漏试验技术指标及检验方法：在设计压力条件下，恒压 2h，不得出现漏水现象，渗水深度不超过 50mm。每生产 50 环抽查 1 块管片做检漏测试，连续三次达到检测标准，则改为每生产 100 环抽检 1 块管片，再连续三次达到检测标准，最终检测频率为每生产 200 环抽检 1 块管片做检漏测试。如果出现一次检测不达标，则恢复每生产 50 环抽检 1 块管片做检漏测试的初始检测频率，再按上述要求进行。

6.2.5 抗弯性能应符合设计要求。

6.2.6 抗拔性能应符合设计要求。

6.3 管片验收

6.3.1 检验分为出厂检验和型式检验两类。

6.3.2 出厂检验：

- 1 检验项目：混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差。
- 2 批量与抽样数量见表 6.3.2。

表 6.3.2 出厂检验批量组成与抽样数量

序号	项目	批量	抽样数量
1	混凝土抗压强度	按 6.2.1，查受检批产品相应试验记录	
2	外观质量	逐片检查	
3	尺寸偏差	15 环	1 环

3 判定规则：

- 1) 混凝土抗压强度：28d（56d）混凝土抗压强度按 GB/T50107《混凝土强度检验评定标准》检验评定。
- 2) 外观质量：
 - a) 受检样品中：项目所有检查点全部合格为单项合格；
 - b) 当批产品 A 类项目全部合格,B 类项目的不合格不超过 2 项，则判定该批产品的外观质量合格。
- 3) 尺寸偏差：
 - a) 受检样品中：宽度、厚度项目所有检查点全部合格为单项合格；
 - b) 当批产品宽度、厚度合格、钢筋保护层厚度超差点不超过检查点的 20%，则判定该批产品尺寸偏差合格。

4 总判定

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差均符合标准要求时，则判定该批产品合格。

6.3.3 型式检验：

1 检验项目：

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、水平拼装、检漏试验、抗弯性能（如有设计要求）、抗拔性能（如有设计要求）。当有下列情况之一时，应进

行型式检验：

- 1) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- 2) 正式生产后如产品结构、原材料、生产工艺和管理有较大改变，可能影响产品性能时；
- 3) 产品长期停产后，恢复生产时；
- 4) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 5) 当相同产品生产周期达半年或生产达到一定批量时；
- 6) 国家质量监督检验机构提出进行检验时。

2 批量与抽样数量见表 6.3.3。

表 6.3.3 型式检验批量组成与抽样数量

序号	项目	批量	抽样数量
1	混凝土抗压强度	按 6.2.1，查受检批产品相应试验记录	
2	外观质量	1000 环，不足 1000 环时也可作为一批	1 环
3	尺寸偏差	1000 环，不足 1000 环时也可作为一批	1 环
4	水平拼装	1000 环，不足 1000 环时也可作为一批	两环或三环拼装
5	检漏试验	1000 环，不足 1000 环时也可作为一批	1 块，复检 2 块
6	抗弯性能	根据设计方案确定批量、抽样及复验数量	
7	抗拔性能	根据设计方案确定批量、抽样及复验数量	

3 判定规则

- 1) 混凝土抗压强度：28d（56d）混凝土抗压强度按 GB/T50107《混凝土强度检验评定标准》检验评定。
- 2) 外观质量：
 - a) 受检样品中：项目所有检查点全部合格为单项合格；
 - b) 当批产品 A 类项目全部合格，B 类项目的不合格不超过 2 项，则判定该批产品的外观质量合格。
- 3) 尺寸偏差：
 - a) 受检样品中：宽度、厚度项目所有检查点全部合格为单项合格；
 - b) 当批产品宽度、厚度合格，钢筋保护层厚度超差点不超过检查点的 20%，则判定该批产品尺寸偏差合格。

4 水平拼装

受检样品中，超差点不超过检查点的 20%为该项合格，三项全部合格则判定该批产品的水平拼装合格。

5 检漏试验

受检样品合格，则判定该批产品的检漏试验合格。若第一块不合格，复检的 2 块均符合标准要求，同样判定该批产品的检漏试验合格。

6 抗弯性能

受检样品合格，则判定该批产品的抗弯性能合格。若第一块不合格，复检的 2 块均符合标准要求，同样判定该批产品的抗弯性能合格。

7 抗拔性能

受检样品合格，则判定该批产品的抗拔性能合格。若第一块不合格，复检的 2 块均符合标准要求，同样判定该批产品的抗拔性能合格。

8 总判定

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、水平拼装、检漏试验、抗弯性能(如有要求时)、抗拔性能(如有要求时)均符合标准要求时,则判该批产品为合格,任何一项不合格则判该批产品不合格。

7 场内运输与贮存

7.1 运输

7.1.1 管片成品在贮存地及出厂运输途中，层与层之间用柔性材料隔开，每层支撑点在同一平面上，各层柔性材料在同一直线上。

7.1.2 管片采用内弧面向上的运载方式，下方放置柔性材料，管片在车辆上居中对称摆放，确保车身平衡，并用绳索收紧捆牢，确保运输安全。

7.1.3 管片运输层数宜根据管片大小、自重、车载计算决定，不得超过 2 层。

7.1.4 管片装卸车时，应缓慢、平稳地进行，管片应逐件吊装，起吊时应加柔性材料隔离，防止损坏管片。

7.2 贮存

7.2.1 管片成品贮存场地应平坦、坚实、清洁，排水流畅，支垫稳固可靠，地基符合承载要求。

7.2.2 管片存放应搁置在柔性材料上，管片之间有柔性材料相隔，摆放的位置要在同一垂直线上，垫条厚度要相等。

7.2.3 管片应按类别、型号分别堆码，可采用侧面立放或内弧面向上平放，管片堆垛应稳定、整齐，管片之间应使用适当的材料进行支撑或分割，上下应对齐。

7.2.4 管片堆放高度，宜根据管片大小、自重计算决定。管片内弧面向上平放时不宜超过 5 层，管片侧面立放时不宜超过 3 层。

7.2.5 管片在堆场上的堆放时间在 6 个月以上的，必须对其采取一定的防护措施，避免管片劣化。

7.2.6 管片在吊装过程中应采取适当的防护措施，防止损坏管片。

附录 A 管片外形尺寸检查记录表

单位名称					工程名称			
配筋型号		环号		块别		模具 套号		生产日期
检验项目	测量点	设计尺寸		允许误差 (mm)		检验工具		实测尺寸
宽度 (内弧面)				±0.5		游标卡尺		
宽度 (外弧面)								
厚度 (侧面1)				-1, +3		游标卡尺		
厚度 (侧面2)								
保护层	内弧面			-3, +5		保护层厚度 测定仪		
	外弧面							
质检员: _____ 复核: _____ 日期: _____								

附录 B 管片外观质量检查记录表

单位名称				工程名称	
配筋型号			环号		生产日期
序号	项目	项目类别		质量要求	检查情况
1	贯穿裂缝	A		不准许	
2	拼接面裂缝	B		不准许	
3	非贯穿性裂缝	B		内表面不准许，外表面裂缝宽度不超过0.20mm	
4	内、外表面露筋	A		不准许	
5	孔洞	A		不准许	
6	麻面、粘皮、蜂窝	B		不准许	
7	疏松、夹渣	B		不准许	
8	缺棱掉角、飞边	B		不应有，允许修补	
9	环、纵向螺栓孔	B		畅通、内圆面平整，不得有塌孔	
质检员：				日期：	

附录 C 管片水平拼装检查记录表

单位名称						工程名称					
管片环号	B1		B2		B3		L1		L2		F
第一环											
第二环											
第三环											
纵缝测量	应测点		测量位置								合格率%
			F-L1	L1-B1	B1-B2	B2-B3	B3-L2	L2-F	\	\	
允许偏差：≤2mm	底环	1									
		2									
	第二环	1									
		2									
	第三环	1									
		2									
环缝测量	允许偏差	测点		项目	允许偏差	测点	D1	D2	D3	D4	合格率%
		第一环与第二环	第二环与第三环	内径	±10mm	底环					
1	≤2mm					第二环					
2						第三环					
3				外径	+6,-2mm	底环					
4						第二环					
5						第三环					
6						环、纵向螺栓全穿过					

专职质量检查员：

技术负责人：

年 月 日

用词说明

为便于在执行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：

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”。

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《粉煤灰混凝土应用技术规范》 GB/T 50146
- 《矿物掺合料应用技术规范》 GB/T 51003
- 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 《矿物掺合料应用技术规范》 GB/T 51003
- 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 《建设用卵石、碎石》 GB/T14685
- 《混凝土外加剂》 GB/T 8076
- 《混凝土外加剂应用技术规程》 GB50119
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《混凝土外加剂匀质性试验方法》 GB 8077
- 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》 GB1499.2
- 《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》 GB1499.1
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 《混凝土用钢纤维》 GB/T 39147
- 《混凝土用钢纤维》 YB / T151
- 《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》 GB/T 21120
- 《水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维》 GB/T 38143
- 《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》 GB/T 23265
- 《预埋槽道型钢》 GB/T 37613
- 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ18
- 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ107

《混凝土强度检验评定标准》 GB/T50107

《混凝土结构设计规范》 GB50010

《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204

《建筑工程冬期施工规程》 JGJ/T 104

《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55

《混凝土质量控制标准》 GB 50164

《纤维混凝土应用技术规程》 JGJ/T 221

《钢纤维混凝土》 JG/T 3064

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080

《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081

《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107

《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082

《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107

《计数调整型抽样检验标准 第 1 部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划》 GB/T 2828.1

中国工程建设标准化协会标准

超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片制作与 验收标准

T/CECS XXX-202X

附：条文说明

制定说明

本标准制定过程中,编制组进行了深入细致的调查研究,总结了我国工程建设在超大直径盾构隧道管片预制技术的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,通过工程试点应用取得了较好的实验结果。

本标准编制符合技术先进性、可操作性、安全可靠性和经济合理性原则。主要处理的问题有超大直径管片(直径 $\geq 14\text{m}$)的模具、钢筋和混凝土等问题,尚需深入研究的问题有超大直径管片智能化验收的深度应用。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定,《超大直径盾构隧道钢筋混凝土管片制作与验收标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

2	术语	32
4	材料	32
4.2	骨料	32
5	管片制作	32
5.2	钢筋骨架	32
5.3	模具	33
5.5	管片成型	33
6	管片质量检验	33
6.1	一般规定	33
6.2	管片检测	34

2 术语

2.0.1 超大直径盾构管片 Extra-large diameter shield segments

目前，国内外对于超大直径盾构管片的定义没有一个统一的定论，本标准对超大直径盾构管片的定义来源于：何川院士曾在第六届中国盾构工程技术学术研讨会暨大直径盾构智能化施工技术国际论坛上的报告——《大断面盾构隧道结构整体化分析方法》，其中对盾构隧道断面的划分和定义见说明表 2.0.1。

说明表 2.0.1 盾构隧道断面划分

断面类型	外直径/m	对应面积/m ²	直径类型
中小断面	<8	<50	中小直径
大断面	8~14	50~150	大直径
超大断面	14~17	150~220	超大直径
	>17	>220	特大直径

4 材料

4.2 骨料

4.2.1 粗砂（细度模数大）可减少水泥用量、降低收缩率，可能提高强度（若级配合适）但和易性差，易导致离析、泌水，影响密实度和抗渗性。细砂（细度模数小）则填充性好，混凝土更密实，抗渗性高但需更多水泥，增加收缩开裂风险。考虑盾构管片混凝土的抗渗性及抗压要求，综合考虑砂细度模数与混凝土性能的关系，通常选择细度模数 2.3~3.0 的中砂，兼顾工作性与强度。

4.2.2 针片状颗粒易导致混凝土内部应力集中，降低抗裂性；影响振捣密实性，可能引发蜂窝、空洞等缺陷；降低骨料与水泥浆体的粘结强度，影响长期耐久性。超大直径盾构管片需满足高强度、高抗渗性、低收缩性的要求，对粗骨料针片状颗粒的控制更为严格。

5 管片制作

5.2 钢筋骨架

5.2.2 钢筋加工应符合下列规定：

2 钢筋每批次由于含碳量不同，滚弧机加工后钢筋回弹会有差异，造成弧度不一致，进而影响管片内弧面钢筋保护层合格率。需要根据实际情况调整滚弧机的滚轴间距来调整钢筋弧度。

3 大直径盾构管片通常采用通用楔形环设计，管片存在楔形量，管片宽度也存在微量变化，箍筋宽度要做相应调整来保证钢筋保护层满足要求。底筋和面筋通常需要试弯后在模具内试拼，对底筋面筋作微调来保证内外弧面保护层满足要求。

5.3 模具

5.3.6 模具厂家要求的振动器气压为模具进气口的压力，从储气罐到模具要经过管道、弯头摩阻，还有其它设备使用压缩空气，存在空气压力衰减，要测量模具进气口的压力，满足规定的压力才能保证管片振捣密实。

5.5 管片成型

5.5.1 超大直径管片，浇筑过程中水化热反应更为强烈，应分层浇筑且连续浇筑，一般分 3 层浇筑能够满足要求，当管片厚度超过 600mm 时，分层可大于 3 层，每次布料相应振捣，能提升混凝土密实性。

5.5.2 混凝土在接近初凝时再次收面，能提升管片外弧面的紧密度，消除由于失水造成的微小裂缝。

6 管片质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 检测人员应通过专业考核并定期接受技术培训，以确保其熟悉最新的检测方法和缺陷判读标准。培训内容应包括但不限于仪器操作规范、数据异常分析及质量风险识别，以避免因操作失误导致的误判。通过持续的培训和学习，检测人员能够及时掌握行业最新技术动态，确保检测结果的准确性和可靠性。

6.1.2 检测仪器应按照相应的仪器标准定期进行校准，校准周期一般不得超过 1

年，且应符合相关规范规定。校准记录应妥善存档，以备查验。若设备出现异常，应立即停止使用，并追溯历史检测数据的有效性，确保检测结果的准确性和可追溯性。校准和维护工作应由具备资质的专业机构或人员进行，以确保仪器的精度和稳定性。

6.2 管片检测

6.2.2 A 类与 B 类缺陷区分

A 类缺陷（如贯穿裂缝、露筋等）直接影响管片的结构安全，因此严禁出现。B 类缺陷（如麻面、非贯穿裂缝等）允许修补，但修补材料的强度必须等同于原混凝土强度。具体缺陷的划分方法应参考 GB/T 2828.1《计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划》。

A 类缺陷：此类缺陷对管片的承载能力和耐久性有重大影响，必须严格杜绝。一旦发现，应立即判定为不合格，并采取相应措施进行处理。

B 类缺陷：此类缺陷虽不影响管片的结构安全，但需及时修补。修补工艺和材料应符合相关标准，确保修补后的管片性能不受影响。修补过程应记录在案，并经过质量检验确认合格后方可投入使用。

通过明确 A 类与 B 类缺陷的区分标准，能够有效指导检测人员对管片质量进行科学、合理的判定，确保管片的质量符合工程要求。

6.2.3 水平拼装试验是指将两环或三环管片沿铅直方向叠加拼装，对管片环内径、环外径、环与环和块与块之间的拼接缝隙进行测量。

拼装试验是指将盾构隧道管片按照设计要求和实际施工工艺进行拼装，形成一个局部的隧道结构。试验应采用与实际工程相同的管片类型、拼装方式和密封材料。拼装试验应符合下列规定：拼装前，应对管片外观质量、尺寸偏差和预留孔洞位置进行检查，并做好记录；拼装过程中，应严格控制拼装精度；拼装完成后，应对拼装质量进行全面检查。