

ICS 91.100.40

CCS Q 14

DB 65

新疆维吾尔自治区地方标准

DB65/T 4835—2024

预制混凝土衬砌管片施工质量验收规程

Code for construction quality acceptance of reinforced concrete segment

2024-10-09 发布

2024-12-10 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 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 管片..... 2

5 混凝土原材料..... 2

6 模具工程..... 6

 6.1 一般规定..... 6

 6.2 模具清理..... 7

 6.3 模具组装..... 7

7 钢筋工程..... 7

 7.1 一般规定..... 7

 7.2 钢筋加工..... 8

 7.3 钢筋骨架制作..... 9

 7.4 钢筋骨架入模..... 10

8 混凝土工程..... 10

 8.1 一般规定..... 10

 8.2 混凝土拌和站..... 10

 8.3 混凝土配合比..... 11

 8.4 混凝土搅拌..... 13

 8.5 混凝土运输..... 13

 8.6 混凝土入模..... 13

 8.7 混凝土蒸汽养护..... 14

 8.8 混凝土拆模..... 14

 8.9 管片标识..... 14

 8.10 修补..... 14

 8.11 后期养护..... 14

 8.12 管片储存和运输..... 15

 8.13 管片质量抽样检验..... 15

9 冬期施工..... 16

 9.1 一般规定..... 16

 9.2 混凝土施工..... 16

10 夏期施工..... 16

 10.1 一般规定..... 17

 10.2 高温施工..... 17

附录 A (规范性) 外观质量、尺寸偏差检测.....	18
A.1 外观质量	18
A.2 尺寸偏差	18
A.3 外观质量、尺寸偏差的检验方法与检验工具.....	18
A.4 判定规则	19
A.5 总判定	19
附录 B (规范性) 管片水平拼装检测.....	20
B.1 适用范围.....	20
B.2 试件	20
B.3 试验仪器设备.....	20
B.4 试验方法.....	20
B.5 量测方法.....	20
B.6 试验结果允许偏差.....	21
B.7 判定规则.....	21
附录 C (规范性) 管片检漏试验.....	22
C.1 适用范围.....	22
C.2 试件	22
C.3 试验仪器设备.....	22
C.4 试验方法.....	23
C.5 结果评定.....	23
附录 D (规范性) 管片抗弯性能试验.....	24
D.1 适用范围	24
D.2 试件	24
D.3 试验仪器设备	24
D.4 试验方法	25
附录 E (规范性) 管片抗拔性能试验.....	27
E.1 适用范围.....	27
E.2 试件.....	27
E.3 试验仪器设备.....	27
E.4 试验方法.....	28

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。

本文件由新疆维吾尔自治区水利厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：新疆水利发展投资（集团）有限公司、中铁十四局集团有限公司、新疆水发建设集团有限公司、中铁十四局集团青岛工程有限公司、中铁十四局集团第五工程有限公司、新疆维吾尔自治区标准化研究院。

本文件主要起草人：段玉东、刘勇、李伯昌、张子强、李彦滨、党双宝、张亚明、郑祥乐、王莹、刘涛、李洪江、崔竣尧、杨帆、陈思盼、马俊尧、杨宏旭、祁世云、杨伟辉、侯文学、刘佳星、魏仁海、车东坡、田磊、陈兵。

本文件实施应用中的疑问，请咨询新疆水利发展投资（集团）有限公司。

对本文件的修改意见建议，请反馈至新疆维吾尔自治区水利厅（乌鲁木齐市黑龙江路146号）、新疆水利发展投资（集团）有限公司、新疆维吾尔自治区市场监督管理局（乌鲁木齐市新华南路167号）。

新疆维吾尔自治区水利厅 联系电话：0991-5816236；传真：0991-5816236；邮编：830000

新疆水利发展投资（集团）有限公司 联系电话：0991-5989830；传真：0991-5989986；邮编：830000

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004

预制混凝土衬砌管片施工质量验收规程

1 范围

本文件规定了预制混凝土衬砌管片应用于模具工程、钢筋工程、混凝土工程以及冬期、夏期施工的质量验收要求。

本文件适用于盾构法隧道施工用预制混凝土衬砌管片进场拼装施工前的质量验收。

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 175—2023 通用硅酸盐水泥
- GB/T 176 水泥化学分析方法
- GB/T 208 水泥密度测定方法
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
- 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 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料
- GB/T 22082—2017 预制混凝土衬砌管片
- GB 31040 混凝土外加剂中残留甲醛的限量
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准（附条文说明）
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准（附条文说明）
- 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
- JG/T 473 护栏锚固试验方法
- JGJ 18 钢筋焊接及验收规程（附条文说明）
- JGJ/T 23 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程（附条文说明）
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- TB 10005—2010 铁路混凝土结构耐久性设计规范（附条文说明）

3 术语和定义

GB/T 22082—2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

脱模 demoulding

管片脱离底模的过程。

3.2

矿物掺合料 mineral admixtures

在混凝土搅拌过程中加入的具有一定细度和活性的用于改善新拌硬化混凝土性能（特别是耐久性）的矿物类产品。

注：如粉煤灰、磨细矿渣粉硅粉等，可以单一使用，也可复合使用。

3.3

胶凝材料 cementitious material

用于配制混凝土的硅酸盐类材料（如水泥和矿物掺合料等）的总称。

3.4

水胶比 water to binder ratio

混凝土拌合物中的总用水量与胶凝材料总量的质量比。

3.5

电通量 electric flux

在一定条件下通过混凝土规定截面积的电荷总量。

注：用于评价混凝土抵抗水和离子等介质向内渗透的能力。

3.6

氯离子扩散系数 chloride diffusion coefficient

描述混凝土孔隙水中氯离子从高浓度区向低浓度区扩散过程的参数。

注：用于评价混凝土抵抗氯离子侵蚀的能力。

3.7

抗冻等级 resistance class to freezing-thawing

用快冻法测得的最大冻融循环次数划分的混凝土抗冻性能的级别。

注：用于评价混凝土抵抗冻融循环破坏的能力。

3.8

气泡间距 air bubble spacing

硬化混凝土中相邻气泡边缘之间距离的平均值。

3.9

抗硫酸盐结晶破坏等级 resistance class to sulphate physical attack

用抗硫酸盐侵蚀试验方法测得的最大干湿循环次数划分的混凝土抗腐蚀性能的级别。

注：用于评价混凝土抵抗硫酸盐结晶破坏的能力。

4 管片

预制混凝土衬砌管片应符合GB/T 22082—2017的规定。

5 混凝土原材料

5.1 混凝土使用的水泥除应符合 GB/T 22082—2017 的规定外还应符合表 1 的规定。

表1 水泥的性能

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	强度/MPa	符合 GB 175—2023 中表 5 的规定	按GB/T 17671检验
2	水泥凝结时间/min	初凝 ≥ 45 ，终凝 ≤ 600	按GB/T 1346检验
3	安定性	沸煮法合格	按GB/T 1346检验
4	比表面积/(m^2/kg)	300~350	按GB/T 8074检验
5	烧失量/%	≤ 5.0	按GB/T 176检验
6	SO ₃ 含量/%	≤ 3.5	按GB/T 176检验
7	MgO 含量/%	≤ 5.0	按GB/T 176检验
8	游离 CaO 含量/%	≤ 1.0	按GB/T 176检验
9	氯离子含量/%	≤ 0.06	按GB/T 176检验
10	碱含量/%	≤ 0.6	按GB/T 176检验
11	熟料中的 C ₃ A 含量/%	≤ 8	按GB/T 21372相关规定检验

5.2 矿物掺合料应选用品质稳定的产品，宜选用粉煤灰、矿渣、硅灰或其中几种复配而成的复合矿物掺合料。掺合料的性能应符合表 2~表 4 及 GB/T 22082—2017 的规定。

表2 粉煤灰性能指标

序号	检验项目	技术要求		检验方法
		C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土	
1	细度/%	≤ 25.0	≤ 12.0	按GB/T 1596检验
2	需水量比/%	≤ 105	≤ 95	按GB/T 1596检验
3	烧失量/%	≤ 8.0	≤ 5.0	按GB/T 176检验
4	氯离子含量/%	≤ 0.02		按GB/T 176检验
5	含水量/%	≤ 1.0		按GB/T 1596检验
6	SO ₃ 含量/%	≤ 3.0		按GB/T 176检验
7	CaO 含量/%	≤ 10.0 （对于硫酸盐侵蚀环境）		按GB/T 176检验
8	游离 CaO 含量/%	≤ 1.0 （F类粉煤灰）		按GB/T 176检验

表3 矿渣粉的性能指标

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	密度/(g/cm^3)	≥ 2.8	按 GB/T 208 检验
2	比表面积/(m^2/kg)	400~500	按 GB/T 8074 检验
3	流动度比/%	≥ 95	按GB/T 18046检验
4	烧失量/%	≤ 3.0	按GB/T 18046检验
5	MgO 含量/%	≤ 10.0	按GB/T 176检验
6	SO ₃ 含量/%	≤ 4.0	按GB/T 176检验
7	氯离子含量/%	≤ 0.06	按GB/T 176检验
8	含水量/%	≤ 1.0	按GB/T 18046检验
9	7 d 活性指数/%	≥ 70	按GB/T 18046检验
	28 d 活性指数/%	≥ 95	按GB/T 18046检验

表4 硅灰的性能指标

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	烧失量/%	≤6.0	按GB/T 176检验
2	比表面积/(m ² /kg)	≥15000	按GB/T 18736检验
3	需水量比/%	≤125	按GB/T 18736检验
4	28 d 活性指数/%	≥115	按GB/T 18736检验
5	氯离子含量/%	≤0.02	按GB/T 176检验
6	SiO ₂ 含量/%	≥85	按GB/T 176检验
7	含水量/%	≤3.0	按GB/T 1596检验

5.3 细骨料应选用级配合理、质地坚硬、吸水率低、空隙率低的天然河砂或专门机组生产的机制砂，不应使用海砂，宜选用中粗砂（细度模数 2.6~3.0）。性能指标除应符合 JGJ 52 的规定外，还应符合表 5 的规定。

表5 细骨料性能指标

序号	检验项目		技术要求	检验方法
1	筛分		符合级配要求	按JGJ 52检验
2	细度模数		2.3~3.3	按JGJ 52检验
3	含泥量/%		≤2.0	按JGJ 52检验
4	泥块含量/%		≤0.5	按JGJ 52检验
5	云母含量/%		≤2.0	按JGJ 52检验
6	轻物质含量/%		≤1.0	按JGJ 52检验
7	有机物含量/%		浅于标准色	按JGJ 52检验
8	压碎指标（机制砂）/%		≤30	按JGJ 52检验
	石粉含量（机制砂）/%	MB≤1.4	≤5.0	按JGJ 52检验
		MB≥1.4	≤2.0	按JGJ 52检验
9	吸水率/%		≤2.0	按JGJ 52检验
10	坚固性/%		≤8	按JGJ 52检验
11	硫化物及硫酸盐含量/%		≤1	按JGJ 52检验
12	氯离子含量/%		≤0.06	按JGJ 52检验
13	碱活性/%		14 d 快速砂浆棒膨胀率 ≤0.10	按JGJ 52检验

5.4 粗骨料采用非碱活性骨料，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 的碎石。性能指标除应符合 JGJ 52 的规定外，还应符合表 6 的规定。

表6 粗骨料性能指标

序号	检验项目		技术指标				检验方法
1	颗粒级配	筛孔尺寸（方孔）/mm	2.36	4.75	16.0	26.5	按JGJ 52检验
		累计筛按重量计/%	95~100	90~100	30~70	0~5	
2	含泥量/%		C30~C55, ≤1; ≥C60, ≤0.5				按JGJ 52检验

表6 粗骨料性能指标（续）

序号	检验项目	技术指标	检验方法
3	泥块含量/%	C30~C55, ≤0.5; ≥C60, ≤0.2	按JGJ 52检验
4	针片状颗粒总含量/%	≤15	按JGJ 52检验
5	硫化物及硫酸盐含量/%	≤1.0	按JGJ 52检验
6	氯离子含量/%	≤0.02	按JGJ 52检验
7	紧密空隙率/%	≤40	按JGJ 52检验
8	吸水率/%	≤2	按JGJ 52检验
9	强度比（岩石抗压强度/混凝土设计强度）	与混凝土强度等级之比≥1.5	按JGJ 52检验
10	坚固性/%	≤8	按JGJ 52检验
11	碱活性/%	14 d快速砂浆棒膨胀率≤0.10%	按JGJ 52检验
12	压碎指标值/%	≤10	按JGJ 52检验

5.5 外加剂选用聚羧酸高性能减水剂。性能指标除应符合 GB 8076 的要求外，还应符合表 7 的规定。

表7 高性能减水剂性能指标

序号	检验项目		技术指标	检验方法
1	硫酸钠含量/%		≤5	按GB/T 8077检验
2	氯离子含量/%		≤0.6	按GB/T 8077检验
3	碱含量（Na ₂ O+0.658K ₂ O）/%		≤10.0	按GB/T 8077检验
4	减水率/%		≥25	按GB 8076检验
5	含气量/%		≤3.0	按GB 8076检验
6	常压泌水率比/%		≤20	按GB 8076检验
7	压力泌水率比/%		≤90	按JG/T 473检验
8	凝结时间差/min	初凝	-90~+120	按GB 8076检验
		终凝		按GB 8076检验
9	抗压强度比/%	1 d	≥170	按GB 8076检验
		3 d	≥160	按GB 8076检验
		7 d	≥150	按GB 8076检验
		28 d	≥140	按GB 8076检验
10	收缩率比/%		≤110	按 GB 8076 检验
11	甲醛含量（按固含量计） /（mg/kg）		≤300	按 GB 31040 检验

5.6 拌合及养护用水应符合 JGJ 63 的规定外，还应符合表 8 的规定。

表8 水质性能指标

序号	检验项目	技术指标	检验方法
1	pH 值	>6.5	按JGJ 63检验
2	抗压强度比（28 d）/%	≥90	按GB/T 17671检验
3	凝结时间差/min	≤30	按GB/T 1346检验
4	氯化物含量/（mg/L）	<1000	按JGJ 63检验

表8 水质性能指标（续）

序号	检验项目	技术指标	检验方法
5	硫酸盐含量/（mg/L）	<2000	按JGJ 63检验
6	碱含量/（mg/L）	<1500	按GB/T 176检验
7	不溶物含量/（mg/L）	<2000	按JGJ 63检验
8	可溶物含量/（mg/L）	<5000	按JGJ 63检验

5.7 混凝土的检验应合理划分检验批次，混凝土质量抽样检验数量应符合表 9 的规定。

表9 混凝土质量抽样检验数量

序号	检验项目	抽样检验数量
1	水泥	每 200 t~400 t 同厂家、同品种、同强度等级的水泥为取样单位，不足 200 t 也作为 1 个取样单位，进行验收检验
2	混凝土外加剂	掺量不小于 1%的外加剂以 100 t 为 1 个取样单位，掺量小于 1%的外加剂以不超过 50 t 为 1 个取样单位，掺量小于 0.05%的外加剂以不超过 2 t 为 1 个取样单位
3	混凝土用矿物掺合料	同品种掺合料以连续供应不超过 200 t 为 1 个取样单位，不足 200 t 按 200 t 计
4	混凝土用砂	按照同料源每 600 t~1200 t 为 1 批
5	混凝土用碎石	按同料源、同规格每 2000 t 为 1 批，卵石每 1000 t 为 1 批
6	混凝土拌合及养护用水	地表水每 6 个月检验 1 次；地下水每年检验 1 次；再生水每 3 个月检验 1 次，在质量稳定 1 年后，可每 6 个月检验 1 次
7	混凝土氯离子含量、总碱含量、氯离子扩散系数	按设计要求进行确定，且同一配比的混凝土检查不少于 1 次
8	混凝土拌制前，砂石的含水率测定	应每 4 h 检测 1 次，雨雪天气等特殊情况下应加密检测
9	混凝土抗渗等级	同配比的混凝土每 30 环留置抗渗试件 1 组
10	混凝土换材料每盘计量允许误差	每工作班抽查不少于 1 次
11	混凝土工作性	每工作班抽查不少于 3 次

6 模具工程

6.1 一般规定

- 6.1.1 模具应根据设计文件、衬砌管片图纸、施工方案和施工工艺等要求进行制作。
- 6.1.2 宜具有足够的强度、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。钢模各组成部件加工精度应符合设计要求。
- 6.1.3 模具应组合方便，可连续生产 1500 环以上。模具接缝应严密不漏浆，间隙不大于 0.1 mm，且不应有造成漏浆的缺陷。
- 6.1.4 模具加工过程中应采用三维激光扫描检测技术，保证加工精度。
- 6.1.5 模具与混凝土相接触的表面应涂刷隔离剂。模具使用后应修整保存。
- 6.1.6 在浇筑混凝土前，应对模具进行验收。

- 6.1.7 施工过程中应对模具进行检查和维护，发生异常情况时应及时处理。
- 6.1.8 模具组合与拆除的顺序及安全措施应符合施工方案的要求。
- 6.1.9 模具四角应设置合模尺寸快速校验刻痕。
- 6.1.10 模具进场后应进行验收，允许偏差及检测方法见表 10。

表10 模具检测工具及允许偏差

项 目	允许偏差/mm	检验工具	检查数量
宽度	±0.4	内径千分尺	6点/片
弧弦长	±1	钢卷尺	4点/片
内腔高度	±1	高度尺	6点/片
边模夹角	≤0.2	样板、塞尺	4点/片

- 6.1.11 新购模具应进行管片试生产。在试生产的管片中随机抽取 3 环进行水平拼装检验，拼装时不应加衬垫，拼装合格后方可正式生产。每套模具生产 200 环时应再次进行水平拼装检验。
- 6.1.12 通用衬砌管片宜按 2 环水平拼装进行检验。内径 6 m 以下的非通用衬砌管片宜按 3 环水平拼装进行检验，内径 6 m 以上的非通用衬砌管片宜按 2 环水平拼装进行检验。
- 6.1.13 当出现下列情况之一时，应对模具进行检验，检验结果应满足表 10 要求：
 - a) 模具每周转 100 次；
 - b) 模具受到重击或严重碰撞；
 - c) 钢筋混凝土管片几何尺寸不合格；
 - d) 模具停用超过 3 个月，投入生产前。

6.2 模具清理

- 6.2.1 组模前应先清理模具，清理后的模具内表面的任何部位都不应有残留杂物，与混凝土接触的模具面清理时不应用尖锐的工具。
- 6.2.2 模具清理完毕后涂刷脱模剂，涂刷应均匀，不应出现漏刷、积聚等现象。脱模剂应选用质量稳定、乳化良好、无气泡，适于喷涂、脱模效果好、不影响构件外观颜色的材料。不应使用机油、柴油替代脱模剂。

6.3 模具组装

- 6.3.1 组模前应检查模具各部件、部位是否洁净，脱模剂喷涂是否均匀，不均匀处使用沾有脱模剂的抹布擦拭。
- 6.3.2 按照要求的扭矩紧固相应螺栓，由中间位置向两端顺序拧紧，不应反顺序操作；开模则为先两端后中间。
- 6.3.3 模具合拢后，先观察模具四角合模刻痕是否对齐。若未对齐，应采用内径千分尺在测量点对组装后的模具进行尺寸校验，若超过误差允许范围，应重新调整直至符合要求。

7 钢筋工程

7.1 一般规定

- 7.1.1 混凝土结构用钢筋的牌号、规格、型号应符合设计要求和 GB/T 1499.1、GB/T 1499.2 的规定。
- 7.1.2 钢筋在运输和储存过程中应上盖下垫，防止锈蚀、污染和变形。

7.1.3 钢筋加工应在钢筋车间内进行。场内钢筋应按牌号、批号、规格、检验状态等分别标识、存放，堆码整齐。其他焊接材料应分类存放、妥善保管，并应采取防止锈蚀、受潮变质的措施。

7.1.4 焊工应持证上岗。焊机应定期维护保养、检修，确保正常使用。

7.1.5 钢筋焊接施工应严格执行安全操作规程，按规定做好劳动保护、安全防护、安全用电、防火防爆等工作。

7.1.6 在正式钢筋焊接之前，应进行试焊，并经质量检验合格后，方可正式作业。当改变钢筋厂家、牌号、规格、焊条型号或调换焊接设备、焊工时，应重新进行现场条件下的焊接工艺试验。

7.1.7 采用钢筋机械连接时，连接件的制造方应提交国家或省部级行政主管部门认可的检测机构出具的型式检验报告。具备下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 确定接头性能时；
- b) 材料、工艺、规格有变动时；
- c) 型式检验报告超过4年时；
- d) 建设单位有要求时。

7.1.8 钢筋机械连接施工前，施工单位应对不同钢筋生产厂的进场钢筋进行现场条件下的接头工艺检验。施工过程中如更换钢筋生产厂，应补充工艺检验。

7.1.9 钢筋接头应参照设计要求进行设置。

7.1.10 钢筋的检验、质量抽样检验数量应符合表11的规定。

表11 钢筋质量抽样检验数量

序号	检验项目		抽样检验数量
1	钢筋原材	力学性能	按进场的批次和产品的抽样检验方案确定，每批抽取2个拉伸试验试样和2个弯曲试验试样。每批重量不宜大于60 t。超过60 t的部分，每增加40 t（或不足40 t的余数）， 增加1个拉伸试验试样和1个弯曲试验试样
2		重量偏差	按进场的批次和产品的抽样检验方案确定，试样应从不同根钢筋上截取，数量不少于5件。每批重量不宜大于60 t，不足60 t的为一批计算
3	化学成分		同一厂家和型号的钢筋首次进场检验
4	钢筋弯折的弯弧内直径		按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备且不超过15环的钢筋为一批，抽查不应少于5根
5	纵向受力钢筋弯折后平直段长度		
6	光圆钢筋末端弯钩的平直段长度		
7	箍筋弯弧内直径、弯折角度		
8	钢筋加工的允许偏差		
9	钢筋焊接力学性能		同牌号、同直径的300个钢筋焊接接头为一批，不足300件按一批计算。
10	钢筋接头的外观质量		同牌号、同直径的300个钢筋焊接接头为一批，不足300个按一批计算，每批应该抽查5%，且不应少于5件
11	受力钢筋焊接接头		每日且不超过15环为一批，抽查不少于3件
12	钢筋骨架安装位置的允许偏差		按日生产量的3%进行抽检，每日抽检不少于3件，每件检验4点

7.2 钢筋加工

7.2.1 钢筋加工前应清除表面的油渍、漆污、水泥浆和用锤敲击能剥落的浮皮、铁锈等。不应使用表面有颗粒状、片状老锈或有损伤的钢筋。加工前的钢筋应平直，无局部折曲，加工后的钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。

7.2.2 成盘或有弯曲的钢筋在使用前应采用调直机械进行调直。调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋。

- 调直后的钢筋应平直，不应有局部弯曲、死弯、小波浪形等现象。
- 7.2.3 钢筋宜在常温状态下加工，不宜加热。弯制钢筋宜从中部开始，逐步弯向两端，应一次弯成。
- 7.2.4 钢筋加工过程中出现脆断等异常现象时，应分析原因后继续施工。
- 7.2.5 钢筋下料前应核对钢筋的牌号、规格、尺寸和数量，计算下料长度，并分别编制钢筋配料单。钢筋下料长度应按钢筋弯曲后的中心线长度计算，并考虑钢筋弯曲调整值。
- 7.2.6 钢筋下料应采用机械切断。切口应平整，不应有坡口和弯曲现象。
- 7.2.7 钢筋的弯制和末端的弯钩应符合设计要求。对于受力钢筋，设计无要求时，应符合下列规定：
- a) 光圆钢筋（HPB300）的末端应采用 180°的半圆形弯钩，弯钩的内直径不应小于 2.5 d（d 为钢筋直径），钩端应留有不小于 3 d 的直线段；
 - b) 钢筋直径不大于 25 mm 时，HRB400 钢筋直钩的内径不应小于 4 d，且端部直段长度不小于 10 d。HRB400 钢筋 135°弯钩的内径不应小于 4 d，且端部直段长度不小于 5 d；
 - c) 钢筋直径大于 25 mm 时，HRB400 钢筋直钩的内径不应小于 5 d，且端部直段长度不小于 10 d。HRB400 钢筋 135°弯钩的内径不应小于 5 d，且端部直段长度不小于 5 d；
 - d) 弯起钢筋应弯成平滑的曲线，其最小弯曲半径应为 10 d（HPB300）、14 d（HRB400）；
 - e) 用光圆钢筋制成的箍筋，其末端应做不小于 90°的弯钩，弯钩的弯曲内直径应大于受力钢筋直径，且不应小于箍筋直径的 2.5 倍。弯钩端直线段的长度，一般结构不宜小于箍筋直径的 5 d。
- 7.2.8 钢筋半成品存放及标志应符合下列规定：
- a) 成型钢筋应按施工先后顺序存放，并按编号设置标识牌；
 - b) 钢筋机械连接加工后的连接套筒和丝头应进行保护，丝头应加保护帽，不应损坏或污染螺纹，并按规格分类码放整齐；
 - c) 成型钢筋存放时应轻拿轻放，不宜变形、损伤；
 - d) 成型钢筋存放场地应坚固平整。地面上应加垫不污染钢筋材质的垫块，垫起高度应大于 20 cm，不应在垫块上行走和堆放其他材料；
 - e) 成型钢筋应按形状叠起、水平或竖直放置，叠起高度不宜大于 2 m；
 - f) 成型钢筋运输吊装时，应按编号捆扎成捆。成捆钢筋应捆扎均匀、整齐、牢固，捆扎不应少于 2 道，必要时采用托盘或者工具箱。
- 7.2.9 管片钢筋加工尺寸允许偏差应符合表 12 的规定。

表12 管片钢筋加工尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差/mm	检验方法	检查数量
1	主筋构造筋剪切	±10	尺量	每班同设备生产15环同类型钢筋骨架，应抽检不少于5根
2	主筋弯折点位置	±10	尺量	
3	箍筋折弯尺寸	±5	尺量	

7.3 钢筋骨架制作

- 7.3.1 钢筋单片成型骨架应在符合设计要求的胎具上制作。焊接前，应根据施工条件，进行试焊，合格后可施焊。焊工应持证上岗，钢筋笼四周应全部焊接，中间交叉点应至少隔点焊接，保证钢筋笼强度。
- 7.3.2 焊接应符合 JGJ 18 的规定。焊接时焊点的位置应准确，不应漏焊，焊口应牢固，焊缝饱满，焊缝表面不应有气孔及夹渣或焊伤钢筋。
- 7.3.3 焊接顺序如下：
- a) 正向胎具。安装箍筋→内弧面主筋穿入→内弧面主筋与箍筋焊接→内外主筋焊接→外弧面主筋与箍筋焊接→加强筋、勾筋焊接；

- b) 反向胎具。放置内弧面主筋→安装箍筋→外弧面主筋穿入→内外主筋焊接→箍筋焊接→加强、附属钢筋焊接→架立筋焊接→吊出胎膜架。
- 7.3.4 钢筋骨架焊接应采用二氧化碳气体保护电弧焊，严格控制焊接质量。
- 7.3.5 焊接成型后的钢筋骨架吊离胎具，应放置于指定地方。应对成型钢筋进行检查，并形成检查记录。
- 7.3.6 钢筋骨架应存放于弧形存放架，按型号堆放整齐。通过运料小车将钢筋笼运输至指定位置存放，不应随意乱放。
- 7.3.7 钢筋骨架制作允许偏差应符合表 13 的规定。

表13 钢筋骨架制作允许偏差

序号	项目	允许偏差/mm	检验方法	检查数量
1	主筋间距	±10	尺量	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
2	箍筋间距	±10	尺量	
3	分布筋间距	±5	尺量	
4	骨架长、宽、高	±5	尺量	

7.4 钢筋骨架入模

- 7.4.1 钢筋骨架应放置于模具平面中间，其侧面及底面应设置垫块，垫块厚度应符合混凝土保护层厚度设计要求。
- 7.4.2 钢筋骨架不应与螺栓手孔芯棒或锚钉相抵触。安装芯棒应到位，不应有松动现象。
- 7.4.3 安装注浆孔（吊装孔）预埋件时，其底面应紧密贴于安装面，不应产生倾斜和位置错动现象。
- 7.4.4 所有预埋件应按照设计要求准确就位，并应固定牢靠，防止混凝土振捣时产生移位现象。如采用钢质预埋件应与钢筋骨架连接焊牢，预埋槽道和预埋套筒除外，暴露在混凝土外的面应进行防腐处理。
- 7.4.5 钢筋和预埋件不应沾有油污和脱模剂。
- 7.4.6 验收钢筋骨架入模质量，确认合格后可浇筑混凝土。

8 混凝土工程

8.1 一般规定

- 8.1.1 所用原材料应按现行的相关施工质量验收标准进行进场验收，合格后可使用。
- 8.1.2 正式施工前宜尽早开展混凝土配合比的选定工作。当混凝土施工经历不同季节时，应根据气候条件选定不同的配合比，并制定相应的施工技术措施。
- 8.1.3 预制混凝土衬砌管片施工前应先进行混凝土试拌，对混凝土配合比、施工工艺、施工机具的适应性进行检验，结合养护环境对管片芯部温度进行测定，发现问题及时处理。
- 8.1.4 粗、细骨料的含水量或泥块含量应符合 5.3 和 5.4 的规定。当粗、细骨料个别质量指标存在缺陷时，应提供预处理或消除质量缺陷的检验和设计文件，混凝土构件质量指标及耐久性应符合本文件的规定。
- 8.1.5 冬期、夏期混凝土施工应单独制定施工技术措施。

8.2 混凝土拌和站

- 8.2.1 应根据工程规模、环境条件、工艺要求、运输距离和施工组织要求等进行设置。场区规划宜综合考虑施工生产情况，合理划分生产区、骨料存放区、试验检测区等。

- 8.2.2 拌和站生产能力应满足最大批次混凝土的数量需要。
- 8.2.3 设备配置应能满足混凝土质量控制要求，并应具有产品质量证明文件且状态良好，计量仪器应检定合格且在有效期内。
- 8.2.4 设备应严格按照设备安装技术标准进行安装，主要设备应稳固可靠，并应采取必要的防风、防雨、防雷电措施，拌和站粉剂罐应按环保要求进行封闭并配备除尘、降尘设备。
- 8.2.5 应积极运用信息化管理手段，对混凝土的生产组织、物资管理试验检验、质量控制等过程进行管理。
- 8.2.6 应建立完善的安全、质量、人员、设备、试验检测、环境保护等管理制度。
- 8.2.7 站内布置应符合下列规定：
- 应对原材料场地进行表面硬化，行车道路应能满足重载车辆通行要求。场地排水应设施完善、排水畅通，无明显积水和坑洼现象；
 - 应按待检区和合格区分别存放粗、细骨料，不同品种和规格的粗、细骨料用隔离墙分离，并可根据需要设置水洗或筛分设施；
 - 骨料应存放于钢结构棚架内，棚架的强度和刚度应满足使用要求，并可根据需要设置夏期降温 and 冬期保温的辅助设施；
 - 应妥善保管原材料，防止水泥、矿物掺合料受潮，防止外加剂受冻和暴晒，应按不同厂家、品种、强度等级分罐储存散装水泥；
 - 应在醒目位置对各种原材料信息进行标志，标志内容包括材料名称、产地规格、数量、进料时间、检验状态、试验报告编号等；
 - 安全、消防、环保设施应齐全有效，标志规范、醒目。
- 8.2.8 混凝土拌和站验收合格后可投产。

8.3 混凝土配合比

8.3.1 混凝土的配合比应根据设计使用年限、环境条件和施工工艺等，通过试配、调整、试件检测和试浇筑等步骤选定，并宜充分考虑原材料、施工工艺、环境条件可能出现的变化，选定备用配合比。混凝土配合比选定试验的检验项目及试验方法应符合表 14 的规定，计算项目及计算方法应符合表 15 的规定。

表14 混凝土配合比选定试验的检验项目及试验方法

序号	检验项目	试验方法
1	坍落度	GB/T 50080
2	泌水率	GB/T 50080
3	凝结时间	GB/T 50080
4	抗压强度	GB/T 50081
5	含气量	GB/T 50080
6	电通量	GB/T 50082
7	氯离子扩散系数 ^a	GB/T 50082
8	抗渗等级 ^b	GB/T 50082
^a 为仅针对处于氯盐环境的混凝土的检验项目。		
^b 为仅针对隧道衬砌混凝土的检验项目。		

表15 混凝土配合比选定试验的计算项目及计算方法

序号	计算项目	计算方法
1	碱含量	每立方混凝土中水泥、矿物掺合料、外加剂及水的碱含量之和
2	SO ₃ 含量	每立方混凝土中水泥、矿物掺合料、外加剂及水的SO ₃ 含量之和
3	氯离子含量	每立方混凝土中水泥、矿物掺合料、粗骨料、细骨料、外加剂及水的氯离子含量之和

8.3.2 硫酸盐化学侵蚀环境下，按 TB 10005—2010 中附录 A 的检测方法检测混凝土胶凝材料的抗硫酸盐侵蚀系数，应不低于 0.80。

8.3.3 盐类结晶破坏环境下，混凝土的气泡间距系数应小于 300 μm（按 TB 10005—2010 检验），且混凝土抗盐类结晶破坏性能应满足表 16 的要求。

表16 盐类结晶破坏环境下混凝土抗硫酸盐结晶破坏的性能

评价指标	环境作用等级	设计使用年限		
		100 年	60 年	30 年
抗硫酸盐结晶破坏等级	Y1	≥KS90	≥KS60	≥KS60
	Y2	≥KS120	≥KS90	≥KS90
	Y3	≥KS150	≥KS120	≥KS120
	Y4	≥KS150	≥KS120	≥KS120
注：当混凝土抗压强度的设计龄期为28 d和56 d时，混凝土抗硫酸盐结晶破坏等级的评定龄期为56 d；当混凝土抗压强度设计龄期为90 d时，混凝土抗硫酸盐结晶破坏等级的评定龄期为90 d。				

8.3.4 冻融破坏环境下，混凝土的气泡间距系数应小于 300 μm（按 TB 10005—2010 检验），且混凝土的抗冻性能应满足表 17 的要求。

表17 冻融破坏环境下混凝土的性能

评价指标	环境作用等级	设计使用年限		
		100 年	60 年	30 年
抗冻等级	D1	≥F300	≥F250	≥F200
	D2	≥F350	≥F300	≥F250
	D3	≥F400	≥F350	≥F300
	D4	≥F450	≥F400	≥F350
注：当混凝土抗压强度的设计龄期为28 d和56 d时，混凝土抗冻等级的评定龄期为56 d；当混凝土抗压强度设计龄期为90 d时，混凝土抗冻等级的评定龄期为90 d。				

8.3.5 氯盐环境下，混凝土的护筋性技术要求应通过特定试验研究确定。

8.3.6 腐蚀环境下，混凝土的耐磨性技术要求应通过特定研究确定。

8.3.7 当设计有特殊要求时，混凝土的抗裂性技术要求应通过特定试验研究确定。

8.3.8 当施工工艺及环境条件未发生明显变化，原材料的品质在合格的基础上发生波动时，可对混凝土

土外加剂用量、粗骨料分级比例、砂率进行适当调整，调整后混凝土的拌合物性能应与理论配合比一致。

8.4 混凝土搅拌

- 8.4.1 搅拌混凝土前，应测定粗、细骨料的含水率，及时调整施工配合比。每工班至少抽测 1 次，雨天应增加抽测次数。
- 8.4.2 搅拌混凝土应采用强制式搅拌机，计量器具应定期检定。搅拌机经大修、中修或迁移至新的地点后，应对计量器具重新进行检定。
- 8.4.3 应按照批准的施工配合比准确称量混凝土原材料，其允许偏差（按质量计）应符合表 18 的规定。

表18 混凝土原材料称量允许偏差

序号	项目	允许偏差/%
1	砂、石	≤2
2	水、水泥	≤1
3	外加剂	≤1
4	粉煤灰、矿粉	≤1

- 8.4.4 混凝土原材料计量后，宜先向搅拌机投入骨料、水泥和矿物掺合料，搅拌均匀后，加水 and 外加剂，直至搅拌均匀为止。
- 8.4.5 混凝土的搅拌时间为全部材料装入搅拌机开始至搅拌结束所用时间，混凝土延续搅拌时间应根据配合比和搅拌设备情况通过试验确定，但最短搅拌时间不宜少于 2 min。
- 8.4.6 混凝土浇筑前应进行坍落度的检测，并目测检查混凝土黏聚性和保水性，混凝土拌合物性能的试验方法应符合 GB/T 50080 的规定。

8.5 混凝土运输

- 8.5.1 采用专用运输料斗，由轨道或运输车运送至振动室或浇筑地点进行浇筑。装运混凝土前，应清除混凝土料斗内的积水以及内壁粘附的混凝土。
- 8.5.2 用轨道和混凝土料斗运输混凝土时，混凝土料斗出口到承接面间的高度不应大于 2 m，混凝土料斗底部的卸料口应开启方便并不漏浆。采用运输车运输时，运输道路平顺，以免混凝土拌合物因车振动而发生离析。

8.6 混凝土入模

- 8.6.1 混凝土浇筑前应检查模具组合、保护层垫块位置、预埋件紧固情况，确保钢筋保护层。
- 8.6.2 气温较高时混凝土入模温度不宜超过 30℃，当室外气温连续 3 d 低于 5℃或最低气温低于 0℃时，应按冬期施工处理，混凝土入模温度不应低于 5℃。
- 8.6.3 混凝土衬砌管片浇筑采用附着式气动高频振捣器或振动台振捣，分层浇筑。混凝土下料后开启振动器，模具不允许空振。
- 8.6.4 应保证混凝土连续成型，混凝土从模具中部集中浇筑，利用混凝土流动性使混凝土充满整个模具。振动时间以混凝土表面停止沉落或沉落不明显、混凝土表面起泡不再显著发生、混凝土将模具边角部位充实表面有灰浆泛出时为宜，每次振动时间根据每块管片混凝土用量来计算，制定合适的振捣时间，不应漏振或过振。大直径管片在放料振捣过程中应使用振捣棒辅助配合。
- 8.6.5 成型后的管片外弧面混凝土抹面时间以管片外弧面混凝土表面达到初凝来控制。成型结束后，使用刮板沿着模具外弧面刮除多余的混凝土，使外弧面沿模具弧度平整，并压实压光，抹面时不应洒水、

过度扰动混凝土，造成隆起。

8.6.6 成型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，应立即停止浇筑、振捣，尽快在已浇筑混凝土凝结前修正好。

8.6.7 管片经初、中、终抹面后，应及时覆盖塑料薄膜，管片不宜出现失水龟裂。

8.6.8 每次浇筑混凝土后应将模具外表面清理干净。

8.7 混凝土蒸汽养护

8.7.1 混凝土采用蒸汽养护时，应经试验确定混凝土养护制度，管片混凝土应进行预养护，静停温度不应低于 5℃，静停时间不应小于 1h。混凝土升温速率不应超过 15℃/h，降温速度不宜超过 20℃/h，升温、降温阶段应控制在 20℃~25℃，恒温时间应根据拆模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件通过试验确定。

8.7.2 混凝土蒸汽养护期间，混凝土芯部与表面、表面温度与环境温度之差不应超过 20℃，养护水温度与混凝土表面温度之差不应大于 20℃。

8.7.3 蒸汽养护的设施应完好无损，配有可有效控制各个区域温度的温控系统。

8.7.4 管片在未脱模前混凝土表面上的塑料薄膜不应揭开，以保证混凝土表面的温湿度。管片在冬期拆模后，应及时覆盖保温篷布。

8.8 混凝土拆模

8.8.1 管片成型后以同条件养护的试块的抗压强度达到脱模强度后可脱模、吊运。出模后当管片表面温度与环境温差大于 20℃时，管片应在室内车间进行降温，防止风吹，直至管片表面温度与环境温差小于或等于 20℃，此时方可进入下一道工序。同时降温速率不应大于 20℃/h。

8.8.2 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 20 MPa。

8.8.3 管片脱模前应根据模具使用的规定，先拆卸侧板，再拆端板，脱模时不应硬撬硬敲。

8.8.4 管片脱模起吊采用真空吸盘或专用吊具，应平衡起吊，不允许单侧或强行起吊。起吊时吊具和钢丝绳保持垂直，管片脱模后到翻转过程中不宜受到冲击。

8.9 管片标识

8.9.1 在管片的内弧面、侧面或端面喷涂标识。标记内容应包括：管片标记、管片编号、生产日期、类型等其他要求的标识。每一环管片应独立编号。

8.9.2 管片标识应清晰易识别、整齐、美观，不应涂改，且在施工现场组装结束前不应消失。

8.10 修补

8.10.1 管片损坏、质量有一般缺陷时，应及时进行修补。

8.10.2 对深度大于 2 mm、直径大于 3 mm 的气泡、水泡孔、蜂窝、麻面和宽度不大于 0.2 mm 的表面干缩裂纹修补后，应打磨平整。

8.10.3 破损深度不大于 20 mm、宽度不大于 10 mm 时，用环氧砂浆修补打磨处理。

8.10.4 破损深度大于 20 mm、宽度大于 10 mm 的磕碰、掉角等破损较大的部位要植入钢钉进行修补，分两次修补，修补部位应平整、无色差。

8.10.5 管片修补时，修补材料的抗拉强度和抗压强度均不应低于管片设计强度。

8.10.6 修补完成后应对修补及时进行养护。

8.11 后期养护

8.11.1 脱模后的管片经标识后进入后期养护。后期养护宜采用水中养护、喷淋养护或养护剂进行养护，以减少混凝土失水导致管片干缩开裂。

8.11.2 采用水中养护方式时，管片应全部浸没，养护时间不少于 7 d。管片混凝土内外温差、管片温度与水温度相差不应超过 20℃，管片可进入养护池进行水中养护。

8.11.3 采用喷淋养护方式时，应采用纤维织物遮盖后进行喷淋或采用自动喷淋设施。依据气温不同确定每天的喷淋次数，喷淋应保证表面混凝土湿透、混凝土处于湿润状态，喷淋养护时间不少于 7 d。

8.11.4 采用喷养护剂养护方式时，管片脱模后宜尽快进行养护剂喷涂。养护剂的用量依说明书或现场试验确定。

8.12 管片储存和运输

8.12.1 管片应按型号分类堆放，堆放场地应坚实平整。管片堆放前应对堆放场地进行地基承载力计算，场地应进行必要的地基处理和表面硬化，确保堆放管片稳定，控制沉降，避免堆放的管片出现倾斜滑落现象。

8.12.2 管片可采用侧面立放或内弧面向上平放，管片之间应使用垫木分隔，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超过 5 层或侧面立放超过 3 层时应进行受力验算。

8.12.3 管片在吊装过程中应采取适当的防护措施且不应让油类、泥等污损管片。

8.12.4 管片应选择适当的贮存场所和贮存方法，贮存过程中不应产生异常应力、有害的裂纹或永久性变形等。

8.12.5 管片运输时应放在支垫物上，层与层之间用垫木隔开，每层支撑点应在同一平面上，各层支垫物在同一直线上。运输中应保持平衡行驶。

8.13 管片质量抽样检验

管片的检验，应合理划分检验批次，管片质量抽样检验数量及试验方法应符合表19的规定。

表19 管片质量抽样检验数量及试验方法

序号	检验项目	抽样检验数量	试验方法
1	混凝土构件强度	采用回弹法，回弹法抽检数量不少于同一检验批次管片总数的 5%	按 JGJ/T 23 的规定执行
2	混凝土抗压强度	每工班或每 10 环同配比混凝土，取样不应少于 1 次，每次至少成型 3 组，1 组同条件试块用于检验脱模强度，1 组同条件试块用于检验出厂强度，1 组标准养护的试块用于检验评定混凝土 28 d 抗压强度	按 GB/T 50081 的规定执行
3	混凝土抗渗等级	直径 8 m 以下隧道，同配比的混凝土每 30 环留置抗渗试件 1 组 直径 8 m 以上隧道，同配比的混凝土每 10 环留置抗渗试件 1 组	按 GB/T 50082 的规定执行
4	外观质量	每 1000 环抽检 1 环，不足 1000 环按 1000 环计	按附录 A 的规定执行
5	尺寸偏差	每 1000 环抽检 1 环，不足 1000 环按 1000 环计	按附录 A 的规定执行
6	水平拼装	每 1000 环抽检 2 环~3 环进行拼装，不足 1000 环按 1000 环计	按附录 B 的规定执行

表19 管片质量抽样检验数量及试验方法（续）

序号	检验项目	抽样检验数量	试验方法
7	检漏试验	每生产50环应抽查1块管片做检漏测试，连续3次达到检测标准，则改为每生产100环应抽查1块管片，再连续3次达到检测标准，最终检测频率为每生产200环抽查1块管片做检漏测试。如果出现1次检测不达标，则恢复每生产50环抽查1块管片做检漏测试的最初检测频率，再按上述要求进行抽检	按附录C的规定执行
8	抗弯试验	根据设计方案确定批量、抽样及复检数量；当设计无明确时，应按每1000环抽检1块，不足1000环按1000环计	按附录D的规定执行
9	抗拔试验		按附录E的规定执行

9 冬期施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 混凝土衬砌管片预制工程应在充分优化施工组织的基础上，科学确定冬期施工内容，严格控制冬期施工范围。凡通过优化施工组织可以满足工期要求的，不应安排冬期施工。
- 9.1.2 当室外日平均气温连续3d低于5℃或最低气温低于0℃时，混凝土施工应按冬期施工办理。
- 9.1.3 冬期施工前，应收集当地气象台（站）历年气象资料，建立观测制度，及时掌握气象变化情况，必要时设置工地气象观测点，落实有关工程材料、保温材料、能源和机具设备，并对有关人员进行技术交底和培训。
- 9.1.4 冬期施工前，应编制详细的冬期施工方案及技术措施，必要时进行施工工艺试验验证。
- 9.1.5 混凝土工程冬期施工期间，应采取有效的防火、防滑等安全保证措施。
- 9.1.6 混凝土工程冬期施工除应符合本章规定外，还应符合本文件的其他相关规定。

9.2 混凝土施工

- 9.2.1 冬期混凝土配合比宜考虑施工期间环境气温、原材料、养护方法及混凝土性能要求等因素，必要时对配合比进行试验调整。混凝土宜选用较低的水胶比和较小的坍落度，并严格控制泌水和坍落度损失，保证低温下的早期强度满足要求。
- 9.2.2 冬期混凝土施工应定期检测水、外加剂及骨料加入搅拌机时的温度和搅拌机棚的环境温度，以及混凝土拌和、浇筑、养护时的环境温度，每个工作班至少检测4次。
- 9.2.3 搅拌混凝土前，应先经过热工计算，并经试拌确定水和骨料需要预热的最高温度，保证混凝土的出机温度不低于10℃，入模温度不低于5℃。
- 9.2.4 混凝土原材料预热应符合下列规定：
- 水泥、矿物掺合料、外加剂等宜运入暖棚进行自然预热，不应直接加热；
 - 需要对水和骨料进行加热处理时，骨料的加热温度不宜高于40℃，水的加热温度不宜高于60℃；
 - 拌制的混凝土出现坍落度偏小或发生速凝现象时，应重新调整拌合料的加热温度。
- 9.2.5 骨料中不应混有冰雪、冻块及易被冻裂的矿物质。

10 夏期施工

10.1 一般规定

- 10.1.1 当室外日平均气温高于 30 °C 时，混凝土工程的施工应按夏期高温施工办理。
- 10.1.2 夏期施工宜考虑原材料温度、环境温度、混凝土运输方式与时间对混凝土初凝时间，坍落度损失等性能指标的影响。必要时应根据现场环境条件进行配合比调整，并进行施工验证。
- 10.1.3 砂石料仓应排水畅通，运输工具应有防雨及防滑措施。
- 10.1.4 高温与雨期混凝土工程施工除应符合本章规定外，还应符合本文件的其他相关规定。

10.2 高温施工

10.2.1 混凝土夏期高温施工中，对原材料的要求如下：

- a) 应对水泥、砂、石的储存仓、料堆等进行遮阳防晒处理，或在砂石料堆上喷水降温，降低原材料进入搅拌机的温度；
- b) 应采用冷却装置冷却拌合水，并对水管及水箱加遮阳和隔热设施，或在拌合水中加碎冰冷却，碎冰应作为拌合水进行质量控制和计量。

10.2.2 混凝土施工过程中的其他要求如下：

- a) 混凝土配合比设计中宜考虑坍落度损失，根据气温适当增加坍落度；
- b) 水泥进入搅拌机的温度不宜大于 40 °C。在混凝土搅拌均匀的前提下，宜尽量缩短搅拌时间；
- c) 混凝土从搅拌到入模的时间及浇筑时间应缩短，并宜尽快开始养护；
- d) 混凝土浇筑完毕后的表面平整或抹面宜尽快完成。

10.2.3 车间应有降温措施，可在车间顶部安装换气设备，降低车间温度，也可在各施工工位尤其是静养棚内增设大功率风机，形成气流对流降低温度。

附 录 A
(规范性)
外观质量、尺寸偏差检测

A.1 外观质量

当管片表面出现缺棱掉角、混凝土剥落以及宽度0.1 mm~0.2 mm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GB/T 22082—2017的要求。外观质量和尺寸偏差每生产1000环抽检1次，不足1000环抽检不少于1次。外观质量要求见表A.1。

表A.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	拼接面方向长度不超过密封槽、且宽度小于 0.20 mm
3	非贯穿性裂缝	B	内表面不准许，外表面裂缝宽度不超过 0.20 mm
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	表面麻面、粘皮、蜂窝总面积不大于表面积 的 5%。允许修补
7	疏松、夹渣	B	不准许
8	缺棱掉角、飞边	B	不准许，允许修补
9	环、纵向螺栓孔	B	畅通、内圆面平整，不应有塌孔
注：由于水泥砂浆表面收缩引起的收缩裂纹不是裂纹。			

A.2 尺寸偏差

管片的尺寸允许偏差应符合表A.2的规定。

表A.2 尺寸允许偏差

序号	项目	项目类别	允许偏差/mm
1	宽度	A	±1
2	厚度	A	-1~+3
3	钢筋保护层厚度	B	±5
4	弧长	A	±1

A.3 检验方法与检验工具

外观质量、尺寸偏差的检验方法与检验工具见表A.3。

表A.3 检验方法与检验工具

序号	检验项目		检验方法	量具分度值/mm
1	外观质量	贯穿裂缝	用 80 倍读数放大镜测量，精确至 0.01 mm	0.01
2		拼接面裂缝	用 80 倍读数放大镜测量，精确至 0.01 mm	0.01

表A.3 检验方法与检验工具（续）

序号	检验项目		检验方法	量具分度值/mm
3	外观质量	非贯穿性裂缝	用 80 倍读数放大镜测量，精确至 0.01 mm	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 1 mm	≤1
7		疏松、夹渣	观察	—
8		缺棱掉角、飞边	目测，用螺栓孔进行试验	—
9		环、纵向螺栓孔	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 0.1 mm	≤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 0.1 mm	≤0.05
12		钢筋保护层厚度	用钢筋保护层厚度测定仪测量，在内弧面和外弧面各测三个点，精确至 1 mm。有争议时通过凿开混凝土保护层深度游标卡尺进行	≤1

A.4 判定规则

A.4.1 混凝土抗压强度

28 d混凝土抗压强度应按GB/T 50107的要求检验与评定。

A.4.2 外观质量

A.4.2.1 受检样品中，项目所有检查点全部合格为单项合格。

A.4.2.2 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。

A.4.3 尺寸偏差

A.4.3.1 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。

A.4.3.2 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。

A.5 总判定

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差均符合要求时，则判该批产品为合格。

附 录 B
(规范性)
管片水平拼装检测

B.1 适用范围

用于管片的水平拼装试验，包括试验用仪器设备的技术要求和试验结果处理，以测定管片和模具尺寸。

B.2 试件

按规定抽样的样品。

B.3 试验仪器设备

包括：管片拼装平台、水平拼装架、水平支座、吊装设备、水平尺、塞尺、钢卷尺、管片吊具、连接螺栓、紧固板手。

B.4 试验方法

B.4.1 在根据管片环内径管片水平拼装平台中心划一圆，把水平支座沿圆周放置。确定好要拼装环的位置，确定拼装顺序，相应定位水平调节支座，每片2个~3个。

B.4.2 吊放一A块于两支座上，用水平尺测水平，用调节支座调水平；放垂线，测调垂直度；调整后，吊第二块拼到其旁，测调水平，用直板尺观察两管片内弧是否为一弧线，并测缝宽是否符合标准调整后上横向螺栓，放下封顶块。

B.4.3 拼成环后用钢卷尺检测成环直径，符合要求收紧连接螺栓。否则应进一步微调管片位置姿态，直至满足要求。

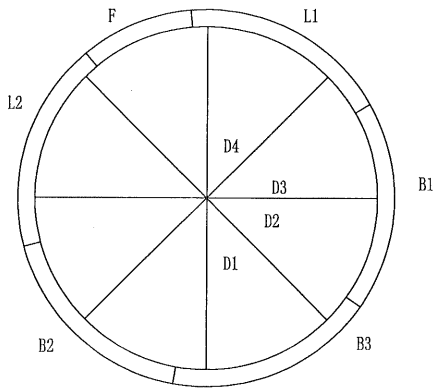
B.4.4 拼好第一环后安装第一层拼装架，接着拼装第二环，与底环的位置相对应，并依首环拼装步骤进行。

B.4.5 拼好第二环后安装第二层拼装架；然后拼装第三环，拼装时注意测水平和测调垂直度。

B.5 量测方法

B.5.1 每环管片拼装完成后，分别采用钢卷尺和塞尺检测管片环内外径以及纵、环向管片直接接触面的缝隙宽度，同时用插钢丝的方法检测螺栓与孔间隙。

B.5.2 管片内外环直径的测量点设置在环向间隔45°的四个方向上，每环内外直径测点数量各4点。纵、环向缝间隙每环各测量6点，即每块测量纵环向缝间隙各1点，取每块管片纵环向缝间隙最大处测量。见图B.1。



标引序号说明：
B1～B3——标准块；
L1、L2——邻接块；
F——封顶块；
D1～D4——4个测量方向。

图B.1 管片内外径测点示意图

B.6 试验结果允许偏差

拼装允许误差及检验要求见表B.1。

表B.1 拼装允许误差及检验要求一览表

测量项目	误差/mm	检测要求	检测方法
环向缝间隙	≤ 2.0	每环测 6 点	塞尺量
纵向缝间隙	≤ 2.0	每条缝测 3 点	塞尺量
成环后内径	± 10	每环测 4 点	钢卷尺
成环后外径	± 10	每环测 4 点	钢卷尺

B.7 判定规则

受检样品中超差点不超过检查点的20%为该项合格，四项全部合格则判定该批产品的水平拼装合格。

附录 C
(规范性)
管片检漏试验

C.1 适用范围

适用于管片的检漏试验，包括试验仪器设备的技术要求和试验结果评定等。

C.2 试件

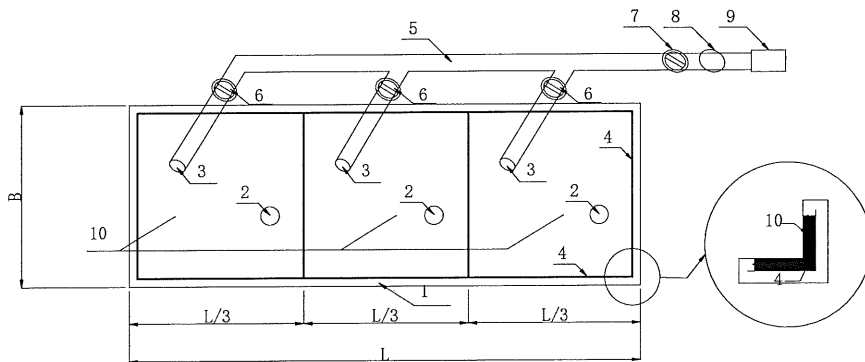
按规定抽样的样品。

C.3 试验仪器设备

C.3.1 检漏试验架

用于固定试件的支承座，应采用刚性支座，紧固螺杆及试验架钢板应有足够的刚度。密封面与管片应能紧密接触，结合处应采用橡胶密封垫密封。进水口应分布在承压水压面的中心线上。

密封面积根据设计要求选取管片外弧面的任意三分之一面积区域，见图C.1。



标引序号说明：

- 1——管片；
- 2——泄压排水孔；
- 3——加压进水孔；
- 4——橡胶密封垫；
- 5——进水管；
- 6——阀门；
- 7——总阀门；
- 8——压力表；
- 9——加压水泵；
- 10——检验区域；
- L——管片跨度。

图C.1 渗漏检验示意图

附录 D
(规范性)
管片抗弯性能试验

D.1 适用范围

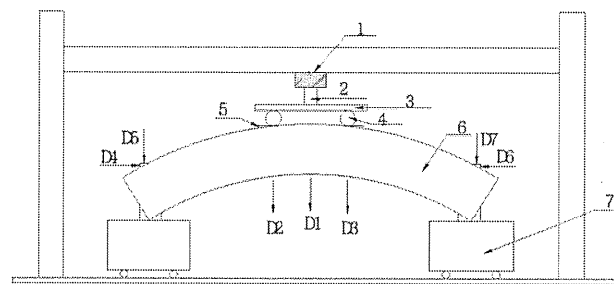
用于管片的抗弯性能试验，包括试验用仪器设备的技术要求和试验结果处理，以测定裂缝荷载和破坏荷载值，并在荷重下对管片的挠度和水平位移进行测试。

D.2 试件

按规定抽样的样品。

D.3 试验仪器设备

用于固定试件的反力试验架最大承载能力应满足试验要求。试验装置示意图见图D.1，水平位移测试点示意图见图D.2。



标引序号说明：

1——加荷垫块；

2——千斤顶；

3——分配梁；

4——圆钢；

5——橡胶垫；

6——管片；

7——活动小车；

D1——中心点的位移；

D2、D3——荷载点位移；

D4~D7——支点对应处的位移。

图D.1 抗弯性能试验装置示意图

C.3.2 仪器

试验用仪器的技术要求见表C.1，压力表应按规定期限进行检定。

表C.1 检漏试验仪器技术要求

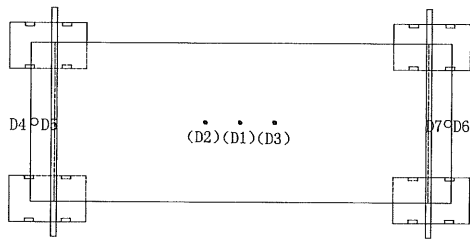
仪器名称	技术指标		
	量程	分度值	精度
压力表	2.5 MPa	0.05 MPa	1.6 级
电子秒表	>2 h	≤1 s	——
加压表	能保证均匀加压		

C.4 试验方法

- C.4.1 将管片平稳安放在试验架上，检查密封橡胶垫是否紧贴在管片外弧面上，密封橡胶垫距管片边缘的距离为50 mm。
- C.4.2 为防止紧固横杆时损坏管片，试验时在管片内弧面轴线上垫上三条橡胶条，中间一条，边沿各一条。
- C.4.3 在管片内弧面宽度方向压上紧固横杆，用螺栓与下支承座上的紧固横杆连接，从中间开始向二边收紧。
- C.4.4 打开放气阀门，然后接通进水阀，注入自来水，当排气孔中排出水后，关闭排气阀，启动加压泵，按0.05 MPa/min的加压速度，加压到0.2 MPa，恒压10 min，检查管片是否有渗漏水现象，观察侧面渗透高度，作好记录。
- C.4.5 继续加压至0.4 MPa、0.6 MPa、0.8 MPa直至加压到设计抗渗压力，每级恒压时间10 min，恒压2 h，检查管片是否有渗漏水现象，观察侧面渗透高度，作好记录。

C.5 结果评定

在设计检漏试验压力的条件下，恒压2 h，不应出现漏水现象，渗水深度不应大于50 mm。



标引序号说明：
D1——中心点的位移；
D2、D3——荷载点位移；
D4~D7——支点对应处的位移。

图D.2 抗弯性能试验位移测试点示意

D.4 试验方法

- D.4.1 将管片平稳的安放在试验架上，在加载点上垫上厚度20 mm的橡胶垫。
- D.4.2 采用千斤顶分配梁系统加荷，加荷点标距900 mm或设计确定。加压棒的长度应能覆盖管片全宽度，支撑管片两端的小车可沿轨道梁滚动。
- D.4.3 采用分级加荷法，根据设计荷载以及构件的裂缝开展情况进行分级施加。分级加载值应符合表D.1的规定。每级加荷完成后，持荷5 min，加载至设计荷载值时应持荷30 min，记录各测试仪表显示的数据，同时观察管片是否产生裂缝，若裂缝发生后，持荷时间可适当延长，用读数显微镜仔细观察裂缝的发展及分布情况，记录裂缝开展情况和最大裂缝宽度。加载至设计荷载持荷结束后可以卸载，终止检验。如需继续检验，则按设计荷载的5%级差加荷，每级持荷5 min，直至破坏。

表D.1 抗弯性能检测加载值

荷载值	分级						
	一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
分级加载值 设计荷载值	20%	20%	20%	20%	10%	5%	5%
累计加载值 设计荷载值	20%	40%	60%	80%	90%	95%	100%
注：当加载至测试仪显示数据不再上升时，以此级荷载值为最终破坏荷载，并记录最大裂缝宽度。							

- D.4.4 位移观测设置点要求如下：
- a) 水平位移测点：设于管片外弧面上近端面处位置；
 - b) 垂直位移测点：设于管片内弧面的中点和两个荷载作用点位置处及管片外弧面上近端面处位置；
 - c) 各测点均设百分表，用专用支架固定；
 - d) 裂缝宽度观测。
- 注：用精度为0.01 mm的读数显微镜观测管片底面的最大裂缝宽度。

D.4.5 试验记录及试验结果

记录试验过程的原始数据，包括每级荷载的加荷时间、位移观测值，裂缝出现时的裂缝宽度及其后各级荷载下最大裂缝宽度，及出现破坏时的特征，破坏后各裂缝的位置等。

记录每一次加荷后的位移变量，并按公式（D.1）～公式（D.3）计算各点位移：

$$L_{\text{中}} = D_1 - \frac{(D_5 + D_7)}{2} \dots\dots\dots (D. 1)$$

式中：

$L_{\text{中}}$ ——中心点位移，单位为毫米（mm）；

D_1 ——中心点竖向测量位移，单位为毫米（mm）；

D_5 、 D_7 ——端部中点竖向测量位移（mm）。

$$L_{\text{荷}} = \frac{(D_2 + D_3)}{2} - \frac{(D_5 + D_7)}{2} \dots\dots\dots (D. 2)$$

式中：

$L_{\text{荷}}$ ——荷载点位移，单位为毫米（mm）；

D_2 、 D_3 ——荷载点竖向测量位移，单位为毫米（mm）；

D_5 、 D_7 ——端部中点竖向测量位移（mm）。

$$L_{\text{平}} = \frac{(D_4 + D_6)}{2} \dots\dots\dots (D. 3)$$

式中：

$L_{\text{平}}$ ——水平点位移，单位为毫米（mm）；

D_4 、 D_6 ——端部中点水平测量位移（mm）。

计算出结果后，根据位移变量绘制各中心点、荷载点、水平点的位移——荷载曲线图。

D. 4. 6 当出现下列情况之一时，检验失效，应重新检验，并应以重新检验结果为准：

- a) 位移变量曲线出现异常突变；
- b) 管片在加载点处出现局部破坏。

附录 E (规范性) 管片抗拔性能试验

E.1 适用范围

用于管片的抗拔性能试验，包括试验用仪器设备的技术要求和试验结果处理，以测定管片吊装孔螺栓最大抗拔力，测定其抗拔性能。

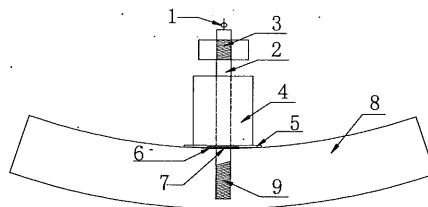
E.2 试件

按规定抽样的样品。

E.3 试验仪器设备

E.3.1 试验反力架

管片采用穿心式张拉千斤顶进行吊装孔的预埋件抗拔性能，用于固定试件的反力试验架的最大承载能力应满足试验要求。试验装置示意图见图E.1。



标引序号说明：

- 1——位移测点；
- 2——螺杆；
- 3——螺母；
- 4——穿心式千斤顶；
- 5——钢板；
- 6——橡胶垫；
- 7——细砂；
- 8——管片；
- 9——吊装孔。

图E.1 管片注浆孔预埋件抗拔试验装置图

E.3.2 其他设备

其他所需设备如下：

- a) 千斤顶；
- b) 支承钢板及橡胶垫片（边长 300 mm，中间开孔，直径 90 mm）；
- c) 百分表（量程 0 mm~30 mm、分度值 0.01 mm/精度 1 级），百分表固定支架等；
- d) 千斤顶及百分表均经过计量检定合格，并在有效期内；

- e) 电子秒表，量程大于 2 h，分度值 1 s，精度 1 s。

E.4 试验方法

E.4.1 将管片平稳安放在试验架上，将拉力螺栓杆旋入灌浆孔中，检查螺栓的旋入深度及垂直度。

E.4.2 将拉力螺栓杆与千斤顶连接；橡胶垫厚度及承压钢板厚度不应小于 10 mm，管片内弧面与橡胶垫之间的间隙应填细砂找平。

E.4.3 安装测力传感器，开始加载测试。

E.4.4 荷载分级和持续时间。管片抗拔性能检验采用分级加载方式：先按设计荷载的 20% 级差加荷至设计荷载的 80%，再按设计荷载的 10% 级差加荷至设计荷载的 90%，继续按设计荷载的 5% 级差加荷至设计荷载，每级保持加荷荷载时间 5 min，加荷至设计荷载值时应持荷 30 min。加荷过程中每一级持荷结束后均应记录每级荷载值下的灌浆孔螺栓的位移量，记录裂缝开展情况和最大裂缝宽度。加荷至设计荷载持荷结束后可以卸载，终止检验。如需继续检验，则按设计荷载的 5% 级差加荷，每级保持加荷荷载时间 5 min，直至破坏。

E.4.5 最大抗拔力。当位移突然增大传感器读数不再增加、螺栓周围混凝土破坏时的荷载即为最大抗拔力。
