

ICS 91.100.30  
Q 14

JC

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2126.8—××××

水泥制品工艺技术规范  
第 8 部分：预制混凝土箱涵

Process technology code of practice for cement products—

Part 8: Precast concrete box culvert

（征求意见稿）

（本稿完成日期：2024 年 8 月）

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	4
4 生产工艺流程 .....	4
5 原材料及配套材料选用 .....	4
5.1 水泥 .....	4
5.2 骨料 .....	5
5.3 水 .....	5
5.4 外加剂 .....	5
5.5 掺合料 .....	5
5.6 钢材 .....	5
5.7 纤维 .....	6
5.8 接口密封材料 .....	6
5.9 衬垫板 .....	7
5.10 原材料及配套材料质量控制 .....	7
6 生产工艺要求 .....	8
6.1 钢筋骨架制作 .....	8
6.2 混凝土制备 .....	10
6.3 模具要求及组装 .....	11
6.4 箱涵成型 .....	11
6.5 养护 .....	14
6.6 脱模、起吊与后期养护 .....	14
6.7 填充密封胶及防护处理 .....	15
6.8 成品检验 .....	15
6.9 标识、贮存、出厂与运输 .....	16
7 生产过程质量控制 .....	16
附录 A（规范性）生产过程关键质量控制点与控制指标 .....	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。

本文件是JC/T 2126《水泥制品工艺规程》的第8部分。JC/T 2126已经发布了以下部分：

- 第1部分：混凝土和钢筋混凝土排水管；
- 第2部分：预应力混凝土管；
- 第3部分：预应力钢筒混凝土管；
- 第4部分：自应力混凝土输水管；
- 第5部分：环形混凝土电杆；
- 第6部分：先张法预应力混凝土管桩；
- 第7部分：硅酸钙板/纤维水泥板。

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这些专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国水泥制品标准化技术委员会（SAC/TC 197）归口。

本文件负责起草单位：中国混凝土与水泥制品协会，…

本文件参加起草单位：…

本文件主要起草人：…

# 水泥制品工艺技术规程

## 第8部分：预制混凝土箱涵

### 1 范围

本文件规定了预制混凝土箱涵（以下简称“箱涵”）的生产工艺流程、原材料及配套材料选用、生产工艺要求和生产过程质量控制。

本文件适用于浇注振动成型工艺、芯模振动成型工艺生产的箱涵，采用其他工艺生产的箱涵可参照本文件执行。

### 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 1499.3 钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 1596—2017 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 5223.3 预应力混凝土用钢棒
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 13788 冷轧带肋钢筋
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 17431.1 轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料
- GB/T 18046—2017 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 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 38143 水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维
- GB/T 39147 混凝土用钢纤维
- GB/T 38112 管廊工程用预制混凝土制品试验方法
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理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 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准

- JC/T 881 混凝土接缝用建筑密封胶
- JC/T 2456 预制混凝土箱涵
- JC/T 2712—2022 预制混凝土箱涵成型模具
- JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
- JGJ 51 轻骨料混凝土技术规程
- JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JG/T 161 无粘结预应力钢绞线
- T/CBMF 46/T/CCPA 8 预制混凝土箱涵接口用密封材料

### 3 术语和定义

JC/T 2456 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 生产工艺流程

箱涵生产工艺流程见图1。

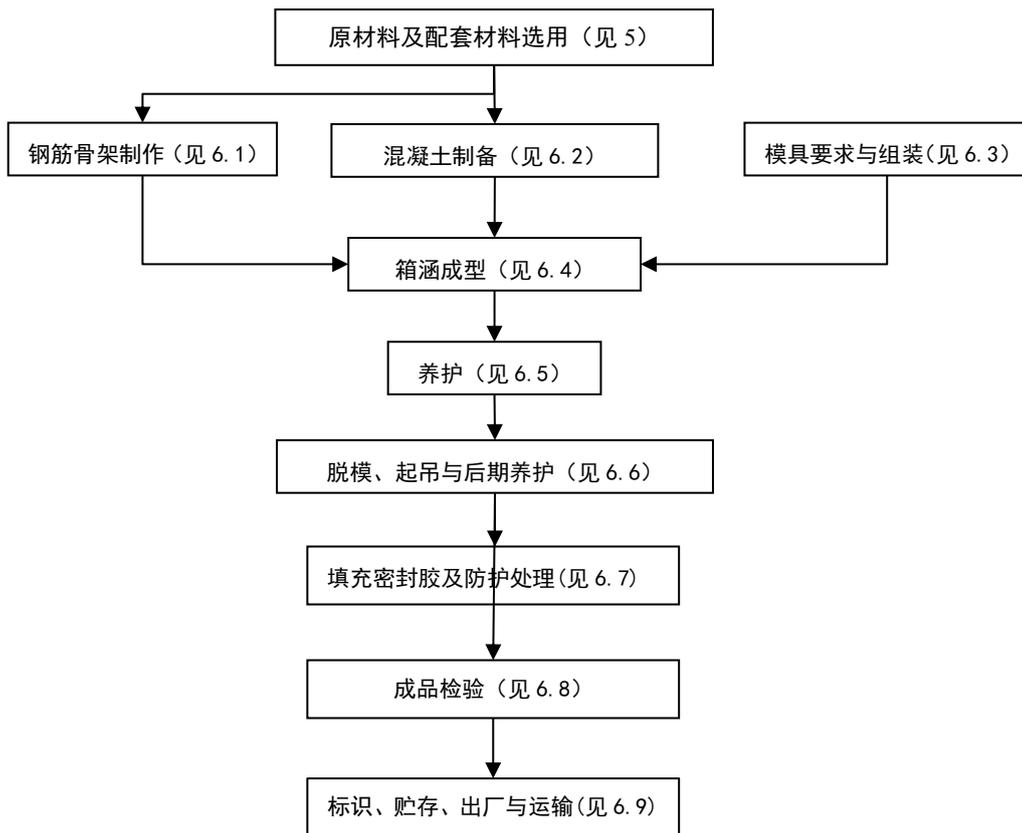


图 1 箱涵生产工艺流程图

### 5 原材料及配套材料选用

#### 5.1 水泥

5.1.1 宜采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。水泥性能指标应符合 GB 175 的规定。采用蒸汽养护方式时，所使用水泥的终凝时间不宜长于 6h。

5.1.2 不同厂商、不同品种、不同强度等级的水泥不得混用。

5.1.3 进厂水泥应有水泥生产厂提供的检验报告。企业应对胶砂强度、凝结时间、体积安定性和细度等主要性能指标进行检验。

5.1.4 水泥贮存期不宜超过 90d。超过 90d 贮存期或对质量有质疑时，应按 GB 175 规定进行复验，并按复验结果处理。

## 5.2 骨料

### 5.2.1 细骨料

5.2.1.1 细骨料宜采用细度模数为 3.3~2.3 的中粗砂，含泥量不宜大于 2%，其他性能指标应符合 GB/T 14684 的规定。

5.2.1.2 细骨料进厂应按标准规定进行检验，合格后方可使用。检验项目包括天然砂的含泥量及泥块含量、机制砂的亚甲蓝值、石粉含量及泥块含量和砂子颗粒级配。

### 5.2.2 粗骨料

5.2.2.1 粗骨料宜采用公称粒级 5.0mm~31.5mm 的碎石，最大粒径不应大于钢筋净间距的 3/4，含泥量不宜大于 1%，其他性能应符合 GB/T 14685 的规定。

5.2.2.2 粗骨料进厂应按标准规定进行检验，合格后方可使用。检验项目包括含泥量、泥块含量、压碎指标、针片状颗粒含量和颗粒级配。

5.2.2.3 轻骨料性能应符合 GB/T 17431.1 的规定，轻骨料使用应符合 JGJ 51 的要求。

## 5.3 水

混凝土拌合用水应符合 JGJ 63 中钢筋混凝土用水的规定。

## 5.4 外加剂

5.4.1 根据需要选用合适的混凝土外加剂，其性能应符合 GB 8076 的规定，不得使用氯盐类或其他对钢筋有腐蚀作用的外加剂。当采用蒸汽养护时，应选用适合的外加剂。

5.4.2 混凝土外加剂使用前，应进行混凝土配合比试配试验，符合要求方可使用，外加剂的掺量由试验确定。

5.4.3 外加剂宜采用液体外加剂。采用粉状外加剂时，搅拌时间应至少延长 1min。

5.4.4 外加剂的使用应符合 GB 50119 的要求。

## 5.5 掺合料

5.5.1 拌制混凝土允许掺入适量的粉煤灰、矿渣粉、硅灰等矿物掺合料。其掺量应经试验确定。

5.5.2 粉煤灰应采用符合 GB/T 1596—2017 中的不低于 II 级 F 类要求的粉煤灰。

5.5.3 矿渣粉应采用符合 GB/T 18046—2017 中不低于 S95 级要求的矿渣粉。

5.5.4 硅灰应采用符合 GB/T 18736 的相应要求。

5.5.5 采用其他掺合料不得对产品产生有害影响，使用前应进行试验验证，并应符合相应标准要求。

## 5.6 钢材

### 5.6.1 钢筋

- 5.6.1.1 根据设计要求，选用相应品种、级别、规格的钢筋。
- 5.6.1.2 钢筋宜采用热轧带肋钢筋、热轧光圆钢筋、冷轧带肋钢筋，其性能应分别符合 GB/T 1499.2、GB/T 1499.1、GB/T 13788 的规定。
- 5.6.1.3 钢筋进厂的检验项目包括屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能。
- 5.6.1.4 箱涵之间的连接钢筋宜采用预应力混凝土用钢绞线或无粘结预应力钢绞线、预应力混凝土用钢棒、预应力混凝土用螺纹钢筋。其性能应分别符合 GB/T 5224、JG/T 161、GB/T 5223.3 和 GB/T 20065 的规定。
- 5.6.1.5 钢筋网片应符合 GB/T 1499.3 的规定。

### 5.6.2 钢板

- 5.6.2.1 箱涵的承、插口钢环用钢板应符合设计要求。
- 5.6.2.2 钢板级别不宜低于 Q235。其性能应符合 GB/T 3274 或 GB/T 1591 的规定。

### 5.7 纤维

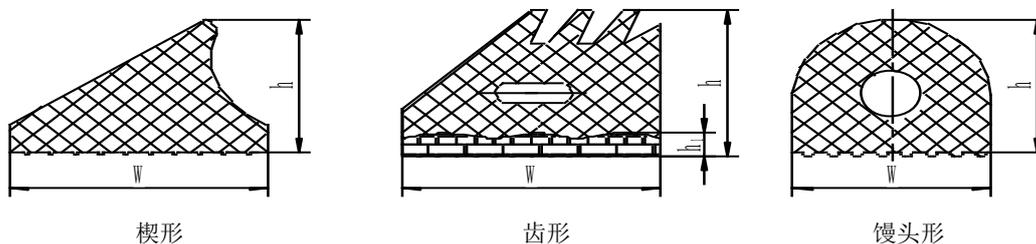
宜采用合成纤维、耐碱纤维、钢纤维，其性能应符合 GB/T 21120、GB/T 38143、GB/T 39147 的规定。

### 5.8 接口密封材料

接口密封材料按使用部位分为用于接口环向工作面的弹性橡胶密封圈、用于接口端面工作面的止水胶条、用于接口内壁和外壁的接缝密封胶。

#### 5.8.1 工作面弹性橡胶密封圈

- 5.8.1.1 弹性橡胶密封圈材质宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶、天然橡胶。
- 5.8.1.2 弹性橡胶密封圈的硬度、拉伸强度、拉断伸长率、压缩永久变形等性能指标应符合设计和 T/CBMF 46/T/CCPA 8 的有关规定，防霉等级优于二级，抗老化性能应符合箱涵使用寿命要求。
- 5.8.1.3 弹性橡胶密封圈压缩率应根据设计要求选用，弹性橡胶密封圈常用截面形状见图 1。



标引符号说明：  
 w——断面宽度；  
 h——断面高度；

图 1 弹性橡胶密封圈常用形状示意图

#### 5.8.2 止水胶条

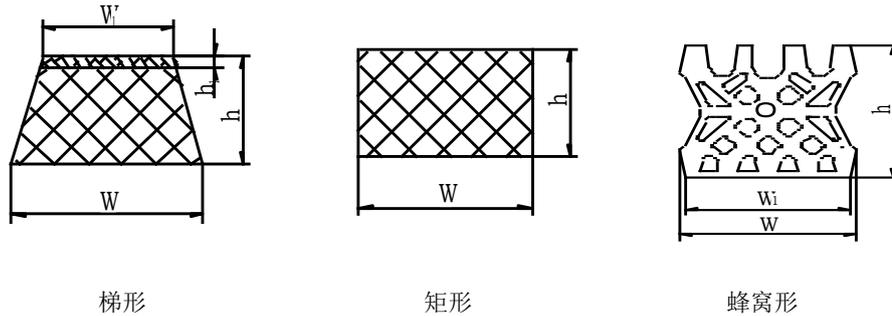
- 5.8.2.1 端面工作面的止水胶条宜采用遇水膨胀胶条、三元乙丙弹性橡胶密封垫和氯丁复合橡胶止水条。

5.8.2.2 遇水膨胀胶圈（条）的体积膨胀倍率、硬度、拉伸强度、拉断伸长率等性能指标应符合设计和 T/CBMF 46/T/CCPA 8 的有关规定，防霉等级优于二级，抗老化性能应符合箱涵使用寿命要求。

5.8.2.3 氯丁复合橡胶止水条的性能指标应符合设计要求和 T/CBMF 46/T/CCPA 8 的有关规定，防霉等级优于二级。

5.8.2.4 三元乙丙橡胶弹性密封垫的性能指标应符合设计要求和 GB18173.4 的有关规定，防霉等级优于二级。。

5.8.2.5 端面工作面止水胶条常用截面形状见 图 1。



标引符号说明：  
w——断面宽度；  
h——断面高度。

图 2 端面止水胶条常用形状示意图

5.8.3 密封胶（膏）

密封胶（膏）宜采用混凝土接缝用建筑密封胶，性能指标应符合设计和 JC/T 881 的有关规定，防霉等级优于二级。

5.9 衬垫板

顶进箱涵用衬垫板材质及厚度应符合设计要求，宜采用质地均匀、富有弹性的多层胶合板、天然木板、丁晴软木橡胶板，衬垫板厚度允许偏差为±2mm，衬垫板压缩后，应符合设计的压缩模量要求。

5.10 原材料及配套材料质量控制

进厂原材料及配套材料进厂应进行质量控制，主要原材料及配套材料的质量检验项目应满足表1的要求，合格后方能投入使用。

表 1 主要原材料及配套材料进厂质量检验项目

原材料品种	检验项目	质量控制指标
水泥	检查检验报告； 验证安定性、凝结时间、细度、抗折强度和抗压强度指标的符合性。	按 GB 175 等相关要求控制
细骨料	检验天然砂含泥量、泥块含量、细度模数； 检验机制亚甲蓝值、砂石粉含量、泥块含量、细度模数、颗粒级配。	按 5.2.1.1 的要求控制

粗骨料	检验含泥量、泥块含量、颗粒级配，使用不同产地的碎石时检验压碎值，设计有要求时进行针片状颗粒含量检验。	按 5.2.2.1 的要求控制
外加剂	检查质量证明文件（产品合格证、产品说明书、检验报告）； 验证 pH 值、含固量、密度、减水剂的减水率。	按 GB 8076 相关要求控制
掺合料	检查质量证明文件； 验证粉煤灰细度、需水量比、烧失量；验证矿渣粉比表面积、流动度比、密度。	按 5.5 的要求控制
钢筋	检查质量证明文件； 检验屈服强度、抗拉强度、延伸率、检测重量偏差。	按 GB/T 13788、GB/T 1499.2、 GB/T 1499.1 相关要求控制
钢板	检查质量证明文件； 验证钢板屈服强度、抗拉强度、延伸率，检测钢板厚度。	按 GB/T 3274 要求控制
纤维	检查质量证明文件； 验证抗拉（断裂）强度、延伸率、弹性模量等。	按 GB/T 21120、GB/T 38143、GB/T 39147 相关要求控制
橡胶密封圈	检查质量证明文件； 检验橡胶密封圈断面直径或高度、橡胶密封圈周长，验证橡胶密封圈出厂报告单中的材质性能指标的符合性。	按 5.8 的规定控制
衬垫板	检查质量证明文件； 检验衬垫板厚度，验证压缩模量。	按设计要求和 5.9 控制

## 6 生产工艺要求

### 6.1 钢筋骨架制作

#### 6.1.1 一般规定

6.1.1.1 钢筋骨架应按工程设计图纸要求或按结构设计计算确定。环向筋间距不应大于 200mm，纵向筋间距不应大于 300mm。钢筋骨架保护层厚度应符合设计要求。

6.1.1.2 钢筋骨架可采用自动焊接或人工焊接成型。当采用人工焊接成型时，焊点数量应大于总连接点数量的 50%，且均匀分布。

6.1.1.3 钢筋骨架应有足够的刚度，接点牢固，不得松散、倾斜和扭曲变形。

6.1.1.4 钢筋骨架宜安装保护层支撑，其材质可采用塑料或水泥砂浆垫块。

#### 6.1.2 钢筋加工

6.1.2.1 钢筋下料应符合设计要求，尺寸允许偏差应符合表 2 规定。

表 2 钢筋加工尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项目	允许偏差
1	受力钢筋长度尺寸	±5
2	钢筋弯折点偏移尺寸	±5

6.1.2.2 钢筋弯曲应符合设计要求，钢筋进入弯弧机时应保持平衡、匀速，防止平面翘曲，成型后表面无裂纹。对弯弧精度要求较高时，宜在模压弯弧机上进行。

6.1.3 钢筋焊接成型

6.1.3.1 钢筋骨架焊接成型宜在符合设计要求的靠模上制作。

6.1.3.2 首件钢筋骨架焊接成型后应进行自检，自检内容为钢筋骨架尺寸、环筋和箍筋间距、钢筋搭接长度、钢筋焊接质量，符合设计或标准要求后方可批量加工生产。

6.1.3.3 内、外层环筋的连接接头应相互错开，所有钢筋的交叉点可全焊或梅花点焊，焊接应牢固。

6.1.3.4 钢筋骨架采用钢筋网片制作时，网片搭接不宜设置在应力集中处。

6.1.4 钢筋骨架质量控制

6.1.4.1 焊缝不得出现过火烧伤、咬肉、气孔及夹渣现象，不得漏焊、脱焊，焊缝厚度应符合 JGJ 18 规范要求，焊接后焊丝及焊渣应清除干净。

6.1.4.2 内、外层环筋的连接应符合设计要求，内外层环筋采用焊接连接时，露出钢筋内外侧的长度不应超过 15mm。

6.1.4.3 钢筋骨架尺寸允许偏差见表 3。

表 3 钢筋骨架尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项目	允许偏差
1	环向筋间距	±10
2	纵向筋间距	±10
3	骨架长、宽、高	+5 -10
4	预埋件中心线位置	±5
5	保护层厚度	±5

6.1.4.4 钢筋骨架经检验合格后按规格、级别进行标识。

6.1.5 顶进箱涵用承插口钢环制作

6.1.5.1 钢环尺寸、钢板厚度和倒角应符合设计要求。承插口端口用钢环可采用宽度和厚度符合设计要求的钢材制作。

6.1.5.2 钢板下料宜采用剪板机、激光切割机或自动气割裁剪。裁剪后的钢板应平整，无翘曲、变形。下料长度允许偏差 0~-3mm。

6.1.5.3 承口钢环倒角宜采用机械加工或自动气割，自动气割倒角后应打磨平整，钢板接缝边应与板长边垂直。

6.1.5.4 承插口钢环接缝宜采用双面熔透焊接或坡口焊接，焊缝应连续、饱满。

6.1.5.5 承口钢板圆弧部分可经卷板加工后模压定型，也可直接采用模压成型，钢环组焊成型应在专用靠模上完成。每边拼接焊缝不得超过三条。

6.1.5.6 承口钢环和插口钢环制作完成后应剔除毛刺，进行尺寸和外观检查。

6.1.6 辅助配件

- 6.1.6.1 箱涵的辅助配件有吊装孔、注浆孔、预埋钢板、箱涵连接穿筋孔道及各种锚固钢筋。所有辅助配件均应按设计要求加工和定位。
- 6.1.6.2 吊装孔、预埋钢板、箱涵连接各种锚固配件材料宜采用不低于Q235等级钢材。其性能应符合GB/T 3274或GB/T 1591的规定。
- 6.1.6.3 吊装孔处应按设计要求配置加强钢筋，吊装孔应与钢筋骨架焊接牢固。
- 6.1.6.4 预埋钢板上的预埋筋宜采用穿孔塞焊，填焊饱满，磨平钢板表面。
- 6.1.6.5 螺栓孔应保证孔道畅通、内圆面平整。

## 6.2 混凝土制备

### 6.2.1 混凝土配合比设计

混凝土配合比应按照 JGJ 55 的规定进行设计，并在材料试验的基础上经过计算、试配、调整后确定。对有特殊耐久性能要求的箱涵，应对其原材料和混凝土配合比采取相应的控制措施。

### 6.2.2 混凝土配料与搅拌

- 6.2.2.1 宜采用具有自动计量系统的搅拌设备，混凝土搅拌机宜采用强制式搅拌机。
- 6.2.2.2 应严格按混凝土配合比配料，并根据细骨料、粗骨料的含水率的变化及时调整。
- 6.2.2.3 每盘混凝土原材料称量允许偏差应符合：水泥、水、外加剂、掺合料 $\pm 1\%$ ；细骨料、粗骨料 $\pm 2\%$ 。所用计量器具应经过检定合格，并在有效使用期内。
- 6.2.2.4 混凝土净搅拌时间符合：干硬性混凝土不宜少于 120s，塑性混凝土不应少于 90s；并确保混凝土拌合物拌合均匀，掺加外加剂和掺合料时，搅拌时间宜延长 60s。
- 6.2.2.5 搅拌第一盘混凝土时，搅拌机应先充分湿润，并按配合比增加水泥用量 10%。
- 6.2.2.6 冬季生产，当环境温度低于 5℃时，应采取保温措施，搅拌的混凝土拌合物出机温度不应低于 10℃。夏季生产，搅拌的混凝土拌合物入模温度不宜高于 30℃。
- 6.2.2.7 混凝土拌合物应随拌随用，在初凝前使用完毕。环境温度高于 25℃时，混凝土拌合物停放时间不宜超过 45min，环境温度低于 25℃时，停放时间不宜超过 60min。

### 6.2.3 混凝土质量

#### 6.2.3.1 混凝土强度等级

制作顶进箱涵用混凝土强度等级不应低于 C50；制作非顶进箱涵用混凝土强度等级不应低于 C40。

#### 6.2.3.2 混凝土抗渗等级和抗冻等级

- 6.2.3.2.1 制作箱涵用混凝土抗渗等级应符合设计要求，当设计无要求时，混凝土抗渗等级不应低于 P8。
- 6.2.3.2.2 有抗冻要求的混凝土应符合抗冻设计等级的要求。

#### 6.2.3.3 混凝土拌合物工作性

- 6.2.3.3.1 采用浇注加插入振捣成型时，混凝土拌合物的坍落度宜控制在 80mm~120mm；采用浇注加附壁振动成型时，混凝土拌合物的坍落度宜控制在 100mm~160mm；
- 6.2.3.3.2 采用泵送混凝土的坍落度宜控制在 180mm~220mm；
- 6.2.3.3.3 采用芯模振动成型时，混凝土拌合物的维勃稠度宜控制在 20s~60s。

#### 6.2.3.4 混凝土质量检验与控制

6.2.3.4.1 混凝土拌合物坍落度、维勃稠度或坍落扩展度应控制在要求范围内，每班至少测定一次。测定方法应符合 GB/T 50080 的要求。

6.2.3.4.2 在混凝土浇注地点，随机抽取混凝土试样制作抗压强度试块，每班或每 100m<sup>3</sup>至少抽样一次，每次 3 组。其中 1 组与箱涵同条件养护后再进行标准养护，用于检验评定 28d 强度，另 2 组与箱涵同条件养护，测定脱模强度和出厂强度。试块制作应符合 GB/T 50081 的要求。

6.2.3.4.3 在混凝土浇注地点，随机抽取混凝土试样制作抗渗试件，配合比发生变化或同一配合比每 500m<sup>3</sup>混凝土制作抗渗试件一组。试块制作应符合 GB/T 50082 的要求。

6.2.3.4.4 混凝土质量控制应符合 GB 50164、GB/T 50107 的规定。

### 6.3 模具要求及组装

#### 6.3.1 一般要求

6.3.1.1 箱涵模具技术要求应符合 JC/T 2712 的规定。

6.3.1.2 箱涵模具应由底模（底板）、内模、外模、承口模、插口模、调整螺杆及锁紧配件等组成。根据设计，特殊用途箱涵模具还可配置有不同形状的定位配件。

#### 6.3.2 模具清理

6.3.2.1 模具组装前，清理模具表面及各部件结合面残留物，保证表面光洁。检查部件结合处密封胶条完好状况，按要求更换、补齐。

6.3.2.2 模具与混凝土接触面应均匀喷、涂脱模剂，不得漏涂或积聚、流淌。其余部位应均匀涂刷液体油剂。

#### 6.3.3 模具组装

6.3.3.1 模具组装按模具构造设计要求顺序进行。

6.3.3.2 模具组装时按箱涵设计要求安装钢筋骨架及预埋配件。

6.3.3.3 管模螺栓或锁紧机构应完整并紧固。

6.3.3.4 钢筋骨架入模后，应保证保护层准确。

6.3.3.5 预埋件在管体中的定位和允许偏差应符合设计要求。

6.3.3.6 保护层衬垫在管体中的定位和允许偏差应符合设计要求。

6.3.3.7 顶进箱涵的承口钢环安装时应采取有效措施，确保承口钢环和承口模的安装间隙符合设计要求。

#### 6.3.4 模具尺寸允许偏差

6.3.4.1 箱涵模具组装后尺寸偏差应符合 JC/T 2712—2022 中表 2、表 4 的规定。

6.3.4.2 承口、插口部件的尺寸偏差应符合 JC/T 2712—2022 中表 3 的规定。

#### 6.3.5 模具检验

模具首次使用前，应进行检验。检验项目和检验方法按 JC/T 2712—2022 相关要求进行。

### 6.4 箱涵成型

#### 6.4.1 浇注振动成型

6.4.1.1 浇注振动成型工艺可成型任意规格尺寸、单仓或多仓的箱涵，适用于立式成型方式和卧式成型方式。

6.4.1.2 浇注振动成型工艺流程见图 3。

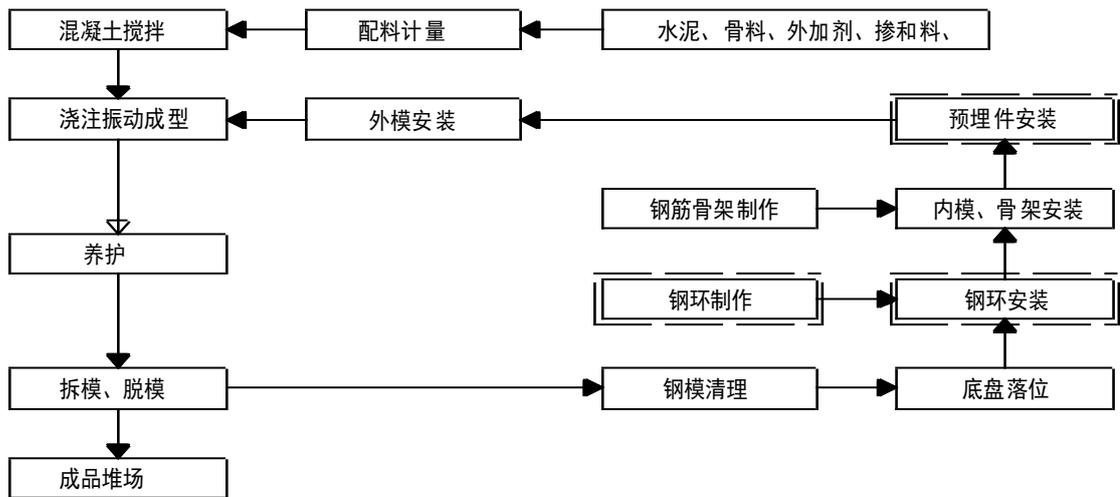


图 3 浇注振动成型工艺流程图

6.4.1.3 成型前应检查钢筋骨架、预埋件、保护层衬垫及钢承口处遇水膨胀胶条的安装，合格后方可进行混凝土浇注。

6.4.1.4 根据混凝土拌合物特性、骨料粒径大小、钢筋骨架的疏密程度选择合适的辅助振动器，其技术参数包括：功率、激振力、振动频率、振幅、插入式振动棒直径和软轴长度等。

6.4.1.5 采用插入振捣成型时，混凝土应分层加料，分层振捣密实。每层加料厚度为 300mm~400mm，送料斗出口应处于加料中心位置，确保加料均匀。

6.4.1.6 采用插入振捣成型时，振捣棒快插慢提，插入深度控制在进入下层 50mm~100mm，插入点间距应小于振捣器有效作用半径，并按一定方向移动，不应漏振。振捣过程中振捣棒不得碰撞钢模和预埋件。

6.4.1.7 采用附着式振动成型时，混凝土拌合物均匀加入模体内，边振动边加料，保持到混凝土浇注完毕再振 3min~5min，确保充分排气密实。当采用气动附着式振动成型时，宜采用小气量启动振动，根据加料的进度逐步加大进气量。

6.4.1.8 混凝土浇注应连续进行，层间振捣时间间隔不宜大于 30min。振捣时间长短应随气候和混凝土拌合物性能而变化，以混凝土表面液化为准。

6.4.1.9 立式振动成型时，混凝土浇注完成后，应及时清除上端面余料，进行初步抹面。在混凝土终凝前，完成上端面处理，使端面光洁、平整并与钢模上端基准面平齐。

6.4.1.10 及时罩上养护罩，进入静停阶段。

#### 6.4.2 芯模振动成型

6.4.2.1 芯模振动成型工艺适宜成型外边长不大于 2000mm 的单仓箱涵。

6.4.2.2 芯模振动成型工艺流程见图 4。

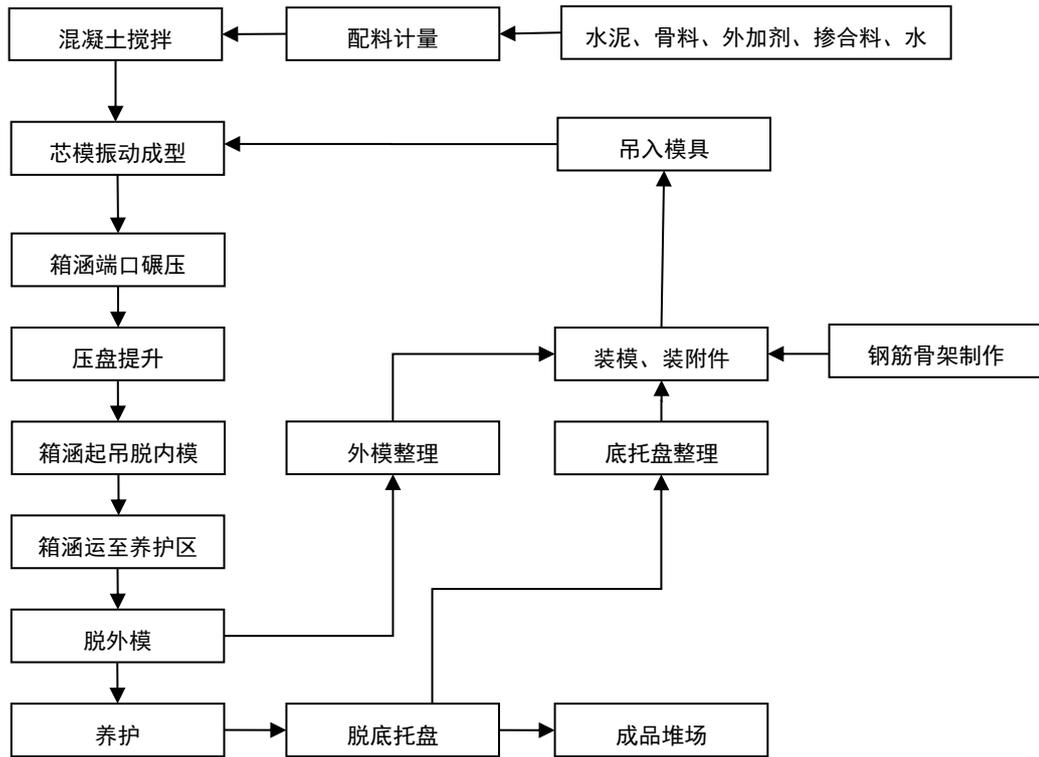


图 4 芯模振动成型工艺流程图

6. 4. 2. 3 主要成型工艺参数见表 4。

表 4 芯模振动成型主要工艺参数

矩形箱涵最大边长 mm	振动喂料时间 min	振动器工作转速 rpm	激振力 kN
1200~2000	≤30	3600~4200	110~220
注 1：边长以矩形长边计； 注 2：矩形箱涵长度以 2.0m 计； 注 3：箱涵壁厚以 JC/T 2456-2018 中表 1 计。			

6. 4. 2. 4 喂料振动成型应符合以下规定：

- a) 空模时不应启动振动器，模内混凝土料未加到规定高度时不宜启动振动器；
- b) 调整混凝土喂料装置，确保混凝土均匀喂入内、外模间空腔内；
- c) 启动喂料机，将下料口对准注料位置连续均匀喂料。待混凝土料喂 300mm~500mm 时开启振动器，并由低向高逐步增大振动频率。当喂至箱涵模上端时，应及时成型端口；
- d) 移动插口加压装置于箱涵上方，落下插口成型模向下施加压力，适当加大振动频率，继续振动至插口成型到位为准；
- e) 关闭芯模振动器，待完全停振后，退回加压装置。

6. 4. 2. 5 对成型后的箱涵上部进行表面修整。

6. 4. 2. 6 先慢后快地脱出内模，采用专用吊具将外模与箱涵一起平稳吊离工作坑，放至养护区平整的地面上。

6.4.2.7 松开外模与底盘的锁紧装置，垂直、平稳地吊起外模，箱涵连同底盘一起进入养护工序。

## 6.5 养护

### 6.5.1 基本要求

6.5.1.1 箱涵养护分为蒸汽养护和自然养护。

6.5.1.2 采用塑性混凝土制作的箱涵可采取蒸汽养护或自然养护；采用干硬性混凝土制作的箱涵宜采取自然养护。

6.5.1.3 养护前，应对成型后的箱涵内外表面和端口外观质量进行检查，发现缺陷应立即修整。浇注振动成型箱涵的上端面应待混凝土初凝后收光。

### 6.5.2 蒸汽养护

6.5.2.1 蒸汽养护制度分为静停、升温、恒温 and 降温 4 个阶段，应根据不同环境、不同材料、不同工艺，经试验确定。蒸汽养护制度可参照表 5 执行。

表 5 蒸汽养护制度

序号	养护阶段	养护要求
1	静停	静停时间根据环境温度和需要确定，不宜少于 2h，静停时应采取保湿措施。
2	升温	升温速度不宜大于 20℃/h。
3	恒温	根据蒸养设施效率、水泥品种、掺外加剂情况、和箱涵厚度而定，以保证脱模强度为准，恒温时间不宜少于 3h。恒温温度达不到要求时，应适当延长恒温时间。恒温温度为 55℃±5℃。
4	降温	降温速度不宜大于 20℃/h，降温结束后，箱涵表面与环境温差不得大于 20℃。

6.5.2.2 养护过程中，应严格控制蒸养温度，每半小时测温一次，根据测温结果调整供汽量并做好记录。

### 6.5.3 自然养护

6.5.3.1 自然养护应采取保持箱涵混凝土的温、湿度。立即脱模箱涵应及时采用养护罩、塑料薄膜包裹等措施。

6.5.3.2 待箱体混凝土强度达到设计强度的 70%后，方能运至成品场区进行后期养护。

## 6.6 脱模、起吊与后期养护

### 6.6.1 脱模

6.6.1.1 箱涵脱模时，混凝土强度不应低于设计强度的 70%（立即脱模成型工艺除外）。脱模时的箱涵表面温度与环境温度之差不得大于 20℃。

6.6.1.2 箱涵脱模应按模具使用规定顺序和箱涵工艺要求脱模，拆模时不得强行撬动和锤击。

### 6.6.2 起吊

- 6.6.2.1 箱涵起吊时混凝土强度应符合设计要求，当设计无要求时，不应低于设计强度的70%。
- 6.6.2.2 箱涵起吊宜采用专用吊具进行。起吊应缓慢、平稳，不宜紧急制动。
- 6.6.2.3 顶进箱涵起吊时，可先用千斤顶将钢承口脱离底模，后用吊具缓慢吊离。
- 6.6.2.4 箱涵需翻转时，宜采用专用吊具或翻转台座。翻转时应保持吊装平稳。

6.6.3 后期养护

当气温在 10℃以上时，脱模后的箱涵宜进行保湿养护，保持箱体湿润，在干燥气候条件下，保湿时间不宜少于 7d，每天洒水不宜少于 3 次；当气温在 10℃以下时，不宜洒水养护。

6.7 填充密封胶及防护处理

6.7.1 填充密封胶

填充密封胶应在箱涵表面干燥状态时进行，填充密封胶前应将槽口和钢环表面附着物清理干净。

6.7.2 钢环防腐

- 6.7.2.1 顶进箱涵的承插口钢环应进行防腐处理。
- 6.7.2.2 涂刷防腐材料前应对承插口钢环表面进行除锈处理。防腐材料应根据设计要求选择。
- 6.7.2.3 防腐材料可采取涂刷或喷涂的方法，漆层的厚度应符合设计规定。

6.8 成品检验

- 6.8.1 成品检验应按 JC/T 2456 及 GB/T 38112 规定进行。
- 6.8.2 成品检验项目有：混凝土抗压强度、混凝土抗渗等级、外观质量、尺寸偏差（包括保护层厚度）、接头密封性能、外压荷载（外压裂缝荷载和外压破坏荷载）。检验项目分为 A 类和 B 类指标，见表 6。

表 6 检验项目及类别

序号	质量指标	检验项目	类别	备注
1	混凝土性能	混凝土抗压强度	A	
2		混凝土抗裂渗登记	A	
3	外观质量	粘皮	B	
4		麻面	B	
5		蜂窝	A	
6		塌落	A	
7		露筋	A	
8		空鼓	A	
9		裂缝	A	
10		局部凹坑	B	
11		合缝漏浆	A	
12		端面碰伤	A	
13	尺寸偏差	内宽 $B$	B	
14		内高 $H$	B	
15		有效长度 $L$	B	

16		壁厚	$T_1$	B	
17			$T_2$	B	
18			$T_3$	B	
19		接头	$t_1$	A	
20			$t_3$	A	
21			$L_1$	B	
22			$L_2$	B	
23		插口端面外侧对角线差		A	
24		承口端面内侧对角线差		A	
25		弯曲度		B	
26		端面倾斜		B/A	顶进施工为A类
27		保护层厚度		A	
28		接头密封性能		A	
29		外压荷载	裂缝荷载	A	
30			破坏荷载	A	

## 6.9 标识、贮存、出厂与运输

### 6.9.1 标识

经检验合格的箱涵，应根据工程要求在出厂前进行标识，在箱涵表面标明企业名称、商标、产品标记、生产日期、工程名称和“严禁碰撞”等字样。

### 6.9.2 贮存

6.9.2.1 箱涵堆放场地应坚实平整，排水流畅。

6.9.2.2 箱涵堆放应采取有效安全保护措施，采用立式堆放时，底部与地面间、箱涵与箱涵间应支设柔性衬垫；采用卧式堆放时，不应有倾斜。

6.9.2.3 当采用卧式堆放时，内高不大于2000mm的箱涵，堆放层数不宜超过2层；内高大于2000mm的箱涵，堆放层数宜为1层。当采用立式堆放时，堆放层数不宜超过3层，且不超过6m。

### 6.9.3 出厂与运输

6.9.3.1 箱涵出厂时应随带企业统一编号的产品合格证，其内容包括：工程名称、制造企业信息（名称、地址、电话）、商标、规格型号、生产日期、出厂日期、混凝土强度等级、混凝土抗渗级别、检验部门签章等。

6.9.3.2 箱涵出厂时，混凝土抗压强度不应低于混凝土设计强度值。

6.9.3.3 箱涵在装卸、运输过程中应轻起轻落，防止碰撞。

6.9.3.4 运输过程中，箱涵与车厢应绑扎牢固，底部宜支设垫木，防止窜动与滑移。

## 7 生产过程质量控制

7.1 应建立完善的质量保证体系和满足生产要求的试验室，并配备相应的检验仪器、设备。

7.2 生产过程关键质量控制点和控制指标应符合附录A要求。

7.3 箱体混凝土强度回弹测试数据可作为生产过程混凝土强度控制参考，不应作为混凝土强度评定依据。

**附录 A**  
(规范性)  
**生产过程关键质量控制点与控制指标**

预制混凝土箱涵生产过程关键质量控制点与控制指标见表 A.1。

**表 A.1 生产过程关键质量控制点与控制指标**

序号	关键质量控制点	控制指标
1	钢筋骨架制作	钢筋加工尺寸允许偏差：符合表 2 规定。
		钢筋骨架尺寸允许偏差：符合表 3 规定。
		钢筋骨架焊接： 焊缝无过火烧伤、无漏脱焊、焊缝厚度符合 JGJ 18。
		顶进箱涵钢环： 钢板厚度符合设计要求；钢板下料长度允许偏差为 0~3mm；钢环倒角平整；焊缝连续饱满；单边拼接焊缝不超过 3 条；焊缝面应磨平。
2	混凝土制备	每盘混凝土原材料称量允许偏差： 水泥、水、外加剂、掺合料为±1%；细骨料、粗骨料为±2%。
		混凝土净搅拌时间： 干硬性混凝土不宜少于 120s，塑性混凝土不宜少于 90s，掺外加剂和掺合料时，搅拌时间宜延长 60s。
		混凝土拌合物工作性： 采用浇注振动成型时插入式振动成型用混凝土拌合物的坍落度控制 80mm~120mm；附着式振动成型用混凝土拌合物的坍落度控制 100mm~160mm； 泵送混凝土坍落度控制 180mm~220mm； 采用芯模振动成型时：混凝土拌合物的维勃稠度控制 20s~60s。
		混凝土强度： 脱模吊装强度不小于设计强度的 70%；出厂强度不小于设计强度。
3	模具要求及组装	模具清理按 6.3.2 要求控制。
		模具组装按 6.3.3 要求控制； 保护层衬垫在管体中的定位和允许偏差应符合设计要求。
		模具组装后尺寸偏差应符合 JC/T 2712—2022 中表 2、表 4 的规定。

序号	关键质量控制点	控制指标
4	成型	芯模振动制管成型工艺： 振动喂料时间、振动器工作转速、激振力按表 4 控制。
		立式振动制管成型工艺： a) 插入式振动成型时，振动棒插入深度、两棒间距、每层加料厚度、端面收光按 6.4.1.5、6.4.1.6、6.4.1.9 要求控制； b) 附着式振动成型时，振动过程用气量控制、加料高度、端面收光按 6.4.1.7、6.4.1.8、6.4.1.9 要求控制。
5	养护	蒸汽养护： 蒸养温度、蒸养时间按表 5 控制。
		自然养护： 按 5.6.3 要求控制。