

ICS 25.030

CCS J 31

T

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

大型发动机缸体树脂砂铸造工艺规范

Process specification for resin-sand casting of large-scale engine cylinder
block

(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料要求 2

 4.1 铸造用原砂 2

 4.2 树脂粘结剂 2

 4.3 固化剂 2

 4.4 涂料 2

 4.5 其他辅助材料 2

5 工艺装备要求 2

 5.1 混砂设备 2

 5.2 造型与制芯设备 3

 5.3 砂再生设备 3

 5.4 熔炼与浇注设备 3

 5.5 检测设备 3

6 工艺过程控制 3

 6.1 型砂配制 3

 6.2 造型与制芯 4

 6.3 合箱 4

 6.4 熔炼 4

 6.5 浇注 5

 6.6 落砂与清理 5

 6.7 热处理 5

 6.8 工艺过程监控与记录 5

7 铸件质量要求 5

 7.1 化学成分 6

 7.2 力学性能 6

 7.3 尺寸公差 6

 7.4 重量公差 6

 7.5 表面质量 6

 7.6 内部质量 6

8 检验方法 6

 8.1 化学成分分析 6

 8.2 力学性能试验 7

 8.3 尺寸检验 7

 8.4 重量检验 7

 8.5 表面质量检验 7

 8.6 内部质量检验 7

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

大型发动机缸体树脂砂铸造工艺规范

1 范围

本文件规定了大型发动机缸体树脂砂铸造工艺的材料要求、工艺装备要求、工艺过程控制、铸件质量要求、检验方法。

本文件适用于采用呋喃树脂自硬砂造型工艺生产的大型发动机缸体铸件。

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/T 223（所有部分） 钢铁及合金
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 1348 球墨铸铁件
- GB/T 5611 铸造术语
- GB/T 5677 铸件 射线照相检测
- GB/T 7216 灰铸铁金相检验
- GB/T 7233.1 铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件
- GB/T 9439 灰铸铁件
- GB/T 9441 球墨铸铁金相检验
- GB/T 9444 铸钢铸铁件 磁粉检测
- GB/T 11351 铸件重量公差
- GB/T 15056 铸造表面粗糙度 评定方法
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- GB/T 42124.3 产品几何技术规范（GPS） 模制件的尺寸和几何公差 第3部分：铸件尺寸公差、几何公差与机械加工余量
- JB/T 7526 铸造用自硬呋喃树脂
- JB/T 9224 检定铸造粘结剂用标准砂

3 术语和定义

GB/T 5611界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大型发动机缸体 large engine cylinder block

用于柴油机或汽油机、铸件重量不小于 500 kg、外形尺寸任一维度不小于 1500 mm 的发动机缸体铸件。

3.2

树脂砂 resin sand

以铸造用原砂为骨料，以合成树脂为粘结剂，经混制而成的型砂或芯砂。

3.3

可使用时间 available time
树脂砂从混制结束到失去可造型操作性能的时间间隔。

4 材料要求

4.1 铸造用原砂

原砂及再生砂的技术指标应符合表 1 的规定。

表 1 铸造用原砂及再生砂技术指标

序号	项目	原砂	再生砂
1	SiO ₂ 含量，%	≥96	—
2	含水量，%	≤0.2	≤0.2
3	含泥量，%	≤0.4	—
4	角形系数	≤1.35	—
5	酸耗值，mL	≤5.0	—
6	灼烧减量，%	—	≤3.0
7	微粉含量，%	—	≤0.4
8	粒度	40 目~70 目	40 目~70 目

4.2 树脂粘结剂

树脂粘结剂应符合 JB/T 7526 的规定，其主要技术指标见表 2。

表 2 呋喃树脂主要技术指标

序号	项目	技术指标
1	外观	均匀透明液体，无沉淀物
2	粘度（20℃），mPa·s	20~60
3	密度（20℃），g/cm ³	1.15~1.25
4	pH 值	6.5~8.0
5	游离甲醛含量，%	≤0.3
6	含氮量，%	≤3.0
7	常温抗拉强度（24h），MPa	≥1.5

4.3 固化剂

宜选用有机磺酸类固化剂。固化剂加入量为树脂质量的 30%~50%。环境温度低于 10℃时取 45%~50%，高于 30℃时取 30%~35%。

4.4 涂料

- 4.4.1 铸造用涂料应符合 JB/T 9224 的规定。
- 4.4.2 涂料的波美度宜控制在 45° Bé~65° Bé。

4.5 其他辅助材料

- 4.5.1 脱模剂不应与树脂砂发生化学反应。
- 4.5.2 封箱泥条和封箱膏在浇注温度下不应产生明显气体。

5 工艺装备要求

5.1 混砂设备

- 5.1.1 宜采用连续式混砂机，混砂能力应满足造型和制芯的用砂需求。

5.1.2 混砂机应配备精确的计量和控制系统，树脂加入量误差不应大于±2%，固化剂加入量误差不应大于±3%。

5.1.3 混砂机应定期校准计量系统，校准周期不应超过 3 个月。

5.2 造型与制芯设备

模具表面粗糙度 $Ra \leq 3.2 \mu m$ ，砂型紧实度和均匀性应满足工艺要求。

5.3 砂再生设备

5.3.1 旧砂再生系统应配备磁选、筛分、除尘和冷却装置。

5.3.2 再生砂的冷却温度不应高于环境温度 15℃。

5.3.3 树脂砂旧砂回用率宜不低于 90%。

5.4 熔炼与浇注设备

5.4.1 熔炼设备宜采用中频感应电炉或冲天炉，应能精确控制铁液温度和化学成分。

5.4.2 浇注设备应具有足够的起吊能力和精确的控制系统，浇注重量误差不应大于±5%。

5.5 检测设备

5.5.1 应配备直读光谱仪或化学分析设备，用于铁液和铸件的化学成分分析。

5.5.2 应配备万能材料试验机、布氏硬度计等力学性能检测设备。

5.5.3 应配备尺寸测量设备（如三坐标测量机），用于铸件尺寸检验。

5.5.4 应配备无损检测设备（如 X 射线探伤机、超声波探伤仪），用于铸件内部质量检验。

6 工艺过程控制

6.1 型砂配制

6.1.1 呋喃树脂砂配制

呋喃树脂砂的配制宜按表 3 执行。

表 3 呋喃树脂砂推荐配比

组分	占原砂质量分数，%	备注
原砂（新砂+再生砂）	100	再生砂掺入比例宜为 60%~80%
呋喃树脂	1.0~1.8	根据铸件大小和强度要求调整-
固化剂	树脂质量的 30~50	根据环境温度调整-
硅烷偶联剂	树脂质量的 0.2~0.8	改善粘结强度

6.1.2 混砂顺序

应符合以下要求：

- a) 先将原砂加入混砂机；
- b) 加入固化剂，混砂 30 s~60 s；
- c) 加入呋喃树脂，混砂 60 s~120 s；
- d) 加入硅烷偶联剂（如需），继续混砂 30 s~60 s；
- e) 总混砂时间不宜超过 3 min。

6.1.3 可使用时间

树脂砂的可使用时间应根据环境温度和湿度调整，具体可按表 4 选取。

表 4 不同环境条件下树脂砂可使用时间及固化剂调整

序号	环境温度，℃	相对湿度，%	可使用时间，min	固化剂加入量（占树脂质量），%
1	<10	<60	20~30	48~52
2	<10	≥60	15~25	50~55
3	10~20	<60	15~20	40~45
4	10~20	≥60	12~18	42~48
5	20~30	<60	8~15	32~38

序号	环境温度, ℃	相对湿度, %	可使用时间, min	固化剂加入量 (占树脂质量), %
6	20~30	≥60	6~12	35~42
7	>30	<60	5~10	28~33
8	>30	≥60	4~8	30~36

6.1.4 强度指标

树脂砂 24 h 强度应符合表 5 的规定。

表 5 树脂砂强度技术指标

强度类型	指标值 (24h), MPa
抗拉强度	≥1.0
抗压强度	≥3.5
抗弯强度	≥2.5

6.2 造型与制芯

- 6.2.1 造型前应检查模具的完好性, 模具表面应清洁, 脱模剂应涂布均匀。
- 6.2.2 填砂应均匀, 紧实方法可采用振动紧实或压实, 砂型紧实度应均匀一致。砂型表面硬度 (用硬度计测量) 不应低于 85 (A 型硬度计)。
- 6.2.3 起模时间应根据树脂砂的固化速度和砂型 (芯) 强度确定, 起模时砂型 (芯) 表面不应出现变形或裂纹。
- 6.2.4 砂型 (芯) 起模后应在 24 h 内完成合箱和浇注。超过 24 h 未使用的砂型 (芯), 使用前应检查其强度和表面质量。
- 6.2.5 砂芯排气通道总面积不应小于内浇道总面积的 1.5 倍。
- 6.2.6 砂芯芯骨材质宜为铸铁或钢材。

6.3 合箱

- 6.3.1 合箱前应清理型腔内的浮砂和杂物。
- 6.3.2 合箱前应在型腔表面均匀涂刷涂料, 涂层厚度宜为 0.3 mm~0.8 mm, 涂料涂刷后应自然干燥或低温烘干 (烘干温度不超过 200℃, 时间 30 min~60 min)。
- 6.3.3 砂芯安装应准确可靠, 芯头间隙应使用封箱泥条封严。
- 6.3.4 合箱后应检查分型面间隙, 间隙不应大于 1.0 mm。
- 6.3.5 合箱后应在 24 h 内完成浇注。

6.4 熔炼

- 6.4.1 缸体材质宜选用灰铸铁或球墨铸铁, 其牌号应根据设计要求确定。
- 6.4.2 灰铸铁的化学成分宜按表 6 控制。

表 6 灰铸铁化学成分 (质量分数)

序号	元素	含量范围, %
1	C	3.10~3.40
2	Si	1.80~2.20
3	Mn	0.60~1.00
4	P	≤0.12
5	S	≤0.10
6	Cr	0.15~0.35 (如需)
7	Cu	0.30~0.60 (如需)

- 6.4.3 球墨铸铁的化学成分宜按表 8 控制。

表 8 球墨铸铁缸体化学成分 (质量分数)

序号	元素	含量范围, %
1	C	3.40~3.80
2	Si	2.20~2.80
3	Mn	0.30~0.60

序号	元素	含量范围，%
4	P	≤0.06
5	S	≤0.025
6	Mg	0.035~0.060
7	RE	0.020~0.040

- 6.4.4 铁液出炉温度：灰铸铁不应低于 1480℃，球墨铸铁不应低于 1500℃。
- 6.4.5 球墨铸铁应采用冲入法或喂线法进行球化处理，球化剂加入量宜为铁液质量的 1.0%~1.6%。
- 6.4.6 孕育处理应在浇注前进行，孕育剂加入量宜为铁液质量的 0.3%~0.6%。

6.5 浇注

- 6.5.1 浇注前应检查浇包是否烘烤干燥，浇包内衬温度不应低于 200℃。
- 6.5.2 浇注系统宜采用底注式或阶梯式浇注系统。内浇道总截面积（ΣF 内）与直浇道截面积（F 直）之比宜为（1.0~1.2）:1；横浇道截面积（F 横）与直浇道截面积之比宜为（1.2~1.5）:1。
- 6.5.3 浇注温度应根据铸件壁厚确定：灰铸铁缸体浇注温度宜为 1360℃~1420℃；球墨铸铁缸体浇注温度宜为 1380℃~1440℃。薄壁部位（<20 mm）取上限，厚壁部位（>60 mm）取下限。
- 6.5.4 浇注速度宜控制在 20 kg/s~50 kg/s，应保证铁液平稳充型。大型缸体（重量>2000 kg）浇注总时间不宜超过 90 s。
- 6.5.5 浇注过程中应保持直浇道始终充满铁液，防止卷气。
- 6.5.6 浇注完成后宜在冒口顶部覆盖保温剂，保温剂覆盖厚度不应小于 30 mm。

6.6 落砂与清理

- 6.6.1 铸件在砂型中的冷却时间应根据铸件壁厚确定：壁厚 50 mm 以下时，冷却时间不宜少于 8 h；壁厚 50 mm~100 mm 时，冷却时间不宜少于 16 h；壁厚 100 mm 以上时，冷却时间不宜少于 24 h。
- 6.6.2 落砂时应防止铸件碰撞损伤。
- 6.6.3 铸件清理应包括去除浇冒口、飞边和毛刺。浇冒口去除应采用气割或机械切割方式，切割后残留高度不应大于 5 mm。
- 6.6.4 铸件表面清理应采用抛丸或喷砂处理，处理后表面粗糙度 Ra 值不应大于 50 μm。

6.7 热处理

- 6.7.1 球墨铸铁缸体宜进行退火处理或正火处理，以消除铸造应力和改善力学性能。
- 6.7.2 退火处理加热温度宜为 880℃~920℃，保温时间宜为 2 h~4 h，随炉冷却至 600℃ 以下后出炉空冷。
- 6.7.3 正火处理加热温度宜为 880℃~920℃，保温时间宜为 1 h~2 h，出炉空冷。
- 6.7.4 灰铸铁缸体宜进行消除应力退火：加热温度宜为 500℃~550℃，保温时间宜为 4 h~8 h，随炉冷却至 200℃ 以下后出炉。

6.8 工艺过程监控与记录

6.8.1 工艺过程监控

- 应对以下关键工艺参数进行连续监控并记录：
- a) 环境温度、相对湿度（每 2 h 记录一次）；
 - b) 树脂、固化剂加入量（每批次）；
 - c) 混砂时间、可使用时间（每批次）；
 - d) 砂型硬度（每型）；
 - e) 铁液出炉温度、浇注温度（每炉）；
 - f) 浇注速度及总浇注时间（每件）；
 - g) 铸件冷却时间（每件）。

6.8.2 工艺记录

工艺记录应保存不少于 3 年

7 铸件质量要求

7.1 化学成分

- 7.1.1 铸件的化学成分应符合设计图纸或技术文件的要求。
- 7.1.2 灰铸铁缸体的化学成分应符合 GB/T 9439 的规定。
- 7.1.3 球墨铸铁缸体的化学成分应符合 GB/T 1348 的规定。

7.2 力学性能

- 7.2.1 灰铸铁缸体的抗拉强度不应低于 GB/T 9439 中相应牌号的规定值。
- 7.2.2 球墨铸铁缸体的抗拉强度和伸长率不应低于 GB/T 1348 中相应牌号的规定值。
- 7.2.3 缸体重要部位的布氏硬度应符合设计要求，同一铸件硬度差不应大于 30 HBW。

7.3 尺寸公差

铸件的尺寸公差应符合 GB/T 42124.3 的规定，缸体整体不低于 CT11 级，重要加工面不低于 CT10 级。尺寸公差按表 8 选取。

表 8 铸件尺寸公差

基本尺寸范围，mm	CT10 级公差，mm	CT11 级公差，mm	CT12 级公差，mm
≤50	±0.8	±1.2	±1.8
>50~120	±1.0	±1.5	±2.2
>120~250	±1.2	±1.8	±2.8
>250~500	±1.5	±2.2	±3.5
>500~800	±1.8	±2.8	±4.2
>800~1250	±2.2	±3.5	±5.0
>1250~2000	±2.8	±4.2	±6.0
>2000~3150	±3.5	±5.0	±7.0

7.4 重量公差

铸件的重量公差应符合 GB/T 11351 的规定，不低于 MT11 级。

7.5 表面质量

铸件表面不应有裂纹、冷隔、缩孔等铸造缺陷，表面粗糙度应符合 GB/T 15056 的规定，Ra 值不应大于 50 μm，铸件表面允许的缺陷应符合表 9 的规定。

表 9 铸件表面缺陷允许范围

缺陷类型	允许范围
粘砂	非加工面粘砂面积≤该面面积的 5%且厚度≤0.5mm，加工面不允许粘砂
气孔	直径≤2mm，深度≤1mm，每 100cm² 不超过 3 个
砂眼	直径≤3mm，深度≤2mm，每 100cm² 不超过 2 个
缩孔	加工面上不允许，非加工面上直径≤5mm
裂纹	不允许

7.6 内部质量

- 7.6.1 铸件内部不应有裂纹、缩孔、疏松等影响使用性能的缺陷。
- 7.6.2 球墨铸铁缸体的球化率不应低于 85%，石墨球径不应大于 6 级（GB/T 9441）。
- 7.6.3 灰铸铁缸体的石墨形态应为 A 型石墨为主，石墨长度不应大于 4 级（GB/T 7216）。

8 检验方法

8.1 化学成分分析

- 8.1.1 化学成分分析应按 GB/T 223（所有部分）的规定执行。
- 8.1.2 试样取样和制备应按 GB/T 20066 的规定执行。

8.1.3 炉前快速分析可采用直读光谱仪进行。

8.2 力学性能试验

8.2.1 拉伸试验应按 GB/T 228.1 的规定执行。

8.2.2 冲击试验应按 GB/T 229 的规定执行。

8.2.3 硬度试验应按 GB/T 231.1 的规定执行。

8.2.4 试样应取自铸件本体或附铸试块，试块尺寸和位置应在技术文件中规定。

8.3 尺寸检验

8.3.1 尺寸检验应采用符合精度要求的量具或量仪进行。

8.3.2 三坐标测量机的测量精度不应低于 $\pm (5+L/300) \mu\text{m}$ (L 为测量长度, mm)。

8.3.3 检验结果应符合第 7.3 条的规定。

8.4 重量检验

8.4.1 重量检验应采用经过校准的衡器进行，衡器精度不应低于 0.5%。

8.4.2 检验结果应符合第 7.4 条的规定。

8.5 表面质量检验

8.5.1 表面质量检验应采用目视检查，必要时可使用放大镜（5 倍～10 倍）。

8.5.2 表面粗糙度检验应按 GB/T 15056 的规定执行。

8.6 内部质量检验

8.6.1 射线照相检测应按 GB/T 5677 的规定执行。

8.6.2 超声检测应按 GB/T 7233.1 的规定执行。

8.6.3 磁粉检测应按 GB/T 9444 的规定执行。

8.6.4 金相检验应按 GB/T 9441 或 GB/T 7216 的规定执行。