

# 工程建筑用框架形结构铸钢节点铸造工艺设计

何氢玲, 陈祖华, 宋仲明

(中车长江铜陵车辆有限公司, 安徽铜陵 244142)

**摘要:** 工程建筑用框架形结构铸钢节点是一种需要承受压力、震动、扭曲等交变载荷的零件, 虽然结构不复杂, 但部件质量要求高。根据产品的运行工况状态、物理性能指标要求、疲劳试验检验要求, 结合产品的结构特点, 进行工艺分析, 识别易产生的铸造缺陷。通过采取合适的浇注系统、冒口、冷铁等工艺措施, 铸造出组织致密且实物本体试样力学性能符合材质标准要求的产品。

**关键词:** 框架形结构铸钢节点; 铸造工艺设计; 组织致密

工程建筑用框架形结构铸钢节点是一种需要承受压力、震动、扭曲等交变载荷的零件, 虽然结构不复杂, 但部件质量要求高。关键壁厚 $14\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ , 主壁厚为 $40\text{ mm}$  (如图1), 垂直度为 $0.2\text{ mm}$ , 材质为G20Mn5。要求壁厚均匀, 组织致密, 产品框体所有交接的热节区和关键壁厚区共需制取24根本体拉伸试样 (如图2), 进行性能检测, 检测结果需符合G20Mn5钢种的相关要求。生产该产品的难点是: 一是如何保证框体各部位组织致密; 二是如何防止框体变形, 保证产品运行过程中各部位受力均匀。

## 1 铸造工艺设计

### 1.1 工艺方案的确定

本项目的工作目标是进行技术验证, 非批量生产, 故选用水玻璃砂手工造型、制芯, 使用车间现有的尺寸规格为 $1\ 000\text{ mm} \times 700\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 的砂箱, 一型一件。根据产品结构及尺寸精度要求, 芯盒及外模采用铸铝合金, 设计整体式砂芯, 一型一芯。分型面如图3所示, 主体结构在下型内, 采用垂直缝隙式浇注系统, 逐层引入钢液。设置冒口、冷铁及补贴, 以改善交接热节及隔板冷却条件, 强化冒口补缩能力。

### 1.2 工艺参数的选择

铸钢节点铸造工艺设计选用主要工艺参数如下: 铸造收缩率取 $2\%$ , 加余量取 $4\text{ mm}$ ; 根据关键壁厚 $14\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 尺寸要求, 拔模斜度取 $0.4^\circ$ , 加减壁厚; 根据框体薄板结构收缩阻碍大易变形的问题, 框体和T形顶板设 $1.5\text{ mm}$ 反变形量, 砂芯设计成随形中空式。

### 1.3 冒口的设计

由于产品组织致密性和内在质量要求高, 设计了7个保温冒口: 1个暗顶冒口 (腰圆保温冒口), 1个明顶冒口 (腰圆明冒口), 5个侧冒口 (保温暗冒口)。冒口下部加补贴, 确保铸件热节均在冒口补缩范围内, 冒口尺寸按铸件设置补贴部位尺寸计算。

#### 1.3.1 侧板保温暗冒口

$$d'=Kd \quad (1)$$

作者简介:

何氢玲 (1967-), 男, 工程师, 主要从事铁路货车关键零部件铸造工艺研究工作。E-mail: 2809650188@qq.com

中图分类号: TG24

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977 (2019) 05-0512-04

收稿日期:

2018-12-10 收到初稿,  
2019-01-18 收到修订稿。

式中： $d'$ 为保温冒口直径； $K$ 为保温冒口系数，取0.8； $d$ 为普通冒口直径，选取 $d=2d_y$ ，式中 $d_y$ 为铸件侧壁热节， $d_y=4\text{ cm}^{[1-2]}$ 。代入数据后 $d'=6.4\text{ cm}$ ，选取标准保温暗冒口 $d'=7.0\text{ cm}$ 。

1.3.2 顶板腰圆保温暗冒口

$$M'_{\text{冒}} = (1.3 \sim 1.4) M_{\text{冒}} \quad (2)$$

式中： $M_{\text{冒}}$ 为保温冒口的自然模数， $M'_{\text{冒}}$ 为保温冒口的模数， $M'_{\text{冒}}=1.2M_{\text{顶}}$ ， $M_{\text{顶}}$ 为铸件顶板热节模数， $M_{\text{顶}}=2.6\text{ cm}$ 。由式(2)计算，顶板腰圆保温暗冒口的自然模数 $M_{\text{冒}}=2.2 \sim 2.4\text{ cm}$ ，选用现有的自然模数2.4 cm、尺寸规格80 mm × 240 mm的腰圆形保温暗冒口<sup>[2]</sup>。

1.3.3 侧板冒口和顶板冒口补贴

根据冒口有效补缩距离公式 $L=\text{冒口区}+\text{末端区}=2T+2.5T$ 的计算结果( $T$ 铸件厚)<sup>[1]</sup>，确定冒口补贴高度，按照滚圆法确定冒口补贴尺寸。

1.3.4 主板明顶冒口

$$M_{\text{冒}} = (1.2 \sim 1.3) M_{\text{主}} \quad (3)$$

式中： $M_{\text{冒}}$ 为冒口模数， $M_{\text{主}}$ 为铸件主板模数， $M_{\text{主}} \approx 2\text{ cm}$ 。代入数据后 $M_{\text{冒}}=2.4 \sim 2.6\text{ cm}$ ，选取模数为2.5 cm、尺寸规格150 mm × 100 mm的腰圆明冒口。

1.4 冷铁及主板冒口补贴的设计

1.4.1 主板与隔板交接处1#圆弧冷铁

$$M_r = V_o / (A_o + A_c) \quad (4)$$

式中： $M_r$ 为铸件热节放冷铁部位的实际模数； $V_o$ 为铸件热节处的几何体积， $V_o=172.6\text{ cm}^3$ ； $A_o$ 为铸件热节处不放冷铁时的散热面积， $A_o=62.8\text{ cm}^2$ ； $A_c$ 为冷铁与铸件热节处的接触面积， $A_c=62.8\text{ cm}^2$ 。代入数据后 $M_r \approx 1.37\text{ cm}$ ；因 $M_{\text{主}} \approx 2\text{ cm}$ ， $M_{\text{主}}:M_r \approx 1.46$ ，所以可以得出，1#圆弧冷铁降低了主板与隔板交接热节的模数，主板可作为补缩通道，实现顶冒口对交接处热节的有效补缩<sup>[1]</sup>。

1.4.2 隔板中部单面2#板形冷铁

由于隔板厚度较薄，侧冒口对隔板的有效补缩距离小。为保证关键壁厚隔板的组织致密性，在冒口有效补缩距离以外的隔板区设计100 mm × 90 mm的板形冷铁覆盖。根据热平衡原理，当冷铁的厚度取铸件被激冷部位厚度的一半时，冷铁就能起到最大激冷效应，根据生产实践，取冷铁厚度为铸件厚度的0.7倍( $0.7 \times 14\text{ mm}=9.8\text{ mm}$ )，取10 mm。

1.4.3 主板底部3#方形冷铁

根据末端冷铁厚度与铸件壁厚相等的设计原则，将主板底部冷铁截面设计为40 mm × 40 mm，冷铁长度按铸件厚度的2.5倍取值，得冷铁长100 mm。

1.4.4 主板冒口补贴

主板高度 $H=250\text{ mm}$ ，厚 $T=40\text{ mm}$ ，主板截面宽厚比 $H:T=6.25:1$ ，属板状铸件。根据末端加冷铁的

板状铸钢冒口有效补缩距离公式： $L=\text{冒口区}+\text{末端区}=2T+2.5T+50\text{ mm}^{[1]}$ ， $L$ 为有效补缩距离， $T$ 为铸件壁厚， $T=40\text{ mm}$ ，50 mm为末端加冷铁后冒口有效补缩距离的延伸值。代入数据后，得主板冒口有效补缩距离 $L=230\text{ mm}$ 。主板高度 $H=250\text{ mm}$ ，大于主板冒口的有效补缩距离，须加补贴提高冒口有效补缩距离，冒口补贴的高度 $h=H-L=20\text{ mm}$ 。冷铁减小了主板冒口补贴的高度，方便了补贴的设置与去除。为提高铸件的致密性，将主板冒口补贴高度 $h$ 设计为50 mm，根据滚圆法确定冒口补贴尺寸。

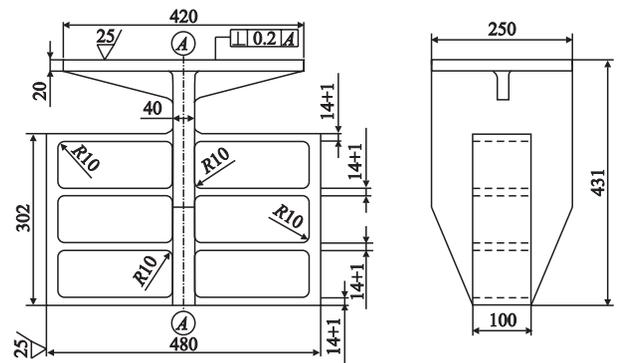


图1 产品结构图  
Fig. 1 Product's structure

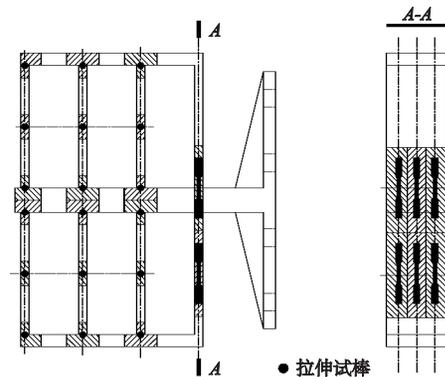


图2 产品取样位置图  
Fig. 2 Sampling locations for tensile specimens

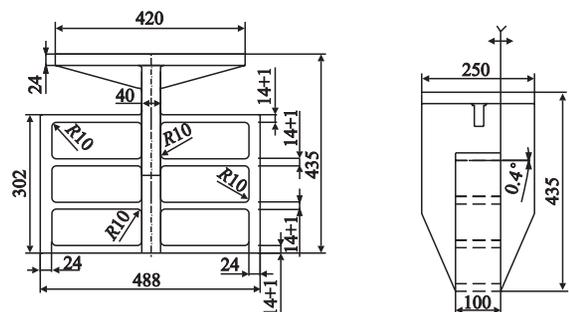


图3 铸件图  
Fig.3 Casting drawing

## 1.5 浇注系统设计

### 1.5.1 浇注系统中阻流截面积 $F_{阻}$

$$F_{阻} = Q / (K \times t \times L) \quad (5)$$

式中： $Q$ 为浇入铸型内钢液的总质量， $Q=156$  kg； $K$ 为浇注比速，由铸件相对密度确定， $K=0.6$  kg/( $\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ )； $L$ 为流量修正系数，取1.0； $t$ 为浇注时间， $s$ ， $t=C \times \sqrt{Q}$  [1]， $C$ 为由铸件相对密度确定的系数， $C=0.8$ ， $t \approx 10$  s；代入数据后 $F_{阻}=26$   $\text{cm}^2$ 。

### 1.5.2 浇注系统类型和截面尺寸

根据产品的结构特点，选用开放式垂直缝隙浇注系统，直浇道和内浇道二组元结构，两组元截面比例 $\Sigma F_{直} : \Sigma F_{内} = 1 : 1.6$ ；直浇道为阻流断面，选取 $\Phi 60$  mm的直浇管，截面积约28  $\text{cm}^2$ ；缝隙内浇道截面积约45  $\text{cm}^2$ ，如图4。

## 1.6 砂芯的设计

砂芯结构为整体式，主体部位充分减砂形成中空，中空深度超过主体20 mm，砂芯主体部位吃砂量25 mm，芯头高度50 mm，如图5。

## 1.7 铸造工艺图

综上所述，产品的铸造工艺图见图6。

## 2 工艺效果验证

根据铸造工艺图设计制作了模具（图7a）和芯盒（图7b），进行了制芯（图7c）、造型及浇注（图7d）。生产的铸件（图7e）尺寸检测符合图纸要求，整体变形量在1 mm以内，表面磁粉探伤无裂纹缺陷，按解剖位置图（图7f）解剖，断面密实、无缩松，按取

样图制取本体拉伸试样进行试验，力学性能符合铸钢节点标准[3]中G20Mn5钢种的相关要求。

## 3 结束语

合理设置冷铁，在消除局部热节的同时，形成有利于冒口发挥补缩效果的温度梯度，利用冒口补贴，扩大冒口的有效补缩区域，实现循序凝固，是提高框形薄壁结构铸件成形质量效果明显，有利于防止铸件变形、提高冒口

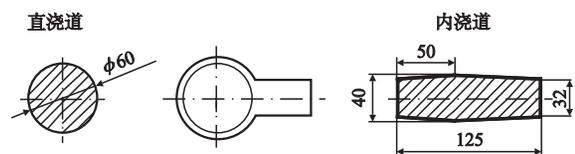


图4 浇注系统示意图

Fig. 4 Gating system sketch

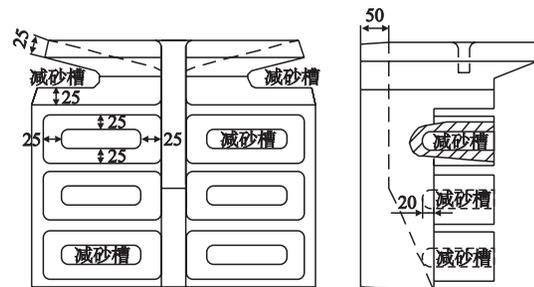


图5 整体芯示意图

Fig. 5 One-piece core diagram

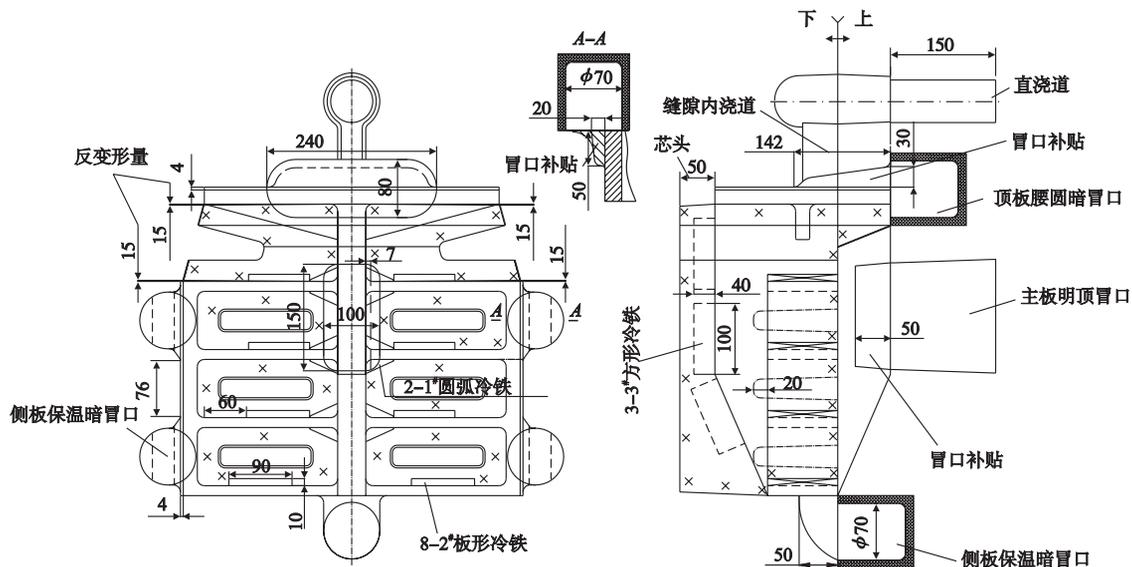


图6 铸造工艺图

Fig. 6 Casting process diagram

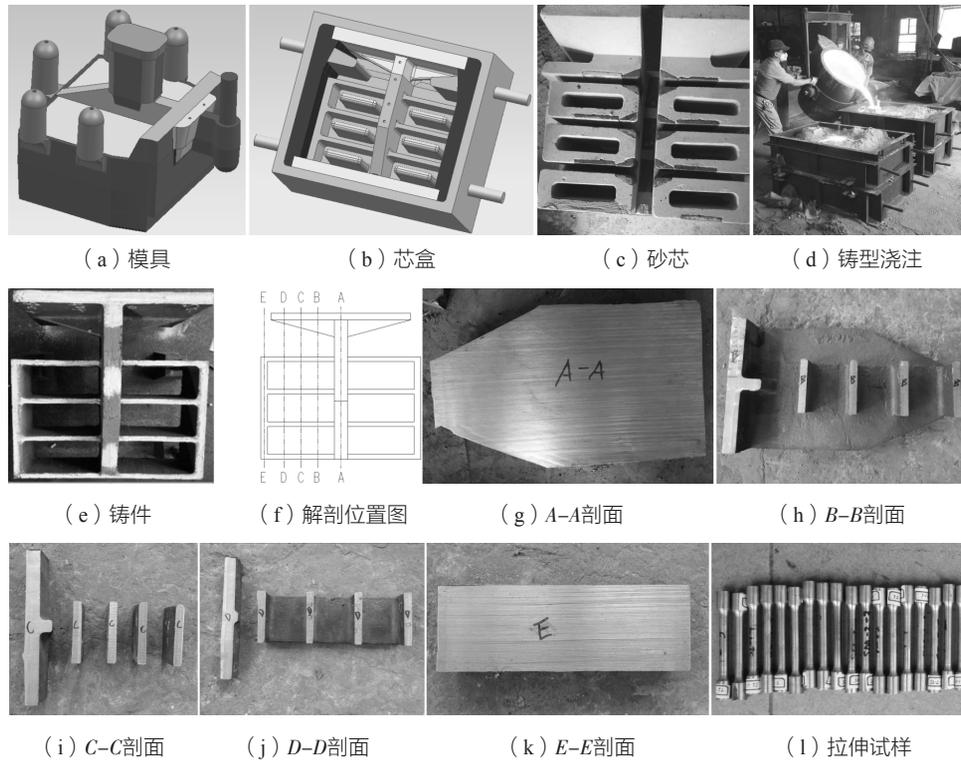


图7 工艺效果

Fig. 7 Technological effect

补缩能力。框形薄壁结构铸件铸造工艺设计时应正确预判变形趋势，合理设计减砂孔以减小收缩阻力，适当设置反变量，以控制铸件的尺寸精度。按此工艺方法生产的铸钢节点，可以满足其技术质量要求。

#### 参考文献:

- [1] 于顺阳. 现代铸造设计与生产实用新工艺、新技术、新标准 [M]. 北京: 当代中国音像出版社, 2014.
- [2] 周文彬, 王礼. 铸造工: 技师技能 高级技师技能 [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2003.
- [3] CECS235: 2008 铸钢节点应用技术规程 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.

## Casting Process Design of Casting Steel Joint with Frame Structure for Engineering Construction Projects

HE Qing-ling, CHEN Zu-hua, SONG Zhong-ming  
( CRRC Yangtze Tongling Co., Ltd., Tongling 244142, Anhui, China )

#### Abstract:

Casting steel joint with frame structure for engineering construction projects is a part that is subjected to pressure, shock, and distortion, with high requirements for internal quality of castings. In the present study, according to the product's working condition, physical performance index and fatigue test requirements, and combined with its structural characteristics, the casting process analysis was carried out to identify the casting defects easily produced. Through designing reasonable gating and riser system, and placing chills at proper locations, the castings with compact structure were successfully produced, and the mechanical properties of the test sample cut from casting meet the requirements of technical specifications.

#### Key words:

casting steel joint with frame structure; casting process design; compact structure