

水冷离心球墨铸管机规格扩容的研究

卢荣军 李红军 赵文昌
(新兴铸管阜康能源有限公司 新疆 阜康 831500)

摘要: 离心球墨铸管是将调质球化后的铁液通过浇槽流入旋转的金属管模内, 铁液在离心力的作用下布满管模, 经过冷却, 凝固成型的一种铸造方法。离心球墨铸管机是生产球墨铸铁管的主要设备, 目前水冷离心球墨铸铁管生产机型为 DN100-300 离心球机、DN350-600 离心机、DN600-800 离心机、DN700-1000 离心机。本文主要是将 DN700-1000 离心机的浇铸系统、传动系统、冷却系统、拔管系统等进行设备改造, 使该机型具备生产 DN600 规格铸管的能力。

关键词: 球墨铸管; 离心机; 重力系数; 比热容

0 引言

新兴铸管阜康能源有限公司采用水冷金属型离心铸造工艺生产球墨铸铁管, 建设了 DN350-800 离心机 (1# 机), DN700-1000 离心机 (2# 机)。根据目前的市场情况, 1# 离心机作业率非常饱满, 产能满足不了市场要求, 2# 机设备作业率只有 37%, 时常处于待计划停机状态。

计划通过改造 DN700-1000 离心机规格, 使 DN700-1000 离心机具备生产 DN600 规格铸管的能力。本次改造主要难点为转速和冷却速度的设计。

1 改造内容

DN700-1000 离心机改造内容包括: 管模转速的计算及传动装置的设计、冷却系统的计算和设计、扇形包的设计、模具工装的设计, 以及拔管钳钳头的设计。

DN700 ~ 1000 水冷离心机结构如图 1 所示。

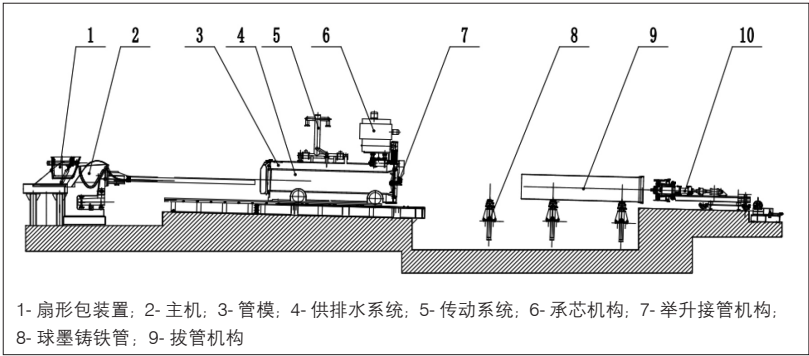


图 1 水冷离心球墨铸管机结构图

2 设计方案

2.1 管模转速计算

铁液在高速旋转的管模内, 通过离心力的作用形成致密的铸铁管。离心球墨铸铁管管模转速常用的经验公式有 2 个:

按照离心力公式研究认为当离心力达到 $340\text{g}/\text{cm}^3$ 以时, 可以保证致密的铸管。即 $F=0.112 \rho \gamma (n/100)^2=340$ (1)

根据公式 1, 得到离心转速 $n=5520/\sqrt{\rho\gamma}$ (2)

式中:

ρ 金属液体的密度 (g/cm^3); r 内表面半径 (cm)

根据公式 2, 得出 $n=369\text{r}/\text{min}$ 。

以重力系数为基础的公式 $n=299\sqrt{G/r}$ (3)

式中:

G 重力系数, 生产中选择 $30 \sim 35$; r 半径 (cm)

根据公式 3 计算, DN600 管模转速在 $284 \sim 310\text{r}/\text{min}$ 之间。

按公式 2 得出的转速为理想数据, 目前, 铸管生产厂家按照公式 3 计算得到的转速作为现场操作参数。

根据轴承厂家提供的技术参数, 新兴铸管阜康能源离心机使用的轴承最高转速为 $380\text{r}/\text{min}$, 可以满足 DN600 球墨铸铁管生产的转速要求。

2.2 皮带传动副计算

电机通过皮带带动主机的旋转装置转动, 将铁液通过离心力贴附到管模内部。电机通过调速器调整转速, 以适应不同规格产品的生产。

离心机传动电机理论转速为 $1500\text{r}/\text{min}$, 主动轮节圆直径 R_1 为 446mm , 从动轮直径 R_2 为 2000mm 。

$$\text{皮带传动副速比 } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{p2}}{(1-\varepsilon)d_{p1}} \quad (4)$$

其中:

d_{p1} 、 d_{p2} 主动轮、从动轮节圆直径 (mm)

ε 弹性滑动系数, 取值 ($0.01 \sim 0.02$)

根据公式 4, 得到 $i=4.58$, 理论旋转速度为 $327\text{r}/\text{min}$ 。考虑到皮带传动副传动特点和电机实际转速低于理论转速等情况, 需要将主动轮的转速调高到 $350\text{r}/\text{min}$, 即 $i=4.28$ 。经计算, 主动轮节圆直径 $R_1=477\text{mm}$ 时可满足要求, 本次将主动轮节圆直径设计为 $R_1=480\text{mm}$ 。

2.3 冷却水量计算

水冷金属型离心机采用循环水冷却的方法加快铁液凝固, 铸管的一些缺陷与冷却速度关系极大, 冷却速度过快或过慢会造成铸管表面针孔、表面裂纹、冷隔。冷却速度较高时, 珠光体组织细化、拉伸性能较高、强度变小。

根据工艺要求, 从铁液进入管模到具备拔管条件, 需要将 1350°C 的铁液冷却到 600°C 的固态形式, 整个工艺节拍根据管型不同, 一般为 $10 \sim 160\text{s}$, DN600 球墨铸铁管冷却时间约 $60 \sim 70\text{s}$ 。

离心机冷却水水量的计算根据铸件凝固过程所释放的热量来确定，铸管的散热量由过热铁液的散热量、结晶潜热及冷却散热量组成：

过热铁液的散热量 $Q_1=C_{\text{铁液}}(t_{\text{铁液}}-t_{\text{结晶}})$ (5)

式中：

$C_{\text{铁液}}$ 铁液的比热容 0.96kJ/(kg·℃)

$t_{\text{铁液}}$ 铁液的浇铸温度 1300℃

$t_{\text{结晶}}$ 铁液的凝固温度 1130℃

计算结果为 $Q_1=163\text{kJ/kg}$

铁液结晶散热量 $Q_2=230\text{kJ/kg}$

铸铁散热量 $Q_3=C_{\text{固}}(t_{\text{结晶}}-t_{\text{拔管}})$

(6)

式中：

$C_{\text{固}}$ 铸铁的比热容 kJ/(kg·℃)

$t_{\text{结晶}}$ 铁液的结晶温度 1130℃

$t_{\text{拔管}}$ 拔管温度 600℃

计算结果为 $Q_3=265\text{kJ/kg}$

总散热量 $Q_{\text{总}}=Q_1+Q_2+Q_3=658\text{kJ/kg}$

根据计算 DN 600 单只铸管散热量为 580000kJ，铸管冷却时间为 65 秒。设定冷却水进出口温差为 35℃，计算后需要水量为 219m³/h，离心机设计水流量为 260m³/h，生产期间根据现场实际工况条件，根据流量计反馈的水流量调整进水阀门，能够满足要求。

2.4 扇形包的设计

扇形包及翻转机构是离心机系统的重要组成部分，在离心机浇铸过程中，实现铁液等流量，保证铸管壁厚均匀。

扇形包包底由于制作结构的工艺限制，有过度圆角，每次浇铸完，在包底位置总会留一定的铁液，在浇铸尾段不能保证铁水等流量。同时，由于铁液凝固造成扇形包包壁粘渣，影响容积。

扇形包设计要考虑在标准重量铁液的基础上，预留 30% 的容积。根据要求，DN600 扇形包有效储铁量需要达到 1150kg。按照铁液比重 7.05t/m³ 计算，扇形包有效容积为 0.16m³，在保证原设备框架不变的前提下，扇形包截面积与其他规格扇形包相同，DN600 扇形包宽度设计为 400mm。

2.5 拔管钳钳头设计

拔管机构在球墨铸铁管冷却成型后，轴向行走进入到管模内，通过油缸伸缩使拔管钳钳头张开，钳头涨紧球墨铸铁管后，将球墨铸铁管拖离出主机。

拔管钳结构如图 2 所示。

因拔管钳固定套进入铸管的部分最大直径为 386mm，小于 DN600 铸管内径，因此，只需要设计连杆和钳头即可实现拔管操作。

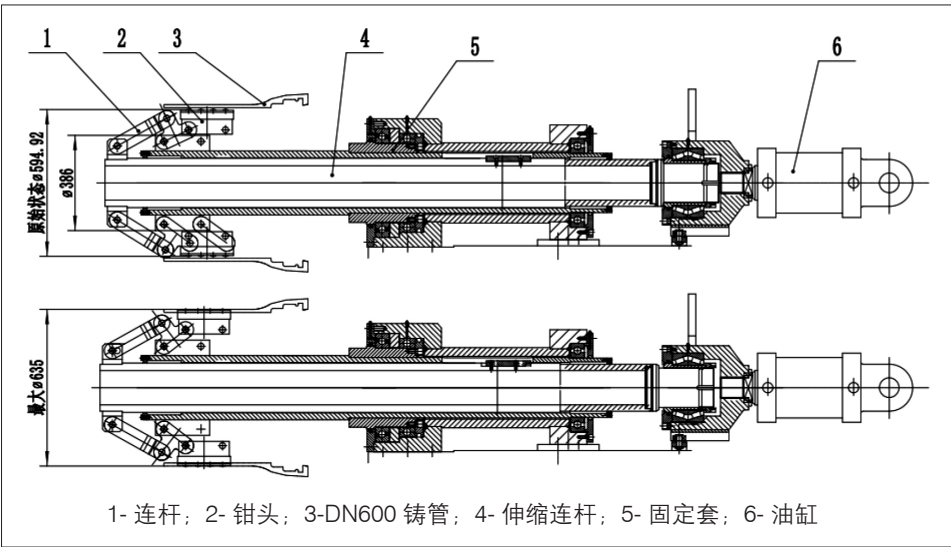


图 2 拔管钳

为保证拔管钳能够顺利进入铸管内部，钳头包圆需小于铸管内径（615mm），经过改造，拔管钳钳头在自由状态时包圆直径为 595mm。

在油缸伸出 20mm 后，即伸缩连杆向前移动 20mm，钳头包圆直径为 635mm，能够达到拔管要求。

2.6 其他设计

按照主机的安装尺寸和管模尺寸设计管模承口支承装置；增加 DN600 管模支撑装置。

电气部分：增加 DN600 规格的程序和画面，包括扇形包倾翻速度、电机旋转速度、主机行走位置和速度、接管举升高度等。

3 结语

本次改造，通过计算设计了扇形包、水冷却系统、主动轮、拔管钳；根据现主机尺寸，设计了安装 DN600 管模的工艺件，为方便操作，重新设计了操作画面，增加了 DN600 规格相关工艺参数。

本次改造对设备本体没有改动，保证了设备稳定性，经实际生产数据分析，改造后与 DN350-600 机型指标相当，能够达到设计要求。

参考文献：

[1] 中国有色工程设计研究院. 机械设计手册 第六版 第三卷 [M]. 北京：化学工业出版社, 2016.
[2] 樊自田. 吴和保. 铸造质量控制应用技术 [M]. 北京：机械工业出版社, 2015: 190-191.
[3] 郝石坚, 宋绪丁. 球墨铸铁 [M]. 北京：化学工业出版社, 2014(11): 52.
[4] 范英俊. 离心球墨铸铁管工艺及装备 [M]. 北京：中国科学技术出版社, 2000: 92.

作者简介：卢荣军（1976-），男，汉族，河北邯郸人，硕士，工程师，研究方向：铸管装备研发和工艺。