

团 体 标 准

T/CFA 0186—2024

球墨铸铁管离心铸造单元数字化技术要求

Technical requirements for digitization of centrifugal cast cell of
ductile iron pipe

公告稿

2024 - 11 - 15 发布

2025 - 01 - 14 实施

中国铸造协会 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	1
4 数字化系统架构.....	1
4.1 数字化单元组成.....	1
4.2 离心铸管单元系统运行.....	2
5 离心铸管单元设备.....	3
5.1 设备组成.....	3
5.2 集成方式.....	3
6 数字化管理与控制系统.....	3
6.1 计划管理.....	3
6.2 过程控制.....	3
6.3 设备管理.....	4
6.4 生产成本管理.....	4
6.5 统计分析.....	5
7 数据处理.....	5
7.1 数据存储.....	5
7.2 数据应用.....	5
附录 A（资料性）球墨铸铁管离心铸造单元示例.....	6
参考文献.....	11
图 1 离心铸管单元功能架构示意图.....	2
图 2 离心铸管单元运行流程.....	2
图 A.1 球墨铸铁管离心铸造数据流图.....	7
图 A.2 设备巡检信息填报.....	8
图 A.3 球墨铸铁管离心铸造计划获取.....	8
图 A.4 离心铸造过程记录.....	9
图 A.5 历史记录查询.....	9
图 A.6 生产统计查询.....	10
表 A.1 球墨铸铁管离心铸造机数据采集表.....	6

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。

本文件由中国铸造协会标准工作委员会、铸管及管配件分会和智能铸造工作委员会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件负责起草单位：沈阳亚特重型装备制造有限公司、共享智能铸造产业创新中心有限公司

本文件主要起草人：孙 新、仇家忠、田学智、裴文艳、乃晓文、李彦方、张 闯、郭军军、吴健沛。

本文件为首次发布。



引 言

本文件围绕球墨铸铁管离心铸造单元的关键过程数字化集成控制，通过球墨铸铁管离心铸造单元系统，向上与 MES、ERP、CAPP 和 LIMS 等信息管理系统集成，引入生产计划、维保计划、质量标准 and 工艺数据等信息，并反馈设备、生产、成本和质量等维度数据；向下与底层设备及装置集成，依据标准工艺与参数执行现场作业，同时采集各个数据，与工艺数据设定值实时比对，经质量判异和过程判稳等在线分析处理，形成优化决策后，实现闭环的调整与控制，从而实现对球墨铸铁管离心铸造单元的数字化管理，提升生产和管理的效率。

通过本文件的制定和实施，推广智能铸造技术的应用，可改变传统铸造的生产模式，提高生产效率，降低生产成本，改善铸造生产作业环境，减少对环境的不良影响；同时为推进铸造产业结构调整与优化升级创造条件，为各铸造环节实现数字化、网络化和智能化提供借鉴和参考，促进社会效益和经济效益提高；另外，也可为推进铸造行业转型升级提供技术支持，给未来铸造生产与管理的网络化和智能化发展建设奠定数字化基础。



球墨铸铁管离心铸造单元数字化技术要求

1 范围

本文件规定了球墨铸铁管离心铸造单元的数字化系统架构、单元设备、数字化管理与控制系统、数据要求。

本文件适用于球墨铸铁管离心铸造单元（以下简称离心铸管单元）的数字化建设。

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 5611 铸造术语

T/CFA 0056 --2018 铸造数字化工厂通用技术要求

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 5611、T/CFA 0056 – 2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

球墨铸铁管离心铸造单元 centrifugal cast cell for ductile iron pipe

将球墨铸铁管离心铸造工序单独划分出的基本生产单元。

注：包括浇注装置、铁液信息采集装置、砂芯安放装置、砂芯信息采集装置、离心铸造机、拔管机、接管装置、孕育剂装置、管模粉装置、除尘设备、监控设备、安全装置等。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CAPP：计算机辅助工艺过程设计（Computer Aided Process Planning）

ERP：企业资源规划（Enterprise Resource Planning）

FB：现场总线（Field Bus）

JDBC：Java数据库连接（Java Data Base Connectivity）

LIMS：实验室信息管理系统（Laboratory Information Management System）

MES：制造执行系统（Manufacturing Execution System）

ODBC：开放数据库连接（Open Data Base Connectivity）

OLE：对象连接与嵌入（Object Linking and Embedding）

OPC Server：用于过程控制的OLE服务（OLE for Process Control Server）

PLC：可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）

4 数字化系统架构

4.1 数字化单元组成

4.1.1 球墨铸铁管离心铸造单元（以下简称离心铸管单元）数字化功能性架构图见图 1。

注：单元设备的组成和数字化管理及控制系统（简称管控系统）的功能可依据实际生产工艺进行扩展或增减。

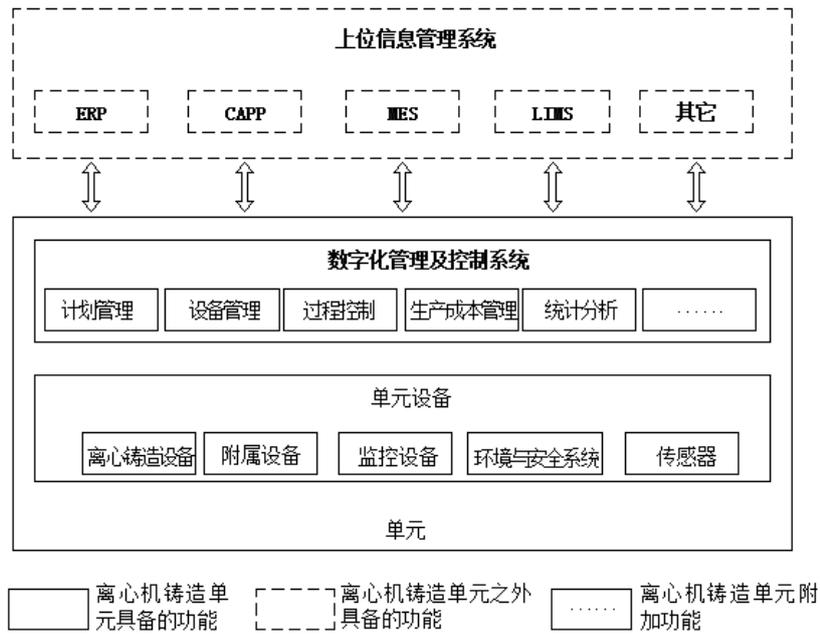


图1 离心铸管单元功能架构示意图

4.1.2 离心铸管单元从上位信息管理系统（ERP、CAPP、MES、LIMS 等软件）中接收或提取实时必须的物料、工艺、计划、质量信息，整合信息数据，下达给对应的生产人员或设备。

4.1.3 管控系统通过现场总线与单元设备集成，主导现场过程执行。

4.2 离心铸管单元数字化系统运行

4.2.1 离心铸管单元数字化系统管理流程主要由生产准备、浇注、自检与交检等组成，流程图见图 2。

4.2.2 离心铸管单元系统运行的具体示例见附录A。

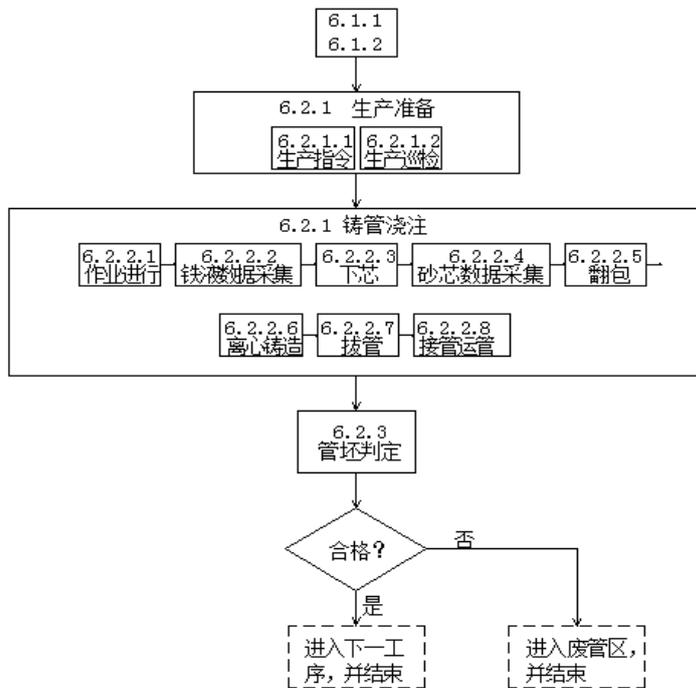


图2 离心铸管单元系统运行流程[1]图

5 离心铸管单元设备

5.1 设备组成

5.1.1 球墨铸铁管离心铸造过程所需的硬件设备及装置主要包含：

- 离心设备（浇注装置、铁液信息采集、砂芯安放装置、砂芯信息采集、离心铸造机、拔管机、接管装置、孕育剂装置、管模粉送撒装置、除尘设备、监控设备、安全装置）；
- 附属设备（砂芯转运设备、管模喷涂/清刷设备、管坯转运设备、废料回收装置等）；
- 传感装置（温度、流量、压力、转速、噪音等传感器、粉尘检测仪等）。

5.1.2 球墨铸铁管离心铸造过程所需的硬件应具备以下数字化要求：

- 设备档案信息，包括设备编号、描述、模型及参数等；
- 通讯接口，能够与其它设备、装置及执行层实现信息互通；
- 接收上位信息管理系统下达的活动定义信息，包括为满足各项制造运行活动的参数定义和操作指令等；
- 向上位信息管理系统提供制造的活动反馈信息，包括产品的制造信息，设备的状态信息及故障信息等；
- 人机交互功能。

5.1.3 根据需要，宜实现可视化。

5.2 集成方式

设备通过控制器、网关模块等，与OPC Server对接，实现设备、生产、质量、成本等数据的交互，并应按照T/CFA 0056—2018 的要求执行。

6 数字化管理与控制系统

6.1 计划管理

6.1.1 生产计划获取

管控系统可从自身系统或从ERP、MES等上位信息管理系统获取生产计划。

6.1.2 工艺文件获取

管控系统可从自身系统或从ERP、MES等上位信息管理系统获取离心铸管单元的工艺参数，应确保所获取文件的完整性、唯一性和有效性。

6.1.3 生产计划跟踪

管控系统可实时获取单元生产计划的执行状态，以实现生产进度监控。

6.2 过程控制

6.2.1 生产准备

6.2.1.1 生产指令

管控系统获取生产计划和工艺文件后下达生产指令。

6.2.1.2 生产前巡检

球墨铸铁管离心铸造作业前应由人工巡检通用的各生产设备的完好性及生产资料、辅助工具的准备情况，并将巡检结果录入管控系统，根据预设的逻辑规则对录入系统的巡检结果进行判断。巡检事项应包括但不限于：

- a) 检查砂芯输送设备、砂芯安放设备、浇注设备、离心设备、拔管设备、接管运管设备、除尘设备等设备完好性与合规性；
- b) 检查待浇注球墨铸铁管的管模规格、砂芯规格、扇形包规格、拔管钳规格是否与计划相符；
- c) 根据工艺要求和设备特性，以适合的方式调整流槽、拔管钳和接管设备与计划生产的铸管相符；

d) 检查离心机各参数设置是否正确。

6.2.1.3 安全防护准备

生产操作人员进入相应的工作区域之前，管控系统通过人机交互界面提示操作人员应佩戴的防护设备（如耐高温手套、防高温面罩、安全靴和护目镜等）及常见事故的处理方式。

6.2.2 铸管浇注

6.2.2.1 作业运行

管控系统发出指令，球墨铸铁管离心铸造机应按照所接收的工艺流程执行，辅助系统应与工艺流程联动运行。管控系统自动采集并存储球墨铸铁管生产作业过程关键参数，并将数据与标准数据进行比对（标准数据也可以直接从离心机内读取），出现差异自动发起已经设定好的审批流程，同时对铸管生产作业过程状态或进程进行可投屏展示。

6.2.2.2 铁液信息获取

球化铁液采样后，离心铸造机记录采样编号，实验室将样件检测数据记录到相应采样编号下，然后发送给离心铸管单元。

6.2.2.3 上芯

离心铸造机位置和砂芯压紧力等数据反馈至管控系统，管控系统监控这些数据，并将数据与标准数据进行比对；出现差异自动发起纠错预警。

6.2.2.4 砂芯信息采集

离心铸造机利用RFID获取砂芯信息，并上传至管控系统。

6.2.2.5 翻包信息采集

将扇型包的停留位置及翻转速度等数据反馈至管控系统。

6.2.2.6 离心铸造信息采集

将球化铁液温度、孕育剂重量、模粉重量、管模转速、离心铸造机位置及车体行走速度等数据反馈到管控系统。

6.2.2.7 拔管信息采集

将拔管机位置及行走速度、拔管钳伸入管坯和张开，设定涨紧力，等数据反馈到管控系统。

6.2.2.8 接管运管信息采集

将球墨铸铁管的搬运、称重数据反馈到管控系统。

6.2.3 管坯判定信息采集

离心铸造完成后，对浇注的结果（承口和插口状态、管子外观、铸造缺陷等）进行检查，并在管控系统中进行反馈记录。

6.3 设备管理

管控系统应具有离心铸造机、球化处理设备、除尘设备、监控设备等的运行、报警或故障状态等在线监控与记录功能，并应具有保养、报修、维修结果确认、备品备件查询与领用等管理功能。

6.4 生产成本管理

管控系统应实时采集原辅材料、能源消耗（如耗电量）等数据，支持按班、日、周、月、年进行统计。

6.5 统计分析

管控系统应根据日期、编号、产品名称、产品重量及过程数据（如浇注重量、浇注温度、浇注时间等）、能源消耗等数据，进行设备开动率、耗电量等数据的统计分析。

7 数据处理

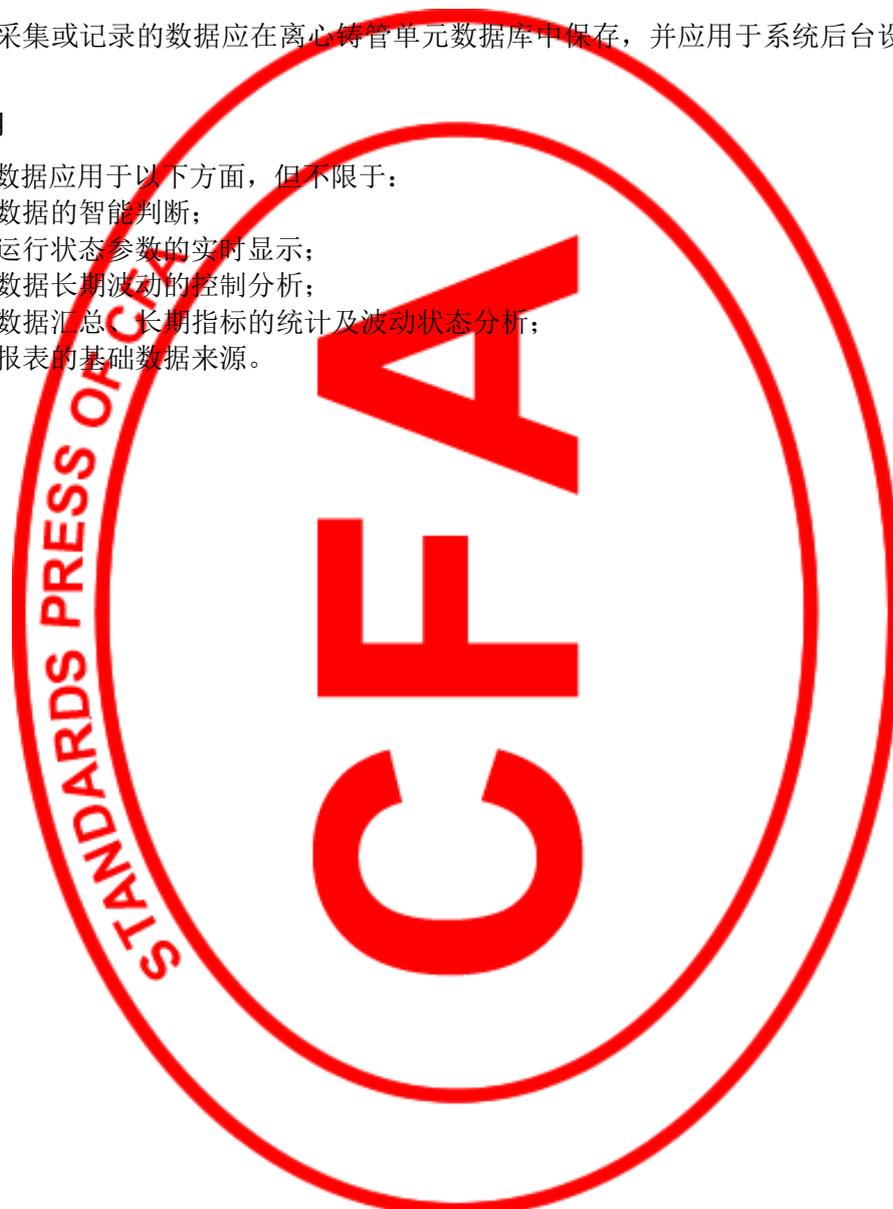
7.1 数据存储

管控系统采集或记录的数据应在离心铸管单元数据库中保存，并应用于系统后台设计的各种逻辑判断和计算。

7.2 数据应用

管控系统数据应用于以下方面，但不限于：

- a) 系统数据的智能判断；
- b) 系统运行状态参数的实时显示；
- c) 系统数据长期波动的控制分析；
- d) 系统数据汇总、长期指标的统计及波动状态分析；
- e) 各类报表的基础数据来源。



附录 A
(资料性)
球墨铸铁管离心铸造单元示例

A.1 概述

本附录为指导球墨铸铁管离心铸造单元数字化的建设和实施提供参考和借鉴。

A.2 数据传输

A.2.1 数据采集

离心铸管单元数据采集相关信息见表A.1。

表A.1 球墨铸铁管离心铸造机数据采集表

类别	关键控制参数	采集方式	采集频次
生产	离心机状态	OPC	1s
生产	产量计数	OPC	1s
工艺	程序名称	DNC	每次
生产	开机时间	数据接口&OPC	100ms
生产	离心铸造完成状态	OPC	100ms
设备	上芯压力	数据接口&OPC	每支
设备	冷却水压力	数据接口&OPC	100ms
设备	冷却水流量	数据接口&OPC	100ms
设备	进水温度	数据接口&OPC	100ms
设备	出水温度	数据接口&OPC	100ms
设备	铁液温度	数据接口&OPC	100ms
设备	铁液成分	数据接口&OPC	每包
工艺	球化衰退计时	数据接口&OPC	每包
设备	管模转速	OPC	100ms
设备	翻包速度	OPC	100ms
设备	离心机行走速度	OPC	100ms
设备	翻包时间	OPC	每支
设备	离心机浇注时间	OPC	每支
设备	离心机上行时间	OPC	每支

表A.1 (续)

类别	关键控制参数	采集方式	采集频次
设备	承口浇注时间	OPC	每支
设备	循环时间	OPC	每支
成本	即时生产率	OPC	每支
设备	浇注重量	数据接口&OPC	每支
成本	铁水利用率	OPC	每支
生产	设备停机时间	OPC	每支
成本	电耗量	OPC	每支
设备	报警点	OPC	200ms
成本	管模粉重量	数据接口&OPC	每支
成本	孕育剂重量	数据接口&OPC	每支
设备	拔管前进时间	OPC	每支
设备	拔管后退时间	OPC	每支
设备	电子秤	数据接口&OPC	每支
设备	拔管机运行时间	OPC	每支

A.2.2 数据流

A.2.2.1 数据流图如图A.1所示。



图 A.1 离心铸管单元数据流图

A.2.2.2 离心铸管单元与球墨铸铁管离心铸造机的数据传输：单元通过OPC接口发送工艺参数和运行指令到球墨铸铁管离心铸造机PLC，并采集球墨铸铁管离心铸造机运行状态、工艺执行结果（如离心铸造机下行和上行时间、铁水浇注重量、离心铸造机上芯压力等），能源消耗（如水、电、压缩空气等）数据。

A.2.2.3 单元与CAPP工艺系统之间的数据传输：接收工艺系统中预定的工艺路线与工艺参数，指导操作人员按既定的工艺要求执行。单元与MES、可视化看板及其它系统之间的数据传输：通过ODBC等数

据接口，实现工序计划、完工状态、工艺执行结果、能源消耗等数据的双向传输，并可在各系统中予以展示与查询。

A. 2. 3 离心铸管单元过程控制

A. 2. 4 生产准备

操作人员按照巡检表内容逐项检查，并将巡检结果填报至系统中，当巡检结果全部正常后方可运行球墨铸铁管离心铸造机设备，巡检信息在系统中可随时进行查询，巡检检查内容见图A.2。

工序名称	设备名称	检查类型	检查项	检查项描述	标准最小值	标准最大值	实际值	检查项结论	巡检人	巡检时间	操作
浇注	1号浇注机	布尔	检查开关是否有效，位置是否准确，及时调整。	正常为是，异常为否	-	-	-	合格	王	2020-08-27 08:11:09	未上传
浇注	1号浇注机	布尔	确保设备内无异物	正常为是，异常为否	-	-	-	合格	王	2020-08-27 17:46:31	未上传
浇注	1号浇注机	布尔	检查开关是否有效，位置是否准确，及时调整。	正常为是，异常为否	-	-	-	合格	王	2020-08-26 17:46:31	未上传
浇注	1号浇注机	布尔	巡视全部设备，确保设备内无异物	正常为是，异常为否	-	-	-	合格	王	2020-08-26 17:46:29	未上传
浇注	1号浇注机	布尔	设备状态（如螺钉的紧固，接近开关的位置，管线的连接）无异常情	正常为是，异常为否	-	-	-	合格	王	2020-08-26 17:46:27	未上传
浇注	1号浇注机	布尔	检查开关是否有效，位置是否准确，及时调整。	正常为是，异常为否	-	-	-	合格	王	2020-08-24 17:03:58	未上传
浇注	1号浇注机	布尔	巡视全部设备，确保设备内无异物	正常为是，异常为否	-	-	-	合格	王	2020-08-24 17:03:56	未上传

图 A. 2 设备巡检信息填报

A. 2. 5 球墨铸铁管离心铸造工艺执行

A. 2. 5. 1 工艺下达

离心铸管单元接收MES下达的生产计划，然后下达到生产班组。计划界面见图A.3。

计划日期	班次	班组	计划状态	1#离心机	2#离心机	3#离心机	4#离心机	5#离心机	6#离心机
20230827	白	丙	已下发	品名: (球水) 规格: (DN300) 计划号: (G237010129) 合格号: (G371Y0001) 浇铸支数: (450), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN300) 计划号: (G237010129) 合格号: (G371Y0001) 浇铸支数: (450), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN300) 计划号: (G237010129) 合格号: (G371Y0001) 浇铸支数: (450), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN400) 计划号: (G238010984) 合格号: (G381AG0001) 浇铸支数: (340), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN400) 计划号: (G238010984) 合格号: (G381AG0001) 浇铸支数: (340), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN800) 计划号: (G237010124) 合格号: (G371Z0001) 浇铸支数: (90), R标支数: (0)
20230827	夜	乙	已下发	品名: (球水) 规格: (DN300) 计划号: (G237010129) 合格号: (G371Y0001) 浇铸支数: (450), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN300) 计划号: (G237010129) 合格号: (G371Y0001) 浇铸支数: (450), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN300) 计划号: (G237010129) 合格号: (G371Y0001) 浇铸支数: (450), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN400) 计划号: (G238010984) 合格号: (G381AG0001) 浇铸支数: (350), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN400) 计划号: (G238010984) 合格号: (G381AG0001) 浇铸支数: (350), R标支数: (0)	品名: (球水) 规格: (DN800) 计划号: (G237010124) 合格号: (G371Z0001) 浇铸支数: (130), R标支数: (0)

图 A. 3 球墨铸铁管离心铸造计划获取

A.2.5.2 工艺运行

生产班组根据生产计划和相应的离心铸造工艺，开始运行球墨铸铁管离心铸造设备。设备运行过程中，可通过监控界面实时监控工艺参数及仪表参数界面显示见图A.4。

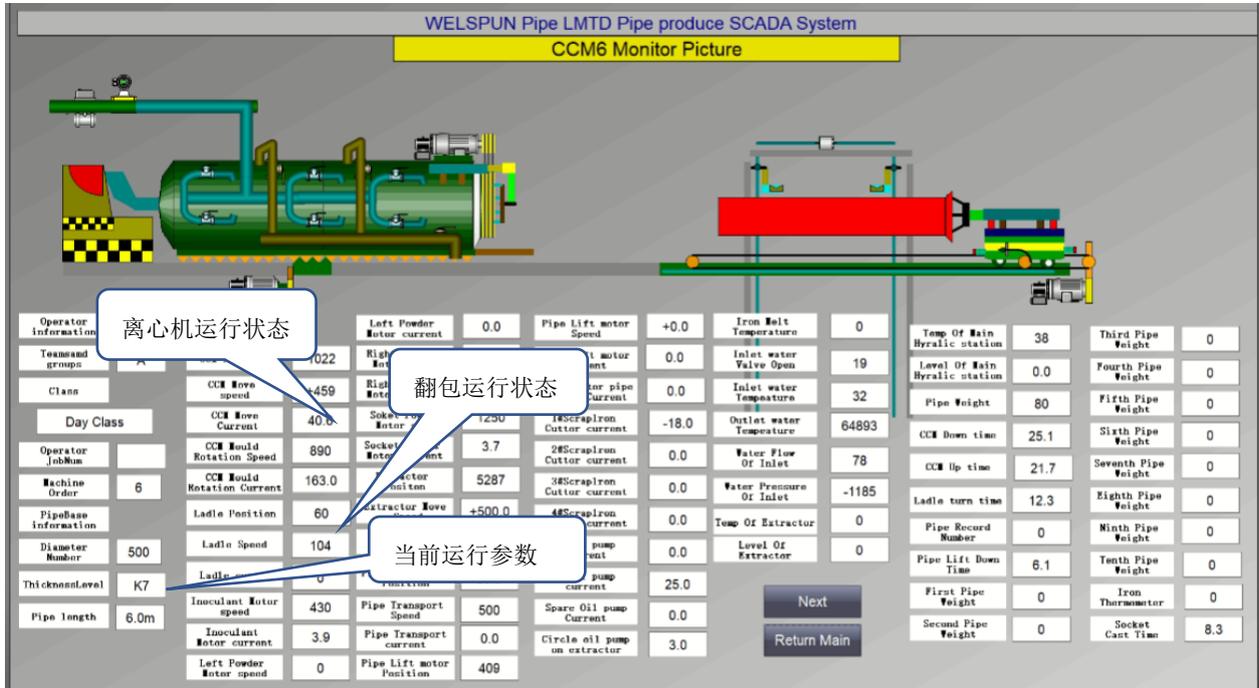


图 A.4 离心铸造过程记录

A.2.5.3 工艺查询

单元系统中离心铸造过程结束后，工作人员可以通过查询界面，对历史数据进行查询，如球墨铸铁管规格、接口、长度、完成数量等，具体查询界面见图A.5。



图 A.5 历史记录查询

A.2.5.4 生产统计

根据日期统计计划产量及规格、完成产量及规格、计划完成率、合格率、生产机号等生产信息，具体查询界面见图A.6。

The screenshot displays a software interface for production management. On the left is a navigation menu with various production-related options. The main area is titled '生产统计查询' (Production Statistics Query) and contains the following components:

- 查询条件 (Query Conditions):** Includes fields for '计划日期' (Plan Date) set to 2023-08-25, '计划号' (Plan No.), '合同号' (Contract No.), and '工艺信息' (Process Info).
- 计划信息 (Plan Information) Table:**

计划日期	班次	计划号	计划子项号	合同号	产品规范	订货长度	机号	计划计划支数	实际计划支数	R标计划支数	R标计划重量	本工序完成量	排产单号	排产单描述	内涂颜色	外涂颜色
202308...	白	G237010...	G237010129...	G371YFO...	球墨铸管...	6000	1#离心机...	450	106.2	0	0	0				铁红色
20230827	夜	G237010...	G237010129...	G371YFO...	球墨铸管...	6000	1#离心机...	450	106.2	0	0	0				铁红色
20230827	白	G237010...	G237010129...	G371YFO...	球墨铸管...	6000	2#离心机...	450	106.2	0	0	0				铁红色
20230827	夜	G237010...	G237010129...	G371YFO...	球墨铸管...	6000	2#离心机...	450	106.2	0	0	0				铁红色
20230827	白	G237010...	G237010129...	G371YFO...	球墨铸管...	6000	3#离心机...	450	106.2	0	0	0				铁红色
20230827	夜	G237010...	G237010129...	G371YFO...	球墨铸管...	6000	3#离心机...	450	106.2	0	0	0				铁红色
- 实绩录入 (Actual Input) Section:** Includes fields for '实绩日期' (Actual Date) from 2023-08-27 00:00:00 to 2023-08-28 00:00:00, '班次' (Shift), '班组' (Team), and '机号' (Machine No.).
- 实绩录入 Table:**

记录创建时间	产品规范	产出类型	后序已发	报废原因	废品...	模数	标准	实重	订货长度	球化处理号	管径号	负公差(%)	批号	管号	铸管规格号	铸字号	机
2023-08-27...	球墨铸管...	正品				1.00	0.236	0.223	6000	23W220101...	CP-300-5	-5.43	WT03C3...	WT03C3...	2023082709...	8589785	3#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.482	0.428	6000	23W220101...	995-400...	-11.19	WT04K3...	WT04K3...	2023082709...	1300637	4#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.236	0.229	6000	23W220101...	CP-300-1	-2.99	WT03C3...	WT03C3...	2023082709...	9589784	1#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.482	0.428	6000	23W220201...	995-400...	-11.20	WT04K3...	WT04K3...	2023082709...	2300636	5#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.236	0.225	6000	23W220101...	CP-300-5	-4.53	WT03C3...	WT03C3...	2023082709...	0589783	3#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.482	0.421	6000	23W220101...	995-400...	-12.68	WT04K3...	WT04K3...	2023082709...	3300635	4#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.482	0.42	6000	23W220201...	995-400...	-12.86	WT04K3...	WT04K3...	2023082709...	4300634	5#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.236	0.23	6000	23W220101...	CP-300-5	-2.73	WT03C3...	WT03C3...	2023082709...	1589782	3#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.236	0.244	6000	23W220101...	CP-300-1	+3.19	WT03C3...	WT03C3...	2023082709...	2589781	1#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.482	0.431	6000	23W220201...	995-400...	-10.58	WT04K3...	WT04K3...	2023082709...	5300633	5#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.482	0.431	6000	23W220101...	995-400...	-10.59	WT04K3...	WT04K3...	2023082709...	6300632	4#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.236	0.227	6000	23W220101...	CP-300-5	-3.63	WT03C3...	WT03C3...	2023082709...	3589780	3#
2023-08-27 09...	球墨铸管...	正品				1.00	0.236	0.237	6000	23W220101...	CP-300-1	+0.46	WT03C3...	WT03C3...	2023082709...	5589779	1#
- Summary:** Total 500 records, 228,116... actual weight, 212,081... standard weight, -7.03% deviation.
- Buttons:** 查询 (Query), 实绩新增 (Add Actual), 实绩查询 (Query Actual), 实绩删除 (Delete Actual), R标维护 (Maintain R Label), 缺陷维护 (Maintain Defect).

图 A.6 生产统计查询

参 考 文 献

- [1] T/CFA 0311034—2018 铸造工艺数字化设计通用要求
- [2] T/CFA 03110316—2020 铸造工艺数字化设计与制造一体化通用要求
- [3] T/CFA 03110320—2020 铸造企业数字化管理通用要求
- [4] T/CFA 03110321—2020 铸造智能工厂远程运维平台通用要求

