

JJF(闽)1159—2024

JJF

福建省地方计量技术规范

JJF(闽)1159—2024

钢水液面控制仪校准规范

Calibration Specification for Liquid Steel Level Controllers

2024 - 05 - 30 发布

2024 - 08 - 30 实施

福建省市场监督管理局 发布

钢水液面控制仪校准规范

Calibration Specification for Liquid Steel
Level Controllers

JJF (闽) 1159—2024

归口单位：福建省市场监督管理局
主要起草单位：福建三钢闽光股份有限公司
三明市计量所
参加起草单位：福建福多邦科技有限责任公司
三明市市场监督管理局

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张树养（福建三钢闽光股份有限公司）

刘小刚（福建三钢闽光股份有限公司）

张永东（三明市计量所）

参加起草人：

陈林生（福建福多邦科技有限责任公司）

徐国华（福建三钢闽光股份有限公司）

王江闽（三明市市场监督管理局）

李美凤（三明市计量所）

福建省计量规范技术委员会

目 录

引言	(Ⅲ)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 结晶器	(1)
3.2 死区	(1)
3.3 设定工作液位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 测量范围	(2)
5.2 示值误差	(2)
5.3 重复性	(2)
5.4 稳定性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准前准备	(3)
7.2 示值误差	(4)
7.3 重复性	(5)
7.4 稳定性	(5)
8 校准结果表达	(6)
8.1 校准数据处理	(6)
8.2 校准证书	(6)
8.3 校准结果的不确定度评定	(6)

9 复校时间间隔	(6)
附录 A 钢水液面控制仪校准记录格式	(7)
附录 B 钢水液面控制仪校准结果内页格式	(9)
附录 C 钢水液面控制仪示值误差测量结果不确定度评定(示例)	(10)

引 言

本规范是以 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》及 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》为基础性系列规范进行编写。

本规范参考 JJG 934-1998《 γ 射线料位计检定规程》编制。

本规范为首次制定。

福建省计量规范技术委员会

钢水液面控制仪校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围(0 ~ 200) mm, 采用透射式放射源的方坯或圆坯钢水液面控制仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJG 934 γ 射线料位计检定规程

凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 术语

3.1 结晶器 crystallizer

承接从中间罐注入的钢水并使之按规定断面形状凝固成坚固坯壳的连续铸钢设备。

3.2 死区 dead zone

当被测量值双向变化时, 相应示值不产生可检测到的变化的最大区间 [JJF 1001-2011, 7.13]。

注: 本规范特别规定钢水液面控制仪在结晶器内测量的最高液位至结晶器铜管上端口的区域为死区, 死区高度用符号 d 表示, 是钢水液面控制系统设计的一个必备参数, 通常等于 50 mm, 具体由使用单位提供。

3.3 设定工作液位 set working liquid level

根据炼钢连铸工艺方面要求, 设定的正常浇注时钢水在结晶器内的液位, 是钢水液面控制仪工作液位。

4 概述

钢水液面控制仪(以下简称控制仪)是放射源发射的射线穿透结晶器内钢水后被探测器接收, 产生电脉冲信号, 由仪表显示的仪器。

控制仪主要由放射源、探测器、显示仪表组成。控制仪结构示意图(见图 1)。

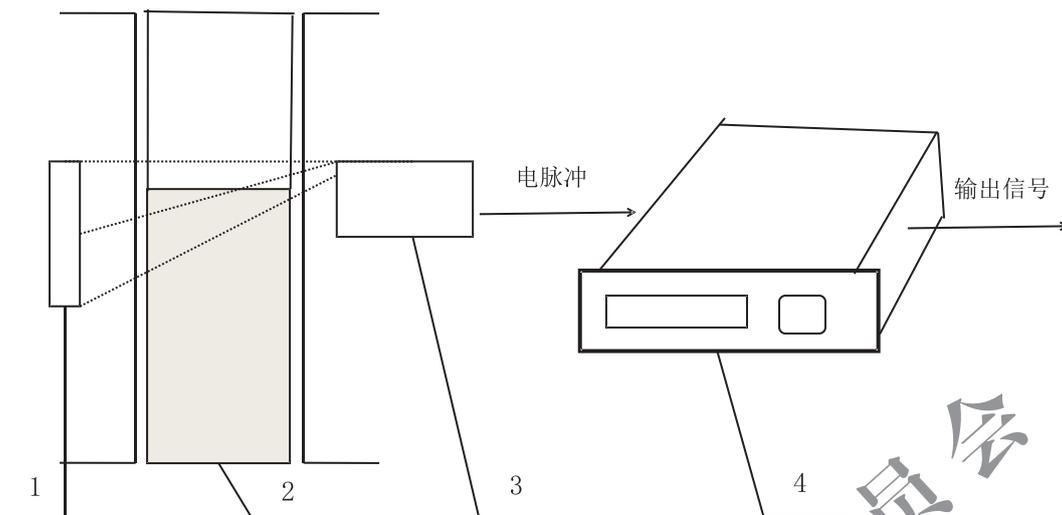


图 1 控制仪结构示意图

1、放射源；2、结晶器；3、探测器；4、显示仪表

5 计量特性

5.1 测量范围

(0 ~ 200) mm。

5.2 示值误差

最大允许误差：±1.5 mm。

5.3 重复性

≤ 0.5 mm。

5.4 稳定性

≤ 1.5 mm。

注：以上条款不作为合格判定依据，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20 ± 15) °C。

6.1.2 工作台无影响校准的机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 测量标准

6.2.1.1 标准钢板：应配备一组标准钢板，标称尺寸及数量应满足示值误差校准点的要求，每块钢板厚度偏差不得超过 0.05 mm，平行度 ≤ 0.02 mm，组合厚度偏差不得超过 0.3 mm，组合厚度面平行度 ≤ 0.2 mm。

6.2.1.2 深度卡尺：(0 ~ 300) mm，分度值（分辨力）≤ 0.10 mm。

6.2.1.3 超声波测厚仪：（0.5 ~ 200）mm，分辨力 0.01 mm。

6.2.2 其他设备

6.2.2.1 条式水平仪：分度值 ≤ 0.05 mm/m。

6.2.2.2 标准钢板支架：检测上限值时，支架变形量不得超过控制仪示值最大允许误差的 1/10。

校准装置由标准钢板及其支架组成，示意图（见图 2）。

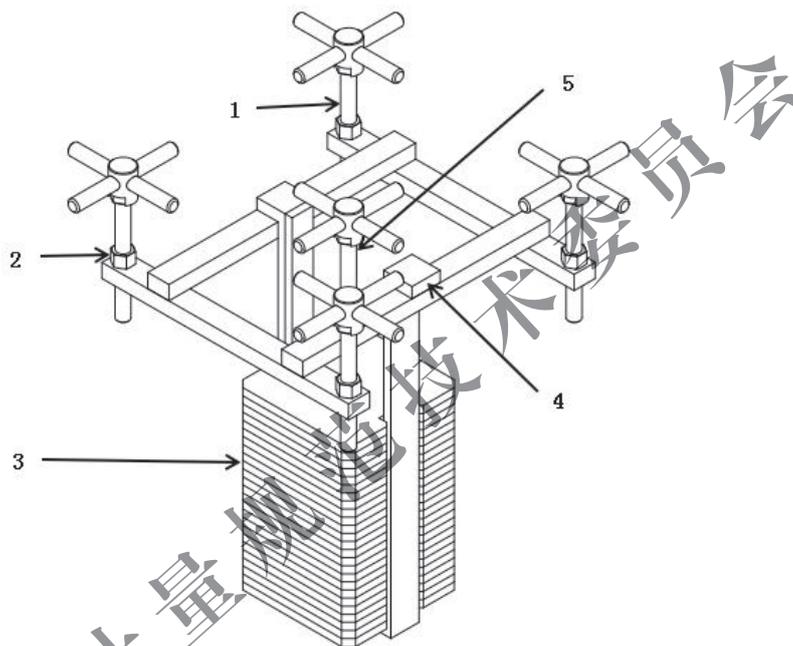


图 2 校准装置示意图

1、支架螺栓；2、支架螺母；3、标准钢板；4、支架；5、钢板操作螺杆

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

7.1.1 控制仪一般需要通电预热 30 min 以上。

7.1.2 控制仪应有铭牌，铭牌上标明仪器名称、型号规格、出厂编号、制造厂以及出厂日期等信息。显示仪表数字显示应清晰，无缺笔画现象。

7.1.3 结晶器内壁无钢渣粘连；放射源及探测器无松动；结晶器冷却装置通水，直至校准完毕。

7.1.4 标准钢板应清洁、无锈斑。

7.1.5 校准安全要求

校准时，工作人员需遵照生产现场安全要求做好防护工作，且尽量不要长时间暴

露在辐射源路径。

7.2 示值误差

校准装置装配及校准示意图（见图3）。

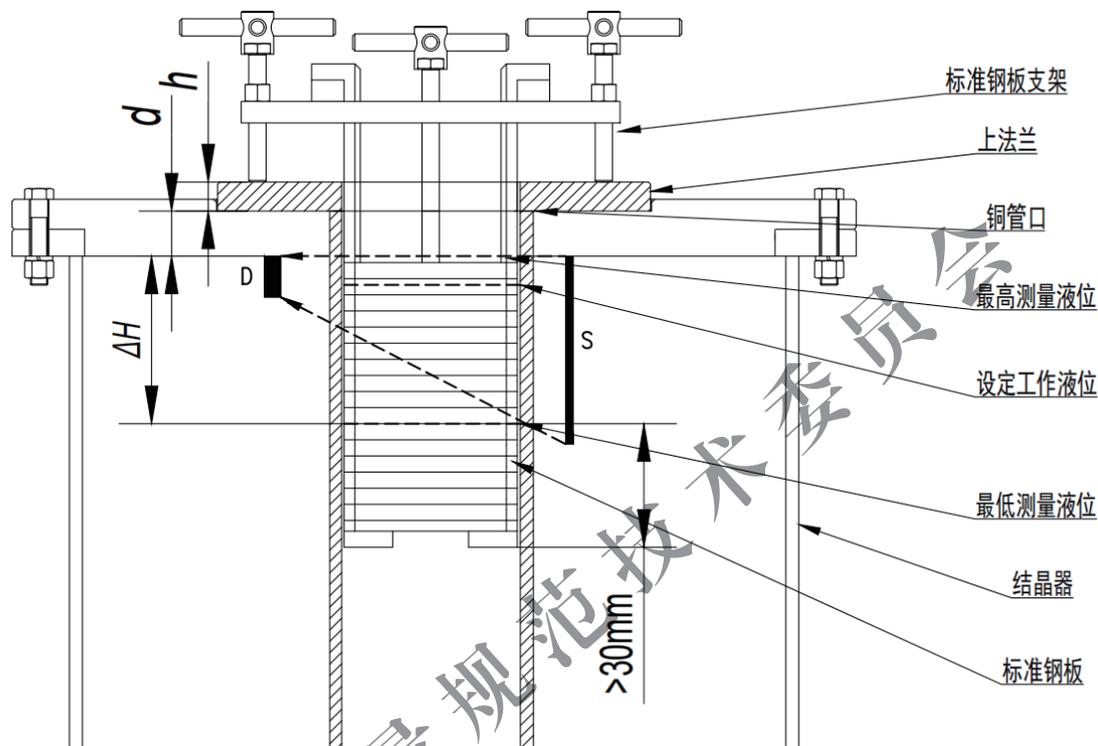


图3 校准装置装配及校准示意图

ΔH —控制仪量程； d —死区高度； h —结晶器上法兰厚度； S —放射源； D —探测器

7.2.1 选择校准点

根据控制仪及钢铁企业实际使用情况，校准点一般选择量程的 50%、60%、70%、80%、90%。

7.2.2 示值误差校准

7.2.2.1 结晶器上法兰厚度测量

取方坯结晶器上法兰四边的中心点，圆坯结晶器上法兰四等分圆弧点，为结晶器上法兰厚度测量点，使用超声波测厚仪分别测量此四点结晶器上法兰厚度尺寸，测得值分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ，按照式（1）计算结晶器上法兰厚度 h 。（见图3）

$$h = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \quad (1)$$

式中： h 、 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ，单位为 mm。

7.2.2.2 确定最低测量液位位置

按照式(2)计算 H 值,结晶器上法兰上表面以下 H 的位置即为最低测量液位位置。
(见图3)

$$H = \Delta H + d + h \quad (2)$$

式中:

H ——最低测量液位位置至结晶器上法兰上表面高度, mm;

ΔH ——控制仪量程, mm;

d ——死区高度, mm;

h ——结晶器上法兰厚度, mm。

7.2.2.3 示值误差

至少放置 30 mm 标准钢板在支架底部,用深度卡尺调整使其处于结晶器上法兰上表面以下 H 的位置,且用条式水平仪调整钢板上表面水平,依次叠加标准钢板,记录各校准点显示仪表的液面高度值三次。按式(3)计算每个校准点的误差值,取绝对值最大的 ΔL 作为仪器的示值误差。

$$\Delta L = L - L_0 \quad (3)$$

式中:

ΔL ——校准点的误差值, mm;

\bar{L} ——校准点三次测量值的平均值, mm;

L_0 ——校准点的标称高度值, mm。

7.3 重复性

选择量程的 80% 校准点作为重复性试验,在校准点重复测量 10 次,记录显示仪表的液面高度值。按式(4)计算重复性。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{10-1}} \quad (4)$$

式中:

s ——重复性, mm;

\bar{L} ——测量值的平均值, mm;

L_i ——单次测量值, mm;

7.4 稳定性

在重复性校准点,每隔 15 min 读取显示仪表液面高度值,连续读取 3 次,取读数之间的最大差值为稳定性。

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

控制仪校准结果记录于校准记录，校准记录格式（见附录 A）。

8.2 校准证书

经校准的控制仪出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用计量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名；
- n) 校准人和核验人签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明；
- p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

校准结果内页格式（见附录 B）。

8.3 校准结果的不确定度评定

钢水液面控制仪示值误差测量结果不确定度评定（示例）（见附录 C）。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 1 年。

复校时间间隔的长短取决于其使用情况，如环境条件、校准对象等，因此，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔。

附录 A

钢水液面控制仪校准记录格式

送校单位					记录编号			
委托者地址								
样品	名称				型号规格			
	制造厂				出厂编号			
	测量范围				死区高度			
标准器	名称	型号 / 规格	仪器编号	技术特征	证书编号	有效期	溯源单位	
技术依据	JJF (闽) ×××× - ×××× 钢水液面控制仪校准规范							
校准地点								
环境温度								
四个测量点结晶器上法兰厚度 (mm)	h_1		h_2		h_3		h_4	
结晶器上法兰厚度尺寸 h (mm)								
序号	校准点 (mm)	测量值 (mm)			平均值 (mm)		示值误差 (mm)	

附录 B

钢水液面控制仪校准结果内页格式

校准结果

序号	校准项目	校准结果	不确定度
1	示值误差		
2	重复性		/
3	稳定性		/
备注:			

福建省计量规范技术委员会

附录 C

钢水液面控制仪示值误差测量结果不确定度评定 (示例)

C.1 概述

C.1.1 测量环境

钢水液面控制仪在校准环境条件下进行校准, 结晶器冷切装置通水直至校准完毕。

C.1.2 测量对象

由放射源、探测器、显示仪表组成, 由衡阳镭目科技有限责任公司生产的连铸钢水液面控制仪, 测量范围 (0 ~ 150) mm, 示值最大允许误差 ± 1.5 mm。

C.1.3 测量标准设备:

标准钢板: 配备一组标准钢板, 标称厚度及数量应满足示值误差校准要求, 每块钢板厚度 15 mm, 每块钢板厚度偏差不超过 0.05 mm, 平行度 ≤ 0.02 mm, 组合厚度偏差不超过 0.3 mm, 组合厚度面平行度 ≤ 0.2 mm。

深度卡尺: 测量范围 (0 ~ 300) mm, 分度值为 0.02 mm 的游标深度卡尺。

超声波测厚仪: 分辨力 0.01 mm, 用于测量结晶器上法兰厚度尺寸。

标准钢板支架: 检测上限值时, 支架变形量不超过钢水液面控制仪示值最大允许误差的 1/10。

C.1.4 测量方法

至少放置 30 mm 标准钢板在支架底部, 用深度卡尺调整使其处于最低测量液位位置, 且用条式水平仪调整钢板上表面水平, 依次叠加标准钢板, 记录各校准点显示仪表的液面高度值三次。按式 (C.1) 计算每个校准点的误差值, 取绝对值最大的 ΔL 作为示值误差。

C.2 测量模型

$$\Delta L = \bar{L} - L_0 \quad (\text{C.1})$$

式中:

ΔL —— 校准点的误差值, mm;

\bar{L} —— 校准点三次测量值的平均值, mm;

L_0 —— 校准点的标称高度值, mm。

C.3 输入量的标准不确定度的评定

C.3.1 输入量 \bar{L} 的标准不确定度 $u(\bar{L})$ 的评定

输入量 \bar{L} 引入的不确定度主要是由连铸钢水液面控制仪测量重复性引入的。在重复性校准点 120 mm 处, 重复测量 10 次, 记录显示仪表的液面高度值。各次测量结果如下: 119.75 mm、119.95 mm、119.70 mm、119.55 mm、119.65 mm、119.80 mm、119.70 mm、119.90 mm、119.85 mm、119.60 mm。

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i = 119.75 \text{ mm}$$

$$s(\bar{L}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} = 0.130 \text{ mm}$$

实际 \bar{L} 为三次测量的平均值, 故:

$$u(\bar{L}) = s(\bar{L}) / \sqrt{3} = 0.075 \text{ mm}$$

C.3.2 输入量 L_0 的标准不确定度 $u(L_0)$ 的评定

输入量 L_0 引入的标准不确定度, 由以下四部分组成:

(1) 标准钢板厚度偏差引入的标准不确定度 $u_1(L_0)$ 。

校准 120 mm 点使用 8 块同样 15 mm 的钢板进行组合, 根据证书校准结果, 组合厚度偏差为 +0.169 mm, 按正态分布考虑, $k=3$, 则标准不确定度为

$$u_1(L_0) = 0.169/3 = 0.056 \text{ mm}$$

(2) 标准钢板平行度引入的标准不确定度 $u_2(L_0)$ 。

校准 120 mm 点使用 8 块同样 15 mm 的钢板进行组合, 根据证书校准结果, 组合厚度面平行度为 0.096 mm, 按正态分布考虑, $k=3$, 则标准不确定度为

$$u_2(L_0) = 0.096/3 = 0.032 \text{ mm}$$

(3) 标准钢板温度线膨胀系数引入的标准不确定度 $u_3(L_0)$ 。

标准钢板线膨胀系数一般为 $1.1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$, 校准环境温度为 $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$, 偏离 20°C 最大为 15°C , 校准 120 mm 点使 8 块同样 15 mm 的钢板, 按均匀分布考虑, $k = \sqrt{3}$, 则标准不确定度为

$$u_3(L_0) = 120 \times 1.1 \times 10^{-5} \times 15 / \sqrt{3} = 0.012 \text{ mm}$$

(4) 标准钢板支架变形引入的标准不确定度 $u_4(L_0)$ 。

检测上限值时, 支架变形量不得超过钢水液面控制仪示值最大允许误差的 1/10, 按均匀分布考虑, $k = \sqrt{3}$, 则标准不确定度为

$$u_4(L_0) = 1.5 \times 0.1 / \sqrt{3} = 0.087 \text{ mm}$$

$$\text{则: } u(L_0) = \sqrt{[u_1(L_0)]^2 + [u_2(L_0)]^2 + [u_3(L_0)]^2 + [u_4(L_0)]^2} = 0.109 \text{ mm}$$

C.4 合成标准不确定度的计算

C.4.1 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta L / \partial \bar{L} = 1 \quad c_2 = \partial \Delta L / \partial L_0 = -1$$

C.4.2 输入量的标准不确定度汇总

表 C.1 标准不确定度汇总

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	c_i	$ c_i u(x_i)$
$u(\bar{L})$	重复性	0.075 mm		0.075 mm
$u(L_0)$	标准器	0.109 mm	-1	0.109 mm
$u_1(L_0)$	标准钢板厚度偏差	0.056 mm	/	/
$u_2(L_0)$	标准钢板平行度	0.032 mm	/	/
$u_3(L_0)$	标准钢板线膨胀系数	0.012 mm	/	/
$u_4(L_0)$	标准钢板支架变形	0.087 mm	/	/

C.4.3 合成标准不确定度的计算

$$u_c(\Delta L) = \sqrt{[c_1 u(\bar{L})]^2 + [c_2 u(L_0)]^2} = 0.13 \text{ mm}$$

C.5 扩展不确定度的确定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\Delta L) = 0.26 \text{ mm}$$

C.6 校准结果及其不确定度的表示

该控制仪 120 mm 测量点： $\Delta L = -0.25 \text{ mm}$ ， $U = 0.26 \text{ mm}$ ， $k = 2$ 。