

# 连铸液位计非线性失真的研究及解决方案

杨其京

(北京首钢自动化信息技术有限公司 运行事业部,北京 100041)

[摘要]主要研究改进连铸液位计的非线性失真问题。

[关键词]连铸液位计;非线性;软件

## 0 前言

钢水连铸液位计是炼钢厂实现全连铸自动控制的关键仪表,首钢第三炼钢厂引进德国 LB352 连铸液位计实现钢水液面测量取得了良好的应用效果。然而 LB352 连铸液位计在 130 mm × 130 mm 小钢坯液面测量中输出液位信号却出现严重的非线性失真,严重影响控制系统的闭环控制 and 产品质量。本文主要研究自产 YWJ-1 型连铸液位计针对 LB352 连铸液位计非线性失真改进方案的线性化处理技术,使这一科研项目具有实际应用价值。

## 1 液位计的测量原理

连铸液位计主要包括钴-60 棒状放射源、NaI (TL) 闪烁探头(探测器)以及智能主机和连接电缆等,如图 1 所示。

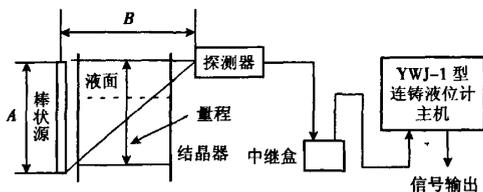


图 1 连铸液位计的组成

我们知道  $\gamma$  射线穿过物质时的强度逐渐减弱。连铸液位计正是利用此原理设计而成。连铸液位计的放射源是线性的棒状源,当液面高度不同时, $\gamma$  射线被钢水阻挡的部分也不同,探头探测到  $\gamma$  射线数也就随之变化;即钢水液面的高度愈高, $\gamma$  射线被钢水阻挡的部分就越多, $\gamma$  射线数愈少, $\gamma$  射线数与钢水液面的高度近似成反比。探测器接收到  $\gamma$  射线信号,将其转化为电信号,最后经

过连铸液位计主机的软件处理就得到正比于钢水液面高度的 4 ~ 20 mA 仪表输出信号。利用此信号即可参加执行机构的控制,达到准确测量和控制液面高度的目的。

## 2 LB352 液位计产生的非线性失真

为了得到正比于钢水液面高度的 4 ~ 20 mA 仪表输出信号, LB352 液位计采用按被测对象连续变化时对射线的吸收关系,专门设计非均匀分布的棒状放射源,改变棒状放射源不同微分单元的放射性强度,使探测器接收到的  $\gamma$  射线正比于被测对象连续变化的全量程。这种方法对被测对象和设备的参数要求很严格,由于该仪表软件采用两点式校正线性方程,对要求量程较大的小方坯(见图 1,当  $A/B > 1$  时),在有限尺寸的结晶器上应用,会产生严重的非线性失真,三炼四号机一流的液位测量数据就说明了这种情况(见表 1 和图 2)。

表 1 测量数据表

实际液位/mm	测量计数率/(脉冲数/s)	输入/%	输出/%
60	2 107	100	100
78	2 247	90	98
96	3 813	80	90
114	7 300	70	73
132	10 000	60	60
168	14 300	40	36
204	17 600	20	19
空	21 327	0	0

由图 2 可以看出,仪表输出特性在 70% ~ 100% 出现严重的非线性失真,最高达 10%,并且恰恰产生在液面控制段,影响了自控系统的稳定运行。

[收稿日期]2006-02-16

[作者简介]杨其京(1959-),男,湖南石门人,工程师,从事核仪表产品的研究开发及应用工作。

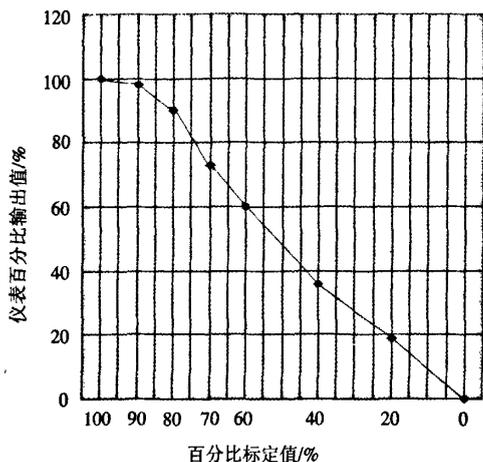


图2 测量特性曲线

### 3 YWJ-1型连铸液位计改善非线性失真的研究

#### 3.1 实验设备

实验设备包括棒状放射源一个;YWJ-1型连铸液位计一台;LB352液位计一台;CH189探测器一支;自制结晶器模拟实验装置一套;600 mm量度尺一把。

#### 3.2 实验方法

(1) LB352液位计非线性化设计,在设定测量方案下,全量程测出 LB352液位计输出特性曲线,观察其输出特性。

(2) 在满足仪表动态响应的条件下改进 YWJ-1型连铸液位计软件设计,使原两点标定输出特性曲线改为最多九点八段标定的输出特性曲线。

(3) 用改进的 YWJ-1型连铸液位计替换 LB352液位计,选取五点四段法标定输出特性曲线,其它不变,全量程测出 YWJ-1型连铸液位计输出特性曲线,观察其输出特性。

(4) 对比测量结果,给出结论。

#### 3.3 实验步骤

##### 3.3.1 调试

(1) 准备工作。放射源和探测器的安装位置决定了液面的测量点和量程。探测器闪烁晶体的中心线为测量范围的顶点(见图1)。线性放射源的最下端与闪烁体中心的连线与放射源一侧结晶器内壁的交点,为测量范围的底点(见图1)。由此得到一个准确的钢水截面的几何定位,测量点不应在曲线之外。由于放射源和几何定位的影响,在线性方程的两端有一定的非线性区。用户可以

准备一个比铸模尺寸略小,长度应大于量程 50% 标定块,悬在某一设计好的位置(其支撑物不应因阻挡射线而影响测量结果),移动标定块,记录仪表输出值得到曲线的趋势图。

(2) 检查 YWJ-1 的所有参数是否正确。

(3) 对 LB352 液位计输出特性曲线做最佳分段处理,确定分段区间,使每一区间定位在上述曲线的相对线性区域,最多可以分成八段。

(4) 按上述确定的分段%点,按量程从“空”到“满”对应“分段液位标定寄存器”20~34号顺序写入“空点液位值”、“液位值1”、“液位值2”、“液位值3”和“满点液位值”即可开始分段条件下的系统标定。

##### 3.3.2 标定

(1) 空点标定:当仪表读数不为零和更换结晶器后,必须进行此操作(不需要标定块)。

1) 按“测量”键关闭测量状态。

2) 按“△”或“▽”键选择寄存器(20),按“方式”键将“0”写入该寄存器。按“△”或“▽”键选择寄存器(21),按“标定”键(测量灯亮)。等 10 s,直到测量值不变。(测量灯灭),完成“空点计数”的标定。

(2) 液位值 1 点的标定:只有当改变方坯尺寸时才进行。

1) 标定块放在“液位值 1”点的分段%值位置。

2) 按“△”或“▽”键选择寄存器(23),按“方式”键将上述确定的“液位值 1”点的分段%值写入该寄存器。按“△”或“▽”键选择寄存器(24),按“标定”键(测量灯亮),等 10 s,直到测量值不变(测量灯灭),完成“计数率 1”标定,“衰减因子 1”自动产生在 25 号寄存器。

(3) 液位值 2 点的标定:只有当改变方坯尺寸时才进行。

1) 标定块放在“液位值 2”点的分段%值位置。

2) 方法同上,“液位值 2”为 26 号寄存器,“计数率 2”为 27 号寄存器,“衰减因子 2”为 28 号寄存器。

(4) 液位值 3 点的标定:只有当改变方坯尺寸时才进行。

1) 标定块放在“液位值 3”点的分段%值位置。

2) 方法同上,“液位值 3”为 29 号寄存器,“计数率 3”为 30 号寄存器,“衰减因子 3”为 31 号寄存器。

(5) 满点的标定:只有当改变方坯尺寸时才进行(标定块放在最大位置)。

1) 标定块放在“满点液位值”点的分段%值位置(100%)。

2) 方法同上,“满点液位值”为 32 号寄存器,“计数率 1”为 33 号寄存器“满点衰减因子”为 34 号寄存器。

(6) 按“计算键”:系统将自动完成方程的计算,且计算指示灯自动点亮,计算完成后指示灯将自动熄灭。

(7) 按“测量”键回到测量状态,显示%液位 00 号寄存器内容,完成标定工作。(测量灯亮)。

完成上述标定后,进行液位计系统“校零”,并重新测量仪表的输出、输入特性,将测量数据用 Excel 绘制出“特性曲线”以供研究分析。

#### 4 YWJ-1 型连铸液位计改善非线性失真的效果

##### 4.1 LB352 液位计测量数据和输出特性曲线

实验配置如图 3 所示。测量数据和特性曲线如表 2 和图 4 所示。

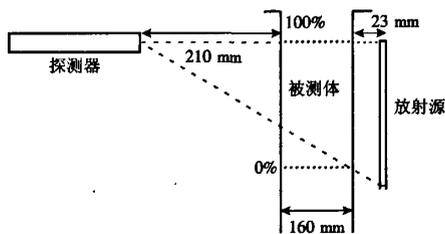


图 3 实验配置图

表 2 LB352 测量数据表

实际液位/mm	测量计数率/(脉冲数/s)	输入/%	输出/%
80	2 840	100	100
96	5 600	90	90.2
112	9 550	80	76.2
128	14 000	70	61
144	16 850	60	50.7
160	19 820	50	40.2
176	22 500	40	31
192	24 700	30	23
208	26 600	20	16.4
224	28 650	10	9.3
240	31 100	空	0

由以上实验可知其非线性失真近 10%, 不满足应用要求。现改用改进的 YWJ-1 型连铸液位计实施线性分段处理, 分段值按 LB352 液位计测量数据和输出特性曲线可设为: 100~90, 90~70, 70~40, 40~0 共四段。重新测量仪表的输出、输入特性, 将测量数据用 Excel 绘制出“特性曲线”。

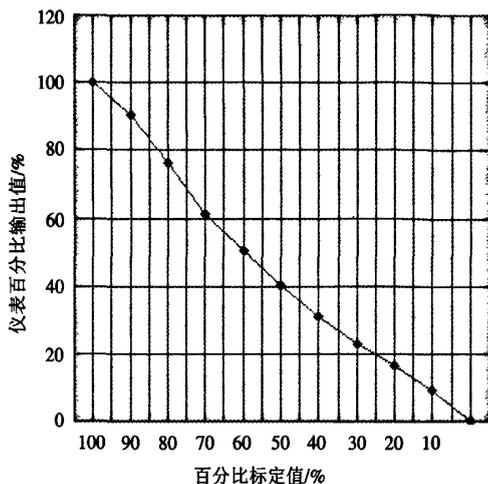


图 4 LB352 测量特性曲线

##### 4.2 采用改进的 YWJ-1 型连铸液位计测量数据和输出特性曲线

采用改进的 YWJ-1 型连铸液位计测量的数据和输出特性曲线见表 3 和图 5。

表 3 YWJ-1 型测量数据表

实际液位/mm	测量计数率/(脉冲数/s)	输入/%	输出/%
80	2 900	100	101
96	6 000	90	89.9
112	10 950	80	78.4
128	14 700	70	70.1
144	17 800	60	59
160	20 680	50	48.6
176	23 000	40	40
192	24 930	30	30.1
208	27 200	20	19.7
224	29 000	10	10.5
240	31 267	空	0

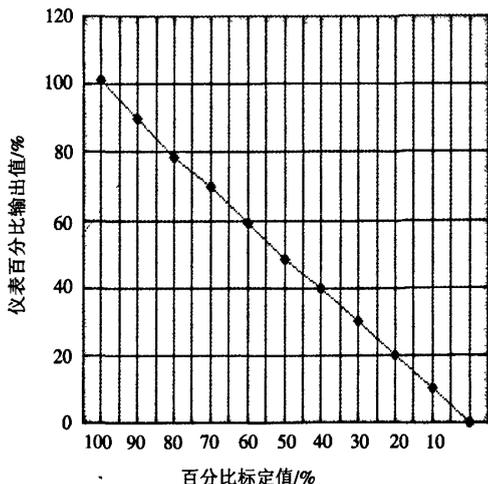


图 5 YWJ-1 型测量特性曲线

以上实验证明,采用改进的 YWJ-1 型连铸液位计,并做了四段分段处理,使其非线性失真得到了有效的改善,由原 10% 的非线性失真提高到 1.6%,满足应用要求。

## 5 结论

通过 LB352 液位计和改进的 YWJ-1 型连铸液位计的线性化数据、图形的性能对比,不难看出 YWJ-1 型连铸液位计的线性化处理方案是完全可行的。如果在应用中能够精确、合理地选择分段点,使其点位运用在非线性失真最严重的关键点

上,适当增加分段点数,细化输出特性曲线,则非线性失真还可以进一步减小。目前,我们研制生产的采用这种线性化处理技术的 YWJ-1 型连铸液位计已经成功应用在首钢第二炼钢厂的四号机组和五号机组,并准备进一步推广应用。今后,我们仍将继续深入研究液位计连续非线性函数的数学表达式和计算机表达模式,以期提高仪表的可靠性及其运算速度,从而达到和满足更高的应用要求。

[编辑:魏卫江]