

连铸液位计的设计

杨其京, 朱雪玉, 李清华, 张景旭, 高平

(首钢计量自动化系统工程有限责任公司 核仪表室, 北京 100041)

[摘要] 主要介绍连铸液位计的系统结构、主机、探测器软件设计方法及其在首钢现场应用中的抗干扰问题。该仪表通过在首钢三炼钢厂的反复实验和改进, 试运行获得成功, 仪表运行稳定, 满足生产要求, 完全可以替代进口仪表, 实现国产化的目的。

[关键词] 连铸液位计; 探测器; 抗干扰

[中图分类号] TF345 **[文献标识码]** B

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, 对于大板坯、方坯、圆坯等不同的连铸机都能使用, 国内各大钢厂都在普及这项技术, 有较高的商业价值。目前首钢三炼钢厂全部使用国外引进设备, 价格昂贵, 备件消耗大, 因此, 我们于 2002 年 3 月开始研制了 YWJ-1 型连铸液位计, 2003 年 3 月在首钢三炼钢试运行, 获得了满意的使用效果。

1 测量原理

γ 光子穿过物质时, 与吸收物质的原子发生光电效应、康普顿效应和电子对效应, 原来光子所具有的能量就会消失或散射, 并偏离原来的入射方向。没有与物质发生相互作用的光子穿过吸收层, 其能量保持不变, γ 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, γ 光子被钢水阻挡的部分也不同, 探头探测到 γ 光子数也就随之变化, 即钢水液面的高度愈高, γ 光子被钢水阻挡的部分就越多, γ 光子数就愈少, γ 光子数与钢水液面的高度近似成反比。探测器接收到 γ 光子信号, 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。

2 连铸液位计的组成

连铸液位计主要由 60 钴棒状线性放射源、NaI(Tl) 闪烁探测器、主机、中继接线盒及特制连接电缆组成, 见图 1。 60 钴棒状线性放射源提供 γ 光子源; NaI(Tl) 闪烁探测器检测经被测钢水衰减了的 γ 光子; 智能主机的硬件是由中央处理器、程序存储器、键盘显示电路、探测器信号输入电路、校零/校满

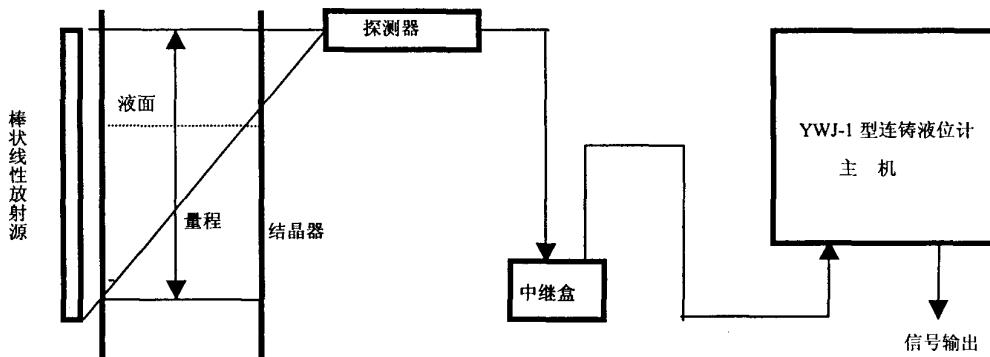


图 1 连铸液位计的组成

信号输入电路、电流信号输出电路和报警信号输出电路组成，对被测信号进行数据处理并给出液位值和控制信号；中继接线盒是由二冷室引出的特制电缆与常规传输电缆的转换盒。

3 探测器

探测器是仪表的关键部件，由晶体、光电倍增管、前置放大器、整形、高压模块、控制调节器、防磁材料、特制防水防高温电缆以及防电磁外壳组成。它所安放的地点存在高温、水蒸汽、磁场和震动等，因此对探测器的性能要求很高。我们选择闪烁探测器，是因为这种探测器寿命长、效率高、价格适中。虽然晶体易潮解、受温度的影响略大，但是只要做好水冷、防震和晶体的密封，就能够满足探测器的技术要求^[1]。经过反复研究和现场实验，我们提出了探测器的装配结构、机械加工要求和电器技术指标，委托具有专业水平的北京滨松光子技术有限公司加工制造，技术性能达到了设计要求。

3.1 高压模块、前置放大器一体化设计

通常主机与探测器的安装现场传输距离较远、现场环境差，由主机提供高压电源经长距离传输易引入干扰，造成高压波动，影响测量精度。因此将带屏蔽罩的模块化高压电源同前放、整型电路设计在一起，置于探测器内，达到提高高压质量、便于连线和安装的目的。另外，探测器输出信号采用整型后的方波输出，同样提高了探测器信号传输的抗干扰能力。

3.2 防电磁处理

为了提高钢坯质量、改善钢材内在均匀度和钢坯表面光洁度，在结晶器水口下方都加有电磁搅拌机，它产生很强的磁场，严重干扰常规闪烁探测器光电倍增管的正常使用。我们设计的探测器外壳采用碳钢材料，内部光电管外又增加了一个玻墨合金护套，使探测器达到抗磁场和电场干扰的目的。

3.3 防水、抗高温处理

探测器外壳、电缆、连接头是抗高温、防水的关键。探测器外壳采用高碳钢全密闭结构设计，装于结晶器水冷装置中，可以达到防水、防尘、抗高温的目的。为了适应现场恶劣环境，采用多层绝缘硅橡胶铠装电缆，耐高温、防火、抗冲击。探测器与电缆的连接为镜球面接触，配合防水胶带能延长探测器的使用寿命。

4 抗干扰技术^[2]

4.1 输入输出通道的抗干扰设计

开关量输入输出通道和脉冲量要求不高的输入输出通道都是干扰脉冲窜入的渠道。要切断这个渠道，就要去掉被控对象与输入输出通道之间的公共地线，实现彼此电隔离，以抑制干扰脉冲。我们采用 6N316 光电隔离器对现场的输入输出信号进行隔离。其中包括探头输入的脉冲信号，两路 4~20 mA 输出信号的隔离，外部校零、外部校满、钢包到位自动校零 3 部分输入信号的隔离。这样的设计基本上消除了现场对智能主机的影响。

4.2 电源电网干扰的抑制

为了抑制电网干扰所造成的稳压电源波动，我们采用能抑制交流电源干扰的 UPS 不间断电源。

4.3 地线系统干扰的抑制

正确接地是仪表系统抑制干扰必须注意的重要问题。在系统的设计中，若能把接地和屏蔽正确地结合，就能很好地消除外界干扰。智能主机板属于高频电路，我们采用就近多点接地；两路 4~20 mA 输出、3 路继电器输出属于模拟电路和强电电路的输出，则采用一点接地；主机到探头的连接电缆采用探头端单端接地方式；脉冲输入信号回路采用电流环的传输形式。这样，可大大地降低干扰信号的影响。

4.4 软件的抗干扰技术

(1) 指令冗余技术

软件设计时，在多字节指令后插入几个单字节的 NOP 指令，这样可以保证其后的指令不被拆散。在对程序流向起决定作用的指令之前插入几条 NOP 指令，也可保证“弹飞”的程序迅速纳入正轨。

(2) 软件陷阱技术

当“弹飞”的程序进入非程序区或表格区时，采用冗余指令使程序纳入正轨的条件便不满足。此时可以设计软件陷阱拦截“弹飞”的程序，使系统复位，以避免错误修改参数区。将 E P R O M 的空白区全部写成 R S T 指令，在各子程序的开始和结尾处增加几条 R S T 的指令。对于 8 0 C 1 9 6 单片机来讲，R S T 指令的机器码为 0 F F H，这样就会使程序迅速复位。另外 R A M 6 2 6 4 存有大量的数据，为了减少 R A M 区数据丢失的可能性，我们在 R A M 写操作之前加入条件陷阱，只有满足条件的才可以进行写操作，不满足条件的将视为程序“弹飞”的错误数据，系统将迅速复位。

(3) R A M 中数据的冗余保护

当 C P U 受到干扰而造成程序“弹飞”时，有可能破坏 R A M 中的数据，因此我们必需对系统中的重要数据实行备份。系统复位后首先要对重要的参数区进行自我检查纠错，并用备份将被破坏的内容重新恢复，以达到保护 R A M 中数据的目的。

5 软件设计^[2]

5.1 自顶向下

自顶向下设计，实质上是一种逐步求精的过程，就是把整个问题划分为若干个小问题，一层一层地分下去，直到最底层的每一个问题都可以予以处理为止。在连铸液位计软件设计过程中，我们正是根据这一原理把程序分成一个个的子程序，力争做到简明扼要。例如，在主运算程序的设计中，我们把主运算程序细分为钢水液位计算子程序、4~20 mA 输出运算子程序、浮点数开方子程序、抗冲击函数子程序等等。这样既使编程思路清晰，又减少了程序的反复编写，增加了程序的可读性，减少了编程过程中的错误。

5.2 模块化编程

把整个程序按照自顶向下的设计原则来分层，以保证模块的独立性，即一个模块应尽可能独立于其他模块，使模块只有一个入口和一个出口，一个模块内部的更改不影响其他模块。同时要保证一个模块应具有解决一个问题的完整算法，在输入值和输出值允许的范围内能够正常工作。在我们的程序设计过程中，正是采用了这种模块化编程的设计思路，把整个程序划分成显示子程序、键盘响应子程序、主运算子程序、外部校零子程序等大模块，再把它们又分成功能不同的小模块。以键盘响应子程序为例，把键盘响应子程序又细分成标定模块、测量模块、计算模块、右键模块、左键模块、下键模块、方式模块、写入模块等，做到了每一模块完成一种功能。

5.3 结构化编程

结构化程序设计有 3 种基本结构，即顺序结构、选择结构和循环结构。我们在程序设计过程中全部采用这 3 种结构，例如，输入脉冲信号平均子程序选用循环结构，故障处理子程序使用选择结构，而主程序的执行采用顺序结构。

6 应用效果

在连铸液位计的设计中，我们针对以上几个方面做了具体细致的研究，对所选用的材料和器件作了反复比较和性能指标分析，系统硬件基本达到设计要求。本仪表自 2003 年 2 月开始在首钢第三炼钢厂试运行，仪表工作稳定，响应时间达到 0.05 s、精度基本达到设计要求（3%），探测效率比同类产品有较大提高。由于采用贫化铀做蔽屏材料，射线防护性能也有了较大提高，完全满足连铸自控系统对仪表的技术要求，并且可以替代进口仪表，达到实现国产化的目的。

[参 考 文 献]

[1] 复旦大学, 清华大学, 北京大学. 原子核物理实验方法[M]. 北京: 原子能出版社, 1997. 99-133.

[2] 徐爱钧. 仪表原理与设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998. 215-234, 353-369.

[编辑: 初秀兰]