

多称重传感器系统传感器故障的紧急应对措施

昆明有色冶金设计研究院电气自动化分院 方原柏

[摘要]绝大多数称重系统使用的是多个称重传感器，称重传感器的数量越多，发生故障的可能性就越大。用户希望称重系统中的一个传感器发生故障时，整个称重系统还能称重。为达到此要求，本文介绍了称重传感器发生故障时的临时补救措施、生产现场称重传感器故障处理实例及三计秤的应用，还对另一个应用实例的改进升级提出了建议。

[关键词] 称重系统 多称重传感器 传感器故障 补救措施

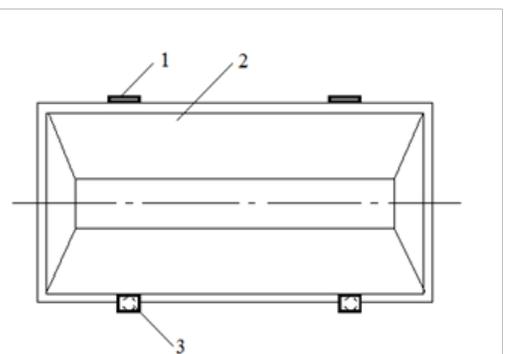
一、概述

对称重系统来说，只使用单个称重传感器的系统非常少，绝大多数称重系统使用的是多个称重传感器。称重传感器的数量越多，发生故障的可能性就越大。使用者希望称重系统中的称重传感器发生故障时，对系统工作的影响越小越好，但通常这是很难做到的。比如说，希望称重系统中的一个传感器发生故障时，整个称重系统还能称重，即使称重准确度稍微差一点也无所谓。因为即使有备用的称重传感器，从库房领出来到换上去工作，总得耽误一段时间，如果库房没有备用的，临时订货，那还不得三五个月？该怎么办？

二、称重传感器发生故障时的临时补救措施

由于多称重传感器的称重系统通常使用的不是传感器输出信号串联法，而是并联法，也就是说，在采用并联法时，如果多个传感器受力是均匀的，输出信号也大体相近，那么从道理上讲，一个传感器故障应该没有多大影响。当然，要把故障传感器的信号接线移除，与系统断开连接。如果称重系统使用的是传感器输出信号串联法，由于故障传感器的信号接线移除后，总输出信号的幅值大大降低，只有重新调校系统的零点和量程后，称量系统才能投入运行。

在一些称重准确度要求不高的料仓，如果我们选择4个支点支撑料仓，那么我们常常可以用部分铰链连接来替代称重传感器，比如说方形料仓，我们常常在相对的两侧各设2个支点，一侧2个支点用铰链支撑，另一侧用称重传感器支撑（见图1）。这样的称重系统有用在冶金行业烧结机的布料仓上，因为称重系统是作为料位计使用，不要求太高准确度，系统投资也可以节省了。



1- 铰链支撑；2- 称重料仓；3- 称重传感器

图1 部分铰链支撑的称重料仓

图中的 2 个称重传感器设计选型时也应按 4 个支点受力大小选型，每个传感器最大受力时的理论输出 mV 值也按 4 个支点受力计算。

如果图 1 中左侧的称重传感器故障，那么我们可以到现场接线盒处将这个传感器的接线断开，也就是信号线不接入称重显示器。当然，如果时间允许的话，重新做一次校准是非常有必要的，即只靠这一个传感器的信号进行秤的零点和量程校准。

按照这一思路，我们在生产现场处理过几次类似事故。

三、生产现场称重传感器故障的处理

1. 沸腾炉进料计量皮带秤

我在云南某锌厂参加电炉定量给料机的扩容改造，有一天沸腾炉工段长找到我，说沸腾炉进料计量皮带秤发生故障，没有锌精矿进沸腾炉的数量显示，这使他心急火燎，忙问我有什么办法没有？我跟着他去沸腾炉看了一下，这台计量皮带秤有一段较长的秤架，秤架上有两组称量托辊，秤架下方有 3 个称重传感器，呈等腰三角形的位置布置（见图 2）。我问工段长可否停止进料一二十分钟，检查一下秤？工段长说短时间是可行的。进料皮带停下来后，我们首先检查每一个称重传感器的输出，在等腰三角形底边位置的两个称重传感器输出值正常，在对应皮带上按压信号会增大，而在等腰三角形顶点位置的称重传感器输出值忽大忽小，一会输出为零，一会输出几十个 mV，在对应皮带上按压信号变化也不规则，故判断这个称重传感器损坏。我问工段长有备用的吗？把这个坏的换掉再校准一下就可以了。工段长问了好多人，说没有备件，要赶紧去订才行。工段长叹口气说：恼火了，白天还可以看看皮带上料有多少，勉强凑合操作。晚上又不能随时出来看，怎么操作？我对工段长说，办法倒是有，我们甩掉故障的传感器，只用两个好的传感器称重，这样准确度差一点，你接受吗？他说，八九不离十就行。我说，那好，您再给我十分钟，我重新调整一下零点和满值，行吗？他说，那可以。我让现场工人拆掉故障传感器接线，然后启动空皮带运行，秤的显示器能正常显示，按压称量段皮带，显示值增大，说明工作基本正常。然后进行零点调整，因是短皮带，一两分钟就调好零点，然后启动给料机给锌精矿，待料量稳定后，先读十个左右连续的瞬时料量值，然后停皮带，刮下 1m 皮带上的锌精矿放在小台秤上称重，然后折算瞬时料量，再与十个左右连续的瞬时料量值的平均数比较，即可调节秤的满值系数。这样就算简单的完成调校，我就告诉工段长，暂时就这么用吧，如果能停长一点时间，还可以精细地做调整。

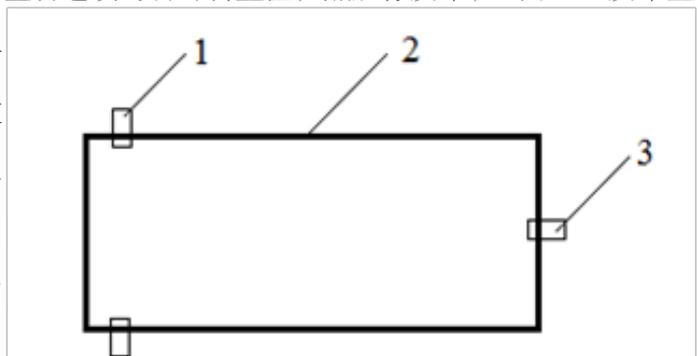


图 2 沸腾炉进料计量皮带秤秤架上三个称重传感器的位置

1- 称重传感器；2- 秤架；3- 称重传感器

2. 铜矿山原矿皮带计量秤

云南某铜矿山原矿输送皮带上安装了西门子公司 MMI 双托辊皮带秤，这种皮带秤实际上是由两台 MSI 单托辊皮带秤秤架组合而成，而每一台 MSI 单托辊皮带秤秤架上都装有两个称重传感器，左右侧各一个（见图 3）。西门子公司皮带秤的称重传感器在接线盒是采用分路输入方法，即多个传感器经现场接线盒后仍保留各自独立的输出信号，所以称重传感器工作是否正常，在称重显示仪上就可以查到当前的数值，从而做出判断。皮带秤的供货、安装、调校都是由我们负责完成的。两年之后，现场来电话说，MMI 双托辊皮带秤有一个称重传感器坏了，称重显示仪无法工作，怎么办？我马上回复说，以前就给你们交代过了，可以将称重传感器坏了的那个秤架与系统隔离，即将 MMI 双托辊皮带秤的两台 MSI 单托辊皮带秤秤架中称重传感器坏了的那台秤架挑出来，将它的两个称重传感器与接线盒的连接断开，只用两个称重传感器都是好的那台秤架。这样，把 MMI 双托辊皮带秤秤架当成 MSI 单托辊皮带秤秤架用。再重新调整零点和满值后，秤仍然可以使用。如果是先有备案，那么在第一次进行秤的调试时，可以将两台 MSI 单托辊皮带秤秤架和 MMI 双托辊皮带秤秤架分三次分别进行调整，记录下对应的零点值和满值系数。而当故障出现后，直接输入对应秤架的零点值和满值系数，系统就可以直接投入运行。



图 3 由两台 MSI 单托辊秤架组成的 MMI 多托辊皮带秤秤架

1- 第一台 MSI 单托辊秤架；2- 第二台 MSI 单托辊秤架

四、三计秤

大约在七八年前，国内的衡器制造商可以提供有三计（或多计）功能的称重设备，我院在云南省某锡矿设计的 1720 ~ 1360m 中段有一个废石提升箕斗斜井计量秤，由于计量秤在井下，距离控制站有 1000m 之远，锡矿要求计量秤能实现称重传感器的故障自诊断及在某个称重传感器故障发生后，计量秤仍然能实现自动称量。计量秤料斗容积为 6m³，自重 4400kg，装废石量约 8000kg，计量秤装

满料总重 12.4t。设计选用了江苏赛摩电气的三计料斗秤，为计量秤选配 PLR9363-SB-7.5T 称重传感器 4 个，选配带三计功能的 6301-3T 称重仪表。称重仪表将四路独立称重传感器信号分别组合运算，形成三组计量秤：一组主计量秤和二组辅计量秤。主计量秤由四个称重传感器的输出信号组合产生；另外二组辅计量秤分别由 A、B 称重传感器的输出信号（此时 C、D 传感器作为支点不参与称重）组合产生第一组辅计量秤，C、D 称重传感器的输出信号（此时 A、B 称重传感器作为支点不参与称重）组合产生第二组辅计量秤（见图 4）。

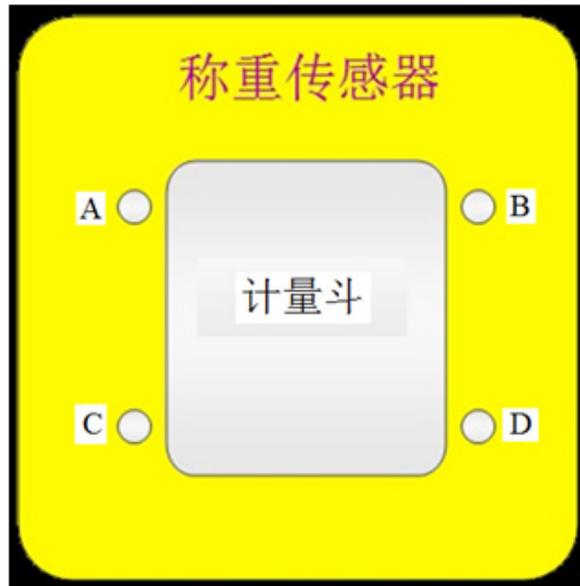


图 4 三计料斗秤

称重仪表正常显示主计量秤的显示值，同时二组辅计量秤的显示值实时在线比对，如果二组辅计量秤显示值相差过大，超出设定范围，则对二组辅计量秤值的称重传感器输出信号分别进行对比，判断出有故障的称重传感器；同时选择二组辅计量秤中无故障的一组辅计量秤的显示值替代主计量秤的显示值，从而保证料斗秤在某一个称重传感器有故障时仍能可靠地进行称重。此时系统不需要停机，设备仍可继续运行。待整个运行工作结束停机后，再进行故障传感器的更换，提高了计量秤的运行可靠性。这一功能对保证井下设备不间断运行起重要保障作用，目前该计量秤已投入正常运行。

五、一篇论文引起的联想

最近看到一篇论文，介绍的是在石化系统 PTA（精对苯二甲酸）装置上的 3 台 PTA 圆形料仓单体称重系统，料仓直径达 15m，高度 43.66m，自重 428t，料重 6000t，实际最大称重能力达到 9600t，实际使用量程 6000t。沿圆形料仓的圆周均匀分布 8 组共 16 个 600t 不锈钢防爆称重模块（见图 5、图 6）和 3 个防爆补偿接线盒及 1 台称重仪表。

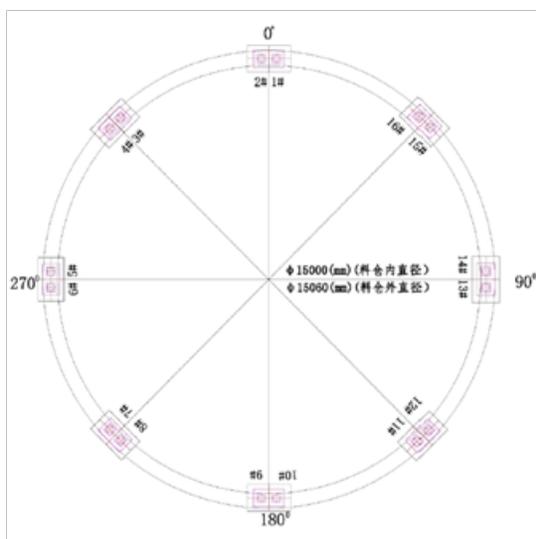


图 5 PTA 圆形料仓 16 个称重模块布置

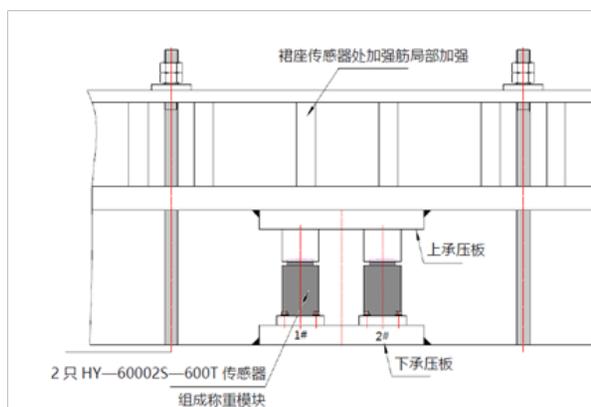


图 6 其中 2 个称重模块安装示意图

安装时，料仓基础为整体钢筋混凝土结构，金属预埋板下面焊接钢筋与料仓基础的整体钢筋网焊牢，以保证金属预埋板在受最大载荷时变形、沉降一致，水平度要求优于 1/500，全部预埋板的高度差小于 2mm。在料仓初期使用过程中，三个料仓所测得的产品重量数据与槽车每日出货量相差较大。经检查，空料仓时，1 2 # 传感器电压值明显异常，达到 2.2 mV，而大多数传感器仅为零点几毫伏，致使秤在空料仓时显示值最大漂移达到 -156t，为了验证该传感器是否故障，该厂将 12# 传感器的测量信号取消，不计入总重量计算，空料仓显示值接近正常范围，显示值最大漂移只有 16.3t。现场采用的检查方法是排除有故障的称重传感器，与我们前面采用的方法一致。

再仔细检查出现明显偏差的称重传感器，发现在高负荷和频繁加卸载状态下，不锈钢材质的传感器外壳产生轻微裂纹，湿气进入传感器内部，使电路受潮引发故障。更换 12# 传感器和有类似问题的 3 个传感器，请传感器生产厂对传感器内部电路进行除湿并注胶保护，待所有称重传感器分批次更换后，料仓秤工作正常。

笔者看了这篇文章后产生一个设想：如果这套称重系统的称重仪表改用江苏赛摩电气的三计料

斗秤及接线盒，接线盒之所以更换是因为它需要将称重传感器的信号分路独立输出，那么就可以将 16 路独立称重传感器信号在三计称重仪表中分别组合运算，形成三组计量秤：一组主计量秤和二组辅计量秤。主计量秤由 16 个称重传感器的输出信号组合产生，就像目前使用的这种方式；另外二组辅计量秤分别由奇数编号（1#、3#、5#、7#、9#、11#、13#、15#）的称重传感器的输出信号组合产生第一组辅计量秤（此时偶数编号传感器作为支点）、偶数编号（2#、4#、6#、8#、10#、12#、14#、16#）称重传感器的输出信号组合产生第二组辅计量秤（此时奇数称重传感器作为支点）。

称重仪表正常显示主计量秤的显示值，同时二组辅计量秤的显示值实时在线比对，如果二组辅计量秤显示值相差过大，超出设定范围，则对二组辅计量秤值的称重传感器输出信号分别进行对比，判断出有故障的称重传感器；同时选择二组辅计量秤中无故障的一组辅计量秤的显示值替代主计量秤的显示值，从而保证料斗秤在某一个称重传感器有故障时仍能可靠地进行称重。此时系统不需要停机，设备仍可继续运行。

我们可以设想一下，如果其中一个称重传感器发生故障，其故障在初期很难发现，诊断的难度很大，当确认某个称重传感器发生故障后，更换所需的时间将很长，这对料仓秤的正常工作将产生不利的影响。

如果料仓秤能实现上述设想，就能实现称重传感器故障的自诊断，而在某个称重传感器故障发生后，料仓秤自动切换到辅计量秤工作，仍然能实现自动称量，称量系统的可靠性及智能化水平将大大提升。

六、结束语

采用三计功能的称重仪表，可以实现称重传感器故障的自诊断，可以在某个称重传感器发生故障后，称量系统自动切换到辅计量秤工作，仍然能实现自动称重功能，保证工艺生产过程正常运行。

【参考资料】

- [1] 方原柏. 双秤架在电子皮带秤的在线自诊断中的应用 [J]. 衡器, 2010.05: 6~9.
- [2] 李超颖. 三计称重技术在箕斗斜井自动装矿上的应用 [J]. 衡器, 2018.04: 23~26.
- [3] 徐捷、黄磊洲. PTA 大型成品料仓称重传感器问题处理解析 [J]. 仪表世界, 2019.08: 34~37.

作者简介:

方原柏，1942 年生，男，湖北黄冈人，汉族，昆明有色冶金设计研究院电气自动化分院教授级高级工程师，衡器、自动化仪表、冶金自动化、仪器仪表用户、仪器仪表与自动化等杂志编委，

昆明仪器仪表学会理事长，中国衡器协会技术专家委员会顾问，主要从事仪器仪表、控制系统的应用研究，曾出版“电子皮带秤的原理及应用”（1994年，冶金工业出版社）、“电子皮带秤”（2007年，冶金工业出版社）“流程行业无线通信技术及应用”（2015年化学工业出版社）、“有色金属生产过程自动化”（2015年，人民邮电出版社）、“检重秤”（2020年，中国质量标准工业出版社）五本专著，发表论文350篇。

电话：0871-64583787 13078787502

地址：650228，昆明日新中路英茂嘉园 1-3-301

邮箱：Fangyb42@sina.com