

基于滑槽秤计量的布料车定量装车系统

靳树利 梅雪峰 山西新元自动化仪表有限公司

吴龙 北京圣泰洋电器有限公司

刘磊 额济纳中兴铁路运输有限责任公司

【摘要】本文系统介绍了利用一种新型计量装置——滑槽秤，在布料小车移动过程中实现准确定量装车的设计要求、总体方案、子系统设计、工作流程、装车效果以及在系统运行中出现问题的处理方法；显示了滑槽秤在特殊工况、恶劣环境下的适应能力、技术优势和突出特点。

【关键词】滑槽秤；布料车；定量装车；位置检测；行走控制；集中控制

前言

众所周知，不论是汽车运输还是火车运输，定量装车对保证安全、提高效率、增加效益、减少污染有着重大的作用。目前国内定量装车系统形式主要有：皮带秤定量装车系统、料斗秤定量装车系统、汽车衡（轨道衡）定量装车系统和滑槽秤定量装车系统。各种定量装车系统在不同工况下各有其特点。滑槽秤定量装车系统能在特殊工况、恶劣环境情况下实现高精度、低投入定量装车，更具有突出的优越性。本文旨在介绍一种基于滑槽秤计量使布料小车实现准确定量装车的系统。

一、三年没有应标的技改项目

额济纳中兴铁路运输有限责任公司策克海煤炭转运站位于中蒙边界，是一家大型煤炭转运站。煤炭输送流程和设备结构布局是：汽车运载原煤入场后，通过地面物料漏篦流入地仓；每个地仓物料出口安装配煤皮带给料机，将煤炭输送至地仓皮带输送机上（即1号皮带输送机）；皮带输送机将煤炭输送至地面提升皮带输送机上（即2号皮带输送机）；并在其上安装一台四托辊皮带秤，称量煤炭总量；2号皮带输送机再将煤炭输送到火车装车走廊的水平皮带输送机上（即3号皮带输送机）；再由移动的布料小车将煤炭分布在（88个料仓）前84个火车装车的筒仓内，在每个装车筒仓的出口安装一台电液驱动的弧形闸门控制装置；人工手动装车完后，经轨道衡称重，超载卸煤，欠载补装。这套装车系统完全由人工手动操作，主要缺点是没有定量装车，经过轨道衡时存在超载或欠载，需要再行装卸，甚至往返数次。安全上存在着隐患，效益上形成了浪费，环保上产生了污染。于是该公司发布招标信息，要把装车系统改造为定量装车系统。但标书连发三年没有应标者，定量装车系统技术改造项目迟迟得不到落实。笔者认为主要有下列3个原因：

1.84个筒仓安装计量装置投资巨大

该煤炭转运站筒仓位置布局是：88 个装车筒仓布置在空旷地带，筒仓上部为皮带输送机长廊，筒仓出口下部 1.05 米高度为钢构装车平台，其四周通透，没有挡风设施。火车装车筒仓数量 84 个，每 4 个筒仓对应一节车皮，一次可同时装载 21 节 C64K 型车皮。每个筒仓可装煤 35t。该地干旱少雨温差大，极端低温 -35°C ，极端高温 60°C ，年均大于 8 级以上大风 150 天，并常伴有沙尘暴等天气。按每个筒仓装 1 台定量皮带秤计算，最少需要投资 800 万元。

2. 布料小车上安装计量装置没有可行的技术方案

在布料小车上不管安装哪一种称重装备空间都不够，况且布料小车在行进中车身晃动，不符合称重设备安装条件，至少对称重设备的计量精度有影响。没有应标者其实是苦于没有可行的技术方案。



图 1 项目现场输煤皮带及筒仓

3. 输煤栈桥安装计量装置会使称量严重超差

该煤炭转运站装车走廊长达 350 米，若在进入装车走廊前安装皮带秤控制筒仓里的煤量，则由于 350 米皮带上的存煤量将使筒仓里预装煤量的误差难以估算。几年来，转运站苦于资金，各工业衡器厂商苦于拿不出合适的定量装车系统技术方案，而使该煤炭监管场定量装车改造工程搁浅。

二、滑槽秤的基本原理、组成结构、性能指标

滑槽秤是山西新元自动化仪表有限公司具有自主知识产权的新产品。2013 年 5 月取得国家发明专利；2015 年 3 月首台产品投放市场；2017 年 12 月新元公司负责起草的 GB/T35593-2007 .3《滑槽秤》国家标准正式发布；2019 年 2 月滑槽秤“国际建议”研讨会在太原召开并取得圆满成功。

1. 滑槽秤结构组成与工作原理

滑槽秤主要由引导滑槽、重力滑槽、冲力滑槽、重力传感器、冲力传感器、称重显示控制仪表、操作控制箱、物料控制闸门、机架等部分组成。固体散状物料通过引导滑槽进入重力滑槽，从重力滑槽流出后冲到冲力滑槽，然后自然落下去。重力滑槽下面安装的重力传感器，检测到物料在滑槽中单位长度上的重量信号，冲力滑槽上安装的冲力传感器，检测到物料的速度信号，两种信号进入称重仪表，通过数学运算可得到物料的流量，对流量进行积分可得到物料的累计重量。称重显示控制仪表有多种接口，可与计算机管理系统或自动控制系统相连。滑槽秤快速定量装车系统在每个通道还另外配套安装有视频监控系统和语音提示系统。

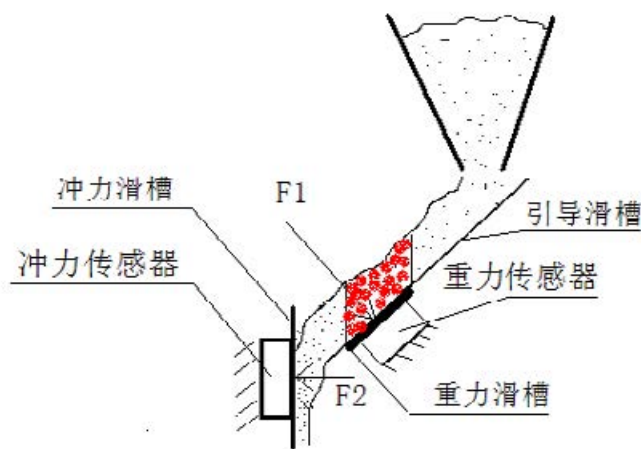


图 2 滑槽秤结构原理图

2. 滑槽秤主要技术指标

1) 准确度：0.5%

2) 额定最大流量：1200t/h

3) 装车速度：汽车装车 2-4 分钟 / 辆

4) 适用温度：秤架部分 -30°C -50°C

称重显示控制器 0°C -40°C

5) 工作电源：控制系统 220V($\pm 10\%$)、动力系统 380V($\pm 10\%$) 6) 几何尺寸：1200 × 600 × 400 (mm)

注：安装传感器部分和电气柜内增加了温控电路及调温硅胶加热片，当环境温度低于 -5°C 时启动，以控制温度保障敏感元件正常工作。

3. 滑槽秤主要特点

1) 稳定性好；

2) 计量准确度高；

- 3) 维护量小;
- 4) 通讯接口多: RS485、RS232、RJ45、GPRS 无线数据传输;
- 5) 具有零点自动跟踪、超差报警。

三、滑槽秤实现准确定量装车系统技术方案

滑槽秤的出现为该煤炭转运站定量装车改造工程提供了解决方案。一是滑槽秤把皮带秤的横向安装改变为纵向安装,能充分利用落煤筒的空间实现秤体安装;二是滑槽秤随布料小车行走,直接对每个筒仓进行布料称重,保证了筒仓存煤量的准确性;三是筒仓里的煤量达到装车额定值,每个筒仓下就不需要再安装计量装置。简言之两台动态滑槽秤取代了 84 个定量皮带秤,工程费用成倍降低了。

1. 总体要求

1) 系统应能实现自动装仓定量控制,四个煤仓对应一个车皮的额定装载量。每个车皮装载量的准确度优于百分之一。

2) 系统应能实现整钩(21 个车皮)均为 C64K 型车的快速装车,各仓布料完成后 20 分钟能装完一钩车。

3) 系统应能实现其它车型或混编列车的装车要求。装车时由机车司机调整车皮位置,因此装车速度不做规定。

4) 为了保证控制精度,在布料小车顺皮带方向运动时上煤布料。逆向时不上煤不布料。

5) 要求上煤结束停皮带时,皮带上应将煤走空(或基本走空)。

6) 各个传感器应能适应最低温度零下 30 度和最高温度 60 度的环境。可采取保温或加热措施。滑槽秤应具有零点自动跟踪功能。

7) 对车皮内的装料情况进行远程监控。

2. 整体方案

本方案是在皮带往筒仓中上煤时,按照筒仓对应车皮的型号或额定载重量,分为四等分,以装在小车两侧落煤筒里的滑槽秤计量出上煤量与额定装载量的差值和小车的位置等数据,控制小车在每个筒仓的停留时间,保证每个料仓的实际装载量与额定装载量的误差在要求的范围之内。

本方案分为 5 个子系统:车载滑槽秤计量系统、小车位置检测系统、小车行走控制系统、地面控制室集中操作系统、地面与小车间的数据传输系统。每个子系统的方案如下:

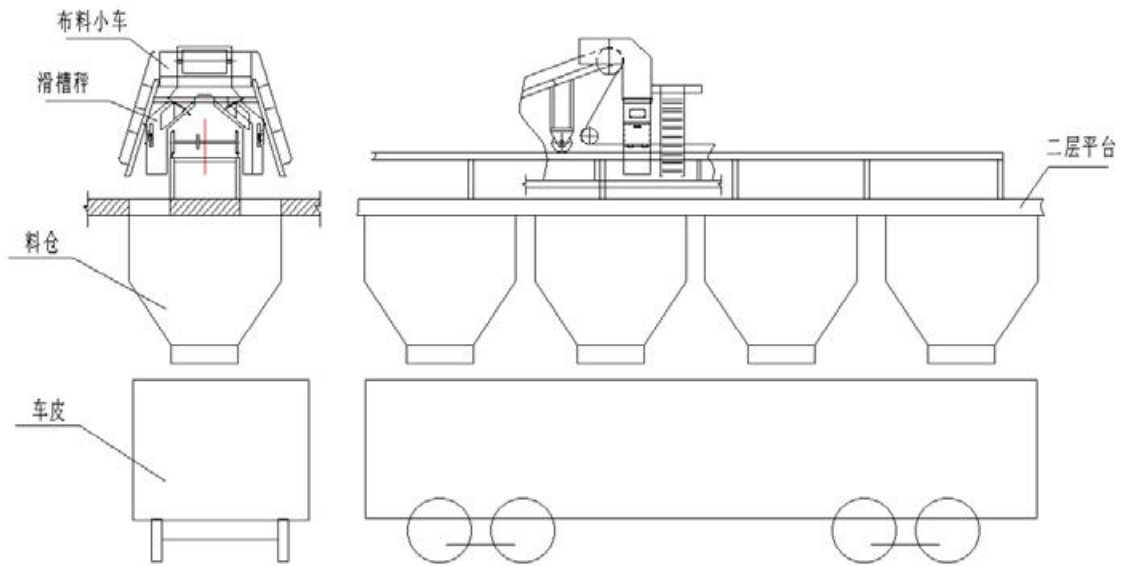


图 3 基于滑槽秤计量的布料车定量装车系统示意图

1) 利用滑槽秤实现精准计量

在布料小车两侧的落煤筒里分别安装 1 台滑槽秤作为称重计量装置。原因是：（1）滑槽秤为纵向安装称重装置，落煤筒具备安装空间。（2）滑槽秤准确性好，精度 0.5 级，满足计量要求。（3）滑槽秤可靠性高，校验周期为 3 个月，无需经常拆、装。（4）滑槽秤故障率低，减少现场维护量，降低劳动强度。



图 4 改造前、后的皮带布料小车现场对比图

滑槽秤的测控箱安装在小车上。小车操作盘上安装称重量显示仪表和操作按钮。各筒仓的额定装载量由集控室按时发送到小车测控器。测控器自动调用小车所在筒仓对应的额定装载量进行控制。

选择不锈钢制称重传感器，在传感器装置部分加上了可调温硅胶片及控制电路，当环境温度低于 -5°C 时启动加热，保证其在极寒冷 (-35°C) 的天气下正常工作。在电气控制箱内也装有自动控温的加热装置，保障仪表在极低温环境下能够正常工作。

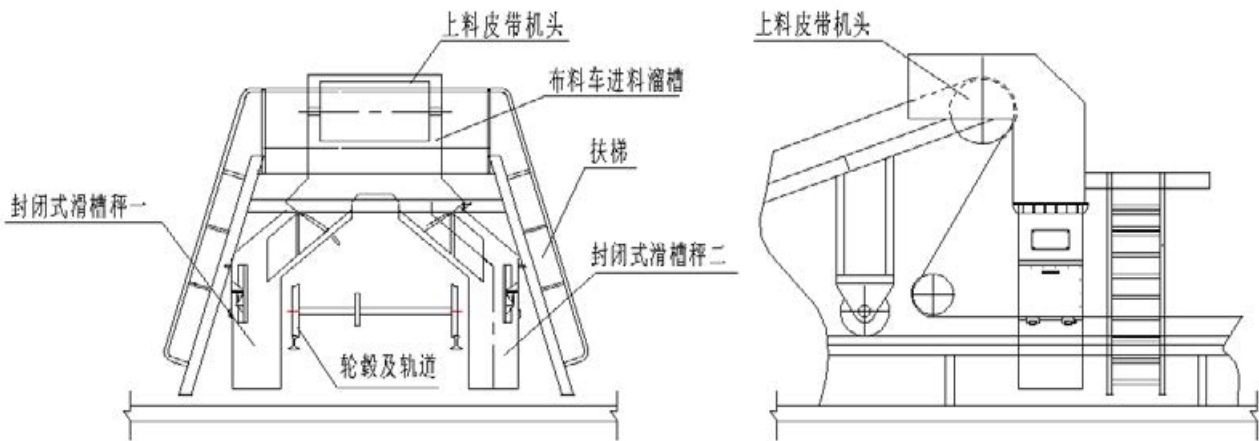


图 5 皮带布料小车安装计量滑槽秤结构示意图

2) 利用磁棒、干簧管实现位置识别

布料小车位置检测系统主要有三个作用：

- (1) 确定布料小车当前在哪个筒仓，对应额定装载量是多少；
- (2) 确定布料小车换仓的时刻，及时切换累计仓号；
- (3) 确定小车是否到达筒仓中点，以对准筒仓中部下料。

本项工程中布料小车位置检测系统采用磁棒、干簧管装置，具体做法是：在每个筒仓的中心位置设置中心标识杆，在两个筒仓的交接位置分别设置交接标志杆。中心标识杆和交接标志杆设在不同高度或不同的方向。在 1 号仓的中部设置初始标志杆，以便自动初始化位置数据。在小车上分别设置中心位置识别器、交接位置识别器和初始位置识别器。每个位置识别器使用三个检测探头，识别时采用三取二的表决策略，以提高识别的可靠性。

3) 利用变频器 PID 调节实现快速通过仓位中心

小车的行走或停止是根据小车位置、筒仓装载量程度等信息，按照设定工作流程和程序进行控制的。小车行走控制系统由程序控制器、软启动器和操作器等组成。程序控制器、软启动器安装在单独的控制箱内。小车也可按照车上操作人员的操作指令进行。控制程序的核心是利用变频器 PID 调节实现快速通过筒仓中心，即当布料小车在筒仓中心时使布料流速相对达到最大，当布料小车通过两个筒仓隔界时使布料流速相对达到最小，防止煤料串仓。

4) 利用无线路由器实现数据传输

由于布料小车行走范围在 350 米，基于下列考虑，我们采用 WiFi 传输数据。（1）无线传输数据是发展趋势，具有诸多优点；（2）无线传输数据有利于提前为用户做技术诊断；（3）无线传输数据有利于对用户做跟踪服务；（4）有线传输数据成本大、工作量大。具体做法是将地面控制室内

的计算机网口通过光交换机转为光纤信号，用光纤传输到料仓上的皮带走廊。在皮带走廊内架设大功率无线 AP。在皮带小车上安装无线交换机与皮带小车滑槽秤定量上煤控制系统连接。实现地面控制室与小车系统之间的数据传输。

5) 利用中控机建立数据库实现调控中枢，在控制室里设置 1 台工控机，建立本装车系统的中区枢纽。实现下列功能：

① 收集本装车系统所有装车数据；如接收本次列车车辆信息、接收布料小车数据、作出数据报表、统计装车精度、仪表故障信息。

② 储存实现本系统功能的控制程序；如仪表使用程序、电气控制程序、装车管理程序。

③ 对本系统各环节工作状态作出判断；如主画面显示各设备工作状态、显示各仓设定装载量、各仓实际装载量、各仓装载误差、最大误差变色提醒、进行位置识别及显示。

④ 对各子系统发出动作指令；如设定车辆型号及装载量、远程仪表参数设定、闸门开关、声光报警、打印报表。

⑤ 和原 PLC 程控进行对接实现下列功能；能打开和关闭任意一个煤仓的下料阀门、能同时打开和关闭任意一组煤仓的下料阀门、能启动和停止振动给料机和各条皮带机。

四、 定量装车的流程

1. 火车司机将有关装车数据传输给中心控制室；
2. 控制室值班员将装车数据录入工控机；
3. 中控机通过无线传输给称重仪表；
4. 声光信号提醒工作人员启动给料皮带机；
5. 开始进入定量装车系统自动模式；
6. 依次向 84 个料仓布料；
7. 将皮带存煤通过溜槽装入 85-88 料仓中之一，落入煤场；
8. 按照煤场管理规定火车就位；
9. 启动液压闸门放料装车；
10. 过磅与误差计算形成统计报表。

五、定量装车记录

表一（单位：吨）

序号	编号	设定量	毛重	皮重	净重	差值
1	175	70	93.5	23.7	69.8	-0.2
2	259	70	93.2	23.7	69.5	-0.5
3	432	70	93.4	23.8	69.6	-0.4
4	144	64	86	21.7	64.3	0.3
5	156	64	85.5	22	63.5	-0.5
6	351	64	86.5	22.8	63.7	-0.3
7	658	70	93.4	23.3	70.1	-0.7
8	742	70	92.7	22.8	69.9	-0.1
9	365	64	85.5	22.1	63.4	-0.6
10	233	64	85.7	22.1	63.6	-0.4
11	215	64	86.6	22.5	64.1	0.1
12	241	64	86.5	22.5	64	0
13	763	64	85.5	21.7	63.8	-0.2
14	156	70	93.5	23.7	69.8	-0.2
15	545	64	85.1	21.7	63.4	-0.6
16	532	70	93.4	23.9	69.5	-0.5
17	196	64	86.7	23	63.7	-0.3
18	179	64	86.3	22.5	63.8	-0.2
19	239	70	93.4	22.8	70.6	0.6
20	514	64	86.2	21.7	64.5	0.5
21	110	64	84.9	20.5	64.4	0.4

表二（单位：吨）

序号	编号	设定量	皮重	毛重	净重	差值
1	216	70	23.7	93.5	69.8	-0.2
2	457	70	23.7	93.3	69.6	-0.4
3	159	64	21.7	86	64.3	0.3
4	477	64	21.7	85.2	63.5	-0.5
5	356	70	23.6	94	70.4	0.4
6	198	64	22.8	86.5	63.7	-0.3
7	836	63	21.7	85	63.3	0.3
8	435	70	23.7	94.3	70.6	0.6
9	469	70	23.7	94	70.3	0.3
10	533	70	23.7	94.3	70.6	0.6
11	324	64	22.4	85.77	63.37	-0.63
12	216	70	23.7	93.5	69.8	-0.2
13	216	70	23.7	93.5	69.8	-0.2
14	941	70	22.4	93	70.6	0.6
15	887	70	22.7	93	70.3	0.3
16	302	63	22	85.2	63.2	0.2
17	353	70	23.6	93.8	70.2	0.2
18	697	70	23.9	94.3	70.4	0.4
19	411	70	24	94	70	0
20	205	64	21.7	85.5	63.8	-0.2
21	24	64	21.7	85.3	63.6	-0.4

六、系统运行中几个问题的处理

1. 大煤块产生强大冲击力的处理

该煤炭转运站的物料是散状混杂原煤，原煤通过地面上 $300 \times 200\text{mm}$ 漏篦进入地仓，通过最大物料尺寸本不超过 $300 \times 200 \times 300\text{mm}$ ，但在实际使用中通过的煤块远大于此。大煤块在通过引导槽、重力槽，冲上冲力槽时产生的强大冲击力摧毁了重力传感器。

解决办法是：（1）设计时冲力槽采用双传感器左右两侧布置，双通道传感器数据叠加的方法测力，即增加了对冲击力的对抗，又提高了测量精度。（2）通过在冲力槽与冲力传感器的连接结构上加入橡胶垫片，使冲击力得到缓冲，延长能量释放时间，起到了较好效果。

2. 冬季积料结块限制活动件自由度的处理

该煤炭转运站环境气候：干旱少雨温差大，极端低温 -35°C ，极端高温 60°C ，年均大于 8 级以上大风 150 天，并常伴有沙尘暴等天气。恶劣的环境气候使得混煤走向两个极端，夏季干燥落煤筒内煤粉飞扬，但不影响称量精度。冬季则完全不同，混煤一旦含有水分，落煤筒内煤粉集积，在低温下结块，使得重力槽活动度受阻，给称量精度造成一定的影响。解决办法是在落煤筒外加加热片和保温，使落煤筒局部（重力槽）温度达到 0°C 以上。

3. 开始上煤时，煤量不稳定带来计量误差的处理

常识告知，开始上煤时皮带上的煤量是不稳定的，会给第 1 个筒仓的煤量带来较大的误差。解决办法是在第 1 个筒仓下的出料口上，安装 1 台定量滑槽秤。即使刚开始上煤因煤量不稳定造成第 1 个煤仓存煤有误差，也通过本定量滑槽秤实现了第 1 个煤仓的准确定量装车。

4. 装车结束后，皮带存煤问题的处理

为了解决最后一个料仓（第 84 个）上完煤后皮带上仍有存煤的问题，我们在第 85 号筒仓的出料口设置一套余煤卸出导料装置，将皮带机上的余煤通过卸出导料装置输送至煤场。

结束语

本项工程从 2017 年 8 月开始入场施工，10 天实现 3 台主体滑槽秤就位，20 天完成其他 4 大系统，2 个月克服系统运行中出现的 4 大问题，经过一年的整体运行，实现了技术方案中的技术要求，于 2018 年 8 月顺利通过工程验收。至此额济纳中兴铁路运输有限责任公司策克海煤炭转运站实现了火车皮装车即装即走，不再反复装卸补料，运力由原来每天装车 4 列，提高到每天装车 7 列。安全上克服了隐患，环保上消除了污染，效率上得到了保证，效益上大幅度提高。

【参考文献】

[1] 山西新元自动化仪表有限公司 滑槽秤国家专利（ZL201310295033.9）.

[2] GB/T35593-2017《滑槽秤国家标准》.

作者简介:

靳树利(1957-),高级工程师,太原理工大学,曾在4个公司高级管理层任职,现就职山西新元

自动化仪表有限公司。

梅雪峰(1985-),工程师,山西大学,现任山西新元自动化仪表有限公司技术部经理。

吴龙(1975-),高级工程师,河北建筑工程学院,北京圣泰洋电器有限公司总工程师。

刘磊(1984-),工程师,兰州商学院,现任酒钢集团物流中心中兴铁路运输有限责任公司策克运营部长。