

轧材系统实现消除同步油缸行程误差方法与创新

宋清山

广东中南钢铁股份有限公司，广东 韶关 512123

DOI: 10.61369/SSSD.2025070021

摘要：称重是轧钢生产中的重要环节，在轧制过程中，为了保证钢坯的质量，实现轧制生产的高效率，称重设备就显得尤为重要。随着钢材市场竞争加剧，钢材价格的不断上升，原有的称重设备已经不能满足生产要求，为提高企业经济效益，如何对称重设备进行改造就显得尤为重要。本文介绍了称量台改造项目的背景、改造内容、改造过程及改造后取得的效果。通过对称量台同步油缸的改造，解决了称量台同步油缸行程误差过大的问题，消除了由于行程误差造成的安全隐患，提高了作业效率和称量精度。同时也提高了轧材生产的效率和质量。

关键词：称量台同步油缸；平衡阀；技术难点；流量计；液压参数

Method and Innovation for Eliminating Synchronous Cylinder Stroke Error in Rolled Material System

Song Qingshan

Guangdong Zhongnan Iron & Steel Co., Ltd., Shaoguan, Guangdong 512123

Abstract : Weighing is an important link in steel rolling production. In the rolling process, to ensure the quality of steel billets and achieve high efficiency in rolling production, weighing equipment is particularly important. With the intensification of competition in the steel market and the continuous rise of steel prices, the original weighing equipment can no longer meet the production requirements. To improve the economic benefits of enterprises, how to transform the weighing equipment is particularly important. This paper introduces the background, transformation content, transformation process and the effect after transformation of the weighing platform transformation project. Through the transformation of the synchronous cylinder of the weighing platform, the problem of excessive stroke error of the synchronous cylinder of the weighing platform is solved, the potential safety hazards caused by the stroke error are eliminated, and the operation efficiency and weighing accuracy are improved. At the same time, the efficiency and quality of rolled material production are also improved.

Keywords : weighing platform synchronous cylinder; balance valve; technical difficulties; flowmeter; hydraulic parameters

前言

广东中南钢铁股份轧材厂的棒一线（以下简称：棒一线），作为轧材厂中最核心的轧钢设备，它承担着至关重要的生产使命。这台设备的设计初衷就是为了制作出满足市场上对于高强度、低屈强比以及高精度要求的线材产品。在众多生产任务中，棒一线尤其专注于热轧双高棒的制造，这种高棒因其出色的性能而受到广泛应用^[1]。

棒一线拥有一系列显著的技术优势：首先，它的构造坚固耐用，能够承受巨大的工作负荷；其次，它的称量台经过精心设计和精密加工，保证了生产的精度；再次，该设备的使用寿命长，大大减少了维修成本；最后，棒一线的自动化程度高，操作人员只需少量的干预，便可完成复杂的生产过程。

为了跟上不断变化的市场需求和提升产品质量，棒一线采纳了最新的称重控制技术，并搭配 PLC 控制系统。这些先进技术的引入，使得称量台的运作更加精确高效。特别值得一提的是，称量台上安装了同步油缸系统，这个系统极大地提高了称量的准确性和速度。通过消除由于行程误差引起的安全隐患，从而确保了称量数据的可靠性和安全性。

然而，面对日益激烈的钢材市场竞争环境，钢材价格的持续上涨已经对轧材生产带来了不小的压力。生产成本的增加迫使企业必须寻找创新的方法来提高效率和降低成本。因此，对称量台同步油缸系统进行升级改造，以提升作业效率和称量精度，已成为轧材厂亟待解决的问题。这不仅关系到产品质量的稳定性，更影响到整个生产线的经济效益^[2]。

改造工作需要综合考虑技术、经济和安全等多方面因素，既要保证现有系统的高效运行，又要适应市场的新需求。为此，轧材厂正在进行深入的研究和评估，以期找到最佳的改造方案，从而实现棒一线在未来市场中的持续竞争力。

一、称量台检修难点分析

称量台是由信号线路，称重传感器，LED 显示屏，PLC 控制系统，液压控制系统组成，其中称量台同步油缸是依靠液压系统运作，三位四通电磁换向阀、叠加式双液控单向阀，叠加式双单向节流阀等多个阀共同运作，保证称量台左右两端同步上升、下降^[3]。对称量台同步油缸设备功能精度误差较大时，易造成：

1. 称量台无法称重，导致加热炉无法正常进钢和出钢，影响生产。

2. 称量台抬升不到位，造成称量台左右升降油缸负载差异较大，影响生产节奏。

3. 称量台升降油缸长时间出现此类现象时，影响生产效益，也增大了检修的难度。因此，必须对称量台升降油缸行程误差进行消除。

称量台升降油缸行程误差消除的步骤为：

1. 在管路上焊接测试接头增设流量计，对两侧升降油缸进油管支路流量进行测量，对进油管支路增设焊接球阀。

2. 当出现较大程度同步精度误差时，观察流量计数值通过调节球阀开口度。

3. 当升降油缸行程误差精度过大时，通过调节液压站泵组压力流量来满足精度要求。

4. 将根据轧制规格，需多次重复上述步骤（二）、（三）。

在作业过程中，在焊接测试接头，球阀时要保持油液清洁，安装完成后要对液压管路进行冲洗，防止阀芯堵塞造成故障，增加作业难度。

综上所述，称量台升降油缸行程误差消除的检修难点在于及时消除称量台升降油缸行程误差；保证称量台的正常使用。

二、检修方法创新

（一）设计公式计算

1. 因为双活塞杆液压缸的两活塞杆直径相等，所以当输入流量和油液压力不变时，其往返运动速度和推力相等。则缸的运动速度 V 和推力 F 分别为：

$$V=q/A=4q/\pi(D^2-d^2)$$

$$F=4/\pi(D^2-d^2)(p_1-p_2)\eta\nu$$

式中：p₁、p₂—分别为缸的进、回油压力；

η、ην—分别为缸的容积效率和机械效率；

D、d—分别为活塞直径和活塞杆直径；

Q—输入流量；

A—活塞有效工作面积

2. 同步升降油缸有杆腔活塞杆运动推力和流量测算

活塞的运动速度 V₁和推力 F₁分别为：

$$V_1=q\eta\nu/A_1=4q\eta\nu/\pi D^2$$

$$F_1=(P_1A_1-P_2A_2)\eta\nu=4/\pi[D^2p_1-(D^2-d^2)p_2]\eta\nu$$

3. 同步升降油缸无杆腔活塞杆运动推力和流量测算

4. 活塞的运动速度 V₂和推力 F₂分别为：

$$V_2=q\eta\nu/A_2=4q\eta\nu/\pi(D^2-d^2)$$

$$F_2=(P_2A_2-P_1A_1)\eta\nu=4/\pi[(D^2-d^2)p_1-D^2p_2]\eta\nu$$

5. 比较上述各式，可以看出：V₂>V₁，F₁>F₂；液压缸往复运动时的速度比为：V₂/V₁=D²/(D²-d²)

表明：当活塞杆直径愈小时，速度比接近1，在两个方向上的速度差值就愈小。为进一步测算不同连接方式对同步精度的影响，单杆活塞缸两腔同时通入压力油时，由于无杆腔有效作用面积大于有杆腔的有效作用面积，使得活塞向右的作用力大于向左的作用力，因此，活塞向右运动，活塞杆向外伸出；与此同时，又将有杆腔的油液挤出，使其流进无杆腔，从而加快了活塞杆的伸出速度，单活塞杆液压缸的这种差动连接方式流量及推力测量结果如下活塞的运动速度：V₃=qην/(A₁-A₂)=4qην/πd²

在忽略两腔连通油路压力损失的情况下，差动连接液压缸的推力为：

$$F_3=P_1(A_1-A_2)\eta\nu=4/\pi d^2 P_1 \eta\nu$$

综上测算得：差动连接时，液压缸的有效作用面积是活塞杆的横截面积，工作台运动速度比无杆腔进油时的大，而输出力则较小。需设计一种同步工装保证同步精度^[4]。

（二）设计制作专用工装

为了克服上述检修难点，参照不同负载下流量特点，自行设计制作一种用于控住流量相同的专用工装。该工装采用一体式结构，如图1所示。

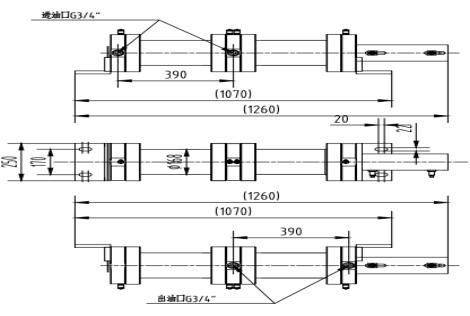


图1 三视图

由：活塞杆、密封圈、缸体、测压接头等部件组成。压力螺母：材质为 Q235A，数量：1件。其尺寸型号与截面直径尺寸匹配。

三通接头：材质为 Q235A，数量：1件。

球阀：材质为 Q235A，数量：2件。

快插接头：材质为 Q235A，数量：2件。其型号尺寸与管的直径尺寸匹配，用于和平衡缸相连。

（三）组装

1. 用快插接头将油管与平衡阀相连接。

2. 将压力螺母紧固在油管两端，保证接口处不漏油。

（四）使用方法及要求

1. 在第一升降油缸和第二升降油缸之间增设同步液压缸；打开液压阀，液体进入同步液压缸的进液腔推动两个活塞同步移动，从而使得第一升降油缸和第二升降油缸同步移动。

2. 根据要求1所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于所述同步液压缸包括第一液压缸和第二液压缸，所述第一液压缸和所述第二液压缸内的活塞通过活塞杆连通；所述在第一升降油缸和第二升降油缸之间增设同步液压缸的步骤包括：将所述第一液压缸的第一出液腔和所述第一升降油缸连通，将所述第二液

压缸的第二出液腔和所述第二升降油缸连通。

3. 根据要求2所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于，所述打开液压阀，液体进入同步液压缸的进液腔推动两个活塞同步移动，从而使得第一升降油缸和第二升降油缸同步移动的步骤包括：所述第一液压缸和所述第二液压缸通过管道和油箱连通，将液压阀设置在管道上，打开液压阀后，油箱内的液体通过管道分别进入所述第一液压缸和所述第二液压缸。

4. 根据要求2所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于，所述消除升降油缸行程误差的方法还包括在同步缸上设置平衡阀，平衡阀用于调节进入所述第一液压缸和所述第二液压缸内的液体流量。

5. 根据要求4所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于，所述在同步缸上设置平衡阀，平衡阀用于调节进入所述第一液压缸和所述第二液压缸内的液体流量的步骤包括：在第一液压缸和第二液压缸与油箱连通的管道上设置平衡阀，平衡阀通过调节分别进入第一液压缸和第二液压缸的液体流量，从而调节第一升降油缸和第二升降油缸的移动同步度。

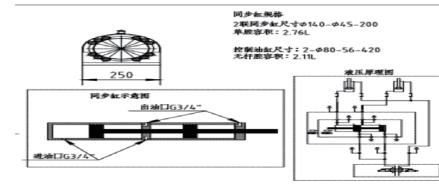
6. 根据要求5所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于，所述在同步缸上设置平衡阀，平衡阀用于调节进入所述第一液压缸和所述第二液压缸内的液体流量的步骤还包括：在第一液压缸和所述第二液压缸上分别设置第一流量计和第二流量计，第一流量计和第二流量计分别向控制器输出表征所述第一液压缸和所述第二液压缸的流量信息，控制器依据所述第一液压缸和所述第二液压缸的流量信息控制所述平衡阀的开启，从而调节进入所述第一液压缸和所述第二液压缸内的液体流量，进而调节所述第一升降油缸和第二升降油缸的移动同步度。

7. 根据要求6所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于，所述消除升降油缸行程误差的方法还包括：将第一流量计和第二流量计的压力螺母分别紧固在第一液压缸以及第二液压缸的油管的端部。

8. 根据要求1所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于，所述消除升降油缸行程误差的方法还包括：在同步液压缸上设置速度传感器，速度传感器向控制器输出表征同步液压缸的速度信息。

9. 根据要求7所述的消除升降油缸行程误差的方法，其特征在于所述在同步液压缸上设置速度传感器，速度传感器向控制器输出表征同步液压缸的速度信息的步骤包括：在第一液压缸和所述第二液压缸上分别设置第一速度传感器和第二速度传感器，第一速度传感器和第二速度传感器分别向控制器输出表征所述第一液压缸和所述第二液压缸的速度信息，控制器依据所述第一液压缸和所述第二液压缸的速度信息控制所述平衡阀的开启，从而调节进入所述第一液压缸和所述第二液压缸内的液体流量，进而调节所述第一升降油缸和第二升降油缸的移动同步度。

10. 一种消除升降油缸行程误差的系统，其特征在于，采用要求1-9任一项所述的消除升降油缸行程误差的方法进行工作。



工作示意图如图2

三、实施效果

该消除升降油缸行程误差的系统采用消除升降油缸行程误差的方法进行工作。该消除升降液压缸行程误差的方法在使用时，第一升降油缸和第二升降油缸之间设置有同步液压缸，通过同步液压缸使得液体同步进入第一升降油缸和第二升降油缸，从而保证第一升降油缸和第二升降油缸的进油位置相同，保证进入第一升降油缸和第二升降油缸的流量相同，使得第一升降油缸和第二升降油缸同步移动，降低了出现行程误差的概率，提高了升降液压缸的同步精度，避免影响正常生产工作。

自投入使用以来，我们不断致力于解决消除同步油缸行程误差过程中遇到的难题。面对这一挑战，我们开展了技术创新，研发了专用工具来排除阀门内部的空气残留。经过长时间的现场实践和反复验证，证明了该工装对于检修称量台检修系统的有效性。它不仅简化了传统的检修流程，还显著提高了工作效率，同时确保了安全无忧，有效避免了可能出现的安全隐患^[5-6]。

与此同时，这项创新技术不仅适用于当前的应用场景，而且具有广泛的推广潜力。它可以被广泛地应用到其他机械设备领域，为类似负载液压系统提供检修参考。通过这种方式，我们能够帮助更多的机械维修人员以更高效、更安全的方式进行操作，从而提高整个行业的整体作业水平。这种创新性的方法无疑将成为未来机械维护的一个重要里程碑，并有助于推动我们走向更加高效、智能的工业发展道路^[7-10]。

参考文献

- [1] 刘俊峰. 浅析冶金机械设备的故障诊断及处理措施 [J]. 包钢科技, 2023, 25(15):71-72.
- [2] 马永科. 浅谈钢铁冶炼机械设备的故障诊断及处理措施 [J]. 农村经济与科技, 2020, 23(17):
- [3] 高朝波, 陈旭, 马步强, 等. 最小二乘拟合在20辊轧机辊缝控制中的应用 [J]. 重型机械, 2024(6): 18-23.
- [4] 张路漫. 冷轧薄板后处理线缝合机的机架结构优化设计 [J]. 重型机械, 2024(4): 84-89.
- [5] 朱培显, 丁正, 张元. 一起带有程序误判的液压系统故障分析 [J]. 液压气动与密封, 2024, 44(1): 112-114. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0813.2024.01.021.
- [6] 刘长伟, 刘永军, 袁淳安, 等. 钢包滑板油缸自动装拆系统的开发及应用 [J]. 连铸, 2023(1): 112-117.
- [7] 谢华云. R1轧机新增 AGC 油缸控制系统的研究与应用 [J]. 冶金设备管理与维修, 2024, 42(2): 17-19. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5644.2024.02.006.
- [8] 胡泽东. 连铸机液压设备的技术改进 [J]. 河北冶金, 2024(002): 000.
- [9] 韦王健, 杨宗保, 古威, 等. 液压剪改造中存在的问题及优化方案研究 [J]. 中国机械, 2023: 101-104.
- [10] 梁启文, 张延青, 刘志远. 关于采用位移传感器参与活套张力闭环控制可行性的分析 [J]. 变频器世界, 2023, 26(9): 98-99.