宽厚板主传动轴组件故障在线监测装置设计及应用

杨文海[1],贾 欣[1],王秉林[2],王 民[1],王 斌[3]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂,内蒙古 包头 014010;
2. 北方稀土冶炼分公司(华美公司),内蒙古 包头 014010;
3. 内蒙古包钢钢联股份有限公司工程服务公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要:在分析宽厚板轧机主传动轴组件故障特点的基础上,以轧机的主传动轴本体中心位置变化量为主传动轴组件故障特征量,巧妙地结合现有设备组件结构,设计了主传动轴组件故障实时在线监测装置。经实际应用验证,对于宽厚板轧机主传动轴组件故障的实时在线监测和设备保护非常有效,有较宽广的行业推广应用价值。

关键词:主传动轴;故障在线监测;研发;应用

中图分类号:U226.5^{+1} **文献标识码**:B **文章编号**:1009-5438(2025)06-0001-04

Design and Applications of Online Monitoring Device for Faults of Components for Main Driving Axle of Heavy Plate Mill

Yang Wenhai[1], *Jia Xin*[1], *Wang Binglin*[2], *Wang Min*[1], *Wang Bin*[3]

(1. *CSP Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Northern Rare Earth Smelting Branch Co.* (*Huamei Co.*), *Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
3. *Engineering Service Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The real-time online monitoring device for faults of components for main driving axle is designed by taking the variable quantities of central position of main driving axle body of rolling mill as the characteristic quantities for faults of components for main driving axle, tactfully combining with the component structure of existing device based on analyzing the characteristics for faults of components for main driving axle of heavy plate mill. The practical applications verify that it is effective for real-time online monitoring of faults of components for main driving axle of heavy plate mill and equipment protection so that it is with more values of industry promotion and applications.

Key words: main driving axle; online monitoring of faults; research and development; application

目前,我国钢铁行业已经历了一个高速发展的阶段,其中中厚板产量可达到钢材产品产量的 10%以上[1]。在宽厚板的品种轧制过程中,轧机的主传动系统组件要频繁承受较大交变扭矩载荷和冲击载

收稿日期:2025-08-13

作者简介:杨文海(1975-),男,山西省阳泉市人,硕士,正高级工程师,现从事机械设备技术管理工作。

荷,主传动轴组件(十字关节式主传动轴的十字关节、扁头套;滑块式主传动轴的联轴器本体、主传动轴本体)损坏形式为疲劳损坏,常常发生故障或损坏事故,因此十字关节需整体周期性更换下线。受轧制力及轧制扭矩、轧制板坯钢温及其均匀性、板形平整度等诸多因素影响,不能准确确定其在线使用周期。出于安全考虑,将使用周期大幅缩短,在一定程度上会减少事故,但势必带来维护成本的大幅增加。轧机轧制产品钢种、规格变化(如轧制高强钢和高强产品开发)导致轧制条件的不确定性,大幅缩短十字关节等组件的在线使用周期也无法完全保证十字关节等组件不出现故障。

主传动轴部件事故的特点为:主传动轴一个部件故障损坏往往导致其它部件的损坏。引发事故的部件(如十字关节等)一旦出现断裂损坏,断裂后的主传动轴部件,电机侧部分与同主传动轴电机相联接,还在继续旋转。与主传动轴断裂的部件轧辊侧断裂部分碰撞挤压,会导致主传动轴的轴头支撑组件、主轴平衡支撑框架损坏,甚至导致工作辊扁头部位断裂事故。基于上述主传动轴部件的事故特点,国内外多条宽厚板生产线轧机的主传动轴及其部件曾发生过严重事故,例如:南京钢铁公司中厚板生产线,重庆钢铁公司中厚板厂粗、精轧机主传动轴,济南钢铁公司宽厚板生产线均发生过轧机的主传动轴十字关节断裂事故[2]。自投产以来,我厂宽厚板轧机主传动轴部件也曾出现过一些事故,发生过轧辊端、电机端十字关节的十字叉碎裂、主传动轴本体断裂等事故。行业内宽厚板轧机主传动轴部件事故造成停机往往长达数天(如湛钢、济钢、重钢、我厂均发生过停机长达数天的主传动轴组件事故),事故损失在百万元以上。

一方面,在设计上尽可能地提高主传动轴组件的承载能力(但其受到轧辊直径尺寸等因素的限制),在生产中对于主传动轴的使用运行扭矩的控制,以及通过精密点检定期探伤检查十字关节等部件是非常重要的;另一方面,为了避免重大事故,对主传动轴设备部件进行故障在线监测也非常重要。

我们尝试寻找有效的宽厚板轧机主传动轴部件故障特征量,设计实时在线监测装置,实时抓取、监测该故障特征量。在轧机的主传动轴组件出现故障时,实现实时在线监测报警和停机保护的功能,从而大幅度地缩减主传动轴组件故障/事故处理时间。目前,国内外行业内还没有类似技术应用,我们针对此课题进行了自主技术研发。

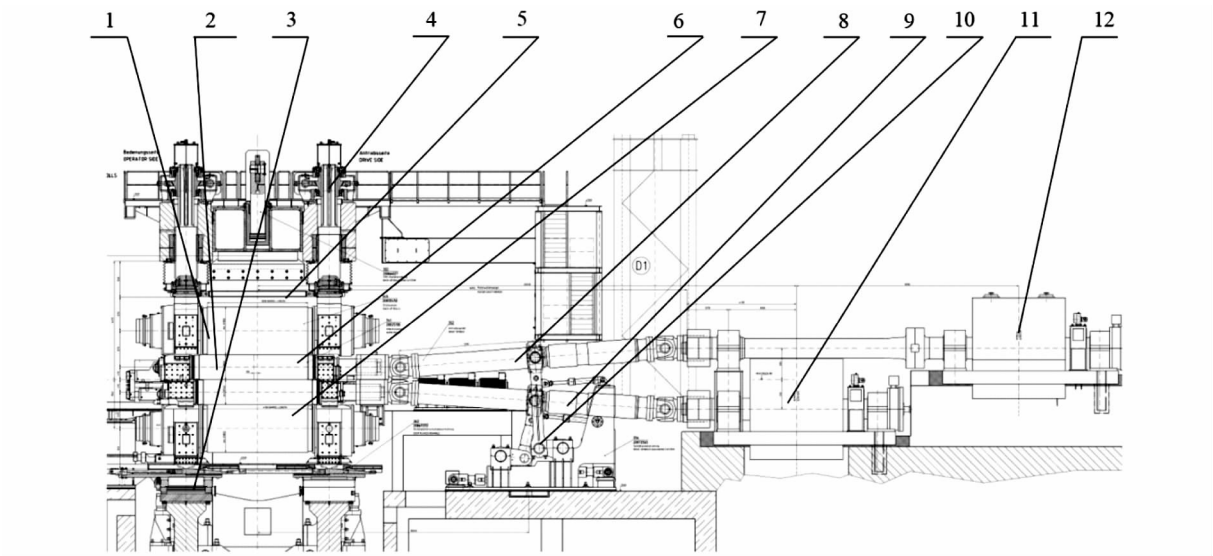
1 特征量的选取

宽厚板轧机的主要功能设备单元包括:轧机牌坊机架单元,HGC 辊缝控制单元,EGC 辊缝调节单元,主传动单元,支承辊及工作辊单元,机架导卫单元,辅助单元(如换辊单元、液压动力源单元、除鳞单元、支承辊及工作辊冷却单元)等。轧机的主传动单元分别由上、下主传动轴系统构成,用于分别传动上、下工作辊;上、下主传动轴组件主要包括轧辊端扁头套,轧辊端十字关节,主传动轴本体,电机端十字关节、主传动电机。主传动轴平衡装置采用液压平衡方式,液压平衡动力源来自地下液压站中布置的轧机系统动力源液压站。轧机设备及主传动轴组件布置如图1所示。

轧机的主传动轴部件的损坏形式多数为疲劳损坏,其疲劳扭矩的超载情况不会对主传动轴及部件造成即时性的损坏,只会影响其疲劳寿命。大多数情况下,主传动轴部件发生损坏导致停机事故时的扭矩、电流等承载特征参数和正常情况下没有变化。电机扭矩等参数可用作在线监测参数,对其进行实时监测只可以作为主传动轴正常运行的粗略预防性保护条件。主传动轴部件发生故障时,这些量和正常运行情况下没有变化,无法作为主传动轴部件故障的监测特征量。我们还设想在主传动轴部件,如主传动轴本体中部平衡轴承座上设置振动传感器,但振动信号会随轧制压下量、轧制时钢坯温度、钢种等变化,也无法作为主传动轴组件的故障监测特征量。

我们通过分析主传动轴组件特征和现场观察,轧机的主传动轴部件出现故障时会出现以下情况:十字关节轴承损坏,十字关节十字叉、主传动轴本体出现裂纹开裂,主传动轴本体回转中心的位置变动量会增大;主传动轴平衡支撑装置回转轴承出现故障后,也会导致主传动轴本体中心的位置变动量变大;主传动轴部件出现裂纹,裂纹扩展至一定程度均会导致主传动轴本体中心的位置变动量变大。

因此我们选定以轧机的主传动轴本体中心位置变化量(宏观表现为主传动轴微小摆动量)作为主传动轴部件故障在线监测的故障特征量,对主传动轴组件进行故障实时在线监测进行技术研发。



1－支承辊;2－工作辊;3－HGC 辊缝控制装置;4－EGC 辊缝调节装置;5－上支撑平衡装置;6－上辊系(上支承辊及上工作辊);7－下辊系(下支承辊及下工作辊);8－上主传动轴;9－下主传动轴;10－上下主传动轴平衡装置;11－下主传动电机;12－上主传动电机

图 1　包钢 3 800 mm 宽厚板轧机设备布置图

2　在线监测技术研发

2.1　监测装置设计

结合主传动轴组件,特别是主传动轴平衡组件的现场设备布置,我们设计了主传动轴组件故障在线监测装置。如图 2 所示,轧机的主传动轴组件故障实时在线监测装置主要由主传动轴组件故障实时在线监测及保护装置两部分组成;主传动轴组件故障实时在线监测及保护装置底座、线性位移传感器、旋转轴固定座、保护缸、销轴、联接杆等组件构成。监测装置通过地脚螺栓固定在设备基础上,底座用来固定线性位移传感器保护缸的旋转轴固定座,固定座用来固定线性位移传感器保护缸。传感器保护缸采用标准气缸/液压缸来制作,传感器保护缸体中安装线性位移传感器,线性位移传感器实时检测气缸缸杆的位置变化。线性位移传感器保护缸缸杆的头部位置通过联接销轴同连接杆相连接,联结杆固定在下主传动轴平衡装置的回转中心轴上。当回转中心轴旋转时,联接杆头部的位置变化量即线性位移传感器的位置变化量,可以通过线性位移传感器实时监测获得。

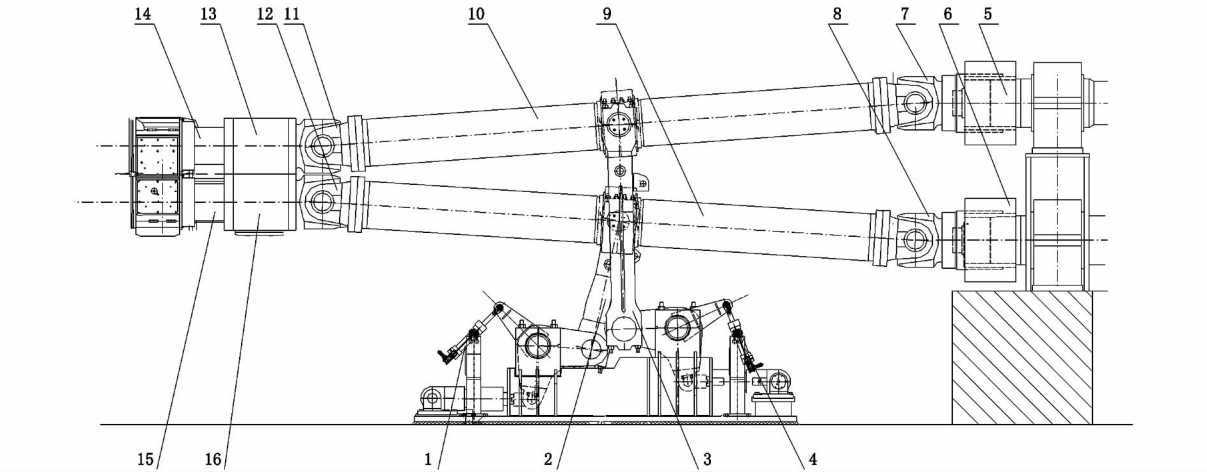
主传动轴部件(如主传动轴本体、两端的十字关节、轧辊侧扁头套)出现故障时,会导致主传动轴本体旋转中心的位置变动量增大。主传动轴本体带动平衡装置支撑连杆支座上下动作,而支撑连杆支座带动回转支座相对于固定底座旋转轴转动,最终监测及保护装置联接杆带动线性位移传感器动作,从而实时监测出主传动轴本体中心的线性位置变化量,实现主传动轴部件的故障实时在线监测。线性位移传感器反应出的位置变化量是由轧制过程中机械压下装置、液压辊缝调节液压缸装置位置变化引起的。编制程序将其影响因素剔除后,计算出能够真正反应主传动轴部件故障带来的主传动轴本体中心位置的变化值,该变化值会用于主传动轴部件的故障报警和停机联锁保护。

2.2　自动分析程序设计

由于位置传感元件反应出的位置变化会随着轧制过程中 EGC(电动压下控制)、HGC(液压辊缝控制)的位置变化而变化,因此需进行专用程序设计,将其因素剔除,计算出在不受其干扰因素影响的情况下,能真正体现主传动轴中心位置的变化量。

程序设计方案为:

(1)上主传动轴监测。EGC 动作后,程序采集该 EGC 位置时的监测装置传感器位置值作为基准值,实时采集的监测装置传感器反馈值同基准值进行比较,其差值超过限定值,作为报警和停机联锁的触发值。每次 EGC 动作后,监测装置传感器位置参考值基准值重置。



1－下主传动轴部件故障在线监测装置;2－下主传动轴平衡支撑装置;3－上主传动轴平衡支撑装置;4－上主传动轴部件故障在线监测装置;5－上主传动轴电机侧安全联轴器;6－下主传动轴电机侧安全联轴器;7－上主传动轴电机侧十字关节;8－下主传动轴电机侧十字关节;9－下主传动轴;10－上主传动轴;11－上工作辊辊侧十字关节;12－下工作辊辊侧十字关节;13－上主传动轴扁头套;14－上工作辊扁头;15－下工作辊扁头;16－下工作辊扁头套

图2 宽厚板轧机主传动轴部件故障在线监测装置布置图

(2)下主传动轴监测。轧制时监测HGC液压缸位置,程序采集“咬钢”前的HGC位置(轧制中HGC在一定范围内的位置变化)上的监测装置传感器位置值作为基准值,实时采集监测装置传感器反馈值同基准值进行比较,其差值超过限定值,作为报警和停机联锁的触发值。每次HGC动作后,监测装置传感器位置参考基准值重置。

(3)EGC和HGC的位置都在机架加载信号前进行重置,因此简化为有加载信号时,取该时间点的监测装置传感器位置值作为基准值,实时采集监测装置传感器的反馈值同基准值进行比较,其差值超过限定值,作为报警和停机联锁的触发值。下次加载信号来时,监测装置传感器位置参考基准值重置。

宽厚板轧机主传动轴组件故障实时在线监测技术的程序控制逻辑框图如图3所示。

3 实际应用

我们对宽厚板轧机主传动轴组件故障在线监测技术进行自主研发,在包钢宽厚板生产线投入使用后效果良好。目前,实时监测出主传动轴十字关节损坏故障7次、主传动轴本体开裂故障1次,并实时给出了报警及联锁停机保护。该技术使以往的主传动轴组件事故平均处理时间,从36小时以上降低至6小时以内,大幅度地降低了设备事故处理时间,在关键设备状态监测方面取得了显著的效果。

经实际应用验证,我们自主研发的轧机的主传动轴组件故障在线监测技术,在以下技术创新领域取得了良好的应用效果:

(1)以轧机的主传动轴本体中心位置变化量(宏观表现为主传动轴微小摆动量)作为主传动轴组件故障特征量进行实时在线监测。

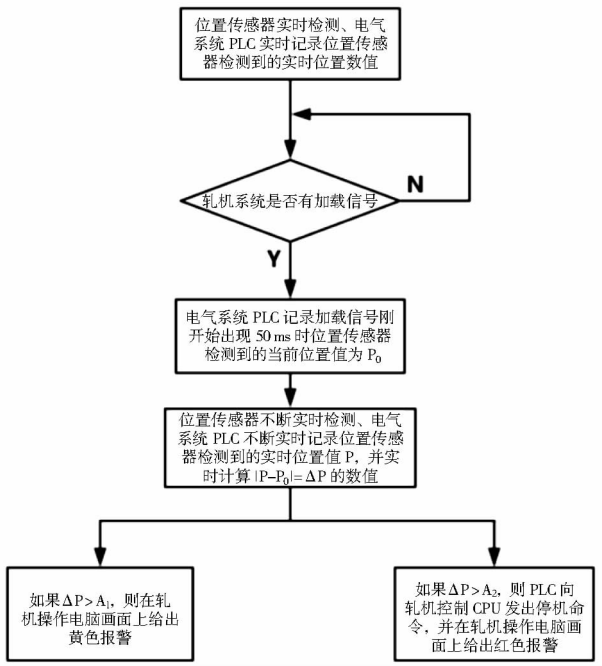


图3 程序控制逻辑框图

(下转第92页)

2.6 精密度

用2个烧结矿试样,按照实验设计的最佳分析方法和仪器分析条件,进行了11次测定,检查精密度,试验结果见表5。

表5 精密度实验结果 %

编号	FeO测定值						平均值	相对标准偏差RSD
SXSJSJ1408241511	8.42	8.50	8.36	8.49	8.39	8.41	8.44	0.58
	8.39	8.46	8.50	8.41	8.46			
SXSJSJ2409021811	9.49	9.40	9.45	9.43	9.52	9.38	9.45	0.64
	9.48	9.40	9.41	9.38	9.56			

由表5可见,通过该方法测定烧结矿中氧化亚铁的结果,相对标准偏差RSD均小于5%,该方法精密度良好。

3 结束语

利用X射线荧光光谱法测定烧结矿中氧化亚铁含量,通过试验对样品制备、仪器条件进行了优化。试验表明,在烧结矿基体一致的情况下,将烧结矿试样制备成粒度为0.075 mm,经压力机在265 kN压力下压片,由Simultix 15 X荧光光谱仪测定X射线荧光衍射强度,所绘制的校准曲线线性良好。采用X荧光光谱法(衍射道)可准确测定烧结矿中氧化亚铁含量,操作简单,准确度和精密度良好,可提高工作效率,能更好地服务于烧结生产。

参 考 文 献

[1] 罗立强,詹秀春,李国会. X射线荧光光谱分析[M]. 北京:化学工业出版社,2015.

[2] 徐勇,范小红. X射线衍射测试分析基础教程[M]. 北京:化学工业出版社,2014.

[3] 尹显武. 用粉末压片法测定烧结矿中主元素[J]. 天津冶金,2019(3):46-48.

[4] 史玉奎. X射线荧光光谱法测定高炉除尘灰中4组分[J]. 冶金分析,2010,30(2):51-54.

[5] GB/T 6730.8—2016 铁矿石亚铁含量的测定 重铬酸钾滴定法.

(上接第4页)

(2)巧妙地结合现有设备组件结构设计主传动轴部件故障在线监测装置。当主传动轴部件开始出现故障时,主传动轴本体会带动主传动轴平衡支撑装置上下动作,进而带动联杆支架转动。在联杆支架装置上加装联接杆,联接杆末端设置线性位移传感器,监测出主传动轴本体的中心位移变化量。

(3)采集轧机加载信号作为主传动轴本体的中心位置的初始参考值,实时监测主传动轴中心位置相对于该值的变化量,编制实时计算和自动分析程序,实现实时故障状态监测、报警及停机联锁保护。

实际应用取得了显著效果,我们申请了专利,获专利授权(专利号ZL202320852881.4),且该技术成果获全国机械冶金行业职工技术创新成果一等奖。

4 结束语

在分析宽厚板轧机主传动轴组件故障特点的基础上,以轧机的主传动轴本体中心位置变化量作为主传动轴组件故障特征量,巧妙地结合现有设备组件结构设计了主传动轴组件故障实时在线监测装置。采集轧机加载信号作为主传动轴本体的中心位置的初始参考值,实时监测主传动轴中心位置相对于该值的变化量,编制实时计算和自动分析程序,实现实时故障状态监测和报警及停机联锁保护。

经实际应用验证,研发的宽厚板轧机主传动轴组件故障在线监测技术对于宽厚板轧机主传动轴组件故障的监测非常有效,有广泛的行业推广应用价值。

参 考 文 献

[1] 张景进. 中厚板生产[M]. 北京:冶金工业出版社,2005.

[2] 刘福义. 济钢中厚板厂3 200 mm粗轧机主传动系统的改造[J]. 宽厚板,2005,11(1):19-21.