

联锁急停在板材轧机主传动控制系统中的应用

杨旭超，栗增杰，白世军

（河钢集团邯钢公司新区中板厂，河北 邯郸，056000）

摘 要：本文通过对邯钢 3500mm 宽厚板线发生的主电机烧损事故、扁头和工作辊断裂事故进行分析，确认其联锁急停防护措施在运行过程中存在不完善的地方，不能有效的保护设备安全运行。因此通过优化和完善联锁急停设定值，使其与现场实际需求相适应，从而可以有效的保证设备稳定运行。

关键词：主传动；联锁急停；电流；扭矩

0 引言

轧机主传动系统在整个中厚板生产线中占据关键地位，它的设备稳定性决定着整个产线能否正常运行，它由主电机、万向接轴系统、工作辊等组成。以邯钢 3500 宽厚板线为例，它自 2006 年投产以来，主传动系统发生过多起重大事故，如扁头断裂、工作辊断裂、万向轴断裂、主电机烧损等。每次事故发生后都对整个产线造成重大损失，最严重的一次事故是 2017 年主电机烧损事故，造成整个产线停产 22 天，直接经济损失达到 2000 万元。这些事故发生的原因多种多样，但基本都是由联锁急停防护措施不完善造成的。精准而有效的联锁急停措施是保护设备安全稳定运行的重要举措，是避免设备发生重大事故的关键防线。

1 各种轧机主传动系统事故发生原因分析与解决思路

1.1 2017 年主电机烧损事故

邯钢 3500mm 宽厚板线 2017 年 6 月发生一起上主电机烧损事故，原因主要是上主电机定子电流在超额定电流 2 倍(定子额定电流 2548A)下持续近 23 分钟，造成定子线圈温度过高，线圈绝缘损坏，定子绕组接地，同时高温将定子上附着的油污烤出浓烟，并使测温线引燃，造成主电机烧损。

此电机线圈的制作工艺为多胶模压工艺，制作工艺落后。多胶模压工艺生产的电机随着使用年份的增加，以及频繁正反转及冲击的影响，内部填胶逐步老化，在线圈内部会产生间隙。这种间隙会随着电机大电流时的震动和温度的影响形成位移，进一步劣化后造成匝间放电，造成绝缘损坏。

此电机轴瓦曾出现渗油，油污经风吹进电机内部造成电机绕组内部附着油污，维护人员虽在日常检修期间将上主电机开盖对油污进行局部清理，但未彻底清理。

此电机定子电流上升到系统限流值 5096 安，但未达到控制系统跳定子高压的速断值（定子额定电流的 2.7 倍 6879 安），联锁急停控制系统未发出定子高压跳闸信号。

综上，此事故除电机本身存在质量问题和外部油污问题外，联锁急停设计不合理，未起到保护作用，是造成此事故的重要原因。因此，为解决此问题，需要根据实际情况，完善优化联锁急停设计。

1.2 扁头、工作辊断裂事故

邯钢 3500mm 宽厚板线发生过多起扁头断裂事故和工作辊断裂事故，按其主传动系统相对薄弱部位（叉头、扁头与工作辊）图纸尺寸建立 solidworks 三维模型（见图 1），叉头与扁头倾角 4°，在叉头外圆施加扭矩 2200KN.m，对工作辊辊面进行固定，得出扁头内孔 R25 圆弧处、叉头铜滑块安装位置、工作辊传动侧卡环位置为各自最大受力位置（见图 2、图 3、图 4）。

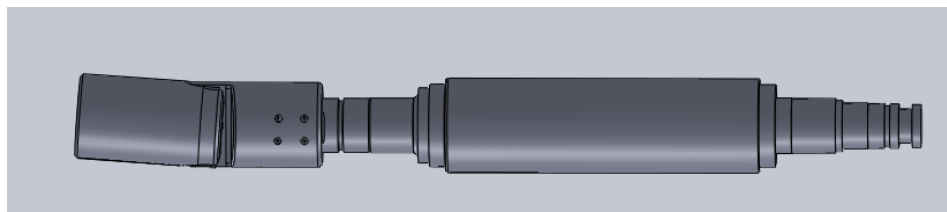


图 1 叉头、扁头与工作辊 solidworks 三维模型

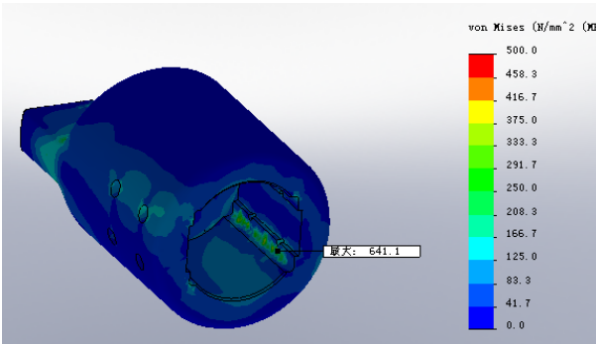


图 2 扁头应力图

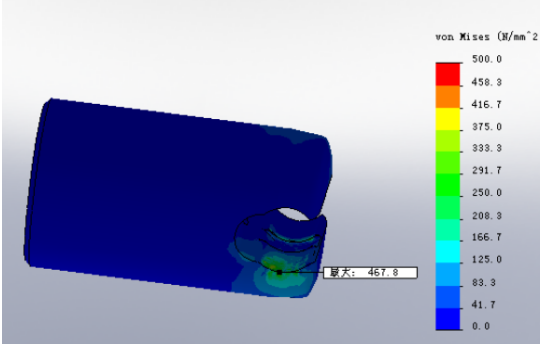


图 3 叉头应力图

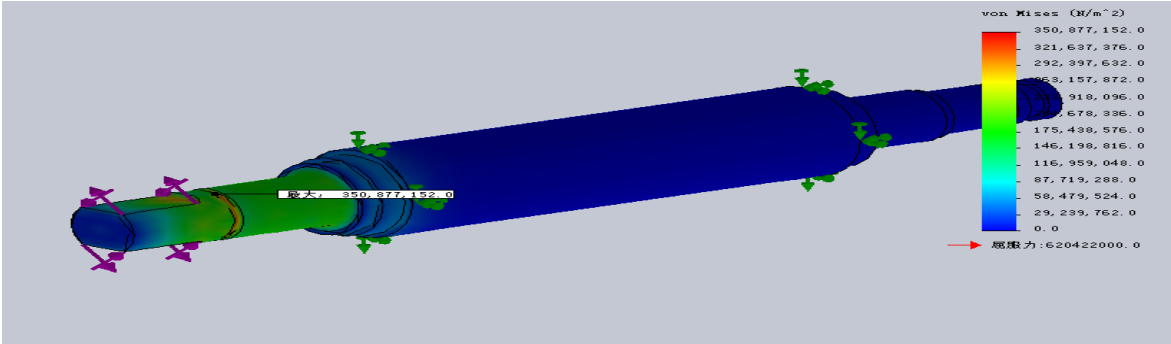


图 4 工作辊应力图

其具体最大等效受力情况和安全系数如表 1 所示：

表 1 扁头、叉头与工作辊最大等效应力与安全系数汇总表

名称	材料	加载扭矩	最大等效应力	抗拉强度	许用应力（按照疲劳计算）	额定扭矩下疲劳安全系数	额定扭矩下强度安全系数	疲劳破坏扭矩 /KNM	强度破坏扭矩 /KNM
扁头	34CrNi3Mo		641MPa	1130MPa	565MPa	0.88	1.76	1939	3878
工作辊	球墨铸铁	2200KN	350MPa	400MPa	400MPa	1.14	1.14	2841	2841
叉头	25Cr2Ni4MoV		467MPa	1100Mpa	550MPa	1.17	2.35	2591	5182

由上表可得，扁头的疲劳破坏扭矩为 1939KNM，但在实际轧钢过程中，低于此扭矩的轧钢道次只占约不到 72.35%（见表二），如果按此设置联锁急停将严重影响产量。因此不能够按此设置，需要按照强度破坏扭矩设置联锁，即工作辊的破坏扭矩 2841KNM。

表 2 某天扭矩实际统计值

2021 年 7 月 13 日轧机每道次实际扭矩统计（当天产量 3330 吨）

上、下轴每道次最大值/knm	统计/次数	占比
0-1500	1804	36.33%
1500-1750	879	17.70%
1750-2000	911	18.352%
2000-2250	648	13.05%
2250-2500	586	11.80%
2500 以上	137	2.76%
合计	4965	

但轧机主传动系统原始的联锁急停扭矩设置数值为 5290KNM，且保持 5S 后主电机跳闸。此数值是工

作辊破坏扭矩 2841KNM 的 1.86 倍，根本起不到联锁保护作用。因此需要重新设定主传动扭矩保护值，来确保设备的安全稳定运行。

2 具体实施措施

2.1 完善主机电流联锁急停设定值

由于到控制系统跳定子高压的速断值为定子额定电流的 2.7 倍 6879 安，此电流过高，起不到保护主电机的作用，因此需要将此设定值下降到合适数值，经多次的试验，在不影响正常生产的情况下，将其设定为额定电流 2543 的 1.8 倍 4577 安。同时再根据其使用情况，增加主电机其他联锁，如：①将主电机定子温度、轴承座温度联锁保护由原先执行 TC5（封锁给定）改成执行 TC1 分断定子高压；②增加 TC6（封锁给定）5 后跳转至 TC5（封锁调节器）功能等。

2.2 优化主传动系统联锁急停扭矩设定值

由于主传动系统扭矩原始设定值和保持时间远超系统本身允许值，因此需要对其进行重新设定。根据现场使用情况，同时又要考虑一定的安全系数，将其设置为 2500KNM，且保持 2S 跳闸。这样对轧钢生产理论上稍有影响，不足以对产量造成较大影响，以表二实际扭矩统计为例，约占不到 3%，需要操作工在这不到 3%范围内限制压下量，从而降低扭矩，最终确保整个主传动系统安全运行。

3 实施效果

通过完善主机电流联锁急停设定值以及增加主电机其他联锁，优化主传动系统联锁急停扭矩设定值，整个主传动系统的使用安全性大大增加，从 2017 年至现在 6 年时间内再未发生主电机烧损事故、扁头和工作辊断裂事故，从而有效保证了整个产线的稳定运行。

4 结论

联锁急停措施在整个轧钢产线中占据重要地位，有效保证了设备的稳定运行。但其需要与实际情况相适应，不断完善和优化，否则将不能起到很好的保护作用。保证设备运行的其他防护措施也需要继续执行，联锁急停措施不能替代这些措施，而是和这些防护措施共同构成设备稳定运行的防护系统。

参考文献：

- [1] 高平.中厚板"三合一"喷打印机联锁急停技术开发与应用.2013 年河北省冶金学会冶金设备学术年会
- [2] 李年居.中板四辊轧机万向接轴叉头失效分析及设计.江苏冶金.2023.2