

关于操作机液压马达驱动系统的国产替换改造

刘芳¹ 石建华²

1. 内蒙古机电职业技术学院 内蒙古 呼和浩特 010000

2. SEW-传动设备(天津)有限公司包头分公司 内蒙古 包头 014000

摘要: 20世纪80年代,我国大型钢铁企业以及其他从事锻压生产的相关企业,随着产能的增加以及产品类型的升级需求等,从国外引进了大量锻压机、操作机等相关设备,其中用到液压马达减速机驱动系统、液压马达夹紧、反转等设备,配套大型液压系统。随着使用时间的推移等,设备出现配件陈旧,故障频发的情况,且配件周期很长,价格很贵,严重制约生产连续性与生产经营企业的经济效益。为此,本文开展该类设备的国产化替换改造研究,为同类设备升级提供实践经验。

关键词: 液压驱动马达(带编码器); 液压翻转马达; 行星减速机; 链轮; 内花键套

引言: 随着国内生产制造能力的提高,对于液压马达生产制造能力、减速机的设计选型能力均显著增强,本文通过对原有进口操作机液压马达驱动系统的机构原理、材料特性、运行工况进行系统分析与研究,完成材料型号转化与国产化部件选型,实施驱动系统替换改造,解决老旧设备故障频发、备件依赖进口等痛点,为后续同类进口设备的国产化改造提供可复制的技术参考与实践经验。

1 本次替换改造原则

以国产化替代、性能提升、成本降低、兼容拓展为核心目标,遵循以下原则:

1. 等效替换: 新部件安装尺寸、接口参数、性能指标与原部件等效,避免大幅改动设备本体。对原有部件的图纸进行审核,对原有部件进行测绘,对原尺寸安装不合适部分做相应的修改;

2. 可靠性优先: 选用成熟国产产品,优先选择有批量应用案例的供应商。对于目前液压马达厂家产品,优先选用有使用案例的厂家,对减速机生产厂家要对相应材质进行转化,材质强度,硬度等达到原始产品水平;

3. 经济性: 综合评估采购、维护与全生命周期成本,选择性价比最优方案,所有部件采用国内厂家生产,缩短交货期,节约设备的整体采购成本;

4. 兼容性: 新系统兼容原有液压管路、电气线路与信号协议,减少改造工程量。对于编码器等电子产品,保证与原编码器的输出类型(绝对值编码器)相符,且接入信号后与系统兼容。

2 原操作机驱动系统的基本原理及使用现状

2.1 进口设备操作机系统的液压马达驱动的基本原理

原装操作机的驱动系统,采用左右两侧液压马达减速机驱动链轮板,在地面固定轨道上行走,其中轨道中有横向的胀销,可以实现磨损严重后随时更换。液压马达的工作原理类似于液压缸,不同之处在于液压马达将压力能转换为旋转运动,而不是直线运动。液压马达通常由油缸、驱动轴、出口口和控制阀门这几个主要部分组成(《液压与液力传动》)。液压油通过控制阀门进入油缸,在油缸两侧形成压力差。压力差使得驱动轴开始旋转,将液压能转化为机械能。旋转运动通过驱动轴传递到所需的装置或机器。液压马达的工作原理使得它能够产生高扭矩和高转速的输出,该设备液压马达采用高性能的外七星马达配置,且单侧液压马达尾部配有编码器,随时检测前进、后退的行走距离。液压马达配一定速比的减速机,实现降低输出转速,增加输出扭矩的作用,减速机的输出轴采用外花键输出,装配花键套,花键套与链轮板连接,整体液压马达的前进,后退等都是根据锻压机对锻件的锻压部位程度等随时调整。因此在锻压机使用过程中会出现频繁的前进、后退动作。

2.2 使用过程中出现的问题以及维修难度

随时使用时间的增加,该设备累计使用时间达到20年以上,出现液压系统的老化压力

不稳定、泄压、管路接头泄漏等,其中驱动行走系统中,主要表现为减速机输出轴花键磨损、链轮板磨损、液压马达与减速机连接小花键轴磨损等情况。

2.3 液压马达减速机驱动结构^[1]组成部分及相关材质

该结构主要由液压马达、减速机、内花键套、链轮

板、链轮罩、链接罩筒等组成，其中地轨部分不动，只替换地上部分。首先列出原始设备的相关参数：

液压马达型号	RM 1250X HA1	减速机型号	两级行星减速机
转速	5~540 min	速比	16.3
工作压力	250 bar	最大输出扭矩	74853 Nm
最大压力	315 bar	润滑油	VG320
扭矩	18.5Nm/bar	输出轴花键	W170×5×8F DIN5480
排量	1266 cm ³ /r	齿数	32

针对该进口外七星液压马达的参数，我们国内目前生产的外七星液压马达、内五星液压马达都不能达到该马达的转速范围5~540 r/min., 如果达到该参数，马达的外形尺寸会变大。且根据对现场使用的工况，实际操作机前进、后退的速度进行测算，实际操作机行走的线速度在15m/min, 转化为链轮的角速度大约为8rpm。根据现场安装条件等，选用了内五星马达作为替代产品^[2]，内五星液压马达主要由转盘、散热器、进出口阀组和五个星形齿轮组成，其中星形齿轮是核心部件，液压马达的主要特点是扭矩输出平稳，且能够在低转速时输出较大扭矩，从而提高设备的工作效率，内五星液压马达RM1250该马达的外圆直径与原机接近。对于行星减速

机部分^[3]，原始减速机使用过程中出现低速轴花键磨损情况，液压马达与减速机连接的小花键轴磨损的情况，针对以上出现的故障，查阅相关资料并经过优化设计等，减速机输出轴的材质采用42CrMo，经过热处理后，硬度能达到HRC40左右。内花键套的硬度在HB240~270左右，齿轮材质采用20CrMoTi^[4]，热处理后齿面硬度达到HRC59左右。

经过筛选和严格对比，且根据实际使用时的工作状态液压马达始终在低转速下运行的情况，最终选用我们国内厂家生产的液压马达+减速机驱动结构，具体参数如下：

液压马达型号	RM 1250	减速机型号	ED2800
转速	5~280 min	速比	16.3
工作压力	200 bar	最大输出扭矩	85000 N.m
最大压力	250 bar	润滑油	VG320
扭矩	20.6Nm/bar	输出轴花键	W170×5×8F DIN5480
排量 ^[5]	175 L/Min	齿数	32

3 相关部件的加工制造过程已经相关改进

对其他部件的图纸进行分析发现国外材料的标准（DIN标准）与我国国标的标准（GB）

不同，经查阅国家相关标准后，完成材料型号等效转化，具体如下表所示：

部件名称	材质	对应国内材质/类型, 型号	性能（屈服强度）	备注
连接罩桶	St-37-2	Q235B 碳素结构钢	235MPa	
链轮板	42CrMo4V	42CrMo 高强韧性合金钢	≥ 930MPa	
内花键套	42CrMo4V	42CrMo 高强韧性合金钢	≥ 930MPa	
链轮罩	St-37	Q235B碳素结构钢	235MPa	

Q235B是一种低碳素结构钢，塑性焊接性能良好，适合做连接罩桶，链轮罩等部件。

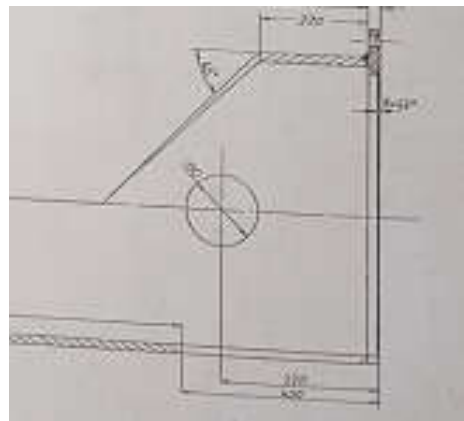
42CrMo是一种中碳合金结构钢，主要化学成分为碳（0.38-0.45%），铬（0.90-1.20%），钼（0.15-0.25%），并含有锰，硅等元素，该材料具有高强度，高韧性及良好淬透性，抗拉强度 ≥ 1080MPa，硬度 ≤ HB217，适合制作链轮板，内花键套等部件。制作内花键套时做调质处理。

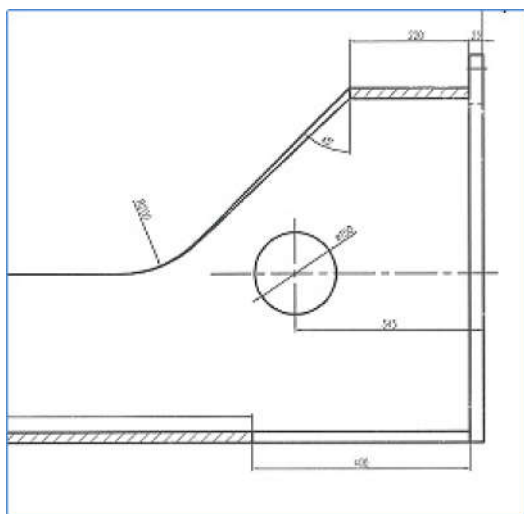
4 相关部件的加工制造过程及改进

4.1 加工制造过程

面对原装连接罩筒长度约2890mm，直径在800mm，壁厚20mm，且为两段焊接结构，且中上部镂空，下部焊接平板，异性尺寸多等因素，在机加工时要求直径为1米的管道切割机进行加工，且机加工时容易变形，针对这种情况，最终选用壁厚度25mm的无缝钢管作为母管，材

质为Q235B，两端固定，先焊接地板，等离子切割上部镂空部分的工艺，且原始图纸为大角度直线过度，后改为大弧度过度的工艺进行制作。经过工艺升级，提高了连接罩筒的整体刚度，以及实际使用时的刚度^[6]。





针对液压马达与减速机之间连接轴的小花键轴容易磨损问题,对于新液压马达与减速机设计时将轴径加粗,提高使用系数。原始花键轴外花键侧直径为70mm,改进后外花键直径为110mm。内花键材质由原装的42CrMo4更改为20CrMnTi,热处理后硬度为HRC49~53左右,提高了花键的耐磨性。

4.2 装配与安装工艺优化

原始驱动部安装采用单侧增加调整垫片的方式,来调节链轮板中心距离。国产化后,采用双侧加垫片的方式,可实现调整范围灵活,调整范围大的优点。

原装垫片为开口式垫片,且螺丝松动后,容易脱落。改进后调整垫片采用新型激光切割工艺,且为中间孔结构,不会因螺丝松动而脱落。

5 改造实施经济效益与效果分析

- 成本节约:单台设备核心部件采购成本从上百万

元降至50万元左右,降幅50%;年维护成本从约53万元降至16万元左右,年节约38万元左右;

- 生产效益:设备有效作业率从75%提升至92%,年新增产能约600吨锻件,新增产值约160万元;

- 长期价值:摆脱进口备件依赖,备件采购周期缩短至25天以内,为集团内部企业后续同类型设备改造提供可复制模板。

6 结论与展望

本次操作机液压马达驱动系统的国产化替换改造,通过科学选型、材料标准转化、加工工艺优化与规范实施,成功解决了老旧进口设备的配件短缺、故障频发、成本高昂等问题,实现了性能提升与成本降低的双重目标。实践证明,国产液压元件与减速机产品已具备替代进口同类产品的技术实力,可为工业企业老旧设备升级改造提供可靠选择。

参考文献

- [1]GB/T17491-2011, 液压泵, 马达和整体传动装置稳态性能的实验及表达方法[S].
- [2]JB/T8728-2010, 低速大转矩液压马达[S].
- [3]陈铁娟, 张鑫楠, 董雪莲, 等.行星齿轮减速机的优化设计[J].中国机械, 2024(01): 12-15
- [4]GB/T 8539-2000 齿轮材料及热处理质量检验
- [5]GB/T 7936-2012, 液压泵和马达 空载排量测定方法[S].
- [6]王文斌, 林忠钦, 机械设计手册[M],北京:机械工业出版社, 1998.