

附件

国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备目录 (2025 年版) 供需对接指南之二 机电产品再制造技术设备

(一) 矿用液压支架再制造技术

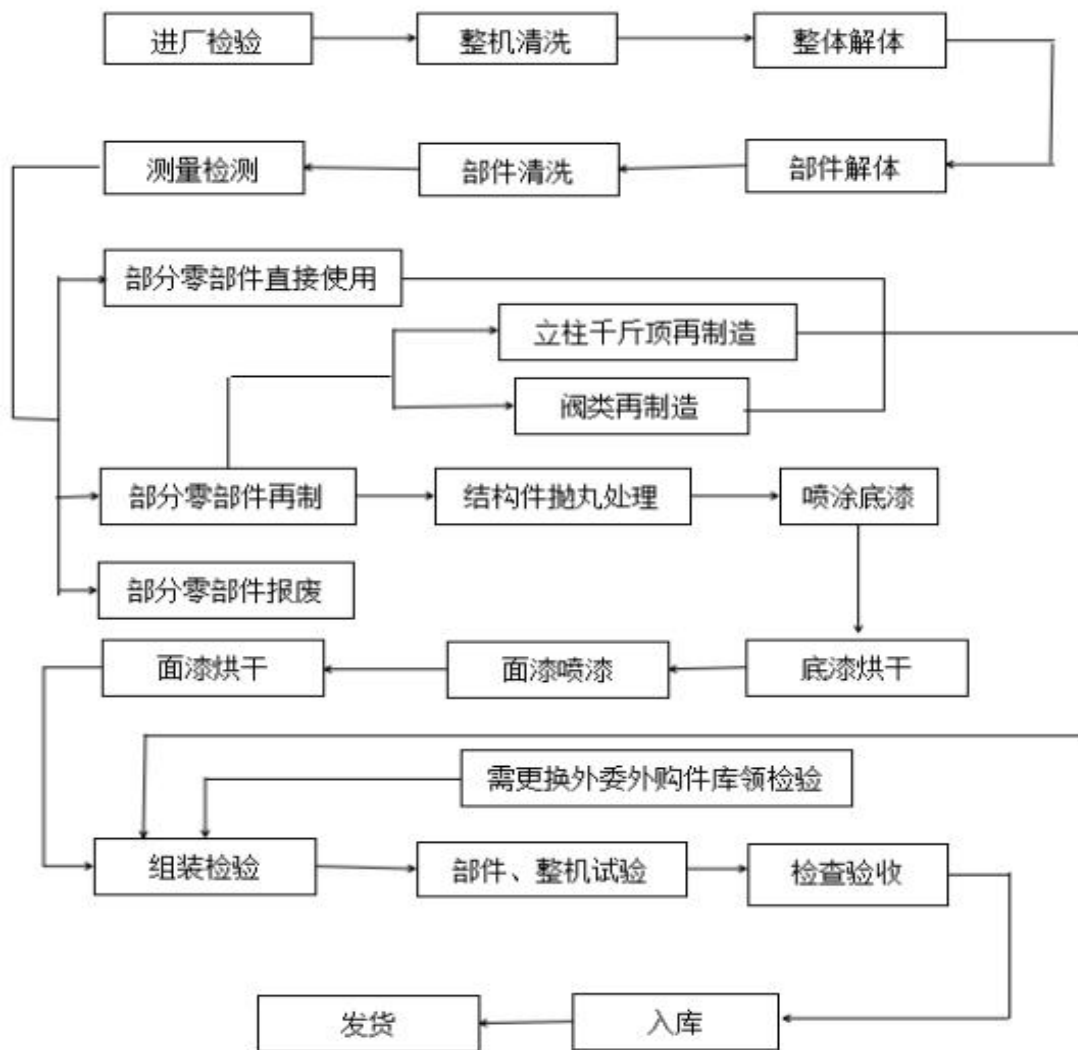
1. 适用范围

煤矿废旧液压支架再制造。

2. 技术原理及工艺

技术原理：基于设备全寿命周期理论，针对液压支架零部件使用寿命不同步特性（部分失效、部分性能良好），通过清理、无损拆解、清洗、精密检测及大数据分析，对旧支架进行二次优化升级设计，采用增材制造、激光熔覆等新技术、新工艺、新材料，修复或更换失效部件，最终使再制造支架性能达到或超过原机标准，实现资源循环利用。

技术工艺：对旧液压支架清理、无损拆解（液压装置 5 分钟拆销轴，效率提升 5 倍）、检测后，结合大数据优化设计。采用“理论—攻关—装备—示范”路线，核心工艺含内孔高速激光熔覆（效率 $0.1 \sim 0.4 \text{ m}^2/\text{h}$ ）、底阀孔焊镗一体，使支架性能超原机，节能 60%、节材 70%。



液压支架再制造工艺流程图

3. 技术指标

(1) 效率：液压拆解装置 5 分钟完成销轴拆解，效率提升 5 倍以上。

(2) 精度：中缸底阀孔公差 H10 级，表面粗糙度 $Ra \leq 0.4 \mu m$ ；熔覆层厚度 0.7~2.0 mm，耐盐雾腐蚀 500 h 无锈蚀。

(3) 能耗与环保：节能 60%、节材 70%，大气污染物排放降低 80%以上。

(4) 寿命：再制造支架 3~5 年不升井，性能超原

机。

4. 技术功能特性

(1) 无损化拆解：液压锤装置实现结构件、销轴高回用率（超 90%）。

(2) 高效修复：内孔高速激光熔覆效率 $0.1 \sim 0.4 \text{ m}^2/\text{h}$ ，成本较堆焊铜降低 30%。

(3) 智能化升级：支持电液控系统改造，提升操作安全性与生产效率。

(4) 标准化体系：制定企业标准，覆盖全流程工艺规范。

5. 应用案例

技术提供单位为山东能源装备集团高端支架制造有限公司。2022 年至今，该技术已在库车县永新矿业有限责任公司 ZY13000/27/60D 型废旧液压支架、临沂矿业集团菏泽煤电有限公司郭屯煤矿 ZF13000/22/35D 型废旧液压支架、山东东山王楼煤矿有限公司 ZY8000/23/47D 型废旧液压支架、山东能源集团鲁西矿业有限公司 ZY6800/20/40D 型废旧液压支架等应用。

6. 未来推广前景

市场前景：国内煤机使用年限仅 5 年，年报废量超 10 万台，再制造市场规模超百亿元。

目标领域：重点推广至陕西省、山西省、山东省、内蒙古等国内产煤大省，拓展越南、澳大利亚、俄罗斯等国际市场。

（二）高速精密主轴再制造精度保持和寿命延长技术

1. 适用范围

汽车制造、机床制造、航空航天、家具制造和其他机械零部件制造。

2. 技术原理及工艺

技术原理：在主轴再制造过程中精度保持技术是，（1）通过倒推建模和计算得到主轴优化结构参数；（2）通过力学分析得到主轴变形量；（3）通过提高主轴刚度能够有效地减小轴向和径向变形等技术得以实现的。

主轴寿命延长技术通过被动结构、主动结构和腔压预估计算得以实现。

技术工艺：在主轴再制造过程中对于精度保持是根据当前主轴参数技术要求和测绘结果分解成所需匹配的轴承配对方式和结构精度，从而得到结构件的加工精度、配合公差、粗糙度和装配精度。再根据主轴精度要求核对轴承预紧方式，使用工况进行预紧力计算；对冷却系统流体参数进行计算，加大散热量，保持主轴的热平衡，减少热误差的产生。适当提高主轴预紧力和改善主轴的材质和热处理可以提高主轴自身的刚度，可以抵抗更大的抗弯和抗扭能力，减少变形，提高了精度。

主轴寿命延长技术的被动结构是针对不同再制造主轴结构特点，采用不同的密封结构和导流结构；主动结构是在主轴固定部分和旋转部分处形成均匀气幕主动阻挡了水汽的进入，保证了轴承的安全；腔压计算是根据轴承和

电机转子旋转带来的气流涡旋瞬时真空状态产生负压现象，会加速切削液的进入，通过气幕参数变化抵消这部分压力影响。

3. 技术指标

(1) 转子设计精度指标：回转精度 $2\ \mu\text{mm}$ 以下。

(2) 装配精度指标：拉刀力 $18\sim 22\ \text{KN}$ ；端面回转精度 $1\sim 2\ \mu\text{mm}$ ，刀柄精度 $1\sim 2\ \mu\text{mm}$ 。

(3) 动平衡精度指标：G0.4。

(4) 密封性指标：磨床 2 年以上，普通精密加工 5 年以上。

(5) 整体主轴温升 30°C 以内。

(6) 更适用于转速 $25000\sim 30000\ \text{r/min}$ 精密主轴。

4. 技术功能特性

(1) “主轴再制造精度保持、寿命延长技术”得益于主轴再制造前期的建模、计算、有限元分析和仿真，能够精准把握再制造过程的优化结构和配合关系，一次维修成功率接近 100%，试错成本低。

(2) 利用“主轴再制造精度保持、寿命延长技术”维修后的主轴能够达到国外同等原装主轴的性能参数，有些参数还实现了超越，能帮助企业降低了维修成本和维修时间。同时，该技术也已经应用于新主轴的设计开发中，并取得了应用，效果超过了同等国外品牌，为替代进口奠定了良好的基础。

5. 应用案例

国内某高速精密叶片磨床加工中心生产厂家初期使用了轴研所、台湾和国外知名品牌主轴，基本上都是3~4个月进水损坏。应用本单位的寿命延长技术后，一期寿命变为1年，二期继续改进后寿命已超2年，目前仍在使用。该技术受到磨床加工中心厂家的认可，并进行了合作。

6. 未来推广前景

随着中国制造业由中低端制造向高端制造的转换，预计3年后必然带来该技术的快速普及，为中国高端主轴再制造和新主轴研发带来升级换代。预计普及率会超过70%。总投入会超过1000亿元人民币。由此带来的年减排量预计将达到1500万吨CO₂，助力实现“绿色制造”目标。

（三）机械装备耐磨部件再制造技术

1. 适用范围

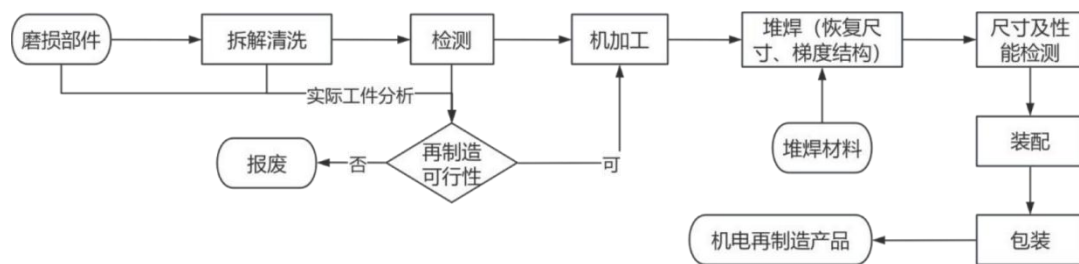
机械装备耐磨部件再制造。

2. 技术原理及工艺

技术原理：机械装备耐磨部件在经过长期服役后因磨损产生表面破坏，本技术通过磨损机理分析和再制造评估，采用再制造堆焊材料及工艺一体化工艺、再制造成分性能梯度结构、高效稳定再制造加工装置等先进表面增材技术进行加工处理，使其尺寸恢复，表面耐磨高硬度功能层强化，实现耐磨部件再制造。

技术工艺：磨损部件经过机加工后进行堆焊，采用相

应系列再制造堆焊材料进行打底层、过渡层、耐磨层等堆焊作业，形成满足工况使用要求的成分及性能梯度结构，其中耐磨功能层通过自主研发的Fe-Cr-C系Mo、V、W、Nb、B等多合金元素强化耐热耐磨堆焊材料制备，实现机械装备耐磨部件恢复性再制造。



3. 技术指标

(1) 系列再制造堆焊材料：耐磨功能层熔敷金属室温硬度 $>60\text{HRC}$ ， 600°C 以上高温回火状态保持在 50HRC 以上，耐磨性较现有技术产品提高20%以上；

(2) 再制造机械装备耐磨部件：产品使用寿命不低于新品，以辊压机挤压辊为例通常为 $8000\sim 20000\text{ h}$ （参考JC/T2104-2012水泥工业用耐磨件堆焊通用技术条件）。

4. 技术功能特性

(1) 系列再制造堆焊材料：堆焊药芯焊丝中不同形态碳元素添加、Cr/C比、Mo-V联合强化等合金元素强化组合可以匹配磨粒磨损、磨粒磨损伴有冲击磨损、磨粒磨损伴有腐蚀磨损等不同磨损工况，实现对耐磨部件磨损的针对性强化。

(2) 适合于水泥建材、矿山机械等行业大型机械装备耐磨部件的再制造，如辊压机挤压辊、立磨磨辊等破碎

粉磨装备。相较于新品铸锻件加工过程，节能减排效果显著。

5. 应用案例

技术提供单位为中国机械总院集团郑州机械研究所有限有限公司。该技术已在山水集团、华新集团、金隅冀东、中信重工、天瑞、新天山等集团公司应用，典型应用为水泥建材、矿山机械行业大型装备受损耐磨部件，如辊压机挤压辊、立磨磨辊等破碎粉磨装备。技术应用典型案例为在德国技术人员全程现场监督下再制造的德国KHDRP-Z170/180服役安全运转5年（设备运转率85%以上）。

6. 未来推广前景

该技术属于机电再制造，以更换频率高、磨损速度快的机械装备耐磨部件为原件进行拆解清洗、加工检测等后得到相应的再制造产品，以平均重量5 t/件计算，平均年节约新材和减少工业固废各3000吨，进行资源综合利用，较新品制造年减少温室气体排放6000吨CO₂，减少颗粒物排放6000吨，温室气体排放率SG为87.5%，减少大气污染物排放率SP为95.8%，减少固废排放率SR为97.0%，对循环经济发展、节能减碳促进作用显著，具有一定推广价值。

（四）旧电机永磁化再制造技术

1. 适用范围

用于废旧低效三相异步电动机能效提升再利用。

2. 技术原理及工艺

技术原理：传统Y系列三相异步电动机存在效率低、功率因数低、起动电流大、起动转矩不高、不能经济地在较大范围内平滑调速。本技术是针对老旧低效三相异步电动机的转子母体进行永磁化改造，将磁钢表贴于转子上，形成一种新的三相电动机永磁转子，使原三相异步电机的定子磁场与本技术永磁转子磁场同步运行，变成新的三相永磁同步电机，再制造后的永磁同步电机效率高、功率因数高、起动转矩大、可在较大范围内平滑调速，且节能效果显著。

技术工艺：原三相异步电机的机壳、定子、端盖等可重复利用件保持不变。对定子线圈、轴承、风扇等易损件进行旧件修复再制造。将原电机转子面表进行加工以适合表贴磁钢，磁钢外加钢套，防止磁钢意外脱落。最终，经过一系列的生产工序、组装、测试、检验合格得出一台新的高效永磁同步电机。

3. 技术指标

AB系列永磁同步电机节电率可达10%~30%，功率因数可达0.90~0.98，效率达到国家标准GB30253-2013能效1级水平。

4. 技术功能特性

(1) 本技术可实现低效三相异步电动机能效提升再利用。

(2) 本技术设备具有功率因数高、效率高、启动转

矩大、调速平滑且范围宽、节能、噪声低、振动小、运行安全可靠等特性。

5. 应用案例

自主知识产权的“旧电机永磁化再制造技术”成果，自2011年实现产业化后。技术设备在全国各地得到广泛应用，典型案例：广东东鹏控股股份有限公司、山西安泰集团股份有限公司、首建科技有限公司、沈阳市沈河区房产局供暖公司、华北油田公司等上千家企业。本电机再制造技术成果，在全国也有应用，目前已在淮北矿业（集团）岱河矿业有限公司、新疆中电丝路数据信息技术有限公司、山西高米麦恩科技有限公司等多家企业应用。

6. 未来推广前景

截至2017年底，我国工业领域的废旧电机总量已达到25亿kW，在“十二五”到“十三五”期间工业领域实施的旧电机升级改造总量约在5%左右，电机再制造需求巨大。因此本技术及技术装备在低效电机能效提升再利用领域，具有较大的推广应用前景。

（五）高精密长寿命齿轮箱绿色再制造技术

1. 适用范围

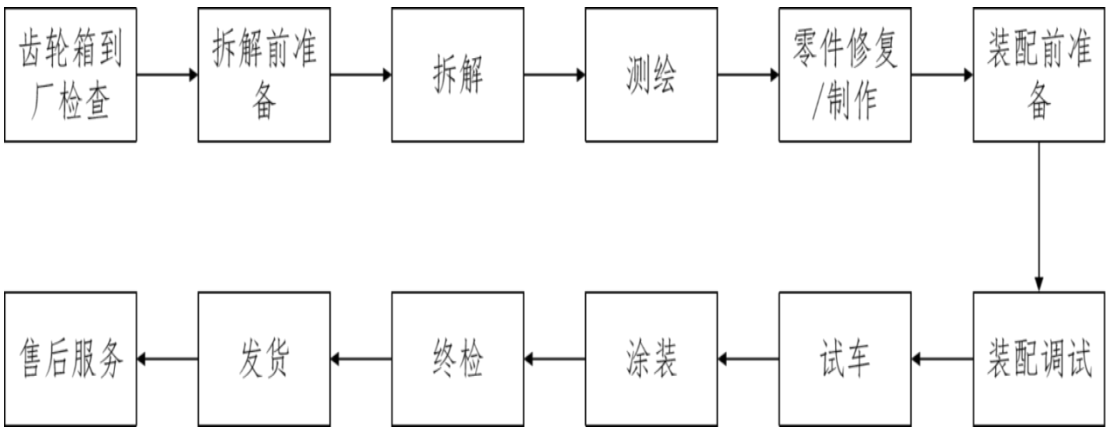
风电、矿山、工程、石油等齿轮箱的绿色再制造。

2. 技术原理及工艺

技术原理：以市场老旧在用精密齿轮箱为应用对象，通过传动原理重构、拓扑再规划，对齿轮传动和支撑件展

开多维度的精密检测，形成完整的齿轮箱修复方案。通过激光增材修复技术的应用，实现齿轮箱参数深度优化、故障精准修复、性能提升和寿命的延长。

技术工艺：面向老旧在用齿轮箱，通过传动重构优化、多维精密检测与故障诊断，融合信息形成优化方案。应用激光增材修复技术，实现参数优化、精准修复、性能提升与延寿，减少废弃物，推动绿色可持续再制造。



3. 技术指标

(1) 异形件微观综合变形检测精度 $\leq 10\ \mu\text{m}$ ，比国内同行业检测精度提高一倍；

(2) 优化后齿部精度达到4级，达到国际同类产品水平；

(3) 以1.5 MW 齿轮箱再制造为例，年减碳总量42315.78 tCO₂e，比国内同类产品碳排放降低46.52%。

4. 技术功能特性

(1) 激光三维扫描与数字散斑干涉结合的精密测量，旨在在宏观上获得物体的几何信息，在微观层面上实现高精度的变形检测。

(2) 齿轮传动多目标优化，实现齿廓修形量、齿向修形量最优的修形参数组合；

(3) 多源信息诊断，实时采集设备运行过程中的振动信号，检测齿轮箱内部不同零部件的运行状态，实现对设备故障精准诊断；

(4) 激光增材修复技术，利用高功率激光束作为热源，将金属粉末或其他修复材料同步输送到激光作用区，实现对齿轮箱部件的定制化修复。

5. 应用案例

绿色再制造的高精密长寿命齿轮箱应用于北京京能清洁能源电力股份有限公司东北分公司科右中旗风电场项目，节约风电齿轮箱投入成本约50%，绿色再制造的高精密长寿命齿轮箱在风场运行当中平稳、良好。

6. 未来推广前景

该技术以市场老旧在用精密齿轮箱为应用对象，在国家对基础设施建设投资力度增加，风力发电、水泥机械、矿山机械、冶金设备等行业绿色发展的背景下，通过废旧齿轮箱检测、修复、精加工技术不断升级，推动齿轮制造行业整体向高效绿色再制造转型升级。

(六) 热轧板带线轧辊堆焊再制造

1. 适用范围

钢铁行业热轧板带线轧辊堆焊再制造。

2. 技术原理及工艺

技术原理：该技术采用堆焊工艺，辊面工作层堆焊特殊耐磨、耐高温、抗裂不粘钢的铬基优质合金焊材，根据基材不同，选用不同的软质合金焊丝制作不同的过渡层，确保工作层在使用厚度范围内性能稳定。

技术工艺：根据轧辊基材不同，选用不同的软质合金焊丝制作过渡层；根据孔型不同，制定合理的修复工艺，根据使用工况和用户要求不同，选用不同的耐磨、耐高温、抗裂不粘钢的合金焊材及严格执行相应的修复工艺。

3. 技术指标

（1）采用该技术堆焊再制造的轧辊，其使用寿命提高1倍以上，考虑到焊接对基材疲劳强度的影响，每根轧辊的堆焊再制造次数按3次计算，即可节省新制轧辊5根。可节约钢材等原材料约83.3%，有效缓解资源短缺压力，保护自然资源和生态环境。

（2）优化了焊接工艺参数，降低了焊接变形和裂纹产生的风险，形成了一套高效的焊接修复工艺和质量控制体系，包括焊接前准备、焊接过程控制、焊接后检验等环节，确保了焊接质量，保证了焊接修复后的轧辊满足使用要求。同时，显著提高轧辊的耐磨、耐腐蚀和抗热疲劳性能，延长了其使用寿命，降低了用户成本。

4. 技术功能特性

（1）焊前准备：轧辊辊面疲劳层去除无裂纹，硬度至HRC40以下；预热温度400℃，保温8小时，焊丝、焊剂提前烘干。

(2) 焊接过程控制：焊接层间温度保持在 $280^{\circ}\text{C} \sim 320^{\circ}\text{C}$ ，需补热，焊接过程中的裂纹、气孔等局部缺陷及时去除。

(3) 焊后热处理：焊后立即去应力退火， 540°C （升温 $50^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ ）保温12小时，然后随炉冷却至 100°C 以下出炉。

5. 应用案例

以唐山瑞丰钢铁（集团）有限公司1580轧线粗轧E1立辊为例：

(1) 原轧辊调质硬度HB302-341、使用时间12天/次、磨损车削量 $4 \sim 6 \text{ mm}$ /次轧辊在线使用总天数最多300天，轧辊使用到最小辊径后只能进行报废处理。

(2) 堆焊再制造轧辊硬度HRC48-53、使用时间20天/次、磨损车削量 2.8 mm /次轧辊在线使用总天数为714天，提高了1.38倍。

该技术两年来已应用于唐山周边钢铁行业的轧辊堆焊再制造，如唐山瑞丰钢铁（集团）有限公司950和1580轧线粗轧立辊、850轧线精轧支撑辊，河北安丰钢铁集团有限公司1450和1050轧线粗轧立辊，河钢集团唐钢新区长材事业部BD轧辊等。使用性能均达到或超过了设计性能指标。

6. 未来推广前景

轧辊再制造结合堆焊方式和专用的修复工艺，解决了轧辊不能重复利用的问题，特别对半钢材质的轧辊再制造，

由于解决了基材的焊接性能和铸造缺陷，大大提高了辊面工作层的耐磨、耐高温、抗裂不粘钢性能，处于国内领先水平，钢铁行业具有广泛的适用性和巨大的市场推广价值。