

2FG-30 分级机传动系统优化改造

何 山

河北钢铁集团矿业有限公司承德柏泉铁矿, 河北 唐山 063700

[摘要] 分级机设备是河钢矿业柏泉铁矿磨选工艺流程中重要环节的关键设备, 分级机故障频发, 严重制约正常生产运营。通过对分级机传动机构进行优化改造, 实现单螺旋双驱改造, 解决传动系统基础振动, 提高设备运行稳定性和分级处理能力, 降低磨矿循环负荷比, 间接增加磨矿处理能力, 取得可观经济效益。

[关键词] 2FG-30 螺旋分级机; 传动系统; 设备改造

DOI: 10.33142/ect.v2i7.12747

中图分类号: TD951

文献标识码: A

Optimization and Transformation of 2FG-30 Classifier Transmission System

HE Shan

Chengde Baiquan Iron Mine of HBIS Group, Tangshan, Hebei, 063700, China

Abstract: The classifier equipment is a key equipment in the grinding and selection process of Baiquan Iron Mine in HBIS Mining. The frequent occurrence of classifier failures seriously restricts normal production and operation. By optimizing and transforming the transmission mechanism of the classifier, a single spiral dual drive transformation is achieved to solve the basic vibration of the transmission system, improve the stability of equipment operation and classification processing capacity, reduce the grinding cycle load ratio, indirectly increase the grinding processing capacity, and achieve considerable economic benefits.

Keywords: 2FG-30 spiral classifier; transmission system; equipment renovation

引言

河钢矿业柏泉铁矿位于河北省平泉市平泉镇二道河子村, 隶属于河钢集团矿业公司, 是一家集“环保生态、安全管理、科学技术、人才资源、市场影响”五大专业发展观为一体的国有中型露天开采矿山。矿区地构位置处于中朝准地台、燕山台褶带、承德拱断束、平泉凹断束西端, 矿体赋存为含磁铁黑云角闪辉长岩, 矿石质地偏坚硬, 呈粗粒块状结构。

柏泉铁矿通过露天穿孔-爆破-铲运的采矿工艺、三段破碎二段筛分一段干选的破碎工艺和三段闭路磨矿五段磁选的选矿工艺及常温浮选选磷工艺进行矿石资源的开发利用。在选矿工艺流程中, 碎矿破碎后 0~8mm 原矿进入磨矿仓, 经圆盘给料、集矿皮带、给矿皮带输送, 和给矿水一起由双勺给料器混合流入一段球磨机筒体内研磨, 排矿端出来的矿浆进入螺旋分级机, 溢流产品进入粗选磁选机, 返砂打回一段球磨机进行再磨, 形成第一段磨矿闭路循环。其中一段磨矿设备为 MQG3660 格子型球磨机, 配套分级设备为 2FG-30 螺旋分级机。

1 2FG-30 螺旋分级机结构及工作原理

螺旋分级机应用在矿山选矿磨选工艺流程中, 主要利用颗粒级沉淀速度不同, 实现矿石粒度分级, 按照溢流高度可以分为沉浸式螺旋分级机和高堰式螺旋分级机两种类型, 柏泉铁矿选矿共有三个系列, 每个系列安装 2FG-30 高堰式螺旋分级机 1 台。

螺旋分级机主要由槽体、传动系统、螺旋总成、提升机构四大部分组成。

槽体主结构利用钢板和各种型号槽钢焊接而成, 倾角 14° 安装, 槽体自身重量和槽内全部矿浆重量造成负载均由槽体四周钢结构支撑承受。在沉淀区中部(靠近球磨侧)设计进料口, 入磨原矿经一段磨矿后, 排出矿浆从槽体进料口给入槽内, 通过螺旋总成低速转动搅拌矿浆, 细颗粒悬浮表面, 经下方溢流堰溢出, 溢流槽内安装自制小孔篦子板, 拦截碎球异物。粗颗粒下沉槽底, 经螺旋输送到排料口, 从返砂槽打回到一段球磨, 返砂槽内镶嵌铸石板耐磨层, 提高使用寿命。槽体沉淀区下部设有紧急放水阀, 可以随时将矿浆排出, 平时处于常闭状态。

传动系统由电机-减速机-直齿轮-伞齿轮-主轴装置组成, 利用一台 45KW 电机提供驱动减速机运转, 通过大小直齿和大小伞齿组合带动左右螺旋总成同步旋转作业。

螺旋总成由主轴、上下轴头、支架、大小叶片组成在正常生产过程中, 起主要搅拌作用。主轴使用无缝钢管两侧焊接轴颈、法兰盘制成, 主轴外装配支架、大叶片、小叶片, 支架叶片耐磨性直接影响使用寿命。

提升机构由电机、减速机、伞齿轮副、提升丝杠、下部支座等零部件组成。设备日常停机时, 矿浆脱水逐步沉淀, 为避免压住螺旋, 导致启车时设备过负荷, 以及生产调节返砂量需求, 安装提升机构。为保证提升机构的安全可靠, 防止齿轮副脱齿, 设有行程终点开关, 使升降行程

能限位控制；下部支座长期淹没在矿浆内工作，需要临时提升后进行设备日常点检。

2 改造前 2FG-30 螺旋分级机运行状况

结合采场地质资料及实际生产情况，采场剩余资源品位低且难磨难选的现状，2023 年 7 月份，柏泉铁矿实施碎选生产工艺结构优化改造，将原两段闭路磨矿工艺改造成三段闭路磨矿工艺，通过合理控制优化三段磨矿系统各段磨矿产品粒度指标，实现稳定提高一段球磨机台效指标。工艺流程优化调整后，一段磨矿台效由 160t/h 提高到 200t/h。

受品位低、难磨难选的矿石性质制约，为确保选磷、选铁工艺指标，需控制分级机循环负荷调节分矿浓度，分级机实际返砂已完全没过大叶片，运转超负荷严重，螺旋主轴在运转过程中承受较大扭矩，传动部分的一对伞齿轮又是开式传动，因此日常磨损很大。分级机频繁发生包括传动基础开焊、伞齿轮打齿、直齿轮断轴、上下轴头断裂、螺旋主轴断裂等多项故障，设备故障率及备件消耗成本过高。为了提高分级机使用寿命，本着投资小见效快的原则开展技术攻关，我矿先后已实施多项改造，解决设备超负荷造成的故障。

分级机下轴头处轴承处于矿浆中，工作环境恶劣，使用寿命短、检修更换麻烦，本着成本低见效快的原则，我矿将下部轴承座支撑结构优化为铸钢支座内嵌尼龙吊瓦结构，尼龙吊瓦使用寿命稳定在 3 个月左右，日常可以目视直接点检，且检修更换较为方便，一般检修用时在 15 分钟左右，基本可以实现定周期更换。

上轴头安装可拆卸对盘和压力轴承各一件，利用可拆卸对盘限制上部轴头位移，运转过程中受左侧扭力较大，上轴头从轴间位置发生断裂，抢修较为困难。我矿将上轴头进行尺寸修改，在压力轴承外侧安装内外扣锁母一对，同时将轴头直径由 160mm 加粗到 180mm，提高轴头抗扭强度，降低故障频率。

分级机主轴是 25mm 厚空心轴，直径 700mm、全长 14 米，外部包裹分级机支架，长期在矿浆内作业，不具备探伤检测条件，受矿浆浓度影响主轴承受扭力频繁发生波动，目前已发生过 6 次主轴疲劳断裂事故。提高主轴使用寿命的关键在于保证主轴自身强度和直线度，因此我矿改进备件采购技术要求，螺旋主轴选择 14 米整根无缝钢管，保证直线度的同时避免产生焊接应力，将壁厚由 25mm 提高到 30mm，提高主轴自身抗扭强度，目前已完成三个系列的主轴换新工作。

分级机小叶片采用铸铁制作，安装在大叶片螺旋边沿，随主轴旋转搅拌矿浆，工作表面承受较大摩擦力，因此使用寿命过短（2 个月左右）。既不提高备件成本改变叶片材质，又不能加厚叶片过多影响螺旋负载的前提下，我矿借鉴聚氨酯小叶片耐磨性好、摩擦系数小的优点，利用旧尼龙输送带制作小叶片护垫，贴附安装在大叶片与小叶片

之间，此项小技改成功将小叶片使用寿命延长至 6 个月，年创效 30 万以上。

分级机开式齿轮传动系统稳定性一般，设备运行振动受反砂负荷影响较为明显，长期的频繁异常振动加剧齿轮齿面磨损，严重时发生断轴或打齿事故。我矿与备件生产单位结合，优化热处理工艺，将齿轮调质硬度从 55HRC 提高到 62HRC，降低齿轮磨损消耗。

分级机传动部基础机架利用 4 条钢结构桁架构造，在主桁架基础上安装减速机、电机及左右上轴头支座，形成四个主要运行振动点，使得下方支撑梁局部互相扰动，剧烈时会导致横梁焊口开裂。分级机传动系统各处备件逐项改进后，运行振动直接反映到传动基础上，为避免基础开焊造成异常振动，我矿利用月度计划检修时间对分级机传动系统钢结构基础进行系统加固，添加多道横梁和拉筋，提高基础架构的稳定性。

通过实施以上多项技术改造，分级机设备故障率降低 43%，但是设备故障率仍然处于行业较高水平。传动系统图和现场时装图如图 1 所示。



图 1 现场实装图

3 分级机传动系统优化改造

通过对分级机日常运行电流、振动等参数点检分析，分级机故障根本原因是传动机构较为落后，运转过程中左右旋互相影响，水平轴铜瓦受力磨损较快，水平轴中心线偏移，影响小伞齿与大伞齿的正常啮合，同时，左右螺旋运转阻力偏差过大（左旋给料侧阻力较大），导致分级机传动系统运行振动过大，无法满足正常生产负荷需求。分级机旧传动系统由一台 45KW 电机提供驱动双螺旋运转，D 当一段入磨台效提高到 190t/h 以上时，电机运行电流在 75A 以上，偶尔超过 80A 的额定电流限值，电机使用寿命短且故障率偏高；大小直齿、大小伞齿利用一台多点干油泵加油，开式齿轮传动润滑效果无法保障；上轴头处压力轴承受扭力影响，寿命不超 3 个月。

为消除设备运行隐患，同时解决双螺旋同步运转受力不均的问题，2023 年 7 月，经过我矿机动科、生产科与选矿作业区共同研究，同时组织专业技术人员对外部矿山同类型分级机进行对标交流，对传动系统的改造实例进行现场考察，制定了符合我矿现状的分级机传动系统单驱改

双驱的改造方案。

有限空间内进行设备优化改造,既要考虑性能需求又要兼顾安装空间,旧的渐开线圆柱齿轮减速机传动效率偏低,且抗载荷冲击能力较差,且安装占地较大,并不符合现场实际需求。减速机既要满足需求负载,又要尽可能减小安装面积,方便后续安装位置调整,通过受力需求分析,最终选择使用 NGW112 行星齿轮减速机作为驱动设备;大小直齿、大小伞齿的开式齿轮传动效率低下且极不稳定,我矿借鉴聚源矿业分级机改造成功经验,联系专业单位定制三级减速箱代替旧伞齿传动,充分发挥圆柱减速机在重载环境下,稳定运行的优点,且密闭减速箱内齿轮润滑效果更佳;定制适宜三级减速箱代替伞齿轮传动,取消掉旧的分级机上轴头,由法兰短节替代,直连到减速机输出轴上,输入扭矩由行星减速机提供,同样以法兰方式联接,相较于伞齿轮传动,校正更为方便快捷;45KW 电机满足单螺旋正常运转条件,综合考量后选择皮带轮方式与行星减速机连接;整个传动系统由电机-皮带轮-行星减速机-定制三级减速箱-主轴装置组成,电机、行星减速机、三级减速箱固定在一块 10mm 厚铁板上,铁板与减速箱底利用立筋焊接加固为一体,减速箱两侧焊接圆柱支撑,支撑座固定在旧支撑主梁上,通过改变支撑座高度,实现新旧传动系统同一安装高度,不影响后续生产返砂调节;最后对传动系统基础进行整体加固,实现分级机平稳运转。改造三维设计图与现场实装如图 2 所示。

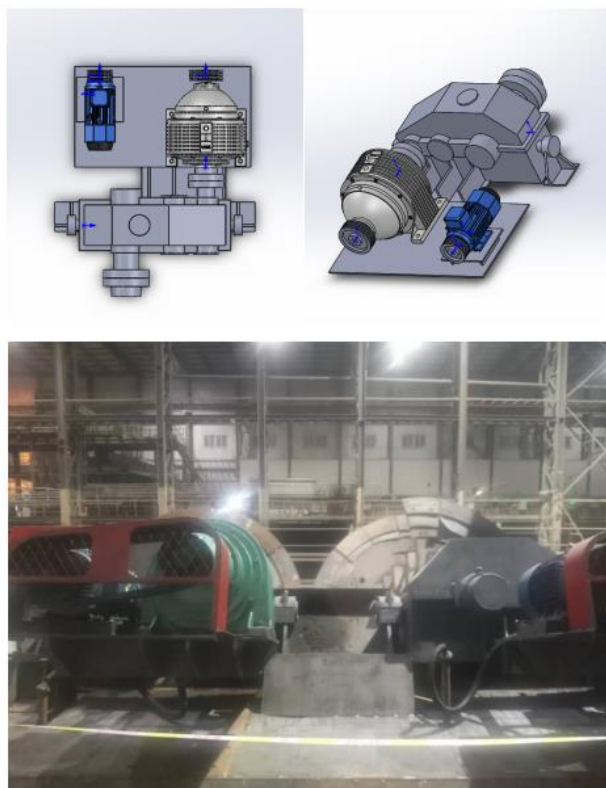


图 2 改造三维设计图与现场实装

4 改造效果与收益

柏泉铁矿选矿共三个系列,目前已完成二、三系列的分级机传动系统优化改造试验,且设备正常运转已超过 5 个月,未发生过任何设备故障,分级机传动机构设备改造成果显著,计划今年将剩余备件消耗完毕后,继续实施完成一系列分级机传动系统改造。

分级机左右螺旋由统一驱动变为单独驱动,消除了两侧负荷不同造成的异常振动,分级机旧传动系统减速机振动在 200um 以上,新传动系统振动在 50um 左右,极大降低了传动系统的运行振动;定制的减速箱代替开式齿轮,将开式齿轮传动变为闭式减速机传动,齿轮传动路线直接、传动效率增高,避免了齿轮的非正常磨损,而且减速箱直接改善了齿轮润滑条件,润滑方式由干油润滑变为稀油润滑,提高润滑效果的同时极大降低了润滑成本;同时,优化后的传动系统,电机驱动单螺旋运转,电机电流由 80A 左右降低到了每台 40A 以内,提高了分级效率,更利于提高生产台效。

根据历年分级机备件消耗,分级机改造前年消耗大、小伞齿、小直齿各 4 件、大直齿 2 件、成本 20 万元,电机、减速机维保 1 次、成本 1.5 万元,润滑消耗通用锂基润滑脂约 1 吨、成本 1.5 万元;分级机改造后行星减速机和定制减速箱按照 5 年寿命计算、年摊销成本 3.4 万元,润滑消耗重负荷工业闭式齿轮油约 0.15 吨、成本 0.24 万元;年度降低备件成本 19.3 万元。分级机改造前年消耗备件明细如表 1 所示。

表 1 分级机改造前年消耗备件明细表

分级机改造前年消耗备件明细表				
备件名称	单位	年消耗	单价	合计
主传动大伞齿轮/ZY 3002-1-10	件	4	35,190	140760
主传动大直齿轮/ZY 3001-1-9	件	2	15,541	31082
主传动小伞齿轮/ZY 3001-1-11	件	4	5,175	20700
主传动小直齿轮/ZY 3001-1-10	件	4	1,718	6872
通用锂基润滑脂	KG	1150	13	14950
电机、减速机维保	次	1	15000	15000
总计金额(不含 13%增值税)				229364
分级机改造后年消耗备件明细表				
备件名称	单位	年消耗	单价	合计
NGW112 行星齿轮减速机	台	0.2	48700	9740
定制主传动齿轮箱	台	0.2	121000	24200
重负荷工业闭式齿轮油	次	0.15	16113.49	2417
总计金额(不含 13%增值税)				36357

分级机改造后设备故障率大幅度降低,降低故障停机时间约 12 小时,直接创造经济效益约 12 万元;改造后备件使用寿命提高,减少了月度计划检修维保项目,每年可

以节约检修用工 48 个,节省人工成本 2.4 万;同时,提高分级机处理能力,降低磨矿循环负荷比,间接增加磨矿处理能力,提高一段入磨量约 20t/h,按照年度 97%设备可开动率,10 的选比计算,年增加 63%品位以上铁精粉约 354 吨,年度间接增产创效在 27 万元以上。

综上,单系列分级机传动系统改造年度创造效益约 60.7 万,三个系列年度实际创效在 182.1 万元以上。

5 结束语

螺旋分级机是一种常见的用于物料颗粒分级和分离的设备,通过电机减速机驱动螺旋旋转产生离心力,利用搅拌离心力和小叶片推进作用将物料从槽体进料口输送到槽体出料口,在输送过程中根据粒级大小实现颗粒分级和分离。因其具有结构简单、操作方便、无须辅助设备、返砂含水量小、分级效率稳定、消耗功率低、生产成本低等多种优点,被广泛应用于国内矿山,在选矿工艺流程中与球磨机配成闭路循环,进行矿浆粒度分级。

本文通过对柏泉铁矿分级机设备使用过程中出现的

各项问题、产生原因、改进措施等进行分析讨论,一系列改进措施可以有效节约检修时间、降低维修成本、提高设备可开动率,取得良好经济效益,对国内矿山领域其他单位提供分级机设备优化改进思路。

【参考文献】

- [1]郭宏斌. $\Phi 2.4\text{m}$ 螺旋分级机传动部改造[J]. 矿山机械,2013,41(2):2.
 - [2]王祥,周兴龙. 新型螺旋分级机的使用及研究现状[J]. 现代矿业,2010,26(7):3.
 - [3]杨晨,于冠英. 高堰式螺旋分级机轴的有限元分析[J]. 有色矿冶,2013,29(3):3.
 - [4]韩丽锁. 螺旋分级机改造[J]. 工业设计,2012(1):133.
 - [5]傅东霞. 2FC-24 双螺旋沉浸式分级机传动系基础改造[J]. 中国钨业,1998(1):3.
- 作者简介:何山(1991.8—),男,唐山市滦州市人,汉族,本科学历,助理工程师,就职于河北钢铁集团矿业有限公司承德柏泉铁矿,从事设备基础管理相关工作。