

国内外厚煤层大功率电牵引采煤机 机电一体化新技术

冯泾若, 伍丽娅

(天地科技股份有限公司 上海分公司, 上海 200030)

[摘要] 介绍国内外大功率厚煤层电牵引采煤机的机电一体化新技术, 包括总体技术、交流变频电牵引技术、工况检测、故障诊断技术、自动调高技术、远程通讯和集中控制技术。

[关键词] 采煤机; 大功率; 厚煤层; 电牵引; 机电一体化

[中图分类号] TD421.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2003) 04-0015-03

New Electro-mechanical Integration Technology of Supper Power Shearers For Thick Coal Seam Mining In Domestic And Foreign

FENG Jing-ruo, WU Li-ya

(Shanghai Department of Tiandi Science & Technology Co.Ltd, Shanghai, 200030)

Abstract: The paper introduces the new electro-mechanical integration technology of supper-power shearers for thick coal seam mining, including general design technology, AC (VVVF) haulage technology, diagnosing & monitoring technology, auto opening control technology, remote communication & centralized control technology.

Key words: Shearer; Supper-power; Thick seam; Electrical haulage; Electro-mechanical integration

1 总体技术

德国 Eickhoff 公司的 SL500 系列采煤机截高范围 2.0~6.0m, 适用煤层倾角 $\leq 35^\circ$, 号称可以截割 $f \leq 10$ 的煤和岩石。滚筒 23r/min 时截割功率 $2 \times 750\text{kW}$, $2 \times 825\text{kW}$, 破碎机功率 100kW, 牵引功率 $2 \times 90\text{kW}$ (AC), 泵站功率 35kW, 因此装机总功率可达 1965kW。该机最大牵引力可达 1000kN, 最大牵引速度可达 37m/min, 最大重量

约 112t。2002 年提供给南非的 1 台 SL500 截割功率 $2 \times 825\text{kW}$, 装机总功率 1865kW。

美国 JOY 公司的 7LS5 采煤机截高范围 2.0~4.8m, 号称可以截割 $f \leq 10$ 的煤和岩石。滚筒 25r/min 时截割功率可达 $2 \times 650\text{kW}$, $2 \times 750\text{kW}$, 破碎机功率 110kW, 牵引功率 $2 \times 110\text{kW}$ (AC), 泵站功率 30kW, 装机总功率 1860kW。该机最大牵引力可达 800kN, 最大牵引速度可达 30m/min。

20 世纪 90 年代中期神东矿区先后引进了 JOY

表 1 引进和国产大功率厚煤层采煤机主要技术参数

型号	SL500	6LS5	7LS6	EL3000	MG750/1820-GWD	MGTY500/1200-4.5/3.3	MG400/920-GWD
截高范围/m	2.8~5.5	2.2~4.5	2.2~4.9		2.8~5.5	2.5~4.5	2.2~4.9
煤层倾角/ $^\circ$	≤ 9	≤ 8	≤ 5		≤ 10	≤ 8	≤ 10
煤质硬度 (f)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 8	≤ 5	≤ 5
装机总功率/kW	1815	1500/1470	1860	1844	1820	1200	920
截割功率/kW	2×750	2×610	2×750	2×650	2×750	2×500	2×400
破碎功率/kW	100	110	110	300	100		
牵引功率/kW	$2 \times 90\text{AC}$	$2 \times 70/55\text{DC}$	$2 \times 110\text{AC}$	$2 \times 100\text{AC}$	$2 \times 90\text{AC}$	$2 \times 55\text{AC}$	$2 \times 50\text{AC}$
泵站功率/kW	35	30	30	44	40	30	20
供电电压/V	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
滚筒直径/mm	2700	2200	2200	2200	2700	2200	2500
滚筒转速/ rmin^{-1}	23.4	25	26	35.2	23.4		28.5
截深/mm	865	865	865	865	865	800	800
牵引速度/ rmin^{-1}	13.0/32.0	14.9/21.0	12.2/26.0	/27.25	12.9/25.8	7.0/14.6	7.7/12.8
牵引力/kN	734/306	617/161	800/375	722.3/	750/375	750/450	630/310
重量/t	112	73	98		112	75	60

[收稿日期] 2003-06-20

[作者简介] 冯泾若 (1949-), 男, 浙江嘉兴人, 1985 年山东矿业学院工学硕士, 现为上海分公司总工程师, 学科带头人, 研究员, 煤矿专用设备标准化委员会采煤机分会常务副主任、秘书长。

公司的 6LS3 和 6LS5 直流电牵引采煤机共 5 台。引进的 6LS5 截高范围 2.5~4.5m, 适用煤层倾角 $\leq 8^\circ$ 。6LS5 采煤机 2000 年在神华大柳塔煤矿采高 4m, 年产 803 万 t。2002 年神东引进 7LS6 交流电牵引采煤机 1 台, 装机总功率 1860kW。

2002 年神东、晋城、大同各引进 1 台 Eickhoff 公司的 SL500 采煤机, 其中神东的截高范围 2.5~4.5m, 晋城、大同的采高范围 2.8~5.5m。神东、大同有破碎机, 装机总功率 1815kW; 晋城无破碎机, 装机总功率 1715kW。晋城的带有记忆截割、工作面自动控制等功能, 自动化程度较高。

2002 年神东还引进 1 台 DBT 公司的 EL3000 交流电牵引采煤机试用, 装机总功率 1844kW, 破碎机功率达 300kW。

目前国产大功率厚煤层采煤机有上海 MG400/920-GWD 和太矿 MGT500/1200-4.5/3.3, 采高范围分别为 1.9~4.9m, 2.5~4.5m, 适用煤层倾角 $\leq 10^\circ$, 可以截割 $f \leq 5$ 的煤和岩石 (表 1)。截割功率分别为 2×400 kW, 2×500 kW, 破碎机功率 70kW, 牵引功率分别为 2×50 kW, 2×55 kW (AC), 泵站功率 20kW, 装机总功率分别为 920kW, 1200kW。上海正在研制与 SL500 相当的 MG750/1820-GWD 型大功率厚煤层采煤机, 可以实现整机和主要部件的互换, 预计 2003 年出厂。

国产大功率厚煤层采煤机的主参数 1~2 年内将达到目前世界先进水平。轴承、齿轮目前已按 10000h 设计, 轴承设计寿命已远大于国外同类产品, 但齿轮技术十几年来停滞不前, 差距拉大。目前国外大功率厚煤层采煤机合同大修周期 4~6Mt, 设计寿命 7~10a, 国内外采煤机的最大差距在于可靠性和使用寿命, 比世界先进水平落后约 10a。

2 交流变频电牵引技术

JOY 电牵引采煤机牵引功率已达 2×110 kW, 变频器电压 575V, 目前还计划在千伏级供电的采煤机上采用 1000V 的变频器, 取消机载变压器, 简化系统。Eickhoff 电牵引采煤机牵引功率已达 2×90 kW, 变频器电压 460V。国内目前电牵引采煤机牵引功率最大 2×55 kW, 在研 2×90 kW, 变频器电压 380V。

国内外交流变频电牵引采煤机自动调速技术都已相当成熟, 采用矢量控制技术, 能够实现额定转速以下恒扭矩调速, 额定转速至以上恒功率调速。

采用主从控制技术, 多电机驱动的采煤机变频调速系统已从一拖二 (1 台变频器拖动 2 台电动机) 发展到一拖一 (2 台变频器分别拖动 2 台电动机)。

1986 年上海分院开始研制交流变频电牵引采煤机, 略晚于三井三池, 远远领先于 Eickhoff, JOY, Andeson 等。1999~2001 年科技部“电牵引采煤机四象限运行变频调速及控制系统”项目, 使我国能量回馈型四象限运行的交流变频电牵引采煤机技术目前在世界上处于领先地位, 2001 年以来我国已有 20 多台四象限运行的交流变频电牵引采煤机, 工作面倾角大的已超过 45° 。

3 工况检测、故障诊断技术

3.1 JOY 公司

JOY 公司的长壁图形显示器以文字和图形提供机器的工况检测、故障诊断信息, 可以通过遥控选择显示主菜单、信息汇总、左 (右) 截割部电流曲线、左 (右) 截割部温度曲线、牵引速度/电流柱状图、牵引电流曲线、牵引速度曲线、泵站电机电流曲线、状态显示灯、错误信息记录、单项记录/重新整定、记忆截割菜单、参数模式整定。

信息汇总: 提供整机信息, 显示左右截割部的给定速度、实际速度、截割电机电流、截割电机温度, 如果某一截割电机的温度显示达到上限或电流超过故障值, 采煤机将会停机, 操作者只有重新启动才能继续工作。中上方框用灯显示 8 种信息的有或无, 亮灯表示: 急停继电器带电, 左 (右) 遥控站数据丢失, 泵站电机开, 整流桥有电和牵引变压器交流相位同步, 截割、牵引或泵站电机过载跳闸, 牵引接近传感器正常, 挡煤板角度传感器和节距、行走轮传感器正常, 记忆截割系统功能正常。中下方框用灯显示当前限制牵引速度 10 种原因的有或无, 亮灯表示: 给定速度, 最大牵引速度, 牵引电机电流, 牵引电机电压, 左 (右) 截割电机温度, 左 (右) 截割电机电流, 左 (右) 截割电机过载。

左 (右) 截割部电流曲线: 同时以曲线和数字形式提供电机电流信息, 光标从左向右移动, 每 $1/4$ s 一个当前点, 每 2min 一屏, 连续显示电流曲线。当光标到达右边, 屏幕清零, 周而复始。这样直观地显示出被测量的平均值、振幅和变化趋势。截割电流曲线的下面同时以柱状图和数字形式显示牵引电流。如果牵引电流达到整定值, 牵引电流就

维持当前水平。

左(右)截割电机温度曲线：同时以曲线和数字形式提供电机温度信息，光标从左向右移动，每25s一个当前点，每25min一屏，连续显示温度曲线。HOST系统记录下屏幕显示信息。当机器重新送电时，显示器能再现最后25min的工作温度。

牵引速度/电流柱状图：上方同时以光柱和数字显示牵引速度的给定值和实际值，下方同时以光柱和数字显示牵引变压器3相电流。中左方框用灯显示当前限制牵引速度8种原因的有或无，亮灯表示；操作者按遥控器“向左”按钮，按遥控器“向右”按钮，牵引加速，牵引减速，按遥控器“停止”按钮，牵引可控硅没电，因截割电机过载牵引速度减小到平衡值，牵引电机电流达到电流特性极限。

牵引电机电流曲线：上方类似截割部电流曲线页，每1/4s一个当前点，每2min一屏，显示直流牵引电机电流曲线。下方同时以光柱和数字显示泵站电机电流，最大安全电流为额定电流的125%。

牵引速度曲线：上方同时以曲线和数字形式显示实际速度，光标从左向右移动，每1/4s一个当前点，每2min一屏。下方同时以光柱和数字显示给定速度。

泵站电机电流曲线：同时以曲线和数字形式显示泵站电流，光标从左向右移动，每1/4s一个当前点，每2min一屏。左下方框用灯显示当前8种操作信息，亮灯表示；操作者在遥控站进行左(右)挡煤板顺时针(逆时针)旋转，进行左(右)摇臂升(降)。

工况检测灯：有7个方框，其中许多也出现在其它页，方框1见泵站电机电流曲线页，方框2见牵引速度/电流柱状图页，方框7见截割部信息汇总页。方框3显示操作者开“破碎机升(降)”先导阀，开“喷雾臂升(降)”先导阀，按“激活先导制动”，卸载阀“x”打开。方框4显示左(右)截割电机过载，泵站电机过载，牵引变压器过载，左(右)截割电机故障过载，泵站电机故障过载，牵引变压器故障过载。方框5显示操作者将选择开关置于“只用左(右)边”，紧急停车继电器ESR1(2)有电，左(右)截割电机开，泵站电机开。方框6显示左(右)遥控站正常，故障诊断识别器正常，紧急停车继电器ESR1(ESR2)正常，D-A转换终端检测正常，HOST从特性模型接收数

据正常，HOST通过所有自检，左(右)截割电机绕组温度传感器正常。

错误信息记录：显示机器工作期间发生的任何事件经过，当分析中断了的故障时相当有用。这个记录每发生一个新事件就改写一次，本页有24种可能发生的事件，按照一个优先考虑的次序列出。只有在工作期间发生的错误或事件才被列出。

3.2 Eickhoff公司

Eickhoff公司SL系列采煤机有MICOS 68矿用微机系统、液晶图形显示器和软件。主菜单包括10个子菜单：采煤机、自动操纵、截割电机、牵引、液压、温度、电流、水、型号、诊断(口令)。与JOY类似，Eickhoff也有图形和文字显示，但是以文字为主，缺少直观的曲线显示。

3.3 国内

目前国内外采煤机工况检测、故障诊断技术差距很大，主要表现在：国外微机控制，国内多为PLC控制，仅有太矿微机控制；国外传感器多，信息量大，显示屏大，显示点多；国内传感器少，信息量小，显示屏小，显示点少；国外有数字和曲线显示，国内只有数字，但是汉化了；国外可以工作数据和故障信息的记录和远程传输，国内尚无。

上海MG750/1820-GWD研制中的专用嵌入式计算机控制系统硬件采用模块式结构，模块之间主要采用串行通信连接，各模块均自带处理器形成智能单元，控制系统与外部接口间设有电气隔离；软件按层次结构设计，分为应用层和系统硬件操作层。系统的工况检测、故障诊断功能有：截割电机、牵引电机、破碎电机、泵站电机、变频调速箱的功率、温度的检测和保护，减速箱油温、液压系统压力和温度、冷却系统压力和流量的检测和保护，恒功率控制和自动调速，记忆截割和区域速度控制，多点操作和显示，数据存储，远程通讯和集中控制。

4 自动调高技术

4.1 基于位置传感器和计算机的记忆截割技术

晋城引进的SL500采煤机装有采煤机位置、同步位置、机身纵向和横向倾斜、油缸、弧型挡板位置等传感器。该采煤机的自动调高模式有两种：固定截割高度的截割(司机控制前滚筒，计算机控制后滚筒，使整个截割高度保持恒定。存储的记忆

(下转36页)

力控制在 2~3MPa 之间, 封堵原理见图 2 (b)。

底部注浆结束后, 再进行上部注浆封堵。根据花管的长度、埋深及含水层的分布情况, 来确定注浆封堵的次数、段高, 如果此段高内没有花管段, 还需要自己重新射孔, 进行注浆。

封堵结束后, 再用钻具扫除井内的水泥, 进行声幅测井和抽水试验, 检查注浆效果, 并进行连通试验, 效果不理想的需要返工处理。

5 技术经济效益分析

(1) 通过井下疏放水, 降低第四系下组水的水头, 完全解放了兖州煤田防水煤岩柱内的煤炭, 提高了开采上限。

(2) 疏放水及封堵深水井的工作, 保证了 8301 工作面在基岩薄、埋藏浅的条件下, 实现安全开采、全部回采。

(3) 通过封堵深水井, 减少了水资源的流失, 防止了生态水的污染。

(4) 通过封堵深水井, 使静水位明显上升, 水井可延长服务寿命。

(5) 太平煤矿共开采了 43.9 万 t 煤炭, 较不采取“上封”、“下堵”工作多采出煤炭 22.9 万 t。

(6) 通过封堵深水井, 减少了矿井的排水量, 降低了开采成本。

(7) 通过疏放水及封堵深水井, 实现了井下的安全开采, 本工作面开采后未发生一起突水事故及漏顶事故。

总之, 通过太平煤矿对八采区的疏放水及封堵深水井工作, 成功地解决了第四系含水层下, 在基岩薄、埋藏浅、上下组水力联系密切的条件下, 实现了绿色环保开采, 既保护了国家水资源, 又多采出了煤炭。这项技术为我国在煤炭资源及水资源日趋紧张的情况下, 找到了一条既能多回收资源又不破坏环境的绿色开采方法, 其经济效益和社会效益显著。

[责任编辑: 文学宽]

(上接 17 页)

截割数据以图形方式显示出来), 记忆截割 (司机割第一刀, 计算机记下工作参数, 以后每刀的截割高度均由计算机根据存储器记忆的工作参数自动控制, 直到司机进行手动操作改变为止。司机能调整摇臂的位置而不受记忆数据限制, 这是一种可以人工干预的自动化, 允许误差为 $\pm 50\text{mm}$)。

4.2 基于振动测试和频谱分析的煤岩识别技术

一般煤和岩石的截割阻抗不同, 引起的振动不同。根据这一原理, 20 世纪 80 年代英国通过测滚筒截齿的机械振动来辨识煤岩分界, 做过工业性试验。在需要留煤皮或留顶煤的情况下无法采用这种方法。

4.3 基于 γ 射线原理的煤岩识别技术

主动型——机载信号源发出 γ 射线, 到煤岩界面反射, 接收器收到信号, 自动调高。

被动型——接收器接受煤岩发出不同强度的 γ 射线信号, 自动调高。 γ 射线自动调高国内外至今仍在研究之中, 尚未进入实用阶段。

4.4 采煤机自动调高技术的发展趋势

基于位置传感器和计算机记忆截割技术比较容易实现, 20 世纪 80 年代中国矿业大学在地面做过试验。基于振动测试和频谱分析煤岩识别技术, 80 年代中国矿业大学通过测调高油缸的液压振动来辨

识煤岩分界, 做过试验室试验, 未经工业性试验。相比中国的比英国的更实用一些。基于 γ 射线原理的煤岩识别技术, 国内研究不多, 国内外均未进入实用阶段。自动调高技术的突破口应当选在记忆截割, MG750/1820-GWD 将实现记忆截割。

5 远程通讯和集中控制技术

晋城 Eickhoff 公司的 SL500 采煤机通过供电电缆的控制芯线或先导芯线与顺槽集中控制站连接。顺槽集中控制站包括负荷中心、调制解调器、微机 MICOS、显示器、键盘和接口。顺槽集中控制站与采煤机、液压支架控制系统、工作面输送机、转载机相连。通过中继站可与距离大于 5km 的地面数据转换器连接, 后者把信号传给矿井地面站。上述系统理论上可以在顺槽集中控制站实现工作面设备和顺槽设备的远程通讯和集中控制。由于矿井地质条件千变万化, 实际上目前还只能实现远程通讯和集中监控。SL500 采煤机机身上还有 1 个红外线发射器, 支架接到信号后, 通过电液阀系统可以自动收/放护帮板、移架、推溜。

现有国产采煤机没有 1 种具有这种远程通讯和集中控制功能。研制中的 MG750/1820 采煤机将具有这种功能。

[责任编辑: 邹正立]