

煤矿用锚杆钻机回转性能的影响因素分析

郭赛葛¹ 冯洁²

(1 煤炭科学技术研究院有限公司 北京 100013; 2 北京华海基业机械设备有限公司 北京 100176)

摘要: 为测试影响各类煤矿用锚杆钻机回转性能的影响因素, 利用锚杆钻机回转性能测试系统, 分别对电动、气动和液压这三种动力形式的锚杆钻机回转性能进行测试, 得出各类锚杆钻机的影响因素, 通过比较法、列表法、统计法等多种方法对这些影响因素进行分析, 为准确测量锚杆钻机回转性能提供了科学的方法, 对同类产品试验测量也有一定的借鉴作用。

关键词: 锚杆钻机; 回转性能; 影响因素

0 引言

锚杆支护是一种积极防御的支护方法, 通过围岩内部的锚杆改变围岩本身的力学状态, 在巷道周围形成一个整体而又稳定的岩石带, 达到维护巷道稳定的目的。随着该技术在煤矿巷道和隧道中推广应用, 各类的锚杆钻机开始出现。

1 锚杆钻机的分类

1.1 按结构形式的分类

按钻机结构的形式, 可分为支腿式(单体式)锚杆钻机、钻车式锚杆钻机、机载式锚杆钻机、导轨式锚杆钻机等。

1.1.1 支腿式(单体式)锚杆钻机

单体式锚杆钻机动力形式包括电动锚杆钻机、液压锚杆钻机、气动锚杆钻机。质量轻、体积小, 可由人工挪移。

1.1.2 钻车式锚杆钻机

钻车式锚杆钻机动力源主要为液压式。钻车式锚杆钻机效率高、劳动强度小、安全性好。

1.1.3 机载锚杆钻机

机载锚杆钻机是安装在掘进机、连续采煤机、装载机等采掘设备上的锚杆钻机, 通常它由液压回转式钻机、推进机构、调位机构等组成。

1.2 按动力形式的分类

按动力源的不同, 可分为电动锚杆钻机、气动锚杆钻机、液压锚杆钻机。

1.2.1 电动锚杆钻机

电动锚杆钻机是以电为动力的回转式锚杆孔钻机, 结构简单, 但转矩特性差。由于井下环境恶劣, 电机内容易受淋水污染, 电气部分事故率高。

1.2.2 气动锚杆钻机

气动锚杆钻机是以压缩空气为动力的回转式锚杆孔钻机, 回转特性好, 产品不易过载, 使用非金属材料, 产品轻便。

1.2.3 液压锚杆钻机

液压锚杆钻机是以高压工作液为动力的回转式锚杆孔钻机, 转矩特性好, 推进系统容易与钻机回转系统匹配。

2 锚杆钻机回转性能影响因素

2.1 电动锚杆钻机回转性能的影响因素

电动锚杆钻机是由电动机驱动的锚杆钻机, 回转性能的关键参数中, 输出转矩和输出转速与输入电动机的功率成正比。但考虑到煤矿防爆安全要求, 电动机不应过载。输出转矩和输出转速作为衡量回转特性的重要指标, 钻机的机械输出功率按计算公式(1)计算:

$$P=0.1047M \cdot N \times 10^{-3} \tag{1}$$

式中:

P: 机械输出功率, kW;

M: 钻机输出转矩, N·m;

N: 钻机输出转速, r/min。

钻机的输出功率可通过测量钻机转矩和钻机转速结果计算的得出, 其输入功率通过测量回转电动机的功率得出, 由于同一台锚杆钻机的电动机电压等级已经选定, 重点分析输入电流及输入功率的大小对钻机输出功率的影响。表1列出了输入功率以及电流值的变化和输出回转特性测量

序号	电压测量值 v	电流测量值 A	输入功率 kW	输出转矩 N·m	输出转速 r/min	输出功率计算 kW
1	382.6	2.6	1.42	19.2	465.8	0.94
2	381.7	5.0	2.73	39.8	463.0	1.93
3	382.5	7.2	3.94	58.5	462.5	2.83
4	381.5	11.5	6.28	95.2	457.2	4.56
5	382.4	15.2	8.32	130.5	455.3	6.22
6	383.0	19.9	10.91	155.6	453.0	7.38

结果的对比。

从表1实测结果可以得到以下结论:

- (1) 电动机输入功率与输入电流的大小成正比。
- (2) 输出转矩与输入电流的大小成正比。
- (3) 电动锚杆钻机机械输出功率与输入电流的大小成正比。

综上所述, 影响电动锚杆钻机回转特性的主要因素为电动机的输入功率及电动机的输入电流, 同一台钻机, 随着输入电流的增大, 电动锚杆钻机的输出转矩以及输出功率随之增大。

2.2 气动锚杆钻机回转性能的影响因素

2.2.1 气动锚杆钻机的工作特点

气动锚杆钻机重量轻，体积小，操纵简单，维护方便。齿轮式气动马达，运转稳定、可靠性高。新型玻璃钢气腿设计，可靠性高、使用寿命更长。适用于岩石硬度≤f10 的巷道，特别适应煤巷的锚杆支护作业，随着岩石硬度的增加，对锚杆钻机的回转性能要求越高。20 世纪 80 年代开始，各种类型的气动锚杆钻机全面发展，其使用数量和使用范围在回转类钻机中逐渐占据绝对优势。主要影响气动锚杆钻机回转特性的部件为气马达，所以重点分析影响气马达回转性能的影响因素。

2.2.2 从测试实例分析

将气动锚杆钻机安装在试验台架上，调整好回转中心高度，使钻机、传感器和磁粉制动器中心处于同一条直线上，降低试验台对测量结果的

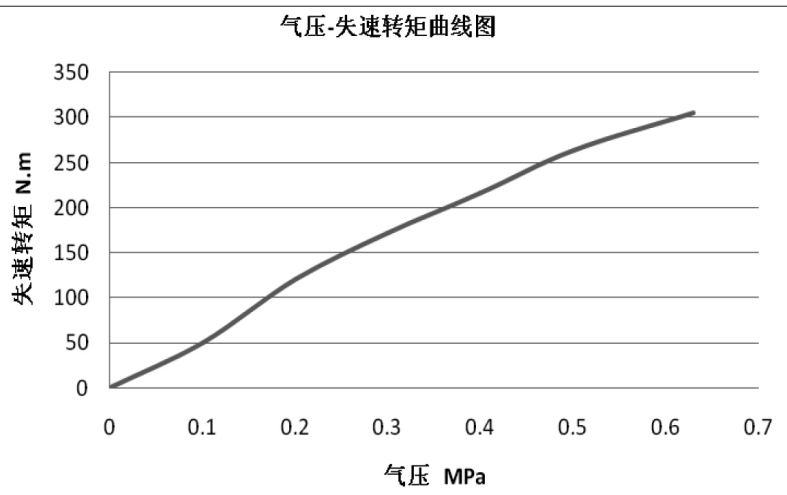


图 3 气压 - 失速转矩曲线图

表 2 气动锚杆钻机回转特性测量结果的对比

序号	工作气压 MPa	耗气量 m³/min	额定转矩 N·m	额定转速 r/min	最大输出功率 kW	失速转矩 N·m
1	0.10	1.35	22.7	32.1	0.076	50.6
2	0.20	1.90	56.2	102.5	0.603	120.6
3	0.30	2.55	90.2	160.2	1.513	172.5
4	0.40	3.22	112.6	220.9	2.604	216.0
5	0.50	4.17	130.5	243.1	3.322	264.2
6	0.63	5.25	150.7	262.4	4.140	305.1

注：最大输出功率按公式（1）计算。

影响因素（如图 1 所示）。然后打开气源控制气源的的压力和流量，通过增加磁粉制动器的电流进行加载。同时读取气动锚杆钻机某一时刻的工作气压、耗气量、额定转矩、额定转速、最大输出功率、失速转矩等参数进行分析。检测结果如表 2 所示。

根据 MT/T 688—1997《煤矿用锚杆钻机通用技术条件》标准的要求，气动锚杆钻机工作压力范围应为 0.40~0.63MPa，以 0.50MPa 为验收气压（额定压力），所以重点分析 0.40MPa、0.50MPa、0.63MPa 三个气压下的参数。为了便于比较，同样的样品更换了不同的试验参数。

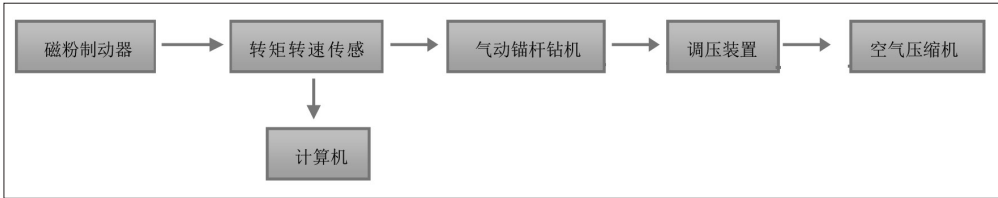


图 1 回转试验台结构

被试锚杆钻机的回转特性从图 2 气压 - 最大输出功率曲线和图 3 气压 - 失速转矩曲线图中可以看出，衡量气动锚杆钻机回转性能的两个重要参数最大输出功率和失速转矩随供气压力的升高而增大，从图 4 中可以看出，随着供气量增大，

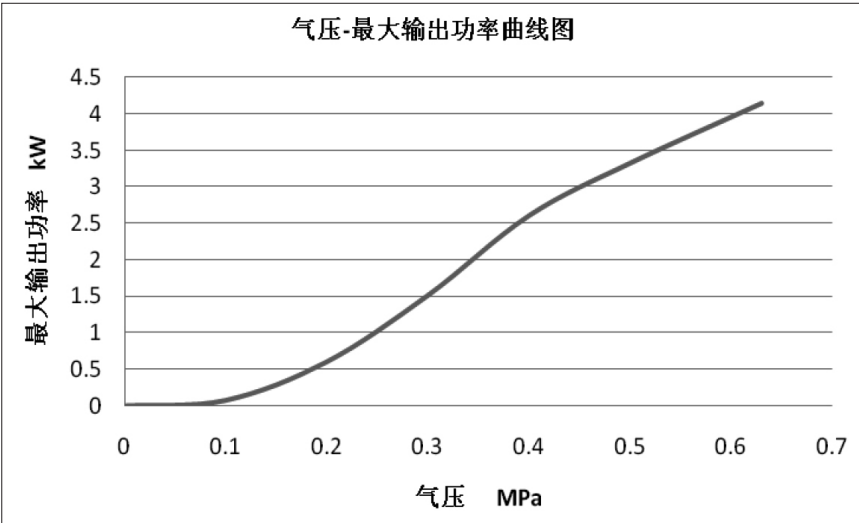


图 2 气压 - 最大输出功率曲线图

最大输出功率也随之增大。

综上所述：

针对同一台气动锚杆钻机，如出现回转性能输出功率和输出转矩不足，可以通过提高供气压力和气源的供气量来提高回转性能相应参数。同时也可以更换排气量更大的气马达来满足回转性能要求。

2.3 液压锚杆钻机回转性能的影响因素

液压类锚杆钻机效率高、劳动强度小、安全性好，但因煤矿井下狭窄，锚杆钻车在井下需占用一定空间，目前尚未解决好使用锚杆钻车的施工工艺问题。比如，锚杆钻车曾取得良好效果，但生产成本低，技术难度大，所以在我国起步较晚，近几年，我国正推进智能化矿山，受政府引导力度

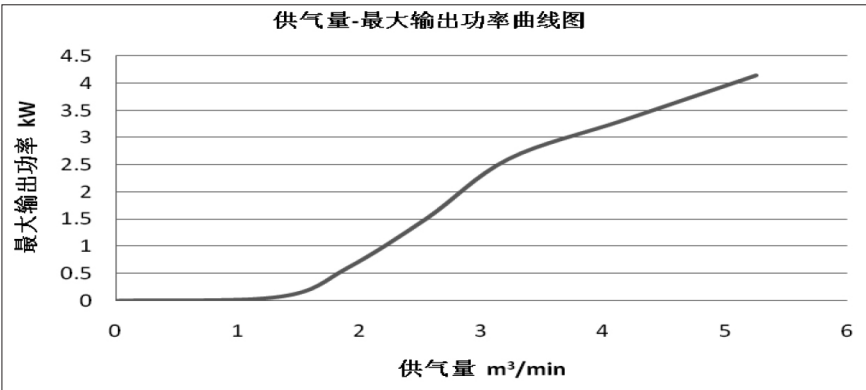


图 4 供气量 - 最大输出功率曲线图

影响，液压类锚杆钻车取得了较快发展。

影响液压锚杆钻机回转性能的因素很多，比如回转马达的工作流量、工作压力，选用马达的规格，动力源电动机的功率，液压油的温度以及液压油的管路直径等，当回转性能不能满足设计要求时，应根据具体遇到实际情况分析其最可能的影响因素，精准分析才能提高工作效率，最短的时间找到有效的解决方案。

2.3.1 从测试实例分析

选取某厂家生产的同一台液压锚杆钻机进行测量并分析结果，通过调整某一项技术参数，对比调整前后试验结果来分析该项参数对回转性能的影响。由于液压锚杆钻机潜在的影响因素较多，可以通过比较法、列表法、统计法等多种方法进行分析。

液压锚杆钻机回转性能的参数测量与气动锚杆钻机的测量类似，只是动力源换成了电动机驱动的液压泵站。

2.3.2 压力和流量对液压锚杆钻机回转性能的影响

表 3、表 4 是对一台 MYT-150/340 型号的液压锚杆钻机进行试验，分别通过调整液压油的工作压力和工作流量

表 3 调整液压油工作压力后不同测定结果的对比

序号	工作压力 MPa	工作流量 L/min	额定转矩 N·m	额定转速 r/min	最大输出功率 kW
1	3.0	34.2	22.7	362.1	0.861
2	6.0	33.9	56.2	360.6	2.122
3	8.0	34.0	90.2	361.0	3.409
4	10.0	33.5	113.7	352.0	4.193
5	12.0	32.7	130.9	350.6	4.805
6	15.0	31.0	150.7	342.9	5.410

表 4 调整系统泵站流量后不同测定结果的对比

序号	工作压力 MPa	工作流量 L/min	额定转矩 N·m	额定转速 r/min	最大输出功率 kW
1	14.8	7.2	51.2	78.0	0.418
2	14.9	10.5	70.7	111.3	0.750
3	15.0	15.4	80.9	163.2	1.382
4	14.8	20.7	102.7	219.2	2.357
5	15.0	26.9	130.9	285.1	3.907
6	15.0	32.1	150.6	343.3	5.413

注：最大输出功率按公式（1）计算。

分析对回转性能的影响。

从表 3、表 4 初步得到以下结论：

- （1）液压锚杆钻机的额定转矩以及最大输出功率随液压压力的升高而增加。
- （2）液压锚杆钻机的额定转速以及最大输出功率随液流量的升高而增加。
- （3）在额定工作压力范围内，流量受压力影响很小，可以忽略不计。

压力和流量存在着一定的关系，压力的大小对流量有一定的干扰，共同影响着液压锚杆钻机的回转特性。

2.3.3 温度对液压锚杆钻机回转性能的影响

在其他额定工况不变的情况下，通过液压油的温度的变化，分析油温对液压锚杆钻机回转性能的参数的影响。

通过表 5 和图 5（油温 - 最大输出功率曲线图）可以看出，液压油的温度也是影响液压锚杆钻机回转性能的重要因素，液压油的温度在 30℃ ~40℃，液压锚杆钻机的最大输出功率最大，且液压油的温度在 40℃ 以后，随着液压油温度的升高，最大输出功率急剧下降，为满足工作要求，应尽快对液压油进行冷却，液压锚杆钻机不适宜继续工作。

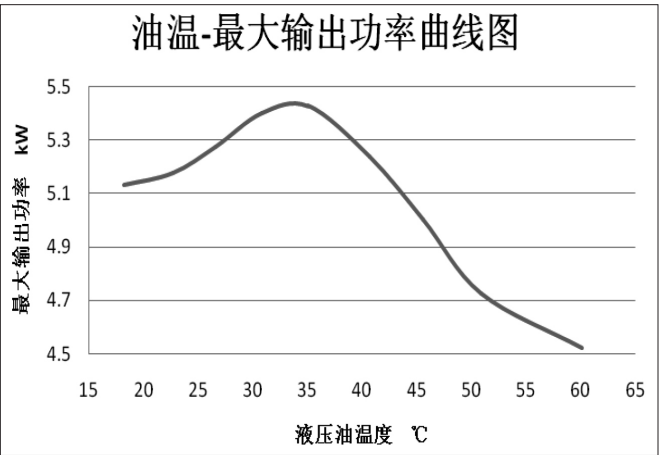


图 5 油温 - 最大输出功率曲线图

表 5 油温变化对回转数据测量结果的前后对比

序号	油温℃	额定转矩 N·m	额定转速 r/min	最大输出功率 kW
1	18.2	145.6	336.8	5.134
2	22.7	146.5	337.5	5.177
3	26.6	148.7	338.9	5.276
4	30.8	150.8	342.1	5.401
5	35.1	151.2	342.9	5.428
6	40.7	146.2	342.1	5.237
7	45.6	142.5	335.4	5.004
8	50.9	135.6	332.9	4.726
9	60.1	130.7	330.6	4.524

（下转第 77 页）

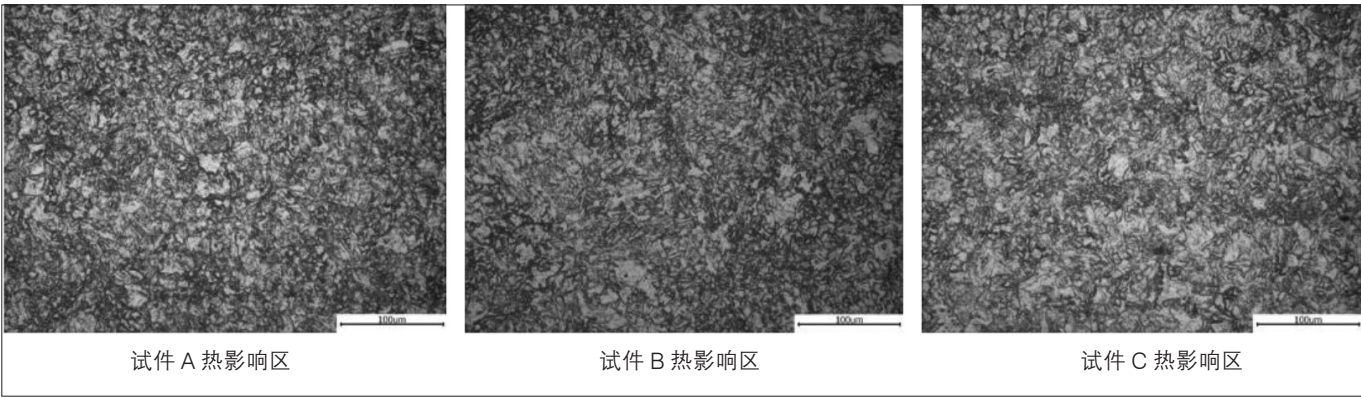


图 4 615℃ 时不同保温时间热影响区的微观组织

锅炉汽包下降管管座更换现场焊接及热处理焊接工艺规范严格执行，最终顺利完成了该电厂汽包下降管管座更换的工作，更换后的管座焊缝经 UT、相控阵、磁粉、硬度、焊接内应力等无损检验均合格。

参考文献：

[1] 压力容器用材料及热处理 [M]. 北京：化学工业出版社，2004.

[2] 《承压设备焊接工艺评定》：中国，NB/T47014-2011[P].2011.

[3] 《火力发电厂焊接技术规程》：中国，DL/T869-2012[P].2012.

[4] 刘洪，曾会强，刘志勇. 国产 13MnNiMo5-4 厚板焊接

工艺试验研究 [C]. 中西南十省区（市）焊接学会联合会第九届年会论文集，2006.

[5] 李克勇. 13MnNiMoR 钢焊接工艺 [J]. 电焊机，2010(09),69-72.

[6] 张熹，陈延清，章军，等. 13MnNiMoR 钢板焊接性研究 [J]. 电焊机，2012(07),17-21+39.

[7] 陈国喜，郭志强，谢曙光. 13MnNiMo54 钢汽包接管管座焊缝裂纹的成因及预防 [J]. 特种设备安全技术，2011(06),4-5.

作者简介：杨锦辉（1971.09-），男，汉族，广东汕头人，大学本科，高级工程师，研究方向：电力（核电、火电）安装工程施工技术管理。

（上接第 73 页）

通常冷却系统正常工作的情况下，如果出现温度升高的情况，分析是否存在液压锚杆钻机超载运行的情况，以及油泵、液压马达、液压阀组是否有异常情况。在最佳工况环境下，才能提高液压锚杆钻机的工作效率、安全因素以及钻机的使用寿命。

总之，影响液压锚杆钻机回转性能的因素很多，在设计等硬件条件均正常的情况下，最主要的影响因素还是液压系统的工作压力、工作流量以及液压油的温度。所以如果出现液压锚杆钻机回转性能的异常情况，应该统筹分析，找准问题原因的所在，精准下药，方能事半功倍。

3 结语

（1）影响电动锚杆钻机回转特性的主要因素为电动机的输入功率及电动机的输入电流，同一台钻机，随着输入电流的增大，电动锚杆钻机的输出转矩以及输出功率随之增大。

（2）影响气动锚杆钻机的主要因素为供气压力和气源的供气量。同时，在工作环境完全满足的情况下，也可以更换排气量更大的气马达来满足回转性能要求。

（3）影响液压锚杆钻机回转性能的因素还有很多，从设计来讲，电动机的选配以及效率，液压管路的直径与液压系统的匹配程度，液压阀组的设计与调节，供电系统的电压、电流，都对液压锚杆钻机的回转性能有一定的影响。

总之，影响液压锚杆钻机回转性能的因素很多，在设计等硬件条件均正常的情况下，最主要的影响因素还是液压系统的工作压力、工作流量以及液压油的温度。

参考文献：

[1] 狄志勇，陈佳娥，李云峰，陈荣君，郭孝先. 煤矿用锚杆钻机通用技术条件：MT/T 688-1997[S]. 北京：煤炭工业出版社，1998.

[2] 李耀武，郭孝先，王维华. 煤矿用液压钻车通用技术条件：MT/T 199-1996[S]. 北京：煤炭工业出版社，1996.

[3] 陈桂娥，马继民，燕洪波，等. 煤矿用单体液压锚杆钻机：MT/T 974-2006[S]. 北京：煤炭工业出版社，2006.

[4] 郭孝先，李耀武. 煤矿回转钻机的基本特性与发展方向 [M]. 北京：煤炭工业出版社，2005.