



中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10524—2021

综采工作面三机配套性能试验测试方法

Experimental test method for shearers-scraper conveyers-hydraulic supports
matched performance in fully mechanized mining face

2021-01-07 发布

2021-04-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 1

4 试验条件 2

5 测试原理 3

6 试验步骤 6

7 试验记录与分析 9

附录 A（资料性附录） 传感器安装说明 11

附录 B（资料性附录） 配套试验测试示意图 13

附录 C（资料性附录） 试验报告表格 16

参考文献 18

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国煤炭工业协会提出。

本标准由中国煤炭工业协会科技发展部归口。

本标准起草单位：中国煤矿机械装备有限责任公司、山东科技大学、安徽省皖江机电设备制造有限公司、中煤北京煤矿机械有限责任公司、华晋焦煤有限责任公司、郑州煤矿机械集团股份有限公司、上海煤科检测技术有限公司、中国煤炭工业协会生产力促进中心、辽宁工程技术大学。

本标准主要起草人：张强、袁智、刘国柱、王晓东、赵永科、田莹、王金利、奚丽峰、王永、胡登高、刘峻铭、胡建荣、孙如钢、陈思忠、周耀辉、章伯超、梁大勇、冯夏苗、宋振铎、米豪鼎。

综采工作面三机配套性能试验测试方法

1 范围

本标准规定了综采工作面中,滚筒采煤机(以下简称采煤机)、刮板输送机及液压支架三机配套性能的试验条件、测试原理、试验步骤、试验记录与分析。

本标准适用于三机选型后设备配套性能试验测试。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 5903 工业闭式齿轮油

GB 11118.1 液压油(L-HL、L-HM、L-HV、L-HS、L-HG)

GB 25974.1 煤矿用液压支架 第1部分:通用技术条件

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分:试验方法

GB/T 34535 润滑剂、工业用油和有关产品(L类) X组(润滑脂) 规范

GB/T 35060(所有部分) 滚筒采煤机通用技术条件

MT 76 液压支架用乳化油、浓缩液及其高含水液压液

MT/T 104—1993 刮板输送机型式检验规范

MT/T 105 刮板输送机通用技术条件

JJF 1469 应变式传感器测量仪校准规范

煤矿安全规程(2016年版)(国家安全生产监督管理总局令第87号)

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工作行走速度 working haulage speed

采煤机行走驱动装置调速特性中恒行走力区段的行走速度。

[GB/T 35060.1—2018,定义3.4]

3.2

行走力 haulage force

驱动采掘机械行走的力。

[GB/T 15663.10—2008,定义2.7]

3.3

拖曳系统 towing system

采煤机械上拖曳电缆和水管的成套装置。

3.4

链速 chain speed

刮板链的平均移动速度。

[MT/T 104—1993, 定义 4.3]

3.5

额定工作链速 **rate working chain speed**

刮板输送机刮板链的最大移动速度。

3.6

推移机构 **advancing mechanism**

用于推移工作面刮板输送机和拉移支架的装置。

[GB 25974.1—2010, 定义 3.3.3]

3.7

推溜力 **advancing force**

液压支架推移工作面刮板输送机相应中部槽一个截深的平均作用力。

3.8

推溜速度 **advancing speed**

液压支架推移工作面刮板输送机相应中部槽一个截深的平均速度。

3.9

配套生产能力 **matched production capacity**

三机配套条件下单位时间内实际输送煤质量。

3.10

过煤面积 **underneath clearance; passage height under machine**

采煤机与配套刮板输送机中部槽间的过煤断面面积。

[GB/T 15663.10—2008, 定义 3.7]

4 试验条件

4.1 试验环境条件

- a) 温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度 $(65 \pm 20)\%$;
- c) 大气压强 $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$;
- d) 电磁噪声(低于 300 MHz);
- e) 冷却水温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- f) 冷却水流量按设计要求。

4.2 采煤机技术要求

采煤机技术要求符合 GB/T 35060。

4.3 刮板输送机技术要求

刮板输送机总装要求符合 MT/T 105。

4.4 液压支架技术要求

液压支架的基本参数应符合 GB 25974.1。

4.5 试验用油技术要求

4.5.1 齿轮油的选用应符合 GB 5903。

4.5.2 液压油的选用应符合 GB 11118.1。

4.5.3 润滑剂的选用应符合 GB/T 34535。

4.5.4 乳化液的选用应符合 MT 76。

4.6 试验用传感器技术要求

4.6.1 各销轴力学传感器硬度要求及试验方法符合 GB/T 230.1。

4.6.2 传感器安装后应正常工作,且不影响相关部件正常工作性能。

4.7 试验安全要求

测试仪器、仪表应具备煤矿安全规程标志,测试人员操作要求应符合《煤矿安全规程(2016 年版)》。

5 测试原理

5.1 总则

本部分给出了三机配套情况下的采煤机行走力、液压支架推溜力及配套生产能力测试原理。

5.2 参考坐标系建立

建立参考坐标系原则如下:

Y 轴——底板指向顶板方向;

Z 轴——工作面推进方向;

X 轴——采用右手螺旋定则确定为正方向;

坐标原点——采煤机整机重心所在位置,如图 1 所示。

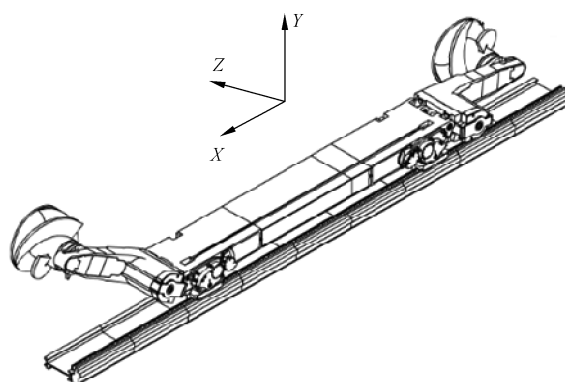


图 1 采煤机坐标系建立示意图

5.3 行走力测试原理

通过导向滑靴与机身铰接处安装三段式销轴力学传感器间接测量行走力,如图 2 所示。

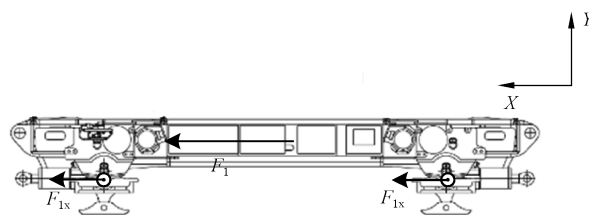


图 2 采煤机整机行走力示意图

则测量销轴水平方向受力可等效计算出采煤机行走力。计算公式如式(1)所示：

$$F_1 = k \cdot F_{1x} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F_1 ——行走力,单位为千牛(kN)；

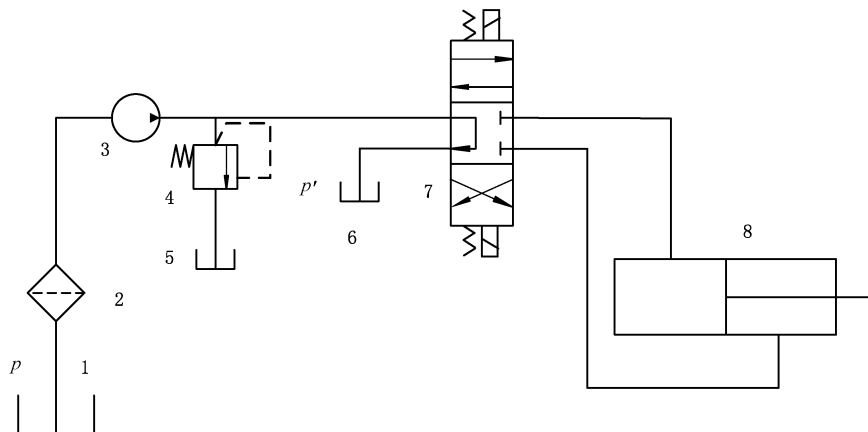
F_{1x} ——销轴水平受力,单位为千牛(kN)；

k ——行走部数量。

5.4 推溜力测试原理

5.4.1 液压缸正装推溜力

液压缸示意图如图 3 所示。通过液压油缸内液压压差值,测算液压支架推溜力。图 4,图 5 分别给出正装、反装液压缸下的推溜力示意图,计算公式如式(2)、式(3)所示。

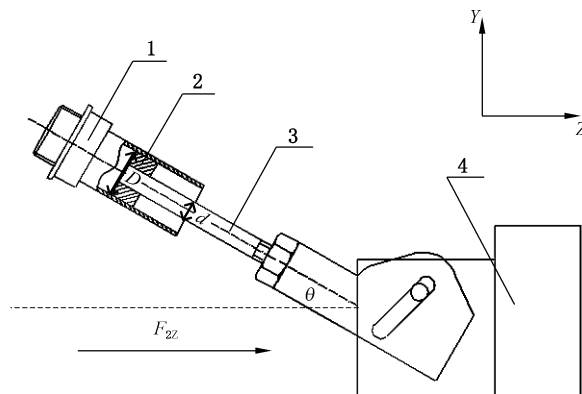


说明：

- 1——油箱；
- 2——过滤器；
- 3——液压油泵；
- 4——溢流阀；

- 5——油箱；
- 6——油箱；
- 7——三位五通电磁换向阀；
- 8——液压油缸。

图 3 液压缸液压示意图



说明：

- 1——液压缸；
- 2——活塞；

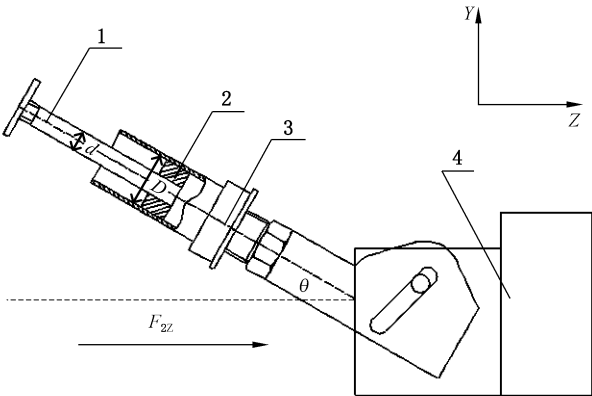
- 3——活塞杆；
- 4——刮板输送机中部。

图 4 正装液压缸推溜力示意图

$$F_{2Z} = \frac{\pi}{4} D^2 (p - p') \eta_m \cos \theta \dots\dots\dots (2)$$

式中：
 F_{2Z} ——正装液压缸平均推溜力，单位为千牛(kN)；
 D ——推移千斤顶液压缸缸径，单位为毫米(mm)；
 p ——供液压力，单位为兆帕(MPa)；
 p' ——回液压力，单位为兆帕(MPa)；
 η_m ——液压缸机械效率；
 θ ——活塞杆与水平方向夹角，单位为度(°)。

5.4.2 液压缸反装推溜力



说明：
1——液压缸；
2——活塞；
3——活塞杆；
4——刮板输送机中部。

图 5 反装液压缸推溜力示意图

$$F'_{2Z} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) (p - p') \eta_m \cos \theta \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 F'_{2Z} ——反装液压缸平均推溜力，单位为千牛(kN)；
 d ——活塞杆直径，单位为毫米(mm)。

5.5 过煤面积测试原理

利用煤量扫描仪，扫描刮板输送机上煤堆几何断面，则最大面积断面即为过煤面积，如图 3 所示。计算公式如式(4)所示。

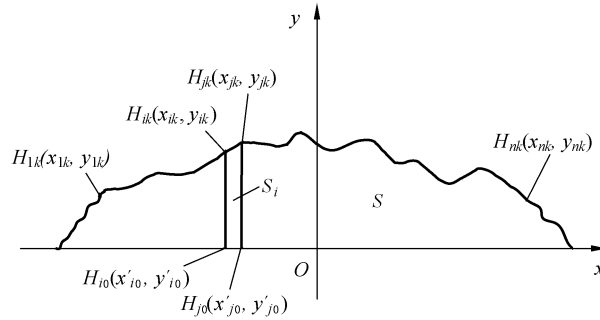


图6 煤量扫描断面示意图

$$\begin{cases} S_i = \frac{1}{2} [(y_{ik} - y'_{i0}) + (y_{jk} - y'_{j0})] | (x_{jk} - x_{ik}) | \\ S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} \{ [(y_{ik} - y'_{i0}) + (y_{jk} - y'_{j0})] | (x_{jk} - x_{ik}) | \} \end{cases} \quad (1 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq n-1) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

S_i ——某时刻断面中某微元面积,单位为平方米(m^2);

S ——某时刻过煤面积,单位为平方米(m^2)。

5.6 配套生产能力测试原理

根据 5.5 的测试方法,通过测量刮板输送机工作链速和煤量扫描仪扫描断面面积,测算单位时间内输送煤质量。计算公式如式(5)所示。

$$M = Svt\rho \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

v ——链速,单位为米每分(m/min);

t ——时间,单位为分(min);

ρ ——密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

M ——刮板输送机 t 时间内输送煤质量,单位为千克(kg)。

6 试验步骤

6.1 试验准备

6.1.1 传感器校准方法

销轴传感器、压力传感器校准方法满足 JJF 1469。

6.1.2 测试准备

6.1.2.1 安装方法

将滚筒采煤机、液压支架安装在配套刮板输送机(包括机头、机尾、过渡段、中部,其中中部宜不少于 60 m),按规定油质油量给油,按设计要求供冷却水、供电,行走轮与行走轨啮合,参照附录 A 安装各类传感器。

6.1.2.2 刮板输送机水平直线铺设方法

刮板输送机在水平情况下,按直线铺设。

6.1.2.3 刮板输送机水平弯曲铺设方法

刮板输送机在水平准直的情况下,按铺设总长度允许的最大水平弯曲角度 S 弯方式铺设。

6.1.2.4 刮板输送机垂直弯曲铺设方法

刮板输送机在水平准直的情况下,按铺设总长度允许的最大垂直弯曲角度 S 弯方式铺设。

6.2 采煤机行走配套试验

6.2.1 水平工况

6.2.1.1 按 6.1.2.2 布置刮板输送机。将采煤机两滚筒分别调至最大截割高度和沿底板截割高度,各液压支架顶梁调至工作允许最大支护高度。

6.2.1.2 采煤机以最大工作行走速度往返行走一次,换向时滚筒高度交换,液压支架护帮板按设计要求工作。

6.2.1.3 观察采煤机导向滑靴销轴传感器受力情况,观察无周期异常信号发生情况。

6.2.2 倾斜工况

6.2.2.1 刮板输送机、液压支架按使用单位实际煤层走向(沿工作面方向)布置。将采煤机两滚筒分别调至最大截割高度和沿底板截割高度,各液压支架顶梁调至工作允许最大支护高度。

6.2.2.2 采煤机以最大工作行走速度往返行走一次,换向时滚筒高度交换,液压支架护帮板按设计要求工作。

6.2.2.3 观察采煤机导向滑靴销轴传感器受力情况,观察无周期异常信号发生情况。

注:无倾斜煤层可不做本项试验。

6.3 液压支架推移配套试验

6.3.1 水平工况

6.3.1.1 按 6.1.2.2 布置刮板输送机,将液压支架固定在地面,采煤机停至刮板输送机机尾部处,刮板输送机以正常工作链速运行。

6.3.1.2 机头部处液压支架按实际工况推刮板输送机中部一个截深距离;拆除液压支架固定装置,将刮板输送机固定在地面,并完成移架过程。

6.3.1.3 观察液压支架液压信号变化情况,观察设备工作是否顺畅,有无干涉现象,测量推溜距离并记录时间。

6.3.2 倾斜工况

6.3.2.1 刮板输送机、液压支架按使用单位实际煤层走向布置。将液压支架固定在地面,采煤机停至刮板输送机机尾部处,刮板输送机以正常工作链速运行。

6.3.2.2 机头部处液压支架按工况设计推刮板输送机中部一个截深距离,拆除液压支架固定装置,将刮板输送机固定在地面,并完成移架过程。

6.3.2.3 观察液压支架液压缸液压信号变化情况,观察设备工作是否顺畅,有无干涉现象,测量推溜距离并记录时间。

6.4 配套生产能力试验

6.4.1 过煤面积测试试验

6.4.1.1 按 6.3.1 布置刮板输送机,采煤机停至靠近机尾部处,在刮板输送机机头部与采煤机之间靠近采煤机处布置煤量扫描仪。

6.4.1.2 按大于采煤机截煤量,从机尾部向刮板输送机输煤,刮板输送机以最大工作链速运行。

6.4.1.3 测录煤量扫描仪扫描的最大断面面积。

6.4.2 最大生产能力测试试验

6.4.2.1 按 6.3.1 布置刮板输送机,采煤机停至靠近机尾部处,在刮板输送机靠近机头部处布置煤量扫描仪。

6.4.2.2 按采煤机截煤量,从机尾部向刮板输送机持续输煤,输煤量为采煤机每分钟截煤量,刮板输送机以最大工作链速运行。

6.4.2.3 待试验完成后,测算单位时间内输送煤质量。

6.5 运行配套试验

6.5.1 部分配套试验测试示意图详见附录 B。

6.5.2 采煤机滚筒-液压支架顶梁配套试验

6.5.2.1 按 6.1.2.4 布置刮板输送机。将采煤机两滚筒分别调至最大截割高度和沿底板截割高度,各液压支架顶梁调至工作允许最大支护高度,护帮板呈收起状态。

6.5.2.2 采煤机分别以 $1/2$ 最大工作行走速度、最大工作行走速度往返行走各一次,换向时滚筒高度交换。

6.5.2.3 观察运行过程中有无卡顿、噪声,测量运行过程中滚筒到顶梁的最小距离,试验后观察滚筒螺旋叶片、截齿、顶梁是否发生不正常磨损或干涉。

6.5.3 采煤机滚筒-液压支架护帮板配套试验

6.5.3.1 按 6.1.2.4 布置刮板输送机。将采煤机两滚筒分别调至最大截割高度和沿底板截割高度,各液压支架顶梁调至工作允许最大支护高度。

6.5.3.2 按 6.5.1 运行采煤机,液压支架护帮板按设计要求工作。

6.5.3.3 观察运行过程中有无卡顿、噪声,测量运行过程中滚筒到护帮板的最小距离,试验后观察滚筒螺旋叶片、截齿、护帮板是否发生不正常磨损或干涉。

注:液压支架无护帮板可不做此项目。

6.5.4 采煤机机身顶面附件-液压支架护帮板、顶梁配套试验

6.5.4.1 按 6.1.2.4 布置刮板输送机。将采煤机两滚筒调至沿底板截割高度,各液压支架顶梁调至工作允许最小支护高度。

6.5.4.2 按 6.5.1 运行采煤机、液压支架。

6.5.4.3 观察运行过程中有无卡顿、噪声,测量运行过程中机身顶面最高点到顶梁、护帮板的最小距离,试验后观察采煤机机身顶面附件、顶梁、护帮板是否发生不正常磨损或干涉。

6.5.5 采煤机摇臂-刮板输送机首尾配套试验

6.5.5.1 按 6.1.2.2 布置刮板输送机。将采煤机两滚筒调至沿底板截割高度,将液压支架顶梁调至工作允许最低支护高度。

6.5.5.2 将采煤机分别运行至机头部和机尾部。

6.5.5.3 观察采煤机摇臂、导向滑靴和平滑靴与机头部和机尾部是否发生干涉,测量摇臂自由端到机头

部、机尾部的最小距离,试验后观察摇臂、导向滑靴和平滑靴是否出现不正常磨损或干涉。

6.5.6 采煤机摇臂-刮板输送机中部配套试验

6.5.6.1 按 6.1.2.3 布置刮板输送机。将采煤机两滚筒分别调至最大截割高度和沿底板截割高度,各液压支架顶梁调至工作允许最大支护高度。

6.5.6.2 按 6.5.1 运行采煤机、液压支架。

6.5.6.3 再按 6.1.2.4 布置刮板输送机。完成上述实验步骤 1 次。

6.5.6.4 观察采煤机摇臂与中部槽、地面是否发生干涉,测量运行过程中摇臂自由端到铲煤版、地面的最小距离,试验后观察摇臂、截齿、滚筒螺旋叶片和中部是否出现不正常磨损或干涉。

6.5.7 电缆拖曳系统运行试验

6.5.7.1 按 6.2.1 和 6.5.5 进行试验。

6.5.7.2 观察拖曳系统、电缆夹板运行是否出现卡顿、磨损、跳线及绞线情况。

6.5.8 电缆槽-液压支架立柱配套试验

6.5.8.1 按 6.1.2.2 布置刮板输送机。将采煤机两滚筒调至沿底板截割高度,各液压支架顶梁调至移架支护高度,护帮板呈收起状态。

6.5.8.2 测量立柱到电缆槽的最小距离。

6.5.9 端头支架配套试验

6.5.9.1 按 6.1.2.2 布置刮板输送机。将采煤机拆离。距端头支架 500 mm 处,沿刮板输送机推进方向布置基准线。

6.5.9.2 端头支架、液压支架按井下工艺推刮板输送机一个截深距离,并完成移架。

6.5.9.3 测量推移后两端头支架到基准线的距离。

7 试验记录与分析

7.1 试验记录

参加试验的单位应记录试验及其结果,记录内容包括:

- 测录试验环境条件;
- 记录试验采煤机型号;
- 测录采煤机导向滑靴销轴传感器受力,并绘制采煤机行走力测试曲线;
- 记录试验液压支架型号;
- 测录液压支架油压传感器受力,并计算液压支架推溜力;
- 测录推溜距离、推溜时间,并计算推溜速度;
- 记录试验刮板输送机型号;
- 测录最大几何断面面积;
- 测录几何断面面积,并计算输送煤量;
- 测录运行配套试验中各配合设备的最小运行间距,观察卡顿、噪声、磨损、跳线及绞线情况;
- 测录端头支架到基准线的距离。

7.2 分析报告

7.2.1 采煤机运行全程行走力是否稳定。

7.2.2 采煤机以 1/2 最大行走速度行走(以下简称慢速运行)时,各干涉位置最小间距不应小于配套尺寸间距的 75%。

7.2.3 采煤机以最大行走速度行走时,各干涉位置最小间距不应小于配套尺寸间距的 50%。

7.2.4 液压支架推移力是否稳定。

7.2.5 液压支架推移时间应小于采煤机以最大行走速度运行半程的时间。

7.2.6 煤流不超过过煤面积 95%。

7.2.7 输送煤量应超过最大生产能力。

7.2.8 推移一个截深距离后,端头支架偏移量不应大于 100 mm。

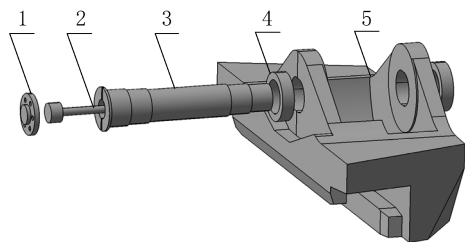
7.2.9 确保采煤机滚筒-液压支架顶梁,采煤机滚筒-液压支架护帮板,采煤机机身顶面附件-液压支架护帮板、顶梁,采煤机摇臂-刮板输送机首尾,采煤机摇臂-刮板输送机中部,电缆槽-液压支架立柱间不应发生干涉。

7.2.10 数据记录表格模板如附录 C 所示。

附 录 A
(资料性附录)
传感器安装说明

A.1 导向滑靴销轴力学传感器安装说明

利用销轴传感器代替连接销轴安装在导向滑靴-机身铰接处,在销轴传感器中间安装螺杆,在端盖与销轴中间加装压力传感器,如图 A.1 所示。

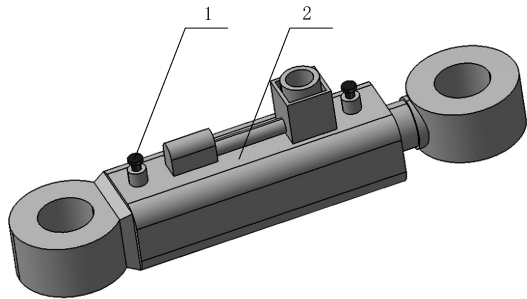


说明：
1——端盖；
2——螺杆；
3——销轴传感器；
4——压力环传感器；
5——导向滑靴。

图 A.1 导向滑靴销轴传感器安装示意图

A.2 液压缸油压传感器安装说明

在泄压口端盖中心安装压力传感器,传感器中心与端盖中心重合,如图 A.2 所示。



说明：
1——压力传感器；
2——调高油缸。

图 A.2 调高油缸压力传感器安装示意图

A.3 煤量扫描仪安装说明

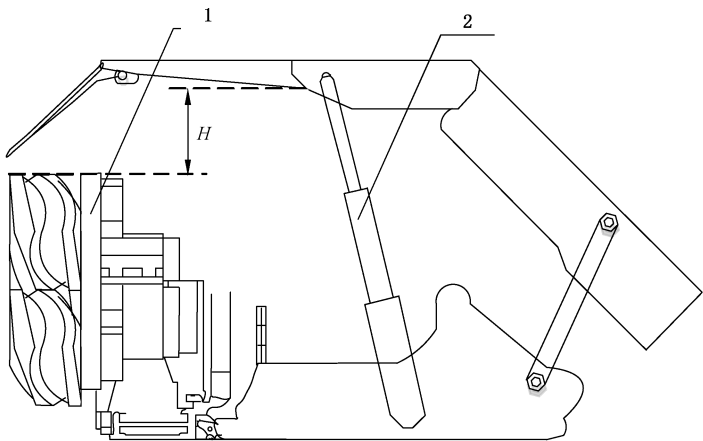
在靠近刮板输送机机头部位安装,扫描宽度应大于中部槽宽度。

A.4 红外测距传感器安装说明

在上滚筒摇臂距顶梁距离最小处、下滚筒摇臂距地面距离最小处、摇臂自由端采空侧、采煤机机身顶最高处安装红外测距传感器。

附 录 B
(资料性附录)
配套试验测试示意图

图 B.1~图 B.5 给出了综采工作面三机配套干涉试验的测量示意图。



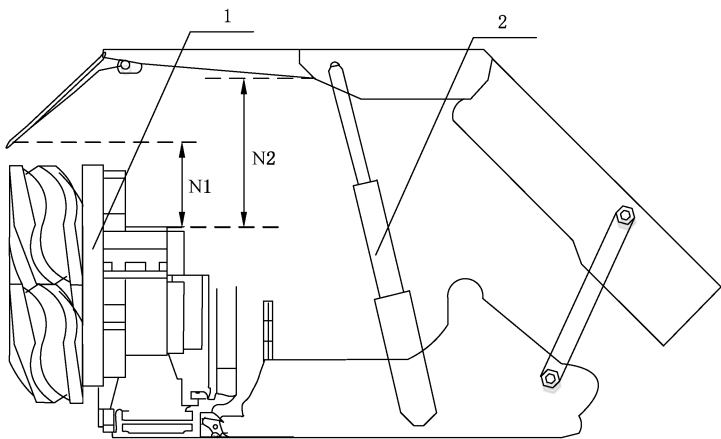
说明：

1 —— 采煤机；

2 —— 液压支架；

H —— 采煤机滚筒顶端到液压支架顶梁的最小距离,单位为毫米(mm)。

图 B.1 采煤机滚筒-液压支架顶梁配套试验测量示意图



说明：

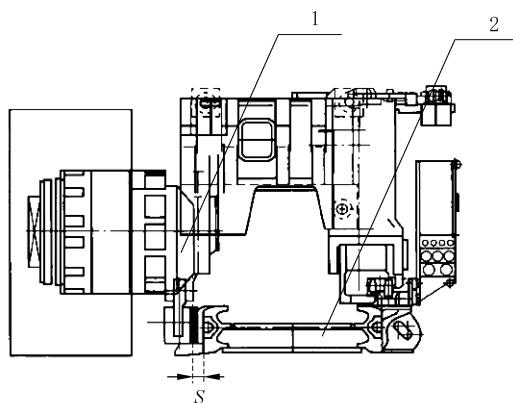
1 —— 采煤机；

2 —— 液压支架；

$N1$ —— 采煤机机身顶面最高点到液压支架护帮板的最小距离,单位为毫米(mm)；

$N2$ —— 采煤机机身顶面最高点到液压支架顶梁的最小距离,单位为毫米(mm)。

图 B.2 采煤机机身顶面附件-液压支架护帮板、顶梁配套试验测量示意图



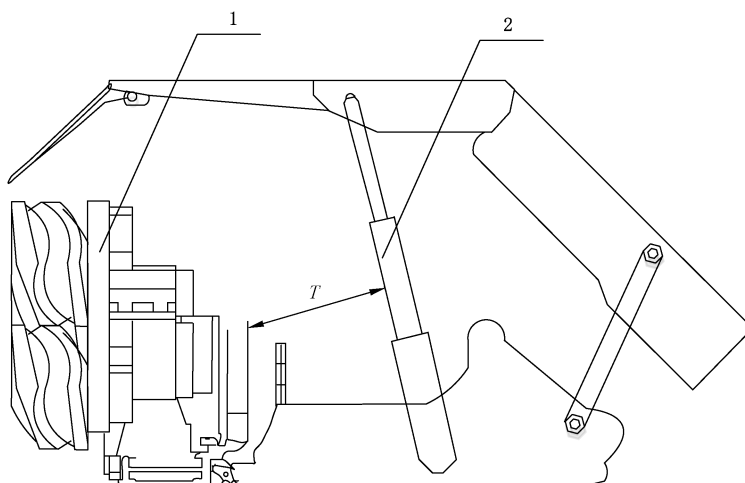
说明：

1 —— 采煤机；

2 —— 刮板输送机；

S —— 摇臂自由端到铲煤挡板的最小距离，单位为毫米(mm)。

图 B.3 采煤机摇臂-刮板输送机中部配套试验测量示意图



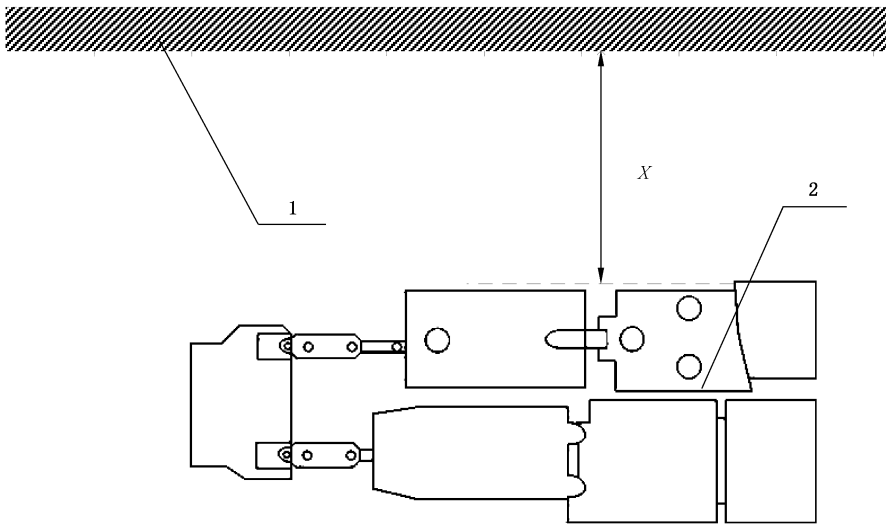
说明：

1 —— 采煤机；

2 —— 液压支架；

T —— 液压支架立柱到电缆槽的最小距离。

图 B.4 电缆槽-液压支架立柱配套试验测量示意图



说明：
1 —— 基准线；
2 —— 端头支架；
X —— 端头支架到基准的距离，单位为毫米（mm）。

图 B.5 端头支架推移配套试验测量示意图

附 录 C
(资料性附录)
试验报告表格

表 C.1 给出了综采工作面三机配套性能试验的实验数据记录表格模板。

表 C.1 综采工作面三机配套性能试验数据记录表

试验环境条件	环境温度 ℃		环境湿度 %		大气压强 kPa		电磁噪声 MHz	
	冷却水温度 ℃				冷却水量 L/min			
采煤机	型号							
	销轴传感器平均受力 kN				平均行走力 kN			
液压支架	型号							
	液压缸正装	液压缸油压压力 MPa			推溜力 kN			
		推移距离 mm		推移时间 min		推移速度 mm/min		
	液压缸反装	液压缸油压压力 MPa			推溜力 kN			
		推移距离 mm		推移时间 min		推移速度 mm/min		
刮板输送机	型号							
配套生产能力试验	过煤面积 m²				输送煤质量 kg			
运行配套试验	采煤机滚筒——液压支架顶梁	是/否卡顿			噪声 db			
		是/否磨损			最小运行间距 mm			
	采煤机滚筒——液压支架护帮板	是/否卡顿			噪声 db			
		是/否磨损			最小运行间距 mm			
	采煤机机身顶面附件——液压支架护帮板、顶梁	是/否卡顿			噪声 db			
		是/否磨损			最小运行间距 mm			

表 C.1 综采工作面三机配套性能试验数据记录表（续）

运行配 套试验	采煤机摇臂	是/否卡顿		是/否磨损	
	——刮板输 送机首尾	距机头部间距 mm		距机尾部间距 mm	
	采煤机摇臂	是/否卡顿		是/否磨损	
	——刮板输 送机中部	距铲煤板最小运行间距 mm		距地面最小运行间距 mm	
	电缆拖曳 系统	是/否卡顿		是/否磨损	
		是/否跳线		是/否绞线	
	电缆槽—— 液压支架立柱	距电缆槽最小距离 mm			
结论	端头支架 配套试验	推移后距离 mm			
	行走力是/ 否平稳			推移力是/否平稳	
	过煤面积 是/否合适			输煤能力是/否有效	
	其他相配合 部件是/否 干涉				

参 考 文 献

- [1] 郭卫,刘俊,郑高祥.基于 MVC 模式的刮板输送机状态监测系统[J].煤矿安全,2018,49(12):128-131.
- [2] 瓮升华,吴攀飞,赵晓龙,牛斌斌,马广志.浅析急倾斜煤层工作面三机配套选型[J].内蒙古煤炭经济,2019(08):105-106+111.
- [3] 师建国,高广财,滕睿.激励频率自适应的采煤机状态压电俘能监测装置研究[J].传感技术学报,2018,31(05):683-687.
- [4] 李俊.综采工作面三机配套经济选型及应用[J].能源与节能,2019(03):171-172.
- [5] 王瑞生.刮板输送机故障诊断与状态监测系统的设计[J].机械管理开发,2018,33(08):85-87.
- [6] 陈洪月,李永红,邓文浩,袁智,李恩东.滚筒采煤机液压拉杆受力分析[J].工程设计学报,2018,25(01):118-122.
- [7] 乔春光,王学文,谢嘉成,李祥,杨兆建.刮板输送机水平面形态检测方法[J].工矿自动化,2018,44(08):52-57.
- [8] 朱庆波,周俊,史向阳.大倾角综采工作面的三机配套选型应用[J].煤矿机械,2019,40(03):121-122.
- [9] 陈洪月,杨辛未,毛君,宋秋爽,袁智.滚筒实验载荷采煤机斜切工况下振动特性分析[J].振动.测试与诊断,2018,38(02):240-247+414.
- [10] 王会枝,宋冰清,陈伟,郭忠.刮板输送机无线检测控制装置设计[J].煤矿机械,2018,39(07):102-103.
- [11] 张行,杨善国,李伟.刮板输送机哑铃销断裂检测装置及方法[J].煤炭科学技术,2018,46(S1):168-170.
- [12] 赵杰,潘黎明,舒刚.复杂条件综放三机配套适应性分析及应用[J].煤炭技术,2018,37(12):233-235.
- [13] 张生剑.综放工作面“三机”选型配套及工程应用[J].山西煤炭,2018,38(04):61-63.
- [14] 毛君,王洪涛,谢苗,闫江龙,郑威.刮板链平环疲劳寿命预测分析[J].煤炭科学技术,2018,46(03):135-140+53.
- [15] 李海锋.基于微应变的刮板输送机张力测试系统及特性分析研究[J].中国金属通报,2018(03):207-208.
- [16] 李国栋.综放工作面三机配套选型与探讨[J].机械管理开发,2018,33(07):51-52.
- [17] 刁云飞.极薄煤层三机配套设备选型分析[J].机械管理开发,2018,33(06):62-64.
- [18] 卢进南,沈志诚,穆润青,郁海滨,王俊涛,刘川杨.刮板输送机中部槽姿态检测方法研究[J].煤矿机械,2017,38(10):45-47.
- [19] 王新刚.综放工作面三机配套选型设计[J].机械研究与应用,2018,31(03):193-194+197.
- [20] 段琦,丁华,王义亮,邓金涛.综采装备三机配套概念设计系统[J].工矿自动化,2018,44(07):11-16.
- [21] 王超,李威,杨海,司卓印,张金尧.基于航位推测的刮板输送机形态检测研究[J].煤炭学报,2017,42(08):2173-2180.
- [22] 毛君,杨辛未,陈洪月,宋秋爽.刮板输送机的动态特性分析[J].机械设计,2018,35(06):47-53.
- [23] 孙正礼,彭云龙.科学组织综采工作面“三机”配套回撤的成功应用分析[J].山东工业技术,2018(12):69.

- [24] 段琦. 基于知识推理的综采装备三机配套参数设计系统[D].太原理工大学, 2018.
- [25] 齐秀飞, 张佩, 郝志勇, 闫闯. 刮板输送机链条张力检测系统研究[J]. 机械强度, 2017, 39(03): 534-539.
- [26] 宋旭阳. 中厚煤层综采工作面三机配套研究[J]. 山东煤炭科技, 2018(05): 148-149+154.
- [27] 赵建军. 浅析对拉工作面采煤工艺升级后的三机配套及改造[J]. 山西煤炭, 2017, 37(04): 26-28.
- [28] 毛君, 王鑫, 陈洪月, 张瑜. 刮板输送机刮板链条体系扭摆动态特性研究[J]. 机械强度, 2018, 40(04): 978-982.
- [29] 商永立. 薄煤层工作面三机配套选型及效果分析[J]. 煤, 2015, 24(09): 7-9+72.
- [30] 于雷. 综采工作面“三机”空间布置研究与应用[J]. 煤炭工程, 2015, 47(05): 9-11.
- [31] 张金尧. 基于 SINS/WSN 的刮板输送机直线度检测技术及系统研究[D]. 中国矿业大学, 2017.
- [32] 李超. 采煤机传动装置检测与故障诊断系统的设计研究[J]. 机械管理开发, 2018, 33(09): 137-138+140.
- [33] 田立勇, 隋然, 于宁, 王启铭, 宋振铎. 基于应变传感器的采煤机截齿受力检测系统研究[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(03): 155-159.
- [34] 张金贵. 薄煤层工作面三机配套选型及应用效果分析[J]. 江西煤炭科技, 2015(04): 94-96.
- [35] 常小军. 薄煤层工作面“三机”配套选型及应用效果分析[J]. 煤炭与化工, 2015, 38(10): 142-144+147.
- [36] 张文涛. 薄煤综采三机配套的研究和分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2015, 5(20): 65-66.
- [37] 张旋. 采煤机传动装置检测与故障诊断系统的研究[D]. 西安科技大学, 2017.
- [38] 郝志勇, 张佩, 毛君, 宋秋爽. 采煤机摇臂销轴力学特性检测试验[J]. 机械设计与研究, 2017, 33(02): 119-121+128.
- [39] 康国彪. 浅析综采工作面设备“三机”几何配套[J]. 黑龙江科技信息, 2016(28): 149-150.
- [40] 谈正. 综采工作面三机配套的分析[J]. 山东煤炭科技, 2016(09): 115-116+119.
- [41] 曲宝福, 王荣鑫. 安全经济高效的综采设备“三机”配套设计实例[J]. 山东工业技术, 2016(14): 256.
- [42] 毛君, 王鑫, 陈洪月, 张瑜. 基于载荷重构理论下采煤机截齿疲劳寿命分析[J]. 机械强度, 2018, 40(02): 467-471.
- [43] 孙月华, 曹贺. 采煤机记忆截割滚筒高度的检测模型[J]. 黑龙江科技大学学报, 2017, 27(02): 114-117.
- [44] 胡璟. 单滚筒短壁采煤机采高检测装置及检测方法[J]. 煤矿机电, 2016(06): 5-7.
- [45] 杨学军, 王然风, 王怀法. 液压支架直线度检测机器人激光定位矩阵研究[J]. 工矿自动化, 2019, 45(01): 52-56.
- [46] 张强, 刘志恒, 代晓丹, 黄传辉, 张石磊, 田莹. 基于振动和声发射信号的截齿磨损程度识别研究[J]. 机械设计与研究, 2018, 34(01): 126-132+136.
- [47] 李波, 高志强. 三机配套的 S 弯检查方法[J]. 煤矿机械, 2017, 38(07): 124-125.
- [48] 李智斐. 中厚煤层综采面三机配套技术研究[J]. 煤矿现代化, 2017(03): 14-16+20.
- [49] 姜辉, 姚永, 刘道龙. 薄煤层综采远程可视智能化三机配套设备的研究与应用[J]. 山东工业技术, 2017(12): 79.
- [50] 张强, 李立莹, 王海舰, 王兆. 冲击与循环载荷作用下圆环链疲劳损伤机理研究[J]. 现代制造工程, 2018(04): 22-27+133.
- [51] 贾向鹏. 矿井工作面三机配套选型及应用效果分析[J]. 机械管理开发, 2015, 30(07): 75-77

+89.

[52] 胡瑞.大采高综放工作面“三机”选型及配套技术探讨[J].煤炭与化工,2015,38(09):88-90.

[53] 张强,刘志恒,王海舰,田莹,NGUYEN Viet Tuyen.BP神经网络在截齿合金头失效识别中的应用[J].振动.测试与诊断,2018,38(03):508-516.

[54] 魏忠臣.综合机械化采煤工作面三机配套实例及分析[J].内蒙古煤炭经济,2015(01):48-49.
