

采煤机金属屏蔽抗干扰加强型橡胶套软电缆的研制

王义军 张道勇

山东阳谷昊辉电缆有限公司 山东聊城 252300

DOI:10.12238/ems.v7i6.13884

[摘要] 介绍了采煤机金属屏蔽抗干扰加强型橡胶套电缆的结构设计和材料选用,控制线芯采用钢丝编织加强结构,控制线芯单元采用铝塑复合膜+镀锡铜丝编织复合屏蔽抗干扰结构,内外护套之间采用芳纶纤维编织加强护层结构,内外护套采用耐油、耐燃、耐臭氧、耐腐蚀、耐磨,以氯丁橡胶为基料的高强度、高阻燃橡皮挤包而成。电缆具有良好的抗干扰、耐弯曲、耐扭转性能。

[关键词] 抗电磁干扰; 耐弯曲; 耐扭转

Development of anti-interference reinforced rubber flexible cable for shearer

Wang Yijun Ma Yanguo Su Peisheng Li Guangkai

Yangu New Pacific Cable Co., LTD., Shandong Liaocheng 252300

Abstract: This paper introduces the shearer metal shielding anti-interference reinforced rubber sleeve structure design and material selection of soft cable, control core, control core unit using aluminum composite film + tin copper wire woven composite shielding anti-interference structure, between internal and external sheath aramid fiber woven reinforced sheath structure, internal and external sheath using oil resistance, flame resistance, ozone resistance, corrosion resistance, wear resistance, with chloroprene as the base of high strength, high flame retardant rubber extrusion. Cable has good anti-interference, bending resistance and torsion resistance.

Key words: Anti-interference; bending resistance and torsion resistance.

引言

煤矿用采煤机软电缆中的控制线芯主要起到信号传输、监控的作用,随着煤矿产量的增加,井下用电设备及功率要求也在增加,以及近年来煤矿用变频器在煤矿井下的使用也越来越频繁,用电设备的增加和变频器的使用,在通电使用过程中不可避免会产生许多干扰性的电磁波,电磁波的产生会对附近的仪器、仪表的正常运行产生影响,而且还会通过供电回路进入整个供电系统而干扰其他设备的正常运行。普通采煤机电缆的控制线芯由于其外没有设计能阻挡外来干扰的电缆元件,往往会受到变频器和其他设备产生的电磁波的干扰,干扰会使井下正常运转的采煤机的控制信号等弱电信号均受到干扰,严重时还会使系统无法得到正确的信号指示,从而导致控制、监控系统的工作异常,影响采煤机的正常运行。为此我们研制出型号为 MCPTB-S 具有抗干扰功能的采煤机金属屏蔽加强型橡胶套软电缆。

1 产品结构

具有抗干扰功能的采煤机金属屏蔽加强型橡胶套软电缆的结构如图1所示。

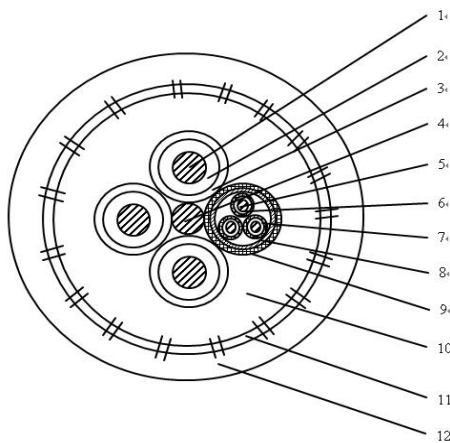


图1 抗干扰功能的采煤机金属屏蔽加强型橡胶套软电缆结构
1—动力线芯导体；2—动力线芯绝缘；3—金属/纤维编织屏蔽；
4—地线芯导体；5—控制线芯导体；6—控制线芯绝缘层；7—金属/纤维屏蔽层；
8—半导体屏蔽；9—金属屏蔽层；10—内护套；11—≠为编织加强层；12—外护套

2 结构设计

采煤机电缆分为动力线芯和控制线芯,由于控制线芯比

较细很容易断裂,另外采煤机的变频系统在工作时还受到其它电源信号的干扰后整个机器都不能正常运转或误动作。这就要求电缆本身应具有一定的抗弯曲能力、抗机械冲击能力、抗干扰能力,即在一定条件下电缆弯曲某特定半径,连续几千次甚至上万次机械冲击,还能将工作面场景画面传输到地面,电缆仍然能够保持正常运行,电缆导体特别是控制线芯导体不发生断线,绝缘和护套材料也不发生开裂,还要有一定的抗干扰能力,综合以上电缆应具备的功能情况对电缆结构设计做了以下措施。

(1) 控制线芯

控制线芯导体采用 GB/T 3956 中的 6 类镀锡软铜线同向束绞或复绞和导体外编织 0.20mm 高碳钢丝加强层构成导体的抗拉元件。导体束绞节径比为 20 倍,复绞节径比为 10 倍,这种结构的导体柔软性效果良好。导体外高碳钢丝编织成网状结构,可对导体进行有效保护,电缆在弯曲、扭转和拖拉时,导体在钢丝网的保护下,作用力都集中在高强度、高弯曲性能的钢丝网上,从而有效地避免了控制线芯导体被拉断和弯断,钢丝网就像一个钢罩一样更好地保护住导体线芯免受外力作用,从而有效地避免了控制线芯导体被拉断、弯断和扭断。

(2) 地线芯

地线芯导体采用 6 类镀锡软铜线与芳纶纤维束绞形成股线,然后采用股线和复绞方向相同的方式进行复绞,复绞最外层绞向为右向。接地线芯导体外不设置绝缘层,从而提高电缆的抗静电能力。

(3) 动力线芯

动力线芯导体采用 6 类镀锡软铜线绞合结构。多根镀锡软铜线束绞成股后进行复绞,导体束绞节径比控制在 10 倍左右,复绞的节径比控制在 9 倍左右,并且为束绞和复绞方向相同的同心式正规绞合,外层绞合方向为右向,此结构为同向绞合,可减小导体外径及导体绞合的缝隙,可均匀导体表面的电场强度。在多根股线按一定方向和一定规则绞合构成绞合线芯后,由于在绞线中每一根股线的位置均轮流处在绞线上部的伸长区和绞线下部的压缩区,当绞线两端向下弯曲时,每根股线受到的伸长力和压缩力相等,股线不会伸长和压缩,绞线也不会发生变形,提高了导体线芯的稳定性,多根股线绞合分散了影响导体可靠性的缺陷,且不会集中到导体的某一点上。

(4) 控制线芯绞合单元及屏蔽

控制线芯绝缘外以不小于 20% 的重叠率绕包一层半导体带作为分相屏蔽和滑移带,滑移带可使控制线芯在受力时能够得到一定的缓冲。绕后各分相屏蔽的绝缘线芯向右绞合成

缆,成缆时中心放置一根截面较大的橡皮垫芯,同时成缆节径比控制在5倍左右,这样采煤机电缆在使用过程中控制线芯易于弯曲伸缩,使施加于控制线芯上的力能因橡皮垫芯的弹性和控制线芯的柔软性而得以缓冲,有效地解决了控制线芯弯曲断芯的问题。

控制线芯成缆外绕包一层铝塑复合膜作为屏蔽,然后在屏蔽层外编织镀锡软铜丝屏蔽层构成复合屏蔽,控制的编织密度不小于90%,屏蔽的作用是为了减少外界电磁场对电源以及通信线路的影响,编织铜网的密度越大屏蔽及抗干扰效果越好,此屏蔽结构可阻拦外界电磁波的干扰,也可防止电缆中高频信号的干扰以及线芯之间的相互干扰,可有效防止电磁场辐射干扰通信信号,保证控制线芯不受外界电磁波干扰而保持正常工作。还能够起到一定程度的漏电保护作用,一旦在使用过程中出现电缆破损,发生漏电的情况,屏蔽层能够把泄露的电流引到接地线中,从而起到保护效果。

(5) 绞合缆芯

将三根带有金属屏蔽层的动力线芯、一根接地检测线芯和抗干扰控制线芯单元绞合成缆芯,绞合方向为右向,缆芯外以不小于20%的重叠率绕包一层导电尼龙带。动力线芯用镀锡软铜丝和芳纶纤维编织屏蔽兼做接地线,而接地线芯没有绝缘层,在绞合缆芯外绕包导电尼龙带也增大了动力线芯屏蔽和接地线芯的接触面,这样在电缆绝缘任何一处受到损伤时整个设备都会立即断电,井下不会因电缆故障而发生危险。

(6) 加强层

加强层采用涂胶芳纶纤维绳编织结构,在内护套层与外护套层之间加设涂胶芳纶纤维绳编织加强层,编织密度为20%~25%,使内护套层和外护套层相互粘结而形成一整体,从而提高整体护套层强度,再利用涂胶芳纶纤维绳特性可增加电缆的抗拉、抗挤压、抗弯曲等性能。

采用加强层结构可有效抗击煤矿井下煤矸石或大煤块掉落冲砸,及在移动过程中与电缆槽内积聚的煤矸石或煤块相

刮擦造成的电缆内护套被刮破和挤断内部芯线的现象,可有效避免电缆内护套被砸破和内部芯线被砸断。

(7) 内护套和外护套

电缆内护套、外护套层采用氯丁橡胶为基料的高阻燃、高抗撕橡皮,具有很好的抗冲击和耐磨性能,能够有效地保护线芯免受碰撞、划伤和其他意外损坏,且提高电缆的抗拉强度、抗冲击强度。

3 材料选用

采煤机电缆由于其使用环境的特殊性,要求电缆的绝缘材料和护套材料具有足够的柔软性、弹性以及高的强度,从而使电缆具有抗弯曲、抗拉伸、抗扭转、抗挤压、抗冲击等性能,其主要原材料选择如下:

(1) 动力线芯绝缘及控制线芯绝缘采用以乙丙橡胶为基料的绝缘胶料,该胶料具有耐热、耐臭氧、柔软性好、机械性能高等优点,其性能符合GB/T 7594.8-1987中XJ-30A型的规定,抗张强度不小于6.5MPa。

(2) 屏蔽层用镀锡铜丝能够有效地防止电缆在潮湿、高温等环境中受到腐蚀,延长电缆的使用寿命,其性能符合GB/T 4910-2009中TXR型,伸长率不小于15%,体积电阻率不小于 $0.01770 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

(3) 内护套和外护套材料根据采煤机电缆的使用环境和条件,采用以氯丁橡胶为基料的护套胶料,具有优异的抗拉强度、抗撕和耐磨及抗老化等性能,电缆可承受随采煤机频繁移动弯曲、拉伸、挤压等机械外力的作用,解决了电缆动力线芯或控制线芯易断的问题,有效的增加了电缆的使用寿命,其性能符合GB/T 7594.7中XH-21A型的规定,且抗撕强度不低于8.0N/mm。

(4) 加强层采用涂胶芳纶纤维,具有抗冲击性、抗动载、抗疲劳性、抗拉强度高、弹性好及耐磨等性能,可有效提高电缆抗拉伸、抗弯曲等性能。

4 电缆的工艺流程

根据电缆产品的机构特点及其特性,其生产工艺流程如图2:

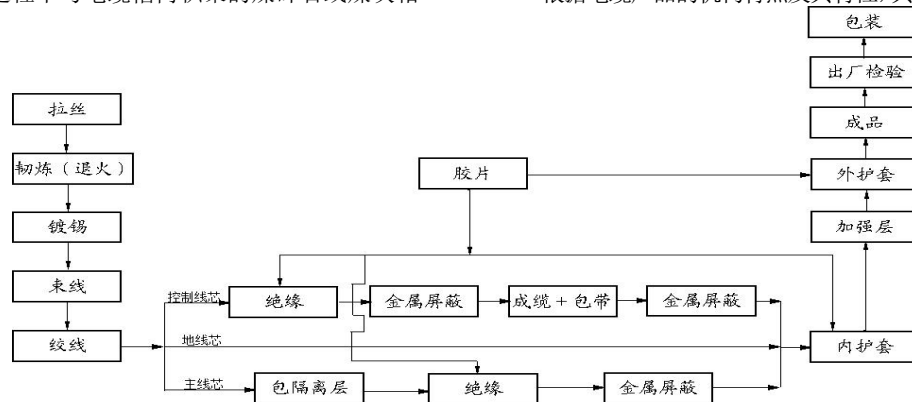


图2

5 电缆主要性能指标

现以MCPTB-S-1.9/3.3 3×95+1×50+3×4为样品,其特殊性能指标检验如下:

(1) 成品机械性能

根据MT 818-2009《煤矿用电缆》的试验方法要求,采煤机橡套软电缆应具有:抗机械冲击性能、抗挤压性能、抗弯曲性能。该结构的产品经过国家安全生产上海矿用设备检验检测中心的检验,其性能完全能够达到并超过标准要求。

(2) 工频条件下理想屏蔽系数试验

按照GB/T 5441-2015《通信电缆试验方法》的试验方法进行测定,在200mV的测量范围内其理想屏蔽系数基本在0.7以下,屏蔽效果比较好,电缆可有效防止电缆中高频信号的干扰以及线芯之间的相互干扰,可有效防止电磁场辐射干扰通信信号。

6 结束语

MCPTB-S具有防干扰功能的采煤机金属屏蔽编织加强型软电缆作为一种采煤机或类似设备的连接电缆有其独特的结

构和性能,其电缆的绝缘材料和护套材料具有足够的柔软性、弹性以及高的强度,导体材质也有足够的韧性和强度,导体结构的同向绞合设计具有良好的耐弯曲及柔软性,同时电缆的结构从导体、绝缘、成缆、加强层及护套等设计比较合理,电缆的生产加工工艺要求较高。该产品能够经受来回拉伸、弯曲、反复扭转以及耐冲击和挤压等要求,特别是控制线芯屏蔽结构设计有很高的抗干扰防护效果,避免了采煤工作面外界电磁波的干扰,也可防止电缆中高频信号的干扰以及线芯之间的相互干扰,可有效防止电磁场辐射干扰通信信号的不利影响。因此这种电缆的开发应用是很有必要的,其功能必将在煤炭行业得到充分体现和发挥,并将获得广泛的推广应用。

【参考文献】

- [1] MT 818-2009 煤矿用电缆
- [2] GB/T 5441-2015 通信电缆试验方法
- [3] TICW/06-2009 计算机与仪表电缆
- [4] GB/T 7594-1987 电线电缆橡皮绝缘和橡皮护套