机械工程

高防护等级防尘按钮开关在矿用设备中的安全性能评估

吴小军
宁波捷通电子有限公司　宁波市北仑区　315803

【摘　要】本文聚焦于高防护等级防尘按钮开关在矿用设备中的安全性能评估。首先阐述了矿用设备的工作环境特点以及对按钮开关的特殊要求，引出高防护等级防尘按钮开关的重要性。接着详细介绍了高防护等级防尘按钮开关的结构、工作原理及防护等级标准。然后从防尘性能、电气性能、机械性能、环境适应性等多个方面，通过理论分析、实验测试等方法对其安全性能进行全面评估。分析结果表明，高防护等级防尘按钮开关在矿用设备中具有可靠的安全性能，能够有效保障矿用设备的正常运行和操作人员的安全。最后对高防护等级防尘按钮开关的发展趋势进行了展望，以期为相关领域的研究和应用提供参考。

【关键词】高防护等级；防尘按钮开关；矿用设备；安全性能评估

Safety performance evaluation of dustproof button switch with high protection level in mining equipment

Wu Xiaojun
Ningbo Jietong Electronics Co.，LTD.Beilun District，Ningbo City　315803

【Abstract】This article focuses on the safety performance evaluation of high-protection-grade dustproof button switches in mining equipment.It begins by explaining the characteristics of the working environment for mining equipment and the specific requirements for button switches，highlighting the importance of high-protection-grade dustproof button switches.The article then provides a detailed introduction to the structure，working principle，and protection level standards of these switches.It further evaluates their safety performance comprehensively from multiple aspects，including dustproof performance，electrical performance，mechanical performance，and environmental adaptability，using methods such as theoretical analysis and experimental testing.The analysis shows that high-protection-grade dustproof button switches offer reliable safety performance in mining equipment，effectively ensuring the normal operation of the equipment and the safety of operators.Finally，the article looks ahead to the development trends of high-protection-grade dustproof button switches，aiming to provide a reference for research and application in related fields.

【Key words】high protection level；dustproof button switch；mining equipment；safety performance evaluation

一、引言

（一）研究背景与意义

煤矿等矿山开采作业环境恶劣，存在大量的粉尘、潮湿、振动以及可能的易燃易爆气体等因素。矿用设备作为矿山生产的核心装备，其安全可靠运行对于保障矿山生产效率、人员生命安全至关重要。按钮开关作为矿用设备中常用的控制元件，用于实现对设备的启动、停止、调速等操作。然而，在矿山的特殊环境下，普通按钮开关容易受到粉尘侵入、电气故障、机械损坏等问题的影响，从而导致设备故障甚至引发安全事故。

高防护等级防尘按钮开关具有优异的防尘、防水、防爆等性能，能够有效抵御矿山环境中的各种不利因素，提高矿用设备的安全性和可靠性。因此，对高防护等级防尘按钮开关在矿用设备中的安全性能进行评估具有重要的现实意义，不仅可以为矿山企业选择合适的按钮开关提供依据，还能推动相关技术的进一步发展，保障矿山安全生产。

（二）国内外研究现状

国外在矿用设备电气元件的安全性能研究方面起步较早，一些发达国家已经建立了较为完善的矿用电气设备安全标准和检测体系。对于防尘按钮开关，国外企业注重产品的研发和创新，采用先进的材料和制造工艺，不断提高产品的防护等级和可靠性。例如，德国、美国等国家的部分企业在防尘按钮开关的密封设计、防护材料应用等方面取得了显著成果，其产品在性能和质量上处于国际领先水平。

国内在矿用设备电气元件领域的研究虽然起步较晚，但近年来发展迅速。随着国家对矿山安全生产的重视程度不断提高，相关科研机构和企业加大了对矿用电气设备安全性能的研究投入。在防尘按钮开关方面，国内企业通过引进国外先进技术和自主研发相结合的方式，不断提高产品的性能和质量。然而，与国外先进水平相比，国内产品在某些方面仍存在一定差距，如产品的稳定性、使用寿命等。同时，国内在防尘按钮开关安全性能评估方面的研究还不够深入，缺乏系统性和全面性。

（三）研究内容与方法

本文旨在全面评估高防护等级防尘按钮开关在矿用设备中的安全性能。研究内容包括：介绍高防护等级防尘按钮开关的结构、工作原理及防护等级标准；从防尘性能、电气性能、机械性能、环境适应性等多个方面对按钮开关的安全性能进行理论分析和实验测试；根据评估结果，分析高防护等级防尘按钮开关在矿用设备中的应用优势和存在的问题，并提出改进建议。

研究方法主要包括文献研究法、实验测试法和数据分析法。通过查阅国内外相关文献，了解矿用设备电气元件

安全性能研究的现状和发展趋势；搭建实验平台，对高防护等级防尘按钮开关进行各项性能测试，获取实验数据；运用数据分析方法对实验数据进行分析处理，评估按钮开关的安全性能。

二、高防护等级防尘按钮开关概述

（一）结构组成

高防护等级防尘按钮开关通常由按钮帽、触头系统、外壳、密封件等部分组成。

按钮帽是操作人员直接接触的部分，一般采用高强度、耐磨损的材料制成，如工程塑料或金属。其表面通常设计有防滑纹理，以便操作人员在戴手套的情况下也能方便地操作。

触头系统是按钮开关的核心部件，负责实现电路的通断。触头一般采用银合金等导电性能良好、耐磨损的材料制成，以保证开关的电气性能和使用寿命。触头系统通常包括动触头和静触头，通过按钮帽的按压动作使动触头与静触头接触或分离。

外壳是保护按钮开关内部部件的重要部件，一般采用高强度、耐腐蚀的金属材料，如不锈钢或铝合金。外壳的设计不仅要考虑其机械强度，还要考虑其防护性能，如防尘、防水等。

密封件是保证按钮开关防尘性能的关键部件，一般采用橡胶等弹性材料制成。密封件通常安装在按钮帽与外壳之间、外壳的接缝处等位置，以防止粉尘和水分进入开关内部。

（二）工作原理

当操作人员按下按钮帽时，按钮帽向下运动，带动动触头与静触头接触，使电路导通；当操作人员松开按钮帽时，按钮帽在复位弹簧的作用下向上运动，动触头与静触头分离，电路断开。通过这种简单的机械动作，实现对电路的通断控制。

（三）防护等级标准

防护等级是指电气设备外壳对固体异物（包括灰尘）和水进入的防护能力，通常用 IP 代码表示。IP 代码由两位数字组成，第一位数字表示对固体异物的防护等级，第二位数字表示对水的防护等级。

对于高防护等级防尘按钮开关，其防护等级一般要求达到 IP65 及以上。IP65 表示完全防止外物及灰尘侵入，且能防止来自各个方向的低压水柱对设备造成有害影响。在实际应用中，根据矿用设备的具体工作环境和要求，可能需要选择更高防护等级的按钮开关。

三、高防护等级防尘按钮开关防尘性能评估

（一）防尘原理分析

高防护等级防尘按钮开关的防尘性能主要依靠其密封结构和密封件来实现。密封结构通常采用迷宫式密封或橡胶密封圈密封等方式，阻止粉尘进入开关内部。迷宫式密封通过在按钮帽与外壳之间设置一系列曲折的通道，使粉尘在通过通道时受到阻碍，从而减少进入开关内部的粉尘量。橡胶密封圈密封则是利用橡胶的弹性，使按钮帽与外壳之间形成紧密的密封，防止粉尘进入。

（二）防尘性能测试方法

防尘性能测试通常采用粉尘试验箱进行。将按钮开关放置在粉尘试验箱中，按照相关标准规定的粉尘浓度、粒径和试验时间进行测试。在测试过程中，观察开关内部是否有粉尘进入，并记录进入的粉尘量。测试结束后，对开关进行外观检查和电气性能测试，评估粉尘对开关的影响。

（三）测试结果与分析

通过对多款高防护等级防尘按钮开关进行防尘性能测试，结果表明，在规定的试验条件下，大部分按钮开关能够有效阻止粉尘进入内部，防尘性能良好。然而，部分按钮开关在长时间测试后，仍有一定量的粉尘进入，这可能是由于密封件老化、磨损或密封结构设计不合理等原因导致的。此外，粉尘进入开关内部后，可能会附着在触头表面，影响触头的接触性能，导致开关的电气性能下降。因此，在实际应用中，需要定期对按钮开关进行检查和维护，及时更换老化的密封件，以保证其防尘性能。

四、高防护等级防尘按钮开关电气性能评估

（一）电气性能指标

高防护等级防尘按钮开关的电气性能指标主要包括额定电压、额定电流、接触电阻、绝缘电阻等。额定电压是指开关能够正常工作的最高电压；额定电流是指开关能够长期通过的最大电流；接触电阻是指开关触头接触时的电阻，接触电阻过大会导致触头发热，影响开关的使用寿命；绝缘电阻是指开关带电部分与外壳之间的电阻，绝缘电阻过小会导致漏电，危及操作人员的安全。

（二）电气性能测试方法

电气性能测试通常采用专业的电气测试设备进行。额定电压和额定电流的测试可以通过在开关上施加规定的电压和电流，观察开关的工作状态来进行。接触电阻的测试可以采用四线制测试法，通过测量触头两端的电压和电流，计算出接触电阻。绝缘电阻的测试可以采用绝缘电阻测试仪，测量开关带电部分与外壳之间的绝缘电阻。

（三）测试结果与分析

对多款高防护等级防尘按钮开关进行电气性能测试，结果表明，大部分按钮开关的额定电压、额定电流、接触电阻和绝缘电阻等指标均符合相关标准要求。然而，在长时间使用或恶劣环境下，部分按钮开关的接触电阻会逐渐增大，绝缘电阻会逐渐减小。这可能是由于触头磨损、氧化或绝缘材料老化等原因导致的。接触电阻增大会导致触头发热加剧，甚至可能引发触头熔焊等故障；绝缘电阻减小会导致漏电风险增加，危及操作人员的安全。因此，在实际应用中，需要定期对按钮开关的电气性能进行检测和维护，及时发现和处理电气性能下降的问题。

五、高防护等级防尘按钮开关机械性能评估

（一）机械性能指标

高防护等级防尘按钮开关的机械性能指标主要包括操作力、行程、机械寿命等。操作力是指操作人员按下按钮帽所需的力；行程是指按钮帽从初始位置到按下位置的距离；机械寿命是指开关在规定的操作条件下能够正常操作的次数。

（二）机械性能测试方法

机械性能测试通常采用专门的机械性能测试设备进行。操作力的测试可以通过在按钮帽上施加力，测量所需的力的大小来进行。行程的测试可以采用位移传感器，测量按钮帽的移动距离。机械寿命的测试可以通过模拟开关的实际操作，进行连续的按压操作，直到开关出现故障为止，记录操作的次数。

（三）测试结果与分析

对多款高防护等级防尘按钮开关进行机械性能测试，结果表明，大部分按钮开关的操作力、行程和机械寿命等指标均符合相关标准要求。然而，在长时间使用或频繁操作后，部分按钮开关的操作力会增大，行程会发生变化，机械寿命会缩短。这可能是由于按钮帽与外壳之间的摩擦力增大、复位弹簧老化或触头磨损等原因导致的。操作力增大会增加操作人员的劳动强度，行程变化可能会影响开关的正常工作，机械寿命缩短则会增加设备的维修成本。因此，在实际应用中，需要定期对按钮开关的机械性能进行检查和维护，及时更换老化的部件，以保证其机械性能。

六、高防护等级防尘按钮开关环境适应性评估

（一）环境适应性要求

矿用设备的工作环境通常比较恶劣，存在高温、低温、潮湿、振动等因素。因此，高防护等级防尘按钮开关需要具备良好的环境适应性，能够在不同的环境条件下正常工作。

（二）环境适应性测试方法

环境适应性测试通常包括高温试验、低温试验、潮湿试验和振动试验等。高温试验是将按钮开关放置在高温试验箱中，在规定的高温条件下进行测试，观察开关的工作状态和性能变化。低温试验是将按钮开关放置在低温试验箱中，在规定的低温条件下进行测试，观察开关的工作状态和性能变化。潮湿试验是将按钮开关放置在潮湿试验箱中，在规定的高湿度条件下进行测试，观察开关的防潮性能和电气性能变化。振动试验是将按钮开关安装在振动试验台上，按照规定的振动参数进行振动测试，观察开关的结构完整性和电气性能变化。

（三）测试结果与分析

对多款高防护等级防尘按钮开关进行环境适应性测试，结果表明，大部分按钮开关在高温、低温、潮湿和振动等环境下仍能正常工作，但部分按钮开关在不同环境下会出现一些性能变化。例如，在高温环境下，按钮开关的绝缘电阻可能会降低，接触电阻可能会增大；在低温环境下，按钮开关的操作力可能会增大，行程可能会发生变化；在潮湿环境下，按钮开关可能会出现漏电现象；在振动环境下，按钮开关的内部部件可能会出现松动或损坏。因此，在实际应用中，需要根据矿用设备的具体工作环境，选择合适的高防护等级防尘按钮开关，并采取相应的防护措施，以提高其环境适应性。

七、高防护等级防尘按钮开关在矿用设备中的应用优势与存在问题

（一）应用优势

提高设备安全性：高防护等级防尘按钮开关能够有效防止粉尘、水分等进入开关内部，减少电气故障和机械故障的发生，从而提高矿用设备的安全性和可靠性。

延长设备使用寿命：其优异的防护性能可以减少外部环境对开关的损害，降低设备的维修成本，延长设备的使用寿命。

适应恶劣环境：能够在高温、低温、潮湿、振动等恶劣环境下正常工作，满足矿用设备的特殊工作环境要求。

（二）存在问题

成本较高：与普通按钮开关相比，高防护等级防尘按钮开关的制造工艺和材料要求较高，导致其成本相对较高，增加了矿山企业的采购成本。

部分产品性能不稳定：虽然大部分高防护等级防尘按钮开关的性能良好，但仍有部分产品在长时间使用或恶劣环境下会出现性能下降的问题，如接触电阻增大、绝缘电阻减小等。

缺乏统一标准：目前，国内对于高防护等级防尘按钮开关的标准还不够完善，不同厂家的产品在性能和质量上存在一定差异，给矿山企业的选择和使用带来了一定的困难。

八、改进建议与发展趋势

（一）改进建议

降低成本：企业可以通过优化生产工艺、采用新型材料等方式，降低高防护等级防尘按钮开关的制造成本，提高产品的性价比。

提高产品质量：加强对原材料和生产过程的质量控制，提高产品的稳定性和可靠性。同时，加大对产品研发的投入，不断改进产品的性能和质量。

完善标准体系：相关部门应加快制定和完善高防护等级防尘按钮开关的标准体系，规范产品的性能和质量要求，为矿山企业的选择和使用提供依据。

（二）发展趋势

智能化：随着矿山智能化的发展，高防护等级防尘按钮开关也将朝着智能化方向发展。例如，具备远程监控、故障诊断等功能，能够实时反馈开关的工作状态和故障信息，提高设备的维护效率。

小型化：为了满足矿用设备小型化的发展趋势，高防护等级防尘按钮开关也将不断减小体积，提高集成度。

绿色环保：在材料选择和生产过程中，将更加注重环保要求，减少对环境的污染。

参考文献

[1]高可靠性常闭自锁按钮开关.施江缙；龙亨军；龙全明；杨明兴；王子民；孙丽艳；吴宗华；王安民；潘和斌；薛小迪；李长华；杨忠生；吕媛媛；潘雷鸣；许允双.国家科技成果.
[2]高防护按钮开关控制盒.李佳佳；黄伟；张文光；叶江；董枫峰.国家科技成果.
[3]带特殊锁定结构的按钮开关.李子平；黄圣剑；黄邦然；李好姝；陈志豪；赵德生；贺雪峰.国家科技成果.