

基于人机工程学的矿井通风系统可靠性分析

张绍江¹,刘增荣²

(1.中国地质大学(武汉)工程学院,湖北武汉,430000;2.山西省网络管理中心,山西太原,030001)

摘要:矿井通风系统是矿井生产系统的重要辅助系统,其可靠性高低对矿井生产和安全管理有着直接的影响。将人机工程学用于矿井通风系统的可靠性的研究,就是用人机系统的观点来研究矿井通风中人、机、环境3个子系统各自的特点及相关性,并给出了矿井通风“人—机—环境”系统可靠性的定义和数学模型。

关键词:人机工程学;通风系统;可靠性

中图分类号:TD72

文献标识码:A

矿井通风系统由通风动力及其装置、通风井巷网络、风流检测、控制系统组成。在生产时期其任务是利用各种动力,以最经济的方式,向井下各用风地点提供足够的新鲜空气,保证工作人员的呼吸,稀释并排除瓦斯等各种有害物质,降低热害,给井下工人创造良好的工作环境;发生事故时,有效地控制风流方向和大小,与其他措施相结合,防止灾害的扩大,进而达到消灭事故的目的。人们将其实现上述任务的能力程度称为矿井通风的可靠性。

以前的研究为了简化工程求解的难度,系统的可靠性研究只考虑硬件部分的可靠性,而人和环境被认为完全可靠,即可靠度为1。对“人—机—环境”系统可靠性研究,可以弥补在工程领域可靠性研究只分析硬件可靠性而设定人员为完全可靠的不足,使可靠性的研究更加完善。事实上,系统的故障既可能是由硬件引起的,也可能是由操作人员的操作失误或者是由于环境条件所引起。因此,在分析系统的可靠性时,应该对人—机—环境三要素进行综合考虑。

可靠性工程是从20世纪40年代开始迅速发展起来的一门新兴综合学科,涉及数学、物理、化学、电子、机械、经济管理以及人机工程等各个领域,致力于研究提高各种产品的可靠性、维修性和安全性,是一个十分复杂的系统工程。煤矿安全事故占我国安全事故的比重很大,可靠性是衡量矿井通风系统优劣的重要指标,研究矿井通风系统的可靠性成为现实的需要。可靠性的高低直接关系到矿井能否安全生产及防止事故的发生。

人机工程学是以人的生理、心理特征为依据,运用系统的观点,分析研究人与机械、人与环境及机械与环境之间相互作用,为设计操作简便省力、安全舒适、人—机—环境的配合达到最佳状态的工程系统提供理论和方法的学科。

1 系统组成的相互关系

根据“人—机—环境”系统工程理论,任何一个有人参与的工作系统,都称为人—机—环境系统。在矿井通风系统中,“人”是指参与矿井通风系统的管理者、决策者和维护矿井通风系统正常运转的人员,以及由

他们所引起的行为结果,如组织管理和各种规章制度等;“机”为矿井通风系统的各种硬件设施,包括矿井通风动力、矿井通风网络、矿井通风设施、局部通风系统、矿井通风监测系统;“环境”是指矿井通风系统存在于矿井生产系统这个大环境中,是矿井生产这个大系统中的子系统。

矿井通风系统与其他子系统共同孕育发展,也是“人—机—环境”系统相互作用而构造的整体结果。矿井生产可能引起如下“环境”变化:采动影响导致顶板塌落,通风巷道变化;瓦斯气体涌入工作空间;粉尘浓度加大;地热、机电设备与地下水等热源和湿源增加了井下空气的温度与湿度。这就是矿井生产作用于环境,导致环境的变化过程。工作环境随着开采过程的动态变化,人机系统的环境不断变化,这种变化的环境又反作用于人与机,引起人—机—环境之间的信息传递不可靠,需要及时的调整以适应环境变化。有时会引起人—机—环境之间的联系中断,造成事故的发生。

完整的矿井通风安全“人—机—环境”系统见图1。

矿井通风系统是以人、机与环境组成的有机系统,而人是这个系统的核心,因为人是机的控制者,同时人又是机的不安全条件及其自身不安全行为导致事故受害者;由于人、机与环境的缺陷,而造成的事故切断系统实现功能目标的途径,反过来又会对系统造成破坏或者是对设备、人、环境条件的破坏。

2 系统可靠性的分析方法

人是安全系统中的一个子系统,要研究人的因素,就必然涉及所操作的机及其所处的环境,应对由人、机与环境构成的系统进行分析。在这个系统中,人是核心,人、机与环境各子系统并重。“人—机—环境”系统的分析方法的可以用图2表示。

图2中大圆表示安全管理,3个相交的小圆分别表示人、物、环境,即构成事故的三要素。当三要素相矛盾,即重叠阴影部分为事故必然发生区域。一般先由物、环境的缺陷形成隐患,人的不安全行为触及后即发生事故。图2还表明以下3点:第一,管理可以改善人、物、环境条件和状态;第二,事故对生产任务起否决作用;第三,安全管理重点是三角形

The Effects of Environmental Pollution on the Scale Density and Its Host Plants' Nutrition

MA Yun-ping

ABSTRACT: This paper studies on the scale (*Eulecanium giganteum* (shinji)) density and its host nutrition (total carbohydrate, soluble proteins) in the polluted areas and clear areas. The results show that in polluted areas the scale density and its host plant's nutritional level were higher than that in the clear areas.

KEY WORDS: environmental pollution; scale(*Eulecanium giganteum*(shinji)); scale density; nutritive materials

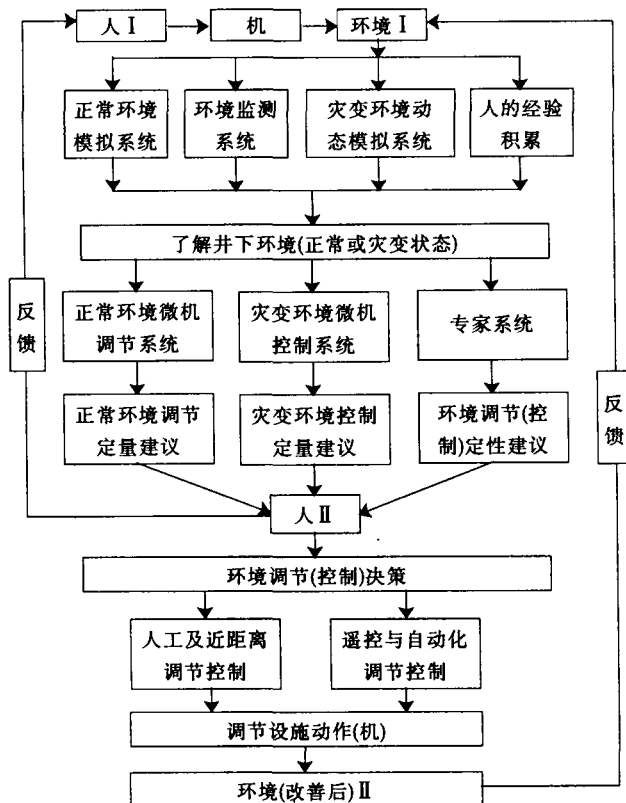


图1 完整的矿井通风安全“人—机—环境”系统图

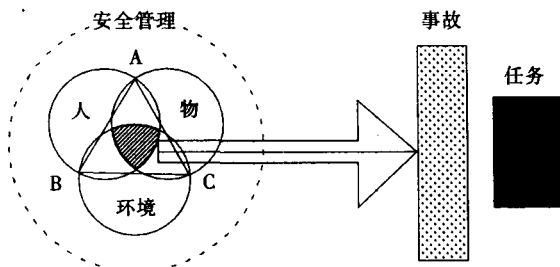


图2 人机环境系统分析方法

ABC 危险 E 域。这种分析方法全面反映了系统可靠性的现象和本质。

以人为本的矿井通风系统的可靠性分析就是建立在该模型的基础上,分析引发矿井事故的各因素及其相互关系,从而定义矿井通风“人—机—环境”系统的可靠性,为矿井可靠性评价奠定基础。

3 系统可靠性的定义

按照“人—机—环境”系统工程理论,可以将矿井通风“人—机—环境”系统可靠性定义为:由人、机、环境组成的工作系统,在规定的时间内,在规定的条件下,无差错地完成规定任务的能力。而可靠性的一个重

要的定量指标为可靠度。因此,“人—机—环境”系统的可靠度可定义为:由人、机、环境组成的工作系统,在规定的时间内,在规定的条件下,无差错地完成规定任务的概率。

上述定义表述为数学公式为:

$$R_s = N/N_0 \times 100\%$$

式中, R_s 为系统的可靠度; N_0 为系统执行任务的总次数; N 为系统无差错完成任务的次数。

“人—机—环境”系统可靠性的研究任务,就是试图利用理论计算或实验测试的方式,确定包含有人在内的矿井通风整个系统的可靠度。矿井通风“人—机—环境”系统的可靠度是受人、机、环境三个因素的影响,也即系统的可靠度是人、机、环境三大因素的函数,其通用表达式为:

$$R_s = F(R_h, R_m, R_e)$$

式中, R_s 为通风系统的可靠度; R_h 为人的可靠度; R_m 为机的可靠度; R_e 为环境的可靠度。

由于人的可靠度和机的可靠度都直接受到环境因素的影响,为了便于对系统进行定量评价,这里假定人的可靠度和机的可靠度都是环境的隐函数。这时矿井系统的可靠度可以简化为:

$$R_s = F(R_h(e), R_m(e))$$

式中, R_s 为系统的可靠度; $R_h(e)$ 为受环境因素影响的人的可靠度; $R_m(e)$ 为受环境因素影响的机的可靠度。

由上式可以看出,矿井通风“人—机—环境”系统的可靠度可以简化成由人的可靠度和机的可靠度两部分组成。

假定某矿井通风系统,根据实测和统计分析其人的可靠度为 $R_h(e) = 0.78$,机的可靠度 $R_m(e) = 0.85$,则有: $R_s = R_h(e) \times R_m(e) = 0.78 \times 0.85 = 0.663$ 。

为了提高系统的可靠度,若单纯只对机器进行改进,并将其可靠度提高到 $R_m = 0.999$,则系统的可靠度为 0.779。由此可见,即使花费很大的投资来单纯提高机器的可靠度,而不去提高人的可靠度,那么系统的总体可靠性仍然得不到明显改善。

4 结语

对由人、机与环境组成的通风系统可靠性,除了研究机的可靠性之外,还应该对人和环境的可靠性进行全面而深入的研究。只有这样,才能对系统的可靠性获得全面的了解,并运用电子技术、专家系统等方法来全面提高矿井通风系统的可靠性。

参考文献

- [1] 黄元平.矿井通风[M].徐州:中国矿业大学出版社,1986.
- [2] 曹晋华,程侃.可靠性数学引论[M].北京:科学出版社,1986.
- [3] 陈开岩.矿井通风系统优化理论及应用[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [4] 谢庆森,王秉权.安全人机工程[M].天津:天津大学出版社,1999.

(责任编辑:薛培荣)

第一作者简介:张绍江,男,1972年6月生,1997年毕业于太原理工大学,工程师,现为中国地质大学(武汉)工程学院2005级硕士研究生,湖北省武汉市,430000.

Analysis on the Reliability of the Mine Ventilation System Based on Human Engineering

ZHANG Shao-jiang, LIU Zeng-rong

ABSTRACT: The mine ventilation system is the important auxiliary system of mine production system, the reliability of the mine ventilation system possesses direct influence on the mine production and safety management. This paper points out that putting the human engineering into the study on the reliability of the mine ventilation system is to study on the features and correlations of three sub-systems of the people, machine and environment in the study on the mine ventilation system by using the opinion of the human engineering, and puts forward the definition and mathematical model of the reliability of the “people-machine-environment” system for the mine ventilation.

KEY WORDS: human engineering; ventilation system; reliability