

综合述评

矿山安全减灾系统科学——矿山灾害学

周利华

(湖南科技大学 资源工程系, 湖南 湘潭 411201)

[摘要] 矿山灾害学是一门综合性强并需不断扩充的矿山安全减灾科学。它与以往单一矿山灾害防治理论研究相比, 具有综合性、预测性和经济性三大特征; 它的安全减灾原理包含了安全哲学、安全经济学等八大原理; 它的研究模型体现了宏观与微观相统一的原则。因此, 矿山灾害学的研究, 应以科学的系统论思想为指导, 采用逻辑与历史相统一法, 既要微观上研究矿山灾害中单一灾种事故的防治技术和方法, 又要在宏观上从不同学科、不同层次、不同的方位切入, 对矿山灾害进行系统的研究; 与此同时, 还必须大力开展多层次、多领域、多方位的国际协作。

[关键词] 矿山灾害; 矿山安全; 矿山灾害学

[中图分类号] TD7; X4

[文献标识码] A

[文章编号] 1009-1742(2003)07-0090-05

当前矿山灾害及其防治理论的研究现状决定了矿山灾害学的形成^[1]。根据国家经贸委安全生产局统计: 2001年1~11月, 全国煤矿企业共发生死亡事故2750起, 死亡5160人, 其中: 一次死亡30人以上的特别重大事故8起, 死亡373人; 一次死亡10~29人的特大事故37起, 死亡573人; 一次死亡3~9人的重大事故310起, 死亡1486人。此间非煤矿山企业共发生伤亡事故1096起, 死亡1654人, 其中: 一次死亡30人以上的特别重大事故1起, 死亡81人; 一次死亡10~29人的特大事故7起, 死亡123人; 一次死亡3~9人的重大事故101起, 死亡431人^[2]。另据文献^[3]显示: 我国井下开采的煤矿, 百万吨死亡率是先进国家的几倍到十几倍; 我国煤矿平均每小时死亡1.05人, 平均每天发生一起死亡3人以上的事事故^[4], 每年死亡人数是世界各国煤矿死亡人数的4倍, 每年因工伤事故和矿山尘肺病的直接经济损失就达85亿元, 远远超出了自然灾害所造成的经济损失^[3]。因此, 建立矿山灾害学并积极致力于矿山灾害学理论体系的研究, 意义十分重大。

1 矿山灾害学是矿山安全减灾研究的基础

矿山灾害学以矿山灾害为特定的研究对象, 从整个矿区大环境、大安全的角度, 研究矿山灾害发生的原因, 探求矿山灾害形成的规律, 通过综合分析和预测寻求矿山灾害发生的可能机会, 从而把矿山灾害的不良影响与损失减少到最低程度。矿山灾害学的研究跨度很大, 它的研究必须以现代灾害学和系统安全科学为基础, 从自然科学、社会科学入手, 开展跨学科、多学科横向会诊性的研究。

矿山灾害学的研究与以往单一矿山灾害(例如水、火、瓦斯、顶板、矿尘、矿震等)防治理论的研究相比, 具有以下四大特点:

1) 综合性。矿山灾害学无论从研究对象、方法, 还是自身的结构和研究目的, 都具有综合性特点。它既涉及自然科学又涉及社会科学, 既有理论思维的成份又有实践方面的设想。

2) 预测性。矿山灾害学的研究不仅仅是对矿山灾害成因和发展进行认识, 更重要的还是借助于

[收稿日期] 2002-12-02

[作者简介] 周利华(1958-), 男, 湖南宁乡县人, 湖南科技大学副教授

这种认识去预测矿山生产的未来，为各级决策部门提出预警。

3) 经济性。矿山灾害学是一门紧密联系矿山经济建设，实践性和应用性都很强的科学。它的根本任务是通过揭示矿山灾害及灾害系统的产生、发展和变化的规律性，更经济合理有效地控制和防治各种可能出现的矿山灾害及灾害影响程度，从而更好地为人类的生存和矿山企业的可持续发展服务。

4) 非线性。非线性是一般矿山灾害系统的本质特性，也是特殊矿山灾害现象产生的本质机制^[5]。因此，从非线性科学角度研究矿山灾害系统运动规律及其应用的科学，又称为非线性矿山灾害学。

此外，矿山灾害学又是一门决策咨询科学，属于“软科学”范畴，它的研究目的不仅仅是对矿山灾害本身的认识，更重要的是通过对各种矿山灾害现象及其过程的规律性探求，为政府各级领导和决策机构提供理论依据，以便保证矿山防灾、抗灾、救灾决策的科学性和合理性，进而使矿山企业获得经济的持久发展和矿工家庭、社会的长期稳定。

2 矿山灾害学的安全减灾原理^[1,6]

2.1 安全哲学原理

从历史学和思维学的角度研究实现矿山安全生产和安全生存的认识论和方法论。纵观中国矿业开发的历史，始自商周，中国就已进入青铜器时期；春秋、战国跨入铁器时代；汉代开始用煤作为燃料；南北朝时，称煤为石炭。可以这么说，其时的采矿业，人们对安全的认识是宿命论的，方法是被动承受型的；近代采矿活动中，人们对安全的认识提高到了经验的水平；随着工业社会的发展和技术的进步，现代采矿工程中，人们对安全的认识论进入了系统论阶段，从而在方法论上能够推行矿山安全生产与安全生活的综合型对策，甚至能够超前预防。有了正确的安全哲学思想作指导，矿山安全生产才能获得真正高水平的保障。

2.2 安全经济学原理

从安全经济学的角度，研究矿山安全的“减损效益”（减少人员伤亡、职业病负担、事故经济损失、环境危害等），研究矿山安全的增值效益，即研究安全的“贡献率”，用安全经济学理论指导矿山安全系统的优化。

2.3 安全系统论原理

从矿山安全系统的动态特性出发，研究人、社会、环境、技术、经济等因素构成的矿山安全大协调系统，建立矿工生命保障、健康，矿山财产安全，矿山环保、信誉的目标体系。在认识矿山灾害事故系统中的人、机、环境和管理四要素的基础上，更要强调从建设矿山安全系统的角度出发，认识矿山安全系统的要素：人（矿工的安全素质）；物（矿山设备与环境的本质安全性）；能量（生产过程能的安全作用）；信息（充分可靠的安全信息流和管理效能的充分发挥）是矿山安全生产的基础保障。

2.4 安全控制论原理

安全控制是最终实现矿山安全生产和安全生存的根本措施。安全控制论提出了一系列有效的控制原则：闭环控制原则、分层控制原则、分级控制原则、动态控制原则、等同原则、反馈原则。安全控制论要求从本质上而不是从形式或后果上认识矿山灾害事故。安全控制理论的立论依据是对事故本质的科学定义，即矿山灾害事故的本质是“能量的不正常转移”。这样，研究矿山灾害事故的控制则可从能级的控制技术出发，研究能转移的时间和空间规律；预防事故的本质则可通过对系统能量的消除、限值、疏导、屏蔽、隔离、转移、距离时间控制、局部弱化或强化、系统闭锁等技术措施来控制能量的不正常转移。

2.5 安全信息论原理

安全信息是矿山安全活动所依赖的资源。安全信息原理研究安全信息定义、类型，研究安全信息的获取、处理、存储、传输等技术。矿山安全信息类型分为一次安全信息和二次安全信息。一次安全信息指矿山生产和生活过程中的人机环境的客观安全性，以及发生事故后的现场。二次安全信息包括矿山安全法规、条例、政策、标准，矿山安全科学理论、矿山安全技术文献，矿山企业安全规划、总结、分析报告等。

2.6 安全管理学原理

安全管理最基本的原理首先是管理组织学的原理，即矿山安全组织机构要有合理的设置，安全机构职能应有科学的分工，做到安全管理体制协调高效，管理能力自组织发展、安全决策和事故预防决策的有效和高效。其次是专业人员保障系统的原理，即遵循专业人员的资格保证机制：通过发展学历教育和设置安全工程师职称系列的单列，对矿山

安全专业人员进出要有具体严格的任职要求；二是矿山企业内部的安全管理要建立兼职人员网络系统，即矿山企业内部从上到下（班组）设置全面、系统、有效的安全管理组织网络等；三是投资保障机制，研究矿山安全投资结构的关系，正确认识预防性投入与事后整改投入的关系，要研究和掌握矿山安全措施、投资政策和立法；四是建立国家、矿山企业、个人三者相互协调的投资保障系统，等等。

2.7 事故预测与预防原理

事故预测原理：矿山灾害事故具有因果性、偶然性、必然性、再现性的特征；意外事故是一种随机现象，个别考察具有不确定性，但对于大样本，则表现出规律性。因此，运用概率统计的方法是研究矿山灾害事故规律、进行矿山灾害事故预测的重要方法。事故性质：小概率事件，随机现象，大数法则；预测方法：时间序列预测法，线性或非线性回归预测法，灰色预测法，趋势外推预测法，主次因素薄弱环节预测法，归范反馈预测法等。

事故预防原理：矿山灾害事故的预防模式可分为事后型模式和预期型模式两种。事后型模式是一种被动的对策，即在矿山事故或灾难发生后进行整改，以避免同类事故再度发生的一种对策。这种对策模式遵循如下技术步骤：矿山灾害事故发生—调查原因—分析主要原因—提出整改对策—实施对策

—进行评价—新的对策。预期型模式是一种主动、积极的预防矿山灾害事故发生的对策，显然是现代矿山安全管理和减灾对策的重要方法和模式。其基本的技术步骤是：提出矿山安全或减灾目标—分析问题—找出主要问题—制定实施方案—落实方案—评价—新的目标。从宏观角度看，对于矿山工程意外事故的预防原则称为“三 E 对策”，即事故的预防具有三大预防技术和方法：工程技术对策、安全教育对策、安全管理对策。

事故突变原理：应用突变理论建立矿山事故模型，研究矿山事故的发生发展规律，从而有效指导矿山事故的控制及预防。

2.8 安全工程技术原理

随着矿山开采技术和环境的不同，研究发展相适应的硬技术原理。例如：矿山机电设备安全原理、矿山防火原理、煤与瓦斯防突机理等。

此外，在矿山灾害学的研究工作中，还应大力开展矿山安全仿真实验、矿山安全人工神经网络和专家系统、矿山系统非线性灾变理论、矿山本质安全化理论、矿山安全文化理论等的研究。

3 矿山灾害学的研究模式

矿山灾害学是一门综合性强并需不断扩充的矿山安全减灾科学。就目前研究而言，矿山灾害学的主要研究范畴及其结构体系如图 1 所示^[7,8]。

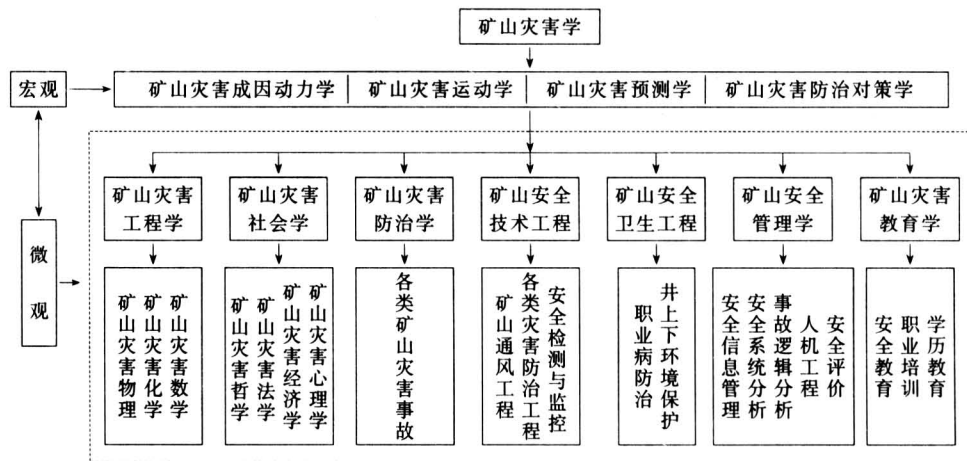


图 1 矿山灾害学研究体系

Fig.1 The study system of the mine disaster science

从图 1 可以看出：矿山灾害学处于最高层次上，它是综合了整个矿山灾害研究成果而形成的科学。它内在地包含了矿山灾害成因动力学、矿山灾

害运动学、矿山灾害预测学及矿山灾害防治对策学等四个方面的内容。这也可以说是矿山灾害学研究的宏观层次。而开展对矿山灾害社会学和矿山灾害

工程学等的研究则处于这个体系的第二层次上，它们是矿山灾害学研究的微观方面。两大层次之间及其内部既相互区别，又相互联系。微观研究是宏观研究的基础，而宏观研究又对微观研究起指导作用。离开了微观研究，宏观研究就难以深入；而缺少了宏观研究，微观研究也难以持久。可见，矿山灾害学的研究须体现宏观与微观相统一的原则，以保证研究成果的科学性程度。再从结构体系方面讲，灾害成因动力学主要研究矿山灾害形成的过程、动力来源、作用机理、破坏方式等。它是矿山灾害学研究的重要部分，同时又是微观层次研究中的基本思想。灾害运动学则侧重研究矿山灾害发生后的各种表现形式，它有助于提高对各种矿山灾害的破坏与扩散程度的认识，并为微观层次的具体研究提供依据。如对矿井瓦斯爆炸事故，就必须研究它的污染方式、途径以及传播速度等，这将有助于制定合理的防治对策。如果对矿山灾害的运动过程缺乏认识，就难以对矿山灾害发生后各种次生灾害（如煤与瓦斯突出后，引起瓦斯、煤尘爆炸等）做出准确估计，以至于形成决策上的失误，从而使矿山灾害危害扩大化。灾害预测学和防治对策学则主要是针对不同的矿山灾害类型，依据其特点进行预测及对策研究，它们同样对微观层次上的研究具有指导作用。

4 矿山灾害学的研究方法

4.1 灾害经济学法

矿山灾害学研究的最终目的是减少矿山灾害的发生，降低矿山灾害事故的危害。在矿山灾害学的研究中，要重视矿山灾害对社会经济综合影响的研究和防灾减灾效益的研究，只有将矿山灾害防治的经济效益研究清楚，才能为矿山灾害防治力度的决策者服务，从而使矿山灾害学的研究成果迅速地为矿山开采的经济服务。

4.2 逻辑与历史相统一法

纵观矿业开发史，也就是一部同矿山灾害作斗争的历史。因此，矿山灾害学的研究，应当按照矿山灾害防治理论的发展进程（逻辑）和人们认识矿山灾害事故的历史过程（历史）相一致的原则，采用逻辑与历史相统一法，进行矿山灾害学理论体系的研究。

4.3 国际协作法

灾害科学没有国界，只有进行广泛的国际协

作，才能更好地掌握矿山灾害的灾变机理及其防治对策。此外，在矿山灾害学研究的协作过程中，Internet网络技术也将给研究工作带来极大的推动和促进作用。

4.4 综合系统法

过去，矿山灾害研究多局限于单个矿井、单个灾害种类、单个侧面的研究，局限于具体的灾害事件的研究，即进行孤立的研究，其研究结果应用有限，很难进行实质性的大规模推广与应用。因此，矿山灾害学的研究，应当运用科学系统分析法，向综合化和系统化方面发展，使不同学科和专业研究人员，针对矿山灾害这一特定问题，大力开展对多矿区、多矿种、多种矿山灾害的总体研究，从不同侧面去探求矿山安全减灾问题的本质及规律，以得到总体性、综合性结论，使之真正做到“安全减灾，综合防治”。

4.5 非线性灾害系统法

受历史发展的局限，过去在定量分析矿井灾害系统运动规律时，通常是将非线性关系简化为线性关系。由于非线性系统与对应的线性化系统的动力拓扑结构不一定同胚，因此，这种简化所得的结果不能充分说明矿山灾害系统的真实规律。实际上，矿山灾害现象的孕育、发生和发展，与构成灾害的各要素及其环境之间的非线性相互作用所产生的分叉、突变、混沌、孤立子、分形、自组织和失稳等非线性现象有着密切关系。因此，从非线性科学角度对矿山灾害的运动规律进行研究，即可比较全面正确地认识矿山灾害系统运动的真实规律。

5 结论

1) 矿山灾害学是综合了整个矿山灾害研究成果而形成的科学。它的安全减灾原理体现了能量控制学原理。因此，预防事故的本质就是控制能量的不正常转移。

2) 矿山灾害学研究遵循安全工程学的研究原理。但它的研究更侧重于矿山灾害成因→灾害加剧过程→矿山灾害防治管理决策的研究。因此，矿山灾害学是一门矿山安全减灾的实用科学。

3) 矿山灾害学以矿山灾害作为研究对象，最终建立矿山安全系统要素体系，确立矿山安全系统的本质安全目标。因此，只有通过安全系统论、安全控制论、安全信息论、安全行为科学、安全环境学、安全经济学、安全管理学、安全文化建设等科

学理论的研究,才能全面、系统、综合地发展矿山灾害学理论。

4) 建立矿山灾害学,实现矿山科学减灾,不仅是社会学家、经济学家、地矿学家、安全科学家、环境科学家共同协作,通盘研究矿山减灾的问题,而且也是一个全面、正确认识矿山灾害及其事故发生、发展规律,提高全民安全意识的问题。更为重要的是,建立矿山灾害学,还可以科学地指导各级政府尤其是矿山管理工作高度重视并妥善处理好矿山生产与环境、矿山发展与减灾以及矿山灾害与社会、矿山灾害与经济、矿山灾害与管理等多方面的关系。

5) 矿山灾害学的研究要从整个矿区大环境、大安全的角度出发,实行多学科、多理论的交叉研究。在研究过程中,要注意矿山灾害非线性动力现象的研究和防灾减灾效益的研究。与此同时,还必须大力开展多层次、多领域、多方位的国际协作。只有这样,才能全面、系统、综合地发展矿山灾害

学理论。

参考文献

- [1] 周利华. 试论矿山灾害学的建立及研究途径[J]. 湘潭矿业学院学报, 2000, (4): 1~6
- [2] 国家安全生产信息网: <http://www.anquan.ac.cn/TongBao/TBList.asp>[EB/OL]. 2002-01-09
- [3] 隋鹏程. 安全科学与社会可持续发展[J]. 中国安全科学学报, 2000, (2): 7~10
- [4] 隋鹏程. 中国矿山灾害[M]. 长沙: 湖南人民出版社, 1998
- [5] 谢之康, 张和平, 范维澄, 等. 矿井灾害现象的非线性动力学[J]. 煤炭学报, 1999, (2): 158~162
- [6] 罗云. 21世纪安全管理科学展望[J]. 中国安全科学学报, 2000, (1): 27~31
- [7] 郭强, 陈兴民, 张立汉. 灾害大百科[M]. 太原: 山西人民出版社, 1996
- [8] 周利华. 基于矿区大安全观的矿山灾害学及其立论研究[J]. 中国地质灾害与防治学报. 2001, (4): 21~25

Mine Disaster Science—The Systematic Science for Disasters Reduction and Mine Safety

Zhou Lihua

(Dept. of Resource Eng. of Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201, China)

[Abstract] Mine disaster science is a systematic science for mine safety and disaster reduction. It is, compared with the previous unitary prevention and treatment of mine disaster, characterized by the comprehensiveness, prediction and economic nature. It involves 8 aspects of safety and disaster reduction, such as safety philosophy, safety economics, etc. The research pattern embodies the principle of unity between the macroscopic and the microscopic. The research should be under the guidance of the system-theory. While exploring the preventing and treatment technology and method for the individual case of mine disaster, the research should be pitched into with multi discipline, at different levels and from different directions.

[Key words] mine disaster; mine safety; mine disaster science