

煤矿隐蔽致灾因素及探查技术研究

——陕西省煤炭学会学术年会论文集(2014)

● 主 编 段中会
副主编 冯西会 邓增社 靳秀良 来兴平



煤炭工业出版社

煤矿隐蔽致灾因素及探查技术研究

——陕西省煤炭学会学术年会论文集（2014）

主 编 段中会

副主编 冯西会 邓增社 靳秀良 来兴平

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿隐蔽致灾因素及探查技术研究: 陕西省煤炭学会
学术年会论文集: 2014/段中会主编. --北京: 煤炭工业
出版社, 2015

ISBN 978-7-5020-4744-3

I. ①煤… II. ①段… III. ①煤矿—灾害防治—学
术会议—文集 IV. ①TD7-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 307690 号

煤矿隐蔽致灾因素及探查技术研究

——陕西省煤炭学会学术年会论文集 (2014)

主 编 段中会
责任编辑 成联君 杨晓艳
编 辑 李景辉
责任校对 邢蕾严 李新荣
封面设计 安德馨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898 (总编室)
010-64018321 (发行部) 010-84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 煤炭工业出版社印刷厂

经 销 全国新华书店

开 本 880mm × 1230mm¹/₁₆ 印张 29³/₄ 字数 900 千字

版 次 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 7599 定价 120.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换。电话:010-84657880

内 容 提 要

本书是陕西省煤矿隐蔽致灾因素及探查技术研究的集锦。其中包括矿井防治水、矿井地质构造、探查技术、瓦斯及其他隐蔽致灾因素等方面的内容。本书收录了82篇煤矿隐蔽致灾因素及探查技术方面的论文,全面展示了近年来隐蔽致灾因素及探查相关工作取得的成果,对全国其他煤矿的相关工作具有一定的借鉴及推动作用。

本书可供从事煤矿隐蔽致灾因素及探查相关工作的技术人员和管理人员阅读。

编 委 会

主 任 高新民

副主任 张少春 闵 龙 张金锁 张 群 李智学

委 员 范立民 王苏健 李志平 师同民 孙龙琦

邓世龙 刘新民 唐恩贤 原德胜 宫守才

王鹏科 迟宝锁 吴文良 熊鹏辉 张大伟

胡少华 苗合坤 胡少博

主 编 段中会

副主编 冯西会 邓增社 靳秀良 来兴平

前 言

“煤矿隐蔽致灾因素”是国家安全生产监督管理总局在长期研究分析我国煤矿伤亡事故原因的基础上提出的新概念，促使煤炭行业，对煤矿致灾因素的认识由“必然王国”走向“自由王国”使得煤矿由被动应对事故转向主动治理、预防事故，对建设本质安全型矿井具有重大意义。

据不完全统计，在煤矿重大事故中，与地质条件有关事故占 80%。这些“地质条件”都是看不见、摸不着的“隐蔽”致灾体，统称为煤矿隐蔽致灾因素。

国家安全生产监督管理总局信息研究院组织、范立民编写的《煤矿隐蔽致灾因素与探查》一书，将煤矿隐蔽致灾因素定义为隐伏在煤层及其围岩内、在开采过程中可能诱发灾害的地质构造和不良地质体及其在采动应力耦合作用下形成的灾变地质体。煤矿隐蔽致灾因素主要包括三大类 13 种：地质构造类的断层、节理、褶皱，自然地质体类的陷落柱、顶板垮落、底板承压水、冲击地压（岩爆）、瓦斯和应力异常区、煤层自燃与发火，勘查或采掘工程类的老空水、采空区有害气体、采动离层水、封闭不良钻孔及油气井等。这 13 种隐蔽致灾因素，是煤矿安全生产的最大隐患，应该在掘进、开采前查明，并采取相应措施，确保煤矿安全生产。

多年来，煤炭行业虽然没有明确使用“煤矿隐蔽致灾因素”一词，但我们一直致力于隐蔽致灾因素的勘查工作，使用频率较高的“煤矿安全高效生产的地质保障技术”与“煤矿隐蔽致灾因素”犹如一对双胞胎，目标都是查明煤层及围岩地质构造、灾变地质体，评价煤矿（采区）开采技术条件并制定防治对策。只是近年来特别提出了“煤矿隐蔽致灾因素”的概念，更加清晰地界定了煤矿地质工作的职责和范围，为矿井地质指明了方向，也必将极大地促进煤矿安全生产！

为了全面展示煤矿隐蔽致灾因素探查领域取得的新成果，2014 年 3 月，陕西省煤炭学会确定了 2014 年度学术研讨会的主题为“煤矿隐蔽致灾因素与探查技术”，并发出征文通知，共收到论文 116 篇。经过专家评阅，其中 82 篇编入论文集。论文集分为综述、矿井防治水、矿井地质构造、探查技术、瓦斯及其他隐蔽致灾因素等专题，用 2 篇论文介绍了陕西省煤炭学会第六届、第七届理事会期间组织出版的系列论文集、陕西省煤矿瓦斯地质系列论著。附录是近 10 年来陕西省煤炭系统获奖成果、科技工作者荣誉统计表，供广大煤炭科技工作者参考。

在本次征文及出版过程中，陕西省地质环境监测总站、陕西煤业化工集团及所属各单位、国土资源部煤炭资源勘查与综合利用重点实验室、陕西省煤田地质勘查有限公

司、陕西省煤田地质局物探测量队、中煤科工集团西安研究院、西安科技大学等单位给予了大力支持。编委会成员对文稿的组稿、审阅、文字修改付出了辛勤劳动，范立民收集整理了附录资料，煤炭工业出版社成联君为论文集出版精心编辑，在此，一并表示衷心感谢！

陕西省煤炭学会理事长

高新民

二〇一四年九月二十二日

目 次

综 述

煤矿隐蔽致灾因素的危害性及建议	高新民 (3)
煤矿隐蔽致灾因素及探查技术	范立民 (6)
基于精细勘探的本安型矿井地质保障系统关键技术	段中会 李 梅 (16)
险兆事件管理与煤矿灾害防治	寇 猛 田水承 (20)
煤矿断层致灾机理及防治对策	吕婷婷 (24)
煤矿隐蔽致灾因素探查的技术路线	秦永军 (28)

矿 井 防 治 水

澄合矿区底板岩溶水突水机理分析	范立民 杜飞虎 (33)
董家河煤矿承压开采水害防治技术研究	齐蓬勃 齐 明 (40)
彬长矿区洛河组砂岩含水层富水性分区预测	陈 通 王苏健 邓增社等 (47)
矿井涌水量的预测及特征	赵贤顺 王少峰 张小萌 (52)
榆神矿区方家畔煤矿水害防治研究	邵新风 赵 斌 (57)
董家河煤矿立井穿越含水层施工方案	齐 明 介 芳 齐蓬勃 (63)
澄合矿区百良煤矿矿井水害隐蔽致灾因素	李晓龙 王 英 安秀煜等 (67)
建北煤矿洛河组砂岩含水层富水性分析	梁少剑 王 英 史利燕等 (73)
雅店煤矿副立井探水方案及注浆工艺	李高锋 梁则虎 蒲拴云等 (79)
彬长矿区井筒施工的防治水措施	董振波 戚鹏博 胡少文 (83)
雅店煤矿水文地质条件及防治水建议	李高锋 蒲拴云 汪 强等 (87)
CSAMT 在煤矿防治水工作中的应用	赵 辉 刘江宾 王 伟 (91)
瑞能煤矿采空区积水探放技术	郑福海 (96)
关于中小型矿井水害防治的思考	尚现亮 (101)
桑树坪煤矿供排水系统方案优化	王社荣 (104)
隐蔽致灾水害的综合探查与治理	刘晓宁 (111)
基于采动岩层破断的导水裂隙带高度预计方法	王 悦 陈 通 (116)
下沟煤矿泾河下开采对覆岩破坏机理的研究	刘 斌 梁则虎 (124)
神南矿区张家峁煤矿开采对地下水的影响	蒋婷婷 王 英 安秀煜 (134)
基于 AHP 的聚类分析在含水层富水性评价中的应用	贺晓浪 王 英 安秀煜等 (138)

矿井地质构造

浅埋煤层大采高工作面开采导水裂隙带演化特征及

- 发育高度研究 王苏健 陈 通 黄克军 等 (145)
- 渭北煤田构造控水机理 王 英 孙 魁 安秀煜 等 (149)
- 基于趋势分析法的褶皱断层发育规律研究 康卫安 (155)
- 烧变岩对采煤工作面布设的影响 王振华 (167)
- 渭北石炭二叠纪煤田沉积规律及煤层对比方法 高伯贤 (170)
- 王村煤矿斜井地质构造特征及展布规律研究 杜少鹏 (177)
- 澄合矿区底板注浆条件研究 高 颖 陈 通 李 涛 (182)
- 黄陵矿区党家河煤矿开采技术条件分析 黄美涛 (185)
- 澄合矿区中东深部勘查区水文地质条件分析 晋 勇 吉芬丽 (190)
- 黄陵矿区建新煤矿地质条件分类评价 史利燕 王 英 安秀煜 (194)
- 彬长矿区煤层与含水层组合类型研究 陈 通 王苏健 邓增社 等 (198)
- 构造界面类型对开采沉陷特征影响的数值模拟 杜荣军 苗霖田 王少飞 (204)
- 神南矿区“砂层潜水补给——沟网”生态的形成及效应分析 李 涛 王苏健 陈 通 等 (209)
- 常家沟水库周边烧变岩水文地质特征及自然边界修正 耿耀强 黄克军 陈 通 等 (215)

探 查 技 术

- 高密度电法应用于矿井水害实时监测预报的前景 杜飞虎 (225)
- 复杂地形条件下瞬变电磁地形改正方法 冯西会 王一凡 周子鹏 (228)
- 综合物探技术在煤矿灾害隐患探测中的应用 王明星 沈福斌 王一凡 等 (233)
- 煤矿水害地面物探探查技术及实例 马 丽 冯西会 王明星 (241)
- 东坡煤矿南翼采区老窑采空区探查分析 雷益龙 殷兴旺 刘新利 (246)
- 瞬变电磁法探测小煤窑采空区技术在冯家塔煤矿的应用 陈铜宪 曹晓武 李 斌 (251)
- 三维地震勘探技术在冯家塔煤矿中的应用 陈 印 王 超 黄亚军 等 (257)
- 地面瞬变电磁法在煤矿隐蔽致灾因素排查中的应用 李宇刚 (262)
- 冯家塔煤矿浅埋近距煤层开采顶板隐蔽灾害分析 周永跃 杜存宝 高锦平 (267)
- 董家河煤矿承压开采中底板注浆加固技术 齐蓬勃 齐 明 介 芳 (271)
- 隐伏地质构造含导水性的 CSAMT 法探测效果 刘江宾 赵 辉 (276)
- 地震相技术在煤田地震勘探上的应用 高 阳 王春贤 吴大林 等 (280)
- 地震属性技术在黄陵矿区的应用及效果 郭 强 (287)
- 黄土塬山区三维地震勘探对巷道布设的指导作用 张晓英 (292)
- 利用地震反射记录中的初至折射资料预测覆盖层厚度 曹新领 张奋轩 (297)
- 煤矿采空区探测技术及应用 沈福斌 万宏伟 周子鹏 (302)
- 榆神热电厂采空区调查与探测 高立强 (307)
- 三维地震勘探采集痕迹中的“解释陷阱” 吴大林 (311)
- 瞬变电磁法在彬长矿区水文物探中的应用 王一凡 周子鹏 万宏伟 (316)

岩溶裂隙探测技术及应用	沈福斌 刘江宾 王星明	(323)
音频电透视法在矿井地质异常探测中的应用	马伏生	(329)
综合物探在煤矿防治水的应用实例	吴小明 张奋轩 孙伟	(333)
红石岩煤矿巷道松动圈测定与分析	朱兴攀 王鹏 徐文全等	(339)
榆阳煤矿导水裂隙带高度的钻孔探测	蒋泽泉	(344)
约束稀疏脉冲反演方法在煤田地震勘探岩性解释中的应用	薛海军 冯西会 高阳	(350)
基于地质统计学反演对煤层顶板砂岩雕刻	许德才 冯西会 马丽	(354)
煤矿高效安全开采地质保障物探技术发展现状及展望	冯西会 薛海军	(358)

瓦斯及其他隐蔽致灾因素

煤田采空区综合物探资料解释研究	汶小岗 袁峰	(365)
红石岩煤矿 12404 工作面瓦斯涌出规律	王鹏科	(371)
彬长矿区蒋家河煤矿瓦斯地质规律研究	李万仕	(376)
移动抽采瓦斯泵站在红石岩煤矿综采工作面的应用	王鹏科	(382)
冯家塔煤矿采空区隐蔽火源位置探测研究	李智飞 许召稳 陈印	(386)
彬长矿区瓦斯灾害防治措施	张皓东 董振波	(394)
KJ110N 型矿压监测系统在浅埋煤层中的应用	任强	(399)
盘龙煤矿瓦斯测试方法及赋存规律研究	高雪 高伯贤	(402)
彬长矿区软底巷道底鼓影响因素及防治技术	董振波 胡少文	(406)
冯家塔煤矿煤层瓦斯赋存规律研究	杜存宝 周永跃	(410)
浅谈煤矿电缆隐蔽致灾因素	窦昱宁	(414)
煤矿事故垂直救援研究进展	浦静怡 吕春玲 贺晓强等	(418)
蒋家河煤矿 ZF201 工作面围岩地应力测试研究	于可伟 刘斌	(422)

其 他

陕西省煤炭学会系列论文集简介	陕西省煤炭学会	(431)
陕西省煤矿瓦斯地质系列论著简介	陕西省煤炭学会	(434)

附 录

附录 1 国家科学技术进步奖 (2000—2013)	(439)
附录 2 陕西省科学技术奖 (2004—2013)	(440)
附录 3 中国煤炭工业科学技术奖 (2004—2014)	(447)
附录 4 陕西省自然科学优秀学术论文奖 (2004—2013)	(462)
附录 5 陕西省煤炭系统科技工作者荣誉录 (2000—2014)	(464)

综 述

煤矿隐蔽致灾因素的危害性及建议

高新民

[陕西省煤炭学会, 陕西 西安 710054; 陕西省决策
咨询委员会, 陕西 西安 710054]

摘 要 断层、陷落柱、瓦斯、强含水层、采空区及老窖积水不清等隐蔽致灾地质体, 是煤矿事故的最大灾害源。据国家安全监管总局的调研, 我国 80% 的煤矿事故与地质条件不清有关, 尤其是重特大煤矿事故, 多与隐蔽致灾因素有关。论述了煤矿隐蔽致灾因素的危害性和探查难度, 提出了开展隐蔽致灾因素普查的一些建议。

关键词 煤矿安全 隐蔽致灾因素 普查

0 前言

煤矿隐蔽致灾因素是隐藏在煤层及围岩中的地质体, 既包括自然形成的如断层、陷落柱、节理裂隙、强含水层等, 也包括人类工程活动扰动形成的如采空区、封闭不良钻孔、覆岩采动导水裂隙带等。这些隐蔽致灾因素, 是我国煤矿重大安全事故的导火索, 也是煤矿安全生产必须查明的地质体。借鉴石油行业精细勘查技术体系, 精细描述地质体特征, 为煤矿采掘工程提供地质科学依据, 是促进我国煤矿安全生产的前提保障。为此, 2013 年国家安全监管总局提出了开展煤矿隐蔽致灾因素普查的要求, 这是我国煤矿安全生产的重大革命性措施, 也必将有效地促进煤矿安全生产工作。

1 隐蔽致灾因素的危害性及探查难度

1.1 重特大煤矿事故多与隐蔽致灾因素有关

煤矿隐蔽致灾因素是指隐伏在煤层及其围岩内、在开采过程中可能诱发灾害的地质构造和不良地质体及其在采动应力耦合作用下形成的灾变地质体, 主要包括: 老窖采空区、各种水体、断层、陷落柱、瓦斯和应力异常区、发火点等。煤矿隐蔽致灾因素具有隐蔽性、时变性、突发性的特点, 探测和预防难度大。随着煤矿开采规模的扩大, 近年来出现了多种新型隐蔽致灾因素和灾害形式。例如断层滞后导水、采动离层水等水害事故, 瓦斯延期突出、浅埋深冲击地压、近距离煤层群火灾等。

煤矿开采过程中的几大灾害事故, 多数情况下都与隐蔽致灾地质因素紧密相关, 近年来隐蔽致灾因素已经成为引发煤矿水害、煤与瓦斯突出和顶板等重大灾害事故的主要原因。据国家安全监管总局的调研, 在煤矿重大事故中, 与地质条件有关的各类重大事故占 80%。

2008 年 9 月 7 日 05:45, 河南鹤煤集团禹州仁和煤矿发生了透水事故, 11021 工作面回风巷上山掘进时发生了老空透水事故, 出水量约为 300 m^3 , 死亡 18 人, 直接经济损失 1545.18 万元。事故直接原因是 11021 工作面回风巷上山掘进时发生了老空透水。

2010 年 3 月 1 日, 神华集团乌海能源有限责任公司(以下简称乌海能源公司)骆驼山煤矿发生

了特别重大透水事故,造成32人死亡、7人受伤,直接经济损失4853万元。事故的直接原因是骆驼山煤矿16号煤层回风大巷掘进工作面遇煤层下方隐伏陷落柱,在承压水和采动应力的作用下,诱发该掘进工作面底板底鼓,承压水突破有限隔水带形成集中过水通道,导致奥陶系灰岩水从煤层底板突出。

2010年3月28日,山西王家岭煤矿重大突水事故,造成38人死亡。事故的直接原因是该矿20101回风巷掘进工作面附近小煤窑老空区积水情况未探明,且在发现透水征兆后未及时采取撤出井下作业人员等果断措施,掘进作业导致老空区积水透出,造成+583.168 m标高以下巷道被淹和人员伤亡。

2011年8月7日,陕西韩城矿区桑树坪煤矿发生了透水事故,造成全矿井被淹,虽然没有人员死亡,但整个矿井被淹,经济损失惨重。与该矿相邻的禹昌煤矿(资源整合矿)11号煤层底板发生了突水,通过禹昌煤矿采空区、昌顺煤矿采空区进入桑树坪煤矿北二采区,隐蔽致灾因素不清是这次突水事故的重要原因。

2012年8月29日,四川攀枝花肖家湾煤矿发生了特别重大瓦斯爆炸事故,造成48人死亡、54人受伤,直接经济损失4980万元。事故的直接原因是肖家湾煤矿非法违法开采区域的10号煤层提升下山采掘作业点和+1220 m平巷下部8号、9号煤层部分采掘作业点无风微风作业,瓦斯积聚达到爆炸浓度;10号煤层提升下山采掘作业点提升绞车信号装置失爆,操作时产生电火花,引爆瓦斯;在爆炸冲击波高温作用下,+1220 m平巷下部8号和9号煤层部分采掘作业点积聚的瓦斯发生了二次爆炸,造成事故扩大。

1.2 隐蔽致灾因素隐蔽性强、探查难度大

煤矿隐蔽致灾因素具有隐蔽性强的特点,多数隐蔽致灾地质体规模小,如小断层,断距小于3 m甚至更小,依然具有致灾危害。老空区虽然规模大小不一,甚至一些老空区很大,但与煤矿采掘工程连通的通道可以很小,甚至只有一个微小的断层,在采动条件下,断层面活化,导致突水,形成灾难性事故。这样的实例很多,2011年8月7日桑树坪煤矿的突水事故,就与不清楚禹昌煤矿、昌顺煤矿采空区的位置、范围有关。黄陵矿业公司一号煤矿1999年3月24日主平硐发生的重大突水事故(涌水量800 m³/h),也是25个小煤矿越界开采,破坏了沮河河床煤柱,相互串通,采空区位置、范围、积水情况不清造成的。正是由于隐蔽致灾地质体的规模很小,探查难度很大。尽管地质工作者开展了大量探索和工程实践,但查明断距小于3 m的断层、小的陷落柱、小的构造裂隙及采空区的详细空间形态和积水情况、瓦斯富集区域等,仍然有很大的难度。

2 加强陕西省煤矿隐蔽致灾因素普查的建议

(1) 领导要重视。各煤炭企业要高度重视,尤其是矿长要亲自抓,安全矿长和总工程师要组织制订隐蔽致灾因素探查规划,并组织实施,做到不探查不掘进、不开采,探查清楚后,要制订相应的技术措施,确保煤矿安全。

(2) 方法须得当。隐蔽致灾因素探查技术含量高,难度大,投入多,因此,煤矿企业要采用恰当的技术手段,充分发挥煤炭地质专业队伍优势,利用物探、钻探等多种方法优化组合,利用最少的投入达到最佳的地质效果。

(3) 探查有针对。隐蔽致灾因素普查工作要有针对性。具体到陕西省,渭北老矿区和陕北榆神府煤炭资源整合矿区,要重点开展以采空区探测为主的普查工作;黄陇侏罗纪煤田要开展以瓦斯富集区、小构造发育区为主的三维地震探测工作;渭北矿区还应该开展以底板承压岩溶水及导水通道为主的探测工作。

参 考 文 献

- [1] 彭苏萍,程爱国,李恒堂.煤矿安全高效开采地质保障体系[M].徐州:中国矿业大学出版社,2007.
- [2] 李学玲.揪出藏在煤层及岩层中的魔鬼[N].中国煤炭报,2014-01-15(3).

- [3] 张铁岗. 矿井瓦斯综合治理工程示范 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004.
- [4] 范立民, 张晓团, 王英. 陕西省煤矿瓦斯地质图图集 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012.
- [5] 范立民. 煤矿隐蔽致灾因素与探查 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2014.
- [6] 李米田, 张奋轩, 曹新领. 利用三维地震属性解释小构造 [J]. 陕西煤炭, 2012, 31 (6): 108 - 109 + 115.
- [7] 张晓英. 三维地震对小构造和异常区解释的应用 [J]. 陕西煤炭, 2013, 32 (6): 114 - 115.
- [8] 王英, 范立民, 安秀煜. 陕西省区域性瓦斯地质分带研究 [J]. 煤田地质与勘探, 2013, 41 (2): 12 - 15.
- [9] 靳德武, 刘英锋, 刘再斌, 等. 煤矿重大突水灾害防治技术研究新进展 [J]. 煤炭科学技术, 2013 (1): 25 - 29.

煤矿隐蔽致灾因素及探查技术

范立民

[陕西省地质调查院, 陕西 西安 710065; 陕西省地质
环境监测总站, 陕西 西安 710054]

摘 要 煤矿隐蔽致灾因素至少有 13 种, 即断层、节理、褶皱、陷落柱、顶板垮落、底板承压水、岩爆(冲击地压)、瓦斯、煤层自燃及发火、老空水、采空区有害气体、封闭不良钻孔和采动离层水。论述了隐蔽致灾因素的特点及致灾机理, 阐述了隐蔽致灾因素探测技术, 包括电磁法、地震勘探技术、钻探技术、测井及井下电视技术等, 提出了修订《煤、泥炭地质勘查规范》, 制定《煤矿隐蔽致灾因素探测技术规范》的建议。

关键词 矿井地质 探测技术 地质灾害 地质构造 隐蔽致灾因素

0 前言

2013 年, 我国原煤产量 36.8 亿 t, 消费量 36.1 亿 t, 在一次能源消费构成中, 煤炭长期保持在 70% 左右, 而且在短期内几乎很难改变这一构成。因此, 煤炭在我国能源安全中占据举足轻重的地位。然而, 我国煤矿灾害严重、煤矿事故多发。长期以来, 煤炭科技工作者作出了巨大努力, 仍然没有彻底遏制煤矿事故, 尤其是重特大煤矿事故。目前, 每年仍然有 2000 人左右死于煤矿事故。与发达国家比较, 我国煤矿安全仍然有很大的改进空间, 为了遏制煤矿事故, 保护矿工生命, 国家安监总局开展的煤矿隐蔽致灾因素普查调研指出, 据不完全统计, 在煤矿重大事故中, 与地质条件有关的各类重大事故占 80%。可见, 隐蔽致灾因素是煤矿重特大事故的最大隐患, 如果能够查明各类地质体的详细结构、构造及其空间特征, 有针对性地采取措施, 就可以大幅度地减少煤矿事故, 保护矿工生命安全。

本文系统地总结了煤矿隐蔽致灾因素的种类, 简要阐述了其探查技术, 提出了建议。

1 煤矿隐蔽致灾因素的种类

煤矿隐蔽致灾因素是指隐伏在煤层及其围岩内、在开采过程中可能诱发灾害的地质构造和不良地质体及其在采动应力耦合作用下形成的灾变地质体。

作者在《煤矿隐蔽致灾因素与探查》一书中认为, 隐蔽致灾因素至少有 13 种, 即断层、节理、褶皱、陷落柱、顶板垮落、底板承压水、岩爆(冲击地压)、瓦斯、煤层自燃及发火、老空水、采空区有害气体、封闭不良钻孔及油气井和采动离层水等(图 1), 这些因素有自然形成的, 也有人为形成的, 其共同特征是隐蔽性强, 难探测, 难预防。

1.1 地质构造类隐蔽致灾因素

1. 断层及致灾特点

基金项目: 国家重点基础研究计划(973 计划)“西部煤炭高强度开采下地质灾害防治与环境保护基础研究”(2013CB227900)。

作者简介: 范立民(1965—), 男, 山西曲沃人, 教授级高级工程师, 曾获 7 项省部级科学技术一等奖, 2011 年获国家科学技术进步二等奖(R2), 从事保水采煤研究与矿山环境地质工作。

断层是构造运动中广泛发育的构造形态。它规模不等，小的不足1 m，大的数百、上千千米，但都破坏了岩层的连续性和完整性。在断层带上往往岩石破碎，易被风化侵蚀。沿断层线常常发育为沟谷，有时出现泉或湖泊。按断层的位移性质分为：正断层、逆断层和平移断层。

断层是煤矿生产中最常见，也是影响煤矿生产效率和煤矿隐蔽致灾的最主要地质因素之一。断层不仅错断了煤层的连续性，影响采煤工作面的部署和机械化开采，也成为煤矿突水灾害的直接通道。

2. 褶皱及致灾特点

褶皱是煤矿常见的地质构造现象，褶皱是岩石中的各种面（如层面、面理等）受力发生的弯曲而显示的变形。它是岩石中原来近于平直的面变成了曲面而表现出来的。形成褶皱的变形面绝大多数是层理面；变质岩的劈理、片理或片麻理，以及岩浆岩的原生流面等也可以成为褶皱面；有时岩层和岩体中的节理面、断层面或不整合面，受力后也可能变形而形成褶皱。因此，褶皱是地壳上一种常见的地质构造。它在层状岩石中表现得最明显。有些褶皱的形成就像用双手从两边向中央挤一张平铺着的报纸，报纸会隆起，隆起得过高以后，顶部又全弯曲塌陷。这就说明了两种力对褶皱形成的作用：一是水平的压缩力；二是其自身的重力。另外，褶皱也并不都是向上隆起，褶皱面向上弯曲的称为背斜；褶皱面向下弯曲的称为向斜。一般褶皱很少由一种力量形成，往往是由多种力量造成的。有些褶皱并不明显，有些褶皱很显著。它们的大小也相差悬殊，大的绵延几千米甚至数百千米，小的却只有几厘米甚至只有在显微镜下才能看到。很多大的褶皱顶部因为表面被风化侵蚀掉而露出岩石的剖面，这样就可以清晰地看到褶皱的样子。

褶皱构造往往是瓦斯、地下水聚集的部位，煤矿开采到背斜附近时，瓦斯涌出量可能增大，甚至造成瓦斯突出。开采到向斜部位，矿井涌水量可能增大。因此，应该查明开采区域的褶皱构造及规模，预测瓦斯、地下水对煤矿安全的影响。

3. 节理及致灾特点

节理是岩石中的裂隙，其两侧岩石没有明显的位移，是没有明显位移的断裂。节理是地壳上部岩石中最广泛发育的一种断裂构造。通常情况下，节理受风化作用后易于识别，在石灰岩地区，节理和水溶作用形成喀斯特。

与断层一样，节理在采动条件下会沿着节理面裂隙扩展，成为瓦斯涌出、矿井突水的通道，可形成煤矿灾害。

1.2 自然地质体类隐蔽致灾因素

1. 陷落柱及致灾特点

岩溶是发育分布在石灰岩地层中，由流动的地下水进行长期的溶蚀作用而形成的。在石灰岩中古代溶洞非常发育，由于地下水的不断溶蚀，洞穴越来越大。在地质构造力和上部覆盖岩层的重力长期作用下，有些溶洞发生坍塌，这时覆盖在上部的煤系地层也随之陷落，于是煤层遭受破坏。由于这种塌陷呈圆形或不规则的椭圆形柱状体，因此叫陷落柱。

在陷落柱比较发育的地区，煤系地层中的煤层及其周围的岩石常遭到严重破坏，给煤矿生产造成了很大困难，主要表现在以下几个方面：

（1）破坏可采煤层，减少煤炭储量。由于陷落区的煤层遭到破坏而失去可采价值，使井田内的储量大大减少，造成缩短矿井服务年限和巷道提前报废的严重后果。

（2）降低采掘效率，提高生产成本。在开拓主要运输巷道时，如集中运输大巷、总回风巷、上山巷道、下山巷道时遇到陷落柱，为避免巷道拐弯，便于运输和通风，一般情况下按照原设计施工，



图1 隐蔽致灾因素种类