

晋城成庄煤矿陷落柱成因与差异升降运动

陈敬轶, 姚军朋, 张子敏, 张玉贵

(河南理工大学 瓦斯地质研究所, 河南 焦作 454003)

摘要: 晋城成庄煤矿岩溶陷落柱比较发育, 其中导水性陷落柱严重威胁着煤矿安全生产. 结合三维地震勘探、矿井水文地质等资料, 在分析成庄煤矿地层沉积史、区域构造演化史的基础上, 研究了晋城成庄煤矿岩溶陷落柱的成因, 认为陷落柱的形成是由奥陶系灰岩含水层的强径流溶蚀作用、地层旋回差异升降运动引起的. 对于裂隙发育的陷落柱, 陷落裂隙可能沟通强含水地层、地表水或采空区积水时, 矿井开采过程易引起突水事故.

关键词: 构造; 岩溶; 陷落柱; 差异升降运动

中图分类号: TD 163.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7332 (2006) 06-0465-04

0 引言

晋城成庄煤矿地处华北板块的中部, 井田内地层沉积比较稳定, 经历多次地壳升降, 地层差异升降显著, 部分陷落柱陷落高度达 75 m. 由于中奥陶系灰岩是华北煤田主要含水层, 具有较高的承压水头, 若柱体充填物的压实、胶结程度较差并受采动等外部因素影响, 陷落柱很可能成为奥陶系灰岩强含水层和含煤地层之间的联系通道, 对煤矿安全生产危害极大^[1].

2003年4月12日, 年产量为240万t的邢台东庞煤矿因陷落柱发生突水事故, 导致整个矿井被淹, 造成巨大经济损失^[2]. 目前, 虽然晋城成庄煤矿没有因陷落柱发生突水事故, 但存在严重的安全隐患. 通过研究陷落柱的形成过程, 结合三维地震勘探结果, 可以获得陷落柱发育裂隙沟通强含水地层、地表水或采空区积水的信息, 有利于在工作面回采前采取相应防护措施, 防止陷落柱引发导水事故, 保障矿井安全生产.

1 成庄煤矿地质构造及陷落柱分布特征

1.1 矿井概况及地质构造

成庄煤矿属晋城蓝焰煤业股份有限公司, 矿井设计生产能力为400万t/a, 服务年限为94a, 现在产量为600万t/a. 矿井位于沁水盆地东南部及太行山复背斜西翼沁水盆地的斜坡带上, 地壳相对稳定, 形成了稳定性好、厚度大的主采3号煤层^[3]. 井田内构造形态为单斜构造, 倾向NW, 倾角5~15°. 主体构造上发育着波幅不大、两翼平缓开阔的背、向斜褶曲, 伴有少量落差小、伸展不长的高角度正断层. 矿井总体构造简单, 但陷落柱广泛发育, 多隐伏于地表以下.

1.2 陷落柱分布特征

成庄煤矿陷落柱比较发育, 由三维地震勘探和已揭露的陷落柱可知, 在14.26 km²范围内发育有28个陷落柱, 密度达到2.03个/km². 图1所示为三盘区陷落柱分布状况. 矿井内陷落柱大部分隐伏在地表以下, 广泛出露于可采及局部可采3号、5号、9号、15号煤层, 少数发育在主采3号煤层下部. 有的长轴达200 m, 陷落高度由20~75 m不等, 出露于3号煤层的平面形态为椭圆面, 空间为圆锥状. 陷落柱岩性特征为: 岩石成分混杂, 未胶结或弱胶结, 无分选性, 岩石碎块呈棱角状, 形

收稿日期: 2006-09-02; 修回日期: 2006-09-22

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (50534070)

作者简介: 陈敬轶 (1980-), 男, 河南夏邑人, 从事瓦斯地质理论与应用方面的研究.

E-mail: zyg@hpu.edu.cn

状不规则, 排列杂乱. 陷落柱长轴为 EW 向、NW 向、NNE 向, 与区内断层走向主体一致.

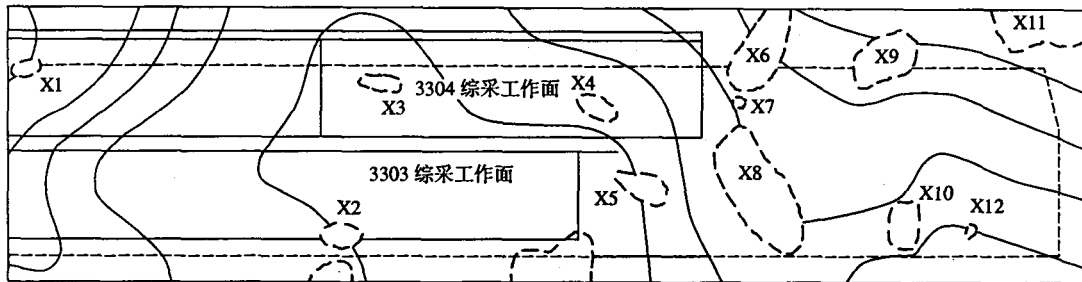


图 1 三盘区陷落柱分布示意

Fig. 1 Scatter diagram of subsided columns in No.3 panel

陷落柱及编号: 煤层底板等高线: 盘区分界线: 工作面界线

部分导水性陷落柱内垮塌的岩块会造成层位错动, 引起断裂发育. 如果发育的构造裂隙沟通含水地层、地表水或采空区积水, 渗入陷落柱的过水通道, 就会引发突水事故, 影响矿井正常生产, 造成巨大经济损失.

2 陷落柱成因机理研究现状

目前陷落柱的成因机理研究还不太成熟, 一般认为: 陷落柱是可溶性岩层 (如石灰岩、白云岩、石膏等), 在地下水强径流作用下, 经过漫长的历史时期, 被溶蚀形成空洞、孔隙或裂隙; 随着溶蚀作用加强, 空洞不断增多、扩大, 受重力和构造力影响, 最终导致上部岩层因失去支撑垮塌陷落而形成的一种特殊地质构造. 它是岩石的水化学作用、机械搬运作用、应力作用、构造运动等诸因素综合作用的结果^[4-7].

陷落柱空间形状一般表现为上小下大的锥体, 基本与岩层层面垂直, 在平面上多呈圆形或椭圆形. 根据陷落柱出露程度可分为通天柱 (陷落柱出露于地表, 上覆地层全部塌陷) 和隐伏柱 (陷落柱下部地层塌陷, 上部地层无明显变化).

3 成庄煤矿陷落柱成因分析

3.1 陷落柱形成的前提条件——岩溶活动

由水文地质条件分析可知, 石炭系太原组地层夹有 K_2 , K_3 , K_4 , K_5 等石灰岩, 一般厚度为 2~10 m, 为太原组主要含水层; 二叠系山西组地层以 K_8 及 3 号煤层顶板等砂岩为主要含水层; 石盒子组出露于井田西部, 以 K_8 , K_{10} , K_{12} , K_{13} 等砂岩为主要含水层. 三维地震勘探结果表明, 陷落柱的陷落高度远远超过上述含水层厚度, 并且大部分含水层地下水的补、径、排条件不强, 富水性弱, 虽然揭露的 15 号煤层顶板 K_2 石灰岩含水层涌水点较多, 富水性相对较强, 但厚度一般为 9~10 m, 也不足以形成落差达 40~70 m 的陷落柱, 因为较薄的石灰岩地层很难形成较大的岩溶空洞.

地质勘探资料显示, 对陷落柱形成影响较大的地层应为奥陶系中统地层. 晋城成庄煤矿奥陶系主要由中、下马家沟组及峰峰组组成, 含水层主要为马家沟组, 属海相稳定型沉积, 出露于井田东侧, 富水性较强. 在太行山西翼, 奥陶系中统地层总厚度高达 1 000 m 以上; 灰岩大面积出露形成补给区, 受水面积广. 如果岩溶空洞达到一定程度, 在构造应力和上覆地层重力共同作用下, 可以形成落差大于 70 m 的陷落高度; 可见, 奥陶系灰岩是形成陷落柱岩溶空洞的主要地层.

3.2 陷落柱形成的主控因素——地壳差异升降

早古生代中国北方几乎全部被海水淹没, 中奥陶系后, 受加里东运动的影响, 上升为陆地, 因此广泛缺失志留系、泥盆系地层. 古生代中期, 即从石炭系中、上统开始, 在南侧的秦岭—昆仑板块的俯冲碰撞作用下, 成庄煤矿所在区域发生沉降, 形成了半封闭式的海陆交互相至海陆盆地^[8]. 古生代晚期、新生代早期, 华北陆块完成了与扬子古陆的拼合对接, 华北陆块全部隆起, 接受陆相沉积.

三叠系时期,华北陆块继续受到西伯利亚板块和扬子古陆的南、北推挤作用,库拉-太平洋板块开始向欧亚板块俯冲,表现为大幅度的差异升降^[9]。

燕山期,由于燕山运动的活动中心位于我国东部,大体以太行山为界,中、西部地区以相对稳定隆起为特征,主要的构造体系、山系和沉积盆地在这以前已经形成并一直延续至今;东部地区则表现为强烈的活动性,出现了多期次、多体系的断裂活动并伴有大规模的岩浆侵入与火山喷发^[8]。燕山早、中期,华北板块继续受到库拉-太平洋板块多次俯冲,并相对左旋走滑,发生了板块内造山活动,使华北陆块发生了强烈改造,地壳缩短形成了逆冲叠覆,出现了太行山隆起带。

燕山运动末至喜马拉雅运动早期,印度板块快速北移,由于欧亚板块的影响和西伯利亚板块径向挤压作用,中国大陆东部向太平洋离散,挤压作用逐步被拉张取代,华北陆块以裂隙为主,山西段隆表现为总体抬升^[9]。在这时期,中朝板块内变形比较微弱,板块内变形缩短速度只有 5.0 cm/a ,沉积地层形成速度为 14 m/Ma ^[10]。沁水盆地在新近纪快速隆升与青藏高原大幅隆升推挤作用有关^[11],晚新生代以来沁水盆地的隆升剥蚀至少在 $3\ 000\text{ m}$ 以上^[12],地层垂向升降显著。

万天丰认为,基底断裂与弱化带的构造具有继承性,基底构造影响了盖层构造^[10]。成庄煤矿位于华北陆块中央,华北陆块是由最古老结晶基底形成的稳定克拉通,加里东、华力西、印支构造阶段虽受相邻的南北板块活动和大幅度差异性升降的影响,但基本上仍保留稳定状态^[13];所以,地幔的升降引起结晶基底和沉积盖层的升降。在印支期、燕山期、喜马拉雅期,尽管太行山受到强烈挤压、拉张的改造,但位于太行山西侧稳定隆起区域的成庄煤矿继承了下伏岩层的升降运动,这就为陷落柱的形成提供了必要的动力来源。成庄煤矿碎粒煤、糜棱煤^[14]厚度一般只有 $10\sim 15\text{ cm}$,分布不连续,只在局部褶曲部位发育,这说明水平应力对岩层的改造作用较弱,应力大小、方向的改变不足以使煤层发生大规模的剪切、拉张、错动,形成面积大、厚度大的构造煤分布。

3.3 成庄煤矿陷落柱形成过程分析

自中奥陶系后期开始,井田内地层一直处于上升状态,经历晚奥陶系、志留系、泥盆系及早石炭系长期风化剥蚀,直到中石炭系晚期才开始下降接受沉积。古生代后期,太平洋板块对中朝板块的俯冲,导致太行山隆起,地层又一次经历大面积剥蚀,致使太行山西翼大面积出露奥陶系灰岩,成为奥陶系含水地层的补给区,引起井田内奥陶系石灰岩地层的强径流,这为岩溶空洞的形成创造了条件。

在较长地质史的发展过程中,奥陶系中统马家沟灰岩不断受到构造应力及上覆沉积岩的改造,无论是应力大小还是方向,在历次构造运动中都有不同变化。图2所示:在构造应力和重力引起的地壳旋回差异升降作用下,岩层中大量裂隙不断发育,促进了奥陶系含水层强径流的形成,为地下水的溶蚀作用提供了有利条件。奥灰水动力循环长时间对可溶性岩石(灰岩、白云岩、石膏等)溶蚀,逐渐形成大量的裂隙或空洞,当其发育到一定程度,由于垂直构造应力作用,结晶基底整体抬升,基底结晶岩便对裂隙或空洞压实,造成上部岩石不受力或者受力非常小。随着多期构造运动的发生及大量切穿上覆岩层弱面的形成,在构造垂直作用力和上覆沉积岩重力共同作用下,弱面

两侧的地层试图同速率上升或下降,但弱面间的摩擦力不足以支撑足够大的叠加作用力,这就出现中间地层下降、周围地层相对上升差异升降的状况。当岩层体位错动到一定程度时,就会瞬间引起溶洞上部岩石跨落、塌陷,形成陷落柱;因此,成庄煤矿陷落柱的形成是溶蚀空洞上方弱面两侧地层长时间、多次性发生差异升降的结果。

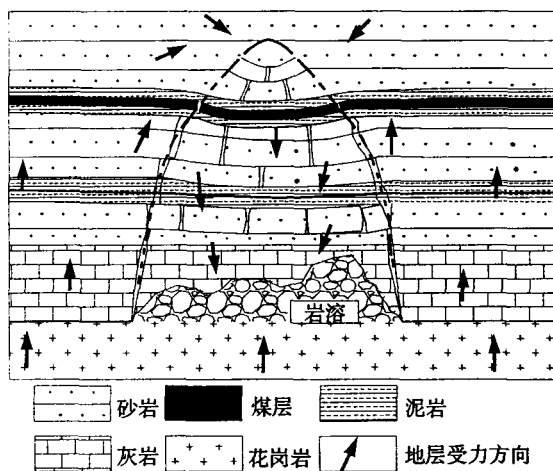


图2 陷落柱的形成示意

Fig.2 Diagrammatic sketch of subsided columns formation

4 结 论

对晋城成庄煤矿矿井地质、水文地质进行了分析,结合构造煤分布特征及矿区三维地震勘探结果,强调地层差异升降在陷落柱形成过程中的控制作用,特别是印支运动、燕山运动、喜马拉雅运动对陷落柱的形成起到巨大影响,这对陷落柱的导水性研究有一定指导作用.如果陷落柱的发育裂隙沟通强含水地层、地表水或采空区积水,就容易引发突水事故,矿井开采时应该采取相应措施加以预防.

参考文献:

- [1] 尹尚先,武强,王尚旭.华北岩溶陷落柱突水的水文地质及力学基础[J].煤炭学报,2004,29(2):182-185.
- [2] 刘建功,赵庆彪,白忠胜,等.东庞矿陷落柱特大突水灾害快速治理[J].煤炭科学技术,2005(5):4-7.
- [3] 梁国军,马二信,郑琳.晋城矿区含煤地层的沉积环境[J].焦作工学院学报:自然科学版,2002,21(2):94-97.
- [4] 艾劲松.三维地震勘探解释煤矿陷落柱及探采对比分析[J].河北煤炭,2005(4):3-4.
- [5] 司淑平,马建民,胡德西.煤系地层陷落柱成因机理与分布规律研究[J].段块油气田,2001,8(2):15-18.
- [6] 黄大兴,王永功.刘桥一矿陷落柱发育规律及含水性研究[J].中国煤田地质,2005,17(4):35-38.
- [7] 许龚颜.浅论陷落柱对煤矿生产的影响与提前探测[J].科技情报开发与经济,2006,16(6):279-280.
- [8] 钟筱春,赵传本,杨时中,等.中国北方侏罗系Ⅱ(古环境与油气)[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [9] 张子敏.中国华北地区煤层瓦斯形成和分布的地质背景[C]//张子戊,张子敏,罗开顺.瓦斯地质新进展.郑州:河南科学技术出版社,2001.
- [10] 万天丰.中国大地构造学纲要[M].北京:地质出版社,2004.
- [11] 李吉钧,文世宣,张青松,等.青藏高原隆升的时代、幅度和形式的探讨[J].中国科学:D辑,1979,9(6):608-616.
- [12] 任战利,肖晖,刘丽,等.沁水盆地新生代抬升冷却事件的确定[J].石油天然气地质,2005,26(1):109-112.
- [13] 程裕淇.中国区域地质概论[M].北京:地质出版社,1994.
- [14] 焦作矿业学院瓦斯地质研究室.瓦斯地质概论[M].北京:煤炭工业出版社,1990.

Subsided Columns Genesis in Chengzhuang Colliery, Jincheng and Differential Uplifting-Subsidence Movement

CHEN Jing-yi, YAO Jun-peng, ZHANG Zi-min, ZHANG Yu-gui

(Institute of Gas-geology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: Karst subsided columns greatly develop in Chengzhuang colliery, and some transmissibility subsided columns would badly threaten mining safety. By studying strata sedimentation history, regional tectonic evolution history, three-dimensional exploration data and hydrologic geology data etc, it has been brought forward that subsided columns formation is attributed to both dissolution and erosion of Ordovician water to lime rock and the differential uplifting-subsidence of strata in different structure stages. The subsided columns, which have crevices extending to the strata containing water, surface water and accumulating water gobs, have stronger transmissibility and easily give birth to water outburst accidents.

Key words: structure; karst; subsided column; differential uplifting-subsidence movement

(责任编辑 胡秀芳)