

新构造断裂对莱芜铁矿田中 岩溶地面塌陷的控制作用

刘建茂, 郑文忠

(天津市勘察院, 天津 300191)

摘 要: 莱芜铁矿田中, 一般情况下地表水、第四系潜水与岩溶水无水力联系, 地表无塌陷产生, 只有在新构造断裂发育的地段, 才有可能产生岩溶地面塌陷。而在这些地段, 灰岩顶部岩溶裂隙发育的程度, 覆盖层结构, 地表水、第四系潜水与岩溶水的水力联系均有新构造断裂控制, 而这几方面正是岩溶地面塌陷产生的必要条件, 所以, 莱芜铁矿田中的岩溶地面塌陷由新构造断裂控制。

关键词: 山东省; 莱芜铁矿田; 新构造断裂; 岩溶塌陷; 天窗; 第四系渗漏区

中图分类号: P641.134; X143 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2002)04-0282-05

1 铁矿田地质概况

莱芜铁矿田位于山东莱芜盆地中部, 矿田内分布十几个不同规模的夕卡岩型磁铁矿床。从 20 世纪 70 年代开始, 由于人为及天然因素造成岩溶水的水位下降, 矿田内某些地段相继出现了 69 处岩溶地面塌陷, 造成部分农田毁坏, 房屋开裂倒塌, 迫使大批居民搬迁, 更为严重的是雨水及河水可能通过塌陷坑渗入矿坑, 直接影响采矿的安全。

铁矿田地层。自上而下分布有第四系砂砾石层、第三系红色砂砾岩、奥陶系中统灰岩。另外还有燕山期侵入的闪长岩体。第四系砂砾石层及奥陶系中统灰岩分别为孔隙潜水含水层和岩溶裂隙含水层。两含水层间被第三系红色砂砾岩隔水层相隔, 一般不存在水力联系。

铁矿田新构造断裂。新生代以来, 断陷盆地内新构造活动强烈, 盆地持续大幅度下沉, 接受了巨厚的第三系沉积, 同时产生了一系列新构造断裂。这些新构造断裂是对新生代以前的断裂构造的继承、复活或叠加。主要表现为: 这些新构造断裂同时切断了古生代、中生代及新生代地层。

铁矿田内新构造断裂以 NEE, NNE 断裂为主。主要有柳行沟—封丘断层(F₄), 方下—冶河断层(F₅), 牛王泉—茂盛堂断层(F₆), 杜官庄—牛王泉断

层(F₇), 张公清断层(F₈), 鸛鸽楼—西泉河断层(F₁₃)及 F₁₁, F₁₂ 断层等。这些断裂均为高角度正断层, 倾角 > 70°, 切断了第三系红色砂砾岩(图 1)。

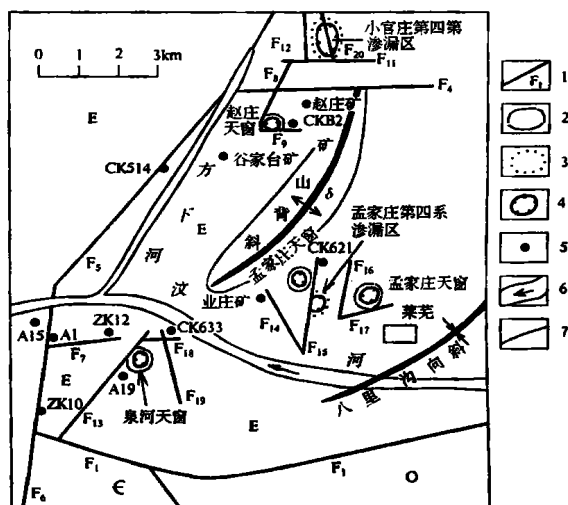


图 1 新构造断裂与岩溶塌陷关系略图

Fig. 1 Sketch showing relationship between Neotectonic faults and karst sinks

1. 断层及编号 2. 天窗 3. 第四系渗漏区
4. 塌陷 5. 钻孔及编号 6. 河流及流向 7. 地质界线

2 新构造断裂对岩溶塌陷的控制作用

众所周知, 形成岩溶塌陷的必要条件是: 岩溶水

覆盖层结构疏松、灰岩顶部岩溶裂隙发育、地表水及第四系潜水丰富、且与其下的岩溶水沟通。

2.1 新构造断裂控制岩溶水覆盖层结构

铁矿田内奥陶系中统灰岩岩溶水的覆盖层由第三系及第四系构成。

第四系由冲积、洪积砂砾层组成。为孔隙潜水含水层,一般厚度 10~15 m,分布广泛,几乎覆盖了整个铁矿田,凡有塌陷的地段均有第四系砂砾层的分布。此层结构疏松,孔隙率为 0.362~0.434,接受大气降水及地表水补给,故含水丰富,渗透系数一般为 65~229 m/d,水质类型为 $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ 水,矿化度 0.1~0.3 g/L。这种结构疏松、含水丰富、厚度不大的地层,若与下覆岩溶水发生水力联系,当岩溶水在人为及自然条件下急剧下降时,就极易产生塌陷。

第三系为砂砾岩,除“天窗”处缺失外,遍布整个铁矿田。第三系一般厚 100~200 m,矿田北部最厚达 500 m。据抽水资料,单位降涌水量 (q) =

0.000 17~0.000 028 L/s · m, 渗透系数 $K = 0.000\ 251\sim0.000\ 032\ \text{m/d}$ 。该层含水性极弱,属于隔水层。一般情况下,该层结构完整,隔水性良好,在新构造断裂发育地段,其缺失或完整性遭到破坏,就失去隔水性,形成“天窗”和第四系渗漏区。

2.1.1 新构造断裂形成了“天窗”

所谓“天窗”,是第三系缺失或厚度 < 30 m,第四系潜水层与岩溶水产生水力联系的地段。铁矿田内 80% 的塌陷集中在赵庄天窗、孟家庄天窗、泉河天窗内。

勘探资料证明,3 个“天窗”的形成原因均为新构造断裂所致。

赵庄天窗:由于新构造断裂赵庄断层(F_9)、张公清断层(F_8)、孟公清断层(F_{20})在此交汇,中间有奥陶系中统灰岩断块的凸起,因此第三系在此缺失变薄形成的(图 1)。

孟家庄天窗:由 F_{14} , F_{15} , F_{16} , F_{17} 等 4 条新构造断裂作用而构成(图 2,图 3)。

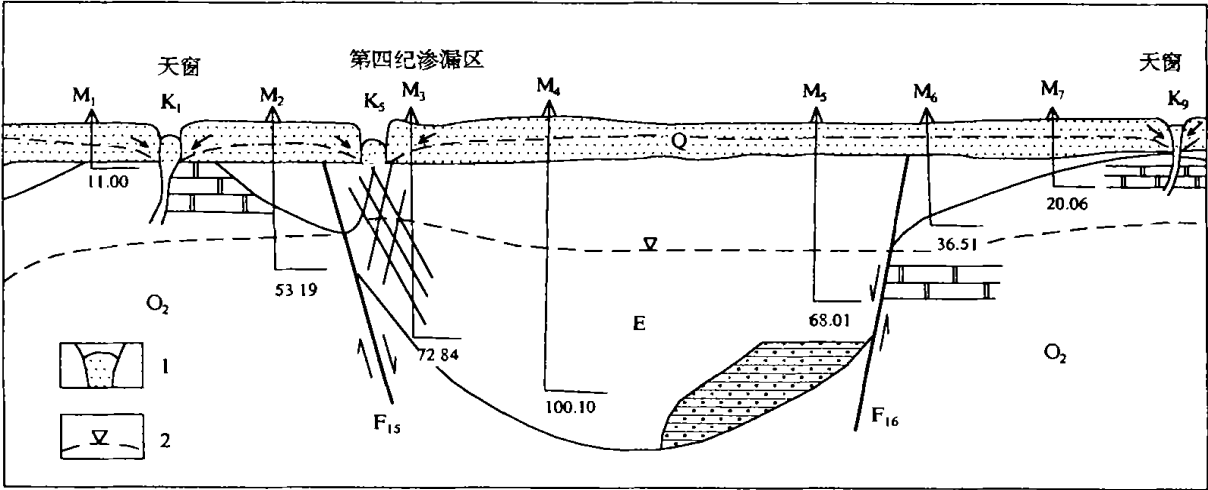


图 2 孟家庄天窗及第四系渗漏区塌陷形成示意图

Fig. 2 Sketch of Mengjiazhuang karst window and Quaternary sinking area

1. 塌陷坑 2. 灰岩水位

泉河天窗:是由新构造断裂 F_{13} , F_{18} 及 F_{19} 共同作用而形成(图 1)。

2.1.2 新构造断裂破坏了第三系的完整性

第三系厚度 > 30 m,但其完整性被新构造断裂破坏,起不到隔水作用,新构造断裂带形成导水通道,使第四系潜水层与岩溶水发生水力联系,形成了第四系渗漏区,铁矿田内近 20% 的塌陷集中在其中。孟家庄第四系渗漏区就是一例。

孟家庄第四系渗漏区,第三系厚度 > 60 m,局部厚达 181.2 m,其完整性被新构造断裂 F_{15} 破坏,断裂沟通了第四系潜水与岩溶水的水力联系而形成渗漏

区(图 2)。

“天窗”和第四系渗漏区是土洞形成和发育的场所,为岩溶地面塌陷创造了第一必要条件。

2.2 岩溶裂隙沿新构造断裂发育

铁矿田内的岩溶是经历了较长的地质时期而形成的。无论什么时期,岩溶总是沿构造断裂发育的,而新构造断裂是对以往断裂的继承复活叠加而成的,所以,古岩溶及近代岩溶都沿新构造断裂发育。

勘探钻孔资料证明,沿新构造断裂带的岩溶裂隙发育(表 1)。

表 1 新构造断裂附近的钻孔岩溶裂隙发育情况统计表
Table 1 Fracture statistics of drill hole near Neotectonic fault

指 标	面岩溶率(km)	线岩溶率(kx)	线溶洞率	岩溶发育上限(m)	备 注
铁矿田 87 孔(平均值)	1.27	0.917	0.55		
赵庄天窗 F ₉ , F ₈ 断层	CKB ₂	26.00	34.60	30.80	塌陷 18 处
	CKB ₃		8.02		
	ZK ₄	孔深 79.42~295.69 m 岩溶发育, 洞高 3.97m			
泉河天窗 F ₁₃ 断层	A ₁₀	孔深 17.98~26.83 m 岩溶发育, 50.67~64.2 m 为 13.52 m 高的溶洞			塌陷 12 处
	A ₁₁	孔深 10.55~34.06 m 岩溶发育			
	A ₁₉	孔深 20.0~29.0 m 岩溶发育, 23.89 m 涌沙			
F ₁₅ 断层	CK ₆₂₁	孔深 141.29 m 以下溶洞特别发育			塌陷 5 处
孟家庄天窗 F ₁₄ , F ₁₅ , F ₁₆ , F ₁₇ 断层		岩溶发育钻孔均有漏水漏浆现象			塌陷 8 处

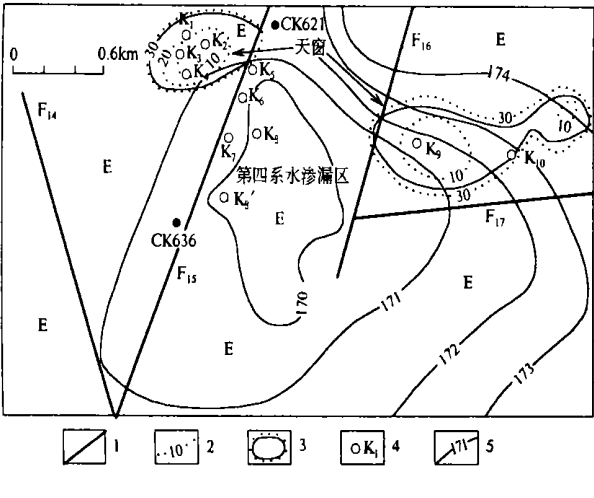


图 3 孟家庄天窗新构造断裂略图

Fig. 3 Sketch of Mengjiazhuang karst window and Neotectonic fault
1. 断层 2. 第三系厚度 3. 天窗
4. 塌陷坑及编号 5. 第四系潜水等水位线

赵庄断层(F₉)北侧的 CKB₂ 孔一带正处于赵庄天窗范围内(图 1),这一地段的第三系厚度很薄或者缺失。天然状态下,第四系潜水位高于岩溶水水

位;由于第四系潜水长期下渗补给岩溶水,促进了灰岩顶部近代岩溶的不断发育,如 CKB₂ 孔深 2.75 m 即见溶洞,孔深 30.93 m,发育有 9 个溶洞,总高度 9.54 m。

图 1 中的沿 F₆, F₇ 等新构造断裂的岩溶裂隙均很发育。ZK₁₂ 孔发育有 9.83 m 高的溶洞, A₁₀ 孔溶洞高达 13.52 m。

溶洞及裂隙为排泄冲蚀物质提供了通道及空间,为岩溶地面塌陷创造了第二必要条件。

2.3 新构造断裂沟通了第四系潜水与岩溶水的水力联系

第四系潜水与岩溶水之间普遍存在第三系砂砾岩隔水层,绝大部分地段二者之间没有水力联系。只是在新构造发育地段,第三系地层缺失或变薄,其完整性被断裂破坏,二者才产生水力联系。天然状态下,二者因地而异,为互补关系;人为情况下,当岩溶水下降时,第四系潜水补给岩溶水。这为塌陷的产生提供了动力来源,为岩溶地面塌陷创造了第三必要条件。(表 2)

表 2 岩溶水、第四系潜水及地表水三水联系程度对比表

Table 2 Linkage of karst water, Quaternary ground water and surface water at individual places

时 间	地 点	岩溶水水位	第四系潜水水位	地表水	三水联系程度
1973 年顾家台铁矿双主井抽水试验及 1978 年赵庄铁矿矿坑突水	赵庄天窗	下降	下降	干枯	密切
1975 年业庄铁矿井下放水试验	孟家庄天窗及第四系渗漏区	下降	下降	干枯	密切
	泉河天窗	下降	下降	干枯	密切
1978 年夏季大旱	孟家庄第四系渗漏区	下降	下降	干枯	密切

2.4 岩溶水水位下降引起岩溶地面塌陷
通常情况下,岩溶水与第四系潜水为互补关系;

人为及天然因素,使岩溶水水位下降至第四系地层底板以下一定深度时,在天窗及第四系渗漏区内就

会产生塌陷。这为岩溶地面塌陷的产生提供了充分 条件。

表 3 岩溶地面塌陷时岩溶水水位与第四系地层底板标高对比表
Table 3 Comparison of substrate elevation of Quaternary strata and karst
water table at surface collapse

位 置	赵 庄 天 窗	孟家庄天窗	泉河天窗	孟家庄第四系渗漏区	
抽放水时间地点	1973. 11. 8～1974. 2 顾家台铁矿双主井抽水试验	1978. 1 赵庄铁矿矿坑突水	1975 年业庄铁矿井下放水试验		
塌陷开始时间	1973. 11. 24	1978. 4. 1	1975. 9. 1		
A . 岩溶水水位(m)	165. 095	150. 138	143. 986	146. 964	143. 986
B. 第四系地层底板标高	168. 521	168. 521	168. 521	158. 521	158. 521
A 与 B 差值(m)	3. 426	18. 383	24. 535	11. 557	14. 535
塌陷个数	17	1	8	12	5

综上所述, 在天窗及第四系渗漏区内, 上覆有适
宜冲蚀的土体—— 经新构造断裂破碎的第三系及第
四系, 其下有排泄储存冲蚀物的空间—— 岩溶洞隙,
中间有新构造断裂沟通上下水的联系。

地表水及第四系潜水与岩溶水相互沟通, 相互
补给, 当地下水频繁升降于岩土交界面附近, 或人为
地改变地下水动力条件时, 如在自然或人为条件下,
当岩溶水水位急剧下降时, 一方面上覆土层失去浮
力及顶托力, 造成土层的有效应力增大(增量为 r_wz ,
 r_w 为水的重度, z 为岩溶水下降的幅度), 加上岩溶
水在下降过程中产生的承压潜蚀, 即对上覆第四系
土层和充填在岩溶裂隙中的充填物进行冲蚀、掏空,
并将土颗粒带走。同时岩溶洞隙内有压水转为无压
时, 其中水面以上空间出现了低气压即真空, 瞬间诱
导出的能量, 对覆土层内部结构产生强烈而迅速的
吸吸、液化、旋吸、掏空或搬运等破坏作用, 形成真空
吸蚀。另一方面, 地表水及第四系潜水就沿这些地段
大量补给岩溶水, 在补给过程中, 地表水及第四系潜
水由水平运动变为垂直运动, 地下水流速和坡降增
大、水动力增加, 从而对第四系和第三系裂隙中的充
填物产生重力潜蚀。两方面的共同作用使覆盖层的
细粒物质被流动的水带走, 遂使土洞形成, 随着土洞
顶部土体不断剥蚀坍塌, 洞体逐渐向上迁移, 一旦洞

顶土体失去自拱力, 地面塌陷就产生了。

3 结论

- (1) 岩溶水覆盖层结构, 岩溶的洞隙发育, 地表
水、第四系潜水与岩溶水有水力联系, 构成岩溶地面
塌陷的 3 个必要条件。而新构造断裂对这 3 个必要
条件起控制作用。故新构造断裂对岩溶地面塌陷起
控制作用, 是塌陷产生的必要条件。
- (2) 岩溶水水位降至第四系底板以下一定深度
是产生岩溶地面塌陷的充分条件。
- (3) 只有二者具备, 岩溶地面塌陷才有可能产
生。

参考文献:

[1] 肖楠森. 新构造分析及其在地下水勘察中的应用[M]. 北京: 地
质出版社, 1986.
[2] 康彦仁. 岩溶地面塌陷的形成条件[J]. 中国岩溶, 1988, 7(1).
[3] 赵勇华. 试论泰安路基塌陷与稳定性分区[J]. 中国岩溶, 1985,
4(1, 2).

NEOTECTONIC FAULT CONTROL ON KARST SINKING IN LAIWU IRON ORE FIELD

LIU Jian-mao, ZHENG Wen-zhong

(Tianjin Survey and Exploration Institute, Tianjin, 300191, China)

Abstract: In general surface water, Quaternary ground water and karst water are not hydraulically linked with each. Other in Laiwu iron ore field. However karst sinking at surface takes place in places where neotectonic faults are developed. In such areas karst development at top of limestone, structure of the burden sediments hydraulic linkage of surface water, Quaternary ground water and karst water are controlled by Neotectonics and they are the prerequisite for surface karst sinking. Thus surface karst sinking in Laiwu iron ore field is controlled by Neotectonics.

Key words: Shandong province; Laiwu iron ore field; Neotectonic fault; karst sinking; karst window; Quaternary sinking area

地质与资源》2003 年征订启事

《地质与资源》是由国土资源部主管、沈阳地质矿产研究所主办的地学类科技期刊, 国内外公开发行, 刊号 ISSN 1671-1947/ CN 21-1458/P。

本刊创刊于 1992 年, 曾名《贵金属地质》, 在广大热心读者和作者的支持下, 为我国贵金属地质科学研究和生产实践作出了应有的贡献。本刊已被“中国期刊网”、“中国学术期刊(光盘版)”及“万方数据——数字化期刊群”全文收录, 为“中国科学引文数据库”、“中国学术期刊综合评价数据库”和“中国科技论文统计源”来源期刊, 并被著名国际检索机构美国《化学文摘》(CA) 和俄罗斯《文摘杂志》() 所收录, 成为在国内外具有广泛影响的学术刊物。

为顺应形势发展需要, 为配合新一轮国土资源大调查战略部署, 经科学技术部批准, 本刊于 2000 年更名为《地质与资源》。

《地质与资源》将继续坚持为读者服务、为作者服务的办刊宗旨, 跟踪地质学世界前沿问题, 全面反映地质调查工作的最新成果, 同时充分报道国内外地质与资源研究领域的现状、水平、发展趋势, 面向广大从事地质科学研究、生产、教学及管理人员, 为读者提供更大的信息量, 为作者提供更广阔的论坛。《地质与资源》设置以下栏目: 区域地质调查、矿产资源评价、水文·工程·环境·生态地质、贵金属地质、综述、方法与应用、问题讨论、国外研究动态等。欢迎各界读者踊跃订阅。

《地质与资源》为季刊, 每季末月 25 日出版, 每册定价 9.00 元, 全年 36.00 元(含邮费), 订阅者请向本刊编辑部索取订单, 订购款一律邮汇。

《地质与资源》编辑部地址: 沈阳市北陵大街 25 号, 邮政编码: 110033

电话: 024-86855263, 传真: 024-86843124, E-mail: gjsd@chinajournal.net.cn