

## 莱芜市泉河地区岩溶塌陷特征及成因分析

刘妍芬,王振涛,高峰,于德杰

(山东省地质环境监测总站,山东 济南 250014)

**摘要:**在20世纪80年代以来,莱芜市泉河地区发生多起岩溶塌陷,而且岩溶塌陷的发生具有突发性、重复性。在已有研究成果的基础上通过现场调查,系统总结了莱芜市泉河地区岩溶塌陷特征,即岩溶塌陷的形成与分布在空间上具有方向性,在时间上具有阶段性与集中爆发期。岩溶塌陷发育情况、覆盖层条件和水文动态资料综合分析结果表明,莱芜市泉河地区岩溶塌陷是区内水动力条件的改变造成的。

**关键词:**岩溶塌陷;发育现状;塌陷特征;成因分析;莱芜泉河

**中图分类号:**P642.25

**文献标识码:**B

莱芜市泉河地区岩溶塌陷主要分布于西泉河村东侧及东南冲沟附近,呈NNW向,南北长1000 m,东西宽100~300 m。1975年叶庄放水实验,在冲沟及其两侧发生塌陷16处。进入20世纪80年代以来,由于大量开采地下岩溶水,再加上南部鄂庄煤矿和榭林电厂的废水排放,加剧了该处的塌陷。自1975年开始塌陷至今,区内共塌陷60余处,塌陷坑呈筒状,坑口以圆形、椭圆形为主。塌陷多具突发性,一般是雨天或雨天过后,在塌陷范围内重复出现塌陷<sup>[1]</sup>。

## 1 地质环境背景

研究区地形平坦,地貌为山前冲洪积平原。区内多年平均降水量697.3 mm,年最大降水量1236.9 mm,降水多集中在6—9月份,占全年的75%左右。区内主要河流为汶河,多年平均流量8.29 m<sup>3</sup>/s。历年最大流量2920 m<sup>3</sup>/s,历年最小流量0.04 m<sup>3</sup>/s。

研究区地层由老至新依次为奥陶纪马家沟组、石炭纪本溪组、古近纪大汶口组及第四纪。泉河地区附近主要断裂构造为侯家沟东断层及泉河断层。

研究区位于赵庄-牛王泉水文地质单元内,为裂隙岩溶水的富水地带。南部寒武系、奥陶系广泛分布,地表岩溶发育,多为溶沟、溶槽和溶蚀裂隙,可直接接受大气降水和山间溪流地表水的入渗补给。岩

溶水接受大气降水的补给作用强烈、迅速,是区内裂隙岩溶水的主要补给来源。受岩层倾向控制,地下水顺岩层倾向,由南东或南向北西或北径流(图1)。流经EW向断裂及塔子-石门官庄EW向压性断裂南侧受到阻拦,通过杜官庄-牛王泉断裂和侯家沟断裂东侧裂隙岩溶发育带穿越EW向压性断裂,经八里沟向斜西南端岩溶发育的浅埋藏中奥陶世灰岩进入泉河地区。岩溶水的主要排泄途径为顶托排泄和人工开采排泄。古近纪地层是岩溶水的隔水顶板,也是第四纪孔隙水的隔水底板,割断了岩溶水与孔隙水的水力联系。在地形低洼处灰岩隆起,古近纪隔水岩层缺失或者较薄部位,岩溶水与孔隙水具有密切的水力联系,以泉的方式溢出地表。

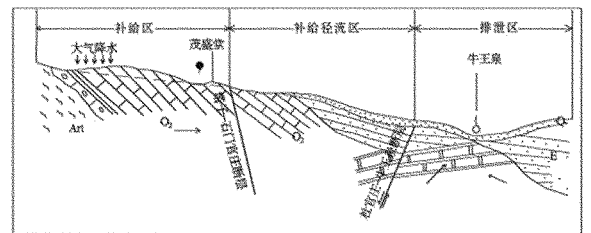


图1 莱芜泉河地区水文地质单元地下水运动示意图

## 2 岩溶塌陷发育现状

岩溶塌陷现象主要集中在西泉河村东侧及东南冲沟附近。奥陶纪灰岩上覆较薄的第四纪松散层或

\* 收稿日期:2012-08-29;修订日期:2012-09-16;编辑:孟舞平

作者简介:刘妍芬(1983—),女,山东威海人,助理工程师,主要从事环境地质及地质灾害防治工作;E-mail:wangzhentaosd@163.com。

中间夹薄层古近纪砂岩。西泉河地区自 1975 年开始塌陷至今,共塌陷 60 余处,塌陷坑呈筒状,坑口以圆形、椭圆形为主,塌陷面积约 3 000 m<sup>2</sup>(图 2),塌陷坑最大直径 35 m,最大深度 12 m。塌陷坑多分布在村东南冲沟和农田内。有些塌陷坑已被充填,有些仍保留,保留的塌陷坑情况见表 1。

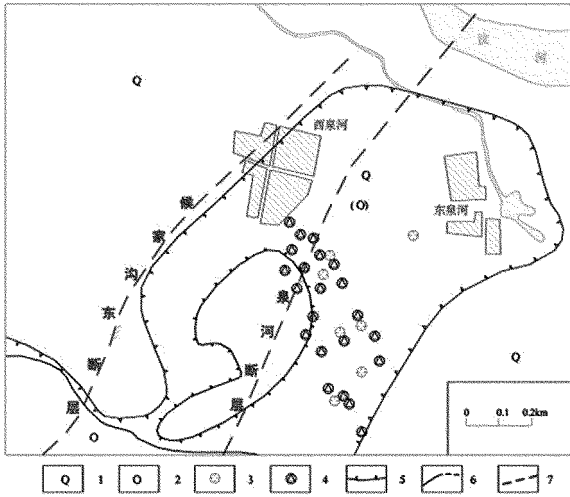


图 2 泉河地区地质环境图

1—第四系;2—奥陶系;3—现存塌陷坑;4—古塌陷;5—古近纪地层缺失分界线;6—实测及推测地质界线;7—推测断层

表 1 西泉河地区岩溶塌陷坑基本情况

序号	塌陷坑情况
1	塌陷坑近似圆形,长 7.7m,宽 6m,深 1.5m。塌陷时间 2009 年秋雨后
2	塌陷坑呈圆形,直径 2m,深 0.5m。塌陷时间 2009 年
3	塌陷坑呈圆形,坑口长 5m,宽 4.7m,现状深度约 0.1m。塌陷时间 2008 年
4	塌陷坑呈方形,长约 25.5m,宽约 25m,塌陷时深度约 2.3m。塌陷时间为 2007 年
5	塌陷坑呈长方形,长 17m,宽 5m,深 2m。塌陷时间 2009 年
6	塌陷坑呈葫芦形状,长 10m,最宽处 3m,深 1.5m。塌陷时间 2009 年
7	塌陷坑成圆形,坑口直径约 3.5m,塌陷时间 2009 年 7 月 13 日
8	塌陷坑直径约为 1.2m,深约 0.5m,塌陷时间 2008 年 5 月 9 日

### 3 岩溶塌陷特征

#### 3.1 塌陷的突发性

岩溶塌陷多具突发性,塌陷前大多无明显征兆,塌陷过程短,从发生到终止仅几个小时。如 1996 年农历 6 月 10 日下大雨,午后 1 点多钟,西泉河村有 10 户居民的院内或者房内发生突发性塌陷,村东南冲沟及其两侧发生十几处塌陷。其中村民刘永利家出现一直径 7.0 m,深 4.0 m 的塌陷坑,致使牛栏房

全部淹没,窖子里的 1 000 多千克土豆埋至于内。2000 年农历 8 月 11 日雨后,西泉河村突现多处塌陷坑,其中最大塌陷坑直径约 5 m,深 6 m。致使多家房屋突然陷落,房内物品多陷于坑中。

#### 3.2 塌陷的重复性

岩溶塌陷一般是雨天或雨天过后,在塌陷范围内重复出现塌陷。如西泉河东南部的田地中,1998,1999,2000,2001,2008,2009 年多次发生岩溶塌陷。再如西泉河村南 500 m 小河沟内的 2 处岩溶塌陷坑,自 1999 年至今已经发生了 3 次塌陷。

### 4 岩溶塌陷的分布规律

#### 4.1 空间分布

已发生的塌陷主要分布在侯家沟东断裂以东、泉河断裂以东,西泉河村东南冲沟附近。第四纪松散层多直接与下伏的裂隙岩溶较发育的奥陶纪灰岩直接接触或分布厚度不足 10 m 的古近纪红色砂岩。

#### 4.2 时间分布

泉河地区岩溶塌陷发生的季节性较为明显,据调查统计,80%以上的塌陷集中发生于每年汛期(6—9月)的较大降雨中或雨后的一段时期内。如 2000 年莱芜市共发生岩溶塌陷 15 处,其中 8 月份发生 12 处(暴雨中发生 10 处),占全年岩溶塌陷总量的 80%(图 3)。

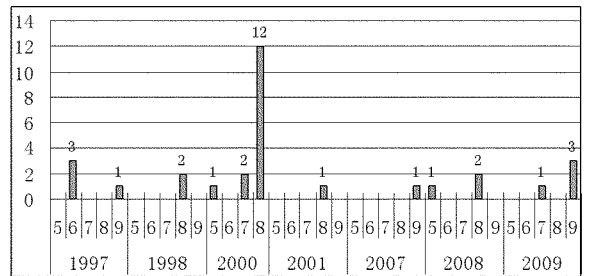


图 3 泉河地区岩溶塌陷发生时间统计

### 5 岩溶塌陷成因分析

#### 5.1 松散盖层岩性特征及厚度

研究区松散盖层为第四纪松散堆积物和厚度较小的古近纪砂页岩。其中古近纪砂页岩厚度较薄,一般小于 5 m,岩性主要为砂岩,胶结程度差。第四纪松散堆积物以粘质砂土为主,其次为中细砂,易被水流带走,产生潜蚀作用生成土洞。松散盖层厚度

对塌陷产生具有明显的影响<sup>[2]</sup>, 该区岩溶塌陷区松散盖层厚度小于 10 m 的占多大数, 厚度 10~30 m 的塌陷数量较小, 而厚度大于 30 m 的仅零星出现。

## 5.2 可溶岩发育程度

研究区浅部岩溶洞隙的地下水活动频繁交替强烈, 连通性好, 成为岩溶塌陷物质的储存空间和运移通道。泉河地区在灰岩顶板之下 30 m 范围内, 多数钻孔可见溶洞且多呈半充填状, 溶洞厚度可达 2 m, 为地下水强烈活动和塌陷物质的运移提供了有力的空间<sup>[3]</sup>。

## 5.3 地下水动力条件

研究区岩溶水位平均埋深低于灰岩顶界面 2 m 左右, 近年岩溶塌陷多发生在每年汛期的较大降雨中或雨后的一段时期内, 这表明该区除受矿山大强度排水而引发岩溶塌陷外, 大多数塌陷实际上是土洞早已存在, 而塌陷则是在土洞形成后相当长时间内陆续多次发生, 其原因除了受土洞上覆土体自重压力影响外, 洞内气压变化亦不容忽视。这是因为当岩溶水水位长期稳定在灰岩顶界面以下某个水平面时, 由于大气的补充进入, 岩溶腔和土洞内部与地面处于气压相对平衡状态, 因而地下水对松散盖层产生的潜蚀作用较弱。但当遭到强降雨及其以后一段时间, 雨水入渗使盖层土体含水量增高, 土体孔隙率减少透气性变差。在土洞或岩溶空腔内, 地下水加速流动将空腔内气体带走, 由于土体封闭好, 外界空气补给不及时, 而造成空腔内气压降低, 另外地下水水位的下降使空腔体积变大, 气体变稀薄, 同样引起腔内气压下降<sup>[4]</sup>。而此时岩溶水位呈高低变化的状态下(雨季强降雨及其以后一段时间), 土洞内部

气压不能及时得到外界空气的补给, 致使土洞顶板相当于受到了“活塞运动”式的振动荷载, 从而加剧了土洞的形成过程和盖层结构破坏作用。另外强降雨后, 松散盖层中砂土、粉土甚至是粘性土遇水饱和, 土体黏聚力及内摩擦角减小, 抗塌力降低<sup>[5]</sup>, 土体天然容重增加。在大气压和土体自重的共同作用下, 厚度较薄的土体将在短时间内发生塌落。泉河地区岩溶塌陷大多集中于雨中或雨后便起因于此。

## 6 结语

泉河地区岩溶塌陷发生机理主要为在第四纪松散盖层覆盖的岩溶发育区, 由于自然、人为因素(大量抽取岩溶水)的作用, 造成地下水动力条件改变, 第四系盖层土颗粒被水迁移、地层完整性遭到破坏。地下水位的变化使得土洞内气压变化, 外加降雨使土体自重加大、颗粒间相互吸引力减小, 致使岩溶上覆较薄的土层发生塌陷。

## 参考文献:

- [1] 张丽霞, 熊大军, 王集宁, 等. 莱芜市岩溶塌陷原因分析与评价[J]. 山东地质, 2002, 18(2): 32-35.
- [2] 张广安, 鲁峰, 渠涛, 等. 泰安市泰山区岩溶塌陷成因分析及防治对策[J]. 山东国土资源, 2007, 23(10): 31-33.
- [3] 李清春, 冯克印, 郑庭明, 等. 临沂市城区岩溶塌陷特征及成因分析[J]. 山东国土资源, 2005, 21(9): 61-64.
- [4] 王滨, 贺克强. 山东省枣庄市市中区岩溶塌陷调查与成因分析[J]. 地质灾害与环境保护, 2004, 15(4): 26-29.
- [5] 万志博, 武雄, 徐晟, 等. 枣庄市市中区岩溶塌陷特征与成因分析[J]. 中国岩溶, 2006, 25(2): 146-151.

# Analysis on Characteristics and Origins of Karst Collapse in Quanhe Area of Laiwu City

LIU Yanfen, WANG Zhentao, GAO Feng, YU Dejie

(Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Since 1980's, karst collapse have occurred many times in Quanhe area of Laiwu city, and collapse has the characteristics of sudden and repetitive. On the basis of existing research results and through the on-site survey, characteristics of karst collapse in Quanhe area of Laiwu city have been summarized. That is the formation and distribution of karst collapse have a direction in space, and have stages and focusing outbreak in time. As showed by karst collapse development, covering layers and hydrological and dynamic data, karst collapse in this area is formed by the changes of hydrodynamic conditions.

**Key words:** Karst collapse; present condition of collapse development; characteristics of collapse; origin analysis; Quanhe area in Laiwu city