

成果与方法

临沂市城区岩溶塌陷特征及成因分析

李清春¹,冯克印²,郑庭明²,董强²

(1. 临沂市国土资源局,山东 临沂 276000;2. 山东省地质环境监测总站,山东 济南 250014)

摘要:自 20 世纪 80 年代以来,临沂市城区一带发生多起岩溶塌陷,这些岩溶塌陷发生具有突发性、重复性,其分布具有一定的规律性;其形成原因一方面取决于该区具备岩溶塌陷形成的物质基础条件,另一方面取决于水动力条件的改变,而水动力条件的改变主要是由于城区地下水不合理开采造成的。

关键词:岩溶塌陷;发育现状;塌陷特征;分布规律;形成原因;山东临沂

中图分类号:TP642.26

文献标识码:A

1 地质环境背景

临沂市城区地处临沂单斜水文地质单元前缘,处于沂河、沂河冲积平原内,地形较为平坦,坡降较小,为灰岩岩溶裂隙水的富水地带。地下水的补给来源主要有大气降水入渗补给、河水渗漏补给和灌溉水入渗补给;以人工开采及泉水排泄为主,其运动方向受地形、岩层倾向及断裂构造的制约,总体流向是由西北向东南(图 1)。城区第四系厚 6~12 m,下伏基岩为奥陶系石灰岩,为岩溶裂隙富水地带,自西向东,在天然状态下,水位埋深由深渐浅。据多年地下水动态监测资料显示,由于近些年来的地下水不合理开采,形成了以临沂城区及其西部一带为中心的地下水超采漏斗。

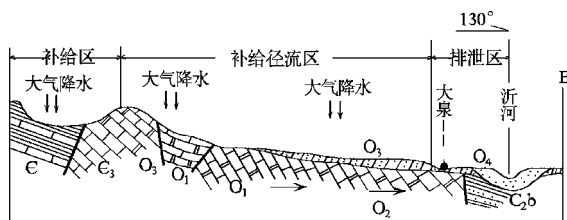


图 1 临沂单斜水文地质单元地下水运动示意图

2 岩溶塌陷发育现状

临沂城区及其西部为奥陶系灰岩分布区,上覆较薄的第四系松散覆盖层。自 20 世纪 80 年代以来,临沂城区已发生 18 次岩溶塌陷和多次地下水污染,形成陷坑 30 多个,造成地面建筑物开裂,对人民生命财产安全构成很大威胁。

2002 年 7 月中旬,临沂市苗庄小区鲁光化工厂 1992 年建成使用的职工宿舍 33,34,35,49 号楼房因岩溶塌陷出现细小裂缝,后逐渐加密加宽,东密西疏,裂缝宽 1~10 mm,局部出现地面变形,至 2002 年 8 月 2 日,部分居民已被迫陆续迁出;兰山小区拟建 32 号楼场区东北角 2003 年 5 月 8 日发生一起岩溶塌陷,陷坑直径 4.7 m,深 4 m,此次塌陷虽未造成人员伤亡,但进行地基加固处理措施将提高成本 10 万元,并给附近居民造成心理恐慌。

3 岩溶塌陷的特征

3.1 塌陷的突发性

岩溶塌陷多为突发性塌陷,塌陷前大多无明显征兆,塌陷过程短,从发生到终止仅几小时。如发生在罗庄区街道办事处杜家三岗村北,兖石铁路 K170+646—K170+700 处,下行左侧路基坡脚处,于

收稿日期:2005-04-04;修订日期:2005-06-22;编辑:张天祯

作者简介:李清春(1953-),男,山东临沂人,工程师,主要从事地质环境管理工作。

2003 年 2 月 26 日 8 时 30 分,突然发生岩溶塌陷,形成长 15 m,宽 7 m,深 4 m 的椭圆形陷坑,造成陷坑东侧 1 根通讯电线杆折断,陷坑北 5 m 处的监狱围墙产生倾斜。

3.2 塌陷的重复性

岩溶塌陷发生后,由于其诱发因素作用的变化(如抽、排水降深加大)或其他因素的参与(如降水)可以产生新的塌陷或在原塌坑再次发生。如充石铁路南侧的道沟村东养鱼池内,曾于 1993 年 3 月、1994 年 4 月、1995 年 3 月多次发生过岩溶塌陷;兰山小区拟建 32 号楼东部,于 2003 年 5 月 8 日发生岩溶塌陷,仅过了 1 个多月,2003 年 6 月 22 日该处再次发生岩溶塌陷。

4 岩溶塌陷的分布规律

(1) 塌陷发生于上部第四系覆盖层较薄,下部灰岩岩溶发育的地段。发生在临沂城区及其西部的岩溶塌陷等地的第四系沉积物厚度在 6~12 m,多为松散砂土、粘质砂土、砂质粘土或粘土等,下部为砂层,且厚度相对较薄,下伏奥陶系石灰岩岩溶极发育,地下水交替循环强烈。一般浅部岩溶发育,富水性愈强,塌陷频率愈高。

(2) 岩溶塌陷多沿断裂带分布。如发生在市区西南部苗庄小区的岩溶塌陷,根据楼区地层结构及楼房裂缝形态分析,并经物探工作证实,在 33,34,35,49 号楼东端存在一近 SN 向裂隙岩溶发育带。因此,在断裂构造发育地段,岩石破碎,有利于地下水渗透,岩溶发育,更易发生塌陷。

(3) 塌陷多发生于河、塘等地表水体附近。1995 年 5 月 2 日在小涑河内发生地面塌陷,在河床形成多个塌陷圆形坑,使受污染的河水直接灌入地下,污染地下水。根据统计,50% 以上的岩溶塌陷多分布于小涑河、陷泥河及养鱼池塘内及其沿岸地段。

(4) 塌陷多集中分布于岩溶水降落漏斗范围内。自 1993 年至 2003 年发生岩溶塌陷点均处于临沂城区地下水超采漏斗范围内或漏斗边缘(图 2)。如 2003 年 6 月 5 日岩溶水漏斗中心水位为 39.85 m,埋深为 29.47 m,漏斗范围内水位 < 60 m,埋深一般在 10~25 m;而第四系覆盖层底板标高一般在 57~64 m,底板埋深一般为 6~12 m,说明枯水期漏斗范围内的地下水位处于第四系底板之下,为岩溶塌陷

提供了水动力条件。

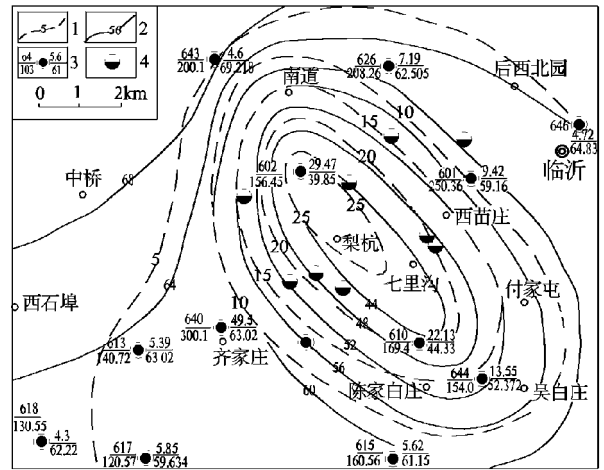


图 2 临沂城区岩溶水降落漏斗及塌陷点分布图

1—埋深分区界线;2—地下水等值线;3— $\frac{\text{编号}}{\text{埋深(m)}} \div \frac{\text{孔径(m)}}{\text{水位(m)}}$; 4—岩溶塌陷点

(5) 岩溶塌陷大多发生在地下水水位急剧变化季节和年份。据统计,3—6 月岩溶塌陷占总比数的 82%,7 月份、8 月份各占塌陷总数的 6%(图 3)。

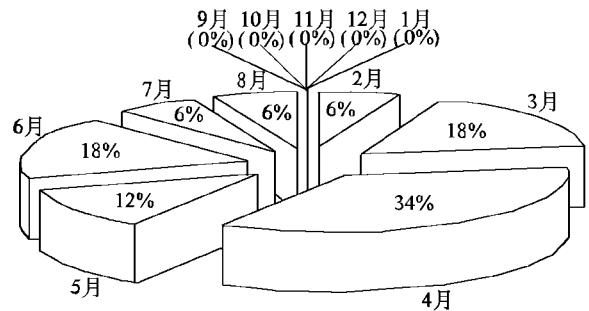


图 3 月发生岩溶塌陷频率统计图

由年降水量分析,2001—2002 年属枯年份,地下水位经过连续 2 年的走低,2003 年为丰年份,由此导致地下水水位在经过长时间的低水位后于 2003 年急剧上升,水位的急剧变化导致 2003 年岩溶塌陷发生次数达到历年来最多的 1 年,达到 4 次。

(6) 塌陷沿铁路沿线分布。在发生的 18 次岩溶塌陷中,沿充石铁路发生的塌陷总计有 7 次,占总岩溶塌陷次数的 38.89%。因此,频繁的机械振动是导致岩溶塌陷的又一主要因素。

5 岩溶塌陷形成原因分析

5.1 人为因素

目前临沂城区及其西部一带自备井达 400 多眼,开采量高达 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,该开采井大部分未经国土资源主管部门勘察评价,盲目上马超量开采,开采布局欠合理,开采强度变化大,导致水位在局部大幅度下降或短时间内反复变化,引起地面塌陷。

5.2 物质基础条件

从临沂市城区岩溶塌陷的情况分析,岩溶发育程度和上覆土层性质、厚度是岩溶塌陷形成的物质基础条件。

(1) 岩溶发育程度。可溶岩的裂隙和洞穴的发育情况至关重要。它们可以成为物质转移通道,岩溶洞穴可成为容纳上覆土层塌落体的场所。临沂市区所发生的岩溶塌陷地段下伏的可溶岩中皆有溶蚀洞穴或较大的溶蚀裂隙存在。因此,隐伏灰岩区发育的岩溶裂隙为地面塌陷奠定了特定的地质环境基础。

(2) 上覆土层性质和厚度。可溶岩上覆土层性质和厚度是岩溶塌陷形成的重要条件。一般情况下,覆盖层厚度 $< 30 \text{ m}$,易发生岩溶塌陷。城区岩溶塌陷区覆盖层较薄,在第四系与灰岩接触带附近岩溶极发育,而且覆盖层中砂层结构松散,岩性以中粗砂为主,粉砂次之,易被水流带走,产生潜蚀作用生成土洞。另外,土层性质与土洞形成后的减压拱承载力及其稳定性有关,砂性土拱承载力较低,故易塌陷。

5.3 动力条件

在岩溶塌陷物质迁移及能量转换系统中,其动能系由岩溶水势能转换而来,它是产生潜蚀及物质运移的动力条件。没有水的流动,岩溶塌陷不可能发生。在物质基础条件既定的情况下,临沂市区 20 世纪 80 年代以前岩溶水处于自然状态,水位变幅小,未发生岩溶塌陷,自 80 年代后,大规模开采岩溶水,地下水大幅度下降,水动力场发生变化,导致岩溶塌陷。因此,岩溶塌陷及塌陷程度主要取决于水动力条件的改变,即地下水的波动幅度和速度、水力

坡降、水流速度等^[1]。水动力条件的改变对岩土体产生渗透潜蚀、真空吸蚀等作用^[2],最终形成地面塌陷。

从图 4(横坐标为 2001-01-01—2004-12-31 的累积时间)可以看到岩溶塌陷发生时间是在较长时间的处于第四系疏干状态,即地下水位长时间在第四系底板之下,以后地下水位急剧上升的时期。城区的第四系厚度较薄,很多地方的第四系砂层直接与基岩接触,这样,当地下水位处于第四系底板之下时,又遇到大的降雨,雨水通过第四系入渗到基岩岩溶裂隙岩层时,就可能带走砂层中的颗粒,如果形成通道,则下渗水流更可能向这里集中,冲刷力量也就更大。如果基岩的地下水位在第四系底板之上,则降雨入渗的流速就应该和平时在砂层中的渗流速度相似,不足以形成冲刷作用。而造成地下水位低于第四系底板的原因就是城区的地下水超量开采。

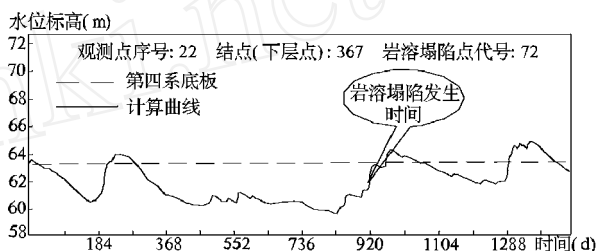


图 4 兰山小区岩溶塌陷点水位曲线与第四系底板关系图

综上,临沂城区岩溶塌陷发生的机理可大致简化为:在第四系松散层覆盖的岩溶发育的隐伏灰岩区,由于自然、人为因素(主要为大量抽取岩溶地下水)的作用,造成水位下降、水动力条件改变、第四系覆盖层土颗粒被水迁移、地层遭受破坏失去完整性,生成土洞,形成土拱并产生拱形松动,在重力作用下失去平衡,突发地面塌陷。

参考文献:

- [1] 薛禹群,朱学禹. 地下水动力学原理[M]. 北京:地质出版社, 1986, 10-14.
- [2] 常士骧,张苏民,项勃,等. 工程地质手册(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992, 553-557.

Characteristics and Origin Analysis of Karst Collapse in Linyi City

LI Qing - chun¹ , FENG Ke - yin² , ZHENG Ting - ming² , DONG Qiang²

(1. Linyi Bureau of Land and Resources , Shandong Linyi 276000 , China ; 2. Shandong Monitoring Center of Geological Environment , Shandong Jinan 250014 , China)

Abstract : Quite a few of Karst collapses have happened in Linyi city since 80 's of 20 century. They have the characteristics of abruptness , repetition and differential distribution. Karst collapse was formed by two sides origins: one is basic condition for forming collapse , the other is the change of hydro - dynamic condition which was caused by irrational exploitation of groundwater in city area.

Key words : Karst collapse ; present condition of development ; characteristics of karst collapse ; distribution law ; origin ; Linyi in Shandong province

(上接第 60 页)

Discharge Rate Calculation of Foundation Pit in Second Line Lock Gate in Weishanhu Lake

HU Hong - wen¹ , HU Yu - lu¹ , HAN Jin - fang²

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment , Shandong Jinan 250014 , China ; 2. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources , Shandong Jinan 250014 , China)

Abstract : Set foundation pit precipitation in second line lock gate in Weishanhu lake as an example , surface water developing area , hydrogeological condition of water - bearing and water - resisting layer interbedded are approximated to boundless homogeneous water - bearing layer. Calculation of foundation pit precipitation is approximate with homogeneous water - bearing layer , designed precipitation depth , and underground water amount under long - time stable mining. Ideal large - well method is suitable for calculating discharge rate of foundation pit.

Key words : Foundation pit precipitation ; ideal large well ; discharge rate ; Weishanhu lake