

枣庄市岩溶塌陷形成规律及防治

吴爱民 万继涛 李公岩

(山东省鲁南地质工程勘察院)

提要 枣庄岩溶塌陷始发于1981年,是全国较早发生岩溶塌陷的地区之一。多年来,随着对地下水开采量的逐渐增加,岩溶塌陷随之加剧。塌陷主要分布在松散层较薄的第四系覆盖区,发生时间主要集中于枯水年份或年内枯水期和丰水期初。塌陷的产生与发展规模受溶洞、土层和水等多种因素的综合影响,但过量开采地下水导致地下水动力条件急剧改变或水位大幅度下降是造成塌陷形成的主导因素。

1 概述

1.1 岩溶塌陷区地质背景

枣庄地处鲁中南低山丘陵区,为一盆地地形,称为枣庄盆地。面积260km²,四周高,中部低,且有起伏,其东、南、西为地表分水岭,北有枣庄断裂阻隔,在峯城北贾楼—岳庄一带为盆地地下水的出口。岩溶塌陷主要发生在市中的十里泉、丁庄—东王庄地段,位于枣庄盆地的南半部,上覆第四系松散层发育较差,厚度一般<10m,其岩性主要由结构松散的粘质砂土、含砾的砂质粘土所组成。其北与石炭—二叠系煤系地层接触,往南为盆地的南部边缘,出露寒武系灰岩。两地段均赋存有较丰富的地下水,单井出水量达到5000m³/d以上。下伏奥陶系白云岩、灰岩是区内主要含水层,岩溶裂隙比较发育,主要岩溶类型有溶洞、溶洞、溶蚀裂隙等。通过钻孔揭露的灰岩岩溶发育情况表明:岩溶发育的强度随着深度的增加而减弱;在水平方向上显示了由补给—径流—排泄区地下岩溶逐渐加强的趋势。岩溶发育深度埋深50m以上岩溶发育强烈,勘探施工钻孔多次发现高度2.7~8.3m的洞穴。埋深50~100m,岩溶发育中等,以溶蚀裂隙为主。埋深100~200m岩溶发育较弱。反映出地下水以浅部循环为主的运动特点。

十里泉地段:地下水由西、西南及北部向东南方向径流,至十里泉村南地形低洼处成泉排泄(十里泉),1959年实测流量为0.20~0.89m³/s。后来成为枣庄市及工业的主要供水水源地,由于长期大量开采,泉水已于1976年枯水期断流干涸。

丁庄—东王庄地段:地下水由东、北、南东向西南汇集,总体流向由东向西运动,当遇到侵入岩体或断裂阻水后,转向南,通过盆地出口向峯城方向运动。该地段地下水于80年代初得到大规模开发,成为枣庄城市与工业的另一重要供水水源地。

另外,薛城区出现岩溶塌陷的金河、清凉泉地段均为城市与工业的集中供水水源地,含水岩层为第四系覆盖的奥陶系灰岩、白云质灰岩等,岩溶裂隙发育。

本文1997—06收到,1997—10改回。

1.2 岩溶塌陷现状及危害

枣庄岩溶塌陷最早发生于 1981 年, 其地面表现多为点状塌坑, 一般深度 < 10m, 呈椭圆形或圆形, 直径 3~10m 不等, 最大达 80m。到目前为止, 累计产生塌陷坑近 200 处, 分布面积 25km² (图 1)。这些塌陷首先产生于地下水集中开采的水源地周围, 随后塌陷范围逐步扩展, 由于岩溶塌陷, 造成部分居民房屋开裂、坍塌, 桥梁桥墩悬空, 以至影响到城市高层建筑的安全, 给居民生活和经济建设造成不良影响。

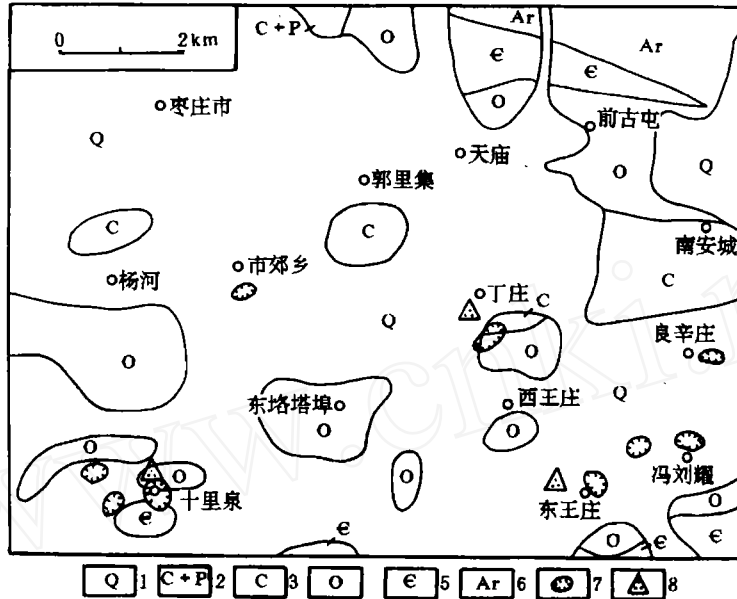


图 1 枣庄市岩溶塌陷分布图

(据山东地矿局水文三队 1986 年资料编绘)

Fig. 1 Sketch showing the karst collapse distribution in Zaozhuang city

1—第四系; 2—石炭系十二叠系; 3—石炭系; 4—奥陶系; 5—寒武系; 6— 早前寒武纪变质岩系;
7—岩溶塌陷点; 8—地下水源地

2 岩溶塌陷分布与形成时间的一般规律

2.1 岩溶塌陷分布规律

(1) 塌陷主要分布在第四系松散层较薄的覆盖区, 岩性为粘性土、砂质粘土或砂层。
(2) 塌陷分布区均为岩溶强发育区, 这些地段岩溶发育深度较浅, 埋深一般 < 30~50m, 很多地段为地面开口型岩溶形态。
(3) 塌陷地区, 岩溶地下水在自然状态下, 具有承压性, 经抽水后使地下水位下降到第四系底板以下, 地面塌陷才逐渐产生。
(4) 塌陷区几乎均位于下奥陶统分布区, 岩性以白云岩为主, 岩溶形态以溶洞为主。
(5) 塌陷在抽水降落漏斗中心部位和地下水主要径流方向上最为密集地段。如良辛庄及十里泉西部的塌陷 (图 2), 均呈带状沿地下水主径流成群出现。
(6) 岩溶塌陷主要发育在地势低平处, 特别是在河床沟塘及其两岸粗粒层分布地段, 这些地段地下水、地表水运动交替较为强烈, 往往先塌陷, 而高坡处塌陷坑出现得较晚, 数量也少, 但塌陷坑规模较大。

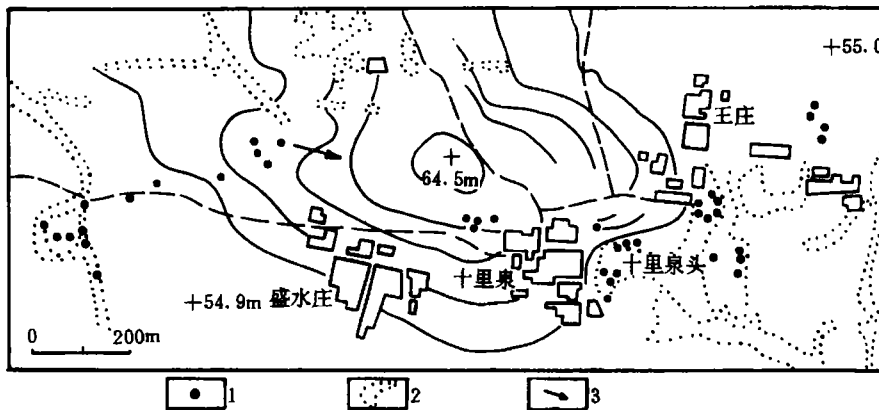


图2 十里泉岩溶塌陷点分布图

Fig. 2 Sketch-showing the karst collapse distribution in shiliquan, Zaozhuang city

1—塌陷点 2—河道与地形低洼带 3—地下水流向

2.2 岩溶塌陷发生的时间规律

(1) 枯水年份, 地下水位大幅度下降后塌陷集中发生; 降水量均匀, 地下水位持续稳定状态塌陷较少。1982年十里泉平均地下水位标高为34.073m, 比1980年下降13.777m, 达到开采以来最低点; 1996年平均水位标高下降到28.10m, 比1994年下降16.86m, 最大埋深为40.084m, 达到历史最低点。因此, 1982年和1996年为两个集中塌陷期, 两年内共发生塌陷40余处(图3)。(2) 年内枯水期及丰水期初是塌陷多发季节, 丰水期及平水期则相对较少。80%±的塌陷发生在3~7月份。

3 岩溶塌陷形成原因的初步分析

3.1 较薄第四纪覆盖层是产生塌陷的重要条件

枣庄岩溶塌陷均发生在第四系厚度 $<10\text{m}$ 的覆盖区。这是因为在潜水含水层地下水位埋深较小时, 土层厚度大, 相应的自重力大, 然而地下水的浮力也大, 从而消除了自重力的作用。但是水位降低后, 对于不同厚度土层所减少的浮力都是相同的, 不过影响程度不同。厚度大者影响小, 厚度小者影响就特别显著。例如, 10m厚的第四纪覆盖层, 水位埋深自2m降低到10m, 相当于增加66.7%的自重力, 厚度30m所增加的自重力仅有25%。说明浮力减少的百分数对于塌陷的形成起着更为重要的作用, 这就是厚度小者更容易发生塌陷的主要原因。抗塌陷的临界土层厚度, 因土层性质、结构、状态不同而异。一般的砂性土比粘性土易塌, 具双层结构或含砾粘土要比均匀结构或单一均质粘土层易塌, 含水土层比干土层易塌。这是由于土壤颗粒越粗, 其凝聚力越小, 颗粒间的连结力也差。当下伏基岩存在空洞时, 砂性土、含砾粘土比粘性土的应力极限和抗剪强度等要小, 因此, 第四系颗粒越粗越易产生塌陷。含水土层与干土层相比, 含水土层由于自重增加, 土体抗剪强度降低, 易产生塌陷, 这就是在地形低洼、河床或沟谷处发生较密集塌陷的主要原因。

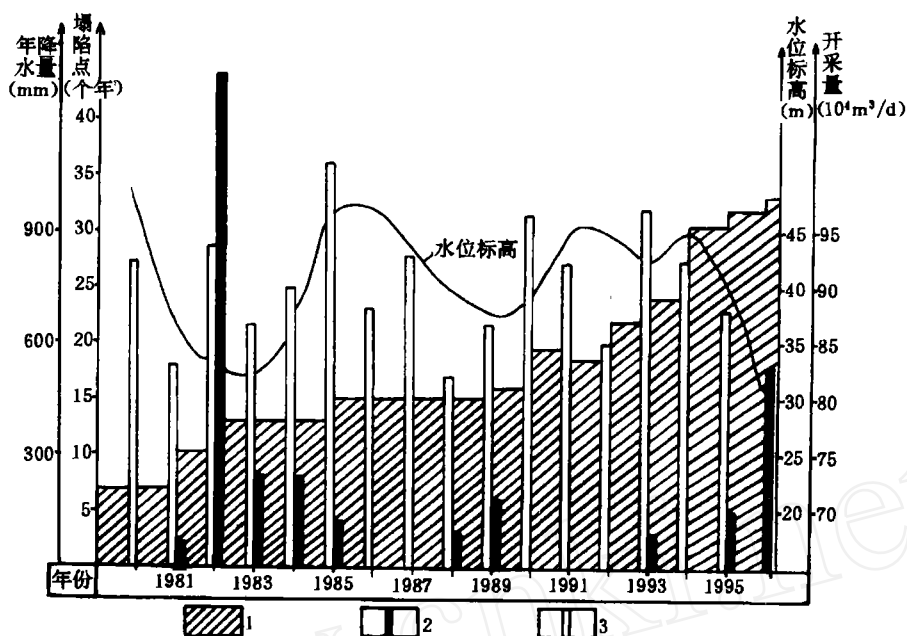


图3 岩溶塌陷影响因素关系图

Fig. 3 Sketch showing the relations of factors affected by karst collapse

1—开采量; 2—塌陷点数; 3—年降水量

3.2 地下水动力条件的改变是决定塌陷形成的主导因素

通过分析对比,岩溶塌陷形成的最严重时期为:①大流量采水期间、水动力条件急剧改变时;②抽水量不稳定引起地下水位剧烈振荡波动时;③人为的或天然的作用引起地下水位频繁反复升降时;④大雨或暴雨引起地下水位猛烈回升时;⑤当地下水位降至第四系与基岩接触面附近并不断上下波动时。上述种种表现与塌陷的形成发展以及地下水的活动状态和地下水流的作用密切相关。总之,地下水动力条件的改变是产生地面塌陷最基本的外力作用,塌陷形成过程中的许多现象都与地下水的活动状态、地下水流作用有关。它是决定塌陷形成、发育过程和发育速度的主导因素。

据调查,十里泉区在80年代以前,没有发生岩溶塌陷;1981年岩溶地下水开采量猛增到 $7.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,超过允许开采量 $0.91 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,以后又逐渐增加,地下水位持续大幅度下降,从此岩溶塌陷不断。据长期监测资料分析,当本区地下水位埋深降到17m时,便可诱发塌陷产生,水位埋深在30~40m之间,出现了第二个塌陷高潮。

3.3 隐伏溶洞和开口型大型裂隙是塌陷产生的基础

隐伏溶洞和开口型裂隙为塌陷贮备了空间条件,也是地下水强烈运动的良好场所,在地下水运动过程中产生以下作用。

(1)真空吸蚀作用 地下岩溶裂隙发育,地下水具有承压性质状态下,当水位下降,地下水从有压转为无压时,溶洞、裂隙内产生真空吸蚀作用,促进上覆第四系塌落。真空吸蚀能量与下伏基岩岩溶溶洞、裂隙的表面积大小,水位下降幅度及速度有关,溶洞、裂隙表面

积大,地下水位下降幅度大,速度快者,则真空吸蚀就大,造成的地面塌陷也就严重。

(2)地下水径流与潜蚀作用 地下水径流、流速加快,地下水位下降及地表水的入渗,都可引起土的细颗粒被搬走,逐渐替换了空间,水力作用也随之加强,潜蚀作用也越演越烈,致使上覆第四系不能自持而坍塌。天然地下水流梯度很小,运动速度慢、动能小,携带土颗粒能力弱。通过抽水形成降落漏斗后,显著增大了水头梯度,于是地下水径流产生的侧向携带能力,破坏土层结构的动能增强,相应对土层的潜蚀作用变大。有的塌陷坑经用土壤充填后又继续塌陷就是出于上述原因。

(3)正负气压差 当具承压性质的岩溶裂隙水被强烈抽出时,留在较大溶洞,裂隙空间的气压强度小于排水前的气压强度,这就出现了含水岩层的气压低于正常气压,当覆盖型溶洞埋藏较浅时地面与溶洞之间的气压差大于覆盖层的坚固程度时土层断裂,溃入溶洞形成塌陷。

4 岩溶塌陷的防治

枣庄岩溶塌陷是由于大量集中开采岩溶地下水造成的,是地下水、地表水、地层岩性、地形地貌等因素综合作用的结果。可见,防治岩溶塌陷需投入多方面的工作。

(1)预防为主、防治结合、标本兼治 首先从预防入手,加强对岩溶塌陷的监测、调查和勘探研究,掌握塌陷区地质结构、富水特征及塌陷规律。划定潜在危险区,制定防治方案,及早采取措施,减少损失。

(2)做好地面防治工作 地面防治工作主要是堵塞地面进水口,减少地表水直接灌入和入渗量,从而减轻地表水与地下水的交替循环,以及入渗地下水对第四系松散物的冲刷和搬运。

(3)调整布局、减少开采、合理开发地下水资源 将地下水供水水源地开采量调减至允许开采界限内,调整开采井布局或通过修建水利工程增加对地下水的补给量,控制开采区地下水位的下降幅度和下降速度,逐步使地下水动态恢复到良性循环状态。

(4)对已产生的塌陷坑采取适宜的治理方法加以治理 ①规模小的浅塌坑可采用混合土或水泥砌石法回填、夯实。②规模小的深塌坑,可采用预制棚封闭法治理。即用预制好的棚板或现场浇注棚板,塔盖在清基后的岩层顶板,然后填土封闭。③规模较大的塌坑,往往反映其下岩溶发育强烈,一般很难根治。建议修筑围堰,做为保护区,既不破坏地下地质结构,又能在丰水期接受大气降水,增加对地下水的补给。

FORMING REGULATION OF KARST COLLAPSE AND ITS MANAGEMENT IN ZAOZHUANG CITY

Wu Aimin, Wan Jitao and Li Gongyan

(Lunan Geologic—engineering Institute)

Abstract

Zaozhuang city is one of the area in which karst collapse earlier occurred in China, and it first occurred in 1981. For many years, as the rising taking of underground water, the karst collapse has become more serious. It mainly spreads in the Quaternary system cover areas where the looser layers are thinner, underlying open karst caves and cracks are under the Quaternary system. The collapse mainly occurs in the low—water years or during the beginning of the dry season and rain season in a year. The formation and developing scales of the collapse are affected by many factors, such as karst caves, sola and water, etc. However, the taking of the underground water which causes the hydrodynamic conditions changed and the water level highly descended in a factor for the karst collapse.

消息报道

“大别—苏鲁超高压变质带大陆科学 深钻选址国际研讨会”在青岛召开

1997年8月18~20日,由中国地质矿产部主办的“大别—苏鲁超高压变质带大陆科学深钻选址国际研讨会”在青岛召开。来自德国、美国、法国、加拿大和日本的18名国外专家,中国科学院程裕淇、许志琴、李廷栋、肖序常、刘光鼎、赵鹏大、汪集旸院士及中国科学院、中国地质科学院、中国地质大学、中国科技大学以及安徽、山东、江苏地矿厅(局)的40余名国内代表参加了会议。中国地质矿产部宋瑞祥部长、张宏仁副部长出席了会议。大会就大别—苏鲁超高压变质带的地质、地球物理、自然经济地理及钻探技术和工艺等进行了研讨,并对中国第一口大陆科学钻井选址提出了建议。

大陆科学钻探是国际岩石圈动力学计划的重要组成部分,是当代地球科学的重大前沿课题之一。科学家一致认为,大陆科学钻探是伸入地球内部的望远镜,是继人类登月后向地球的又一次挑战,是项巨型科学工程。以科学为主要目的的科学钻探在世界范围内实施了30多年,迄今为止,国外已有13个国家实施了22口深浅不一的科学钻孔,总井尺达49286m,其中最深的的是前苏联科拉超深钻,达12262m。“中国大陆科学钻探的先行研究”于1991年6月正式列入中国深部地质研究计划,先后召开了数次研讨会。起初曾提出中国大陆科学钻探的12个选区,最终确定大别—苏鲁超高压变质带为中国第一口科学钻探的选区。

大别—苏鲁超高压变质带是华北板块与扬子板块碰撞形成的造山带。该带长达千余公里,其中榴辉岩分布较广,榴辉岩中发现有柯石英和微粒金刚石。这些直接指示本区榴辉岩形成的压力最高可达2.7GPa,深度达到近90km,是世界上最大的超高压变质带。中国第一口大陆科学钻井在该区实施具有重大的科学意义。

(徐金芳 供稿)