

文章编号:1009-0258(2002)02-0032-04

莱芜市岩溶塌陷原因分析与评价

张丽霞¹,熊大军¹,王集宁¹,方庆海¹,韩祥银¹,付东叶²

(1. 山东省地质环境监测总站,山东 济南 250014;2. 山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

摘要:莱芜市孟公清—西泉河一带石灰岩溶洞裂隙发育,局部与上覆砂砾石层直接接触,形成“天窗”,在矿区超采地下水及矿山疏干排水影响下,地下水下渗携带砂砾石进入灰岩溶洞裂隙中,突发岩溶塌陷。1973~1997年共塌陷139处,塌陷面积6435m²,致使1324户民房开裂,328户报废。根据1997年在莱芜市的矿山地质勘察工作成果,采用综合指数法对评价区进行了预测评价,将评价区划分为岩溶塌陷区、预测岩溶塌陷区和不具备塌陷条件区,并根据岩溶塌陷产生的原因和规律,提出针对性的防治建议,为今后对岩溶塌陷的防治提供了依据。

关键词:岩溶塌陷;原因;分析;预测评价;山东莱芜

中图分类号: P641.134;P641.8;P642.25 P642.26

文献标识码: A

莱芜市位于山东省中部,是省内以采煤、冶金、机械加工为主的重工业基地。近年来随着该市经济的快速发展和矿产资源的大量开发利用,由于矿山疏干排水和地下水资源的大量开采,致使地下水水位大幅度下降,在莱芜市西部的孟公清—西泉河地区部分地段相继发生岩溶塌陷,出现了地面塌陷、地面形变及民房开裂等现象,造成个别村庄与企业抽水设备受损、民房被迫搬迁的后果。

1 岩溶塌陷现状

岩溶塌陷是指在隐伏岩溶分布区,由于自然条件和人为活动的影响,改变了地下水动力条件,从而产生了可溶岩上覆土层下落的一种灾害现象。

莱芜市发生岩溶塌陷的时间较早。1973年顾家台铁矿区大抽水时,当岩溶裂隙水水位降深为22.40m、出水量为21385m³/d时,赵庄“天窗”沿张公清断裂东侧、嘶马河及其以西发生NNE向突发性塌陷17处,塌坑形状以井状、坛状为主,坑口直径一般在1~3m,深2m,最大直径30m,深3~5m;1975年叶庄铁矿区放水试验时,孟家庄“天窗”附近产生岩溶塌陷20余处,塌坑呈现圆形或椭圆形,最大直径8m,深6m。当放水试验最大涌水量为106000m³/d,

最大降深68.74m时,放水期间冲沟及其两侧(泉河“天窗”附近)发生塌陷17处,塌坑以井状为主,坑口呈圆形、椭圆形,最大直径35m,最大深度12m。

近年来,由于叶庄、马庄、曹家庄水源地超量开采地下水及矿山疏干排水,导致各天窗附近岩溶塌陷不断发生,既有新塌陷,也有重复塌陷。自1973~1997年共发生岩溶塌陷139处,塌坑总面积6435m²,致使13个村庄中1324户村民房屋出现不同程度的开裂,其中328户村民被迫搬迁或拆了原地翻盖,322户村民的1110间房屋裂缝宽度大于2.0cm。

综上所述,莱芜地区岩溶塌陷有以下规律:塌陷区呈带状分布;具突发性、季节性(多集中于雨季或雨后)、频发性和重复性;大量开采地下水、或矿山疏干排水,地下水位大幅下降的“天窗”附近。

2 塌陷区地质及水文地质条件

2.1 地层结构及特征

塌陷地区出露的岩性主要有:奥陶纪马家沟组石灰岩(多变质为大理岩)和泥质、白云质灰岩;石炭系及二叠纪月门沟群(本溪组+太原组+山西

收稿日期:2002-03-22;修订日期:2002-04-28;编辑:张天祯

作者简介:张丽霞(1973-),女,山东昌乐人,助理工程师,主要从事水工环地质调查与评价工作。

山东省地质环境监测总站,1997,莱芜市孟公清—西泉河地区矿山地质灾害勘查报告书。

组)砂质页岩及泥岩夹煤层;古近纪官庄群红色砂岩和粉砂岩;第四系坡积、洪积和冲积松散层;中生代燕山期闪长岩与闪长玢岩。

塌陷地区地层结构特征为:松散层厚度均大于10m,其中砂层厚1~4m;地层缺失,下伏石灰岩顶板与松散层直接接触(天窗);砂岩厚度<30m,但受构造影响,隔水性能较差;下伏灰岩岩溶裂隙发育。

2.2 地质构造

塌陷区地层岩性及结构明显受地质构造(主要为断裂)控制,较大的断裂有3条。牛王泉-杜官庄断裂:该断裂大多隐伏于松散层砂岩之下,走向近EW,倾向S,倾角70°~80°,为压扭性断裂,北盘为灰岩,南盘为砂岩,由于断裂活动北盘灰岩上升与上覆松散层直接接触,形成天窗;牛泉-茂盛堂断裂:为NNE向构造,隐伏于松散层之下,北盘岩性为下石灰岩,为上升盘,受断裂活动与松散层接触,形成天窗;张公清断裂:走向NNE,倾向NWW。东盘大理岩上升至地表或和砂砾石层接触,形成天窗。

2.3 水文地质条件

塌陷区含水岩组主要为松散岩类孔隙水含水岩组及灰岩裂隙岩溶水含水岩组。含水层透水性强,受大气降水及地表水补给,其补给充沛,径流通畅,富水性强,单位涌水量4~35L/(s·m),水位埋深1~5m,年变幅1~3m。灰岩含水层以顶部导水性及富水性强,单位涌水量1~12L/(s·m),导水系数100~500m³/d;往下岩溶裂隙发育逐渐减弱,含水性及导水性较差,由强含水层转化为弱含水层。

松散岩类孔隙水主要有大气降水入渗、河流侧渗和上游径流侧渗补给,受矿山疏干、工业用水严重超采影响,水位下降,年变幅增加,当低于第四系孔隙水位时,由孔隙水直接入渗补给是另一主要补给途径,两者水力联系密切,是天窗附近地下水动态特征。

3 岩溶塌陷原因分析

形成岩溶塌陷的因素包括2个方面:地质环境条件,如地质构造条件、松散堆积物岩性和厚度、砂岩厚度、灰岩顶面岩溶裂隙发育程度等,它们对岩溶塌陷的发生起着决定性作用;矿山疏干排水与

超量开采地下水。

“天窗”部位石灰岩顶面岩溶裂隙发育且与砂砾石层直接接触,裂隙岩溶水与松散岩类孔隙水产生密切的水力联系,当岩溶水水位下降至灰岩与松散层接触界面附近或以下时,孔隙水垂直下渗,携带大量松散泥砂进入灰岩裂隙溶洞内,使灰岩顶面上覆土形成空洞。随着矿山疏干排水及工矿企业供水大量开采地下水,致使孔隙水与灰岩岩溶裂隙水的水位差增加,渗流速度加快,流量加大,对砂砾石含水层潜蚀作用加强,上覆土层形成的空洞不断加大,当土层内聚力和重力失去平衡时,空洞上部的土层便下落,形成塌陷(图1)。

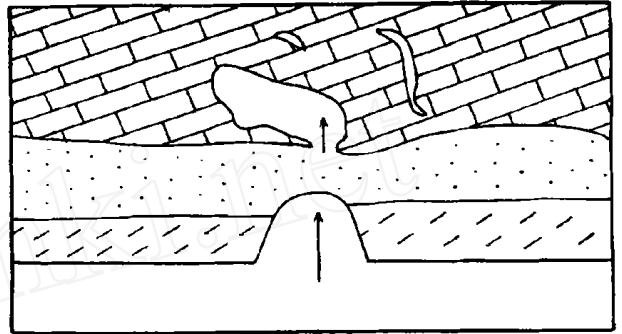


图1 砂(砾)层与石灰岩顶部直接接触岩溶塌陷示意图

Fig. 1 Sketch showing direct contact karstic collapse between sand (gravel) bed and upper part of limestone

“天窗”附近的砂岩厚度<30m的地段,受断裂活动影响,砂岩隔水性能被破坏,尤其是在断裂带附近,灰岩岩溶裂隙发育强,往往形成深度大,延伸远的岩溶裂隙发育带,当矿山疏干排水,大量开采地下水时,均会成为地表水或松散岩类孔隙水携带大量泥砂进入灰岩含水层的良好通道,因此在这些部位形成的塌陷也会较严重。另外,在天窗附近,松散岩类孔隙水已疏干,但由于废水排放流经天窗,使砂砾石借废水进入下伏灰岩裂隙、溶洞中,亦会造成岩溶塌陷。

4 岩溶塌陷预测评价

本次对岩溶塌陷评价是在1997年对莱芜市矿山地质灾害勘查工作基础上进行的。评价的要素及数据均依据1997年勘查工作中所取得的资料。

4.1 岩溶塌陷区的划分

由于岩溶塌陷主要分布于各“天窗”附近,因此把各“天窗”附近及砂岩厚度 < 30m(含 30m)的地段作为预测评价区。据此将塌陷区划分为赵庄、主井、孟家庄、杜官庄、牛王泉、泉河—汶河、山子后“天窗”等 7 个评价区。

4.2 岩溶塌陷要素

本次岩溶塌陷评价要素主要有:地下水采排量、矿区各开采水平预测涌水量、松散层厚度及砂砾石层厚度、砂岩厚度及岩溶裂隙发育状况。根据 1997 年勘探及调查资料,各矿区预测涌水量见表 1。

表 1 各矿区开采水平涌水量预测
Table 1 Predication of horizontal flowing yield in mining in each mine area

开采水平 涌水量 (m ³)	马庄矿		顾家台		叶庄	赵庄
	涌水量	预测降深(m)	嘶马河截潜流	嘶马河不截潜流		
+100	—	—	—	—	84507	—
+50	—	—	52800.9	67162.2	1101160	32628.8
0	48179	176	57373.7	67735	132359	37201.6
-50	55863	226	61946.5	72037.8	149999	41774.4
-100	57192	276	66519.3	766880.6	—	46347.2
-150	61846	326	71092.1	81453.4	—	50920
-200	66235	376	80237.6	90598.9	—	60065.5

4.3 评价方法

岩溶地面塌陷的形成、发展,需要适宜的基础条件和地下水垂直渗流动力条件。前者是塌陷形成的前提,后者是诱发因素。其基础条件中地层岩性、结构、地质构造及岩溶发育程度等因素具不均一性和差异性。本次对莱芜地区岩溶塌陷的预测评价,是根据搜集资料综合分析 with 实地调查资料的统计分析,选取了与岩溶塌陷关系密切的松散层厚度(D)、砂砾石层厚度(D_{sh})、石灰岩顶界面岩溶发育程度(K_k)、地下水采排量(Q_c)、评价区内矿床的开采水平(H)等 5 种因子。其中,矿床开采水平考虑了每个开采水平的预测涌水量、灰岩地下水现状水位和松散层与石灰岩临界面的关系。

地下水采排量由于无法远景预测,本次使用的地下水采排量为 1997 年度的调查量。

泉河评价区冲沟内松散岩类孔隙水已疏干,引起地面塌陷的主要水动力因素为鄂庄煤矿与电厂排放的废水,因此在泉河—汶河评价区冲沟内的地面塌陷评价时增加了废水排放一个因子(Q_f)。

本次评价采用综合指数(N)法进行评定预测,其关系式为:

$$N = D + D_{sh} + K_k + Q_c + H + \dots + Q_f$$

4.4 评价因子的取值

根据参加评价各因子在岩溶塌陷中的作用,各因子的取值见表 2。

表 2 岩溶塌陷评价区预测评判因子取值

Table 2 Predicted factor valuing in karstic collapse predication area

D		D _{sh}		Q _c		K _k		H		Q _f	
松散层厚度 (m)	取值	砂砾石层 厚度(m)	取值	地下水采排 量(m ³ /d)	取值	岩溶发育 程 度	取值	水位在灰岩 顶面之上	水位在灰岩 顶面之下	废水排放量 (m ³ /d)	取值
>20	3	>3	3	>5 ×10 ⁴	7	发育	7	1	3	>2000	7
10~20	2	1~3	2	2~5 ×10 ⁴	5	一般	2	0	2	1000~2000	5
5~10	1	0.5~1.0	1	5000~20000	3	弱—不发育	0	0	1	500~1000	3
<5	0	0.5~1.0	0	3000~5000	2	—	—	—	—	<500	0
—	—	—	—	<3000	0	—	—	—	—	—	—

4.5 评价标准

根据工作区内地面塌陷的现状情况,本次评价预测共分为 3 个区。其中综合指数 (N) > 13 时为区即岩溶塌陷区;该值为现状塌陷地段最低值;综合指数 (N) 13 而 > 7 时为区,即预测岩溶塌陷区;综合指数 (N) < 7 时为区,即不具备塌陷条件区。其中:

(1) 区——岩溶塌陷区 ($N > 13$):指该区具备了形成塌陷的物质基础条件,且矿山排水与地下水开采对本区影响强烈,已发生或多次发生过地面塌陷,并将继续发生。

(2) 区——预测岩溶塌陷区 ($7 < N < 13$):指

该区基本上具备了形成塌陷的物质基础条件,且岩溶水多在灰岩顶面以上,距水源井及矿山较远或未开发,至今未发生过岩溶塌陷。随着矿山的开采排水、岩溶水开采、水位下降、渗流作用加强,有发生岩溶塌陷的可能。

(3) 区——不具备塌陷条件区 ($N < 7$):指该区基岩裸露,松散层厚度 $< 5\text{m}$ 或砂砾石层厚度 $< 0.5\text{m}$,基本不具备塌陷形成的物质基础条件,一般不会产生岩溶塌陷。

4.6 评价结果

根据各评价区不同因子的实际情况,结合评价标准得出了工作区内岩溶塌陷的预测结果,见表 3。

表 3 评价区岩溶塌陷评价预测取值表

Table 3 Assessment and predication valuing in karstic collapse evaluation area

	D		D_{sh}		K_k		Q_c		H		Q_f		合计	分区
	松散层厚度 (m)	取值	砂砾石厚度 (m)	取值	灰岩顶面岩溶发育程度	取值	地下水采排量 (m^3)	取值	岩溶裂隙水在顶界面上(值)	岩溶裂隙水在顶界面以下(值)	废水排放 (m^3/d)	取值		
赵庄	10~14	2	3~5	3	发育	7	4800	2	0	3	—	—	17	
	5~10	1	1~1.5	2	发育	7	<3000	0	0	2	—	—	12	
主井	10~13	2	2~3	2.5	发育	7	2400	0	—		—		14.5	
孟家庄	11	2	1.8~2.6	2	发育	7	75269	7	—	3	—	—	21	
泉河—汶河	村北 5~10	1	1.8~2.5	2	发育	7	4100	2	—	3	—	—	14	
	村南 10~14.8	2	0.5~1	1	发育	7	3000	1	—	3	2695.5	7	20	
杜官庄	村东 5~10	1	1.5~3	2	发育	7	3000	0	—	3	—	—	12	
	村西 10~20	2	0.5	1	一般	2	3000	0	—	2	—	—	7	
牛王泉	5~10	1	2	2	一般	2	3270	2	—	2	—	—	9	
山子后	5~10	1	0.5~1	1	一般	2	36060	5	—	2	—	—	11	

注: 区松散层厚度 $< 5\text{m}$ 或砂砾层厚度 $< 0.5\text{m}$,基岩裸露的地段未列入表中。

5 岩溶塌陷防治措施

岩溶塌陷防治措施主要包括: 针对岩溶塌陷形成的外因,应在天窗及其附近消除或减少地表水、松散岩类孔隙水进入灰岩含水层。大型厂矿企业应做到排供结合,充分利用矿山排水,即可缓解水资源供需紧张矛盾,又能减轻岩溶塌陷的发生。及

时回填塌陷坑,避免地表水或雨季大量积水渗入地下,再次产生岩溶塌陷。重点地段避让或设防,在可能发生岩溶塌陷区应禁止规划重要建筑物或民房,如确实不可避开的应及时设防,建筑物、公路等其加固的地基应放在下伏基岩上。加强塌陷监测及预报,最大限度地减少灾害造成的损失。

参考文献(略)

(下转第 48 页)

人文景观丰富内涵的高素质导游为旅游团体服务;通过增加人文景点历史渊源、传说、故事、典故的介绍或印发宣传品来指导和帮助散客完成历史文化游;通过有奖问答或旅游中寻找答案等形式鼓励人们去了解泰山历史文化,使泰山旅游生动有趣。注重泰山旅游纪念品的开发,突出体现泰山的历史文化价值,如制作一些精美纪念品介绍泰山历史文化及人文景观等。

著名考古学家苏秉琦说过:“泰山是个大文物,是东方部落原始文化的神山”。中国封建社会历史最悠久,其文化最完备、最丰富、最辉煌,泰山历史文化遗迹的绝大部分,也体现了这一点,的确,泰山历史文化中含大量糟粕,泰山的历史文化毕竟是整个

中华民族历史文化的缩影,是我国古代劳动人民历经数千年集体智慧的结晶,自有其值得弘扬、借鉴的精华。如泰山是中华民族大团结的象征,此种提法寓意深远;泰山文化中的“五行”学说,是中国古代思想家用来说明世界万物的理论基础,体现了朴素的唯物哲理;“五常”是体现社会文明的道德标准;泰山的古建筑融绘画、雕刻、山石、林木为一体,具有特殊的艺术魅力,是顺应自然之建筑典范;与代表中国历代最高书法艺术的石刻等,都是中国乃至世界历史文化不可多得的瑰宝,它是我们民族的骄傲。让我们重视泰山历史文化游,来弘扬光辉灿烂的泰山文化吧。

(上接第 35 页)

Analysis and Evaluation of Karstic Collapse in Laiwu City

ZHANG Li - xia¹, XIONG Da - jun¹, WANG Ji - ning¹, FANG Qing - hai¹, HAN Xiang - yin¹, FU Dong - ye²

(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 :By using synthetic indices method, predication and evaluation are carried out in evaluation areas. These areas are divided into karstic collapse area, predicating karstic area and area without karstic collapse condition. According to origin and rule of karstic collapse, prevention countermeasures and suggestions are put forward in this paper, which will provide basis and experience for prevention of karstic collapse.

Key words :Karstic collapse; origin; analysis; predication and evaluation; Laiwu in Shandong province