

一、溶岩塌陷因素的分析

1. 塌陷与土洞有关

经大量勘探资料统计表明,严重塌陷区溶洞集中发育在50米内,岩溶率占47%其中19—28米、33—35米两段溶洞最集中发育,沿灰岩

顶面及浅部形成大小不一、深度不同的溶洞、漏斗、落水洞,导致上覆的土层发育串珠状“土洞”。土洞中软泥充填,具有极差的物理力学性质,是构成岩溶塌陷的物质基础。土层厚度变化悬殊,尤其在灰岩与非灰岩接触带上最大厚度达49.41米,使地基产生不均匀下沉,也促使产生集中的塌陷。若地下无土洞或溶洞发育在深部,情况就不一样。如观21孔,在71—79米处揭露溶洞,抽水时未产生塌陷。因此,查明土洞发育程度及可溶性岩石与非可溶性岩石的分布,是判断塌陷与否的首要条件。

2. 塌陷与构造有关

(1) 塌陷多集中产生在向斜核部 岩溶土洞在褶皱带核部发育,特别是在西湖复向斜的核部。据钻孔资料统计表明,核部岩溶率占53%以上,其中30米深度内岩溶率为32.75%,土洞一般大于0.3米,最大洞高7.27米。在低洼的向斜核部为二迭系下统含燧石结核灰岩,土洞集中发育,也容易产生塌陷。

(2) 塌陷多分布在压性断裂影响带 岩溶土洞多沿断裂破碎带而发育,特别是较多发育在高角度的压性断裂影响带。如浙大开采井位于北东向压性断裂影响带,据钻孔揭露在10—27米发育有串珠状土

杭州岩溶地面塌陷 原因的分析

邵水松 (浙江省水文地质队)

洞,受层面裂隙的控制,遇上侏罗统火山岩所阻,地下水赋存在断裂影响带的土洞中,当开采地下水时,沿层面产生地面向下沉引起建筑物向井位而倾斜、开裂。浙江医院、117医院建筑物开裂等均发生在压性断裂上盘。

(3) 塌陷多产生于张性断裂带 岩溶土洞很大程度上受张性断裂的控制,特别是与 $N35^{\circ}-42^{\circ}E$ 方向展布的纵张断裂有关。据野外观测,该断裂破碎带以角砾岩为主,在方解石脉密集处,遭强烈溶蚀形成溶洞或空洞,它控制一个长600米,宽100米呈NE向带状展布的严重塌陷区。

(4) 塌陷多发生在断裂复合部位 在断裂复合部位应力最集中地带产生大量构造裂隙,是岩溶土洞发育地段,也是产生塌陷的危险区。例如在NE与NW向断裂复合的一个部位,钻进时于孔深19—34米处见土洞,洗孔时地面即陷落二个坑,并使附近民房发生严重裂缝。

由此可见,构造在塌陷中起主导控制作用,因此查明褶皱和断裂的性质、分布规律有着极为重要的意义。

3. 塌陷与水位有关

本区不抽水不塌,而塌陷都发生在抽水时间,与水位变化关系密切。塌陷产生以后,大部分井仍在继续开采,在开采时水位深度降至灰岩顶板以下的地段,少数深井停止开采,或减少开采量,但都没有发现再度“复活”塌陷的现象。据水位统计表明,塌陷时水

表1 杭州市岩溶塌陷水位变化统计表

塌陷地点	发生时间	土名	土层厚度 (米)	土洞位置 (米)	静止水位 深度 (米)	塌陷时水 位深度 (米)	水位降深 (米)	塌陷时 开采量 (方/日)	塌陷程度
浙江医院	1972年10月	亚粘土含砾石	4.30	41—61.90	13.01	43.41	30.4	872	建筑物及地面裂隙 长800米,宽50米。
空军疗养院	1976年	亚粘土	5.74	25.8—32.6 36.6—41.6	+0.65	34.35	35	150	建筑物开裂
浙江大学	1976年5月	亚粘土	2.00	9.95—27.1	+0.55	24.45	25	2000	地面向下沉建筑物开 裂
浙江广播二台	1979年11月	粘土含碎石	11.50	19.0—34.0 47.50—50.0	21.70	23.11	1.41	27	地面塌陷及建筑物 开裂
省工人疗养院	1982年5月	亚粘土含碎石	6.00	20.41—21.26	7.00	17.40	10.40	145	地面向下沉。裂缝及 建筑物裂缝

位变化均在土洞附近(表1)。因此,推算海疗井水位降深10米,深度约18.0米时,相当于土洞位置,可能会发生塌陷。岩溶塌陷产生与否,与水位降至灰岩顶面以下有些内在关系;但是水位降至土洞附近,却是导致产生塌陷的关键因素。一般水位升降在隐伏土洞上面,也不容易引起塌陷。如杭州饭店开采灰岩中地下水,最大开采量 $1500\text{m}^3/\text{d}$,水位深度变化在23m左右(土层厚度达35m以上),未发生塌陷的现象。

二、岩溶塌陷分布规律及成因

岩溶塌陷多分布在土层厚度变化大及隐伏土洞集中的浅部岩溶发育带。80%以上的塌陷分布在压性断裂影响带、张性断裂带中,特别是断裂复合部位或可溶性岩石与非可溶性岩石接触带和向斜核部的褶皱带。

可以认为,岩溶塌陷是在上述综合因素相互作用下的产物。开采地下水是导致塌陷的诱发原因,而隐伏土洞的存在却是产生塌陷的内在因素。由于人工抽水这外在因素的作用,促使断裂带中的地下水活动加强,破坏了天然动态的平衡,引起土洞潜蚀,导致地面陷落及建筑物开裂。

三、保护开发地下水的对策

杭州西湖风景区的地下水,水质洁净,水温恒

定,造价低廉,近30年以来被医院、宾馆及疗养院作医疗、空调、旅游事业用水,起了不可估量的作用。岩溶地下水受降水、地表水及基岩裂隙水的补给,天然资源丰富。目前每年开采约 $280 \times 10^4\text{m}^3$,水资源未见衰竭,区域性水位也没有明显地下降。因此,在杭州市仍可以继续开采岩溶地下水,但本文特提出以下对策与建议:

(1) 必须查明与塌陷有关的断裂构造隐伏土洞发育程度,分布规律,圈定出不稳定地段。

(2) 允许开采量每年在 $280 \times 10^4\text{m}^3$ 以内,高峰开采量每天不能超过 $1 \times 10^4\text{m}^3$,应保证补给量大于开采量。

(3) 抽降水位控制处在土层中一半厚度以上为宜,或者开采期间水位降深值控制在土洞上面的稳定地段。

(4) 对地下水进行长期监测并对建筑物定期进行精密水准测量。

(5) 加强地下水资源的统一管理和规划,在一级风景区或重点文物保护单位如灵隐寺等,不宜再建井开采。

用稳定性评价岩溶塌陷,是一种综合分析法,也是岩溶塌陷趋势性预测的初步尝试。由于限于水平及研究范围小,尚难定量预测,具体定量评价有待于在今后工作中研究解决。

(上接第32页)

源的可靠性,是一个新的有意义的尝试。其计算工作承蒙地质矿产部张宏仁总工程师多方指导,并得到大

连造船厂电算室、地矿部计算中心108机组的协助,致衷心谢意。

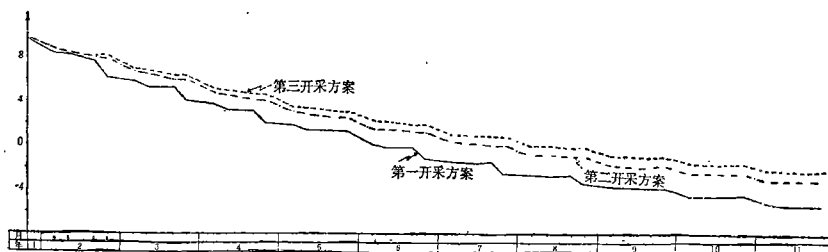


图 10 潜水设计开采方案下漏斗中心十年水位发展趋势曲线(铁西水源)



图 11 承压水设计开采方案下漏斗中心十年水位发展趋势曲线(铁西水源)