

太原、霍县岩溶和岩溶水

王发锐

(山西煤田地质 229 队)

马凤山

(中科院地质研究所)

太原和霍县在地质构造上同属新构造中的汾河断裂带,岩溶具有明显的分期性等共同特点。

一、碳酸盐岩特征

区内广泛分布着沉积岩,以碳酸盐岩类面积最大,地层上包括寒武、奥陶纪,厚度最大,霍县912.36(霍县寺庄HS-16号孔),太原933.03米(太原TS-19号孔)。分布面积最大,合计4200平方公里,其中太原约2500平方公里,霍县地区1700平方公里(图1)。主要分布在吕梁山,唯太原之东太行山的北端有面积不大的寒武—奥陶系分布。寒武系以白云岩为主,类石灰岩。下统馒头组、毛庄组都为白云岩,为中—薄层结构。中统张夏组为鲕状结构之灰岩。上统下部的

阔海沉积之泥质—细晶质灰岩为主;下部则以浅海、海岸沉积为主,以蒸发岩为代表,岩性以膏化泥岩为主,大都受到沉积岩后期的破坏,使多数的岩层缺乏连续性。峰峰组结构类同,但缺失上顶。

碳酸盐岩的成分特点是以方解石为主,白云石次之。酸不溶物含量较低,除峰峰组I段含量达14.01~19.94%、下马家沟组为26.5%以外,其余都在5%以下。钙和镁的含量随深度变化而变化较大,由中奥陶统一奥陶统一寒武系钙质含量有减小的趋势。含量最高的是上马家沟II—III段,最低是下奥陶统一长山组。CaO/MgO的值亦有随深度增加而降低的趋势。

研究区内岩溶的发育机理取决于溶质(可溶岩类)和溶剂(地下水,包括流动条件和化学成分)两个主要部分,此外,还有溶解的温度压力条件。本文的重点是讨论研究区内的岩溶和岩溶水。

二、碳酸盐岩类的溶解度

大量的室内和野外资料证实,碳酸盐岩类的溶解度决定于岩石的矿物成分、结构、孔隙度和裂隙率。为了易于对比,分别采用比溶蚀度(K_v)和比溶解度(K_{co})两个参数进行比较。

(一) 岩石的矿物成分 试验室的资料表明方解石的比溶蚀度(K_v)大于白云石,较纯的石灰岩比溶蚀度为0.95—1.42,其值随着白云石含量的增加而降低,较纯的白云岩为0.4—0.5。

(二) 结构类型 区内碳酸盐岩类具不同粒级的晶粒,包括砾—泥晶,也混有不同等级的砾屑,比溶解度(K_{co})和比溶蚀度(K_v)差异较大。灰岩中球粒和砾屑的比溶蚀度和比溶解度大于砂屑,更高于白云岩中的不等粒和砾屑。而结晶粒却不同,泥—粉晶质灰岩均小于白云岩相同的晶粒。在同类的岩石中泥晶比溶解度最高,晶粒增大,则比溶蚀度和比溶解度值减小(图2)。

(三) 酸不溶物 酸不溶物含量的高低直接影响着比溶解度。例如峰峰组I段岩石具有较高的酸不溶物,其含量为13.64—19.94%,所以溶解度极低,岩溶不发育;而上马家沟组的III段之酸不溶物含量只在1.1~3.02%的范围内,试验指数也表明该段比溶解度最高,所以在全区内岩溶最发育。当然,酸不溶物

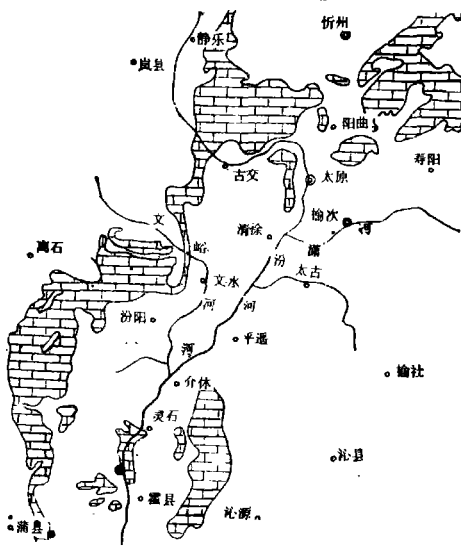


图1 太原、霍县间碳酸盐岩分布图

筒山组为薄层结构之灰岩。长山和凤山组为厚—巨厚层之白云岩,具竹叶状结构。白云岩均为后期交代的产物。本区缺失奥陶系上统,保存有中统和下统。下统分冶里和亮甲山两组。冶里组为薄—中厚层状,亮甲山组为巨厚层状,均为后期交代之白云岩。中统分下马家沟、上马家沟和峰峰三组,在岩层组合上自上而下为灰岩—交代之斑块灰岩—泥灰岩、角砾状泥灰岩、石膏层等。在沉积环境中,上、中部以潮下和开

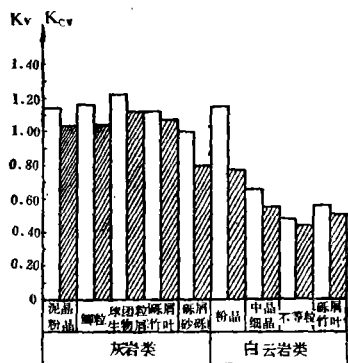


图 2 碳酸盐岩结构与 K_v 、 K_c 的关系

含量的多少，不是决定岩溶发育与否的唯一指标，但是一项重要的因素。统计资料说明，在同类岩石中含量在 $<5\%$ 时，溶解度不受影响。

(四) 溶解度在垂向上的分布规律 研究区内碳酸盐岩的地层结构与华北地区一样，基本没有变化，中奥陶统为三组八段。比溶解度和比溶蚀度在各个不同的地层中同样遵循着一定的规律，为岩溶成层发育提供了条件，因此形成了中奥陶统的三个岩溶层。

三、岩溶发育特征

(一) 岩溶发育垂向上的成层性 研究区内岩溶分布的主要规律之一是成层性。以地层单位划分，可分峰峰组、上马家沟组、下马家沟组、亮甲山组、凤山组和张夏组六个岩溶溶蚀层，它们与含水岩组的划分一致。

在六个溶蚀层中普遍以上马家沟组最发育，下马家沟组次之，峰峰组及其它各层更次之。

太原地区洞穴分布在标高 1500—1700 米、900—1000 米的两个水平，霍县地区洞穴分布的最高标高为 1300—1500 和 700—800 米。地表以下一般埋深都在 300—500 米较发育，为较好的含水层。

这里需要指出的是下奥陶统的岩溶发育问题。区内以往多次研究的结果都认为该统岩溶不发育，不具赋水条件。这次工作的实际成果却证实该统岩溶发育，含水性甚好。但含水层主要赋存在亮甲山组，冶里组由于为薄—中厚层结构，含水性较弱，可视为相对隔水层。太原兰村水源地中的 TS-26 号孔单位涌水量 8.96 升/秒·米，霍县的寺庄钻孔(HS-16 号孔)在钻到该层时也见有溶洞。亮甲山组之所以赋水，是因白云岩同样具有可溶性，只要地质构造和埋深条件允许，就有可能产生溶蚀条件。亮甲山组和冶里组同属白云岩，但因前者为厚—巨厚层状故较冶里组的薄层发育。

(二) 岩溶的埋深效应 由于所处构造部位的不同，因此研究区内各岩溶层的发育在水平方向上有着明显的分带性，有时含水性相差很大。例如上马家沟组在太原地区是主要含水组，但在北山系统中含水性却很差，单孔单位涌水量仅 0.1 升/秒·米，下马家沟组成了主要含水层（是兰村水源地的主要开发层）。产生这一水文地质特征的主要原因之一是含水层的埋深。一般情况下是埋深浅者岩溶发育，深者差，当然这不是单一的条件，还有构造影响的程度问题。太原西山的岭底、马兰、石千峰向斜；霍县汾河以东的退沙、下乐坪等地段由于古埋深比较大，岩溶不发育，使地下水成为滞流区，单位涌水量一般小于 0.1 升/秒·米。这些地段的奥陶系顶板埋深在 600—800 米之间，最大为 900 米或更深。由于埋深大，地下水运动缓慢，缺乏进一步的溶蚀条件，故后期岩溶也不发育。霍县汾河以东地区也正因埋藏深，往东又受霍山断裂的阻隔而溶蚀条件差。石千峰向斜东翼、马兰向斜的两翼因埋深较浅，故岩溶发育，成为地下水的主要径流区。

对于喜山期以后所产生的新构造运动造成的现代埋深则不是决定岩溶作用强弱的唯一因素。太原的 J30 号孔（三给地垒以北）奥陶系顶界埋深 619.10 米，比马兰向斜中的草庄头 503.95 米要深，但岩溶发育很好，尤其是东山东段卧虎山公园的 TS-27 号孔，奥陶系顶埋深 549.44 米时，上马家沟组的单位涌水量为 1.56 升/秒·米，当孔深达 900 米（标高为 -28.39 米）时，仍有 0.3—0.6 米的溶洞。霍县寺庄村 HS-16 号孔岩溶发育层的埋藏很深，当深度 657—680.92 米时（标高 -140.61 米）于寒武系顶部的白云岩中仍具溶洞。上述岩溶埋深现象是新构造运动所致。新的断裂使已经岩溶化了的含水层发生位移，使连续性受到破坏。在具张性结构的北西向断裂带除了产生含水层的位置改变之外，又具备了地下水通道，因而形成了新的地下水系统，如太原地区王封到西铭段地下水原来的方向是北北西往南东流，北西向断裂出现后则其中一部分的地下水折向北东补给盆地。东山也有类似现象。霍县则更明显，由于北西向构造的控制故具断纯河、涧河、团柏河三个强径流带。这一特征可能是在古岩溶的基础继承发展，所以当今的岩溶现象实际上是新老岩溶的叠加。

(三) 地质构造作用对岩溶的控制作用 由于断裂作用使含水地层抬升至地面则不赋水，如太原西山的汾河以北整个中奥陶统高于汾河河床之上，不具赋水条件；棋子山的主体为下马家沟组，在泥屯河和杨兴河侵蚀基准面以上，也不可能赋水。霍县也同样

由含水岩体的抬升和岩浆的侵入构成了阻水边界或失去赋水条件。又由于构造的原因,在太原地区的岩溶水可划分西山、北山和东山三个系统。霍县地区由于构造的原因形成了一个完整的郭庄泉岩溶水系统,而且在系统中又分为三个子系统。由于断层作用,太原西山成为富水带,除出露有兰泉和晋泉之外,还有相当量岩溶水补给盆地而转化为孔隙水。在霍县地区也因汾河为断裂带,使西侧的岩溶发育远远优于东侧。太原西山的勘探资料证明,古交地垒、王封地垒、虎峪沟地垒岩溶发育,赋水性极好,镇城底区的红崖子地堑的岩溶差于两侧,因此,东西两侧的赋水性都优于堑内。

四、岩 溶 水

研究岩溶的重要目的之一为了更全面地揭示岩溶水文地质条件,通过勘探和开发,使岩溶水更全面地服务于人类。尤其在干旱的山西,其意义更为深远。

(一) 岩溶水文地质特征

1. 太原地区

由于构造的原因将岩溶水分为西山、北山和东山三个系统。这三个系统都有隔水边界(一类)、可变边界(二类)和排泄边界(三类),它们之间既有联系(通过二类边界),又有相对的独立性,(包括流场

和水理性)。太原地区岩溶水的补给以降雨为主,汾河的地表水渗漏为次。其径流条件完全受构造控制,因此,无论主要地下水径流带和排泄区都证实了依存关系,各大泉的出露也是构造所控制。

2. 霍县地区

大部分岩溶水集中到郭庄泉排泄;另有一部分作深径流通过下团柏断层往南运移;还有一部分顺下团柏断层以南西方向补给龙子祠泉。以吕梁山大面积裸露的灰岩接受大气降水为主,同时自介休以下接受汾河地表水的补给,特别在灵石峡谷中由于上马家沟组Ⅱ—Ⅲ段直接出露于河床中,所以入渗条件甚好。由于构造和补给、埋深条件的原因在系统中分为简单、中等和复杂区。

(二) 勘探和开发

由于太原和霍县范围内具丰富的岩溶水,开发利用的时间较早,尤其在太原地区成为城市的主要水源之一;霍县也作为电厂的唯一水源,在岩溶水的开发之先或开发过程中都经过了不同程度的勘探和研究工作,太原地区的研究程度很高。现随着供需矛盾的日益加剧,无论勘探和研究工作都在进一步深化,可以预料在近期内,对太原、霍县的岩溶地下水将作出较全面、更深入的评价。

〔小资料〕

国际工程地质会议沿革(简介)

国际工程地质会议是工程地质界的国际性学术组织,自1970年成立以来已拥有45个国际会员团体,会员已达4600余人,其会议主要有二种类型:

一、国际工程地质大会,每四年召开一次,由国际工程地质联合委员会(IAEG)组织。到目前为止已开过六次大会:第一届,1970年,法国巴黎。第二届,1974年,巴西圣保罗。第三届:1978年,西班牙马德里。第五届:1986年,阿根廷布宜诺斯艾利斯。

二、国际工程地质专题研讨会,不定期召开由IAEG发起,会员参加国组织,现已进行了16次,会议年限,地点、讨论专题如下:

1. 1971年,苏联莫斯科,粘土的工程地质性质和作用。
2. 1972年,西德什图特加特(Stuttgart),裂隙岩石渗透性。
3. 1973年,西德哈诺威(Hannover),可溶性岩石的渗抗、沉降的工程地质问题。
4. 1974年,荷兰恩斯赫特(Enschede),北海及其周围地区的区域工程地质问题。
5. 1974年,苏联莫斯科,关于岩土工程技术性质基础研究。
6. 1975年,西德硫酸盐类岩石中隧洞建筑的工程地质问题。

7. 1977年,捷克布拉格,岩土体滑坡问题。
8. 1979年,英国纽卡斯尔(Newcastle),土木工程建筑中,规划、设计及施工用的工程地质图。
9. 1979年,波兰,人类工程活动对地质环境的演变和影响。
10. 1979年,苏联第比利斯,水利工程施工的工程地质问题。
11. 1981年,土耳其伊斯坦布尔,可溶性岩石中大坝施工的工程地质问题。
12. 1982年,法国巴黎,岩土工程地质勘察的原位试验工作。
13. 1983年,葡萄牙里斯本,工程地质和地下建筑。
14. 1984年,法国尼斯(Nice)混凝土骨料研究。
15. 1985年,美国塞勒姆(Salem)和北卡罗来纳,危险化学品废物地区的处理问题。
16. 1986年,意大利巴勒(Bari),震区的工程地质问题。

此外,1987年5月4~8日在我国北京召开了第17次国际工程地质专题研讨会,主要研讨山区环境工程地质问题。

(戚筱俊供稿)