

古岩溶柱状陷落特征与预测方法

阳泉矿务局三矿 余祖琪

阳泉矿区古岩溶柱状陷落星罗棋布，给石炭二叠纪煤层的开采带来很大困难，对它的预测方法一直是煤矿地质工作的一大难题。为此，作者依据众多的井下揭露资料，对该区古岩溶柱状陷落作一些分析和研究。

一、古岩溶陷落柱的特征

阳泉矿区古岩溶柱状陷落（下称陷落柱）的分布，主要在南部的马郡头井田和五矿井田，其它井田次之，分布不均匀。于此仅就三矿井田已揭露的250余个（占总揭露数的50%）陷落柱特征列述如下：

1. 柱体内岩石虽杂乱无章，但均已被泥质物充填胶结，且压缩的非常密实。一般干燥无水，极个别距地表较浅者，因风化裂隙的影响，地表水沿裂隙渗入后有淋头水出现（如三矿2号井一水平132工作面）。

2. 煤层中的陷落柱体，在其与煤层的接触面上，均具有一层比较光滑的泥质物（俗名粘矸），厚度多在0.02~0.05m。它的成因是由于接触面空隙被水溶泥质物充填，又经后期构造运动挤压-剪切滑动的结果。

3. 较大陷落柱里的陷落岩块比较完整，或是整体下陷，下陷牵引作用使煤层顶、底板岩层向柱体中心倾斜（最大倾斜度可达17°~20°，图1）。由于巷道揭露的局限性，



图1 陷落柱周围煤层受牵引图

（三矿1号井16采区西2绕巷，向柱倾斜达20°）

对其易误判为断层，如三矿2号井一水平5上山口所见。

4. 接近地表的陷落部分呈漏斗状，不呈柱状。形成这种现象的主要原因在于接近地表覆岩自重力较小，不能形成自然的压力平衡拱空间。

5. 垂直剖面上陷落柱总的形状下大上小，陷落角一般在70°以上，陷落高度往上可延伸到500~600m。在煤层中所见柱体的岩石绝大多数是煤层上部30m以内的岩层，但个别柱体中也发现有很少量的砖红色细砂岩小岩块，如三矿井田1号井的908与2001工作面所见。

地表在下石盒子组的灰黄绿色地层中，也常见有上二叠系石千峰组红层和下三叠系刘家沟组砖红色板状砂岩层的陷落体，它与周围岩层的颜色灰红鲜明，犹如一个完美的红心萝卜，如三矿1号井602工作面上方及五矿官压沟的东侧所见。

6. 下部煤层与上部煤层同遇一个陷落柱时，它们各自反映在平面上的环形线不完全重叠，而是有些位错（图2），即柱体轴不垂直（偏斜或弯曲）。造成上述现象的主要原因有两方面因素：①受后期构造运动的影响，柱体部分层段产生了水平方向上的位移，这在煤层中特别明显，在坚硬岩层中不明显（图3）。②陷落时上覆岩层的物理力学性质在竖向上的不均一性和结构面（节理、裂隙、层理、断层等）切割方向的不同，以致在柱体上形成参差不齐的凹凸面。

7. 平面上其几何形状具有一定的规律性，一般多呈圆（占2.7%）、椭圆（占97.03%

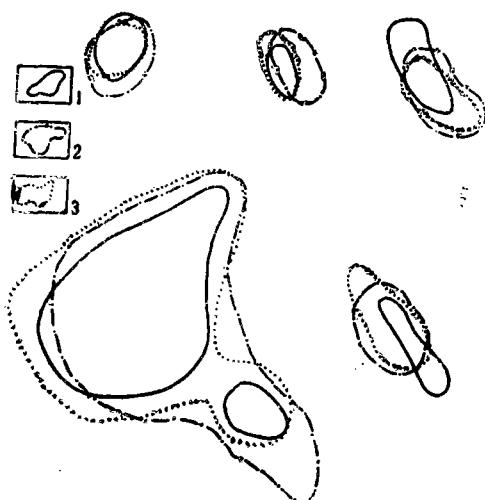


图2 上下煤层实见陷落柱对照图

1—在3号煤层，2—在12号煤层，3—在15号煤层

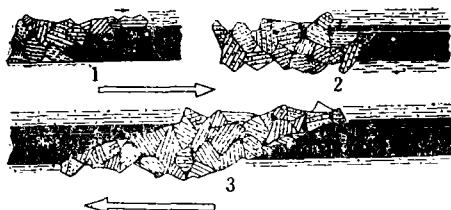


图3 柱体部分时段水平移动现象(三矿1号井)

1—17采区北二探巷，柱体内岩石向煤层里移动，2—19采区南五正巷，柱体内岩石沿煤层上部夹石挤入夹石下煤中；3—16采区612工作面，柱体内的水平滑动

%）、浑圆和长椭圆形（见图2）。这种形状的形成完全符合自然压力平衡拱逐步陷落的原理。莫氏理论认为，岩石（体）具一定的粘结能力，但在长期的成岩和后期构造变过程中，它又被各种结构面切割成一种不完整的松散体。在自然压力平衡拱的截面内，只有沿切线方向上的压力而无剪切和弯矩的作用，根据压力平衡拱的平衡方程可知，压力平衡拱的轴线和拱顶面为二次抛物线，呈弧形，而陷落柱恰是在多次自然压力平衡拱逐渐形成与陷落中形成的，所以柱体的周边一般多呈圆滑的弧形曲线。

二、古岩溶陷落的成因与形成期的分析

陷落柱是山西地台上的一种特殊地质现象。它特别发育，主要与山西地台的大地构造紧密相关，并受构造控制。

(一) 成因

本区陷落柱的形成，经历了两个阶段，即①下部奥陶纪碳酸盐岩溶的形成；②上部覆岩的陷落。两阶段都有较长的地史历程，是地质构造综合作用的结果。

本区奥陶纪碳酸盐岩（奥灰）古岩溶的强烈发育期，是在上古生界中、上石炭系形成期。此前，自中奥陶系升出海面以后，虽遭受了长期剥蚀与夷平作用，但那时的地壳长期处于稳定状态，地势平缓，水流缓慢，地下水的侵蚀能力与下切能力较弱，不利于古岩溶的强烈发育，以致在长期的夷平过程中，亦未形成复杂的岩溶地貌和奇特的峰林地形，却形成了大面积比较平缓的夷平地貌，上覆中石炭系本溪组呈不整合平铺其上。夷平面以下30m内的强岩溶发育带中，从未见有较大和较多的岩溶洞穴，说明当时的古岩溶并不发育。后来地壳不断下降，沉积了上覆煤系，随着地壳升降脉动频繁，地下水位反复运动，大大加速了古岩溶的发育进程，直到以后地台整体上升（本区大致在中生代早期的印支运动期，北部五台、太行开始隆起，缺失了三叠纪地层的沉积），大型溶洞始得形成，并在重力的作用下开始陷落。这种有限的陷落达到形成一个自然压力平衡拱（其高度为岩石的坚硬系数与空间跨度之比——2:1）时就暂时地稳定了下来。陷落下来的岩石有的被地下水溶蚀后带走，而大部分又在地下水和压力作用下逐渐密实，上部空间重新得以形成并不断增大，岩块又一次失去了应力平衡，产生塑性变形后破裂、塌陷。现今的陷落柱即是在这种多

次反复陷落后形成的。

(二) 形成期

在井下揭露的(500余个)和地表显现的陷落柱体中所观测到的岩性,最新为早三叠世砖红色板状砂岩与淡水石灰岩,说明陷落柱的结束期是在三叠纪以后第四纪以前(第四纪沉积区地表从未发现过陷落柱,同时在陷落柱体中也从未见有第四纪沉积物),推测为燕山运动前期的产物。陷落柱形成后,在煤层中多数曾产生过水平方向上的位移,这无疑是经受了水平作用力,显然它又受到燕山后期或喜山运动的影响。

三、古岩溶柱状陷落的分布规律

陷落柱只是古岩溶化的一种表面地质现象,它的分布规律完全取决于奥灰古岩溶的发育程度,而古岩溶的发育又直接受控于古构造(断裂和裂隙)、古地理(气候、水系、地形)环境、古水文(水的侵蚀性、水动力)条件和可溶岩的发育(厚度、可溶性)程度等条件。因此,研究陷落柱的分布规律,不能只限于上部表面的陷落柱几何形态和分布特征,而应当首先研究奥灰古岩溶发育的控溶条件,即对本区煤系形成过程中沉积环境的研究,这是因为本区古岩溶发育是在煤系形成过程中强化的。

本区煤系(主要指本溪组、太原组)由北往南厚度逐渐变薄(北部:本溪组46m、太原组125m;南部:本溪组26m、太原组110m),而煤系中的浅海相石灰岩层数却逐渐增多,含煤性逐渐变差,结构逐渐复杂,碎屑岩的粒度也逐渐变细,这些都充分说明当时海水来自南部或西南部。由于古地势是一个由北(五台古陆南缘)往南的较大古斜坡,无疑古水文网、古地下水的水流方向也是由北往南。当时古岩溶的出水口,很可能是在本区南部的昔阳方向,因为那里陷落柱特别发育,且陷落规模较大,显然这些只有

在水流畅通,水交替条件特别强的条件下才能形成。

本区北部为古岩溶含水层的强补给区,因有大面积的碳酸盐岩出露,又正处在一个由北向南的古斜坡上,地下水动力条件较强,交替和径流条件较好,泥炭沼泽非常发育,厚煤中心地带地下水的侵蚀力量强,质纯层厚的可溶岩特别发育(三矿深水2号孔奥灰厚800m以上),很适宜古岩溶的发育,故此区陷落柱特别多。另一方面,据煤系的沉积特点看,系华夏系构造所控,主要构造以北东向为主。煤系厚度由北往南渐变又说明当时的主要古构造形式是一开阔平缓、幅度不太大的褶皱构造。在强烈的NW—SE向的压力作用下产生的一张组裂面(NW向)和一组扭裂面(近SN向)特别发育,这与所揭露之陷落柱长轴方向上的两组裂隙面特别发育和陷落柱在近南北向上具成串密集分布的现象相当吻合。

控溶条件复杂,影响因素又较多,因而在古岩溶的发育程度和分布上均表现出不均匀性,于本区呈现出分区分片集中,很少单个出现的特点。分区上主要集中在本区的南、北部,而中部(二矿、太阳泉井田)在近80km²的范围内仅发现古岩溶十余个。分片上于同一个发育区内具有密集、稀疏和空白之别。例如在特别发育的三矿井田西北部,古岩溶呈南北向成串集中,东北部却大面积空白或很少出现。

四、陷落柱预测方法

根据本区陷落柱具有的分区分片集中成群分布的特点和规律,对其应采取下列方法进行预测。

1.一个采区范围内,在开掘采区主要大巷的过程中和与邻近采区(已采区)相连接的地段内,如果均未发现过陷落柱,便可预测该区将不会出现陷落柱。这是因为群间距

一般在800~1000m以内。例如三矿井田陷落柱最发育区(1号井18区)南部的12、15区等大片地区均未出现过陷落柱,而相邻的16、17、19区却是密集区。

2.根据本区陷落柱无单个出现的特点,只要在某一地区发现1个,就会在50~500m范围内出现第2、第3、甚至更多个。在这种情况下,于回采工作面构成后须用无线电坑道透视仪探测,以作好定量预测工作。如三矿1号井的19区902工作面和20区的2901工作面。

3.根据陷落柱分片的特点,在两个密集区之间一定会出现1个稀疏区或空白区,在这些区域内的陷落柱出现较少。

4.根据陷落柱在回采及掘进工作面上暴露的水平方向上的长度,来确定其长短轴与工作面推进方向的几何关系。如所遇柱体是随工作面的推进很快地往两边(进风和回风方面)延伸,说明它的长轴方向与工作面平行;如柱体一方延伸较快一方逐渐缩短,说明它的长轴方向与工作面斜交;如柱体往两方呈较快地收缩,说明它的长轴方向垂直于工作面;如柱体往两方发展,延伸较慢,柱体面与煤层的接触面走向又逐渐偏斜,那么这一陷落柱的形状应预测为圆形。再根据它们各自的几何形状在本区出现的概率(椭圆形最多,其长轴直径多在30~60m,占92.3%),来确定它的大小范围,最后再采用巷道圈定,以保证生产继续进行。

五、两个问题

1.陷落柱非地质构造形迹,它的成生与发展完全受下部古岩溶控制,因此对其分布规律的研究重点应放在控制古岩溶发展程度的控溶条件上。本区煤系形成期岩溶发育条件最为优越,虽然该期地壳总的呈下降趋势而接受沉积,似乎整个奥陶系都处于水位以下,但当时的古地势是一个由北往南的古斜

坡。既然有一个古斜坡,就不可能全部被水淹没,在北部高的地区必然要处在水位以上。如沁水盆地地势北高南低,在南北长300(余)km的地段上,其北部(阳泉矿区和东山煤矿区)的陷落柱最发育,可以说发育区均位于盆地北缘和古斜坡上。陷落柱成生在燕山运动以前,燕山运动使山西地台整体上升隆起,地下水位下降,水的动力条件得到加强,但奥灰的上覆地层较厚(>1000m),而且煤系中含有较多的弱透水层与不透水层,加之该期构造运动在本区表现以褶皱为主,断裂很少,这些对上部水(降水、河流、其它水体)的渗漏都非常不利。在煤矿的开采实践中也证明矿井水很小,说明含煤区水的渗透性确实很差。据岩溶发育规律,一般地认为在地下300~1000m以下岩溶就不太发育了。因此在燕山运动后,对下部的奥陶纪碳酸盐岩来说,其岩溶发育条件并不完全具备,所以在燕山期形成的盖层构造亦非本区陷落柱的控溶构造,它与陷落柱分布规律的关系不大。

2.陷落柱的陷落高度往上一直延伸到500~600m,仅在一个直径数十米的环形空间范围内能落到这样的高度,在陷落力学上很难理解,但它确实客观存在着。通过对陷落柱体内岩石的长期观测,井下煤、岩巷中揭露的多是上部(30m内)的岩层,而且陷落下来的岩石除砂岩和比较坚硬的粉砂岩外,泥质岩已全部失去原岩的面貌,并全被地下水溶蚀充填于空隙之中,胶结着其它难溶的岩块;砂岩、粉砂岩块与原岩强度相比也已大大降低。这些都充分显示出其经过了强烈挤压与水溶蚀作用。柱体内岩石在逐步的多次塌陷又有地下水参与的条件下压缩的非常密实,它的松散比很小,故能一直陷落到很高。

本文对本区陷落柱的一些认识和分析,如有不妥之处,请批评指正。