

# 济阳坳陷洞穴堆积型高产储集岩

杜 韞 华    刘 守 义

(胜利油田地质科学研究所)

近年来,山东济阳坳陷下古生界的风化淋滤带,钻探到洞穴堆积型高产储集岩,以孤北10井的最典型。洞穴堆积物形成于侏罗纪,成洞基岩为中奥陶统马家沟组碳酸盐岩,洞高10.08 m,洞穴堆积厚8.28 m,未被充填的洞穴空间1.8 m。

洞穴堆积物杂乱无序,由三类组分构成:(1)成洞基岩崩塌物,(2)洞穴化学沉积的破坏产物,(3)成洞期或成洞期后的外来物质。

洞穴堆积物由于得到洞壁的保护而免受正常压实,保存了大量的孔隙,因而愈是细粒的堆积物原始孔隙愈高,洞穴泥岩的孔隙度最高可达37.9%。

济阳坳陷洞穴堆积深埋后,受到酸性水溶液的溶蚀,增加扩大了孔隙和溶蚀通道,成为良好的高产储集岩。

古代洞穴堆积物中高产油气流的发现,是我国近年来油气勘探研究工作的重要成果之一。研究其性质、成因及储集特征,具有重要的实际意义。

我国渤海湾地区上元古界及下古生界碳酸盐岩,都经历了大约0.8—1.65亿年的古表生淋滤作用。近十年来勘探古潜山油气藏发现数十口千吨油井,在淋滤带发生井喷、井涌、漏失及钻具放空等现象,表明地下溶洞相当发育。由于埋藏深,洞穴堆积物取心率很低,加之对识别洞穴沉积还缺乏经验,长期以来未能确认。1984年在山东济阳坳陷孤北10井下古生界碳酸盐岩的风化淋滤带中,取出浅棕色饱含油的洞穴堆积物,试油结果日产原油3650 t,初产量列全国第二位。由此引起地质工作者的极大兴趣,进一步证明,其他如孤北7井和车古12井也有类似的储层。

## 一、成洞基岩与成洞条件

### (一)孤北10井的地质概况

洞穴堆积型高产储集岩的岩心取自孤北潜山的孤北10井。孤北潜山是山东济阳坳陷中的低凸起,以北东及北西西两组断裂为边界,潜山内部又被次一级断层切割。中生代构造运动以后,基本上形成南部和西部受基岩大断裂控制,向北东倾斜的单面山。到新生代主要断裂仍有活动,成为油气集散的通道。孤北10井位于古断面的高部位,邻近北东及北西西两组次级断裂的交汇处(图1)。

该井于3571m钻穿侏罗纪煤系,进入下古生界古风化壳。3575.31m开始间断取岩心10次,进尺19.2m,岩心长11.22m,在井深3586m处(距古风化壳15m)开始见到洞穴堆积物,呈浅棕色,饱含油。

色谱-质谱资料表明,该井原油甾烷质量色谱及混合干酪根类型均与邻近第三纪生油洼陷沙三段的生油岩一致,凸起的东北及西南两洼陷有400—800 m的生油岩,是孤北10井的高产油源。

## (二) 成洞基岩的岩性及时代

成洞基岩有泥晶灰岩、泥晶白云岩及退膏化退白云石化结晶灰岩(后简称次生灰岩)。其与洞穴堆积的岩性序列如表1。

1. 泥晶灰岩 由泥晶方解石组成,呈厚层状,含三叶虫、棘皮类、腕足类化石碎片,属广海相潮下低能带沉积。具砂、砾

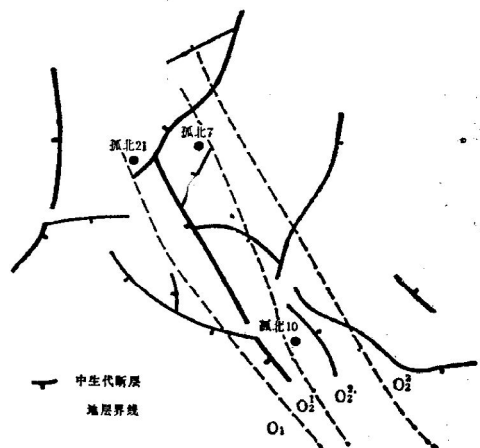


图1 孤北下古生界潜山古地质图及孤北10井构造位置图

表1

| 井深(m)   | 岩性序列                        | 古洞穴     | 取心位置     |
|---------|-----------------------------|---------|----------|
| 3571    | J煤系地层                       |         |          |
| 3586    | O <sub>2</sub> 次生灰岩及泥晶白云岩互层 |         | 3573.31m |
| 3596.08 | 洞穴沉积                        | 高10.08m | 3596.08m |
|         | O <sub>2</sub> 厚层状泥晶灰岩      |         |          |

屑结构的泥晶灰岩,化石含量少,碎屑磨圆差,未经分选,属静水或间歇搅动水的沉积。在该井剖面上,泥晶灰岩位于洞穴堆积以下(表1)。

2. 次生灰岩 厚度变化大,由结晶方解石组成,根据结构等特征分为两种类型:一种富含石膏假晶,具退白云石化和溶塌角砾构造,薄层状,有同生变形层理,原岩为膏质白云岩夹白云岩或石膏岩;另一种富含泥晶白云石包裹体,原岩为泥晶白云岩。

3. 泥晶白云岩 由泥晶白云石组成,具微层状韵律层理。

泥晶白云岩及次生灰岩的原岩均属泻湖沉积,位于洞穴堆积以上(表1)。

以上泥晶灰岩、泥晶白云岩及膏质岩等显然构成3个海退岩类序列。从这个序列来看,成洞基岩除泥晶灰岩之外,还不能排除灰岩和白云岩的过渡岩类。据化石特征及区域地层对比,该洞成洞基岩为下古生代中奥陶统马家沟组。

## (三) 溶洞类型及成洞条件

根据成洞基岩的岩性,溶洞主要有碳酸盐岩溶洞及盐类岩石溶洞两类。孤北10井古溶洞高达10m之多,规模远非盐类岩石溶洞所比拟,应属碳酸盐岩溶洞。可能发育于厚层泥晶灰岩或白云岩及次生灰岩,证据在于:(1)石膏与方解石虽皆为易溶矿物,但前者比后者更易溶解、垮塌,不能形成大洞;(2)潮湿炎热条件下退膏化、退白云石化开始于潜水面以下的深部,当含膏白云岩在深部退膏化、退白云石化形成次生灰岩后,随着上升达到潜水面附近时就可形成大型的碳酸盐岩溶洞;(3)洞穴堆积中有次生灰岩、白云岩等碳酸盐岩角砾。

上述溶洞的形成除有碳酸盐岩存在的有利条件外,还因孤北潜山带在早侏罗世前有两次地壳隆起,即中奥陶世-早石炭世及三叠纪两次露出水面。这不仅产生了大量断裂、裂隙,为水的活动提供了通道,而且使古生代地层暴露的时间很长,有的甚至达

1.65 亿年之久。加之两次暴露的晚期都成为煤前期,气候炎热潮湿,植被发育,水温及  $\text{CO}_2$  含量均高,水的侵蚀能力很强。这些都使古表生作用十分强烈,因而产生强烈的退育化、退白云石化和大型溶洞并不偶然,可以预料次生灰岩溶洞在区域上一定广有分布。

## 二、洞穴堆积物的时代与类别

### (一) 时代

该井洞穴堆积的井段为 3596.08—3586 m。上下均为中奥陶统,而洞穴堆积物却产生代孢粉化石:桫欏孢 *Cyathidites*, 拟桫欏孢 *Alsophilidites*, 光面三缝孢 *Leiotriletes*, 三角块瘤孢 *Converrucosisporites*, 紫莫孢 *Ozmundacidites*, 内环粉 *Classopollis* 等。证明洞穴堆积应属早侏罗世,古溶洞则形成于早侏罗世之前。

### (二) 类别

孤北10井洞穴堆积在宏观和微观上最显著的特征,是成分和构造杂乱无序。大于10 cm 的角砾与小于 0.1 mm 的矿物碎屑混杂堆积,未经磨圆(图版 I-1—6)。堆积物由三类组分构成:(1)成洞基岩的崩塌碎块;(2)洞穴化学沉积的破坏产物,其中以单晶方解石碎片最为典型;(3)成洞期或成洞期后的外来沉积物,其中一部分是不整合面以上覆盖层的岩石成分。由于形成洞穴堆积物的地质作用常不断变化,所以堆积物的成分构造在混杂的基础上又相互区别,孤北10井洞穴堆积可分为洞穴角砾岩,洞穴泥岩,洞穴泥岩-角砾岩及洞穴碎石等四个岩性层(图2)。

#### 1. 洞穴角砾岩

成分复杂,由多种成因的岩石碎块及矿物碎屑组成,大小悬殊,杂乱堆积。其中以碳酸盐岩为主,因硅化强而显深灰褐色。角砾间的胶结物有单晶方解石、白云石碎屑、石英及洞穴泥。单晶方解石呈针状、棒状、更多的呈尖角状(图版 II-1,3),有时分散,有时集中,是古洞穴中化学沉积物的破坏产物,硅化较弱。该段岩心含油、多孔,取心作业时钻具放空 0.42 m,第九次取心收获率为零,因此该段有 1 m 左右的空洞(图2)。

#### 2. 洞穴泥岩

由伊利石组成,其次是炭屑、含炭的泥岩砾石及少量的碳酸盐岩角砾(图版 I-5)与洞穴角砾岩之间呈突变接触,层面不规则。洞穴泥岩厚约 3 m,浅棕色,均匀含油。有特殊的物理性质:比重小 1.65;硬度  $< 2.5$ ,孔隙度 12—24%,最高可达 37.9%,以微孔为主,孔径 3—5  $\mu\text{m}$ ,由伊利石及自形六方双锥的石英相互支撑所构成(图版 II-4)。

根据东营凹陷泥岩压实实验资料<sup>1)</sup>(图3),泥岩埋深 3000 m 的正常压实密度为 2.4—2.5,孔隙度 3%;埋深 50 m 的正常压实密度  $< 1.8$ ,孔隙度 35%。孤北 10 井的洞穴泥岩虽埋深在 3580 m 之下,而它的密度与孔隙度仅相当于埋深 50 m 的正常压实数值,显示洞穴泥岩由于得到周围洞壁的保护,未受充分压实的物性特征。

泥岩中含较多的孢粉化石,以蕨类为主占 16%,裸子类占 24%,为中生代化石(图 2)。化石不仅说明洞穴泥与上覆的侏罗纪沉积相同,也为洞穴堆积物形成时代及洞穴

1) 张敦祥, 1979, 东营凹陷泥岩压实实验—油气初步运移的初步探讨。

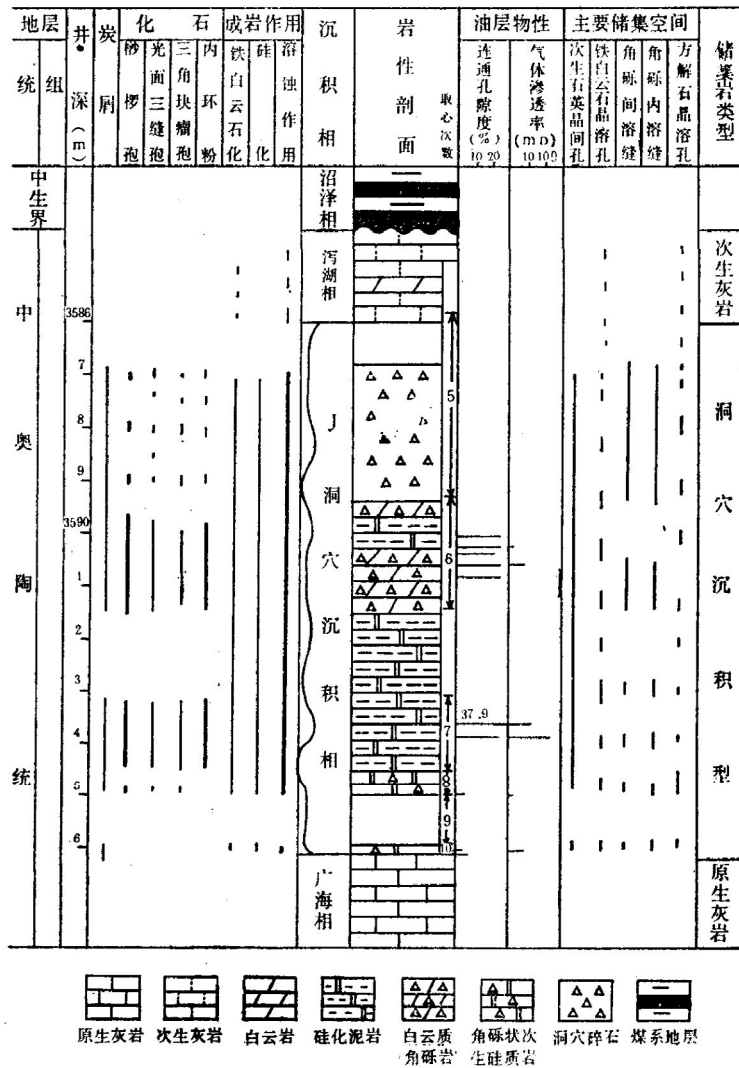


图2 孤北10井洞穴堆积型储集岩及储集性

形成时间下限的确定提供了可靠的依据。

### 3. 洞穴泥岩-角砾岩

与洞穴泥岩呈渐变接触，为角砾岩与泥岩互层。由于硅化作用较弱，角砾原始成分可鉴，有泥质白云岩角砾、次生灰岩角砾、显微晶铁白云岩角砾及泥岩角砾。碳酸盐岩角砾有的含石膏假晶，有的具变形层理构造，为成洞基岩崩塌破碎产物。该层洞穴泥岩均匀含油，角砾岩含油斑。

### 4. 洞穴碎石

由未胶结的洞穴角砾组成，大部分均含油

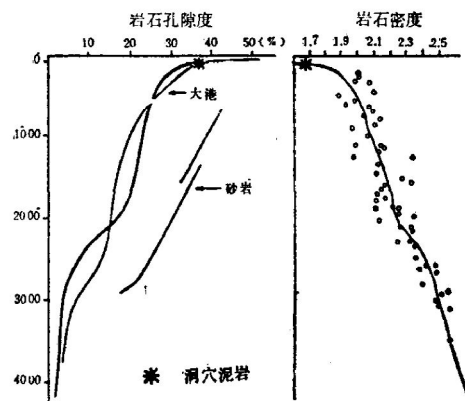


图3 东营凹陷泥岩压实实验资料

斑。与洞穴泥岩-角砾岩之间呈突变接触。取心收获率只有23.5%,推测其顶部有0.8 m左右的空洞。

由于洞穴堆积受到强烈的硅化作用,部分洞穴充填物已形成现今的次生硅质岩及硅化泥岩(图2)。

洞穴泥岩的孢粉含量与炭屑富集程度有关(图2),根据二者的位置结合其他特征,确定该井洞顶在3586 m,洞底3596.08 m,洞高10.08 m。

### 三、其他洞穴堆积

在孤北10井北西2 km的孤北7井,也是位于古断面的高部位(图1),该井钻至古风化壳以下4 m处(井深3528 m),获比重小、硬度低的含油硅化泥岩岩屑,镜下特征与孤北10井相似(图版Ⅱ-8),薄片测得孔隙度35%,测井证实有6 m高的古溶洞。

济阳拗陷义和庄潜山北坡的车古12井,也钻遇洞穴堆积,上覆层为石炭系含煤沉积。于1627 m钻达古风化壳,1691 m开始有洞穴堆积,但不连续,1710 m钻具放空2.2 m。洞穴堆积有隐晶白云岩角砾、次生灰岩角砾、尖角状单晶方解石、炭质泥岩角砾、纯高岭石泥岩角砾及洞穴泥等(图版Ⅰ-4, 6, 图版Ⅱ-5)。堆积物受流水作用使泥岩略显粒序层理(图版Ⅰ-4)。在义和庄潜山剖面上,纯高岭石泥岩产于中石炭统底部,为古风化壳形成时期化学风化的残积物,由于压实作用使其重结晶明显,常见粒径为0.2 mm左右的六边形单晶。因此该井洞穴高岭石泥岩角砾来自上覆石炭纪沉积。值得指出的是洞穴高岭石泥岩角砾由于得到洞壁保护未受压实,没有明显的重结晶现象。1699.10 m的洞穴角砾岩(图版Ⅰ-6)含较丰富的疑源类(*Acritarchs*)<sup>1)</sup>化石,但类型单调,以圆球形、粒面类、网面类占绝对优势,以小个体(一般20—30 μm)最多,均具开口,有三个类型,以*Leiosphaeridae*的数量最多,其次是*Porate*,个体较大,具多孔纹饰的*Tasmanites*较少。

### 四、洞穴堆积型高产储集岩的储集性

迄今在济阳拗陷钻探到的三处洞穴堆积岩都是高产储集岩。特高产的孤北10井最为典型;孤北7井钻至洞穴泥岩储集层时,井喷1 m多高;车古12井钻到洞穴堆积岩后发生恶性井喷,原油从放喷管线喷出17 m远,修井后以日产147 t的产能投产。

#### (一) 储集空间特征

洞穴堆积型储集岩的储集空间有晶间微孔、方解石晶溶孔、白云石晶模孔、角砾间和角砾内的溶孔、溶缝(图版Ⅰ-3, 图版Ⅱ-1, 2, 4—8, 图2),此外还有未被充填的洞穴空间。

洞穴堆积型储集岩与一般沉积岩的孔隙发育有明显的差别。在一般砂泥岩系列中,颗粒愈细的沉积物,当其深埋后,压实愈烈,储集性能愈差,而洞穴堆积中却情况相反。由于受到洞壁的保护,细粒沉积物的原始高孔隙度,并不过多受压实的影响而减小,因而其孔隙性反而比结构混杂的粗粒沉积物好得多。因此洞穴堆积以泥岩的孔隙度

1) 由胜利油田地质科学研究院化验室李经荣、冷广东等同志鉴定。

最好，一般为12—24%，成分结构均一者可高达37.9%。因其孔径甚小仅2—5 $\mu\text{m}$ ，只有扫描电镜方能见到（图版Ⅱ-4，5，6）。洞穴角砾岩的孔隙度也比较好，一般为5—20%，但变化较大，受成岩作用的影响比较明显。

## （二）洞穴堆积物深埋期的成岩作用及对储集性的影响

洞穴堆积物深埋成岩作用，是在环境不断封闭，地温不断增高，而又没有压实的特殊条件下产生的，其主要作用是铁白云石交代作用、硅化作用及深成溶蚀作用。

### 1. 铁白云石交代作用

在茜素红复合液染色的薄片上，可见部分洞穴角砾及洞穴白云石碎屑被铁白云石交代（图版Ⅱ-7）。铁白云石是含 $\text{Fe}^{++}$ 的弱碱性矿物，一般在近地表即受到氧化，而形成于地温60—150℃的深埋环境。

### 2. 硅化作用

洞穴堆积物被自形石英充填交代，而产生硅化的现象十分明显。根据孤北10、孤北7及车古12等三口井大量电镜资料的观察，得知硅质矿物都是自形石英（图版Ⅱ-4，5，6），短轴6—8 $\mu\text{m}$ ，轴比大2.5—3，为低温条件形成的特征。洞穴泥岩的硅化特征是，沉淀的自形石英（与水云母）相互支撑形成格架，其间保留大量的微孔隙（图版Ⅱ-4，5）。洞穴碳酸盐岩角砾硅化特征是，交代作用首先从矿物的边部开始，自形石英按原矿物晶形作有规律地排列（图版Ⅱ-6），然后交代其内部，最后自形石英并晶形成碳酸盐岩矿物的假象。上述洞穴堆积物都有硅化，而且局部可见自生石英充填于铁白云石的溶解孔隙之中，这表明硅化作用是在深埋环境中进行的。钻井资料表明，深埋洞穴硅化都强于成洞基岩，一部分 $\text{SiO}_2$ 来源于洞穴内粘土矿物的转化，孤北10井洞穴泥岩粘土矿物只有水云母，可能系由蒙脱石转化而来，当其转化过程中会析出大量的 $\text{SiO}_2$ ，由于处于洞穴未遭压实使其外泄，故在多孔隙的洞穴堆积中，产生强烈的硅化。另一部分 $\text{SiO}_2$ 则来自新生代的生油洼陷，详见下述。

### 3. 溶蚀作用

下列三种矿物的溶孔（图版Ⅱ-1，7，8）说明溶蚀作用强烈，（1）铁白云石角砾内溶孔，（2）洞穴化学沉积物——单晶方解石的晶溶孔，（3）洞穴白云石碎屑晶溶孔。其中铁白云石角砾内溶孔乃为深埋藏形成的溶解孔隙，这确切地说明了存在深层溶孔，（2）、（3）两种矿物是在近地表生成的，其溶孔则有可能是近地表和深层两种溶蚀造成的。

深层溶蚀作用增加储集空间；铁白云石的交代作用不仅增加了孔隙空间，而且有利于选择性溶解；硅化作用则对储集性不利。

孤北10井3593.89 m的铁白云石角砾，在电镜（图版Ⅱ-7）中可见铁白云石晶溶孔被少量自形石英充填，表明成岩顺序为铁白云石交代作用→溶解作用→硅化作用，可见埋藏成岩期粒间水溶液的pH值变化趋势为弱碱性→弱酸性→较强酸性。另外还有一种现象，即强烈硅化的次生硅质岩有许多大孔和小洞（图版Ⅱ-3），有的孔洞又被少量方解石和自形石英晶簇充填。孔洞形成可能有两种情况：（1）硅质矿物被溶蚀，（2）硅化残余的硅酸盐又被溶蚀。根据H·布拉特（1972年）关于pH值与方解石、石英、非晶质 $\text{SiO}_2$ 的溶解关系图<sup>[1]</sup>得知，当 $\text{pH}>10-11$ 时，石英开始大量溶解，而所见

岩心的大量电镜照片表明,石英并无溶蚀现象,因此强碱性的条件是不存在的。当 pH 值  $< 7$  时,二氧化硅沉淀,方解石溶解,即在酸性介质中,碳酸盐矿物的硅化及溶解作用同时进行。当 pH 值在 7—9.5 的弱碱性条件下,方解石、石英可能同时晶出,充填早先形成的溶蚀孔洞,可见硅化及溶蚀现象是酸性水介质控制的。

研究区酸性水介质有两种来源,第一,来自周围第三系生油盆地。洞穴堆积的所有孔隙都被来自第三系生油层的原油充填,所以它也应受到油源岩地层水的充填和作用。这种地层水有生油盆地的沉积物在压实和成岩早期的碱性水溶液,  $Mg/Ca$  比率高,其中还溶解了一部分由粘土矿物转化时游离出的  $SiO_2$ ; 另外是生油岩成熟转化时,脱羧基所产生的酸性水溶液<sup>[2,3]</sup>,这两种溶液作为油气运移的前驱,沿着各种裂缝系统及不整合构造带渗流,酸性水溶液既溶解碳酸盐矿物形成孔隙,扩大裂缝,同时也导致碱性溶液中  $SiO_2$  的沉淀,直到储集岩的孔隙被原油充填为止。第二个来源是成煤盆地成煤期酸性水的补给。研究区的洞穴堆积物上部都有煤系地层,成煤期间会连续不断的析出含  $CO_2$  及  $H_2S$  的酸性水,使洞穴堆积在未遭压实,孔隙发育的基础上即被溶蚀,形成大孔小孔相连,古洞新缝相通的高产储集岩。由于孤北10井的洞穴堆积距不整合构造带及煤系近,酸性介质来源丰富,深层溶蚀作用更为深刻,可能是该井洞穴堆积型储集岩成为特高产储集岩的主要原因。

本文曾得到周自立同志的帮助及本院化验室有关专业组的协助,特致谢意。

### 参 考 文 献

- [1] H. 布拉特等, 1972, 沉积岩成因。《沉积岩成因》翻译组译, 1978, 科学出版社, P. 258—259.
- [2] Schmidt, V., and McDonald, D. A. 1979, The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis: In P. A. Scholl and P. R. Schlugre (eds). Aspects of diagenesis-symposia: Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Spec. Pub. 26.
- [3] Tissot, B. et al, 1974, Influence of nature and diagenesis of organic matter information of petroleum. AAPG, V. 60, P. 245—257.

## HIGH-YIELD RESERVOIR ROCKS OF CAVE-ACCUMULATED TYPE IN JIYANG DEPRESSION

Du Yunhua Liu Shouyi

(Geological Scientific Research Institute, Shenli Oilfield)

### Abstract

In recent years, high-yield reservoir rocks of cave-accumulated type have been found by drilling some wells in the weathered leaching zone of Lower Palaeozoic in Jiyang depression, Shandong, of which No.10 well in Gubei in particular. The cave accumulations were formed in the Jurassic, the basement rock of the cave is carbonate one to the Majiagou group of Middle Ordovician. The cave is 10.08 metres high, the accumulation is 8.28 metres thick and unfilled cave space remains in 1.8 metres high.

The cave accumulations are in disorder, which consist of three components;

1) collapsed materials (breakdowns) of the basement rock forming the cave; 2) destructive products in chemical sediments of the cave; 3) materials from other places in the stage of the formation or post-formation of the cave. Cave accumulations in Gubei No. 10 well, from down to up, can be divided into four lithologic formations of cave breccia, cave mudstone, cave mudstone-breccia and cave broken stone, etc.

Mesozoic sporopollen fossils were contained and found in the cave mudstone, which may have given evidence for the determination of the time for the accumulation of the cave.

Cave accumulations, avoiding the normal pressure because of protecting by the cave wall, have preserved a great many porosities in them. Because the finer accumulations, the higher percentage of primitive porosity, thus, porosity of the cave mudstone is the best, microporosity mainly, up to 37.9%.

Cave accumulations in Jiyang depression, from the Early Carboniferous onwards, have been successively buried. Porosities and corrosional corridors of the cave have been enlarged and increased by the corrosion of acid water solutions from the movement of the Tertiary fault zone and through the unconformable structural zone after their burying, thus, improving permeability of the cave accumulations and making them a good high-yield reservoir rock.

## “六五”期间我国石油、天然气勘探取得重大进展

“六五”期间我国石油、天然气勘探全面完成和超额完成了国家计划，油气勘探取得了重大进展，主要表现在以下几个方面：

### 一、石油、天然气储量有了大幅度的增长

1981至1985年，全国新发现油田78个。新增石油储量是“五五”期间的一倍半，是“四五”期间的两倍多。平均年储量增长速度达到7.1%，已超过原油产量增长速度的一倍。改变了前几年一度出现的储量增长赶不上产量增长的状况。新发现的油田中，石油储量在五千万吨以上的有11个，这些油田的储量之和占“六五”期间新增石油储量的38%。

“六五”期间，全国新发现气田12个，新增天然气储量是“五五”期间的四倍，相当全国过去的三十年新增天然气储量的总和。

### 二、石油、天然气勘探出现了一个新的发现期

近几年来，随着对含油气沉积盆地的基本地质结构及其形成机理和演化过程的认识不断深化，视野不断扩展，新技术的推广，勘探水平的不断提高，在我国东部地区突破了复式油气藏的勘探，西部地区突破了逆掩断裂带的勘探，打开了油气勘探的新局面，进入了一个新的发现期。

1. 在渤海湾盆地的辽河、大港、华北、胜利、中原等5个油区发现了15个规模较大、储量相对集中的复式油气聚集带（区）。

2. 渤海湾盆地打开了5000m以下深层油气藏的勘探领域。近两年来先后在冀中和济阳拗陷发现了5000m以下的震旦系、寒武系、奥陶系古潜山深层油气藏，单井日产原油一般在300t左右，最高的可达2000t。表明在渤海湾地区含油的深度大大超过原来的预测，在4000—5000m深度的广大领域，有着很好的找油前景。

3. 渤海湾地区利用地震地层学的研究成果对深盆生油凹陷找油取得了突破。黄骅歧口凹陷北部次凹，打出了日产原油70t的探井；济阳拗陷牛庄—六户洼陷，发现了一个大型的沙三段岩性油藏，预计有利勘探面积可达150km<sup>2</sup>；冀中饶阳凹陷南部也发现了大面积的深水浊积砂体，新完成的一口探井获日产油80m<sup>3</sup>。上述成果突破了过去认为生油凹陷中心无砂岩油藏的概念，为渤海湾及整个东部地区的断陷盆地，开辟了广阔的找油新领域。

4. 石炭、二叠系的油气勘探，不论是在东部地区还是西部地区，都取得可喜成果。冀中拗陷在文安斜坡打出两口高产油气井，日产天然气达13—21万立方米，凝析油单井最高日产134m<sup>3</sup>；济阳拗陷