

# “地球深部岩石认知” 课程方案



自然资源实物地质资料中心

# “地球深部岩石认知”研学课程方案

## 一、课程背景

为贯彻党的教育方针，推进素质教育全面实施，培养学生创新精神和实践能力，进一步推动实物中心研学项目工作的扎实、有效开展，结合本地区中小学研学课程的有关要求和学科教学需求，实物中心决定开展主题为“地球深部岩石认知”研学课程。

## 二、课程思路

习近平总书记在 2016 年全国科技创新大会上提出，向地球深部进军是我们必须解决的战略科技问题。通过地球深部岩石认知课程及资源的开发，可以让学生对地质钻探特别是地球深部科学钻探有所认识，了解世界科学钻探概况，对科学钻探的研究目标和意义有所认识，了解中国大陆科学钻探概况及最新成果，并依据科学钻探岩石认知，延伸掌握三大岩石类型的基本知识，能掌握简单的岩石识别技能。

## 三、课程目标

通过开发地球深部岩石认知研学课程与资源，可以让学生对地质钻探特别是地球深部科学钻探有所认识，了解世界科学钻探概况，对科学钻探的研究目标和意义有所认识，了解中国大陆科学钻探概况及最新成果，并依据科学钻探岩石认知，延伸掌握三大岩石类型的基本知识，能掌握简单的岩石识别技能，满足学生了解地球深部岩石、地质信息特别是实物地质资料信息的需求，达到激发学生探索地球深部奥秘热情的目的。

## 四、课程内容

本课程共包括：科钻知识讲座、VR 体验与展厅参观、岩心实物认知三个课时。

## 第一课时：科钻知识讲座

### <一>研学目标

1、通过前期的宣传、知识的储备及活动准备，使学生了解我们本次研学的主要内容，从而为研学课程做好准备。

2、通过准备活动学生探究学习的积极性。

3、通过活动使学生树立安全、环保、自护、合作、探究等意识。

### <二>研学内容

研学课程宣传、知识储备、活动准备

### <三>研学过程

#### 环节一：

发放研学课程手册，学生按要求完成研学的前期知识储备工作及研学过程中的活动准备，回答研学课程实践手册上的问题。

#### 环节二：

通过讲解 PPT《科学钻探——深入地球内部的望远镜》，向学生重点讲解以下内容：

1、地球的圈层构造包括外部圈层和内部圈层，其中外部圈层包括大气圈、水圈和生物圈；内部圈层包括地壳、地幔和地核。地壳平均厚度 17km，其中大陆地壳平均 33km 厚，大洋地壳平均 7km。

2、入地工程能够帮助我们研究地球生物演化、地球内部组成、恐龙灭绝地质事件、板块运动等问题。地质钻探是直接获取地球深部实物样品的唯一手段，起到了“入地望远镜+深地采样器”的作用。地质钻探是用钻机从地表向下钻进，在地层中形成圆柱形钻孔，取得地表以下岩(矿)心，为地质和矿产资源参数做出可靠评价的一项地质工程。

3、科学钻探是以科研为目的而实施的地质钻探，通过钻探获取地下的岩心、

岩屑和岩层中的流体（气体和液体）样品，同时进行地球物理测井，在钻孔中安放仪器进行长期观测，来获取地下岩层中的各种地学信息。（获取地球内部信息）。

4、莫霍面钻探计划：美国的莫霍面钻探计划是世界上第一个科学钻探计划。

目的：是要钻透莫霍面，揭开地壳下面地幔的秘密，实现地学研究的重大突破。

实施：该计划首先于1961年3-4月在墨西哥西岸瓜达卢佩海湾实施了5口钻井，最深井从水深3566米的洋底向下钻进183米，其中前170米为中新世的沉积物，向下则为玄武岩，这是人类首次从洋底用钻探方法获取玄武岩样品。

夭折：由于实施该计划技术难度大且费用高昂，1966年8月美国国会投票否决了对该计划的拨款预算，计划宣告终止。

贡献：计划虽然中途夭折，但对于地球科学的发展起了不可估量的作用，它开启了科学钻探的先河，证明了实施深海钻探，获取洋底的沉积层和基岩样品在技术上是可行的。

5、深海钻探计划：该计划是20世纪60年代中期开始的一项全球性大洋钻探计划，是在大洋和深海区进行钻探，通过获得的海底岩心样品和井下测量资料来研究大洋地壳的组成、结构、成因、历史及其与大陆关系的一项海底地球科学研究计划。

科学贡献：深海钻探取得的大批资料弥补了近代地质学在深海地质方面的空白，验证了海底扩张说和板块构造学说的基本论点，提供了中生代（2亿年）以来古海洋学的第一手资料，极大地推动了海洋地质学的发展，对近代地质理论和实践做出了卓越的贡献。

深海钻探证实，深海沉积物由大洋中脊向两侧有无到有，由薄到厚，沉积物最老年龄不大于1.7亿年，证实了大洋中脊是地幔物质上涌的通道，上涌的地幔物质冷却凝结，形成新的洋壳，并推动先形成的洋壳向两侧扩张。

6、大洋钻探计划：通过钻探取得的岩心来研究大洋地壳的组成、结构以及形成演化历史的国际科学合作钻探计划。这是一项通过在大洋底部钻探以进入地球内部采集洋底沉积物和岩石样本进行基础研究的国际合作项目，是深海钻探计划(DSDP)的延伸。

我国汪品先院士等提出了大洋钻探建议书“东亚季风历史在南海的记录及其

全球气候影响”，作为 ODP 第 184 航次，于 1999 年春天在南海顺利实施。作为中国海的首次大洋钻探，184 航次是根据中国学者的思路、在中国学者主持下实现的，这无疑是我国地球科学界的一大胜利，标志着我国在这一领域的研究已跻身国际先进行列。

成果：（1）建立起了西太平洋区迄今为止最佳的深海地层剖面；（2）揭示了气候周期演变中热带碳循环的作用；（3）查明东亚季风演变的深海记录；（4）为研究南海盆地演化提供了沉积学证据。

7、综合大洋科学钻探计划：综合大洋钻探计划（IODP）是以地球系统科学思想为指导，计划打穿大洋壳，揭示地震机理，查明深海海底的深部生物圈和天然气水合物，理解极端气候和快速气候变化的过程，为国际学术界构筑起新世纪地球系统科学研究的平台，同时为深海新资源勘探开发、环境预测和防震减灾等实际目标服务。

“地球号”是日本制造的世界上最大的深海钻探船。它能够在大地震发生区进行高深度钻探作业，被称为“人类历史上第一艘多功能科学钻探船”。据报道，“地球号”已经成功钻探至海底 3260 米深度，不断刷新着由它自己保持的记录。

8、前苏联的大陆超深钻：科拉超深井是前苏联于 1970 年在科拉半岛邻近挪威国界的地区开始的一项科学钻探，其中**最深的一个钻孔 SG-3 达到 12, 262 米**，是目前世界上最深的大陆科学钻探井。

背景：当时，前苏联出于与美国竞赛和科研的目的挖掘了这口井，是冷战期间最奇怪的一种竞赛。科学家在 1970 年开始勘探，试图打败美国，先探测到莫霍面。

科拉超深钻井是继苏联空间站、深海勘探船之后的第三大科研成果，一直是俄罗斯科学家的骄傲。当钻探深度达到 9500 米时，钻头钻进了一个含有黄金和钻石的地层。取出的岩芯经分析表明，金含量居然高达 80 克/吨。要知道金含量达到 4 克/吨的金矿层就具有商业开采价值，地球表层中很少能找到金含量超过 10 克/吨的矿层，相比之下这里几乎是金子的宝藏。

9、德国 KTB 超深钻：目的是通过施工科学超深井获取地学信息，进行关于地壳较深部的物理、化学状态和过程的基础研究和评价，以了解内陆地壳的结构、成分、动力学和演变。1977 年提出，经过 10 年考察、论证、选址，于 1987 年 9

月 18 日至 1989 年 4 月 4 日完成先导孔（4001 米）施工；1990 年 10 月 6 日至 1994 年 10 月 12 日完成主孔（9101 米）施工。

主要成果：来自 12 个国家 400 多位科学家共执行了 200 多项地学研究项目，弄清了深部岩层中地震反射体的本质，证实地表或浅层进行地震法研究的结果不能用于深部。

10、国际大陆科学钻探计划：对于大陆科学钻探来说，1996 年是值得纪念的一年。这一年 2 月，由德国、美国和中国发起成立了“国际大陆科学钻探计划（ICDP）”，至今已有近 20 个国家和团体加入该计划。

11、中国东海大陆科学钻探 1 井（2001-2005）

大约在约 2.5 亿年前，华北与扬子两个板块是隔海分离的，到 2.3 亿年前后，两个板块发生汇聚、碰撞，形成了大别—苏鲁超高压变质带。两个板块碰撞是怎样碰撞的？这是我们地质学家要弄清的一个问题。

带着这一科学问题，中国大陆科学钻探工程于 2001 年 6 月开钻啦，2005 年 4 月竣工，钻进的深度为 5158.48 米。

通过对这些“宝贝”进一步研究，科学家们得知了苏鲁超高压变质带的形成过程：华北和扬子两大板块受到挤压力的作用逐渐靠近，扬子板块冲到华北板块的下面，在此过程中，地壳物质被带入到地下 100 公里以下的深处，在高温高压作用下形成超高压变质矿物，而后再返回到地表。

12、松辽盆地资源与环境深部钻探工程（2014-2018）

“松科 2 井”是全球第一口钻穿白垩纪陆相地层的大陆科学钻探井，是我国第三例获国际大陆科学钻探计划（ICDP）支持的科学钻探井。“松科 2 井”位于黑龙江省安达市，松辽盆地腹地，于 2014 年 4 月正式开钻，2018 年 5 月完钻，钻进的深度为 7018 米，是目前亚州最深的科学钻探井。

通过对这些“宝贝”的观察研究，科学家们很有收获：发现松辽盆地深部含有页岩气，表明松辽盆地的深部页岩气资源有非常好的开发潜力。

◆烃源岩也叫生油岩或母岩，是富含有机质、大量生成油气与排出油气的岩石，大量的烃源岩是泥页岩。烃源岩中有很多裂隙，一部分油气沿着裂隙运移，在一些圈闭形成油田、气田；另一部分却留在了泥页岩中，形成了页岩气、页岩油。目前，天然气田大多都已经发现，下一步，页岩气勘查开发是重点和方向。

◆干热岩是一种新兴地热能源，是温度很高，埋深数千米，内部不存在流体或仅有少量地下流体的高温岩体，存量巨大。（温度很高、埋藏不太深的“石头”）。我们人类将冷水注入到地下，让这些温度非常高的石头加热，然后我们人类回收高温的水、气，所以干热岩是一种非常好的清洁能源。

◆发现了恐龙灭绝的证据。受到德干火山喷发的影响，小行星撞击地球前，已经有大量生物灭绝，小行星的撞击击碎了恐龙生存最后的希望。

### 环节三：

讲座完成后向学生提问，问题主要是研学课程指导手册上的问题，告知学生答案。

答案：

- 1、地壳平均厚度 17km，其中大陆地壳平均 33km 厚，大洋地壳平均 7km。
- 2、地质钻探是直接获取地球深部实物样品的唯一手段，起到了“入地望远镜+深地采样器”的作用。
- 3、深海钻探证实，深海沉积物由大洋中脊向两侧有无到有，由薄到厚，沉积物最老年龄不大于 1.7 亿年，证实了大洋中脊是地幔物质上涌的通道，上涌的地幔物质冷却凝结，形成新的洋壳，并推动先形成的洋壳向两侧扩张。
- 4、科拉超深井是前苏联于 1970 年在科拉半岛邻近挪威国界的地区开始的一项科学钻探，其中最深的一个钻孔 SG-3 达到 12,262 米，是目前世界上最深的大陆科学钻探井。

## 第二课时：VR 体验与展厅参观

### <一>研学目标

通过新技术使得学生对松科二井科学钻探有更为直观的了解。

### <二>研学内容

- 1、体验松科二井 VR 体验科普产品。
- 2、参观大陆科学钻探展区。

### <三>研学过程：

环节一：

带领学生体验松科二井 VR 体验产品，涵盖以下知识点：

## 1、火山灰夹层地层

◆**岩石数据**：1145.05m，嫩江组二段，火山灰层，夹于松辽盆地嫩江组暗色泥岩沉积中，呈灰白色，松散易碎。



图1 火山灰夹层地层岩心扫描图像

◆**形成原因**：距今八千三百多百万年前，该盆地周围有较强烈的火山活动，暗色泥岩说明当时火山灰沉积于一个相对安静的水体环境。

◆**地质演化**：当火山爆发式喷发时，形成2毫米以下的火山颗粒，火山灰由于非常细小，可以通过大气（比如风）搬运到离火山喷发区很远的地方，有的甚至能被搬运到上千公里以外，因此，在火山的固态及液态喷出物中，火山灰的分布最广，随着这些火山灰的喷发结束，经过很长时间才能沉积下来，最终形成火山灰层。

◆**应用范围**：火山灰的用途很多，在工业上，火山灰可用于建材，研磨业，石油化工，还可用于美容材料，牙膏、机用肥皂和化妆用品的填料等；

◆**科学意义**：在科学研究中，火山灰也扮演着十分重要的角色，它就像地球的时刻表，记录着其沉积时地层的年龄，对于建立年代地层格架具有重要意义。

## 2、含有孔虫化石地层

◆**岩石数据**：1182-1250m，嫩江组一段，灰黑色泥岩，有孔虫发育层段。在该段发现了较多有孔虫化石，均是晚白垩世海相地层中广泛分布的类型；



图2 有孔虫化石地层岩心扫描图像

◆**形成原因**：推测有孔虫是由于湖-海连通造成的海水侵入而被带入松辽盆地的；

◆**地质演化**：有孔虫是一类古老的原生动物，5亿多年前就产生在海洋中，至今种类繁多，但是有孔虫的个体极其微小，只有0.15毫米大小，需要借助放大镜才能分辨出来。科学家们在该段发现了较多有孔虫化石，均是晚白垩世海相地层中广泛分布的类型，因此推测有孔虫是由于湖海沟通所造成的海水侵入而被带入松辽古湖盆的；

◆**特殊意义**：有孔虫常被用于生物地层研究或古环境重建。底栖有孔虫生活在海底，能很好的代表海洋的深度；浮游有孔虫生活于水体中，随流而漂，经常被用于海洋洋流或气候研究，其沉积在海底的碳酸钙壳成为“有孔虫软泥”。

◆**科学意义**：为松辽盆地在嫩江组一段和二段沉积期发生过大规模的湖-海沟通事件提供了证据。

## 3、流纹岩地层

◆**岩石数据**：3227-3260m，营城组，灰白色流纹岩，斑状结构，流纹岩是一种火山喷发而喷出岩石。流纹构造是指由不同颜色、成分的条带、条纹定向排列及拉长气孔表现出来的一种流动构造，常见于酸性喷出岩中。具有流纹构造的岩石，典型的就流纹岩（因此得名）。

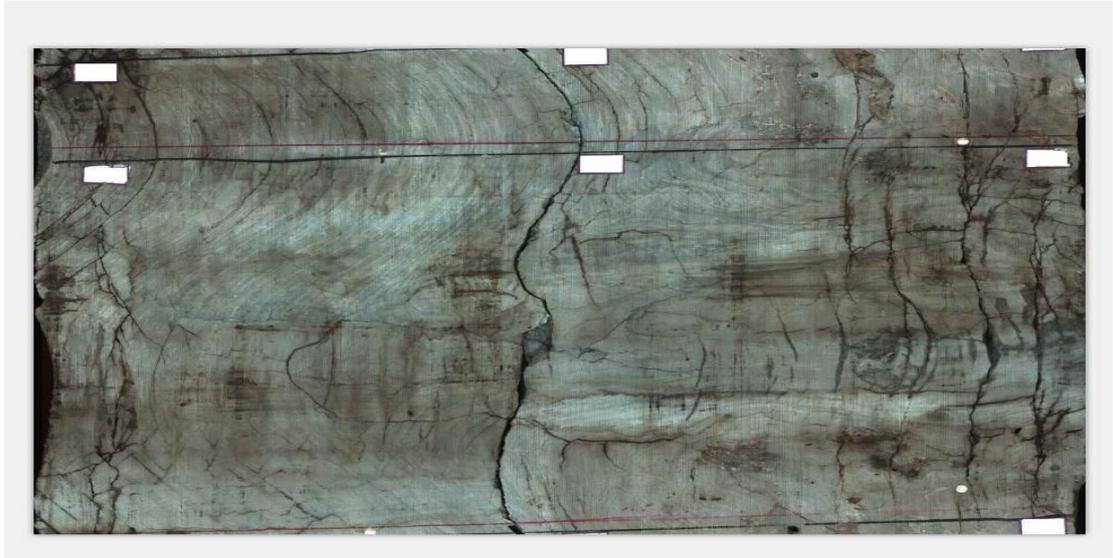


图3 流纹岩地层岩心扫描图像

◆**形成原因：**火山喷出到地表，由于形成时冷却速度较快使其中含有的物质来不及结晶而形成。

◆**应用范围：**火山活动的爆发，可以形成特殊的地形地貌，比如玄武岩地貌，花岗岩地貌等，位于浙江的雁荡山主要地貌就是流纹岩地貌，每年吸引全世界游客的眼光。

◆**科学意义：**反映了松辽盆地早白垩世发生了大规模火山喷发事件，该事件与早白垩世时期的气候有很大关联，对研究那个时期的古气候有重要作用。

#### 4、泥岩夹煤层沉积地层

◆**岩石数据：** 3399.68-3400.81m，沙河子组，灰黑色泥岩夹黑色煤层。



图4 泥岩夹煤层沉积地层岩心扫描图像

◆**形成原因**：煤的形成是古代植物被埋在地底，主要由植物遗体经生物化学、物理变化等，埋藏后再经地质作用转化成泥炭，进而转化成各类煤。

◆**地质演化**：煤主要形成于沼泽环境。该处煤层上下的暗色泥岩，是沙河子组主要烃源岩。

◆**应用范围**：煤炭被人们誉为黑色的金子，工业的食粮，它是十八世纪以来人类世界使用的主要能源之一。

◆**科学意义**：沙河子组暗色泥岩夹煤沉积，对于松辽盆地深层页岩气等非常规油气勘探以及沙河子组地层对比有重要作用。

## 5、安山岩地层

◆**岩石数据**：6030-6100m，火石岭组，绿灰色安山岩夹安山质角砾岩。安山岩是中性钙碱性喷出岩，与闪长岩成分相当，斑晶主要为斜长石及暗色矿物，基质主要为交织结构，常具有气孔杏仁构造。

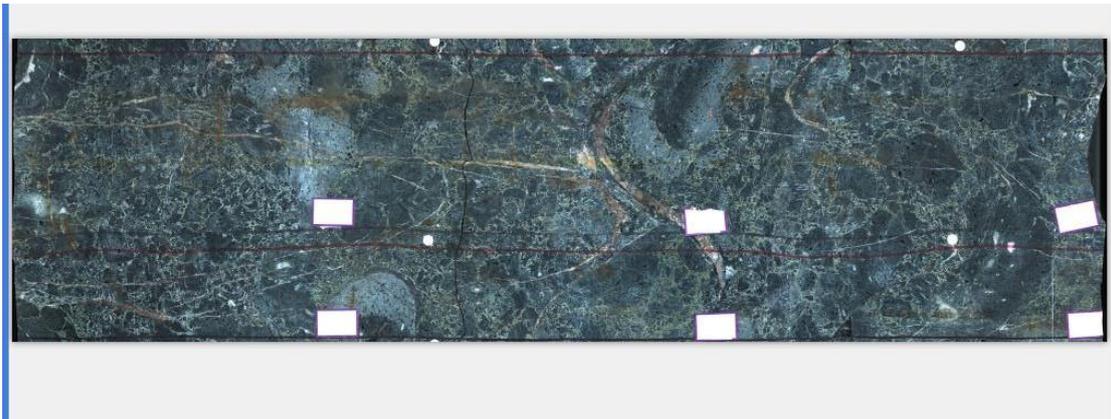


图5 安山岩地层岩心扫描图像

◆**形成原因**：“安山岩”这个词是来源于南美洲的“安第斯山”。安山岩浆起源于大洋板块俯冲于大陆板块之下时，洋壳及其上覆沉积的物质受高温、高压影响，部分可形成安山岩浆。

◆**特殊意义**：安山岩火山一般高 500-1500m，个别可达 3000m 以上。

◆**科学意义**：可以通过安山岩中的年代学研究，为大陆的碰撞和裂解标定年龄。标定松辽盆地侏罗系-白垩系界线(J/K 界线)的可能。

## 6、动力变质岩—碎裂岩地层

◆、**岩石数据**：6966-6990m，基底，灰白色动力变质岩，本段可见有碎裂岩和糜棱岩，是松辽盆地基底的典型岩石类型之一。

◆、**形成原因**：碎裂岩是岩石在较强的应力作用下由各种类型的岩石破碎而成。糜棱岩是一种原岩经过强烈挤压，破碎后形成细粒的一种变质岩石，粒度一般小于 0.5 毫米。

◆、**地质演化**：各类岩石在地下不同深度范围内，在各种力的作用下，发生不同程度的破裂、粉碎或变形，有时还伴有重新结晶，形成动力变质岩。

◆、**科学意义**：为松科 2 井井底钻遇的动力变质岩，对于研究松辽盆地基底所经历的构造作用和其发生的时代具有重要价值。

环节二：

带领学生参观大陆科学钻探展区。

## 第三课时：科钻岩心实物认知

### <一>研学目标

使学生熟练掌握地壳深部的岩石类型。

### <二>研学内容

通过学生对岩心实物的观察直观地了解地壳深部的岩石类型。

### <三>研学过程：

带领学生实地观察并讲解松科二井代表性岩心。

主要知识点包括：

1、嫩江组浊流沉积岩心，并讲解何为浊流沉积。

浊流沉积是指在浊流中，粗粒的物质集中到靠近底部的前锋，流速可能继续增加。根据坡度的大小和坡的长短，浊流可以达到最高的流速。随着坡度变缓，流速逐渐减小，沉积物开始卸载，从而形成浊流沉积。

◆形成原因：

鲍马（1962）认为浊流的形成与活动可分成四个阶段：

①三角洲阶段：大陆是重要的浊流物质来源，河流将大部分剥蚀物质搬运到盆地边缘形成三角洲。由于地震、海啸、暴风等作用的影响或者仅因为岸边沉积物的大量堆积而形成不稳定的陡坡（因超孔隙压力而液化）等原因，都能使大量物质发生整体移动。

②滑动阶段：大量物质开始整体移动，就要向下滑动。它们在水下开始慢慢滑动，由于含水量渐增而颗粒渐减，向下滑动的速度也渐渐加快。

③流动阶段：当滑动的物质还未完全与水混合、部分物质仍保持高度内聚粘结状态时，粗粒也没有集中支底部前锋。有可能就在这种情况下停止运动而堆积下来，这样的沉积物称之为滑动浊积岩。然而只要有一定的坡度，运动的物质就不会停留下来，将以渐增的速度继续流动直到盆地中心。

④浊流阶段：在环境适合条件下，流动的物质可能形成完全的浊流。在浊流中，粗粒的物质集中到靠近底部的前锋，流速可能继续增加。根据坡度的大小和坡的长短，浊流可以达到最高的流速。随着坡度变缓，流速逐渐减小，沉积物开始卸载，从而形成浊流沉积。

2、嫩江组火山岩地层，讲解其形成原因。

当火山爆发式喷发时，形成2毫米以下的火山颗粒，火山灰由于非常细小，可以通过大气（比如风）搬运到离火山喷发区很远的地方，有的甚至能被搬运到上千公里以外，因此，在火山的固态及液态喷出物中，火山灰的分布最广，随着这些火山灰的喷发结束，经过很长时间才能沉积下来，最终形成火山灰层。

3、7017-7018米岩心，并重点讲解动力变质岩的相关知识。

各类岩石在岩石圈不同深度范围内，在构造应力的作用下，引发较高的应变速率，发生不同程度的破裂、粉碎或塑性变形，有时还伴有重结晶，形成动力变质岩。

一般来说，当变形以脆性变形为主时导致矿物岩石颗粒发生破裂或粉碎，以韧性变形为主时岩石矿物颗粒之间或在晶粒之内产生塑性行为和流动。

发生动力变质的岩石，多半是已经固结的岩石，但是在洋底生成的部分固结的岩石，经构造变形也能产生动力变质岩。

#### 4、嫩江组油页岩岩心，讲解油气的形成等地学知识。

页岩气其实是天然气的一种，和我们平时燃气灶里燃烧的气体是一样的，都是甲烷。之所以称之为页岩气，是因为这种天然气蕴藏在页岩层中。回溯 4.4 亿年前，奥陶纪和志留纪时代的地球，四川盆地还是一片陆地之间封闭的海洋陆棚环境，生活着大量的生物。笔石、放射虫和藻类是这里的常驻民。他们世代繁衍，生生不息。死后她们的遗体随泥沙一起慢慢沉入水底，并一层层堆积压实，形成像书页一样的岩石就是页岩。在温度和压力的双重作用下，页岩中的生物遗体开始热分解形成石油。与此同时一种纳米级孔隙开始形成，随着温度的进一步升高，转化成天然气赋存在纳米级孔隙中。页岩气在泥页岩有机质中不断生成，压力也越来越大，最终突破页岩层“逃逸”出来，在其他岩性中聚集起来，形成常规页岩气。而滞留在页岩微小孔隙和微裂隙中大面积连续分布的就是页岩气。

页岩气燃烧时二氧化碳和氮氧化物的排放量仅为煤炭的 50%和 20%左右，几乎不含硫、粉尘和其他有害物质，造成的环境污染和温室效应极低，是一种不折不扣的绿色清洁能源，被人们称作石头里的“蓝金”，也是世界各国争相研究探索开发的新能源。页岩气被锁在页岩一个个小孔里，彼此隔绝自然状态下难以流动，很难凭借自己的力量逃逸出来，想要开采它难度极大。

附件一：

## 研学评价表

评价项目	具体内容	
合作交流	1. 是否能主动和同学配合	
	2. 是否乐于帮助同学	
	3. 是否能认真倾听同学的观点和意见	
探究学习	1. 是否能认真完成研学的前期准备	
	2. 是否能积极主动的参与研学前的各项活动	
	3. 是否会用多种方法搜集处理信息	
研学过程	1. 是否做到不怕困难和辛苦	
	2. 是否能积极主动的参与活动	
	3. 是否能积极主动的发现问题并寻求办法	
	4. 是否能严格要求自己，文明参观	
成果展示	是否能认真细致的完成研学手册	
我对自己的评价		