

# 石油工业概論

上 册

北京石油学院編著

石油工业出版社

本書分上下兩冊出版，全面地講述了石油工業的基本知識。本冊內容系統地從岩石、地質、石油地質、石油的生成和油、氣藏的形成談起，講到了油、氣藏調查、勘探方法及鑽井方法，更進一步談到采油和增產措施等。

本書敘述簡明扼要，深入淺出，用簡單的實例說明深奧的理論，並附了許多圖表，幫助讀者理解內容。凡具有初中以上文化程度的讀者都可以看懂。本書可供石油工業系統的一般管理人員、工人、各級領導幹部學習，以及有關學校師生參考。

參加本書上冊編寫的有張更、沈乃菁、郝石生、李知羽、黃醒漢、秦政、郭榮坤、馮啟寧、周世亮、秦同洛等同志。

統一書號：15037·871

## 石油工業概論

上 冊

北京石油學院編著

石油工業出版社出版（地址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第068號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

850×1168 $\frac{1}{2}$ 開本 \* 印張8 $\frac{3}{4}$  \* 201千字 \* 印1—4,000冊

1960年6月北京第1版第1次印刷

定價（10）1.30元

## 序

石油工業是工業中的动力工業、先行工業，也可以說是工業的血液，它对实现国防現代化、国家工業化、農業机械化和交通運輸現代化有着重大作用。因为旧中国石油工業基础非常薄弱，解放以来，在党的正确领导下，虽然有了很大發展，但在整个国民經济中仍是一个薄弱环节。自1958年以来，由于石油工業战綫上的全体职工，坚决貫徹了党中央所确定的社会主义建設的总路綫和天然石油与人造石油并举、洋法生产与土法生产并举、大型企業与中小型企业并举等一整套“两条腿走路”的方針，因而取得了1958年和1959年兩年大躍进的輝煌成績，找到数十个新的油气田，与此同时各省、市、自治区新建成大量的中小型人造石油厂。在这大好形势的鼓舞下，我院也曾派出近千名同学分赴各地协助建煤煉油厂和找矿。这些情况說明，大办石油工業的轟轟烈烈的偉大羣众运动已經發展起来了。这就为我們迅速發展石油工業，以适应我国国民經济各个部門的需要打下了坚实的基础。

为了适应这一大好形势的發展，为加速發展石油工業，从1958年底我們北京石油学院的教師們，在党的领导下，在苏联油矿地質專家司那尔斯基同志的贊助下，即开始共同編写这部“石油工業概論”。

編写这部“石油工業概論”的目的：第一是为了使全国各省、市、自治区、專区、县、人民公社，以及各机关、厂矿具有初中文化程度的干部和关心石油工業發展的同志們，能够閱讀自修。从而增長和具备石油工業的一般生产技术知識，进而参加石油工業的建設，这是主要目的。第二是使已学过石油專業科学技术的

工程技術人員能夠在自己所專長的專業基礎上，對石油工業有一個較系統的全面了解。第三是使在石油工業各個工作崗位上擔任領導工作和一般行政工作、政治工作而過去沒有學過石油專業的幹部們能夠閱讀自修，便於掌握業務，在政治掛帥的前提下有利於加強領導工作和保證生產任務的完成。總之，本書的編輯出版是為了普及石油工業的基本知識，使廣大羣眾對石油的生產過程和生產技術有一個初步的較為系統的了解。

本書在編寫時，力求通俗易懂、聯繫實際，但由於水平所限和時間短促，在這兩點上還作得不够好，甚至存在着缺點，請讀者原諒，並提出意見，以便日后再版時改正。

閻子元

1960年1月29日

## 目 录

## 序

## 总 論

## 第一篇 石油地質調查与勘探

引言.....	1
第一章 岩石和岩石同石油的关系.....	2
第1节 岩石 .....	2
第2节 岩石同石油的关系 .....	10
第3节 可燃有机岩 .....	11
第二章 瀝青类有机岩的化学和物理性質 .....	12
第1节 天然气 .....	14
第2节 石油 .....	16
第3节 瀝青 .....	19
第4节 地蜡 .....	20
第三章 石油是怎样形成的 .....	21
第1节 無机生成說 .....	21
第2节 有机生成說 .....	22
第3节 有机說同無机說的对比 .....	24
第四章 石油和天然气矿藏的形成.....	26
第1节 儲油层 .....	26
第2节 石油和天然气的运移 .....	31
第3节 石油和天然气的聚集 .....	35
第五章 油、气藏的类型 .....	37
第1节 構造油、气藏 .....	39
第2节 地层油、气藏 .....	42
第3节 岩性油、气藏 .....	43
第六章 油、气藏的破坏和油、气显示 .....	44

第1节	油气藏的破坏 .....	44
第2节	油、气显示 .....	45
第七章	油、气藏的地質調查 .....	48
第1节	概說 .....	48
第2节	地質調查工作的阶段 .....	52
第3节	地質調查工作的基本知識 .....	60
第4节	地質圖件的繪制方法 .....	69
第八章	油、气藏的勘探 .....	75
第1节	預探前对構造选择的条件 .....	76
第2节	預探井的佈井系統 .....	77
第3节	在鑽井过程中地質資料的收集 .....	81
第4节	試井 .....	84
第5节	油、气藏儲量的分类 .....	85
第九章	石油和天然气地球物理勘探 .....	86
第1节	概說 .....	86
第2节	重力勘探 .....	88
第3节	磁力勘探 .....	95
第4节	电法勘探 .....	102
第5节	地震勘探 .....	111
第6节	放射性勘探 .....	119
第7节	对地球物理勘探方法的展望 .....	123
第十章	石油和天然气地球物理測井 .....	125
第1节	概說 .....	126
第2节	电測井 .....	127
第3节	放射性測井 .....	136
第4节	油、气測井 .....	141
第5节	研究油井技术情况的地球物理測井方法 .....	142

## 第二篇 鑽 井

引言 .....	144
第一章 石油鑽井 .....	145

第1节	什么是石油鑽井	145
第2节	用什么方法鑽井	148
第3节	鑽井工艺	162
第4节	鑽井中的几个主要技术問題	165
第5节	固井工作	182
第6节	油井完成	190
第7节	定向鑽井	194

### 第三篇 采 油

引言	202
第一章 采油的物理原理	203
第1节 岩石的物理性質	203
第2节 油、气、水的物理性質	205
第3节 油藏中推动石油流动的力, 石油的采收率	206
第二章 油井开采前的准备工作	209
第1节 鑽开油层的要求	209
第2节 井底結構	210
第3节 誘导油流	213
第三章 自噴采油法	217
第1节 油井自噴的基本原理	217
第2节 自噴井地面和井下設備	218
第3节 自噴井的試驗監督和管理	220
第四章 气举采油	223
第1节 基本原理	223
第2节 降低气举井起动力压力的方法	226
第3节 气举井的設備	228
第4节 气举井的試驗監督和管理	229
第5节 其他气举法	231
第五章 抽油	233
第1节 基本原理	233
第2节 影响抽油泵排量的因素	284

第3节	抽油井井内和地面设备 .....	236
第4节	抽油设备的选择与抽油井的管理 .....	245
第5节	其他抽油方法 .....	249
第六章	油井的增产 .....	250
第1节	酸处理 .....	251
第2节	爆炸 .....	252
第3节	地层水力压裂 .....	253
第七章	复压法和二次采油法 .....	255
第1节	注水 .....	256
第2节	注气 .....	259
第3节	强烈排出法和真空法 .....	260
第4节	其他方法 .....	261
第八章	修井 .....	261
第1节	清蜡 .....	263
第2节	清砂 .....	268
第3节	其他修井工作 .....	271
第九章	油、气集输 .....	273



## 第一篇 石油地質調查与勘探

### 引 言

我国石油工業在党的正确领导下和其他工業一样，在解放后短短的十年中，在中国共产党和毛主席的英明领导下，取得了巨大的成就。我們在苏联的無私帮助下，学会并采用了一系列先进的地質勘探方法和技术，在全国範圍內各个盆地中进行了大量的勘探工作。石油地質勘探队伍 1958 年比 1950 年壮大五十倍以上，初步查明我国沉积盆地的沉积面积，証实有工業价值的油、气田达数十个(解放前只有五个，还没有正式开采)。在 1958 年大躍进的一年中，發現油、气田的数目比以往發現油、气田的总数还多。解放后，大量油、气田的發現，是石油勘探人員在党的总路綫指引下解放思想、破除迷信的結果。十年来，我国石油勘探工作的成就是巨大的，随着石油工業的飞躍發展和国民經济各部門对石油产品的需要日益增長，摆在石油勘探工作者面前的任务仍是艰巨的。

为了發展石油工業，今后必須繼續坚持党的总路綫和一整套兩条腿走路的方針，首先要求勘探工作者进一步掌握勘探的科学理論和先进技术，尽快地把深埋在地下千百万年的液体“烏金”發掘出来，使其噴到地面，供人类利用。

本書是为适应这种客观形势的要求而編写的。这一篇先从理論入手而后談及勘探方法，深入浅出，使讀者容易了解。本篇的一、二兩章談的是岩石与石油的关系及其性質；三至六章談的是

石油的生成原因和油气藏形成以及其他有关問題；七、八、九三章叙述油气藏調查与勘探方法，从地面以至地下，用地質和地球物理方法找寻儲油構造，确定其位置、形狀、面积、基岩深度等等。最后一章涉及矿場地球物理測井方法，以了解井段形狀、油層数目和位置、岩層性質等，并且結合录井資料及岩心岩屑分析的結果确定油層性質。这样安排章节，能使讀者获得有关石油地質勘探的基本知識，并利用这些知識为祖国寻找更多更丰富的油田和气田，以达到加速發展石油工業的目的。

## 第一章 岩石和岩石同石油的关系

石油和天然气都是自然界中的有用矿产。它們生成在岩石中，并且儲藏在岩石中。經過悠久的地質年代(几百万年，甚至几万年)，才被人类从地下很深的地方开采出来，加以利用。因此，油气同岩石的关系是非常密切的。現在先来談一談岩石的問題。

### 第 1 节 岩 石

岩石是組成地球表層硬壳部份的最主要的物体，这个坚硬地壳叫作岩石圈。就它的成因來說，可以分作火成岩、沉积岩和变質岩等三大类。

一、火成岩 火成岩是由地下深处或地球內部的高溫熔融狀岩漿(在地面以下 40—120 公里)冷却凝固后形成的。岩漿在高溫(攝氏 850 度以上)下以液态在地內活动。当岩漿从地下深处向地面上噴發还没有穿透地壳溫度便降低时，岩漿就在地壳內凝結形成岩石，这些岩石叫作侵入岩。有时岩漿冲到地面，噴出成火山，或成岩流分佈在地面凝固成岩石，这叫作噴出岩。按照形成位置的深淺和存在形式(产狀)，侵入岩又可分作深成岩和淺成

岩。岩基(上窄下寬的巨大岩体,深度很大)、岩株(断面呈椭圆形或圆形向上突起的岩体)、岩盖(岩株向上突起时将上面的岩层顶起来,并填充在岩石的縫隙中的岩体,形像一个大帽子)等属于深成岩类;岩牆(岩漿在岩層中穿过層面,形成接近直立的岩体)、岩脉(岩漿在岩層的縫隙中穿过并冷凝呈脉状岩体)等属于淺成岩类(見圖1)。

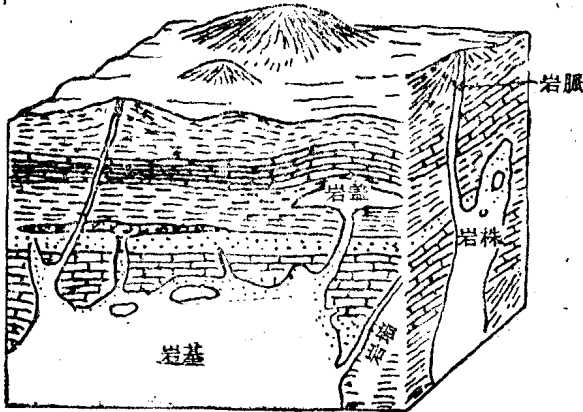


圖1 岩漿帶和火成岩体产狀(B. B. 克利茨基)

用火成岩的矿物組分和化学成分作标准,可以再根据火成岩的結晶程度进行分类。通常是根据火成岩所含氧化硅( $\text{SiO}_2$ )的数量將火成岩分成酸性、中性、基性和超基性等四大类。一般地說,深成岩是全晶質,晶粒比較粗。淺成岩是細晶,間有斑晶。噴出岩是微晶質或玻璃質(不結晶),有时也有斑晶(參看表1)。如果想进一步研究,就必須閱讀矿物学和岩石学。

二、沉积岩 岩石經由風化破坏变成礫塊砂泥,經過風和水的搬运,或由于水的溶解后重新沉积或堆积形成的岩石。从成因上来講可分作水中生成和大陆生成(非水中)两种。在水中生成的还可以分作机械的、化学的和生物的三种。生物造成的岩石又可分作可燃有机岩和非可燃有机岩(表2)。

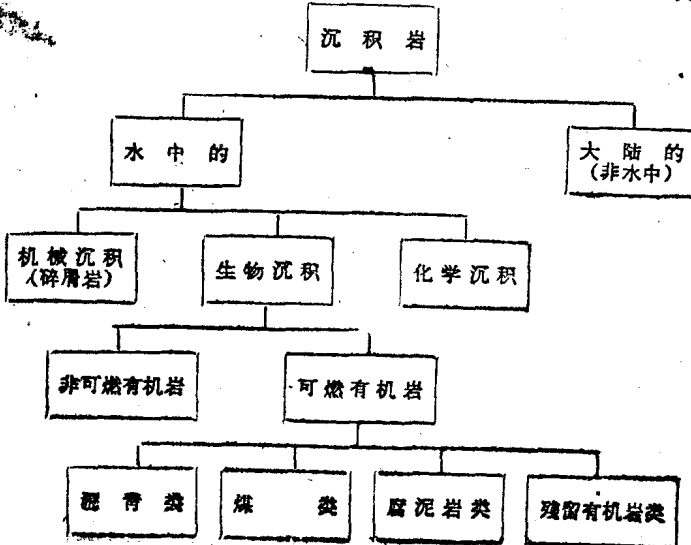
火成岩的分类表

表 1

	氧化硅 SiO <sub>2</sub> %	矿物组分		产 状			岩石 颜色
		主 要	次 要	深 成	浅 成	喷 出	
酸性	65—75	石 英 正 长 石 云	角 闪 石 辉 石	花 岗 岩	石 英 斑 岩 细 晶 岩	流 纹 岩	白色 浅红 玫瑰
中 性	50—60	中 性 斜 长 石 角 闪 石 正 长 石	辉 石 母 云	闪 长 岩	玢 岩	安 山 岩	灰白 至 深灰
			角 闪 石 霞 石	正 长 岩 霞 石、正 长 岩	长 石 斑 岩	粗 面 岩	
基 性	40—50	基 性 斜 长 石 辉 石 角 闪 石		辉 长 岩	辉 绿 岩	玄 武 岩	暗色
超 基 性	<40	辉 石 橄 榄 石		辉 石 岩 橄 榄 岩 纯 橄 榄 岩	辉 绿 岩	玄 武 岩	黑色 黄绿

沉积岩的分类表

表 2



1. 机械沉积岩类 在水盆地中和大陆表面上的沉积岩都可以是机械作用的结果所形成的。就是早期已经形成的岩石(火成岩、沉积岩和变质岩)遭受机械的破坏,或者经过化学的破坏后不溶解的部份成碎屑状(大小不一)物体被搬运、沉积,以后经过固结作用便变成坚硬的沉积岩。现在就来讲讲它的主要种类。这也是对石油地质调查和勘探应有的知识,掌握了这些知识将来对工作有很大的帮助,其中主要的有:

1) 砾岩 是由石子、卵石或砾石(直径10—20毫米)等经过胶结后形成的。其中砾石的成分很复杂,可以有火成岩、沉积岩和变质岩的碎屑。它的胶结物有泥质、钙质、硅质、铁质等。如果砾石大多是有稜角的就叫作角砾岩(与火山角砾岩有成因上的不同,不能一概而论)。如果砾岩多是圆滑的(经过长距离的搬运)或半圆的,就叫作圆砾岩,一般统一叫作砾岩(见图2)。



圖 2 砾岩

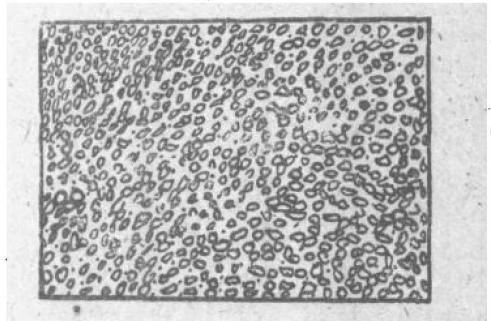


圖 3 砂岩

2) 砂岩 砂子(直径在2.0—0.1毫米之间)经过胶结后形成的岩石(见图3)。如果含石英的砂子很多就叫作石英砂岩,含长石碎屑很多就叫作长石砂岩,假设砂粒很细小(直径0.1—0.01毫米),主要是石英砂,叫作粉砂岩。

3) 頁岩 很细的碎屑或粘土经过固结成岩作用,受了很厚沉积物的静压力或造山运动的轻微挤压力作用,具有薄片状特性

的岩石叫作頁岩。

2 生物沉积岩类 由生物作用生成的可燃有机岩在以后还要專門講述，現在只講一講非可燃有机岩。

非可燃有机岩又叫作生物岩，由动物和植物的遺骸堆积形成的，石灰岩內含有很多的珊瑚、介壳、紡錘虫、貨幣虫、介形虫、海百合、硅藻等化石的也是生物岩。化学成分主要是碳酸鈣( $\text{CaCO}_3$ )、氧化硅( $\text{SiO}_2$ )等。碳酸鈣同石灰岩的化学成分一样，氧化硅同燧石、石髓的成分一样。人們根据石灰岩中生物骨骼的保存情况，把石灰岩叫作珊瑚石灰岩、介壳石灰岩、紡錘虫石灰岩、貨幣虫石灰岩、硅藻岩等。

3 化学沉积岩类 由于水的溶解作用，把溶解的东西帶到海里或內陆湖里(主要是干燥地区)，由于化学变化或湖水干涸，其中的溶解物便沉淀下来，这些被溶解、搬走、沉淀下的物質經過固結后便形成岩石。最主要的化学沉积岩有以下几种。

1) 石灰岩 由碳酸鈣( $\text{CaCO}_3$ )沉积形成的岩石，分佈很广。因受所含杂质影响它便有各种不同的顏色：純粹的石灰岩是白色的；含鉄質多的是显紅色；因含炭質多少不一样，就有淺灰色、灰色、一直至黑色。石灰岩是有經濟价值的分佈較广的岩石，可用作建筑、石灰、水泥等工業原料。

2) 白云岩 也是化学沉积岩的一种，它的組成是碳酸鈣和碳酸鎂的混合物( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )，是很好的建筑材料，也可作耐火磚材料。顏色普通是白色，也因所含杂质数量的不同，便显示出不同顏色。

石灰岩和白云岩內常含有無脊椎动物化石，因含量不多，在成因上同前面所談的生物岩有根本的区别。

3) 石膏 石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )是在瀉湖或內陆干燥区域湖泊內形成的。当水內鹽分达到饱和时，它就比岩鹽先行沉淀。一般是白色，具有絹絲光澤。往往成層狀，与硬石膏、岩鹽、泥灰岩

等伴生。也有成細脉狀，这是充填在裂縫內次生的結果。

4) 岩鹽 就是氯化鈉( $\text{NaCl}$ )，产生地区常与石膏相同，也成層狀，还有透鏡体。最特殊的是鹽丘或鹽株，是良好的油、气源。岩鹽是潔白結晶体，質地很純。

三、变質岩 上面所談的火成岩和沉积岩經過靜力，或动力，或热力作用改变了它們的組織或結構，就叫作变質岩。因为受力大小和溫度高低不同，所以它們的变質程度也有差別。不仅矿物組成有改变，就是化学成分也起了变化，致使無法辨認或追索原始岩石。它的复杂化是岩石中最劇烈的。

我国西北有很多鹽矿，結晶最好的是柴达木盆地內大風山的岩鹽。

沉积物的形成决定于沉积的环境。沉积物的成分、組織結構、所含的化石都可以反映当时、当地的沉积环境。因此，我們寻找石油和天然气时还必須研究沉积岩相（相是指沉积物岩性的特征、古生物的特征和沉积物形成环境的綜合）。相一般分陆相、瀉湖相和海相三大类。

陆相是指同陆地有关的沉积，如冰川沉积、沼澤沉积、冲积沉积、洪积沉积、風成沉积和湖成沉积，等等。这种沉积的生物羣是以陆地动植物和淡水生物为主，但化石不易保存完整。矿物中有許多氧化物、碳酸鹽和鹽类的沉积少。

瀉湖相是指海洋同大陆之間过渡帶所产生的沉积，如三角洲沉积、瀉湖沉积等。它具有海相和陆相沉积的某些共同特征。瀉湖相沉积中生物較少，往往含有适应半鹹水生活的特种生物。随着海水深度的变化，含鹼度不正常。

海相是指同海洋有关的沉积，如濱海沉积、淺海沉积、深海沉积，等等。往往在大区域内岩性沒有多大变化，有独特的海生物羣。淺海沉积中生物最發育。

研究沉积相可以知道各地質时期沉积物的沉积环境，可以获

得找矿产的規律。例如石灰岩含有大量珊瑚化石，就可以知道它是海相、并且是温暖的淺海地区的产物。确定了岩相是淺海沉积后，就可进一步确定同它有关的矿产——石油、天然气、磷矿、铁矿等。

主要的变質岩有下面几种。

1. 板岩 是一种淺灰-灰黑色、質地很細、可以劈开成薄板狀的岩石。它的面很平，面积很大，在建筑上可代替瓦。这是由于泥岩或頁岩受了高压所变成的。

2. 石英岩 是一种很坚硬紧密的岩石，其中成分主要是石英。这是砂岩經過高溫、高压后变成的。

3. 大理岩 是石灰岩在高溫下重結晶而成，是建筑上極好的材料。

4. 片麻岩 是一种具有粗晶(經過变質)和矿物排列多多少少成層狀的岩石。其中組分最多的是石英、長石、云母、角閃石等淺色和深色矿物，有时黑白成層相間。当它的成分与某种矿物相似，或者外形与某种岩石相似时，就用某种矿物或岩石来命名。例如矿物成分与花崗岩相似就叫作花崗片麻岩；如果其中黑云母或角閃石特別多，組成層狀，就叫作黑云母片麻岩，或角閃片麻岩。

5. 片岩 具有很明显的片狀構造，大部是結晶体、比較細小，排列規則。都按照与力学方向成垂直發展，有时呈皺紋。因此所含矿物成分不同，名称也有区别。例如白云母片岩、黑云母片岩、綠泥石片岩、石墨片岩、石英云母片岩，等等。

6. 千枚岩 是一种很細、結晶較差、富含絹云母、片狀很清楚的岩石。它可能由泥岩或頁岩变質形成的。顏色有灰白色、綠灰色、暗色和淡紅色。它的面上因絹云母閃爍，有絹絲光澤。質很松散，有的只要用手一接触就会粉碎。

四、岩層地質年代的划分 石油、天然气一般是儲集在較老



的沉积岩層里。因此。要寻找油、气就必须研究岩層的地質年代。岩層的地質年代記載着各个时期的地理环境、气候、沉积情况，等等。它可以幫助我們了解油、气形成的环境、条件，从而判断地下深处是不是有油、气存在。

地質时代也同人类历史一样分成若干單位。最大的單位是“代”，以下分“紀”、“世”、“期”、“时”(見表)。同各地質年代相适应的岩石單位用“界”、“系”、“統”、“層”、“帶”表示。

時間單位	岩石單位
代 紀 世 期 时	界 系 統 層 帶

地質时代表

代(界)	紀(系)	世(統)	主要生物	距离現在的大約年数 (百万年)	
新 生 代	第四紀(Q)	全新世	人类时代	0.025	
		更新世		1	
	第三紀 (Tv)	新第三紀	上新世	兽类时代	12
			中新世		26
		老第三紀	漸新世		38
			始新世		58
中 生 代	白堊紀(Cv)	各紀年数 (百万年)	爬行动物 龙的时代	69	
	侏罗紀(J)			25	
	三疊紀(T)			30	
古 生 代	二疊紀(P)	年数 (百万年)	兩棲动物与造 煤植物时代	21	
	石炭紀(C)			52	
	泥盆紀(D)		魚的时代	58	
	志留紀(S)			37	
	奥陶紀(O)			80	
寒武紀(cm)	80	無脊椎动物时代	350		
				430	
				510	