

中等专业学校教学用书

钻井工程

Ю. Б. 瓦傑茨基等著



中国工业出版社

为了配合石油工业的大跃进，为了培训更多的钻井工作者，并为满足石油中等技术学校对“钻井工程”教科书的迫切要求，以及满足老干部学习的需要，因而翻译出版了这本“钻井工程”。

本书是一本比较完整的教科书，对于我国来讲却是第一本“钻井工程”中技教科书。

书中对钻井工艺过程中的转盘钻井、涡轮钻井、钻头、固井、处理事故、鑽开油層和試油等等作了系统地、全面地敘述，特別对泥漿、固井、处理事故等三章更为詳細，同时整个書中貫穿了快速鑽井的道理和介紹了先进經驗。

本書供石油中等技术学校师生、地質部的中等勘探学校师生作为教材用。也可供鑽井工程师、技术人員、鑽井技师、老干部等閱讀。

Ю. В. ВАДЕЦКИЙ, И. Ф. ШАЛИМОВ

БУРЕНИЕ

НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ

СКВАЖИН

ГОСТОПТЕХИЗДАТ

МОСКВА-1956

* * *

鑽井工程

(根據石油工業出版社紙型重印)

*

中国工业出版社出版(北京德勝門外110号)

(北京市書刊出版事業許可証出字第110号)

石油工业出版社印刷厂印刷

新华書店科技发行所发行·各地新华書店經售

*

开本850×1168¹/₃₂·印张13¹⁸/₃₂·字数322,000

1958年9月北京第一版

1961年6月北京新一版·1961年6月北京第一次印刷

印数0001—830·定价(10)1.90元

統一書号: 15165·66(石油-24)

前 言

石油及天然氣對國民經濟有着極其重要的意義。如果沒有汽油和柴油，那麼內燃機就無法開動，如果沒有潤滑油，任何機器都不能進行工作。

天然氣是一種最便宜、使用最方便的燃料，同時它還是化學工業的寶貴原料。

隨着石油及天然氣產量的提高，油氣井的鑽井工作將要起愈來愈大的作用，並要求提高鑽井速度，降低成本。因此，近年來，蘇聯給鑽井工作者配備了強有力的鑽井設備：滑輪鑽具、Y8-3型泥漿泵、由柴油機帶動的鑽機（烏拉爾-5Д鑽機、烏拉爾-3Д鑽機）、由電動機帶動的鑽機（烏拉爾-6Д鑽機、烏拉爾-4Д鑽機）。

中等技術學校的學生必須熟練地掌握鑽井技術和鑽井工藝。他們一定要學習先進工作者在鑽油氣井方面所積累的豐富經驗。

不斷地改進技術和利用先進工作者的經驗，就可以保證做到：廣泛應用快速渦輪鑽井法和快速轉盤鑽井法，提高機械鑽速及經濟鑽速，降低成本和提高勞動生產率。

本書是一本供中等石油技術學校學生用的教科書，但也可供中等鑽井工程技術人員在完成第六個五年計劃任務的實際工作中作為參考之用。

目 录

前言

导言	1
----	---

第一篇 鑽井工艺过程	0
------------	---

第一章 鑽井时岩石的破碎	0
--------------	---

第1节 岩石	9
--------	---

第2节 岩石按其硬度及可鑽性的分类	8
-------------------	---

第二章 鑽头	10
--------	----

第1节 牙輪鑽头	11
----------	----

三牙輪鑽头	11
-------	----

外国採用的鑽头	14
---------	----

三牙輪鑽头的軸承	15
----------	----

三牙輪鑽头的水眼結構	16
------------	----

牙輪鑽头鑽进时岩石破碎力学	18
---------------	----

三牙輪鑽头改进的方向	18
------------	----

第2节 刮刀鑽头	19
----------	----

魚尾鑽头	19
------	----

三刮刀鑽头	21
-------	----

第3节 特种鑽头	21
----------	----

取心鑽具	21
------	----

尖头鑽头与偏心鑽头	27
-----------	----

第4节 制造鑽头的材料	27
-------------	----

第5节 鑽头工作理論	32
------------	----

第6节 鑽头的技术經濟指标	33
---------------	----

第三章 渦輪鑽具	35
----------	----

第1节 多級渦輪鑽具的構造	36
---------------	----

第2节 渦輪鑽具渦輪的作用原理及对其結構的基本要求	42
---------------------------	----

第3节 渦輪鑽具的工作特性	48
---------------	----

第4节 渦輪鑽具的操作規程	51
第5节 渦輪鑽具的修理	53
第四章 鑽桿	55
第1节 鑽桿柱的組成部分及其功用	55
第2节 鑽桿的工作条件	56
轉盤鑽井时鑽桿的工作条件	56
渦輪鑽井时鑽桿的工作条件	60
第3节 鑽桿柱各組成部分的技术规范	63
第4节 各种新型鑽桿	68
新型鋼制成的鑽桿	68
新結構的鑽桿	69
第5节 鑽桿使用前的准备工作	72
接头的冷裝法	73
接头的烘裝法	71
第6节 鑽桿的使用和修理	73
鑽桿的使用	76
鑽桿的修理	80
第7节 鑽桿和接头中的水力損耗	81
第五章 鑽头的給进	84
第1节 鑽具的給进与鑽头吃入的定义	84
第2节 指重表的使用	85
液压式指重表	85
电测式指重表	91
指重表记录卡片的讀法	91
第3节 鑽头給进工作的机械化	94
鑽头給进工作机械化的原則	94
鑽头自动給进裝置与鑽头給进調节裝置	96
第六章 鑽井液	100
第1节 泥漿	100
泥漿是一种膠体悬浮系	100
配制泥漿用粘土的选择及探掘	103
計算配制1立方公尺的泥漿(比重已知)所需粘土量	104

泥漿性能隨不同時間, 化学處理劑, 溫度及機械作用而起變化	103
泥漿性能的測定	106
泥漿性能的檢查	120
在正常鑽井條件下泥漿的作用	121
在複雜鑽井條件下鑽井時的泥漿功用	126
泥漿的化学處理	140
鑽井革新者關於減少加重劑及化学處理劑消耗量的經驗	142
泥漿的配製和淨化	144
海上鑽井時泥漿作業的組織	155
第2節 用清水作鑽井液	155
第3節 空氣鑽井或天然氣鑽井	160
第七章 鑽井技術措施	161
第1節 渦輪鑽井技術措施	161
渦輪鑽井技術措施各參數的確定	166
吉馬佐夫鑽井隊的先進工作經驗	176
第2節 轉盤鑽井技術措施	177
轉盤鑽井技術措施各項參數的確定	180
第3節 鑽頭的合理使用	187
第八章 防止井斜	190
第1節 井斜的原因	192
渦輪鑽井時引起井斜的原因	192
轉盤鑽井時引起井斜的原因	194
第2節 井斜的預防	194
第3節 井身偏斜度的測量	197
第4節 井斜的矯正	201
第九章 固井	202
第1節 用套管固井	202
井身結構	202
套管的型號和尺寸	208
套管強度計算	213
套管柱的設計	217
油層套管柱的圖示計算法	229

套管下部結構	223
下套管	237
第2节 注水泥	242
固井水泥的物理化学性能	242
注水泥設備	247
注水泥的方法	250
注水泥的計算	257
檢查注水泥的結果	260
弥补注水泥的失敗	262

第十章 鑽开油、气層、測試、試油、試气和油、气井移交生产

交生产	264
第1节 鑽开油、气層的方法	264
第2节 井口密封裝置	266
第3节 套管射孔	267
第4节 誘流、試油、試气及油、气井移交生产	268
第5节 地層測試	270

第十一章 鑽井事故及其預防和处理方法

第1节 打撈工具	274
第2节 鑽桿和鑽头事故的处理	278
第3节 鑽井中的卡鑽	281
第4节 渦輪鑽具的事故	286
第5节 繞过落魚鑽側眼	288
第6节 井內爆炸	288
第7节 套管事故	289

第二篇 地面上的裝置与鑽井設備

第一章 鑽井井架与提升設備

第1节 鑽井用的井架	291
第2节 吊升系統	294
滑車鋼絲繩	294
鋼絲繩強度的計算	295
吊升系統的裝置法	297
鋼絲繩的固定法	300

合理地使用鋼絲繩.....	301
第二章 鑽井設備	301
第1節 鑽井設備的組成.....	302
第2節 鑽機的型號.....	303
第3節 水龍帶.....	305
第4節 設備的使用.....	305
鑽井處內潤滑材料供應工作的組織.....	308
鑽井設備的維護和使用.....	308
動力設備的維護與使用.....	312
第三篇 特殊鑽井方法	316
第一章 斜向鑽井法	316
第1節 斜向井的剖面及其作圖.....	317
第2節 渦輪斜向鑽井.....	327
第3節 帶變向器鑽具的下鑽過程.....	331
第4節 渦輪斜向鑽井法的工藝特性.....	340
第5節 多向鑽井法.....	342
第6節 雙筒鑽井法.....	343
第7節 多井底鑽井法.....	351
第二章 多油管鑽井法	353
第1節 多油管井直徑的確定.....	353
第2節 鑽多油管井的組織工作.....	355
第三章 電動鑽具鑽井	358
第四章 取心鑽井	360
第1節 取心鑽井用設備.....	362
第2節 取心鑽井技術措施.....	370
第3節 深構造井、預探井和探井.....	371
第五章 頓鑽	372
第六章 大井眼鑽井	375
第四篇 鑽井中勞動和生產過程的組織	380
第一章 井場上勞動過程的組織	380
第1節 鑽井中的勞動組織.....	380

第2节	开鑽前的开鑽会議	381
第3节	地質鑽井施工計劃書	381
第4节	起下鑽操作工具	382
第5节	起下鑽工作的組織	386
第6节	鑽井工作的小型机械化	386
第7节	鑽井起下鑽操作机械化和自动化綜合裝置	402
第二章	鑽井輔助單位	409
第1节	鑽井处的管子站	409
第2节	固井队	411
第3节	井架安裝队	411
第4节	工具房	412
第5节	机修厂	412
第6节	渦輪鑽具修理車間	413
第三章	鑽井录井資料和技术經濟指标	414
第1节	鑽井录井資料	414
第2节	鑽井技术指标	417
第3节	鑽井成本	417
第四章	鑽井地質工作	418

导 言

鑽井是在地壳上鑽鑿成圓柱形孔眼，井的特点是截面小，深度大。在地面上的开口叫做井口，底部叫做井底。

井是以連續破碎岩石並將其取至地面而完成的。一般鑽井时，是全面破碎岩石。取心鑽井时，只是破碎靠近井壁的环形部分，而中間的岩柱(岩心)則完整地取出来，以供研究油、气田地質構造之用。

要想获得石油和天然气，就必须了解預計可能有油、气藏的地区情况，並探明那些地層可能有油、气藏及其埋藏形狀。这就是勘探石油和天然气的目的。

根据野外地質調查和地球物理勘探所获得的資料，应編繪地区的地質圖；在这些工作成果的基础上再进行細測工作。

进行細測的目的，是为了研究可能含油的地質構造。为了探明構造和地質剖面，就要进行構造制圖鑽井。構造井的深度可达900—1000公尺。構造井是用自移式鑽机或拖移式鑽机进行鑽井的。

地区的地質構造經過細測之后，即开始进行深探井鑽井工作。鑽深探井的目的是为了确定：

1. 油田有無儲油層和儲气層；
2. 儲油層和儲气層的油、气饱和度；
3. 油層的含油邊緣及石油儲量。

为了对地下資源进行全面的地質調查，就需要鑽基准井。鑽基准井的主要目的，就是要探明調查工作进行較少的地区的地質構造和确定石油勘探的工作方向。

經鑽探确定了油、气藏的工業价值之后，就要着手做油、气

田的工業性開發工作，即開始鑽生產井和注水井。

鑽生產井的目的，是為了開採地下的油、氣資源；而鑽注水井的目的，則為了把水泵入油層內，以保持油層壓力。

鑽井工藝過程包括：

1. 起下鑽工作（將接有鑽頭的鑽桿下至井底，將已磨損的鑽頭連同鑽桿一起提至地面）；

2. 鑽頭在井底工作（即鑽頭破碎岩石）。

這些工作進行到一定的時候就要暫時停止，將套管下入井內，以防止井壁坍塌並隔離油層和水層。

在鑽井過程中，還要進行許多其他輔助工作，如：取心，配製泥漿，電測，測井斜，試油，等等。

如果井內發生事故（卡鑽、鑽桿折斷等等），就必須進行打撈工作。

渦輪鑽井時的井場佈置如圖 1 所示。鑽柱最上面的一根管子不是圓的，而是方的，所以叫做方鑽桿。方鑽桿通過轉盤的方形中心孔，在鑽進時，它隨着井底的加深而向下移動。

轉盤安置在井架的中央。鑽桿、方鑽桿等都是空心的。方鑽桿上端與水龍頭相連接。與方鑽桿相連接的水龍頭下部能夠同鑽柱一起旋轉，而水龍头上部則是不動。

在水龍頭固定部分的鵝頸管上接有水龍帶，鑽進時，利用泥漿泵將泥漿經水龍帶打入井內。泥漿經過方鑽桿和整個鑽柱進入渦輪鑽具，並驅動渦輪鑽具的中軸進行旋轉，然後進入鑽頭內並通過水眼沖向井底。從鑽頭水眼中噴出來的泥漿沖洗井底之後，攜帶着鑽碎的岩石（鑽屑）沿井壁與鑽桿間的環形空間返至地面，從井內返出的泥漿流入泥漿槽中，以便使泥漿中的鑽屑分離出來，最後泥漿沿着泥漿槽流入泥漿池內。

水龍头上部（固定部分）裝有可以轉動的提環，用來掛在與游動滑車相連接的大鉤上。

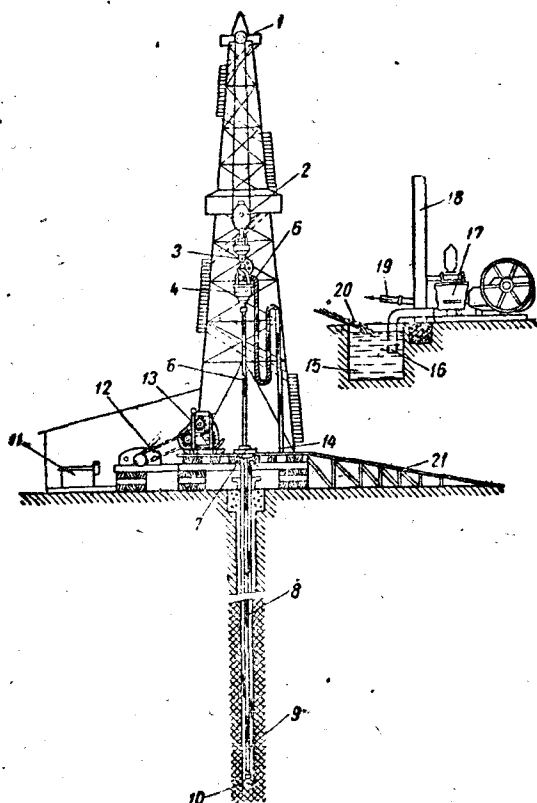


圖1 採用渦輪鑽井法時的井場佈置

1—天車；2—游動滑車；3—大鉤；4—水龍頭；5—水龍帶；6—方鑽桿；7—轉盤；8—鑽桿柱；9—渦輪鑽具；10—鑽頭；11—分電盤；12—減速器；13—絞車；14—立管；15—泥漿池；16—吸進管；17—泥漿泵；18—空氣包；19—通向立管的泥漿排出管（高壓管綫）；20—從泥漿槽內流入泥漿池的泥漿；21—坡道（管架台）。

井架頂部裝有多滑輪的天車。

游動滑車和天車的連接系統叫做吊升系統，其用途是減輕提升鑽桿和鑽頭的工作。

在鑽進時，鑽柱懸掛在與游動滑車相連接的大鉤上，隨着鑽

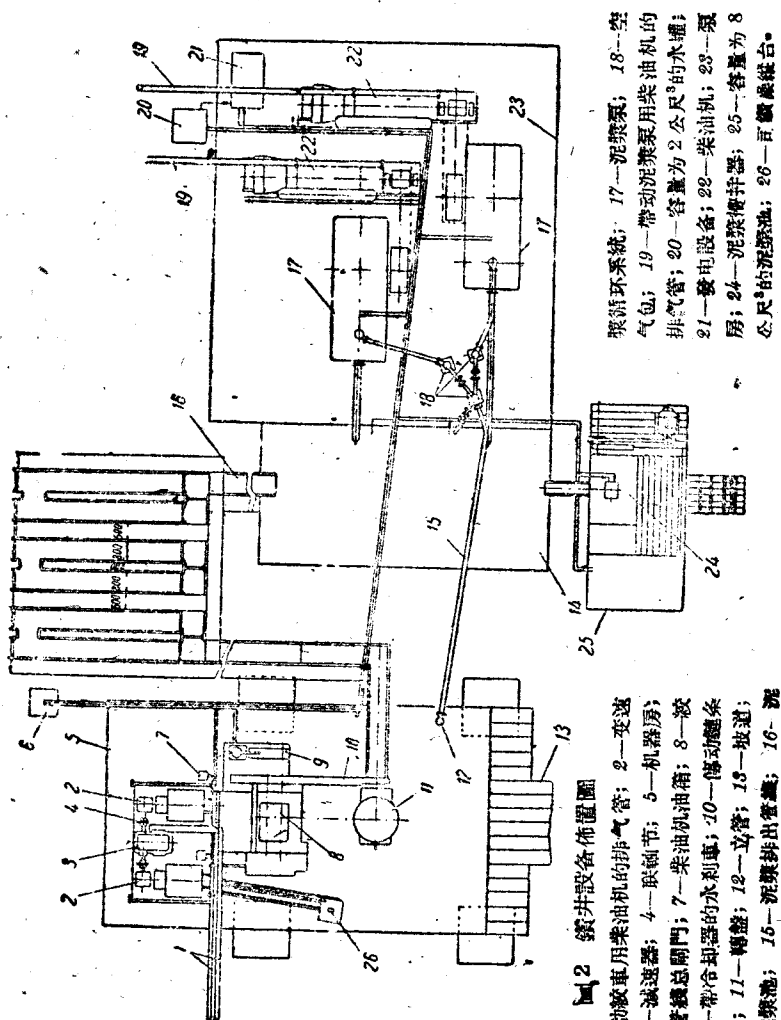


圖2 鑽井設備佈置圖

1—帶動絞車用柴油機的排氣管；2—变速箱；3—減速器；4—聯軸節；5—機器房；6—水管總開門；7—柴油機油箱；8—波車；9—帶冷卻器的水缸；10—帶動鏈條的護罩；11—轉盤；12—立管；13—坡道；14—泥漿池；15—泥漿排出管；16—泥

漿循環系統；17—泥漿泵；18—空氣包；19—帶動泥漿泵用柴油機的水罐；20—發電設備；21—容量為2公尺³的泥漿池；22—泥漿攪拌器；23—容量為8公尺³的泥漿池；24—百鍊鐵台。

头吃入地層深度的增加，鑽柱也逐漸向井中下行。當鑽頭已被磨損時，提出整個鑽柱，更換鑽頭。

為了將泥漿泵入井內，需要安裝一部或兩部泥漿泵。鑽井設備佈置圖如圖2所示。

從地面鑽進 40—600 公尺後，應下導管，封住疏松（不穩定）的地層或者封住上部的水流，並可保證以後繼續鑽進時井身的垂直方向。

下完導管之後，應進行注水泥，即把水泥漿通過套管打入套管與井壁間的環形空間內。上返的水泥漿就會把管外空間充滿。待水泥凝固後，再繼續鑽進。

下入井內的鑽頭直徑要比套管直徑小些。鑽達設計井深時，再下套管（油層套管）並注水泥。油層套管注水泥時，水泥只需要封住一部分管外井段即可。注水泥的目的，就是把水層與油層相互隔離開來。

如果在鑽下油層套管井段期間遇到複雜情況，使鑽進工作難以進行時，在這種情況下，應在下完導管之後，再下一層或二層中間套管（又名技術套管）。

由此可見，建井的整個過程由以下主要部分組成，即：

一、井架及鑽井設備（包括動力設備）的安裝，及井場建築物的建設；

二、鑽井前的準備工作；

三、鑽進工藝過程（加深井底的过程）；

四、鑽穿油層，及地層隔離（下套管及注水泥）；

五、試油（誘油流）工作；

六、設備及井架的拆卸。

第一篇 鑽井工艺过程

第一章 鑽井时岩石的破碎

第1节 岩石

地壳主要由火成岩和变質岩組成，但在其上断断续續地复盖着沉积岩。

石油儲藏在沉积岩中。沉积岩按其成因可以分为碎屑沉积岩，化学沉积岩及生物沉积岩。

根据岩石內所含矿物种类多少，可將岩石分为兩类：第一类为簡單岩石(單矿岩石)，即由一种矿物組成的岩石；第二类为复杂岩石(多矿岩石)，即由好几种矿物組成的岩石。

構成油藏地層的主要矿物有：鋁硅酸鹽类，碳酸鹽类，硫酸鹽类及泥質类。

在鋁硅酸鹽类中佔比重最大的是長石(58%)鉄鎂硅酸鹽次之(16%)，再其次为云母(4%)。碳酸鹽类中主要的造岩矿物有：方解石及白云石(1.5%)。硫酸鹽类中最常見是硬石膏和石膏。氯化物类有石鹽。泥質矿物主要有高嶺石和膠嶺石。

岩石的物理-机械性質 沉积岩的物理-机械性質与下列因素有关：

- 一、岩石顆粒內的分子吸引力；
- 二、岩石顆粒間的内聚力；
- 三、岩石顆粒的矿物成分；
- 四、岩石顆粒膠結物質的矿物成分；

五、層理性質等等。

由於上述因素有各種各樣的組合情況，因此，鑽油井中所遇到的岩石具有各種各樣的性質。

大多數沉積岩是疏松的，是由形狀不規則的、大小不等的礦物碎屑膠結而成的。

將分散碎屑粘結成體的膠結物的結構是決定沉積岩機械性質的最主要的結構特點。

對沉積岩破碎有很大關係的另一個主要結構特徵，就是沉積岩的構造或組織。構造即表示整個沉積岩在結構上的特點及其礦物顆粒相互間的空間位置。沉積岩的主要特點是：層理、劈理和孔隙性。

沉積岩按其顆粒間內聚力的性質分成三個主要的類型，即：堅硬沉積岩，粘結（塑性）沉積岩和松散沉積岩。

堅硬沉積岩（砂岩、石灰岩、泥灰岩等等）的內聚力的特點，就是顆粒之間具有分子吸引力和摩擦力。

塑性沉積岩（粘土）的內聚力是由於水的表面張力而形成的。

松散沉積岩（砂層）不論在乾燥狀態時，或者完全被水飽和的情況下，均無內聚力。只有在用一定數量的水潤濕松散沉積岩時，才會見到因摩擦力而產生的內聚力。

所有的岩石除具有內聚力外，還具有內摩擦力。內摩擦力同顆粒間的压力大小有關。

在各種能使岩石變形的條件下，一切造岩礦物和岩石都是屬於彈性脆性體。由於這個緣故，它們沒有任何殘留變形，而且當压力達到彈性極限時，它們就開始破碎。

岩石的強度在頗大程度上同變形的種類有關係。岩石的抗压強度很高，但是抗拉、抗剪和抗彎強度則很低。

石灰岩的強度主要取決於顆粒大小、孔隙度和夾雜物質。譬如，粘土質夾雜物會降低石灰岩的強度，而硅酸鹽夾雜物則能提

高其强度。

砂岩的强度取决于胶结物的强度、结构及状态。

石英岩的强度最高，而由灰质及粘土质胶结成的砂岩的强度最低。

岩石的结构和粒度成分对其强度也是有影响的。形成岩石的矿物颗粒愈硬、愈小、棱角愈多，则岩石的强度就愈高。

在自然条件下，岩石承受着压力并处于应力状态中。但垂直压力和水平压力的大小有所不同。

岩石的破碎阻力随破碎工具在岩石层面上的作用方向的变化而变化。

岩石的破碎应力在垂直于层面时为最大，顺着层面时最小。

第2节 岩石按其硬度及可钻性的分类

硬度是岩石最重要的性质，一般以岩石抵抗其他物体侵入其内的能力来表示。

从物理观点来看，钻井过程和冲头压入固体表面的过程完全相似。冲头所克服的固体的阻力，就表示这一固体的硬度。钻井时，用钻头来克服岩石的硬度。

在矿物学和地质学领域内，广泛应用莫氏矿物硬度表（见表1），应用莫氏矿物硬度表时，矿物的相对硬度是以划痕法测定的。根据这个硬度表测定的硬度是用无名数（代号）来表示的。

表 1

硬度代号	矿物名称	硬度代号	矿物名称
1	滑石	6	长石
2	石膏或石盐	7	石英
3	方解石	8	黄玉石
4	萤石	9	刚玉石
5	磷灰石	10	金刚石