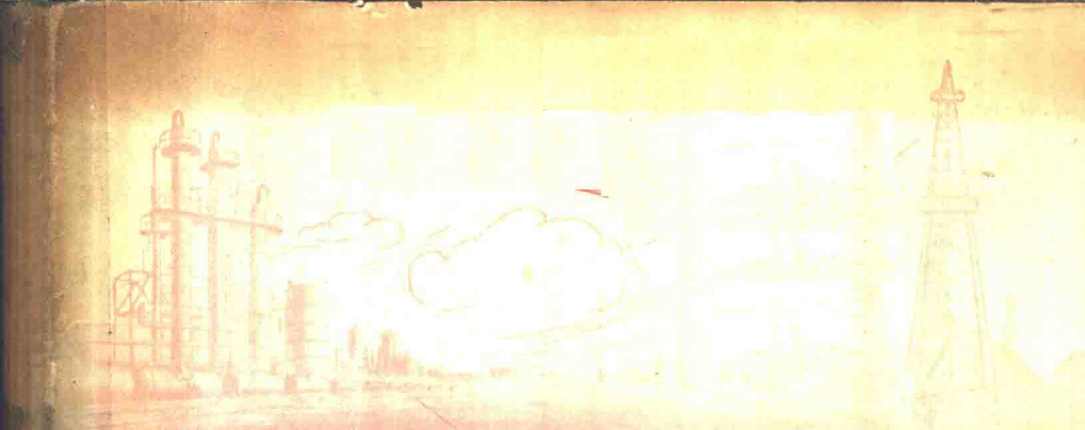




中等专业学校教学用书

钻井工程

苏联 Ю.Б. 瓦傑茨基等著

石油工业出版社

中等专业学校教学用书

鑽井工程^{Bb}_机

苏联 Ю. Б. 瓦傑茨基等著

石油工业部專家工作室鑽井机械組譯

苏联石油工业部教育司批准作为石油中等技术学校教科書

石油工业出版社

內 容 提 要

爲了迎上石油工業的大躍進，爲了培訓更多的鑽井工作者，並爲滿足石油中等技術學校對“鑽井工程”教科書的迫切要求，以及滿足老干部學習的需要。

本書是一本比較完整的教科書，對於我國來講却是第一本“鑽井工程”中技教科書。

書中對鑽井工藝過程中的轉盤鑽井、渦輪鑽井、鑽頭、固井、處理事故、鑽開油層和試油等等作了系統地、全面地敘述，特別對泥漿、固井、處理事故等三章更爲詳細，同時整個書中貫穿了快速鑽井的道理和介紹了先進經驗。

本書供石油中等技術學校師生、地質部的中等勘探學校師生作爲教材用。也可供鑽井工程師、技術人員、鑽井技師、老干部等閱讀。

Ю.В. ВАДЕЦКИЙ, И.Ф. ШАЛИМОВ

БУРЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1958年莫斯科版翻譯

統一書號：15037·427

鑽 井 工 程

石油工業部專家工作室鑽井機械組譯

*

石油工業出版社出版(社址：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0835號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 開本 * 印張13 $\frac{1}{2}$ * 322千字 * 印1—5,000冊

1958年9月北京第1版第1次印刷

定價(10)1.90元

前 言

石油及天然气对国民经济有着极其重要的意义。如果没有汽油和柴油，那么内燃机就无法开动，如果没有润滑油，任何机器都不能进行工作。

天然气是一种最便宜、使用最方便的燃料，同时它还是化学工业的宝贵原料。

随着石油及天然气产量的提高，油气井的钻井工作将要起愈来愈大的作用。并要求提高钻井速度，降低成本。因此，近年来，苏联给钻井工作上配备了强有力的钻井设备：滑车钻具、Y8-3型泥浆泵、由柴油机驱动的钻机（乌拉尔-5A钻机、乌拉尔-3A钻机）、由电动机驱动的钻机（乌拉尔-6B钻机、乌拉尔-4B钻机）。

中等技术学校的学生必须熟练地掌握钻井技术和钻井工艺。他们一定要学习先进工作者在钻油气井方面所积累的丰富经验。

不断地改进技术和利用先进工作者的经验，就可以保证做到：广泛应用快速涡轮钻井法和快速转盘钻井法，提高机械钻井及经济钻井，降低成本和提高劳动生产率。

本书是一本供中等石油技术学校学生用的教科书，但也可供中等钻井工程技术人员在完成第六个五年计划任务的实际工作中作为参考之用。

目 录

前言

导言	1
----	---

第一篇 鑽井工艺过程	6
------------	---

第一章 鑽井时岩石的破碎	6
--------------	---

第1节 岩石	6
--------	---

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	74
第6节 鑽桿的使用和修理	76
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
电測式指重表	91
指重表記錄卡片的讀法	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擇及探掘	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，化學處理劑，溫度及機械作用而起變化·····	105
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
泥漿的化學處理·····	140
鑽井革新者關於減少加重劑及化學處理劑消耗量的經驗·····	142
泥漿的配制和淨化·····	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·····	229
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·····	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·····	273
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·····	291
第一章 鑽井井架与提升設備·····	291
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	起下鑽操作用工具	382
第5节	起下鑽工作的組織	386
第6节	鑽井工作的小型機械化	386
第7节	鑽井起下鑽操作機械化和自動化綜合裝置	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的圓柱形孔眼，其特点是截面小，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，即开始鑽生产井和注水井。

鑽生产井的目的，是为了开采地下的油、气資源；而鑽注水井的目的，則为了把水泵入油層內，以保持油層压力。

鑽井工艺过程包括：

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

2. 鑽头在井底工作(即鑽头破碎岩石)。

这些工作进行到一定的时候就要暂时停止，將套管下入井內，以防止井壁坍塌並隔离油層和水層。

在鑽井过程中，还要进行許多其他輔助工作，如：取心，配制泥漿，电測，測井斜，試油，等等。

如果井內發生事故(卡鑽、鑽桿折断等等)，就必须进行打撈工作。

渦輪鑽井时的井場佈置如圖 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。方鑽桿通过轉盤的方形中心孔，在鑽进时，它随着井底的加深而向下移动。

轉盤安置在井架的中央。鑽桿、方鑽桿等都是空心的。方鑽桿上端与水龙头相連接。与方鑽桿相連接的水龙头下部能够同鑽柱一起旋轉，而水龙头上部則是不动。

在水龙头固定部分的鵝頸管上接有水龙帶，鑽进时，利用泥漿泵將泥漿經水龙帶打入井內。泥漿經過方鑽桿和整个鑽柱进入渦輪鑽具，並驅動渦輪鑽具的中軸进行旋轉，然后进入鑽头內並通过水眼冲向井底。从鑽头水眼中噴出来的泥漿冲洗井底之后，携帶着鑽碎的岩石(鑽屑)沿井壁与鑽桿間的环形空間返至地面，从井內返出的泥漿流入泥漿槽中，以便使泥漿中的鑽屑分离出来，最后泥漿沿着泥漿槽流入泥漿池內。

水龙头上部(固定部分)裝有可以轉动的提环，用来掛在与游动滑車相連接的大鉤上。

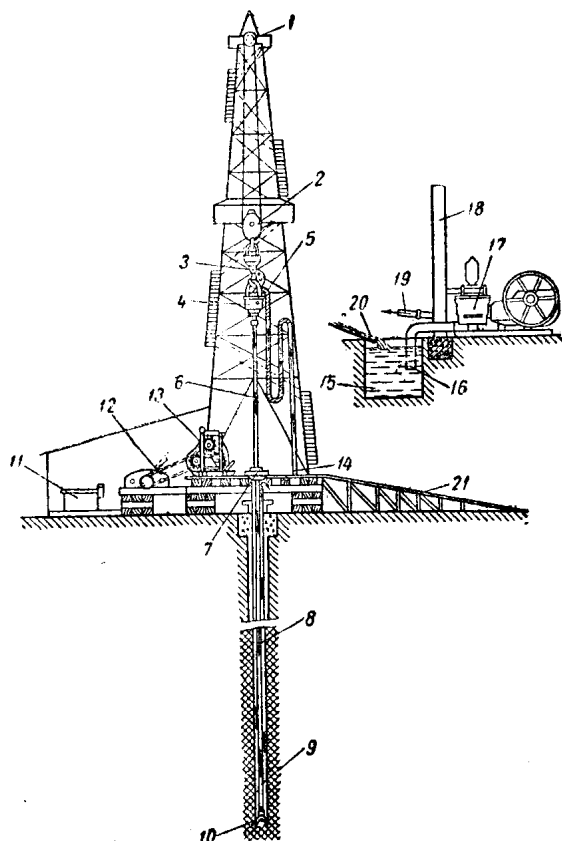


圖1 採用渦輪鑽井法時的井場佈置

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

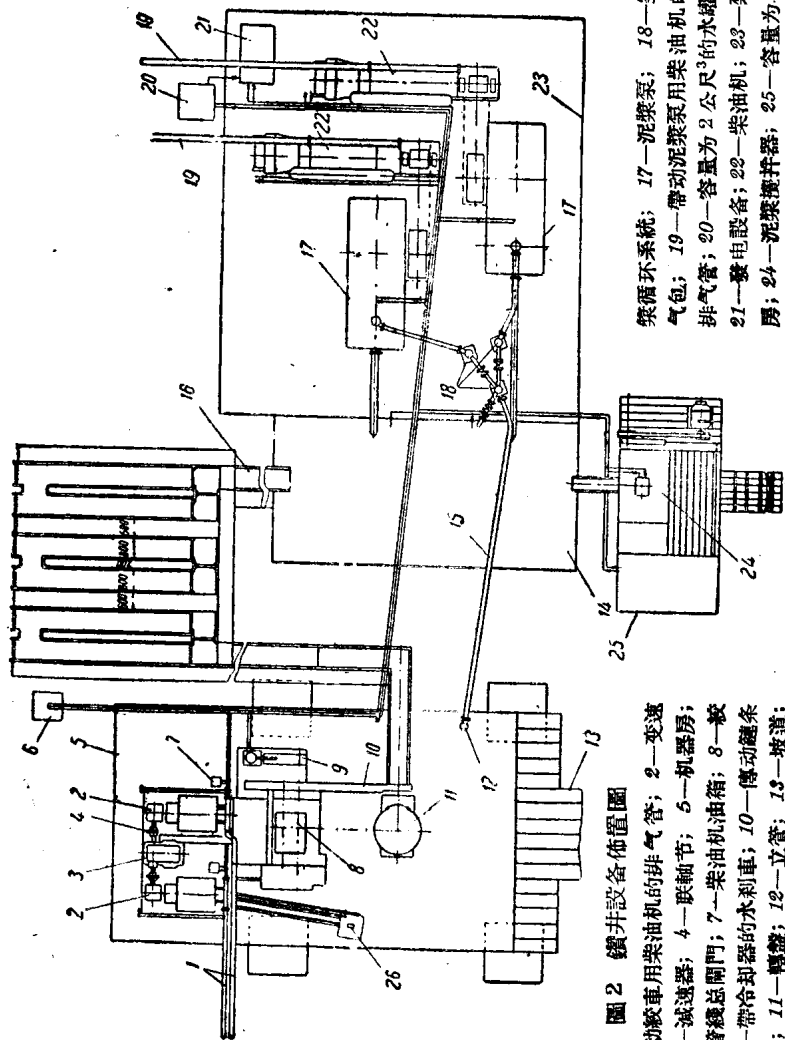


圖 2 鑽井設備佈置圖

1—帶動絞車用柴油機的排氣管；2—變速箱；3—減速器；4—聯軸節；5—機器房；6—水管總閘門；7—柴油機油箱；8—絞車；9—帶冷卻器的水剎車；10—傳動鏈條的護罩；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；排氣管；20—容量為2公尺³的水罐；21—發電設備；22—柴油機；23—泵房；24—泥漿攪拌器；25—容量為8公尺³的泥漿池；26—司機操縱台。

头吃入地層深度的增加，鑽柱也逐漸向井中下行。当鑽头已被磨損时，提出整个鑽柱，更換鑽头。

为了將泥漿泵入井內，需要安裝一部或兩部泥漿泵。鑽井設備佈置圖如圖 2 所示。

从地面鑽进 40—600 公尺后，应下导管，封住疏松(不稳定)的地層或者封住上部的水流，並可保証以后繼續鑽进时井身的垂直方向。

下完导管之后，应进行注水泥，即把水泥漿通过套管打入套管与井壁間的环形空間內，上返的水泥漿就会把管外空間充滿。待水泥凝固后，再繼續鑽进。

下入井內的鑽头直徑要比套管直徑小些。鑽达設計井深时，再下套管(油層套管)並注水泥。油層套管注水泥时，水泥只需要封住一部分管外井段即可。注水泥的目的，就是把水層与油層相互隔离开来。

如果在鑽下油層套管井段期間遇到复杂情况，使鑽进工作难以进行时，在这种情况下，应在下完导管之后，再下一層或二層中間套管(又名技术套管)。

由此可見，建井的整个过程由以下主要部分組成，即：

- 一、井架及鑽井設備(包括动力設備)的安裝，及井場建筑物的建設；
- 二、鑽井前的准备工作；
- 三、鑽进工艺过程(加深井底的过程)；
- 四、鑽穿油層，及地層隔离(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，但在其上断断續續地复盖着沉积岩。

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。

由於上述因素有各种各样的組合情况，因此，鑽油井中所遇到的岩石具有各种各样的性質。

大多数沉积岩是疏松的，是由形狀不規則的、大小不等的矿物碎屑膠結而成的。

將分散碎屑粘結成一体的膠結物的結構是決定沉积岩机械性質的最主要的結構特点。

对沉积岩破碎有很大关系的另一个主要結構特征，就是沉积岩的構造或組織。構造即表示整个沉积岩在結構上的特点及其矿物顆粒相互間的空間位置。沉积岩的主要特点是：層理、劈理和孔隙性。

沉积岩按其顆粒間內聚力的性質分成三个主要的类型，即：坚硬沉积岩，粘結(塑性)沉积岩和松散沉积岩。

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

塑性沉积岩(粘土)的內聚力是由於水的表面張力而形成的。

松散沉积岩(砂層)不論在干燥状态时，或者完全被水饱和的情况下，均無內聚力。只有在用一定数量的水潤湿松散沉积岩时，才会見到因摩擦力而产生的內聚力。

所有的岩石除具有內聚力外，还具有內摩擦力。內摩擦力同顆粒間的压力大小有关。

在各种能使岩石变形的条件下，一切造岩矿物和岩石都是屬於彈性脆性体。由於这个緣故，它們沒有任何殘留变形，而且当压力达到彈性極限时，它們就开始破碎。

岩石的强度在頗大程度上同变形的种类有关系。岩石的抗压强度很高，但是抗拉、抗剪和抗弯强度則很低。

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