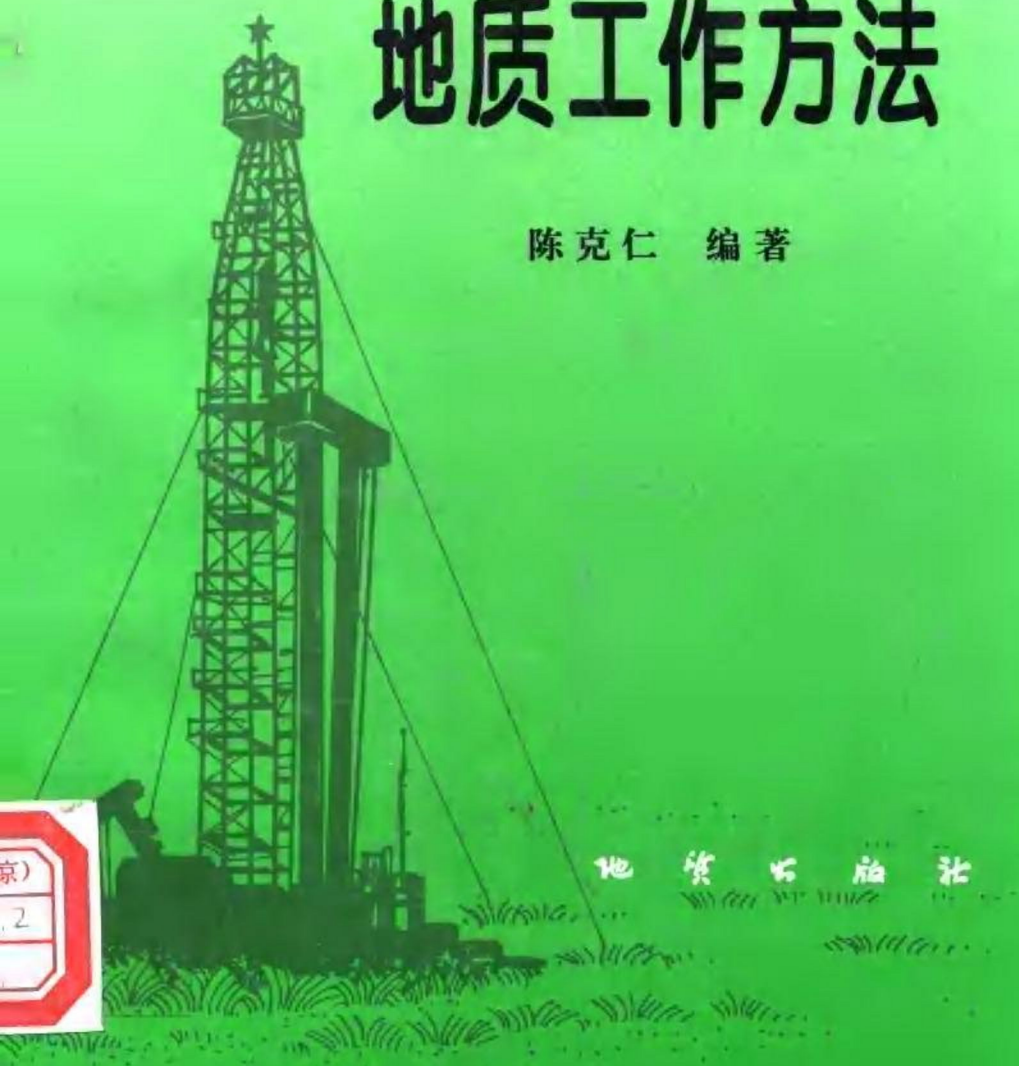
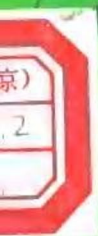


油气勘查钻井 地质工作方法

陈克仁 编著



地质出版社



内 容 提 要

本书总结了作者 30 多年来在鄂尔多斯盆地及其周边地区及在陕北小油田从事油气勘查和开发的钻井地质工作方法和经验。内容包括：石油钻井地质基本工作方法、5000m 裸眼深井岩屑录井经验、岩屑录井新方法的探索、荧光录井及膏盐地层泥浆滤液氯离子滴定经验、采样规范、完井地质报告编写方法要领等。书中还介绍了国际通行的以 AAPG 标准进行岩性和油气显示描述的经验。

图书在版编目 (CIP) 数据

油气勘查钻井地质工作方法/陈克仁编著.-北京：地质出版社，1998.3
ISBN 7-116-02515-4

I. 油… II. 陈… III. ①油气勘探-方法②油气钻井-方法 N.
P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 28520 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑：钱少华 王文孝

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张：5.875 字数：149000

1998 年 3 月北京第一版·1998 年 3 月北京第一次印刷

印数：1—1000 册 定价：18.00 元

ISBN 7-116-02515-4

P·1863

(凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行处负责调换)

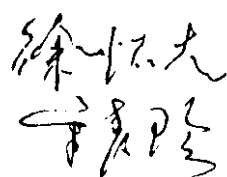
序

“不以规矩，不能成方圆”这一古训是任何科学技术发展所不可缺少的。每一项专业技术工作，都应当有一套人人必须遵守的“标准”、“规范”、“细则”，或者“指南”。陈克仁同志编著的《油气勘查钻井地质工作方法》一书，以文集的形式，总结了作者在这一领域数十年的工作经验，汇集了国内的典型范例，并引入了美国石油地质家协会(AAPG)的国际先进的岩性和油气显示描述规范。这对提高我国井下石油地质工作水平并与国际惯例接轨具有重要的促进作用。这本书的出版对发展我国的油气勘探开发事业，是件非常重要的事情。之所以强调它的重要性，是因为任何科学的判断和预测，都取决于原始资料是否齐全、准确和规范统一。做不到这几点，就会造成错误的判断、错误的决定，甚至错误的决策。这么说，决不是耸人听闻。在世界油气勘探史中，由于漏掉一两颗油砂而推迟油田发现的事不在少数，由于钻井过程中对泥浆性能和油气显示的观测、记录的不合格而贻误战机的实例也不在少数。同样，不规范、不统一、不完全的记录，造成理解、判断上的困难、失误、犹豫不定的事更是不胜枚举。从这个意义上说，这本书的出版，是非常重要的。如果考虑到当前我国少数油气勘探井录井质量之低，就更加令人担忧。不少探井缺乏完整系统的原始记录和通过对这些原始资料进行综合分析得来的最终总结报告，仅用几张完井报表和几张测井曲线就代替了全部原始记录和最终成果。更有甚者，在“文革”年代，有的井打完了，因为没有油，什么记录也没有，拔腿就走，连个“脚印”都没有留下。近年来，随着钻探和测井技术的发展，每年打的井越来越多。本来这是件好事，但是对原始资料的收集、整理、总结

的工作，却并不全如人意。有些地方取心的比重越来越少，有些井取消了全井的岩屑录井和测井，而只在某些重点井段，安排了这些工作，还美其名为“节约”和学习“先进经验”。试问，这样做真的对吗？我们花了那么多的钱去打井，虽然没有油，但是丝毫没有增加我们对地下地质情况的认识，对没有出油的道理说不清楚，怎么能够说节约呢！从这个意义上说，这本书的出版，确是非常必须的。应当说，在钻井过程中，对一切有意义的地质资料作全面、系统、准确的记录、描述，并对这些资料作深入的分析与评价，上缴一份正规、完善、清楚、准确、系统的原始记录和最终报告，本来是地矿部石油海洋地质系统的好传统。然而，近年来，这一优良传统淡薄了许多。岂不知，有时候，我们是省了小钱，却误了大事。系统研究世界上所有大跨国石油公司的录井工作，没有一个不是在这方面下苦功夫，按照严格的规范做事的。1952年美国出版的一本《井下地质法》，系统、深入、细致地规定了井下地质的工作方法、规范、图例、色彩、符号和解释上的可能误区。尽管在录井细节上，不同的公司有所不同，但是其中的原则和规范没有改变，也没有废弃，至今仍在执行着。相反，随着技术的不断革新，还在不断增补新的内容。任何对外国公司的原始资料有所了解的人都会知道，我们在这方面的差距可能比理论研究上的差距更大。一些高层次的技术负责同志曾经和我们反复谈过此类事情。笔者在多年的科研工作中，对这方面的情况也深有感触。因此，提高一线广大井下录井工作同志们的业务素质，改进录井工作的质量，是当前加速我国石油天然气工业发展的重要环节，不容忽视。

综观本书的12篇文章内容可以看出，作者抓住了井下地质工作的重要环节和要害；在具体内容的叙述上，不仅总结了国内外近年来的成功经验和范例，也融入了作者本人的多年心血。据我们了解，作者早在求学时代，就是个勤学好问的尖子；在后来的多年工作中，又是一位勤勤恳恳、兢兢业业、刻苦钻研、不断进取的技术骨干，所以他才能在平凡的岗位上，创造5000m裸眼钻

井岩屑录井的全国记录，也才能够自觉地在岩性和油气显示录井中引进、推广 AAPG 的规范和标准以及国外的新技术、新方法。他的敬业精神值得我们学习，他的丰富经验应当成为我们共同事业的宝贵财富。他的事业应当得到广大同行的尊重和支持。我们希望这本书的出版在推动我国油气勘探开发事业朝着标准化、规范化和科学化的方向上迈出更坚实的一步。我们也很荣幸地为这样一本有重要意义的书作序。

A handwritten signature in black ink, consisting of two characters, '徐' and '辉', written in a cursive style.

1997 年 5 月北京

序 言

30 多年前我在鄂尔多斯盆地搞石油普查时就认识陈克仁同志,那时同在地矿部三普工作,先后都在井队搞地质录井工作。在地矿部(也是在全国)创 5000m 裸眼深井记录的地质录井工作就是他负责的,为此他们还在地矿部西安石油地质工作会议上介绍过经验。直到现在,他还奋战在陕北石油勘探钻井第一线,在找油、采油方面作出了新的贡献。

最近,在北京一个老同事处看到了陈克仁同志编著的《油气勘查钻井地质工作方法》的书稿,据这位同事讲地质出版社将要出版这本书,她正帮助编辑出版事宜。借此机会,我看了这部专著的书稿,感到此书很有实用价值和参考意义。也是地矿部石油地质系统第一次见到有人这样全面地把石油地质录井的经验总结出来,既规范、又实际。

说它规范,书中 12 篇文章实际上是作者多年来在实施地矿部石油钻井地质规范的体会与对规范的具体实践的阐释。所谓规范,就是确定的标准,工作中人人要遵守照办。但规范中对一些技术要求确定标准后,如何实施,达到标准并非易事,特别是地质录井的一些技术标准往往要在“一次过”的短暂机会中做到就更不容易。作者在书中不但有从理论上阐释规范的文章,如第一篇“石油钻井地质基本工作方法”、第 10 篇“油气勘查钻井实验样品采送样规程”、第 11 篇“完井地质报告编写方法要领”等,而且都把“规范”的标准和技术要求结合实际操作,以经历者的角度阐述了“该如何达到规范标准”。所以,虽然作者声明编著时参考了地矿、石油两部门的有关规范,但它不是“规范”的翻版,而是实践规范的经验总结。这些都会对在实际工作着的人起到更好

执行、遵循“规范”的作用。

说它实际,这本书中大半内容是作者 30 多年在现场从事石油地质录井的宝贵经验总结。特别是总结了不少在特殊条件下(如长井段裸眼钻井)如何做好“规范”确定的各项地质录井工作,使之高质量地达到“规范”的技术标准。例如“5000m 裸眼深井岩屑录井经验”、“现场含油气性资料收集提纲”、“荧光录井须知”、“膏盐地层泥浆滤液氯离子滴定经验”等,都会对今后从事石油地质录井的技术人员有所帮助,使他们在遇到录井的特殊情况前就知道怎样去达到“规范”要求,而不至于失去一次性良机。

作者还特别总结了一些新方法、新技术、以及用国际通行的 AAPG 标准进行录井的岩性和油气显示描述的经验,无疑会对中外技术交流起到有益作用。

总之,作者以严谨的科学态度阐释了有关“规范”的实践方法;以认真负责的精神总结了自己和同行 30 多年的石油地质录井技术经验。地质出版社能够出这样一本规范性实践性都很强的书,对于从事油气勘查井下地质录井的技术人员和有关院校师生,都是件好事。因为现在我们所见到的这类出版物是越来越少了。特别是听说作者是完全自费出版,就更感到出版社支持这件事的难能可贵了。

地矿部石油地质研究所原总工程师

教授级高级工程师

谢秋元

1997 年 6 月北京

目 录

石油钻井地质基本工作方法.....	(1)
天然气普查井、探井地质设计纲目	(27)
5000m 裸眼深井岩屑录井经验	(44)
岩屑录井新方法的探索	(58)
碎屑岩岩屑肉眼描述细则	(68)
现场含油气性资料收集提纲	(75)
荧光录井须知	(99)
用英文缩略词 (AAPG 标准) 进行岩性和油气 显示描述的实践.....	(107)
膏盐地层泥浆滤液氯离子含量滴定经验.....	(116)
油气勘查钻井实验样品采送样规程.....	(121)
完井地质报告编写方法要领.....	(128)
石油钻井工程最低限度应知应会.....	(153)
主要参考文献.....	(177)
后记.....	(178)

石油钻井地质基本工作方法^①

钻井地质工作是钻井过程中的地质工作，是油气勘查第一性资料的主要来源。

一口井的钻井地质工作分钻前准备、地质录井和编写完井地质报告三个阶段。

1. 钻前准备

1.1 分井设计

1.1.1 设计编写

根据本区油气勘查的总体设计以及上级下达的钻井任务书，由井队地质和工程技术人员共同编写。设计内容包括地质和工程两部分。

(1) 地质部分

①井位 地理位置、构造位置以及井口坐标、高程（ X 、 Y 、 H ）。

②井别（井的类别） 在普查勘探阶段，有基准井、科学探索井、参数井、普查井以及探井、构造井等。

③钻井目的、任务 按照上级下达的钻井任务书确定（从略）。

④布井依据 a. 依据区域构造背景、局部构造条件、地层发育以及生储盖特征和含油气显示等；b. 论证为什么要部署这口

^① 本文及以下文章均参考了：地质矿产部部颁标准，1988，“石油及天然气勘探钻井地质规范”和长庆石油勘探局，1990，“石油与天然气探井地质操作规程和质量要求”。

井，并对其可能出现的结果进行预测性评价。

⑤钻井剖面设计及油气层预告 a. 根据连井地震反射剖面的解释以及与邻井或盆缘地表剖面的对比；b. 设计本井开钻层位、钻遇地层、完钻层位的井深、厚度、岩性以及目的层井段油气显示层位的井深、厚度、岩性、级别、特征等。

⑥录井间距及资料收集质量要求 a. 地质录井包括岩屑录井、钻时录井、气测井、荧光录井；b. 取心原则、层位、次数以及取心进尺和岩心收获率；c. 测井包括 1 : 500 标准测井、1 : 200 组合测井和测井斜、垂直地震剖面测井（VSP）、测固（固井质量）、测放（套管放射性）、测磁（套管接箍磁定位）等；d. 井壁取心原则、颗数、成功率；e. 岩样采集包括薄片、铸体薄片、荧光薄片、重矿物、差热、大古生物、微古生物、生油、煤的镜质体反射率、物性、压汞、相渗透率、油砂等内容及参数。

⑦故障提示 井斜、井坍（黄土层或砾石层）、井漏、井喷以及泥页岩剥落、地层造浆、蹩跳钻、缩径遇阻、粘吸卡钻等。

⑧上报资料要求。

(2) 工程部分

①钻井程序、套管程序及井身结构；

②钻头类型及使用；

③钻具组合；

④钻井参数选择及钻井水力参数设计；

⑤钻井质量要求包括井身质量、泥浆质量、保护油气层质量、固井质量、取心质量等；

⑥泥浆类型及性能要求；

⑦完井方法；

⑧预防事故的安全措施；

⑨经济技术指标、成本核算及施工进度计划；

⑩材料计划；

⑪上交资料要求。

1.1.2 设计审批程序

分井别，按规定报批。

1.2 井位勘定

由地质、物探、钻探、测量、调度等有关人员去实地勘定。首先根据图上的井位确定实地的井位（关键是找到地震测线上的炮点或桩号；若找不到，可借助附近的三角点交会或采用GPS地面卫星定位仪确定之）。然后进一步考虑进出井场道路、占地、给排水、环境污染、噪音以及井场、生活区布置和防洪等因素，必要时可做适当移动（在局部构造高点或深部有断层通过的允许范围内）。最后立桩为志。

1.3 物质准备

地质录井及取心用的文具、工具、原始记录报表以及各种设备、仪器、材料、化学试剂和岩心箱、砂样盘等。

1.4 井场布置

包括捞砂台、气测房、地质房和岩心库等（略）。

1.5 人员配备、分工（略）

1.6 学习钻井地质工作规范，向井队全员讲解设计（略）

2. 地质录井

定义 在钻井过程中录取井下地质资料的工作叫做地质录井。

任务 地质录井的主要任务是恢复地层剖面和发现油气层。

方法 地质录井方法主要有以下五种：岩屑录井、钻时录井、气测录井、荧光录井和岩心录井。

2.1 岩屑录井

井底岩石被钻头破碎后，岩屑随泥浆返出井口，按规定的取样间距和迟到时间，连续采集样品，进行系统地观察、分析、鉴定、描述和解释，并初步恢复地层剖面。此乃通常所说的岩屑录井，它是地质录井的主要方法。

2.1.1 工作流程：分3个步骤、15个环节

(1) 第一步骤——岩屑样采集（习称捞砂）

①取样（按规定的取样间距和迟到时间，在高架泥浆槽中捞取以及在振动筛下接取两种）；

②洗样；

③晒（烘）样；

④收样。

(2) 第二步骤——岩屑鉴定

①筛样；

②初步观察；

③岩性分套（按新成分的出现或岩性组合面貌）；

④挑样（去伪存真）；

⑤岩屑百分比估计（以一套岩性为单位，逐包进行）；

⑥岩性描述（以一套岩性为单位，分别进行岩性描述）；

⑦采集实验室分析鉴定样品；

⑧装样（装砂样盘和岩屑正、副样）、编录、存放。

(3) 第三步骤——岩屑百分比图解释

①绘制岩屑百分比图（1：500）；

②解释岩屑剖面；

③岩性综述及油气显示描述（岩性以大套为单位，油气显示以单层为单位）。

在上述 15 个环节中，以取样（准确性、代表性）、挑样（去伪存真、不漏岩性）两个环节为关键。

2.1.2 迟到时间

(1) 概念（两个迟到时间）

①泥浆迟到时间（ T_{LM} ）：泥浆从井底返至井口所需的时间；

②岩屑迟到时间（ T_{LC} ）：泥浆携带被钻头破碎的岩屑，从井底返至井口所需的时间。

通常 $T_{LC} > T_{LM}$ ，因为岩屑密度大，一般为 $(2.0 \sim 2.6) \text{g/cm}^3$ ；泥浆密度小，一般 $> (1.0 \sim 1.2) \text{g/cm}^3$ 。所以岩屑或泥浆返至井口的速度 $V_{LC} < V_{LM}$ 。

在井底泥浆携带岩屑同时开始上返，结果是泥浆率先返至井口，岩屑随后才能到达。

(2) 泥浆循环时间的理论计算（容积法）

①下行时间

$$T_{\text{FM}} = \frac{V}{Q} = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot H}{4Q} \quad (\text{min})$$

式中：V——钻柱内容积（m³）；

Q——泵排量（m³/min）；

d_1 ——钻柱内径（m）；

H——井深（m）。

②上行时间（即迟到时间）

$$T_{\text{LM}} = \frac{V}{Q} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_2^2) \cdot H}{4Q} \quad (\text{min})$$

式中：V——井内环空容积（m³）；

D——井径（m）；

d_2 ——钻柱外径（m）。

③泥浆循环一周的时间（全循环时间）

$$T_{\text{周M}} = T_{\text{FM}} + T_{\text{LM}} \quad (\text{min})$$

(3) 泥浆循环时间的实测

由于上行时间（ T_{LM} ）理论与实测往往有误差（通常实测值 > 理论值），该误差随井深增加而增大，主要原因是：a. 井径不规则（扩径）；b. 泵上水系数实际偏低（泵排量实际偏小）。

①方法

现场多用指示剂（有色玻璃纸或塑片）实测上行时间（ T_{LM} ），而实测下行时间 T_{FM} 与理论值误差较小，影响不大，故可用理论值代替。

②步骤 a. 在钻井过程中加单根（钻杆）时，将指示剂投入钻杆内；b. 接方钻杆时，记录开泵时间和指示剂随泥浆在井下循环一周的时间；c. 在振动筛上用水冲洗，接取指示剂。记录指示剂返出井口的时间（初至、大量到、終了）。开泵到大量指示剂返

出井口的时间的间隔，便是泥浆循环一周的时间 ($T_{\text{周M}}$)；d. 记录泵冲次（在测定过程中不能停泵）。

③计算 a. 求泥浆下行时间(T_{FM})的理论值；b. 实测的 $T_{\text{上M}}$ = 实测的 $T_{\text{周M}} - T_{\text{FM}}$ 理论值。

(4) 岩屑上返时间（迟到时间）的确定

①实测法（指示剂法）

指示剂 白色磁碗、磁瓶的碎块或染色岩屑（碎块不得大于水眼，以免堵住钻头水眼）。

方法 与测定泥浆循环时间的方法相同（难度较大）。

计算岩屑迟到时间 ($T_{\text{上C}}$) 即 $T_{\text{上C}} = T_{\text{周C}}$ 岩屑循环一周时间 - T_{FC} 岩屑下行时间 (T_{FC} 不易测定，一般用 T_{FM} 代替)。

②经验法——经验数据

在浅井情况下，井深每增加 200m，岩屑比泥浆迟到 1min（分钟）。

岩屑比泥浆落后时间：

浅井 ($<1200\text{m}$) = 实测的 $T_{\text{上M}} \times \frac{1}{5}$ ；

中深井 ($1200 \sim 3000\text{m}$) = 实测的 $T_{\text{上M}} \times \frac{1}{4}$ ；

深井 ($>3000\text{m}$) = 实测的 $T_{\text{上M}} \times \frac{1}{3}$ ；

例如某井，井深 4000m：

实测的 $T_{\text{上M}} = 133\text{min}$

岩屑落后时间 = $133\text{min} \times \frac{1}{3} = 44\text{min}$ ，

岩屑迟到时间 = $133\text{min} + 44\text{min} = 177\text{min}$ 。

(5) 关于泥浆迟到时间和岩屑迟到时间的推算（外推法）

通常，浅井每间隔 300~400m、中深井每间隔 200~300m、深井每间隔 100m，实测一次泥浆迟到时间。因此，在完成一次测定后，必须进行推算，才能继续使用。

①泥浆迟到时间的推算

例：井深 $H = 4000\text{m}$ ，实测 $T_{\text{上M}} = 133\text{min}$ 。

a. 求泥浆上返速度

$$V_{\text{上M}} = \frac{H}{T_{\text{上M}}} = \frac{4000\text{m}}{133\text{min}} = 30\text{m/min}$$

b. 外推

如井深为4000m	泥浆迟到时间为133min,
4030m	134min,
4060m	135min,
4090m	136min,
4120m	137min。

现场将泥浆迟到时间用作气测时间。

例：8时36分钻到井深4060m，泥浆迟到时间为135min，则气测时间是10时51分。

②岩屑迟到时间的推算

例：井深 $H=4000\text{m}$ ，实测 $T_{\text{上M}}=133\text{min}$ 。

a. 求岩屑迟到时间 $T_{\text{上C}}$

$$T_{\text{上C}} = 133\text{min} + (133\text{min} \times \frac{1}{3}) = 177\text{min}$$

b. 求岩屑上返速度 $V_{\text{上C}}$

$$V_{\text{上C}} = \frac{H}{T_{\text{上C}}} = \frac{4000\text{m}}{177\text{min}} = 23\text{m/min}$$

c. 外推

如井深为4000m	岩屑迟到时间为177min,
4023m	178min,
4046m	179min,
4069m	180min,
4092m	181min,
4115m	182min,

现场将岩屑迟到时间作为岩屑样采集时间（即捞砂时间）。

解：7时54分钻到井深4057m，岩屑迟到时间为179min，则捞砂时间是10时53分。

(6) 关于两个迟到时间的修正

①中停修正 若在钻进过程中因故停泵几分钟甚至几十分钟，这时泥浆停止上返，岩屑也被认为处于悬浮状态。开泵后继续上返（记录停、开泵时间——中停时间），则两个迟到时间皆作相应后推。

②变泵修正 即泵冲次数、泵排量变化时对迟到时间的影响（略）。

2.1.3 新鲜岩屑以及残留、掉块、坍塌物和假岩屑的识别

(1) 定义

返出井口的岩屑一般比较混杂，其中既有新鲜的，也有残留、掉块，甚至坍塌物，往往还夹杂些假岩屑，鱼目混珠。

①新鲜岩屑 被钻头新破碎的，代表该录井间距的岩屑。

②残留 由于井径不规则，泥浆性能或泵排量变化等原因，未能及时返出井口的陈旧岩屑（有时断断续续地返出）。

③掉块 由于粘土矿物吸水膨胀，加之钻柱在井内频繁地活动和不停地碰撞井壁等原因，经常造成上部井壁泥质岩碎块的剥落（习称掉块）。

④坍塌物 由于泥浆性能突然变化，造成上部井壁局部坍塌。坍塌物主要有散砂、砾石以及大块的泥质岩和煤块等。

⑤假岩屑 a. 水泥块；b. 泥皮（即泥饼碎片）；c. 铁锈片；d. 某些泥浆处理剂；e. 其它杂质。

岩屑的混杂程度，主要取决于井深、裸眼长度、井径规则与否、泥浆性能好坏、泵工作状况以及停钻时间长短等因素，在岩屑鉴定时必须去伪存真。

(2) 识别

①新鲜岩屑的特征 个体碎小、色调新鲜、棱角明显。

泥岩：瓦片状、碎块状、扁平状；页岩：薄片状；疏松砂岩：散砂、小颗粒状；致密砂岩：碎块状、片状；碳酸盐岩：碎块状。

②残留 一般个体较大，色调较模糊，略带或明显有磨圆痕迹；残留岩屑主要是泥质岩，部分砂岩；残留分上部井段岩屑和长久滞留的岩屑两种。

③掉块 个体有大有小，色调往往较新鲜，而且也有带棱角的，有时与新鲜岩屑难于分辨。但只要是从上到下系统地进行观察、鉴定，并熟悉已钻过地层的岩性，定能排除之。

④坍塌物 多为比较集中、突发性出现，且与所钻地层的钻时、岩性明显不符。

⑤假岩屑 有时也会真假难分，鱼目混珠。

2.1.4 岩屑百分比估计

(1) 方法

岩屑百分比的估计目前已很少用面积法，主要采用目估法。

(2) 原则

①岩屑百分比的估计是以一套岩性为单位，逐包进行。

②新鲜岩屑和属于上部井段残留的岩屑，都参加百分比的估计。

③在井内长久滞留的岩屑，以及掉块、坍塌物和假岩屑，不参加百分比的估计。

④每包岩屑（即一个录井间距的岩屑样）以挑选出 2~4 种岩性的岩屑参加百分比估计为宜。

⑤估计百分比时，要做到局部（即挑选出来的几种岩性岩屑的相对含量的多少）与整体（即在全包岩屑中相对含量的多少）相结合。

⑥百分比从 5% 起估，递增、递减的最小值为 5%，一包岩屑各种岩性的百分比之和为 100%。

⑦对于含量少于 5% 的个别岩性，不参加百分比的估计，可划归、并入到有关岩性中，按局部渐变、夹层、夹条带处理，但要在岩性描述中提及。

⑧一套岩屑之中每种岩性百分比的变化，必须反映出它的出现、递增、递减或终了的全过程。

⑨对于上下两套岩屑之间，同一岩性百分比的递减、终了，必须交待清楚。

⑩特殊岩性岩屑百分比的估计，可适当夸大。