

中国石油工程监督系列培训教材

# 井下作业监督

(第二版)

主 编/吴 奇

副主编/王 林

陈显进

王连刚



石油工业出版社

中国石油工程监督系列培训教材

# 井下作业监督

(第二版)

主 编：吴 奇

副主编：王 林 陈显进 王连刚

江苏工业学院图书馆  
藏书章

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书是1997年版《井下作业监督》的修订版。

本书共分十九章,包括井下作业监督管理、石油地质基础知识、井下作业设备、作业施工准备、常规作业工序、油井(检泵)作业、注水井作业、气井作业、稠油作业、油井堵水、注水井调剖、压裂、酸化、防砂、大修、完井及试油、工程测井、井下作业安全生产及标准化基本知识等。

本书可用于井下作业监督培训,也可作为井下作业技术人员和现场操作人员参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

井下作业监督/吴奇主编.—2版.

北京:石油工业出版社,2003.3

ISBN 7-5021-4062-X

I.井…

II.吴…

III.井下作业(油气田)

IV.TE358

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 097507 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

787×1092 毫米 16 开本 32.75 印张 835 千字 印 11001—15000

2003 年 3 月北京第 2 版 2004 年 9 月北京第 3 次印刷

ISBN 7-5021-4062-X/TE·2903

定价:90.00 元

## 第一版前言

随着石油企业改革的不断深入,井下作业市场正在逐渐发展,井下作业监督在规范井下作业市场、提高作业质量和效益中起着重要的作用。因此,迫切需要培养井下作业监督,提高其业务素质。为适应油田开发对外开放反承包作业以及进入国际市场的需要,也必须培育高素质的井下作业监督。为此,我们组织编写了《井下作业监督》一书。

本书主要包括:井下作业监督的职责、井下作业施工程序及标准、常规作业技术、措施作业技术、油水井大修技术等,还包括一些井下作业相关知识。

本书较系统地介绍了井下作业技术,可供井下作业系统各级技术人员参考。

编 者

1996.11.15

## 第二版前言

1997年1月石油工业出版社出版发行了《井下作业监督》第一版,在加强井下作业监督管理、提高井下作业监督人员技术素质等方面发挥了重要作用,深受井下作业监督和广大技术人员的欢迎。但随着石油石化企业重组改制和我国加入WTO后,石油企业将建立新的运行机制和管理模式,井下作业市场将更加开放,对井下作业监督的要求更加严格。为了适应市场经济变化的需要,根据井下作业新工艺、新技术的发展,对《井下作业监督》第一版进行了补充和完善。本次修订的重点是:系统介绍了井下作业施工内容、工艺方法、操作规范以及质量要求;对原章节按井下作业施工项目进行重新排列并补充新的内容,以便于阅读。

在本书的编写过程中,得到了中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司、大庆油田有限责任公司、辽河油田分公司、大港油田分公司、西南油气田分公司、华北油田分公司的大力支持和帮助,在此表示感谢。由于编写人员水平有限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2002.10

## 第一版编委会

主 任：王乃举

副主任：张宽信 罗英俊

委 员：（按姓氏笔划排序）

马述先 王法轩 王铁山 王海森 王晨钟 刘万赋 刘震远  
李志明 李安璜 吴志义 吴 奇 周永家 金 华 赵顺强  
彭梓栋 譙世莹 潘兴国

## 第一版编写人员

主 编：刘万赋 吴 奇

副主编：王晨钟 吴志义 金 华 王连刚 刘汉成

成 员：（按姓氏笔划排序）

马颖洁 王 敏 王新河 安广霞 关 昕 刘廷奋 朱国金  
陈秀省 陈铁斌 杜翼饶 李 平 李兴林 李晓平 沈希秀  
吴光坤 吴燕虹 吴燕飏 肖云成 季福云 杨 军 张丽娟  
周广厚 周 伟 周伦先 胡明君 赵 红 赵 峰 郭文田  
钱 昱 黄文俊 梁彩霞 麻建群 程涛团 路秀广 腾维儒

## 第二版编审人员

主 编: 吴 奇

副主编: 王 林 陈显进 王连刚

参加编写人员:

|      |     |     |     |     |   |     |   |
|------|-----|-----|-----|-----|---|-----|---|
| 第一章  | 王连刚 | 胡凤春 | 陈显进 | 编   |   | 杨继辉 | 审 |
| 第二章  | 王 林 | 王 丽 | 周广厚 | 尹修炬 | 编 | 常毓文 | 审 |
| 第三章  | 张兴福 | 吴成龙 | 麻建群 | 编   |   | 李振龙 | 审 |
| 第四章  | 赵建华 | 宋立波 | 朱百义 | 陈显进 | 编 | 朱国君 | 审 |
| 第五章  | 刘志胜 | 陈波军 | 毛伟华 | 鲁青春 | 编 | 姚晓翔 | 审 |
| 第六章  | 田家祥 | 秦明哲 | 韦雅珍 | 周吉弟 | 编 | 张学鲁 | 审 |
| 第七章  | 陈国强 | 杨万有 | 王永福 | 王金友 | 编 | 王 林 | 审 |
| 第八章  | 王连刚 | 马发明 | 陈显进 | 编   |   | 颜光宗 | 审 |
| 第九章  | 吴 奇 | 刘喜林 | 韩树柏 | 编   |   | 魏顶民 | 审 |
| 第十章  | 杨志鹏 | 张书进 | 邹丽娜 | 编   |   | 邵定波 | 审 |
| 第十一章 | 王 林 | 李建阁 | 卢 军 | 编   |   | 邵定波 | 审 |
| 第十二章 | 吴 奇 | 罗明辉 | 刘文伟 | 王文军 | 编 | 汪永利 | 审 |
| 第十三章 | 王 林 | 刘 斌 | 王贤君 | 李 刚 | 编 | 杨能宇 | 审 |
| 第十四章 | 邢金生 | 宋友贵 | 刘凤霞 | 王连刚 | 编 | 檀德库 | 审 |
| 第十五章 | 吴 奇 | 田友仁 | 张兴福 | 编   |   | 褚天顺 | 审 |
| 第十六章 | 吴 奇 | 曲立峰 | 于振东 | 编   |   | 张绍礼 | 审 |
| 第十七章 | 孙晓军 | 黄 铭 | 王贵霞 | 编   |   | 王 林 | 审 |
| 第十八章 | 吴 奇 | 陈波军 | 周广厚 | 编   |   | 刘洪亭 | 审 |
| 第十九章 | 王 林 | 胡凤春 | 陈显进 | 李 厉 | 编 | 吴 奇 | 审 |

# 目 录

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 第一章 井下作业监督的管理     | (1)   |
| 第一节 井下作业监督的作用     | (1)   |
| 第二节 井下作业监督的职责     | (1)   |
| 第三节 井下作业监督的条件     | (2)   |
| 第二章 石油地质基础知识      | (4)   |
| 第一节 地壳及其组成        | (4)   |
| 第二节 地层及地质时代单位     | (12)  |
| 第三节 地质构造          | (17)  |
| 第四节 油气藏           | (28)  |
| 第三章 井下作业设备        | (46)  |
| 第一节 修井机           | (46)  |
| 第二节 井架、天车、游动滑车、大钩 | (51)  |
| 第三节 水龙头           | (57)  |
| 第四节 转盘            | (58)  |
| 第五节 泥浆泵           | (61)  |
| 第六节 钢丝绳、吊环、吊卡     | (64)  |
| 第四章 井下作业施工准备      | (71)  |
| 第一节 作业设计          | (71)  |
| 第二节 井场调查及搬迁       | (73)  |
| 第三节 立井架、穿大绳、校正井架  | (75)  |
| 第四节 吊装井口房、拆装驴头    | (79)  |
| 第五节 安装井口控制装置      | (80)  |
| 第六节 安全检查          | (84)  |
| 第五章 常规作业工序        | (88)  |
| 第一节 起下管柱          | (88)  |
| 第二节 组配管柱          | (92)  |
| 第三节 压井和替喷         | (98)  |
| 第四节 探砂面、冲砂        | (101) |
| 第五节 洗井            | (104) |
| 第六节 通井、刮蜡、刮削      | (106) |
| 第七节 找窜、验窜         | (108) |
| 第八节 气举和液氮排液气举     | (111) |
| 第九节 录取施工资料        | (114) |
| 第六章 油井(检泵)作业      | (122) |
| 第一节 抽油泵井作业        | (122) |

|             |                  |       |
|-------------|------------------|-------|
| 第二节         | 螺杆泵井作业           | (137) |
| 第三节         | 潜油电泵井作业          | (150) |
| 第四节         | 水力活塞泵井作业         | (169) |
| <b>第七章</b>  | <b>注水井(试配)作业</b> | (188) |
| 第一节         | 分层注水工艺原理         | (188) |
| 第二节         | 分层注水管柱           | (189) |
| 第三节         | 注水井井下工具          | (193) |
| 第四节         | 试注与油井转注          | (200) |
| 第五节         | 试配               | (203) |
| 第六节         | 重配与调整            | (206) |
| <b>第八章</b>  | <b>气井作业</b>      | (208) |
| 第一节         | 采气工艺             | (208) |
| 第二节         | 气井特殊作业           | (230) |
| <b>第九章</b>  | <b>稠油作业</b>      | (241) |
| 第一节         | 稠油的特点及分类         | (241) |
| 第二节         | 稠油的开发工艺          | (242) |
| 第三节         | 稠油油井完井方式         | (244) |
| 第四节         | 注蒸汽管柱及工具         | (245) |
| 第五节         | 稠油注汽及采油工艺管柱      | (250) |
| 第六节         | 稠油作业及现场监督        | (253) |
| <b>第十章</b>  | <b>油井堵水</b>      | (259) |
| 第一节         | 油井出水原因及堵水措施      | (259) |
| 第二节         | 油井出水层位的确定        | (260) |
| 第三节         | 机械卡堵水            | (260) |
| 第四节         | 化学堵水             | (266) |
| 第五节         | 封窜               | (275) |
| 第六节         | 油井堵水工艺设计         | (276) |
| 第七节         | 油井堵水施工工序及技术要求    | (278) |
| 第八节         | 油井堵水监督内容         | (279) |
| <b>第十一章</b> | <b>注水井调剖</b>     | (282) |
| 第一节         | 化学调剖剂            | (282) |
| 第二节         | 注水井调剖工艺          | (295) |
| 第三节         | 注水井调剖工艺设计        | (295) |
| 第四节         | 注水井调剖施工          | (298) |
| 第五节         | 注水井调剖作业监督内容      | (300) |
| <b>第十二章</b> | <b>压裂</b>        | (301) |
| 第一节         | 压裂机理             | (301) |
| 第二节         | 压裂施工设计           | (307) |
| 第三节         | 压裂设备及管柱          | (313) |
| 第四节         | 压裂液              | (316) |

|             |                   |              |
|-------------|-------------------|--------------|
| 第五节         | 支撑剂·····          | (322)        |
| 第六节         | 压裂工艺·····         | (326)        |
| 第七节         | 压裂油层保护·····       | (330)        |
| 第八节         | 现场施工·····         | (333)        |
| 第九节         | 压裂监督·····         | (336)        |
| <b>第十三章</b> | <b>酸化·····</b>    | <b>(339)</b> |
| 第一节         | 酸化机理·····         | (339)        |
| 第二节         | 酸化设计·····         | (341)        |
| 第三节         | 酸液及添加剂·····       | (344)        |
| 第四节         | 酸化工艺·····         | (346)        |
| 第五节         | 酸化施工·····         | (347)        |
| 第六节         | 酸化监督·····         | (351)        |
| <b>第十四章</b> | <b>防砂·····</b>    | <b>(352)</b> |
| 第一节         | 概述·····           | (352)        |
| 第二节         | 管内砾石充填防砂·····     | (356)        |
| 第三节         | 化学防砂·····         | (360)        |
| 第四节         | 滤砂管防砂·····        | (363)        |
| 第五节         | 防砂施工现场监督·····     | (365)        |
| <b>第十五章</b> | <b>油水井大修·····</b> | <b>(368)</b> |
| 第一节         | 套管损坏的原因及预防措施····· | (368)        |
| 第二节         | 套管损坏的类型·····      | (374)        |
| 第三节         | 套管技术状况检测·····     | (376)        |
| 第四节         | 大修设计·····         | (379)        |
| 第五节         | 打捞作业·····         | (381)        |
| 第六节         | 解卡作业·····         | (385)        |
| 第七节         | 套管整形·····         | (393)        |
| 第八节         | 套管加固·····         | (399)        |
| 第九节         | 套管取换·····         | (400)        |
| 第十节         | 侧钻·····           | (404)        |
| 第十一节        | 电动潜油泵打捞·····      | (412)        |
| 第十二节        | 工程报废·····         | (413)        |
| 第十三节        | 技术监督要点·····       | (415)        |
| <b>第十六章</b> | <b>完井及试油·····</b> | <b>(419)</b> |
| 第一节         | 完井方法·····         | (419)        |
| 第二节         | 射孔·····           | (427)        |
| 第三节         | 完井液及射孔液·····      | (437)        |
| 第四节         | 试油·····           | (442)        |
| <b>第十七章</b> | <b>工程测井·····</b>  | <b>(452)</b> |
| 第一节         | 磁性定位测井·····       | (452)        |
| 第二节         | 井径测井·····         | (453)        |

|             |                                            |              |
|-------------|--------------------------------------------|--------------|
| 第三节         | 磁法孔眼位置检测测井·····                            | (459)        |
| 第四节         | 井壁超声成像测井·····                              | (460)        |
| 第五节         | 管子分析仪测井·····                               | (462)        |
| 第六节         | 噪声测井·····                                  | (464)        |
| 第七节         | 声波变密度测井·····                               | (465)        |
| <b>第十八章</b> | <b>井下作业安全生产·····</b>                       | <b>(468)</b> |
| 第一节         | 安全用电基本知识·····                              | (468)        |
| 第二节         | 防火与防爆·····                                 | (472)        |
| 第三节         | 井下作业的防喷·····                               | (477)        |
| 第四节         | 压裂酸化作业安全要求·····                            | (485)        |
| 第五节         | 施工过程中复杂情况的安全处理·····                        | (487)        |
| <b>第十九章</b> | <b>标准化基本知识·····</b>                        | <b>(489)</b> |
| 第一节         | 基本概念·····                                  | (489)        |
| 第二节         | 国际标准化组织简介·····                             | (490)        |
| 第三节         | 采用国际标准与国外先进标准·····                         | (494)        |
| 第四节         | 标准的代号·····                                 | (495)        |
| 第五节         | 石油工业标准化管理体系·····                           | (498)        |
| 第六节         | 有关井下作业国家标准及行业标准目录·····                     | (501)        |
| <b>附录</b>   | <b>中国石油天然气股份有限公司勘探与生产工程监督管理办法(试行)·····</b> | <b>(507)</b> |

# 第一章 井下作业监督的管理

为适应社会主义市场经济体制和井下作业市场内外的需要,建立和实行井下作业监督制度,对井下作业施工项目进行全过程监督将有利于提高井下作业施工质量,降低井下作业返工率,有效控制井下作业施工成本,提高整体经济效益。

## 第一节 井下作业监督的作用

建立井下作业监督制度是石油工业深化改革,加快发展市场经济的一个重要举措。特别是随着石油石化企业重组改制和我国加入 WTO 后,井下作业市场将更加开放,各石油企业将逐步建立新的运行机制和管理模式。为此,对井下作业施工实行项目管理,对全过程进行监督,对提高作业施工质量,降低作业成本,将发挥重要作用。

实行井下作业监督有利于作业方案设计的有效实施,保证在施工过程中严格执行操作规程和技术标准,避免工程事故,做到安全生产;有利于提高作业施工质量,提高措施和维护作业施工效果;有效控制作业生产成本,增加总体经济效益;有利于甲、乙双方对施工项目的密切合作,对现场出现的问题可提出解决办法,尽量缩短施工周期,提高作业时效。

## 第二节 井下作业监督的职责

井下作业监督是由发包方(甲方)聘任驻承包方(乙方)承包的作业施工项目的全权负责人,对甲方负责,对乙方施工的项目进行全过程监督。其主要监督职责有下述内容。

### 一、招标

- (1)参与甲方单位组织对拟订标书工作。
- (2)参与甲方单位组织的招标评标工作,参与对中标的承包单位提出的分包任务单位进行审查。
- (3)协助甲、乙双方签订井下作业施工合同。

### 二、方案设计

- (1)了解施工井的地质方案设计、工艺设计和施工设计的内容及具体要求。
- (2)检查工艺设计和施工设计应由具备资质的单位进行编制,编写内容应符合相关技术标准的要求。
- (3)检查方案设计应履行审批手续,有设计人、初审人、审批人签字。
- (4)发现设计有缺陷时,应向设计审批单位提出。

### 三、施工准备

#### 1. 施工队伍

- (1)检查施工队伍应持有上级主管部门颁发的施工准入证。现场施工项目应与准入证的

准入项目相符。

(2)检查施工队伍完成作业项目的主要设备。其设备能力能够满足方案设计的要求。

(3)检查现场施工人数应满足施工项目的需要,现场施工人员要具有技术等级证书。

#### 2. 入井液及井下工具

(1)检查下井的各种材料及工具,应符合相应产品标准的要求,并有产品质量合格证及产品质量监督检验报告。

(2)对现场所用入井液应取样备检。

#### 3. 施工现场

(1)要核实施工井基本数据及有关资料,核对施工井号。

(2)检查施工单位按井场地面条件和安全要求摆放设备。

### 四、施工过程

(1)监督承包方严格执行施工设计和有关技术标准的要求,确保作业施工质量。

(2)检查作业施工进度,对关键工序的施工进行现场监督指导。

(3)检查施工作业安全防护措施,保证安全生产与重大事故的分析 and 处理。

(4)对施工过程中需变更设计和增加施工内容的,应及时向甲方单位报告,根据施工井的实际情况进行审批。

### 五、施工验收

(1)督促乙方按行业标准要求录取相应的资料。

(2)组织甲、乙双方对作业完工井进行验收和交接。

(3)分析井下作业成本构成情况,参与审查工程结算。

(4)协调解决双方在执行合同出现的问题。对出现的质量问题进行责任划分,并督促乙方单位进行返工。

## 第三节 井下作业监督的条件

井下作业监督应熟练掌握各类井下作业工艺技术,具有开发地质、采油工程、完井射孔、生产测井、油田化学等相关专业知识。井下作业监督是按照严格的条件选拔、培训、考核取得合格证书的复合型生产现场管理专业人员。井下作业监督证书由上级部门组织考评和发证,资格有效期一般为5年,有效期满后,持证者按规定提交有关材料,由所在企业单位统一到发证机关办理登记注册。井下作业监督应具备下述条件。

### 一、基本条件

(1)热爱祖国、热爱石油事业,拥护党的基本路线,拥护四项基本原则,拥护改革开放的方针,认真执行国家及上级专业部门的方针、政策和法规。

(2)具有强烈的事业心和责任感,忠于职守,钻研业务,具有科学的工作态度和艰苦奋斗精神,勇于负责和开拓创新。

(3)具有较高的政策水平和原则性,遵纪守法,廉洁奉公,公道正派,能团结同志协同工作。

(4)身体健康,能适应野外现场工作。

## 二、业务条件

- (1)具有高中以上学历和本专业初级或技师以上专业技术职称。
- (2)近期现场从事井下作业年限:高中毕业生 10 年以上,中专毕业生 7 年以上,大专及本科以上学历者 5 年以上,并且组织实施过 200 口以上油气水井作业全过程。
- (3)掌握本专业有关技术标准、法规及规范。
- (4)熟练掌握下泵、检泵、增产措施、油水井大修等各类井下作业基础理论知识及施工工艺技术。
- (5)掌握井下作业设备、工具、器材的性能和使用维护知识。
- (6)基本了解开发地质、生产测井、完井、射孔、保护油层、环保、油田化学、消防、合同法等方面相关知识。
- (7)有分析判断和处理井下复杂情况的能力。
- (8)有一定的生产组织、协调和经营管理能力。
- (9)年龄一般在 45 岁以下。

## 第二章 石油地质基础知识

石油和天然气在国民经济中占有极其重要的地位,现在已经能够从中提炼出 3000 多种产品,应用到各个领域。在新油田开发和老油田维护中,井下作业作为油田开发的主要手段显得越来越重要。因此,要成为一名合格的作业监督,首先应了解石油地质基础知识。

### 第一节 地壳及其组成

石油和天然气都埋藏在地下不同深度的岩石之中,尽管埋藏深度相差很大,浅者几十米(有的地方出露地表),深者数千米,但都在地壳的范围之内。因此,地壳是石油地质工作者研究的主要对象,是我们寻找油、气田的场所。

#### 一、地球的组成

地球是太阳系中的一个行星,太阳系又是宇宙空间的一部分。根据铅、铀同位素衰变规律计算的地球年龄约为 45.6 亿年。

地球是一个椭圆形球体。地球的赤道半径为 6378.140km,两极半径为 6356.755km,平均半径为 6371.004km,由此计算地球扁率为 0.0033528,表面积为  $510064421.9\text{km}^2$ ,体积为  $108320690000\text{km}^3$ 。

地球是由大气圈、水圈(生物圈)、岩石圈和地球内部构造组成的。从岩石圈表面(或地球表面)到地球的核心又可分为三部分:地壳、地幔、地核。地壳是从地面以下至 35km 处,地幔从 35km 处至 2900km 处,地核是从 2900km 处至核心。

#### 二、地壳的化学组成

地壳是由各种化学元素组成的,目前已经发现的化学元素就有 100 余种。国际上把各种元素在地壳中的含量百分比称为克拉克值,亦简称克拉克。地壳中主要元素克拉克值见表 2-1。

表 2-1 地壳中主要元素克拉克值

|      |        |      |       |
|------|--------|------|-------|
| 氧 O  | 46.95% | 钠 Na | 2.78% |
| 硅 Si | 27.88% | 钾 K  | 2.58% |
| 铝 Al | 8.13%  | 镁 Mg | 2.06% |
| 铁 Fe | 5.17%  | 氢 H  | 0.14% |
| 钙 Ca | 3.65%  | 钛 Ti | 0.62% |

上述 10 种元素占地壳总重量的 99.96%,其余近百种元素不足地壳总重量的千分之一。

#### 三、矿物

矿物就是地壳中的元素在各种地质作用下形成的自然产物。它具有一定的化学成分、物理和化学性质,以及比较均匀的内部构造。

矿物是组成地壳的基本单位之一,可以用化学式写出它的成分。自然界中的矿物绝大部分呈固态,少数呈液态和气态。目前已经发现的矿物约有 3000 余种,而一般常见的矿物有:石墨(C)、方铅矿( $PbS$ )、黄铜矿( $CuFeS_2$ )、黄铁矿( $FeS_2$ )、磁铁矿( $Fe_3O_4$ )、方解石( $CaCO_3$ )、白云石 $[CaMg(CO_3)_2]$ 、石英( $SiO_2$ )、赤铁矿( $Fe_2O_3$ )、软锰矿( $MnO_2$ )、铅土矿( $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ )、磷灰石 $Ca_5[PO_4]_3(F, Cl \cdots)$ 、石膏( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ )、橄榄石( $Mg_3Fe)_2[SiO_4]$ 、石榴子石( $Ca, Mg)_3(Al, Fe)_2[SiO_4]_3$ 、普通角闪石、滑石、黑云母、白云母、正长石、斜长石等。

矿物的主要物理性质如下所述。

### 1. 颜色

每种矿物都有一定的颜色,如石英为白色或无色,方解石为白色,黄铜矿为浅黄铜色,方铅矿为灰色。颜色也是鉴别矿物的依据之一。

颜色有自色、他色、假色之分。矿物在化学成分、内部结构等因素的影响下所呈现的颜色为自色;当矿物内部含有杂质时,所呈现的颜色为他色,如方解石可为黑色,石英可为紫色、黄色、黑色;当矿物内部产生裂缝或受风化后,所呈现的颜色为假色,如黄铁矿表面氧化后变为褐色。自色反映了矿物的内在特征,对鉴别矿物有更大的意义。在鉴定矿物时,为了区别是否是假色,应当观察矿物的新鲜面或观察矿物的条痕。

### 2. 条痕

把矿物在条痕板(粗白瓷板)上刻划后,所留痕迹的颜色称为条痕。条痕实际上就是矿物粉末的颜色。它可以消除一些影响颜色的因素,所反映的颜色比较稳定。利用它识别矿物,效果更好。

### 3. 光泽

矿物表面反光的能力称为光泽。矿物反光的能力有强有弱,因而不同的矿物,常呈现不同的光泽。根据光泽的强弱可分为:

金属光泽:反射光最强,耀眼夺目,如黄铁矿。多数金属矿物都具有这种光泽。

半金属光泽:反射光较金属光泽弱,如赤铁矿。

金刚光泽:以金刚石为典型代表所具有的光泽。

玻璃光泽:像玻璃一样的光泽,一般为透明矿物所特有,如石英、长石、方解石。

一般将金刚光泽、玻璃光泽合称为非金属光泽。

此外,还有以下几种较特殊的光泽:

珍珠光泽:矿物薄层间夹有空气,产生内反射形成,以白云母的光泽为代表。

油脂光泽:类似油脂或树脂的光泽,如磷灰石的光泽。

丝绢光泽:像丝一样的光泽,纤维状的矿物,如石棉就是丝绢光泽。

### 4. 透明度

矿物透过光线的能力称为透明度。矿物透光的能力是不一样的,通常将矿物分为透明、半透明、不透明三类。由于矿物的透明度与标本的厚度有密切关系,观察时应当注意厚度的影响。如果矿物具有相当厚度,仍可透视物体,便可称为透明;若只有矿物的边缘薄的地方可透过光线称为半透明;若薄的地方也不透光,则称为不透明。

### 5. 解理

矿物受力后,沿一定结晶方向产生光滑平面的能力称为解理。裂开的光滑平面就是解理面。按解理面的平滑程度与产生的难易,将解理分为:

极完全解理:可将矿物剥成薄片,解理面完整、平滑,如云母。

完全解理:矿物易沿解理面裂开成小块,解理面平滑,如方解石。

中等解理:矿物碎块上局部可见解理面,但已远不如前两种解理清晰,如长石。

不完全解理:解理面难发现,如磷灰石。

6. 断口

矿物受力后裂开,无一定方向,而且产生不平滑的破裂面,这就是断口。解理与断口是矛盾的。解理越完全,断口就不易出现;反之,解理越不完全,断口也就越易出现。

常见断口有平坦状、参差状、贝壳状等。

7. 硬度

矿物抵抗外力刻划或摩擦的能力称为硬度。硬度的准确数字必须经专门仪器测定,这在现场工作中既不方便,又无必要。为了工作方便,通常选用下列 10 种矿物作标准,便可确定矿物的相对硬度,见表 2-2。

表 2-2 矿物相对硬度

| 硬度 | 1  | 2  | 3   | 4  | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 10  |
|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 矿物 | 滑石 | 石膏 | 方解石 | 萤石 | 磷灰石 | 正长石 | 石英 | 黄玉 | 刚玉 | 金刚石 |

要确定某矿物的硬度,只需用上述 10 种矿物的一种去刻划要识别的矿物,这时在较软矿物上便会留下被刻划的痕迹,而较硬矿物上将沾有软矿物粉末。若一次试验未成,再以同样方法多次进行,试成为止。如一种矿物能被石英刻出痕迹,说明它的硬度小于 7;再用正长石或磷灰石来刻划,若先用磷灰石刻划,反而在磷灰石上留下痕迹,说明该矿物硬度大于 5 但小于 7;当用正长石刻划时,互相都留下痕迹,说明该矿物硬度与正长石相同,等于 6。野外工作时,常以指甲(2.5)、小钢刀(5.5)、石英(7)代替硬度计,工作起来尤为方便。

8. 比重

矿物重量与同体积水的重量之比值称为该矿物的比重。由于矿物的化学成分和内部构造各不相同,矿物的比重相差较大,可由小于 1 至 23。通常把比重小于 2.8~2.9 的矿物称为轻矿物,比重大于 2.8~2.9 的矿物称为重矿物。主要的造岩矿物多为轻矿物,如石英、长石、方解石、白云石和粘土矿物等。

四、地壳的岩石组成

地壳是由各种不同的岩石组成的。按照成因不同,岩石可分为岩浆岩、变质岩和沉积岩三大类。

沉积岩主要分布于地壳最表层。从地表到地下 2km 范围内,沉积岩约占 75%,岩浆岩和变质岩约占 25%。在从地表到地下 15km 范围内,则沉积岩只占 5%。石油主要是储存在沉积岩里。

1. 岩浆岩

岩浆是处于地壳深处的高温、高压并富含挥发组分(水和二氧化碳等)的复杂的硅酸盐熔体。其组成的基本元素是 Si, Al, Ca, Na, K, Fe, Mg, H, O 等,其中最主要的成分是 SiO<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。此外,还含有 S, P, B, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, F, Cl 等气体和挥发性物质,以及各种金属硫化物和氧化物。熔岩流的地表温度在 1000℃ 以上。岩浆处于很深地下,承受着巨大的压力,在地壳构造运动作用下,它可以沿着地壳裂隙或地壳薄弱带侵入地壳或喷出地表。在地表下温度降低后冷凝成的岩石称为岩浆岩,又称火成岩。喷出地表后冷凝形成的岩石称为喷出岩。