

# 采油工程手册

Petroleum Production Engineering Handbook

万仁溥 主编

*Wan Renpu*

下册

# 采油工程手册

## 下册

万仁溥 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本手册重点介绍我国现有的、最新的、公认的采油工程基本原理、基本概念、基本公式、基本数据、基本技术、基本设备等方面的知识,同时也介绍了国外一些成型的最新技术和方法。下册包括注水、压裂酸化、油水井调剖堵水、热力采油、防砂、防蜡、防腐、防垢、油水井大修等方面的内容。

本手册可供从事油气田开发、生产方面的管理人员,工程技术人员,研究人员,以及相关院校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

采油工程手册(下册)/万仁溥主编.  
北京:石油工业出版社,2000.8  
ISBN 7-5021-2908-1

I. 采…  
II. 万…  
III. 石油开采-手册  
IV. TE·35-62

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第76910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)

石油工业出版社印刷厂排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

787×1092毫米 16开本 41印张 1012千字 印1—7000  
2000年8月北京第1版 2000年8月北京第1次印刷  
ISBN 7-5021-2908-1/TE·2266

定价:98.00元

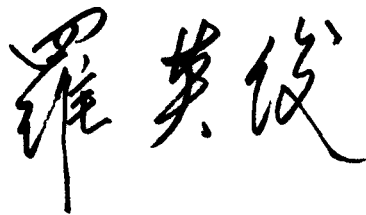
## 序

油田开发工程应由油藏工程、采油工程和地面建设工程所组成。采油工程在油田开发中起着非常重要的作用。采油工程要实现油藏工程方案的各项指标并达到油田开发的目的，还要与地面建设工程结合，保证油田能正常开采。同时，通过采油工程衔接油藏工程和地面建设工程，来制定和优化整体油田开发方案。从而与油藏工程、地面建设工程共同付之实施。

但采油工程从解放以来一直沿用前苏联模式，油田开发方案只有油藏工程和地面建设方案，仅将采油工程作为一项技术措施。以为只要钻井完井后即可采油，或者认为油井能自喷就自喷开采，不能喷即上抽油机。甚至有人用油藏工程代替采油工程。直至改革开放后，加强了对外交流，对采油工程的认识才有所转变。因为西方国家对采油工程是非常重视的，油田开发的好坏不仅是要有好的油田开发方案及油藏工程的研究。关键是要靠采油工程去实现。因为油田开发方案再好也要靠采油工程去实施才能开发好油田。因而近年来，人们对采油工程有了不少新的认识。但因传统的作法已沿袭几十年，转变还需一个过程。

为了加速采油工程的进步必须采用新工艺新技术，要让更多油田掌握它，因此，有必要出版一系列的工具书，供人们参照和使用。1990年对原来的“采油技术手册”进行了修订。扩大了版面，及增加了内容，阐述了各项工艺技术，但侧重于工具设备，技术规范、应用范围及使用方法，前后两套“手册”为促进采油工艺技术发展发挥了重要作用。1997年又参照了美国“采油采气工程标准手册”的作法，编辑了此“采油工程手册”，在格式、做法及内容均有别于前两本“手册”。该手册侧重于工程系统的论述。从通用基础理论、油藏工程及采油工程基础开始，再论述到采油工艺机理，以及应用公式、计算、优化曲线及图，与前两本“手册”相辅相成，成为采油工程技术人员必备的工具书。

在本书编写过程中，原中国石油天然气总公司开发局、科技局，石油工业出版社，组织并特邀了我国采油工程界的著名专家、教授、以及有丰富实践经验的油田工程技术人员担任该书的撰写及审稿人。历时两年多，经过五次大的修改后，于1990年9月定稿。全书共分11章，分上下两册，约200万字。总结了有中国特色的采油工艺技术的经验和做法，并加以理论化，同时收集了某些国外新技术，是一本以理论为基础并结合实际的工具书。具有理论性、实用性和可操作性。希望采油工程界人士读此书，同时在实践中应用之，这将会对今后的工作起到一定的指导和推动作用，以便提高我国采油工程系统的技术水平，为搞好油田开发做出贡献。



二〇〇〇年六月八日

## 前 言

采油工程技术是实现油田开发方案的重要手段。油田开发生产的全过程，几乎都要依赖于采油工程的各项技术措施。大到油田的开采速度、产量、采收率以及经济效益，小到一口油井能否维持正常出油，一口水井能否正常注水，几乎都与采油工程密切相关。尤其我们中国的绝大多数油田都形成于陆相沉积盆地之中，陆相油藏地质结构的复杂性，决定了我们所碰到的采油工程问题的多样性。我国广大的采油工程技术人员，在近半个世纪的油田开发实践中，为解决陆相油藏复杂多样、油气储层非均质性严重、原油和流体性质变化而带来的复杂情况，创造出丰富多彩的采油工程技术。这些技术具有明显的中国特色。

油田投入开发以后，日常的、大量的工作，几乎都是采油工作者的任务。因此，编撰出版一本全面系统的《采油工程手册》，为从事采油工程的技术人员、尤其是采油现场的工程技术人员提供一本得心应手的工具书，是一项十分重要的工作。1977年，石油工业出版社曾经出版过一本《采油技术手册》，以后，又组织出版过一套《采油技术手册》（修订本），按专业分类共10个分册，这两部采油工程技术的工具书先后在20年的时间里，对我国油田开发起到了很大的作用，成为采油工程技术人员的重要工具书。

1996年，石油工业出版社对以往出版的各类专业技术手册进行了一次总结，发现在工具书出版中存在着比较散、不规范，而且出版周期长，跟不上技术更新的进度要求等问题，决定对一些主要专业的工程技术手册进行修订再版。此事经与当时中国石油天然气总公司开发生产局商议达成了共识。恰好当年美国海湾出版公司出版了一本《采油采气工程标准手册》（Standard Handbook of Petroleum & Natural Gas Engineering），发现其内容和表述形式有一定特点，对我们有所启发。

1997年，中国石油天然气总公司开发生产局以当年第105号文件发出“关于组织编写《采油工程手册》的通知”，要求系统总结我国采油工程领域定型的各项新理论、新工艺、新方法，以适应油田及科研院所的需要。从1997年开始，石油工业出版社与开发生产局组织了我国一些具有较高理论造诣和实践经验的专家、教授和若干各具专长的采油工程技术人员，在以往出版的采油工程手册的基础上，编撰一本新的《采油工程手册》，他们认真负责、精益求精，历时两年，几易其稿，终于编撰完成。这本新版的《采油工程手册》是从通用的基础理论、油藏工程和采油工程开始，讲述采油工艺原理、技术方法，以及应用公式、曲线和图表，内容概括了当前采油工程的主要技术系列，是一本以理论为基础，紧密结合生产实际，可直接应用的工具书。全书共分十一章，具有较强的理论性、实用性，尤其注重可操作性，可供中高级技术人员使用。

这本新版的《采油工程手册》的出版，对于我国采油工程技术的应用和提高，对于新的采油工程技术的发展，将起到积极的作用，为改善我国油田开发的效果，提高油田开发水平，将做出积极的贡献。由于是第一次编撰出版此种格式的工具书，缺乏经验，不当之处在所难免，希望读者在使用中提出宝贵意见，以便不断改进和完善。

张家茂

二〇〇〇年四月八日

# 目 录

<b>第六章 注水工程</b> .....	(1)
<b>第一节 注水供水与注水水质</b> .....	(1)
一、注水供水系统.....	(1)
二、注水水质标准的制定原则.....	(4)
三、注水水质标准及分析方法.....	(7)
四、评价注水水源,确定注水水质的工作内容.....	(8)
<b>第二节 油田注水水质处理</b> .....	(9)
一、浅层地下水水质处理.....	(9)
二、地面水处理.....	(9)
三、含油污水处理.....	(11)
四、清水脱氧处理.....	(16)
<b>第三节 注水地面工程</b> .....	(22)
一、注水站.....	(22)
二、注水泵机组.....	(25)
三、注水管道.....	(31)
四、配水管网形式.....	(42)
五、常用注水钢管技术性能.....	(42)
六、注水常用计量仪表.....	(43)
<b>第四节 注水工艺</b> .....	(54)
一、分层注水工具及管柱.....	(55)
二、分层配水技术.....	(68)
三、注水井分层测试技术.....	(69)
四、注水井的试注与转注.....	(76)
五、注水管线的冲洗和注水井的洗井.....	(77)
六、分层注水井下管柱故障判断.....	(78)
七、注水系统常用指标计算.....	(79)
八、注水井的日常管理.....	(84)
<b>参考文献</b> .....	(85)
<b>第七章 压裂酸化技术</b> .....	(87)
<b>第一节 概述</b> .....	(87)
一、压前地层评估.....	(87)
二、压裂材料优化选择.....	(88)
三、优化压裂设计.....	(88)
四、水力裂缝诊断.....	(88)
五、压后评估.....	(88)
<b>第二节 水力压裂的油藏工程基础</b> .....	(88)

一、单井水力压裂的增产作用及其效果预测方法	(88)
二、单井水力压裂的优化基础	(93)
三、整体压裂对低渗油藏开发的作用	(96)
第三节 水力压裂力学	(103)
一、地应力场	(103)
二、岩石力学参数	(105)
三、水力压裂造缝	(106)
四、裂缝中支撑剂的输送	(107)
五、水力裂缝数值模拟	(108)
第四节 压裂液	(111)
一、水基压裂液体系	(112)
二、泡沫压裂液系统及其添加剂	(123)
三、油基压裂液系统及其添加剂	(127)
四、乳化压裂液系统及其添加剂	(128)
五、其他压裂液	(129)
第五节 支撑剂	(129)
一、支撑剂分类	(129)
二、支撑剂物理性能	(130)
三、支撑裂缝导流能力的影响因素分析	(133)
第六节 压裂设计与实施	(137)
一、压裂设计	(137)
二、实施质量控制与压后评估	(146)
第七节 酸化原理	(153)
一、酸化工艺类型	(153)
二、酸液与地层岩石的化学反应	(154)
第八节 酸液及添加剂	(158)
一、酸液类型及选择	(158)
二、酸液添加剂	(165)
三、酸液体系配方及适用性	(168)
四、酸液体系评价方法	(172)
五、酸液性能参数测定	(175)
六、盐酸酸化缓蚀剂性能的试验方法及评价指标 (SY 5405—91)	(180)
第九节 酸化工艺技术	(184)
一、碳酸盐岩基质酸化	(184)
二、砂岩基质酸化	(187)
三、暂堵酸化	(189)
四、分层酸化	(189)
五、闭合酸化	(190)
六、前置液酸压	(191)
七、多级注入酸压闭合酸化工艺技术	(192)

八、水平井酸化技术·····	(192)
九、水井增注酸化·····	(193)
十、冻胶酸带砂压裂·····	(193)
第十节 酸化评价、设计与监测·····	(194)
一、酸化效果评价·····	(194)
二、酸化施工设计·····	(194)
三、酸化施工检测技术·····	(199)
第十一节 高能气体压裂·····	(201)
一、高能气体压裂机理·····	(201)
二、火药压力发生器的结构·····	(203)
三、高能气体压裂适用范围及施工条件·····	(205)
四、高能气体压裂设计·····	(207)
五、高能气体压裂测试与评价·····	(212)
参考文献·····	(215)
第八章 油田调剖、堵水技术·····	(217)
第一节 分类、作用和基本做法·····	(217)
一、分类和作用·····	(217)
二、调剖、堵水的基本做法·····	(218)
第二节 调剖、堵水技术处理目标的筛选·····	(219)
一、筛选决策的主要内容·····	(219)
二、筛选方法和计算·····	(220)
第三节 油田堵水、调剖化学剂·····	(229)
一、沉淀型无机盐类堵水、调剖化学剂·····	(230)
二、聚合物冻胶类堵水、调剖化学剂·····	(230)
三、颗粒类堵水、调剖化学剂·····	(232)
四、泡沫类堵水、调剖化学剂·····	(233)
五、树脂类堵水、调剖化学剂·····	(233)
六、微生物类堵水、调剖化学剂·····	(234)
七、其他类堵水、调剖化学剂·····	(234)
第四节 设计和施工技术·····	(243)
一、数值模拟技术·····	(243)
二、测井和测试技术·····	(244)
三、示踪剂注入和解释技术·····	(248)
四、优化工程设计技术·····	(248)
五、施工工艺技术·····	(251)
六、注入设备和流程·····	(252)
第五节 弱冻胶深部调剖和液流转向技术·····	(253)
一、弱冻胶组成·····	(253)
二、弱冻胶的作用机理·····	(254)
三、注入程序·····	(254)



第六节 机械调剖、堵水技术	(255)
一、机械堵水管柱	(255)
二、支撑式封隔器坐封高度计算	(258)
三、机械调剖、堵水的施工与检测	(260)
第七节 堵水、调剖效果的评估	(262)
一、增油、降水效果的评估	(262)
二、增加可采储量评估	(264)
三、提高采收率评价	(264)
四、吸水剖面改善效果评价	(264)
五、产液剖面改善状况评价	(264)
六、投入产出比的计算	(264)
参考文献	(265)
<b>第九章 热力采油</b>	(267)
第一节 概述	(267)
一、稠油分类	(267)
二、稠油油藏一般地质特征	(268)
三、稠油开采方法简述	(271)
第二节 稠油油藏流体、岩石的热物理特性	(271)
一、水蒸汽的热物理特性	(271)
二、原油的热物理特性	(281)
三、油藏岩石的热物理特性	(285)
第三节 油层加热过程及热损失计算方法	(289)
一、油层加热机理	(289)
二、油层加热计算方法	(290)
三、热损失计算	(296)
第四节 蒸汽吞吐开采	(306)
一、蒸汽吞吐开采机理	(306)
二、油藏地质条件对蒸汽吞吐开采的影响	(308)
三、注汽参数对蒸汽吞吐开采的影响	(315)
四、提高蒸汽吞吐效果的技术措施	(318)
第五节 蒸汽驱开采	(321)
一、蒸汽驱采油机理	(321)
二、蒸汽驱油藏筛选	(323)
三、蒸汽驱采油注采参数优选	(334)
四、蒸汽驱实施策略	(340)
第六节 稠油油藏水平井应用	(344)
一、水平井应用筛选评价	(344)
二、水平井解析解模型	(347)
三、水平井布井方式	(350)
四、水平井蒸汽辅助重力泄油 (SAGD)	(351)

第七节 注蒸汽热采主要工艺技术	(360)
一、高效井筒隔热、套管防护及检测技术	(361)
二、分注选注技术	(365)
三、化学剂增油助排技术	(368)
四、封堵调剖技术	(371)
五、高温监测技术	(378)
第八节 注蒸汽采油专用设备	(380)
一、蒸汽发生器	(380)
二、水处理设备	(383)
三、燃烧器	(385)
第九节 火烧油层开采技术	(386)
一、火烧油层的基本概念	(386)
二、火烧油层筛选标准	(387)
三、火烧油层工艺技术	(387)
四、火烧油层方案设计	(403)
第十节 高凝油油藏开采	(409)
一、高凝油油藏流体特性	(409)
二、温度对流变特性的影响	(411)
三、温度对渗流特征的影响	(413)
四、注水温度对水驱油效率的影响	(415)
五、高凝油油藏开发方式优化设计	(419)
六、高凝油开采的人工举升工艺技术	(421)
参考文献	(430)
<b>第十章 防砂、油井清蜡与防蜡、腐蚀与防腐、防垢</b>	(433)
<b>第一节 防砂</b>	(433)
一、概述	(433)
二、绕丝筛管砾石充填防砂技术	(439)
三、滤砂管防砂技术	(470)
四、化学防砂技术	(474)
五、套管外膨胀式封隔器防砂	(479)
六、割缝衬管防砂技术	(481)
七、防砂技术的新发展	(483)
<b>第二节 油井清蜡与防蜡</b>	(489)
一、油井清蜡与防蜡技术概述	(489)
二、油井清、防蜡技术	(495)
<b>第三节 腐蚀与防护</b>	(513)
一、金属腐蚀原理	(513)
二、油气田腐蚀环境	(517)
三、采油工程中的腐蚀控制	(533)
<b>第四节 防垢与除垢</b>	(554)

一、油田垢的分布与成因·····	(554)
二、油田结垢的预测·····	(559)
三、防垢与除垢·····	(566)
参考文献·····	(578)
<b>第十一章 油水井大修·····</b>	<b>(581)</b>
<b>第一节 井筒技术状况检测技术·····</b>	<b>(581)</b>
一、工程测井仪器测井法·····	(581)
二、印模法检测技术·····	(583)
<b>第二节 修井工具·····</b>	<b>(587)</b>
一、打捞类工具·····	(587)
二、切割类工具·····	(591)
三、倒扣类工具·····	(594)
四、套管刮削类工具·····	(595)
五、套管补接类工具·····	(595)
六、套管补贴类工具·····	(596)
七、铣磨类工具·····	(598)
八、震击类工具·····	(599)
九、整形类工具·····	(601)
十、侧钻类工具·····	(602)
十一、其他辅助类工具·····	(604)
<b>第三节 油水井大修施工基本工序及施工安全·····</b>	<b>(606)</b>
一、通井·····	(606)
二、刮铣套管·····	(606)
三、活动钻具·····	(607)
四、高压放喷·····	(607)
<b>第四节 修套与加固工艺技术·····</b>	<b>(607)</b>
一、套管整形·····	(607)
二、套管加固·····	(611)
<b>第五节 取换套管工艺技术·····</b>	<b>(615)</b>
一、套铣水泥帽及水泥返高以上的岩层井段·····	(616)
二、套铣水泥封固井段·····	(616)
三、套铣断口部位或管外裸眼封隔器·····	(616)
<b>第六节 解卡打捞工艺技术·····</b>	<b>(617)</b>
一、卡点预测·····	(617)
二、解卡措施·····	(617)
<b>第七节 电潜泵解卡打捞工艺技术·····</b>	<b>(620)</b>
一、电缆脱落堆积的处理措施·····	(620)
二、电缆、油管未断脱的处理措施·····	(620)
三、解除砂、蜡、小物件卡阻处理措施·····	(620)
四、套管损坏卡阻处理措施·····	(620)

五、机泵组打捞处理措施	(621)
六、铣磨钻措施	(621)
七、机泵组特殊打捞工具	(621)
第八节 侧钻工艺技术	(621)
一、原井严重套损部位以下报废处理	(621)
二、套管开窗技术	(622)
三、下套管与固井技术	(623)
第九节 堵封窜与工程报废技术	(624)
一、堵封窜技术	(624)
二、工程报废技术	(625)
附录 常用大修工具规格及技术参数	(626)
参考文献	(636)

## 第六章 注水工程

### 第一节 注水供水与注水水质

#### 一、注水供水系统

##### 1. 油田注水供水系统

##### 1) 供水水源类型

目前国内油田主要注水水源类型见表6—1。

表6—1 油田用主要注水水源类型表

水源类型	主要水源名称	水源性质
地下水	地层水	水量丰富, 水质较好, 水矿化度较高, 并含有铁、锰等元素
地面水	江河水、湖泊水、水库水	江河水水量丰富, 水矿化度低, 泥砂含量大; 湖泊、水库水泥砂含量较江河水少, 但由于水中溶解氧充足, 水生动植物大量繁殖, 常有异常气味及胶体
油田采出水	含油(聚合物)污水	一般偏碱性, 硬度较低, 含铁少, 矿化度高
海水	海水	水源丰富, 含盐量高
工业污水	污水	水中成分复杂, 处理难度大

##### 2) 选择油田注水水源的原则

- (1) 优先利用油田采出水, 减少环境污染, 节约水资源;
- (2) 在采出水不足的情况下, 再找第二水源, 其水源要符合以下原则:
  - ①必须能够供给充足的水量;
  - ②有良好的水质, 与地层配伍、水质稳定, 水处理工艺简单;
  - ③如果必须两种或多种水混合使用, 应做结垢计算和可混性试验。
- 3) 供水水源总供水量的确定:

计算公式:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (6-1)$$

式中  $Q$ ——水源总供水量,  $10^4\text{m}^3/\text{d}$ ;

$Q_1$ ——油田注水量,  $10^4\text{m}^3/\text{d}$ ;

$Q_2$ ——其他用水量(含辅助生产用水量、生活用水量),  $10^4\text{m}^3/\text{d}$ 。

##### 2. 地面、地下水源井及水源井深井泵

地面水源井主要有大口井、辐射井; 地下水源井主要以管井为主。

##### 1) 水源井管井的组成及结构

管井由井口、井管、过滤器和沉砂管等组成, 见图6—1。

##### 2) 水源井大口井的形式与构造

水源大口井是广泛用于开采浅层地下水的取水构筑物。大口井直径一般为5~8m,最大不宜超过10m。井深一般在15m以内。大口井的形式有完整井与非完整井之分。非完整式大口井的井壁、井底均可进水,集水效果好。

大口井的构造如图6-2所示,它主要由井筒、井口及进水部分等组成。

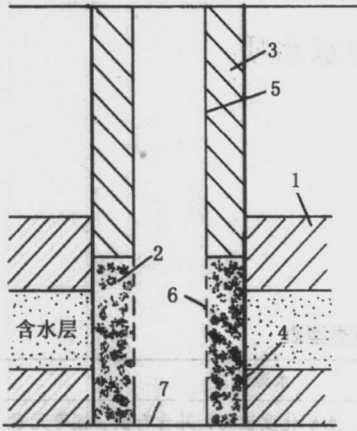


图6-1 管井结构图

- 1—非含水层; 2—人工填料; 3—人工封闭物; 4—沉砂管; 5—井壁管; 6—过滤器; 7—井底

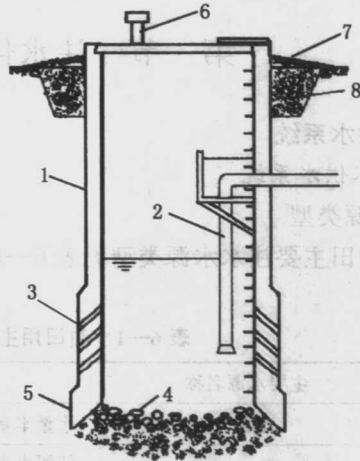


图6-2 大口井构造图

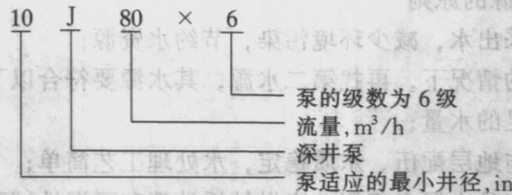
- 1—井筒; 2—吸水管; 3—井壁透水孔; 4—井底反滤层; 5—刃脚; 6—通风管; 7—排水坡; 8—粘土层

### 3) 水源井深井泵

#### (1) J型深井泵:

①用途: J型深井泵是将深井中的水输送到地面的设备。所输送的水应是不含任何油类, 含砂量不大于0.01% (质量分数), 温度不超过40℃的无腐蚀性中性水。

#### ②型号意义说明:



③结构: 由3部分组成, 即位于水下的工作部分、扬水部分及位于水上的传动装置部分。扬水管的连接方法有法兰联接和螺纹联接两种。

④性能: 见表6-2。

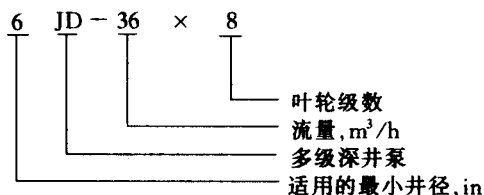
表6-2 几种J型深井泵性能

型号	流量		总扬程 $H$ m	转速 $n$ r/min	泵轴功率 $P$ kW	配电动机		效率 $\eta$ %	叶轮直径 $D$ mm	泵重 kg
	m <sup>3</sup> /h	L/s				功率 kW	电压 V			
4J <sub>10</sub> ×20	10	2.78	76	2940	3.46	11	380	60	72	
8J <sub>80</sub> ×2	80	22.2	31	2940	9.14	13	380	74	136	
10J <sub>80</sub> ×10	96	26.65	64	1480	23.6	30	380	71	175	3305
12J <sub>160</sub> ×8	200	55.6	87.3	1450	70	75	380	68	218	5300

## (2) JD 型深井泵:

①用途: JD 型深井泵是将深井中的水输送到地面的设备。适用于以地下水为水源的工矿企业供水。要求所输送的水应是不含任何油类, 含砂量不大于 0.01% (质量分数)、无腐蚀性、中性水 (pH 值 = 6.5~8.5)。

②型号意义说明:



③结构: JD 型深井泵由带有滤水管的泵体部分、装有传动轴的扬水管部分、泵座与电动机或间接传动三部分组成。

④性能: 见表 6—3。

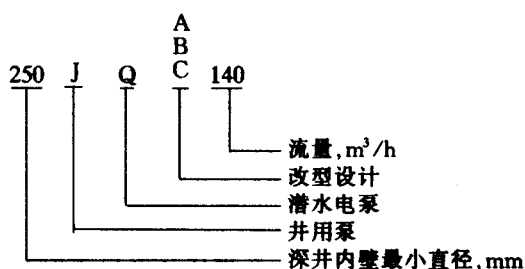
表 6—3 几种 JD 型深井泵性能

型号	级数	流量		总扬程 H m	转速 n r/min	泵轴功率 P kW	配电动机 功率, kW	效率 η %	叶轮直径 D mm	泵体最大外径 mm	泵重 kg
		m <sup>3</sup> /h	L/s								
6JD—36×8	8	36	10	76	2940	11.13	15	67	114	147	1572
6JD—56×10	10	56	15.56	80	2940	17.5	22	70	114	147	1596
8JD—80×20	20	80	22.22	80	1460	25	30	70	100	192	2656
14JD—370×4	4	370	102.9	46	1490	63.55	75	73	268		
16JD—490×2	2	490	136	30	1460	54.87	75	73	306		

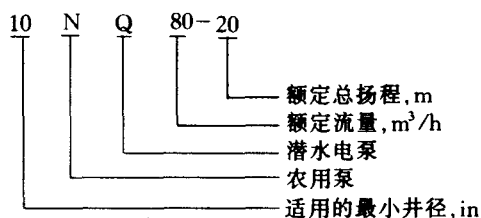
## (3) JQ, QJ, NQ 及 QKSG 型深井潜水泵

①用途: JQ, QJ, NQ 及 QKSG 型深井潜水泵是从深井中提取地下水的工具, 可供水的温度不超过 20℃、水中含砂量不超过 0.01% (质量分数), 物理化学性质类似于无腐蚀性的液体之用。

②部分深井潜水泵型号意义说明:



③结构: 深井潜水泵由潜水电机 (包括电缆)、水泵 (包括扬水管) 及控制开关 3 部



分组成。

④性能：见表 6—4 和表 6—5。

表 6—4 几种 JQ, QJ 及 NQ 型潜水泵性能

型号	级数	流量		总扬程 H m	转速 n r/min	泵轴功率 P kW	配电动机功率 kW	效率 η %	叶轮直径 D mm	泵重 kg
		m <sup>3</sup> /h	L/s							
8JQ20—40		20	5.56	40	2900	3.3	4	66	125	112
10JQ80—60		80	22.2	60	2870	15.75	22	71	153	92
200JQ60	10	60	16.7	88	2850	20	22	72	116	
300QJ230—20	1	230	63.89	20	2875	16.9	22	74		
300QJ230—40	2	230	63.89	40	2875	33.8	40	74		
250QJ II 80—200	10	80	22.2	200	2875		75	73		
8NQ50—25	4	50	13.9	100	2870			70		
10NQ80—60	3	80	22.2	60		18.66	22	70		
200NQ36—200		36	10	210	2870		40	70		

表 6—5 几种 QKSG 型潜水电泵性能

型号	流量		扬程 H m	效率 η %	转速 n r/min	电动机					功率因数 cos φ
	m <sup>3</sup> /h	L/s				额定功率 kW	额定电压 V	额定频率 Hz	同步转速 r/min	效率 %	
QKSG800—200— 550/76—2×2	550	152.78	76	78	1470	200	380	50	1500	88	0.85
QKSG850—600— 1450/108—4×2	1450	402.78	108	77	1470	600	6000	50	1500	89	0.85
QKSG850—1200— 1450/216—8×2	1450	402.78	216	78	1470	1200	6000	50	1500	90	0.85
QKSG800—220— 275/191—5	275	76.39	191	78	1470	220	380	50	1500	88	0.85
QKSG800—1200— 275/957—25	275	76.39	957	79	1470	1200	6000	50	1500	90	0.85

## 二、注水水质标准的制定原则

### 1. 注水过程中油层伤害的因素

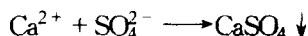
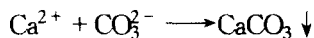
注水引起油层伤害的主要原因有两个：一是注入水与储集层性质不相配伍或配伍性不好；另一个是水质处理及注水工艺不当。

#### 1) 注入水与地层不配伍可能引起的伤害



(1) 注入水与地层水直接生成沉淀。

地层水作为一种地层自然流体，在外来流体介入前，各项离子处于一种相对平衡状态。当注入水进入地层后，若地层水与其不配伍，则发生反应产生沉淀——即地层无机垢，从而造成储集层伤害。伤害方式可用下式表达：



所以地层水的各项离子也是注水过程中储集层伤害的潜在因素。

(2) 水敏引起伤害。

油气层中的粘土矿物在原始的地层条件下，一定矿化度的环境中处于稳定状态，当淡水进入地层时，某些粘土矿物就会发生膨胀、分散、运移，从而减少或堵塞地层孔隙和喉道，造成渗透率的降低。通过水敏实验可以了解粘土矿物遇淡水后的膨胀、分散、运移过程，找出发生水敏的条件及水敏引起的油气层伤害程度。油气层的水敏程度评价指标见表 6—6。

表 6—6 水敏程度评价指标表

伤害程度 $K_w/K_f$	$\leq 0.3$	0.3~0.7	$\geq 0.7$
敏感程度	强	中等	弱

注： $K_w$ ——用淡水测得的岩心渗透率； $K_f$ ——用地层水测得的岩心渗透率。

(3) 注入水中溶解氧引起的沉淀。

(4) 水中硫化氢 ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 引起的沉淀。

(5) 水中二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ ) 引起的沉淀。

(6) 矿化度敏感引起地层水中水敏物质的膨胀、分散与迁移。

各油田的注入水具有不同的矿化度，有的低于地层水矿化度，有的高于地层水矿化度。当高于地层水矿化度的水进入油气层后，可能引起粘土的收缩、失稳、脱落，当低于地层水矿化度的水进入油气层后，可能引起粘土的膨胀和分散，这些都将导致油气层孔隙空间和喉道的缩小及堵塞，引起渗透率的下降，从而伤害油气层。通过盐敏评价实验可以找出盐敏发生的条件，以及由盐敏引起的地层伤害程度。

(7) pH 值变化引起的沉淀问题。

2) 水质处理工艺对地层的伤害

(1) 注入水处理后固相杂质超标；

(2) 注水系统中腐蚀产物；

(3) 各种原因生成的水垢；

(4) 各种环境下生长的细菌；

(5) 水中的油及其乳状物。

3) 注入条件变化引起的地层伤害

流速敏感性引起地层中微粒的迁移。当注入流体在油气层中流动时，引起油气层中微粒运移并堵塞喉道，造成油气层渗透率下降，这种现象称为油气层的速敏性。通过速敏评价实验可对油气层的速敏程度做出判断。速敏程度评价标准见表 6—7。