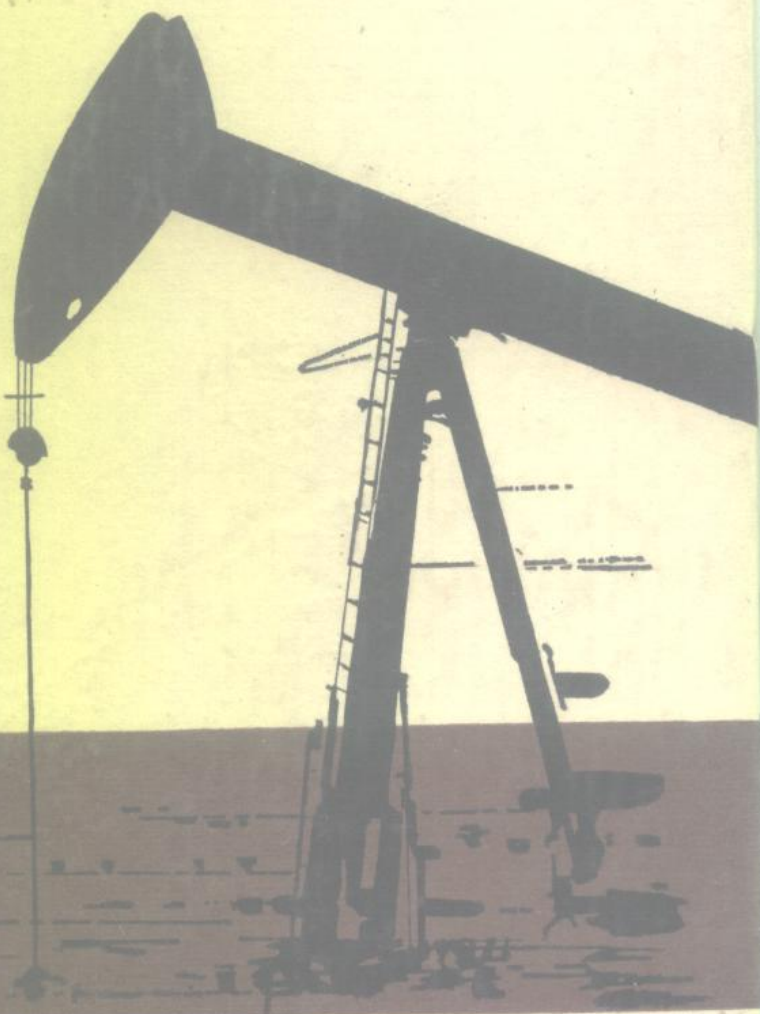
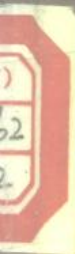


采油技术手册 (修订本)

第二分册
注水技术



石油工业出版社



TE355-62/00/070999

TE355-62

001(-)-2

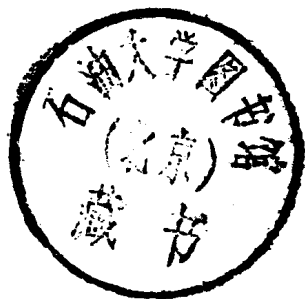
采油技术手册

(修订本)

第二分册 注水技术

万仁溥 罗英俊 主编

李德福 黄远其 等编



200420954



石油工业出版社

(京)新登字082号

内 容 提 要

本手册介绍了有关油田注水的水质标准及分析方法、水质处理；地面注水工程中的水源井、高压注水机泵、输配水技术及测量仪表；油田注水工艺和分层注水等技术。本手册附有较多的实用图表资料，便于油田注水的地面工程设计、施工和注水现场管理的技术人员使用参考。



采油技术手册

(修 订 本)

第二分册 注水技术

万仁溥 罗英俊 主编
李德福 黄远其 等编

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京海淀吴海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本10¹/₄印张 267千字 印1—5,000

1992年9月北京第1版 1992年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0739-8/TE·698

定价：7.95元

前 言

注水是我国大多数油田执行“注水保持能量”开发方针的基本措施。注好水、注够水是衡量注水技术水平的尺度。三十多年来，随着油田发展的需要，油田注水系统不断地进行建设、调整、改造、完善和科研攻关工作。现在油田注水技术从注水工艺到地面注水工程已建成了一个能适应油田开发注水需要，由科研、设计、施工和生产管理各环节互相支持、互相依托的完整系统。

油田注水在注水开发方案确定之后，首先要依据油层物理性质和试注来确定注水水质标准，根据注水水质选定足量的水源和水处理技术。本手册首先介绍了注水水质标准的制定原则和推荐的注水水质标准及其分析方法，并介绍了油田水处理的基本工艺技术。

地面注水工程的高压注水机泵、高压输配水工艺技术，是油田注水系统的主要部分，也是油田能耗的主要部分。本手册重点介绍了注水机泵、高压注水管阀的技术参数及选型原则、设计规范、增效降耗措施和系统的生产管理要求等。

注水工艺，特别是分层注水工艺技术，是多油层注水完成分层配注方案，提高注水开发效果的重要措施；水井测试技术则是检查指导注水效果的方法。对此本手册都做了介绍。

本手册由李德福负责组织，第一章由罗英俊、李化民、林淑珍编写，第二章由马文铁、王克远、林淑珍编写，第三章由罗安俊编写，第四章由黄远其编写，第五章由李德福编写；第六章唐家礼、刘建新编写。由吕瑞英负责全书插图的描绘。

在资料的收集及手册的编写过程中，得到了各油田有关技术

专家的支持和帮助，在此一并致谢。

由于目前注水技术完整统一的技术标准还不全，技术资料另散，加之编者水平所限，难免遗误，恳请指正。

编者

1991年11月

修订版说明

原《采油技术手册》是采油专业的一部重要工具书，它的出版发行已在采油技术工作中起了重要的作用。但由于该手册出版于70年代初期，内容已显得陈旧，部分章节单薄不全，特别是近十年来在采油技术工作中又发展了一批新工艺、新技术、新工具，这些工艺、技术和工具有待于更多的技术人员掌握应用，以转化成更大的生产力。为此，经中国石油天然气总公司开发生产局同石油工业出版社商定，对原《采油技术手册》进行修订，重新编写。

新的《采油技术手册》由中国石油天然气总公司开发生产局和石油工业出版社共同组织编写，由万仁溥、罗英俊负责主编。

考虑到修订后的《手册》内容广泛、牵涉面广、篇幅长和工作量大的特点，以及从便于应用出发，新的《手册》将以分册的形式来完成。

新的《采油技术手册》暂定为十个分册，各分册的名称如下：

- 第一分册 自喷采油技术
- 第二分册 注水技术
- 第三分册 生产测井技术
- 第四分册 机械采油技术
- 第五分册 修井工具与技术
- 第六分册 增产措施设备技术
- 第七分册 防砂技术
- 第八分册 稠油热采工程技术

第九分册 压裂酸化工艺技术

第十分册 堵水技术

手册的各分册都既是独立的工具书，又是《采油技术手册》的一个组成部分，采油部门的各专业可根据需要选用其中的分册。

目 录

第一章 注水水质	(1)
一、注水水质的制定原则.....	(1)
(一)注水过程中油层损害的因素.....	(1)
(二)油田开发对注水水质的基本要求.....	(2)
二、注水水质标准及分析方法.....	(5)
(一)碎屑岩油藏注水水质推荐指标 (SY 5329—88).....	(5)
(二)油藏注水水质分析方法 (SY 5329—88) ...	(6)
(三)水质分析用主要仪器设备.....	(36)
三、评价注水水源与油层适应性的方法.....	(38)
第二章 供水与水质处理	(40)
一、油田供水系统.....	(40)
(一)油田注水供水水源.....	(40)
(二)地下水源井及水源井深井泵.....	(41)
二、水质处理.....	(80)
(一)地下水处理.....	(80)
(二)地面水处理.....	(82)
(三)含油污水处理.....	(85)
(四)用于水质深度处理的过滤设备.....	(86)
(五)清水泵及污水泵.....	(86)
(六)供水管线.....	(135)
三、真空脱氧.....	(148)
(一)真空脱氧工艺流程简介.....	(148)
(二)脱氧塔构造.....	(149)
(三)真空设备.....	(152)

四、水系统的细菌·····	(157)
第三章 注水地面工程 ·····	(160)
一、注水站·····	(160)
二、注水泵机组·····	(163)
(一)注水泵机组类型的选择·····	(163)
(二)常用注水泵的技术性能·····	(163)
(三)注水泵配套的大型电动机·····	(176)
(四)新型注水泵机组·····	(179)
三、注水泵机组润滑系统·····	(184)
四、注水泵机组冷却系统·····	(188)
五、注水管道·····	(196)
(一)注水管道的强度计算·····	(196)
(二)注水管道的水力计算·····	(196)
(三)注水管道经济流速的确定·····	(200)
(四)确定注水管网最远点水力压降限定值的原 则·····	(201)
六、配水管网形式·····	(203)
七、常用注水用钢管技术性能·····	(206)
八、注水井井口装置·····	(215)
第四章 注水流量计量仪表 ·····	(219)
一、注水井常用计量仪表·····	(219)
二、注水站常用计量仪表·····	(223)
第五章 注水生产技术管理 ·····	(241)
一、注水系统效率计算·····	(241)
二、注水地面系统能耗计算·····	(251)
三、注水计量仪表的标定·····	(252)
四、注水管线的冲洗和注水井的洗井·····	(252)
五、注水井的试注和转注·····	(253)
六、分层注水井下管柱故障判断·····	(255)
第六章 分层注水工艺 ·····	(257)

一、分层注水工具及管柱·····	(257)
(一) 分层注水用封隔器·····	(257)
(二) 分层配水井下工具·····	(267)
(三) 分层注水管柱·····	(285)
二、分层配水技术·····	(289)
(一) 分层注水指示曲线和嘴损曲线·····	(289)
(二) 井下水嘴的选择·····	(291)
三、注水井分层测试技术·····	(293)
(一) 分层流量测试·····	(293)
(二) 放射性同位素载体法测分层吸水剖面·····	(302)
四、注水井增注工艺技术·····	(305)
(一) 压裂增注·····	(305)
(二) 酸化增注·····	(306)
五、粘土防膨技术·····	(314)

第一章 注水水质

注水是我国油田开发的一种十分重要的开采方式。是补充地层能量，维持油田较长期高产稳产的有效、易行的方法，对我国原油生产具有举足轻重的作用。如何实现有效注水，如何确保注水水质合格，减少注水过程中的油层损害，如何减少注水系统的腐蚀及如何降低注水的能耗，都是必须搞好的技术工作。

一、注水水质的制定原则

(一) 注水过程中油层损害的因素

注水引起油层损害的主要原因有两个：一是与储层性质不相配伍的注入水水质；另一是不科学的水质处理及注水工艺。

注入水水质与储层特性不符、不配伍表现在对地层孔隙的堵塞，从而造成吸水能力下降，注水压力上升。

不溶物对地层的堵塞来源于以下因素：

- (1) 注入水中外来的机械杂质即悬浮物；
- (2) 地层孔隙中的固相物质膨胀与迁移；
- (3) 注水系统中的腐蚀产物；
- (4) 各种原因生成的水垢；
- (5) 各种环境下生长的细菌；
- (6) 油及其乳化物。

注入水与地层水不配伍可能引起的损害有以下表现：

- (1) 注入水与地层水直接生成沉淀；
- (2) 注入水中溶解氧引起的沉淀；
- (3) 水中硫化氢 (H_2S) 引起的沉淀；
- (4) 水中二氧化碳 (CO_2) 引起的沉淀。

注入水与地层岩石配伍性可能引起的损害；

(1) 矿化度敏感引起地层中水敏物质的膨胀、分散与迁移；

(2) pH值变化引起的微粒和沉淀问题。

注入条件变化引起的地层损害：

(1) 流速敏感性引起地层中微粒的迁移；

(2) 温度和压力变化引起的沉淀析出。

上述的损害因素集中反映了注水水质的重要作用。可以说注水水质的质量是决定注水成败和有效与否的关键。为了确定符合油层特性的注水水质指标，必须高度重视岩性的分析，这是油田注水开发的基础。

目前各油田已很重视地层损害的评价，系统的地层损害评价指导着各方面的工作。下面推荐的评价地层损害试验程序(图1—1)包括很多内容。为了确定注水水质要特别重视该框图中的以下结果：

(1) 借助于电镜扫描、X射线衍射和薄片分析而进行的岩石学分析结果；

(2) 速敏、水敏、盐敏、体积流量和正反向等分析的结果。

在此基础上，结合地层水分析资料，确定符合油藏特性的注水水质指标。

(二) 油田开发对注水水质的基本要求

(1) 严格控制水中的固相物质的浓度和粒径。特别是对于低渗透层注水，更要严格地控制粒径，因此要求进行精细过滤的处理，以减小对油层的损害。从表1—1中可以清楚见到注入水精细过滤的作用。

(2) 严格控制水中溶解氧的含量。注水系统均是钢铁材料，有氧存在的条件下腐蚀速度加快，除生成大量铁锈堵塞地层外，还大大缩短了管网系统的寿命，因此必须严格控制。

(3) 控制其它腐蚀性介质。在水中除溶解氧以外，还有游

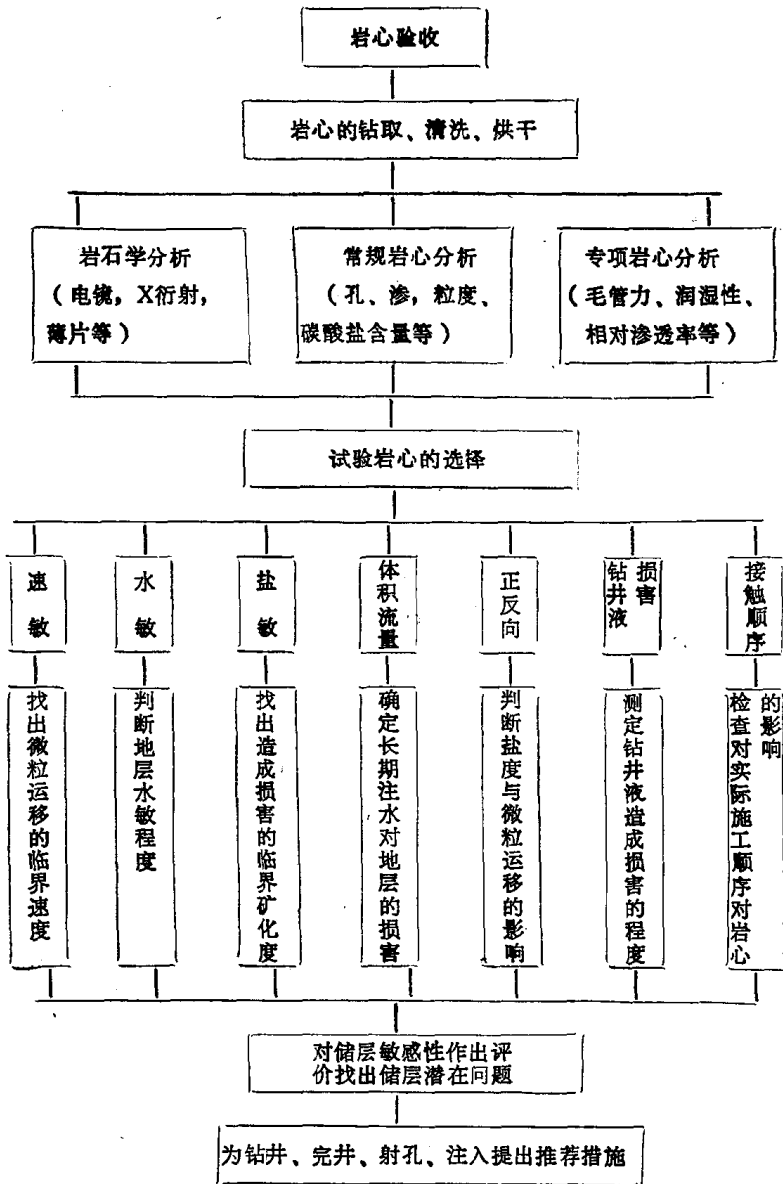


图1-1 评价地层损害试验推荐程序

表1—1 注入水不同过滤程度对油层渗透率的影响

岩心编号	过滤程度	渗透率下降, %
SWA92 (184.11 μm^2)	通过0.5 μm 滤孔滤器过滤	0
	通过2.0 μm 滤孔滤器过滤	0
	通过10 μm 滤孔滤器过滤	8
	未进行过滤处理	>50
SWA58 (173.31 μm^2)	通过0.5 μm 滤孔滤器过滤	0
	通过2 μm 滤孔滤器过滤	0
	通过10 μm 滤孔滤器过滤	13
	未进行过滤处理	>50
SWA79 (116.85 μm^2)	通过0.5 μm 滤孔滤器过滤	0
	通过2 μm 滤孔滤器过滤	0
	通过10 μm 滤孔滤器过滤	16
	未进行过滤处理	>50

离的二氧化碳和硫化物, 这些物质也是引起腐蚀的根源之一, 必须控制其含量。

(4) 水中含油量控制。在注入水中70%以上是含油污水, 污水中含油注入地层会带来许多不利影响, 应予以重视。

(5) 严格控制细菌含量。硫酸盐还原菌、腐生菌和铁细菌是我国油田注水中危害最严重的菌种, 其生殖繁殖度惊人, 必须严格控制。

(6) 控制水垢的形成, 减少水垢对地层的堵塞, 减少对设备和管网的影响。

(7) 严格控制总的腐蚀速度。注水系统都是高压系统, 腐蚀是降低设备和管线的强度, 缩短寿命的主要原因, 必须严格控制。

二、注水水质标准及分析方法

(一) 碎屑岩油藏注水水质推荐指标 (SY 5329—88)

1. 水质基本要求

注水水源除要求水量充足、取水方便和经济合理外,还必须符合以下基本要求:

- (1) 水质稳定,与油层水相混不产生沉淀;
- (2) 水注入油层后不使粘土产生水化膨胀或产生悬浊;
- (3) 不得携带大量悬浮物,以防注水井渗滤端面堵塞;
- (4) 对注水设施腐蚀性小;
- (5) 当一种水源量不足,需要第二种水源时,应首先进行室内试验,证实两种水的配伍性好,对油层无伤害才可注入。

2. 水质推荐指标

(1) 悬浮物固体含量及颗粒直径、腐生菌(TGB)、硫酸盐还原菌(SRB)和膜滤系数(MF)指标见表1—2。

表1—2

注入层渗透率 μm^2	悬浮物固体含量 mg/L	颗粒直径 μm	SRB 个/mL	TGB 个/mL	MF值
≤ 0.1	≤ 1.0	≤ 2.0	$< 10^2$	$< 10^2$	≥ 20
0.1~0.6	≤ 3.0	≤ 3.0	$< 10^2$	$< 10^3$	≥ 15
> 0.6	≤ 5.0	≤ 5.0	$< 10^2$	$< 10^4$	≥ 10

注: ①表中所列颗粒体积要求占颗粒总体积的80%以上。

②悬浮物固体含量不包括含油量。

(2) 含油量指标见表1—3。

(3) 总含铁量 应小于0.5mg/L。

(4) 溶解氧含量指标 见表1—4。

(5) 平均腐蚀率 应小于或等于0.076mm/a。

表1-3

注入层渗透率 μm^2	含油量 mg/L
≤ 0.1	≤ 5.0
> 0.1	≤ 10.0

表1-4

总矿化度 mg/L	溶解氧 mg/L
> 5000	≤ 0.05
≤ 5000	≤ 0.5

(6) 游离二氧化碳含量 应小于或等于10.0mg/L。

(7) 硫化物(指二价硫)含量 应小于或等于10.0mg/L。

(二) 油藏注水水质分析方法(SY 5329-88)

1. 取样前的准备和采集水样要求

(1) 采集注水系统的水样应具有代表性;

(2) 取样前应准备好接头和胶皮管线, 以便于取样端与注水系统的连接;

(3) 取样前打开取样阀门, 以5~6L/min的流速畅流3分钟后再次取样;

(4) 溶解氧、游离二氧化碳、硫化物、总铁含量和膜滤系数需在现场及时测定;

(5) 腐生菌、硫酸盐还原菌含量分析应在现场接种, 室内培养。若无测试瓶, 应现场取样, 24小时内送实验室接种;

(6) 含油量分析取样时, 不得用所取水样冲洗取样瓶, 应该直接取样;

(7) 采样后应随即贴上标签, 标签上应注明取样日期、时

间、地点、取样条件及取样人姓名。

2. 悬浮固体含量分析

(1) 原理 推荐采用滤膜过滤法(也可采用比浊法或浊度仪法测定)。该法系让水通过已称至恒重的滤膜,根据过滤水的体积和滤膜的增重,计算水中悬浮固体的含量。

(2) 设备及材料

- 1) 微孔薄膜过滤试验仪: 410型或其它同类仪器;
- 2) 真空泵;
- 3) 微波炉或烘箱;
- 4) 1/10000天平;
- 5) 滤膜: $\phi 47\text{mm}$, 孔径 $0.45\mu\text{m}$;
- 6) 装有氮气的钢瓶;
- 7) 量筒: 1000mL;
- 8) 不含铅汽油。

(3) 分析步骤

1) 将滤膜放入蒸馏水中浸泡30分钟,并用蒸馏水洗3~4次;

2) 取出滤膜放在微波炉中,在 70°C 下烘3min(或在烘箱中 90°C 下烘30分钟),取出后放入干燥器中冷却至室温,称重;

3) 按上条重复操作,直至恒重(二次称量差小于 0.2mg);

4) 将欲测水样装入微孔薄膜过滤试验仪中,并将已恒重的滤膜用水润湿后装到微孔过滤器上;

5) 用氮加压,使薄膜过滤试验仪内压力保持在 0.14MPa ,打开阀门过滤水样,并记录流出体积;

6) 用镊子从滤器中取出滤膜并烘干,按图1—2所示用汽油冲洗滤膜直到滤液无色为止(至少4次),取出滤膜烘干;

7) 再按图1—2所示用蒸馏水洗滤膜至水中无氯离子;

8) 再按2)和3)条步骤操作。

(4) 计算结果 悬浮固体含量按下式计算