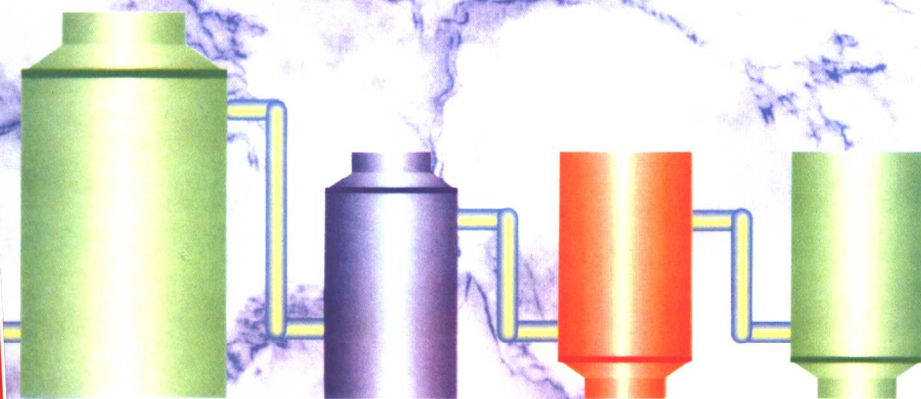


聚合物驱采油工程

胡博仲 主编 刘恒 李林 副主编



7.46

石油工业出版社

TE357.46
2:2

聚合物驱采油工程

胡博仲 主编

刘恒 李林 副主编

石油工业出版社

内 容 提 要

随着油田进入高含水后期开发阶段,剩余可采储量越来越少,产油量递减越来越严重,采用三次采油新方法是提高可采储量的重要措施。大庆油田在聚合物驱油方面积累了丰富的经验。本书从大庆油田开展大规模聚合物驱油理论研究及矿场实验入手,对聚合物驱油机理、油藏条件筛选、数值模拟、聚合物驱油方案编制、注采工艺、动态监测、井站管理等进行了系统的总结,为今后进一步开展聚合物驱三次采油提供了科学和实践的依据。

本书可供从事油田开发、油藏管理、三次采油工作的技术人员、管理人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

聚合物驱采油工程/胡博仲主编.

北京:石油工业出版社,1997.

ISBN 7-5021-1925-6

I. 聚…

II. 胡…

III. 高聚物-化学驱油

IV. TE357.46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 00375 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)

北京地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 26¼ 印张 680 千字 印 5000—6500

2004 年 2 月北京第 2 版 2004 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5021-1925-6/TE·1621

定价: 68.00 元

《聚合物驱采油工程》编委会

主 编：胡博仲

副主编：刘 恒 李 林

编 委：王思钧 谢平安 方凌云 郭其安 冯建明

杨克允 王加滢 孙冠杰 孙连才

主要编写人员

第一章：孟繁儒 庞宗威

第二章：戚连庆

第三章：孙东方 董 强 刘 敏

第四章：张忠臣 刘 敏 张 斌 徐德刚

第五章：徐德刚 董 强

第六章：代素娟

第七章：何跃辉 于树明 黄德彬 李江北

第八章：李 志 徐国兴 任 刚 李德胜

魏纪德 田继元 杜政学 李运福

第九章：哈 斯 李 春 姜洪福 关 辉

阚春玲 朱吉凯

第十章：赵栋梁 王景权 张建声 王雅琴

董增友 黄盛林

第十一章：李增锐 李全祥 吕思敏

第十二章：姚玉明 李传红

编 辑：孙冠杰 王加滢

序

早在 70 年代,大庆油田就开始了高分子聚合物驱油的室内和现场试验。广大科技人员经过二十余年的研究实践,已经积累了关于聚合物驱油机理、油藏条件筛选、油藏数值模拟、聚合物驱油方案编制、注采工艺、动态监测、井站管理、产出液处理等方面十分丰富的经验。如今在大庆,已有一亿吨地质储量的开发区在实施工业化的聚合物驱油工程,年注聚合物干粉量已达一万吨,其规模在全世界已处于遥遥领先的地位。

由胡博仲、刘恒等主编的这本书。从生产实际应用的角度出发,对大庆油田丰富的实践经验进行了总结,有着很强的实用性和可操作性。书各章节的编写人员都是在创建大庆这个聚合物驱油工业化工程的大场面中亲自动手的实干家,是最有经验的一批工程技术人员。我希望这本书的问世,将对大庆和全国其它油区正在不断扩大推行的聚合物驱油工程中,提供一些有益的技术支持,为方兴未艾的我国油田开发三次采油的宏伟事业做出一份贡献。

王乃举

1996 年 10 月

前 言

聚合物驱是三次采油的新技术，为了使这项技术能在油田开发中得到应用，我们进行了长期艰苦的工作，特别是 90 年代以来，随着油田稳产形势的需要，更加快了研究和应用的步伐。从室内研究到现场的先导性试验、工业性试验，取得了大量的成果，使聚合物驱油步入了大规模的应用阶段。今年开始了较大面积的聚合物驱油工程，1996 年共投产四个生产区块，面积近 50km^2 ，聚合物驱油的地质储量达到 $1 \times 10^8\text{t}$ 以上，共建成年注入干粉在 $1 \times 10^4\text{t}$ 以上的配制站 3 个，包括 18 个注入站和 800 多口油水井的配套工程，预计增油量达 $1000 \times 10^4\text{t}$ 以上。根据规划要求，以后逐年还要扩大，将成为“九五”的主要补产措施，在油田开发史上，又进入了崭新的一页。

聚合物驱油工艺技术复杂，要求技术干部、管理人员和工人要掌握专门的专业知识。为适应油田发展形势的需要，我们组织了一批长期从事这方面研究和实践经验丰富的技术人员，编写了这本“聚合物驱油工程”，较全面地介绍了聚合物驱油的基本知识和各种工艺、设备、技术，是这些年实践经验的总结，可作为工作中参考学习之用，也可以作为培训教材。这是一项很有意义的工作，它将在大庆油田的二次创业中，发挥重大的作用。

由于时间仓促，本书在汇编过程中有不当之处请批评指正。

编 者

1996 年 10 月

目 录

第一章 聚合物驱油基本知识.....	(1)
第一节 聚合物.....	(1)
一、驱油用聚合物的化学性质.....	(1)
二、驱油用聚合物的物理特性.....	(3)
第二节 聚合物驱油基本原理.....	(9)
一、采收率.....	(9)
二、流度比	(14)
三、渗透率变异系数	(16)
四、阻力系数和残余阻力系数	(20)
五、孔隙体积	(25)
六、聚合物段塞	(28)
七、注入速度、采液速度	(31)
第三节 适合聚合物驱油的油藏条件	(36)
一、聚合物性能指标	(37)
二、适合聚合物驱油的油藏条件	(39)
第四节 聚合物的降解和防护	(44)
一、聚合物的机械降解	(44)
二、聚合物的化学降解	(50)
三、聚合物的生物降解	(59)
四、聚合物降解的防护	(59)
参考文献	(60)
第二章 聚合物驱油数值模拟研究	(62)
第一节 聚合物驱数值模拟简介	(62)
一、油藏数值模拟及聚合物驱数值模拟	(62)
二、聚合物驱模拟软件基于的主要数学模型和物化机理	(62)
三、聚合物驱模拟软件需要的主要数据和使用方法简介	(64)
四、聚合物驱模拟软件的用途	(67)
五、模拟计算研究的地质模型和数据说明	(67)
第二节 聚合物驱油机理数值模拟研究	(70)
一、模拟研究中地质模型设计和参数选择	(70)
二、聚合物驱油主要机理	(71)
第三节 不同类型非均质油层聚合物驱油机理的体现与作用	(89)
一、正韵律油层聚合物驱机理体现与作用	(89)
二、反韵律油层聚合物驱油机理体现与作用	(94)
三、复合韵律油层	(98)

四、凹型复合多韵律油层	(103)
第四节 几种主要地质因素对聚合物驱油效果影响	(103)
一、油层润湿性、纵向非均质性及重力对驱油效果的影响	(103)
二、油层平面非均质对驱油效果的影响	(107)
三、油层厚度对驱油效果的影响	(109)
四、油层垂向渗透性对驱油效果的影响	(111)
五、原油粘度对驱油效果的影响	(112)
六、地下水矿化度对驱油效果的影响	(112)
第五节 几种主要因素对聚合物驱油效果变化规律的影响	(114)
一、油层垂向渗透性对聚合物驱油效果变化规律影响	(114)
二、聚合物用量及特征参数对驱油效果变化规律影响	(116)
第六节 聚合物驱油条件优化选择数值模拟研究	(118)
一、聚合物用量及段塞浓度的优化选择	(118)
二、聚合物段塞注入方式的选择	(124)
三、聚合物驱注入聚合物时机选择	(127)
四、聚合物驱井网井距的选择	(130)
第七节 驱油方案制定、动态跟踪拟合、效果预测	(132)
一、驱油方案设计计算研究	(133)
二、聚合物驱跟踪拟合计算研究	(134)
三、北一区断西聚合物驱效果预测	(136)
四、聚合物驱工业性应用中几个技术性问题研究	(136)
参考文献	(137)
第三章 聚合物驱油地面工艺技术	(138)
第一节 聚合物驱油对地面工艺的基本要求	(138)
一、各种因素对聚合物溶液粘度的影响	(138)
二、聚合物驱油对地面工艺的基本要求	(143)
第二节 聚合物驱油地面工程设计的原则和过程	(144)
一、聚合物驱油地面工程设计的原则	(144)
二、聚合物驱油地面工程设计的过程	(144)
第三节 聚合物驱油地面工艺流程	(144)
一、聚合物溶液配制过程及注入流程	(145)
二、大庆油田已经形成的几种聚合物驱油地面工艺流程	(145)
三、聚合物驱油地面工艺流程的特点	(145)
第四节 聚合物分散装置	(147)
附录 A SY 型聚合物分散装置操作步骤	(153)
第四章 聚合物驱油注入设备	(157)
第一节 螺杆泵	(157)
一、螺杆泵的工作原理及其结构	(157)
二、螺杆泵的特点及其应用	(157)
三、单螺杆泵	(157)

四、三螺杆泵·····	(160)
五、螺杆泵的四类密封性·····	(161)
第二节 搅拌器·····	(161)
一、搅拌器的功能·····	(161)
二、聚合物驱油设备中搅拌器的应用·····	(161)
三、搅拌器的型式、结构及选型·····	(161)
第三节 精细过滤器·····	(167)
一、精细过滤器的结构·····	(167)
二、工作原理·····	(167)
三、过滤器设计与选择·····	(169)
四、安装、使用与维护·····	(170)
五、事故原因及处理方法·····	(171)
第四节 注聚泵·····	(171)
一、注入泵简介·····	(171)
二、柱塞泵·····	(171)
三、注入泵的使用与维修·····	(177)
第五节 缓冲器·····	(177)
一、缓冲器的结构型式及特点·····	(178)
二、缓冲器安装·····	(181)
第六节 安全阀·····	(182)
一、弹簧式安全阀·····	(183)
二、泵用一次动作安全阀·····	(185)
三、碟簧式安全阀·····	(188)
第七节 静态混合器·····	(188)
一、静态混合器基础·····	(188)
二、静态混合器的类型和混合原理·····	(189)
三、注聚合物用静态混合器·····	(193)
第八节 电磁流量计·····	(194)
一、工作原理及结构·····	(194)
二、电磁流量计的选用·····	(196)
三、安装、使用及维修·····	(197)
四、常见故障判断与处理·····	(198)
第五章 聚合物母液配制的自动控制·····	(200)
第一节 自动控制的基本知识·····	(200)
一、自动控制系统的基本特征·····	(200)
二、闭环控制系统·····	(200)
三、开环控制系统·····	(202)
四、闭环与开环控制系统的比较·····	(202)
五、直接控制与间接控制·····	(202)
六、适应式控制系统·····	(203)

七、学习控制系统.....	(203)
八、集散控制系统.....	(203)
第二节 可编程控制器和计算机的选择与应用.....	(204)
一、可编程序控制器基本知识.....	(205)
二、程控器与计算机在聚合物母液配制中的应用.....	(212)
第三节 不同分散形式自控方案及原理.....	(215)
一、控制方案.....	(215)
二、几种不同分散装置的自动控制.....	(216)
三、聚合物母液系统的控制过程及原理.....	(218)
第四节 聚合物母液自动控制过程.....	(219)
一、分散溶解装置的自动控制.....	(219)
二、熟化控制系统.....	(221)
第五节 聚合物母液配制站中心控制系统微机操作说明.....	(224)
第六节 常见故障分析与处理.....	(227)
一、短流程装置故障分析与处理.....	(227)
二、分散溶解装置故障分析与处理.....	(227)
第六章 聚合物的检测方法化验仪器.....	(230)
第一节 聚合物化验的基本知识.....	(230)
一、常用容器及器皿.....	(230)
二、化验室常用电器设备.....	(231)
第二节 聚合物驱资料录取要求.....	(232)
一、配制站.....	(232)
二、采出井.....	(232)
三、注聚站及注聚井.....	(232)
第三节 聚合物溶液取样方法.....	(232)
一、低压取样.....	(233)
二、高压取样.....	(233)
第四节 聚合物的化验方法及仪器.....	(235)
一、模拟大庆盐水的制备.....	(235)
二、粒度测定.....	(236)
三、聚丙烯酰胺溶液筛网系数的测定.....	(236)
四、聚丙烯酰胺及其部分水解物分子量测定法.....	(237)
五、聚合物溶液粘度测定.....	(238)
六、聚合物溶液的过滤性能.....	(239)
七、聚合物水解度的测定.....	(240)
八、残余单体含量.....	(241)
九、不溶解物.....	(243)
十、聚丙烯酰胺固含量测定方法.....	(244)
十一、聚丙烯酰胺的浓度测定方法.....	(245)
第五节 安全及劳动保护.....	(251)

一、火和电的安全预防·····	(251)
二、化学药品的安全预防和化验室的秩序·····	(251)
第七章 聚合物配制站及注入站的管理·····	(253)
第一节 聚合物配制站的管理要求·····	(253)
一、聚合物分散及熟化系统操作规程·····	(253)
二、分散溶解装置及熟化系统的启动运行·····	(254)
三、聚合物溶液的取样·····	(256)
四、聚合物溶液粘度的测定方法·····	(256)
五、溶液中聚丙烯酰胺含量的测定·····	(257)
六、聚合物溶液搅拌器操作方法·····	(259)
七、聚合物母液外输螺杆泵操作方法·····	(259)
八、聚合物站过滤器操作方法·····	(260)
九、配制站的管理要求·····	(260)
第二节 聚合物注入站的管理要求·····	(262)
一、聚合物驱油注入站注入泵的操作规程·····	(262)
二、注聚合物往复泵在线运行测试方法·····	(264)
三、数据处理·····	(266)
四、测试报告·····	(268)
五、取样器操作程序·····	(268)
六、注入站的管理要求·····	(268)
附录 A 标准样品浓度曲线的制作 ·····	(270)
第八章 聚合物驱油注入和举升工艺·····	(271)
第一节 注入井完井工艺·····	(271)
一、概述·····	(271)
二、固井质量要求·····	(271)
三、射孔方式的选择·····	(271)
四、有枪身射孔工艺·····	(272)
第二节 注入井管柱·····	(273)
一、笼统注入管柱·····	(273)
二、分层注入管柱·····	(274)
第三节 分层注入工艺·····	(274)
一、工艺管柱及其工作原理·····	(275)
二、工艺管柱的配套工具及规范·····	(276)
三、工艺管柱主要配套工具的结构及工作原理·····	(276)
四、工具组装总要求·····	(277)
五、应用效果·····	(278)
第四节 电泵井采油·····	(278)
一、电泵采油系统的组成·····	(278)
二、电泵工作原理·····	(280)
三、电泵对聚合物驱产出液的适应性分析·····	(280)

第五节 抽油机采油	(283)
一、聚合物驱抽油机井机、杆、泵选择	(283)
二、聚合物驱抽油机井生产分析	(284)
三、抽油机对聚合物驱产出液适应性分析	(287)
第六节 螺杆泵采油	(296)
一、系统组成	(296)
二、螺杆泵的工作原理	(297)
三、螺杆泵的主要技术参数及性能参数	(298)
四、影响螺杆泵工作特性的因素	(301)
五、螺杆泵井生产管理	(303)
六、螺杆泵对聚合物驱产出液适应性研究	(307)
参考文献	(312)
第九章 聚合物驱油方案及动态分析	(313)
第一节 聚合物驱油方案及地质基础	(313)
一、聚合物驱方案内容	(313)
二、地质开发简况	(313)
三、聚合物驱层系组合及井网部署	(314)
四、注聚合物前油水井生产状况	(315)
第二节 聚合物注入参数及注采方式确定	(315)
一、注入参数选择	(315)
二、确定注采方式	(316)
第三节 聚合物驱实施方案	(317)
一、油、水井配产配注	(317)
二、开采指标预测	(318)
三、聚合物驱开发效果预测	(318)
四、经济效果预测	(318)
五、方案实施要求	(320)
第四节 动态分析	(321)
一、以区块为单元分析聚合物用量与含水、产油的关系	(322)
二、以井组为单元分析单井含水变化	(322)
三、以采出液浓度的变化分析采液指数的变化	(323)
四、分析注入压力上升与聚合物用量的变化	(323)
五、分析油层平面和垂向波及效果	(323)
六、分析含水下降幅度与剩余油饱和度和地层系数的关系	(324)
七、分析含水变化与油层条件、油井连通关系	(324)
第十章 聚合物注入井和采油井管理	(326)
第一节 资料录取要求	(326)
一、聚合物注入井资料录取	(326)
二、采油井资料录取	(326)
三、新井投产前后取资料要求	(328)

第二节 油水井管理	(329)
一、聚合物井操作要求	(329)
二、油、气、水聚合物取样要求	(330)
第三节 双层注聚合物的注入井	(332)
一、工艺配套原理及流程	(332)
二、管柱对聚合物性能的影响	(333)
三、取样方法	(333)
四、现场试验及经济效益分析	(333)
五、双层注入井施工现场工艺要求	(334)
第十一章 聚合物驱油转油站、联合站、污水处理站管理	(335)
第一节 聚合物中转站管理	(335)
一、聚合物中转站的特点	(335)
二、聚合物中转站资料录取的要求	(337)
三、聚合物中转站的管理	(338)
第二节 聚合物联合站的管理	(339)
一、聚合物联合站的特点	(339)
二、聚合物联合站的工艺概况	(339)
三、聚合物对原油脱水的影响	(339)
四、聚合物联合站的管理	(340)
第三节 油田含聚合物污水处理站管理	(342)
一、油田含聚合物污水处理技术	(342)
二、油田含聚合物污水处理站资料管理	(343)
三、油田含聚合物污水处理站的安全管理	(343)
四、设备管理	(344)
第十二章 聚合物驱油矿场实例	(345)
第一节 小井距特高含水期注聚合物矿场试验	(345)
一、实验室研究	(345)
二、试验进展	(347)
三、几点认识	(350)
第二节 厚层试验区葡 I ₁₋₃ 层高含水后期聚合物驱油矿场试验	(351)
一、试验区葡 I ₁₋₃ 层地质特征	(352)
二、试验区葡 I ₁₋₃ 层开采概况	(352)
三、聚合物驱试验方案	(353)
四、聚合物驱试验方案的实施	(355)
五、聚合物驱油试验效果分析	(355)
六、几点认识	(357)
第三节 中区西部聚合物驱油矿场试验	(357)
一、试验区概况	(358)
二、聚合物驱油试验	(362)
三、聚合物驱油的动态反映	(364)

四、几点认识.....	(367)
第四节 北一区断西聚合物驱油工业性矿场试验.....	(368)
一、试验区概况.....	(368)
二、试验进展.....	(369)
三、试验取得阶段成果.....	(375)
四、几点认识.....	(382)
第五节 喇南聚合物驱工业性矿场试验.....	(382)
一、试验区概况.....	(382)
二、聚合物注入情况.....	(382)
三、聚合物驱油效果.....	(384)
四、聚合物驱油过程中动态变化的特点及初步认识.....	(387)
第六节 厚层试验区萨Ⅱ _{10~16} 聚合物驱矿场试验	(394)
一、试验区概况.....	(395)
二、试验工作进展.....	(397)
三、试验区的动态反映特点.....	(403)
四、存在的问题及下步措施.....	(406)

第一章 聚合物驱油基本知识

第一节 聚合物

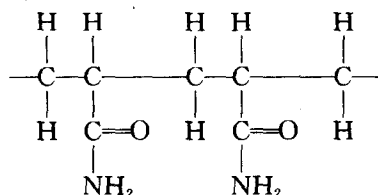
一、驱油用聚合物的化学性质

驱油用的聚合物大致可分为两类：天然聚合物和人工合成聚合物。天然聚合物从自然界（植物及其种子）中得到，如改进的纤维素类，有时也从细菌发酵得到，如生物聚合物黄胞胶。人工合成聚合物是在化工厂生产的，如目前大量使用的聚丙烯酰胺（PAM），部分水解聚丙烯酰胺（HPAM）等。在长达 30 余年的聚合物驱油研究中，中外学者曾尝试过许多合成的和天然的聚合物，但工业上广泛应用的多为聚丙烯酰胺和黄胞胶（Xanthan）。由于黄胞胶比较昂贵，除非在高矿化度、高剪切的油层中使用外，一般都使用聚丙烯酰胺，因而只简要地介绍聚丙烯酰胺。

1. 聚丙烯酰胺化学结构

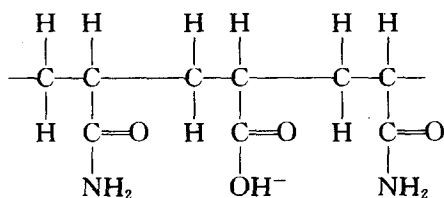
聚丙烯酰胺有非离子型、阴离子型和阳离子型三类产品，其中应用于驱油的是阴离子型聚丙烯酰胺。柔顺的线性碳—碳链是它们的高分子骨架，分子中带有极性 or 电性基团。

(1) 非离子型



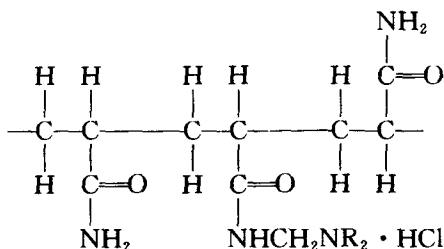
一般水解度小于 4% 均属非水解聚丙烯酰胺。

(2) 阴离子型



阴离子型聚丙烯酰胺习惯上也叫部分水解聚丙烯酰胺，它可以由 PAM 水解或丙烯酰胺与丙烯酸共聚制得。用水解度表示羧基的含量。

(3) 阳离子型

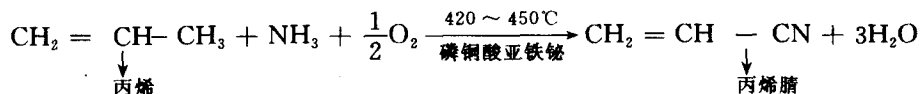


阳离子聚丙烯酰胺一般不单独作为驱油剂，它通常与阴离子聚丙烯酰胺联用，作为聚合物驱的防窜剂或调剖剂。

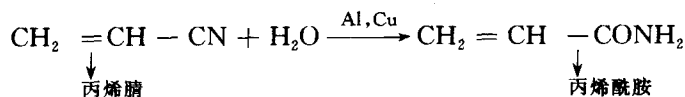
2. 聚丙烯酰胺的合成

从石油裂解得到的丙烯出发制造聚丙烯酰胺，包括许多过程：合成丙烯酰胺、合成丙烯腈、合成丙烯酸、聚合等。这里只介绍主要的化学反应。

1) 丙烯腈的合成：目前工业上普遍采用氨氧化法，此法对丙烯的纯度要求不高，反应生成乙腈、丙烯醛、氢氨酸等易分离和可综合利用的副产品。基本化学反应如下式所示。

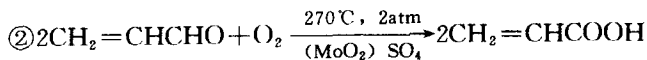
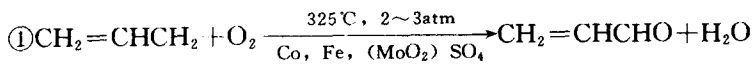


2) 丙烯酰胺的合成：硫酸水合的工艺已经基本淘汰，现在工业上广泛采用骨架铜催化水合法，化学反应列于下式：



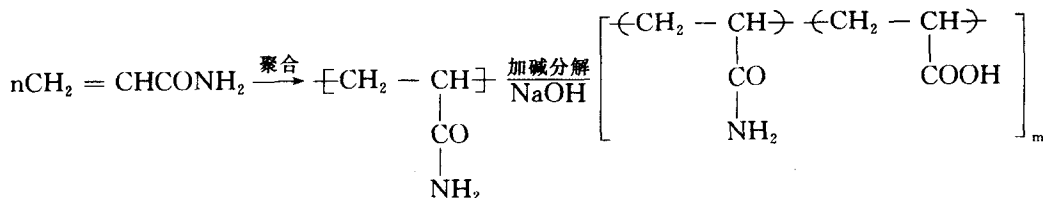
3) 丙烯酸的合成：尽管有些工厂仍然沿用丙烯腈水解之类的工艺生产丙烯酸，但是从 80 年代开始建立的新工厂都采用丙烯氧化工艺。

丙烯氧化生产丙烯酸包括两个步骤：



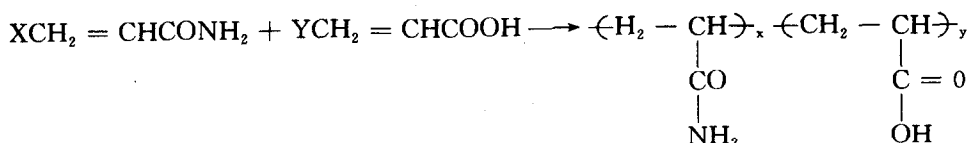
丙烯酸

4) 聚合：丙烯酸胺可以通过热、引发剂、 γ 射线辐照等引发聚合。



非水解体聚丙烯酰胺常写成 PAM，水解体聚丙烯酰胺常写成 HPAM

部分水解聚丙烯酰胺也可以通过共聚制得：



3. 三种形式的聚丙烯酰胺

根据不同的聚合方法，可以制成固体、水溶液（或半固体）、乳液三种形式的聚丙烯酰胺。

聚合物驱油中，这三种产品均有应用，下表是这三种产品适用性能比较，供选择产品时参考。

二、驱油用聚合物的物理特性

1. 聚合物的溶解与增粘

高分子物质的溶解与低分子物质的溶解不同。首先高分子与溶剂分子的尺寸相差悬殊,两者的分子运动速度也差别很大,溶剂分子能比较快地渗入聚合物,而高分子向溶剂中的扩散却非常慢。这样,聚合物的溶解过程要经过两个阶段,先是溶剂分子渗入聚合物内部,使聚合物体积膨胀,称为溶胀;然后才是高分子均匀分散在溶剂中,形成完全溶解的分子分散体系。因而,矿场上配制聚合物时,要有分散装置,熟化装置。固体聚合物从投料到加水完全溶解,大约需要 2h 时间。

表 1—1 不同形式的聚丙烯酰胺产品应用性能比较

产品形式	优 点	缺 点	一般应用场合
水溶液聚丙烯酰胺	产品文化及交联产物少,注入性能好 不需溶解,可直接应用,减少了地面溶解设备的投资,价格低	运输困难、费用高 不易长期贮存 大气环境下保质期短 分子量较低,有效物含量低	原地或就近马上应用
固体聚丙烯酰胺	分子量高,有效物含量高 运输、贮存容易 保质期长	溶解困难 地面溶解设备投资较大 价格较高	应用广泛
乳液聚丙烯酰胺	分子量高 易溶解,不需溶解设备 保质期较长 6~9 个月	运输较困难,费用高 价格高	应用较广

对于聚丙烯酰胺和黄胞胶,它们的分子中具有极性 or 带电基团,这些基团与极性分子水能通过氢键等发生强烈的相互作用,溶解时放热。

因而聚丙烯酰胺和黄胞胶均可溶解在水中。

在溶液中,偶极水分子通过吸附或氢键而在高分子周围形成溶剂化层或成为束缚水(见图 1—1 和 1—2,同时因带电基团间的静电斥力而使聚合物分子更加舒展,无规线团体积增大,这都使分子运动的内摩擦增大,流动阻力增大,从而增加了水的粘度。

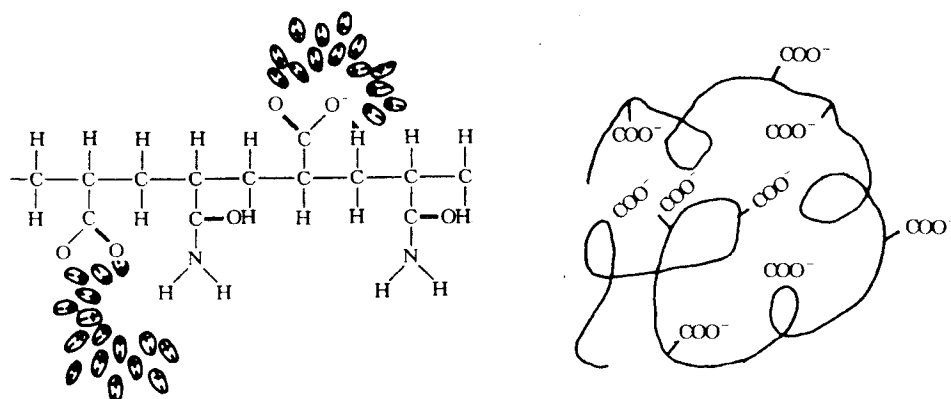


图 1—1 HPAM 在水中的双电层结构

聚合物分子在溶液中的形态,与高分子-溶剂体系密切相关,在良溶剂中,高分子处于舒展状态,而在不良溶剂中处于紧缩直至不溶(见图 1—3)。水是水性聚合物的良溶剂,因而