



# 聚合物驱油 工程技术问答

李杰训 刘欲晓 岳继红 编著

中国科学技术出版社

# 聚合物驱油工程技术问答

李杰训 刘欲晓 岳继红 编著

中国科学技术出版社

• 北 京 •

## 图书在版编目(CIP)数据

聚合物驱油工程技术问答/李杰训等编著。—北京:中国科学技术出版社,1996.12

ISBN 7-5046-2329-6

I. 聚… II. 李… III. 高聚物-化学驱油-问答  
N. TE357.46-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 24623 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码:100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

哈尔滨新路印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:9.625 字数:222 千字

1996 年 12 月第 1 版 1996 年 12 月第 1 次印刷

印数:1-3 000 册 定价:18.50 元

## 内 容 提 要

本书共分为七章,主要包括三次采油和聚合物驱油的基本概念、聚合物高分子化学和物理基础、聚合物驱油机理、聚合物配制注入工艺技术、聚合物驱采油工艺技术、聚合物驱采出液处理工艺技术和聚合物驱油工程生产管理。本书参考了大量的国内外重要文献资料,尤其是结合了大庆油田以及国内其他油田的科研现场试验及建设生产实践,在理论和实践相结合的基础上介绍了聚合物驱油工程技术的重要概念、原理、工艺和设备。

本书采用一问一答的形式,知识系统,专业齐全,结合实际,综合性强,共有问答题 605 道;可供油田现场技术人员、工人阅读使用,是一本极好的岗位培训教材,也可供科研单位的研究人员、大专院校有关专业的师生参考。

**审阅 李秀兰 岳广胜**

**责任编辑:谭建新**

**封面设计:岳大地**

**责任校对:孟华英**

## 序

聚合物驱油是利用水溶性聚合物在水中溶解后的高粘度和吸附性等性能,提高水的波及效率,改善水驱油效果,从而提高油田采收率的一项重要的三次采油方法。目前全国各油田平均含水已高达80%以上,从总体上讲已进入高含水后期的深度开发阶段,在这样的情况下进行油田开发工作,正如中国石油天然气总公司周永康副总经理指出的,需要有认识上的突破、技术上的突破和政策上的突破。目前全国的常规稀油中约有66.4%即77.3亿吨地质储量是水驱所采不出来的,在这些剩余油中有一大部分是注入水波及不到的,这部分可以靠聚合物驱等三次采油方法进一步扩大波及体积而采出来。仅就大庆油田而言,适合聚合物驱的储量为27.8亿吨,注聚合物提高采收率可达10%以上,预计将增产原油2.78亿吨。因此聚合物驱油技术的应用,已成为油田开发后期高含水开发阶段提高原油采收率、确保油田持续稳产的一项重要措施。

聚合物驱油工程技术是多学科、多工种、多专业相互配合协作的系统工程,从聚合物驱油的方案设计

开始,到系统工程的建立和应用,涉及到石油地质、油藏工程、高分子化学和物理、采油工程、钻井完井、地面建设、井下作业、聚合物配制注入、采出液集输脱水、含油污水处理、自动化控制、计量等专业,每一个专业、学科中都涉及到了当代技术领域中的前沿技术,而且在这项系统工程中还应用了大量的新材料和新方法,因此无论从深度还是从广度上讲,聚合物驱油工程技术都无疑可以称为石油工程技术领域里的高新技术。

“稳定东部、发展西部”将是我国石油工业在今后相当长的一段时期内的重要战略布署,聚合物驱油工程技术将在这场战略中发挥不可或缺的重要作用。迄今为止,国内还没有正式出版这样一本专业齐全、结合实际、综合性强的有关聚合物驱油工程技术的图书,希望本书的出版能对推广普及聚合物驱油工程技术知识有所帮助。

岳广胜

1996年10月18日

# 前 言

在三次采油技术中,聚合物驱油是一项重要的化学驱油技术。聚合物驱油技术在国外开展得比较早,在美国开始于50年代末、60年代初期,1964年开始进行现场试验,1970年以后迅速地发展到其他西方国家,加拿大、英国、法国、前苏联、德国、阿曼和罗马尼亚等国都开展过聚合物驱油矿场试验,到1988年在世界范围内已开展了大约200个项目。在国外,在聚合物配制、注入方面形成了一套比较系统的理论和比较完整的配套技术,但由于每个聚合物驱油矿场试验项目的规模都较小,所以在大规模聚合物驱油配制注入的系统布局、设备使用,采出液的性质研究以及大量采出液的地面集输、处理等方面,缺少实践经验和理论研究。

我国自1972年开始在大庆萨北油田开展小井距聚合物驱油矿场试验以来,先后在大庆、大港、胜利、吉林、辽河、新疆等油田开展了矿场试验以及扩大化工业试验。“八五”期间以大庆油田为主还完成了聚合物驱采出系统工艺配套技术的国家级重点科研攻关项目,在聚合物配制、注入和采出液集输、处理的工艺设备方面加大了国产化力度,取得了具有实际意义的成果。1995年大庆油田建成投产了855口聚合物驱生产井(其中注入井465口,采油井390口),在萨北油田建成了一座最终规模1.49万吨/年(配制聚丙烯酰胺干粉)的聚合物母液配制站,一座最终规模4万吨/日的聚合物驱采出液脱水

站和一座 4 万米<sup>3</sup>/日的聚合物驱采出液含油污水处理站,使这项工程成为当今世界上规模最大的聚合物驱油工程。

本书的主要内容包括三次采油、聚合物驱油的基本概念,聚合物高分子化学和物理的基础原理,聚合物驱油的石油地质学机理,聚合物母液配制和聚合物溶液注入系统的技术要求、工艺原理、主要容器设备,聚合物对采油工艺的影响,用于聚合物驱采油的主要设备,聚合物驱采出液的性质变化,采出液的集输脱水工艺技术和含油污水处理工艺原理及主要容器设备,以及聚合物驱油工程的日常生产管理,书后还附有大庆油田编制的“聚合物驱油系统工程管理方法”。本书在理论和实践相结合的基础上介绍了重要概念、原理、工艺和设备,在编著过程中参考了大量国内外重要文献资料,更为重要的是结合了大庆油田以及国内其他油田的科研、现场试验及建设生产实践,在此向这些文献资料的著译者及有关的工程技术人员表示诚挚的谢意。

本书采用问答的形式,力求系统、综合地介绍聚合物驱油工程技术知识,做到既注重理论性,又强调实践性,目的在于普及推广聚合物驱油工程技术。由于本书涉及专业领域较广,有些专业领域仍处于试验阶段,且编著者水平有限,如有错误和不妥之处,恳请广大读者批评。由于本书是目前国内第一本专业齐全、结合实际、综合性强的聚合物驱油工程技术普及性著作,所以编著者希望能起到抛砖引玉的作用。本书共有问答题 605 道,主要供油田现场技术干部、工人阅读使用,可用作基层干部、工人的培训教材,也可供科研单位研究人员、大专院校有关专业的师生参考。

本书由李杰训、刘欲晓和岳继红共同编著;由李杰训绘

图;第一、三章由高级工程师李秀兰,第二章由副教授徐克明,第四、六章由高级工程师李秀兰、张仪、何钟安,第五章由高级工程师岳广胜审定;全书定稿时承蒙李秀兰、岳广胜进行审阅,并提出了宝贵意见。岳广胜总工程师还为本书作了序。在本书的出版过程中得到了《大庆科技报》副总编潘永翔及中国科学技术出版社黑龙江发行站的大力支持,在此一并致谢。

编著者

1996年10月18日

# 目 录

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第一章 聚合物驱油的基本概念 .....                | (1) |
| 1. 什么是一次采油? 一次采油有何特点? .....         | (1) |
| 2. 什么是二次采油? 二次采油有何特点? .....         | (1) |
| 3. 什么是三次采油? 三次采油有何特点? .....         | (1) |
| 4. 三次采油的主要方法有哪些? .....              | (2) |
| 5. 什么是驱动力? .....                    | (2) |
| 6. 什么叫驱油剂? 三次采油常用的驱油剂<br>有哪些? ..... | (2) |
| 7. 什么是主剂? 什么是添加剂? .....             | (3) |
| 8. 什么是示踪剂? .....                    | (3) |
| 9. 示踪剂主要有哪些? .....                  | (3) |
| 10. 驱油剂的发展趋势如何? .....               | (4) |
| 11. 什么是采收率? .....                   | (4) |
| 12. 什么是最终采收率? .....                 | (4) |
| 13. 什么是阶段采收率和采出程度? .....            | (5) |
| 14. 提高油田采收率的意义是什么? .....            | (5) |
| 15. 提高油田采收率的主要途径是什么? .....          | (5) |
| 16. 影响采收率的因素有哪些? .....              | (6) |
| 17. 影响体积波及系数的因素有哪些? .....           | (6) |
| 18. 什么是流度比? 如何表达? .....             | (7) |
| 19. 控制流度比有何意义? .....                | (7) |

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| 20. 影响驱油效率的因素有哪些? .....              | (7)  |
| 21. 什么是聚合物驱? .....                   | (7)  |
| 22. 为什么聚合物可以增加水的粘度? .....            | (8)  |
| 23. 聚合物驱油工程中,常用的聚合物有<br>哪几种? .....   | (8)  |
| 24. 聚合物驱先导性矿场试验应研究的内<br>容有哪些? .....  | (8)  |
| 25. 聚合物驱先导性矿场试验方案有哪些? .....          | (9)  |
| 26. 试验聚合物控制流度比的性能需做哪<br>些工作? .....   | (9)  |
| 27. 研究聚合物驱油先导性试验的程序如何? .....         | (9)  |
| 28. 世界上开展聚合物驱油的状况如何? .....           | (9)  |
| 29. 我国适合于三次采油的储量潜力如何? .....          | (11) |
| 30. 国内开展聚合物驱油试验的情况如何? .....          | (11) |
| 31. 国内各油田聚合物驱油试验的效果如何? .....         | (11) |
| <b>第二章 聚合物高分子化学和物理基础</b> .....       | (12) |
| 第一节 高分子化学基础 .....                    | (12) |
| 1. 什么是聚合物? .....                     | (12) |
| 2. 聚丙烯酰胺的分子量有多大? 其结构式<br>如何表示? ..... | (12) |
| 3. 什么叫单体? .....                      | (13) |
| 4. 什么叫链节? 什么是链节数? .....              | (13) |
| 5. 什么是聚合度? .....                     | (13) |
| 6. 什么是均聚物、共聚物? 聚丙烯酰胺属<br>于哪一种? ..... | (13) |
| 7. 聚合物的分子量如何计算? .....                | (13) |

8. 聚丙烯酰胺  $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{CONH}_2}{\text{CH}} \right]_n$  的聚合

- 度为 20 万时,其分子量为多少? ..... (14)
9. 什么叫聚合物的多分散性? ..... (14)
10. 聚合物分子有哪几种结构形态? ..... (14)
11. 什么是聚合物的线型结构? ..... (14)
12. 什么是聚合物的支链型结构和体型结构? ..... (15)
13. 什么是加聚反应? 加聚反应分哪几类? ..... (15)
14. 什么叫缩聚反应? ..... (15)
15. 聚丙烯酰胺的合成包括哪几部分? ..... (16)
16. 聚合物的工艺生产方法有哪几种? ..... (16)
17. 合成聚合物的反应分哪几类? ..... (16)
18. 高聚物有哪些基本特性? ..... (16)
19. 聚合物的化学反应有哪几种? ..... (17)
20. 什么是聚合物的交联反应? ..... (17)
21. 什么是聚合物的降解反应? 有哪些种类? ..... (17)
22. 什么是热降解? ..... (17)
23. 什么是机械降解? ..... (17)
24. 什么是辐射降解? ..... (18)
25. 什么是氧化降解? ..... (18)
26. 什么是生物降解? ..... (18)
27. 什么是异裂降解? ..... (18)
28. 聚合物降解的结果是什么? ..... (19)
29. 什么是聚合物的老化? ..... (19)
30. 日常生活中常见的聚合物有哪些? ..... (19)
- 第二节 高分子物理基础 ..... (20)

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 31. 聚合物溶液可分为哪几种? .....                  | (20) |
| 32. 高分子稀溶液有何特点? .....                   | (20) |
| 33. 什么是溶解? 溶解过程中存在哪几种力? .....           | (20) |
| 34. 高分子聚合物的溶解与低分子化合物<br>的溶解有什么不同? ..... | (20) |
| 35. 什么是溶胀? 有哪几种类型? .....                | (21) |
| 36. 聚合物溶解有哪几个条件? .....                  | (21) |
| 37. 聚合物的溶解遵循哪些规律? .....                 | (22) |
| 38. 什么是流变性? 什么是流变学? .....               | (22) |
| 39. 流变学中有几种基本变形? .....                  | (22) |
| 40. 流体的流变类型可分为哪几类? .....                | (22) |
| 41. 什么是粘度? 什么是表观粘度? .....               | (23) |
| 42. 什么是粘性流体? .....                      | (23) |
| 43. 什么是牛顿流体? 有何特点? .....                | (24) |
| 44. 假塑性流体有何特点? .....                    | (24) |
| 45. 胀流型流体有何特点? .....                    | (25) |
| 46. 宾汉姆塑性体有何特点? .....                   | (25) |
| 47. 屈服—假塑性体有何特点? .....                  | (25) |
| 48. 什么是触变性流体? .....                     | (26) |
| 49. 触变性流体有哪些主要特征? .....                 | (26) |
| 50. 什么是粘弹性流体? 粘弹性流体有何<br>特性? .....      | (27) |
| 51. 粘弹性流体有何主要特征? .....                  | (27) |
| 52. 请画出不同流体的流变曲线示意图 .....               | (27) |
| 53. 如何解释聚合物溶液的假塑性流变特性? .....            | (28) |
| 54. 画出聚合物溶液完整的流变曲线示意图 .....             | (28) |

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 55. 聚合物溶液的粘度有几种表示方法? .....              | (28) |
| 56. 什么是相对粘度? 什么是增比粘度? .....             | (29) |
| 57. 什么是比浓粘度? 什么是特性粘度? .....             | (29) |
| 58. 什么是粘损率? .....                       | (30) |
| 59. 影响聚合物溶液粘度的因素有哪些? .....              | (30) |
| 60. 聚合物分子量为何会对溶液粘度产生<br>影响? .....       | (30) |
| 61. 什么是聚合物的水解? .....                    | (31) |
| 62. 什么是聚合物的水解度? 如何计算? .....             | (31) |
| 63. 为什么水解度会影响聚合物溶液的粘度? .....            | (31) |
| 64. 为什么溶剂会对溶液粘度产生影响? .....              | (32) |
| 65. 为什么聚合物溶液的浓度会对粘度产<br>生影响? .....      | (32) |
| 66. 矿化度(或含盐量)为何会对聚合物<br>溶液粘度产生影响? ..... | (32) |
| 67. 为什么温度会对聚合物溶液粘度产生<br>影响? .....       | (33) |
| 68. 为什么 pH 值会对聚合物溶液粘度产<br>生影响? .....    | (33) |
| 69. 为什么机械剪切会对聚合物溶液粘度<br>产生影响? .....     | (34) |
| <b>第三章 聚合物驱油机理</b> .....                | (35) |
| <b>第一节 聚合物在孔隙介质中的流动</b> .....           | (35) |
| 1. 什么叫达西定律? .....                       | (35) |
| 2. 达西定律如何表示? .....                      | (35) |
| 3. 什么是岩石的绝对孔隙度? .....                   | (36) |

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 4. 孔隙可分为哪几类? .....              | (36) |
| 5. 什么是岩石的有效孔隙度? .....           | (36) |
| 6. 聚合物溶液在孔隙介质中的流变性有何不同? .....   | (37) |
| 7. 聚合物溶液在孔隙介质中为何呈现粘弹效应? .....   | (37) |
| 8. 聚合物溶液为什么具有粘弹性? .....         | (38) |
| 9. 影响孔隙介质中流变性质的因素有哪些? .....     | (38) |
| 10. 聚合物在孔隙介质中的滞留有哪几种? .....     | (38) |
| 11. 吸附作用分为哪两种? .....            | (38) |
| 12. 吸附的机理有哪两种? .....            | (39) |
| 13. 聚合物与岩石表面之间的吸附有几种力的作用? ..... | (39) |
| 14. 影响吸附的因素有哪些? .....           | (39) |
| 15. 岩石结构和成分对吸附有何影响? .....       | (40) |
| 16. 什么是捕集? .....                | (40) |
| 17. 捕集的过程是怎样发生的? .....          | (40) |
| 18. 影响捕集的主要因素是什么? .....         | (40) |
| 19. 捕集和吸附对于降低渗透率有何作用? .....     | (41) |
| 20. 聚合物在岩石中的滞留量与哪些因素有关? .....   | (41) |
| 21. 影响渗透率降低的因素有哪些? .....        | (41) |
| 22. 什么是不可及孔隙体积? .....           | (42) |
| 23. 影响不可及孔隙体积的因素有哪些? .....      | (42) |
| 24. 不可及孔隙体积对聚合物驱油效果有什么影响? ..... | (42) |

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 25. 什么是聚合物溶液的有效粘度? .....              | (42) |
| 26. 什么是岩心冲洗渗透率? .....                 | (43) |
| 27. 什么是阻力系数? .....                    | (43) |
| 28. 什么是残余阻力系数? .....                  | (44) |
| 29. 阻力系数和残余阻力系数之间有何关系? .....          | (44) |
| 30. 影响阻力系数和残余阻力系数的因素<br>有哪些? .....    | (44) |
| 第二节 驱替机理 .....                        | (46) |
| 31. 提高石油采收率的机理是什么? .....              | (46) |
| 32. 注聚合物的作用是什么? .....                 | (46) |
| 33. 在扩大波及体积方面, 聚合物驱油的机<br>理是什么? ..... | (47) |
| 34. 在提高驱油效率方面, 聚合物驱油的机<br>理是什么? ..... | (47) |
| 35. 什么是粘性指进? .....                    | (48) |
| 36. 什么是舌进? .....                      | (48) |
| 37. 为什么聚合物有调剖作用? .....                | (49) |
| 38. 聚合物驱提高的采收率由哪两部分组成? .....          | (49) |
| 39. 聚合物驱油在高、低渗透层中有何特点? .....          | (49) |
| 40. 聚合物驱油的增产幅度为什么会存在<br>差异? .....     | (50) |
| 41. 什么是分散? .....                      | (50) |
| 42. 聚合物注入后, 在地层中会产生哪些不<br>利现象? .....  | (50) |
| 43. 什么叫油层的非均质性? .....                 | (51) |
| 44. 什么是渗透率变异系数? .....                 | (51) |