

石油化工设备技术问答丛书

实用机械密封 技术问答

(第三版)

朱立新 王汝美 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工设备技术问答丛书

实用机械密封技术问答

(第三版)

朱立新 王汝美 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以问答的形式,系统介绍了机械密封的原理、结构、辅助设施、材料、计算等,根据最新的技术发展,重点介绍了石化行业典型机械密封方法、安装使用、故障分析等,并对干气密封作了简单介绍。

本书为石油化工行业从事机泵操作、保运、维修的技术人员和工人编写,具有简单、易懂、实用的特点;对从事机械密封研究和制造的技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

实用机械密封技术问答 / 朱立新,王汝美编著.
—3版. —北京:中国石化出版社,2014.1
ISBN 978-7-5114-2301-6

I. ①实… II. ①朱… ②王… III. ①机械密封-技
术-问题回答 IV. ①TH136-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第241656号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米32开本9.125印张195千字

2014年1月第3版 2014年1月第1次印刷

定价:28.00元

序

设备是企业进行生产的物质技术基础。现代化的石油化工企业，生产连续性强、自动化水平高，且具有高温、高压、易燃、易爆、易腐蚀、易中毒的特点。设备一旦发生问题，会带来一系列严重的后果，往往会导致装置停产、环境污染、火灾爆炸、人身伤亡等重大事故的发生。因而石油化工厂的设备更体现了设备是企业进行生产、发展的重要物质基础。“基础不牢、地动山摇”。设备状况的好坏，直接影响着石油化工企业生产装置的安全、稳定、长周期运行，从而也影响着企业的经济效益。

确保石油化工厂设备经常处于良好的状况，就必须强化设备管理，广泛应用先进技术，不断提高检修质量，搞好设备的操作和维护，及时消除设备隐患，排除故障，提高设备的可靠度，从而确保生产装置的安全、稳定、长周期运行。

为了加强企业“三基”工作，适应广大石油化工设备管理、操作及维护检修人员了解设备、熟悉设备，懂得设备的结构、性能、作用及可能发生的故障和预防措施，以提高消除隐患，排除故障，搞好操作和日常维护能力的需要，中国石化出版社针对石油化工厂常见的各类设备，诸如，各类泵、压缩机、风机及驱动器、各类工业炉、塔、反应器、压力容器，各类储罐、换热设备，以及各类工业管线、阀门管件等等，组织长期工作在石油化工企业基层，有一定设备理论知识和实践经验的专家和技术人员，以设备技术问答的形式，编写了一系列“石油化工设备技术问答丛书”，供大家学习和阅读，希望对广大读者有所帮助。本书即为这套丛书之一。

中国石化设备管理协会副会长 胡安定

第三版前言

本书初版于1995年，面世十几年来，累计印刷发行24000册，深受从事机泵维护管理工作的广大工程技术人员和机泵维修钳工的欢迎，为石化行业机泵的维护工作做出了应有的贡献。

随着人们对环境保护的日益关注，生产装置长周期安全运行，要求提高机械密封的工作可靠性和延长使用寿命，都对机械密封安装和维修的技术水平、工作质量提出了新的要求。为此，本书在原第二版的内容基础上进行了修订，修订后不仅保持了其通俗易懂、内容实用的特点，而且更加体现了发展变化，具有更强的规范化和实用性。

本次修订除第三章、第十章原文基本未作修改外，其余各章均作了修改，尤其对第一章、第五章、第七章作了较大修改。新增及更新了一些问题，删除了一些不规范或过时的内容，更新、增加了90余张图表。

API 682标准促进了密封技术创新和发展，第一章增加了API 682标准第3版中的主要内容、密封形式、密封布置方式；集装箱式机械密封是正在大力推广的结构形式，波纹管式机械密封应用广泛，更新了集装箱式机械密封及波纹管式机械密封的特点；根据机械密封的特点和分类，增加了接触式和非接触式密封区别等内容，更新了单弹簧式和多弹簧式、平衡型和非平衡型机械密封等内容；按照炼化企业对机械密封泄漏零容忍的要

求，增加了安全密封、零逸出密封技术内容；删除了双端面密封特点、采用串联机械密封的工况要求，等等。

API 682 标准强化密封辅助系统的作用和功能，将第五章标题“机械密封的辅助设施”改成“机械密封系统”；增加了机械密封辅助系统作用和选用、机械密封温度控制系统等内容；根据 API 682 标准推荐应用的密封系统，增加了 API 682 标准机械密封冲洗布置方案，删除了单端面、双端面机械密封辅助系统的布置等内容。

第七章标题“石化行业典型泵的密封”改成“石化行业特殊工况的泵用机械密封”。根据炼化行业在新建、改扩建装置和设备更新时，采用泵的轴端密封应符合 API 682 标准规定的要求，增加了高温油泵机械密封改造和技术升级要求、高温串联密封及冲洗布置系统特点、轻烃泵用串联机械密封及系统特点等内容；删除了高温泵采用双端面密封、轻烃泵机械密封的处理等内容。

第二章增加了机械密封的基本元件作用、辅助密封元件的形式和特点等内容；第四章增加了 API 682 标准选择密封材料、焊接金属波纹管加工、热处理及检测等内容，更新了硬质合金、陶瓷、碳化硅、常用合成橡胶、耐腐蚀耐高温的波纹管用材料等内容；第八章更新了安装机械密封的泵的技术要求及机械密封的安装步骤等内容；第九章更新了高温泵密封失效统计、密封失效实例一和实例二等内容。

由于水平有限，难免有错误或不当之处，如有不妥之处，恳请读者提出宝贵意见。

目 录

第一章 机械密封原理	(1)
1. 什么是机械密封?	(1)
2. 机械密封由哪几部分组成?	(1)
3. 机械密封是怎样实现密封的? 可能泄漏途径 有哪几个?	(2)
4. 机械密封装置由哪几部分组成?	(3)
5. 机械密封有哪些特点? 机械密封技术的发展 有哪些特点?	(4)
6. 机械密封有哪些种类?	(5)
7. 接触式和非接触式密封有什么区别?	(5)
8. 何为旋转式和静止式机械密封? 各有何特点? ...	(6)
9. 内装式和外装式密封有何区别?	(7)
10. 什么叫内流型和外流型机械密封?	(7)
11. 单弹簧式和多弹簧式机械密封有什么区别?	(8)
12. 补偿机构除了用弹簧外, 还有什么结构?	(9)
13. 单密封、双密封及多密封有什么区别?	(10)
14. 平衡型和非平衡型密封是怎样划分的?	(11)
15. 波纹管式机械密封有何特点?	(12)

16. 什么是集装式密封? 有何特点?	(13)
17. 安全密封有哪些类型?	(15)
18. 为什么要推广零逸出密封技术?	(15)
19. API 682: 2004 标准包含哪些内容?	(16)
20. API 682: 2004 标准规定了哪三种密封形式?	(17)
21. API 682: 2004 标准规定了哪三种密封布置 方式?	(19)
22. 国产 B104 型机械密封简介	(22)
23. 机械密封的基本元件有哪些作用?	(23)
第二章 机械密封的基本元件	(25)
24. 对机械密封的密封环有哪些要求?	(25)
25. 摩擦副匹配要考虑哪些因素?	(26)
26. 密封端面的宽度要考虑哪些因素?	(26)
27. 对密封环有哪些主要的技术要求?	(27)
28. 密封端面的平面度怎样检测?	(28)
29. 怎样确定干涉条纹的数量?	(29)
30. 为什么对密封端面的粗糙度要求很高?	(30)
31. 动环有几种? 各有何特点?	(30)
32. 静环有几种?	(32)
33. 整体式密封环有哪些种类?	(33)
34. 为什么出现组合式密封环?	(34)
35. 带 O 形圈的组合式密封环结构有何特点?	(34)
36. 热装式密封环的结构有何特点?	(35)
37. 焊接的组合式密封环有哪些特点?	(36)
38. 钎焊的组合式密封环结构有何特点?	(36)
39. 热装式密封环失效的原因是什么?	(37)
40. 热装式密封环确定过盈值的原则是什么?	(38)

41. 怎样确定热装式密封环的过盈值?	(39)
42. 环座的加热温度怎样确定?	(40)
43. 热装式密封环怎样进行操作?	(41)
44. 热装式密封环怎样进行强度校核?	(41)
45. 请举一个强度校核的计算实例?	(43)
46. 常用热装式密封环的环座材料使用温度 是多少?	(45)
47. 辅助密封元件有哪几种形式? 各有什么 特点?	(46)
48. 传动元件的作用是什么?	(48)
49. 旋转式机械密封轴套和传动座的传动方式 有几种?	(48)
50. 旋转式机械密封传动座和动环的传动方式 有几种?	(51)
51. 静止式机械密封的动环是怎样旋转的?	(52)
52. 旋转型机械密封的静环防转方法有几种?	(54)
53. 集装式密封的轴套是怎样传动的?	(55)
54. 机械密封的弹性元件有哪几种? 各有何特点?	(56)
55. 波纹管式机械密封有哪几种?	(57)
56. 焊接金属波纹管密封的特点是什么?	(58)
57. 焊接金属波纹管的弹率怎样计算?	(59)
58. 为什么会出现非对称型波纹管?	(60)
59. 非对称型波纹管有何特点?	(61)
第三章 机械密封的计算	(62)
60. 在使用现场对机械密封进行哪些计算?	(62)
61. 密封环受力状况是怎样的?	(62)
62. 密封端面中液膜压力是怎样分布的?	(63)

63. 怎样计算液膜压力和膜压系数?	(64)
64. 易汽化介质中密封端面间液膜压力是怎样 分布的?	(64)
65. 易汽化介质的膜压系数怎样确定?	(65)
66. 膜压系数受哪些因素影响?	(66)
67. 在现场怎样测定弹性力的大小?	(67)
68. 什么是弹簧比压? 怎样计算?	(67)
69. 载荷系数怎样定义? 其意义是什么?	(67)
70. 为什么要计算端面比压?	(68)
71. 内装内流型密封的端面比压怎样计算?	(69)
72. 外装外流非平衡型密封端面比压怎样计算? ...	(70)
73. 外装外流平衡型密封中的端面比压怎样计算? ...	(72)
74. 双端面密封的端面比压怎样计算?	(73)
75. 常用的端面比压值为多少?	(74)
76. 波纹管式机械密封的计算有何特点?	(74)
77. 什么是波纹管的有效作用直径?	(75)
78. 波纹管的有效作用直径怎样计算?	(76)
79. pv 值的意义是什么?	(76)
80. pv 值有几种? 怎样计算?	(77)
81. 常用摩擦副材料组合的许用 $[p_1v]$ 值是多少?	(78)
第四章 机械密封用材料	(79)
82. 对机械密封的摩擦副材料有哪些要求?	(79)
83. 如何选用摩擦副密封面材料?	(79)
84. 为什么常用碳石墨来做密封面软材料?	(80)
85. 石墨浸渍剂有哪些? 各有何特点?	(82)
86. 常用浸渍石墨的耐腐蚀性能怎样?	(84)
87. 制造密封环用哪些金属材料?	(85)

88. 高硅铁有何特点?	(86)
89. 哪些合金钢可制作密封环?	(86)
90. 哪些青铜材料可做密封环?	(87)
91. 在强腐蚀性介质中采用什么材料的密封环? ...	(87)
92. 什么是硬质合金? 常用的硬质合金有哪些? ...	(88)
93. 硬质合金有哪些优良性能?	(90)
94. 钴基硬质合金有哪些特点?	(90)
95. 什么是耐腐蚀硬质合金?	(92)
96. 哪种硬质合金可以焊接?	(92)
97. 钢结硬质合金有哪些特点?	(93)
98. 表面堆焊用硬质合金有哪些?	(94)
99. 哪些陶瓷可以做密封环? 各有何特点?	(95)
100. 碳化硅有哪些特点? 使用中应注意什么?	(96)
101. 聚四氟乙烯有哪些特性? 用其制造的密封环 适用于什么场合?	(98)
102. 对辅助密封的材料有哪些要求?	(100)
103. 常用哪些合成橡胶制造辅助密封圈? 各有何特点?	(101)
104. 聚四氟乙烯(PTFE)辅助密封圈有何特点?	(104)
105. 柔性石墨有哪些优良性能?	(105)
106. 高压下采用什么材料制造辅助密封圈?	(105)
107. 制造机械密封弹簧的材料有哪些?	(106)
108. 制造波纹管的材料有哪些?	(107)
109. 高温下工作的波纹管选用什么材料?	(108)
110. 耐腐蚀耐高温的波纹管用什么材料制造? ...	(109)
111. 焊接金属波纹管是如何加工的?	(110)
112. 波纹管端的补偿环镶嵌时效时间是多少? ...	(111)

113.	焊接金属波纹管是怎样热处理的？	(112)
114.	如何检测焊接金属波纹管？	(113)
115.	热装式密封环的环座用什么材料制造？	(113)
116.	机械密封中其他零件用什么材料制造？	(115)
第五章	机械密封系统	(116)
117.	API 682：2004 标准如何选择密封材料？	(116)
118.	机械密封辅助系统有哪些作用？如何选用？	(117)
119.	为什么要选用机械密封温度控制系统？	(118)
120.	冲洗的目的是什么？	(118)
121.	自冲洗有几种？	(119)
122.	循环冲洗用于什么工作条件？	(121)
123.	注入式冲洗用在什么场合？	(122)
124.	冲洗液进入密封腔的方式有几种？	(122)
125.	冲洗量是怎样确定的？	(124)
126.	怎样控制冲洗量？	(125)
127.	冲洗的压力怎样确定？	(127)
128.	密封腔中的压力怎样确定？	(127)
129.	对冲洗用的密封流体有何要求？	(129)
130.	高温油泵用什么流体做冲洗液较好？	
	为什么？	(130)
131.	轻烃和轻油泵密封采用什么辅助设施？	(130)
132.	装置内的冲洗液管线怎样设置？	(131)
133.	机械密封的冷却方式有几种？	(132)
134.	背冷有哪些作用？	(132)
135.	怎样选择机械密封温度控制方式？	(133)
136.	什么是循环冷却？	(134)
137.	如何选用压力控制系统？	(135)

138. 常用的固体杂质清除系统有哪几种?	(136)
139. 机械密封冲洗用过滤器有哪几种?	(136)
140. API 682 标准机械密封冲洗布置方案简介	(138)
第六章 密封性的影响因素	(143)
141. 影响密封性的因素有哪些?	(143)
142. 摩擦状态有几种?	(143)
143. 什么是流体摩擦? 泄漏量怎样?	(143)
144. 什么是混合摩擦? 泄漏量怎样?	(144)
145. 什么是边界摩擦? 影响泄漏量的因素 有哪些?	(144)
146. 出现边界摩擦的条件是什么? 边界摩擦 有何特点?	(145)
147. 什么是干摩擦?	(147)
148. 干或半干摩擦状态有什么特点?	(148)
149. 载荷系数怎样影响密封性?	(148)
150. 弹簧比压对密封性有何影响?	(150)
151. 密封端面的粗糙度对密封性有什么影响? ...	(150)
152. 密封环变形的原因有哪些?	(152)
153. 两密封端面之间的缝隙形状对密封性有 何影响?	(153)
154. 产生密封端面不平行的原因有哪些?	(155)
155. 密封端面的机械变形是怎样引起的?	(155)
156. 密封环的热变形是怎样产生的?	(158)
157. 如何避免因温度变化造成密封介质的 变质问题?	(159)
158. 密封端面的宽度对密封性有何影响?	(160)

第七章 石化行业特殊工况的泵用机械密封	(161)
159. 石化行业机泵密封的难点是什么?	(161)
160. 石化行业高温油泵的特点是什么?	(161)
161. 为什么高温油泵要选用焊接金属波纹管机械密封?	(162)
162. 典型高温油泵用单端面波纹管机械密封有何特点?	(163)
163. “硬对硬”的密封应用情况怎样?	(165)
164. 焊接金属波纹管机械密封在应用中存在哪些问题?	(166)
165. 炼化行业对高温油泵机械密封改造和技术升级有哪些要求?	(168)
166. 高温串联密封和冲洗布置 Plan32 + 53A 系统有何特点?	(169)
167. 高温串联密封和冲洗布置 Plan32 + 53B 系统有何特点?	(172)
168. 高温串联密封和冲洗布置 Plan32 + 54 系统有何特点?	(174)
169. 什么是 ECS 密封?	(176)
170. 易挥发液体泵用机械密封有何特点?	(177)
171. 轻烃泵密封的特点是什么?	(177)
172. 沸腾半径的影响因素有哪些?	(179)
173. 沸腾半径怎样影响密封性?	(179)
174. 轻烃泵密封参数怎样选择?	(180)
175. 轻烃泵用单端面机械密封有何特点?	(180)
176. 轻烃泵用串联机械密封及系统效果如何?	(182)
177. 泵用接触式机械密封 - 干气密封有什么	

特点？	(184)
178. 轻烃泵的摩擦副怎样匹配较好？	(186)
179. 汽相密封的结构有何特点？	(187)
180. 汽相密封的应用范围怎样？	(188)
181. 汽相密封用水蒸气的加热参数如何？	(189)
182. 汽相密封的工作原理是什么？	(190)
183. 低温泵密封的特点是什么？	(191)
184. 甲烷泵怎样密封？	(192)
185. 高温热水泵用机械密封有何特点？	(194)
186. 什么叫高速机械密封？用于何处？	(195)
187. 高速机械密封为什么采用静止式结构？	(198)
188. 高速机械密封为什么消耗功率较大？	(198)
189. 高速机械密封为什么追随性不良？	(200)
190. 高速机械密封为什么对动环端面与轴中心线的 垂直度要求高？	(201)
191. 高速机械密封的特点是什么？	(202)
192. 高压泵用机械密封有什么特点？	(202)
第八章 机械密封的安装和使用	(204)
193. 安装和使用对机械密封有什么特殊意义？	(204)
194. 为什么对泵也提出一些安装方面的要求？	(205)
195. 安装机械密封的泵应有哪些技术要求？	(206)
196. 密封腔与轴的同轴度怎样测量？	(208)
197. 密封腔端面与轴的垂直度怎样测量？	(208)
198. 安装密封前要了解哪些关于泵及介质的 问题？	(208)
199. 安装密封前要做好哪些准备工作？	(209)
200. 静环怎样向压盖中安装？	(210)

201.	机械密封怎样定位？	(211)
202.	机械密封的安装步骤如何？	(212)
203.	不同结构的离心泵在安装机械密封时应注意 哪些问题？	(215)
204.	密封失效原因中哪些属于使用不当？	(216)
205.	泵的振动是怎样影响密封性的？	(216)
206.	为什么说“抽空”是机械密封最大的“敌人”？ ...	(217)
207.	离心泵抽空的原因是什么？	(219)
208.	抽空和汽蚀有什么区别？	(219)
209.	从工艺操作上如何减少抽空和汽蚀？	(221)
210.	外冲洗对减少汽蚀的破坏有何作用？	(221)
211.	从机械密封结构上怎样减少汽蚀的危害？ ...	(221)
第九章	机械密封的故障分析	(223)
212.	为什么要开展对机械密封的故障分析？	(223)
213.	进行故障分析需做好哪些基础工作？	(224)
214.	怎样进行故障分析？	(224)
215.	密封端面上的摩擦痕迹大于密封面的宽度 是什么原因？	(225)
216.	摩擦痕迹小于密封面的宽度是什么原因？ ...	(226)
217.	密封面上没有摩擦痕迹是什么原因？	(227)
218.	摩擦痕迹等于密封面的宽度出现泄漏 是什么原因？	(228)
219.	石墨环表面出现均匀的环状沟纹是什么 原因？	(228)
220.	石墨环表面中间有一条深沟是什么原因？ ...	(229)
221.	石墨环内边缘磨损是什么原因？	(230)
222.	石墨环的承磨台被磨掉是什么原因？	(230)

223. 石墨环外缘出现缺口是什么原因? (231)
224. 石墨环腐蚀是什么原因? (232)
225. 石墨环断裂是什么原因? (232)
226. 石墨环表面出现蚀坑是什么原因? (233)
227. 硬质合金的密封环出现沟纹是什么原因? ... (234)
228. 硬质合金环表面灼烧和裂纹是什么原因? ... (234)
229. 怎样判断热装式密封环松脱? (234)
230. 动环不能补偿是什么原因? (236)
231. 辅助密封圈易出现哪些失效现象?
原因是什么? (237)
232. 传动座易出现哪些故障? (237)
233. 弹簧在哪些介质中容易断裂? (238)
234. 轴套表面出现麻坑是什么原因? (239)
235. 液态烃泵机械密封泄漏的原因有哪些? (239)
236. 泵抽空机械密封出现哪些失效现象? (240)
237. 汽蚀能产生哪些失效现象? (241)
238. 密封端面上汽化有哪些失效现象? (241)
239. 泵振动过大易出现哪些故障? (242)
240. 没有冲洗或冲洗中断时易出现哪些故障? ... (242)
241. 冲洗量不合适会出现哪些故障? (243)
242. 急冷介质选择不当会出现哪些故障? (244)
243. 静环端面倾斜会出现哪些故障? (244)
244. 动环材料选择不合适易发生哪些故障? (245)
245. 泵用机械密封检修有哪些误区? (246)
246. 机械密封安装后就出现泄漏是什么原因? ... (248)
247. 新安装的机械密封运转就发热是什么