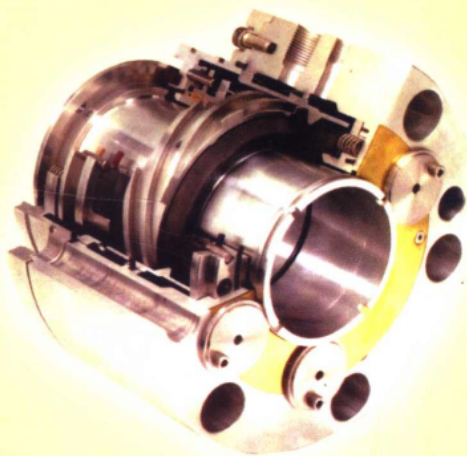


石油化工设备技术问答丛书

实用机械密封 技术问答

(第二版)

王汝美 编著



中国石化出版社

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

责任编辑 白 桦 王金祜
责任校对 张小宏
封面设计 北京精美实华广告中心

内 容 提 要:

本书以问答的形式,系统地介绍了机械密封的原理、结构、辅助设施、材料和计算,并根据作者近三十年的积累,重点介绍了石化行业典型泵用机械密封方法、安装使用和故障分析等。

本书特为石油化行业从事机泵维修的技术人员和工人而写,对从事机械密封研究和制造的人员也很有参考价值。

ISBN 7-80164-405-0



9 787801 644053

ISBN 7-80164-405-0/TH-013

定 价: 18.00元

销售分类: 机械 / 石化设备 / 职工培训

实用机械密封技术问答

(第二版)

王汝美 编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以问答的形式,系统地介绍了机械密封的原理、结构、辅助设施、材料和计算,并根据作者近三十年的积累,重点介绍了石化行业典型泵用机械密封方法、安装、使用和故障分析等。

本书特为石油化工行业从事机泵维修的技术人员和工人而写,对从事机械密封研究和制造的人员也很有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

实用机械密封技术问答/王汝美编.—2版.
—北京:中国石化出版社,2004(2006.3重印)
ISBN 7-80164-405-0

I. 实… II. 王… III. 机械密封-技术-问答
IV. TH136-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 007511 号

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.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 32 开本 7.75 印张 174 千字

2006 年 3 月第 2 版第 6 次印刷

定价:18.00 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。因而石油化工企业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。

为了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、风机及驱动机、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专业技术人员，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。

原中国石化总公司生产部副主任
中国石化设备管理协会副会长

胡安定

再版前言

本书第一版自 1995 年出版以来，以其通俗易懂、内容实用的特点赢得了广大技术人员和工人们的欢迎。第一版已 4 次印刷，累计印数达 11000 册。

多年来，本书为现场技术人员、工人以及设备管理人员了解石油化工厂常用机械密封的基本知识，熟悉其操作与维修的基本特点，维持安全、高效、长周期运行和加强管理、提高岗位技能起了极大的作用。随着时间的推移和技术的进步，原书内容也需要更新，使之更系统、更全面、更贴近现场实际，特别是干气密封技术趋于成熟，使用前景广阔，本书也进行了阐述。

希望本书的再版能更好地为读者服务，为生产现场服务，为装置的“安稳长满优”运行、提高经济效益服务。

针对书中的纰漏或错误，欢迎广大读者批评指正。

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?	(2)
4. 有人把辅助设施也作为机械密封的组成部分, 你认为如何?	(2)
5. 机械密封有哪些种类?	(3)
6. 何为旋转式和静止式机械密封? 各有何特点?	(3)
7. 内装式和外装式密封有何区别?	(4)
8. 什么叫内流型和外流型机械密封?	(5)
9. 多弹簧和单弹簧机械密封有什么区别?	(5)
10. 补偿机构除了用弹簧外, 还有什么结构?	(6)
11. 平衡型和非平衡型密封是怎样划分的?	(7)
12. 双端面密封有何特点?	(8)
13. 什么工况采用串联机械密封?	(9)
14. 波纹管式机械密封有何特点?	(9)
15. 什么是集装式密封? 有何特点?	(9)
16. 国产 104 和 B104 型机械密封简介	(10)
第二章 机械密封的基本元件	(12)
17. 对机械密封的密封环有哪些要求?	(12)
18. 摩擦副匹配要考虑哪些因素?	(13)
19. 密封端面的宽度要考虑哪些因素?	(13)
20. 对密封环有哪些主要的技术要求?	(14)
21. 密封端面的平面度怎样检测?	(15)

22. 怎样确定干涉条纹的数量? (15)
23. 为什么对密封端面的粗糙度要求很高? (16)
24. 动环有几种? 各有何特点? (17)
25. 静环有几种? (18)
26. 目前应用的密封环有哪些种类? (19)
27. 整体式密封环有哪些种类? (19)
28. 为什么出现组合式密封环? (20)
29. 带 O 形圈的组合式密封环结构怎样? (20)
30. 热装式密封环的结构怎样? (21)
31. 焊接的组合式密封环有哪些特点? (22)
32. 钎焊的组合式密封环结构怎样? (23)
33. 热装式密封环失效的原因是什么? (23)
34. 热装式密封环确定过盈值的原则是什么? (25)
35. 怎样确定热装式密封环的过盈值? (25)
36. 环座的加热温度怎样确定? (27)
37. 热装式密封环怎样进行操作? (27)
38. 热装式密封环怎样进行强度校核? (28)
39. 请举一个强度校核的计算实例? (29)
40. 常用热装式密封环的环座材料使用温度是多少? (31)
41. 辅助密封圈有几种? (33)
42. 对辅助密封圈有哪些要求? (33)
43. 传动机构的作用是什么? (33)
44. 旋转式机械密封轴套和传动座传动方式有几种? (34)
45. 旋转式机械密封传动座和动环的传动方式有几种? (36)
46. 静止式机械密封的动环是怎样旋转的? (37)
47. 旋转型机械密封的静环防转方法有几种? (38)
48. 集装式密封的轴套是怎样传动的? (39)
49. 机械密封的弹性元件有哪几种? 各有何特点? (41)
50. 波纹管式机械密封有哪几种? (42)
51. 焊接金属波纹管密封的特点是什么? (42)

52. 焊接金属波纹管的弹率怎样计算?	(42)
53. 为什么会出现非对称型波纹管?	(43)
54. 非对称型波纹管有何特点?	(44)
第三章 机械密封的计算	(46)
55. 在使用现场对机械密封进行哪些计算?	(46)
56. 密封环受力状况是怎样的?	(46)
57. 密封端面中液膜压力是怎样分布的?	(47)
58. 怎样计算液膜压力和膜压系数?	(48)
59. 易汽化介质中密封端面间液膜压力是怎样分布的? ...	(48)
60. 易汽化介质的膜压系数怎样确定?	(49)
61. 膜压系数受哪些因素影响?	(50)
62. 在现场怎样测定弹性力的大小?	(51)
63. 什么是弹簧比压? 怎样计算?	(51)
64. 载荷系数怎样定义? 其意义是什么?	(51)
65. 为什么要计算端面比压?	(52)
66. 内装内流型密封的端面比压怎样计算?	(53)
67. 外装外流非平衡型密封端面比压怎样计算?	(54)
68. 外装外流平衡型密封中的端面比压怎样计算?	(56)
69. 双端面密封的端面比压怎样计算?	(57)
70. 常用的端面比压值为多少?	(58)
71. 波纹管式机械密封的计算有何特点?	(58)
72. 什么是波纹管的有效作用直径?	(58)
73. 波纹管的有效作用直径怎样计算?	(59)
74. pv 值的意义是什么?	(60)
75. pv 值有几种? 怎样计算?	(61)
76. 常用摩擦副材料组合的许用 $[pv]$ 值是多少?	(61)
第四章 机械密封用材料	(63)
77. 对机械密封的摩擦副材料有哪些要求?	(63)
78. 制造摩擦副的材料有哪几类?	(63)

79. 为什么常用碳 - 石墨来做摩擦副? (64)
80. 石墨有几种? 各有何特点? (65)
81. 石墨浸渍剂有哪些? 各有何特点? (65)
82. 常用浸渍石墨的耐腐蚀性能怎样? (67)
83. 制造密封环用哪些金属材料? (68)
84. 铸铁和碳钢有何特点? 适用什么介质? (69)
85. 高硅铁有何特点? (69)
86. 哪些合金钢可制作密封环? (70)
87. 哪些青铜材料可做密封环? (71)
88. 在强腐蚀性介质中采用什么材料的密封环? (71)
89. 什么是硬质合金? 常用的硬质合金有哪些? (71)
90. 硬质合金有哪些优良性能? (73)
91. 钴基硬质合金有哪些特点? (73)
92. 什么是耐腐蚀硬质合金? (74)
93. 哪种硬质合金可以焊接? (75)
94. 钢结硬质合金有哪些特点? (76)
95. 表面堆焊用硬质合金有哪些? (77)
96. 哪些陶瓷可以做密封环? 各有何特点? (78)
97. 碳化硅有哪些特点? 使用中应注意什么? (79)
98. 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? (81)
99. 辅助密封圈常用哪些材料制造? (83)
100. 常用哪些合成橡胶制造辅助密封圈? 各有何特点? ... (84)
101. 柔性石墨有哪些优良性能? (85)
102. 高压下采用什么材料制造辅助密封圈? (86)
103. 制造机械密封弹簧的材料有哪些? (86)
104. 制造波纹管的材料有哪些? (87)
105. 高温下工作的波纹管选用什么材料? (88)
106. 耐腐蚀耐高温的波纹管用什么材料制造? (89)
107. 热装式密封环的环座用什么材料制造? (90)

108. 机械密封中其他零件用什么材料制造?	(92)
第五章 机械密封的辅助设施	(93)
109. 机械密封为什么要用辅助设施?	(93)
110. 机械密封的辅助设施包括哪些内容?	(95)
111. 自冲洗有几种?	(96)
112. 循环冲洗用于什么工作条件?	(98)
113. 注入式冲洗用在什么场合?	(98)
114. 冲洗液进入密封腔的方式有几种?	(99)
115. 冲洗量是怎样确定的?	(101)
116. 怎样控制冲洗量?	(101)
117. 冲洗的压力怎样确定?	(103)
118. 密封腔中的压力怎样确定?	(103)
119. 对冲洗用的密封流体有何要求?	(105)
120. 热油泵用什么流体做冲洗液较好? 为什么?	(106)
121. 烷基化装置中浓硫酸泵用什么流体冲洗?	(106)
122. 轻烃和轻油泵密封采用什么辅助设施?	(107)
123. 装置内的冲洗液管线怎样设置?	(107)
124. 机械密封的冷却方式有几种?	(108)
125. 怎样确定冷却方式?	(109)
126. 机械密封冲洗用过滤器有哪几种?	(111)
127. 机械密封的辅助系统怎样布置?	(113)
128. 在 API 610 中单端面密封的辅助系统是怎样 布置的?	(115)
129. 在 API 610 中双端面密封的辅助系统是怎样 布置的?	(116)
130. 何种工作条件选用辅助设施?	(117)
第六章 密封性的影响因素	(119)
131. 影响密封性的因素有哪些?	(119)
132. 摩擦状态有几种?	(119)

133. 什么是液体摩擦? 泄漏量怎样?	(119)
134. 什么是混合摩擦? 泄漏量怎样?	(120)
135. 什么是边界摩擦? 影响泄漏量的因素有哪些?	(120)
136. 出现边界摩擦的条件是什么? 边界摩擦有何特点?	(121)
137. 干或半干摩擦状态有什么特点?	(123)
138. 载荷系数怎样影响密封性?	(124)
139. 弹簧比压对密封性有何影响?	(125)
140. 密封端面的粗糙度对密封性有什么影响?	(126)
141. 两密封端面之间的缝隙形状对密封性有何影响?	(128)
142. 产生密封端面不平行的原因有哪些?	(130)
143. 密封端面的机械变形是怎样引起的?	(131)
144. 密封环的热变形是怎样产生的?	(133)
145. 滑动速度和摩擦副材料怎样影响密封性?	(134)
146. 介质粘度对泄漏量有何影响?	(135)
147. 密封端面的宽度对密封性有何影响?	(136)
148. 离心力对泄漏量有何影响?	(136)
第七章 石化行业典型泵的密封	(137)
149. 石化行业机泵密封的难点是什么?	(137)
150. 石化行业高温泵的特点是什么?	(137)
151. 热油泵机械密封失效的主要形式和原因是什么?	(138)
152. 怎样降低热油泵密封的温度?	(138)
153. 热油泵采用单端面机械密封怎样才有好的效果?	(139)
154. 热油泵采用焊接金属波纹管密封的效果如何?	(140)
155. 高温泵采用双端面密封的情况怎样?	(141)
156. “硬对硬”的密封应用情况怎样?	(141)
157. 轻烃泵密封的特点是什么?	(142)
158. 沸腾半径的影响因素有哪些?	(144)
159. 沸腾半径怎样影响密封性?	(144)

160. 轻烃泵密封参数怎样选择?	(145)
161. 轻烃泵的摩擦副怎样匹配较好?	(146)
162. 轻烃泵密封采用哪些辅助设施?	(146)
163. 怎样处理轻烃泵的机械密封?	(147)
164. 汽相密封的结构怎样?	(149)
165. 汽相密封的应用范围怎样?	(150)
166. 汽相密封用水蒸气的加热参数如何?	(151)
167. 汽相密封的工作原理是什么?	(152)
168. 低温泵密封的特点是什么?	(153)
169. 甲烷泵怎样密封?	(154)
170. 简易机械密封的结构怎样?	(156)
171. 简易机械密封的应用范围怎样?	(157)
172. 什么叫高速机械密封? 用于何处?	(157)
173. 高速机械密封为什么采用静止式结构?	(159)
174. 高速机械密封为什么消耗功率较大?	(159)
175. 高速机械密封为什么追随性不良?	(161)
176. 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?	(162)
177. 高速机械密封的特点是什么?	(163)
第八章 机械密封的安装和使用	(165)
178. 安装和使用对机械密封有什么特殊意义?	(165)
179. 为什么对泵也提出一些安装方面的要求?	(166)
180. 安装机械密封的泵应有哪些技术要求?	(166)
181. 密封箱与轴的同轴度怎样测量?	(168)
182. 密封箱端面与轴垂直度怎样测量?	(168)
183. 安装密封前要了解哪些关于泵及介质的问题?	(169)
184. 安装密封前要做好哪些准备工作?	(169)
185. 静环怎样向压盖中安装?	(170)
186. 机械密封怎样定位?	(171)

187. 机械密封的安装步骤如何?	(172)
188. 不同结构的离心泵在安装机械密封时应 注意哪些问题?	(173)
189. 密封失效原因中哪些属于使用不当?	(174)
190. 泵的振动是怎样影响密封性的?	(174)
191. 为什么说“抽空”是机械密封最大的“敌人”?	(175)
192. 离心泵抽空的原因是什么?	(177)
193. 抽空和汽蚀有什么区别?	(177)
194. 减压塔底泵的机械密封为什么容易失效?	(179)
195. 从工艺操作上如何减少抽空和汽蚀?	(179)
196. 外冲洗对减少汽蚀的破坏有何作用?	(180)
197. 从机械密封结构上怎样减少汽蚀的危害?	(180)
第九章 机械密封的故障分析	(182)
198. 为什么要开展对机械密封的故障分析?	(182)
199. 进行故障分析需做好哪些基础工作?	(183)
200. 怎样进行故障分析?	(183)
201. 密封端面上的摩擦痕迹大于密封面的宽度 是什么原因?	(184)
202. 摩擦痕迹小于密封面的宽度是什么原因?	(185)
203. 密封面上没有摩擦痕迹是什么原因?	(187)
204. 摩擦痕迹等于密封面的宽度出现泄漏是什么原因?	(187)
205. 石墨环表面出现均匀的环状沟纹是什么原因?	(187)
206. 石墨环表面中间有一条深沟是什么原因?	(188)
207. 石墨环内边缘磨损是什么原因?	(189)
208. 石墨环的承磨台被磨掉是什么原因?	(189)
209. 石墨环外缘出现缺口是什么原因?	(190)
210. 石墨环腐蚀是什么原因?	(191)
211. 石墨环断裂是什么原因?	(191)
212. 石墨环表面出现蚀坑是什么原因?	(192)

213. 硬质合金的密封环出现沟纹是什么原因?	(193)
214. 硬质合金环表面灼烧和裂纹是什么原因?	(193)
215. 怎样判断热装式密封环松脱?	(193)
216. 动环不能补偿是什么原因?	(195)
217. 辅助密封圈易出现哪些失效现象? 原因是什么?	(196)
218. 传动座易出现哪些故障?	(197)
219. 弹簧在哪些介质中容易断裂?	(198)
220. 轴套表面出现麻坑是什么原因?	(198)
221. 焊接金属波纹管易出现哪些故障?	(198)
222. 泵抽空机械密封出现哪些失效现象?	(200)
223. 汽蚀能产生哪些失效现象?	(201)
224. 密封端面上汽化有哪些失效现象?	(201)
225. 泵振动过大易出现哪些故障?	(202)
226. 没有冲洗时易出现哪些故障?	(202)
227. 冲洗量不合适会出现哪些故障?	(203)
228. 压盖用的冷却介质选择不当会出现哪些故障?	(204)
229. 静环端面倾斜会出现哪些故障?	(204)
230. 动环材料选择不合适易发生哪些故障?	(205)
231. 机械密封安装后就出现泄漏是什么原因?	(206)
232. 新安装的机械密封运转就发热是什么原因?	(207)
233. 新安装的机械密封运转时泄漏是什么原因?	(209)
234. 运转相当时间后出现泄漏是什么原因?	(209)
235. 各种故障发生的几率怎样?	(211)
236. 高温泵密封失效统计结果如何?	(212)
237. 密封失效实例一	(214)
238. 密封失效实例二	(215)
239. 机械密封失效实例三	(218)
240. 机械密封失效实例四	(219)
第十章 干气密封简介	(222)
241. 为什么会出现干气密封?	(222)

242. 干气密封的基本结构怎样?	(223)
243. 干气密封的基本原理是什么?	(224)
244. 干气密封是怎样保持平衡的?	(225)
245. 干气密封有哪些特点?	(225)
246. 干气密封有哪些新槽型?	(226)
247. 干气密封的辅助密封圈有哪些改进?	(227)
248. 干气密封的泄漏量怎样?	(227)
249. 压力对泄漏量的影响怎样?	(228)
250. 干气密封是怎样布置的?	(229)
251. 干气密封系统是怎样控制的?	(231)
252. 干气密封的应用参数目前达到什么水平?	(232)
253. 离心压缩机的常用密封方法各有何优缺点?	(232)
254. 干气密封在其他设备上的应用前景如何?	(233)

第一章 机械密封原理

1. 什么是机械密封？

机械密封是一种流体旋转机械的轴封装置。比如离心泵、离心机、反应釜和压缩机等设备。由于传动轴贯穿在设备内外，这样，轴与设备之间存在一个圆周间隙，设备中的介质通过该间隙向外泄漏，如果设备内压力低于大气压，则空气向设备内泄漏，因此必须有一个阻止泄漏的轴封装置。轴封的种类很多，由于机械密封具有泄漏量少和寿命长等优点，所以当今世界上机械密封是这些设备最主要的轴密封方式。机械密封又叫端面密封，在国家有关标准中是这样定义的：“由至少一对垂直于旋转轴线的端面在流体压力和补偿机构弹力(或磁力)的作用以及辅助密封的配合下保持贴合并相对滑动而构成的防止流体泄漏的装置。”

2. 机械密封由哪几部分组成？

机械密封近年来发展很快，根据不同的工况出现了各种各样的结构，但无论哪种结构都由以下四部分组成：

第一部分是由动环和静环组成的密封端面，有时也称为摩擦副。

第二部分是由弹性元件为主要零件组成的缓冲补偿机构，其作用是使密封端面紧密贴合。

第三部分是辅助密封圈，其中有动环和静环密封圈。