

化工节能技术问答

李贵贤 范宗良 毛丽萍 编著



化学工业出版社

化工节能技术问答



· 北 京 ·

本书以问答的形式深入浅出地介绍了化工节能的基本技术问题。主要内容包
括化工节能基础知识、化工节能基本原理、化工单元过程与设备节能技术、
化工节能新技术、化工新能源和可再生能源、化工节能法规知识。

本书内容系统、全面，文字浅显易懂，实用性和可读性强，可供化工企
业能源管理人员、生产技术人员、主要用能设备管理人员、节能技术（设备）
研究开发人员以及高等学校化工类相关专业师生参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

化工节能技术问答/李贵贤，范宗良，毛丽萍编著.
北京：化学工业出版社，2009.3
ISBN 978-7-122-04654-3

I. 化… II. ①李…②范…③毛… III. 化工过程-
节能-问答 IV. TQ062-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 007986 号

责任编辑：郑宇印 戴燕红
责任校对：凌亚男

装帧设计：杨 北

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）
印 装：北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 11½ 字数 319 千字
2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：35.00 元

版权所有 违者必究

序

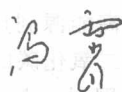
随着石油价格飞涨、能源供应紧张、温室效应加剧，人类社会的可持续发展面临着能源危机的严峻考验，“开源节流”是应对能源危机的唯一办法。对我国而言，“开源”受到多方面的限制，“节流”则是应对能源危机的最好办法之一。所谓“节流”就是节能，即节约能源，提高能源利用率。目前世界各国已把节能视为除煤炭、石油、天然气和水力四大常规能源外的另一独立能源，称为“第五大能源”。节约能源，提高能源利用率，可在相同 GDP 的情况下降低能源消耗的总量，减少二氧化碳的排放量，对保护地球环境、建立和谐社会具有积极意义。同时，节能还涉及国家战略安全，因此节能工作势在必行。

节能减排对化工行业是挑战更是机遇。我国化工行业总体上还未摆脱高污染、高能耗、高资源消耗的局面，属于高耗能产业，对于资源的依赖性较大。化工行业能源消耗量大、利用率低，是推行节能降耗的重点行业。

我国政府一直重视节能工作，早在 1981 年，五届全国人大四次会议就确定了“开发与节能并重，近期把节能放在优先地位”的能源发展方针。在 1991 年确定了节能是我国经济和社会发展的一项长期战略方针。几十年来，化工节能技术取得了明显的进步，收到了良好的节能效果，但与发达国家相比，还有较大差距。根据国家“十一五”规划，到 2010 年，中国的单位 GDP 能耗要比“十五”期末降低 20% 左右，这意味着今后 5 年每年单位 GDP 能耗下降 4%。这个规划的思路是中国解决能源问题的第一方案，就是节能。化工行业年能耗达到 2.7 亿吨标准煤，万元产值能耗高达 3.5 吨标准煤，是其它行业的两三倍。化工行业的每一个技术革新，都可以让一个产品的能耗显著降低。比如，生产烧碱由隔膜法改为离子法，每吨能耗可降低 400 多千克标准煤。在开发新能源方面，每一种能源的转化都离不开化工技术的催化作用。比如目前对生物质能源的开发利用，就是通过热化

学转换技术将固体生物质转换成可燃气体、焦油等，通过生物化学转换技术将生物质在微生物的发酵作用下转换成沼气、酒精等，通过压块细密成型技术将生物质压缩成高密度固体燃料等。可以说，化工产业具有化腐朽为神奇的功能，化工行业在解决中国能源危机的过程中所起的作用的任何产业都代替不了的。

化工节能不仅是石油和化工行业生产节能减排和技术进步的主要途径，也是保障国家能源安全的重要手段。在已进行了多年节能工作的基础上，要进一步推进我国石油和化工行业的节能工作，就需要化工企业技术人员和节能人员掌握更深层次的化工节能技术知识。本书以问答形式，系统、全面地介绍了化工节能的基本问题，所提问题针对性强，回答简明易懂，非常适合石油和化工企业在职人员节能技术培训和自学的需要，相信定会受到大家的欢迎。故广大读者推荐！



中国化工节能协会常务理事

西安交通大学教授

2008年12月于西安

前 言

随着世界能源形势的日趋紧张和国际油价的大幅上涨,以及我国经济持续发展对能源需求的大幅增加,我国的能源市场形势发生了巨大的转变,能源供应进入供不应求状态,能源供应形势的变化也促使我国的能源政策发生了新的变化。国家对能源的重视程度加强,相关的政策也日益明晰,对能源从业队伍的知识要求也越来越规范。2004年国家通过了《能源中长期发展规划纲要(2004~2020年)(草案)》,强调要坚持把节能放在首位,实行全面、严格的节约能源制度和措施,并发布了《节能中长期专项规划》。

化学工业既是重要的基础原材料工业,又是重要的能源消耗行业。能源不仅作为化学工业的燃料、动力,而且是其生产原料,目前用作原料的能源占化学工业能源消费总量的40%左右。因此,化学工业节能降耗不仅是降低产品成本、实现行业自身发展的需要,更是国家法律、法规的要求。

我国化学工业能源消费结构以煤、焦炭为主,主要化工产品单位能耗高,能源费用在化工产品成本中占有很大比重,与发达国家以石油、天然气为主的化学工业能源结构相比,我国化学工业的用能结构是低品质能源为主的能源结构,化学工业的能源利用效率与发达国家相比至少低15%左右,这种差距也是化工节能潜力的标志,表明我国化学工业可以通过产品结构和用能结构的调整,通过提高用能效率,大幅度降低能源消耗。因此,节能既是化工企业降低产品成本的重要措施,又是实现化学工业可持续发展的必要条件。

我国能源从业人员多,知识素质有待提高,急需对其进行有关安全、技术、业务基础知识的加强与培训,目前市场上还缺少一套系统全面的针对能源基层从业人员和管理人员的关于化工节能技术基础知识的学习用书,为此编写一本能满足化工企业技术人员和节能人员需要的节能技术知识问答图书非常有必要,希望此书能成为石油和化工行业能源从业人员进行知识普及和培训的良师益友。

本书共分六章。第一章从能源与资源、能量与热量、能耗与节能等方面介绍了化工节能的基础知识；第二章介绍了能量守恒与转换原理、能量降级原理、化工节能热力学原理、能量分析原理、能级分析法和三环节模型理论、能量的合理利用等化工节能基本原理；第三章介绍了化工单元过程与设备节能技术；第四章介绍了热管技术、热泵技术、夹点技术与换热网络、膜分离节能技术、过程能量优化、烟气热能利用、热能存储等化工节能新技术；第五章介绍了化工新能源和可再生能源基础知识；第六章介绍了化工节能法规知识。

在编写过程中，坚持内容的系统性、实用性与技术的先进性相结合的原则。本书是化工企业能源管理人员、生产技术人员、主要用能设备管理人员、节能技术（设备）研究开发人员的必备工具书，也可作为石油和化工行业节能技术培训和知识竞赛的培训教材，还可供高等学校化工类相关专业从事工艺技术改造、能量的合理利用、设备开发工作的师生和研究人员参考。

本书以问答形式，系统、全面地介绍了化工节能的基本问题，所提问题针对性强，回答简明易懂，非常适合石油和化工企业在职人员节能技术培训和自学的需要。

本书由李贵贤、范宗良、毛丽萍编著，俞树荣主审，参加编写的还有研究生董宇航。

由于编者水平有限及时间仓促，不妥之处在所难免，恳请各位读者在应用中给予批评指正。同时，对在本书的编写过程中给予帮助和支持的所有人员表示衷心的感谢。

编者

2008年12月

目 录

第一章 化工节能基础知识	1
1.1 能源与资源	1
1. 什么是资源?	1
2. 什么是能源?	1
3. 什么是含能体能源?	1
4. 什么是过程性能源?	1
5. 能源如何分类?	2
6. 什么是替代能源?	2
7. 常规能源和新能源有何区别?	2
8. 新能源有何特点?	3
9. 能源按其来源是如何分类的? 各有什么特点?	3
10. 能源按其污染程度是如何分类的? 各有什么特点?	4
11. 什么是商品能源?	4
12. 什么是非商品能源?	4
13. 世界能源会议推荐的能源分类是如何划分能源的?	4
14. 人类目前使用的能源主要是什么能源?	4
15. 什么是化石能源?	4
16. 化石燃料可如何分类?	4
17. 能源的利用方式有哪几种?	5
18. 通常能源评价包括哪些方面?	5
19. 能源与资源有什么区别?	6
20. 我国主要能源的储量及消费前景如何?	6
21. 我国能源分布、能源结构和能源利用率有什么特点?	7
22. 我国能源结构如何?	8
23. 煤炭资源在我国的地域分布状况如何?	8
24. 为什么说我国是一个能源资源大国的同时又是一个	8

能源资源贫国?	8
25. 我国的能源资源存在哪些不利条件?	8
26. 世界能源面临的问题主要表现在哪些方面?	9
27. 我国能源面临的问题主要反映在哪些方面?	9
28. 我国能源开发和利用有什么显著特点?	9
29. 我国能源生产和能源消费总体状况如何?	10
30. 我国能源生产状况如何?	10
31. 我国能源消费状况如何?	10
32. 我国能源消费结构如何?	11
33. 世界能源消费结构如何?	11
34. 与世界能源消费结构相比, 我国能源消费结构存在 什么问题?	12
35. 我国现阶段的能源发展战略是什么?	12
36. 什么是能源效率?	12
37. 如何看待我国的能源利用效率?	12
38. 我国的能源环境状况如何?	13
39. 什么是能源安全?	13
40. 当今世界所面临的能源安全问题有何特点和变化?	13
41. 我国能源安全存在的主要问题是什么?	14
42. 为什么说石油安全问题是我国能源问题的核心?	14
43. 加强能源安全有何意义?	14
44. 中国能源需求远景如何?	15
45. 何谓能源消费弹性系数? 如何计算?	15
46. 能源消费弹性系数有何含义?	16
47. 分析能源消费弹性系数的作用是什么? 其值和哪些 因素有关?	16
48. 什么是能源标准化?	16
1.2 能量与热量	16
49. 什么是能量?	16
50. 能量有哪些性质?	17
51. 能量的常见形式有哪些?	17
52. 按照转化能力的不同, 能量如何分类?	17
53. 化工厂所涉及的能量类型主要有哪些?	18

54. 什么是机械能? 机械能有何特点?	18
55. 什么是动能?	18
56. 什么是势能 (或位能)? 它有何特点?	19
57. 什么是热能?	19
58. 什么是电能?	19
59. 电能有什么优点? 电能的单位是什么?	19
60. 电能是如何生产的?	19
61. 什么是化学能?	20
62. 化学能、热能、机械能和电能间的相互转换关系是 怎样的?	20
63. 什么是内能?	20
64. 温度对物体的内能有何影响?	20
65. 什么是热量?	21
66. 热量和内能有什么区别?	21
67. 化工生产中因体系要求的温度不同, 供热方式 有何不同?	21
68. 通过能量形式的转换而产生热能的方法有哪些?	21
69. 热能通过一次转换可转换成哪几种能量形式?	22
70. 热能有哪些特点?	22
71. 热能的储存有哪些基本方式?	22
72. 什么是功?	22
73. 什么是体积功?	22
74. 什么是压缩功?	23
75. 什么是膨胀功?	23
76. 热力学中是如何区分功的?	23
77. 什么是轴功?	23
78. 什么是热力系统?	23
79. 什么是环境?	23
80. 体系和环境间的能量传递方式可以归纳为哪两类?	23
81. 热力学系统分为哪几类?	24
82. 按照热力学系统与外界进行质量交换的情况可将 热力学系统分为哪几类?	24
83. 按照热力学系统与外界进行质量和能量交换的情况	

83	可将热力学系统分为哪几类?	24
84	什么是热力学状态?	24
85	什么是体系的性质? 体系的性质可以分为哪两大类?	25
86	什么是微观性质? 什么是宏观性质?	25
87	什么是过程?	25
88	何谓等温过程? 何谓绝热过程? 过程变化的方向有何特点?	25
89	什么叫循环?	25
90	什么是状态函数(参数)或热力学函数?	26
91	什么是状态公理?	26
92	什么是平衡状态?	26
93	什么时候可以说一个系统处于热力学平衡态?	26
94	热力学体系必须同时具备哪几方面的平衡才能达到热力学平衡?	26
95	当系统处于平衡状态时, 可以用哪些状态参数对其进行描述?	27
1.3	能耗与节能	27
96	什么是能耗?	27
97	企业能量平衡技术指标有哪些?	27
98	什么是单位 GDP 能耗?	27
99	什么是单耗(单位能耗)?	28
100	什么是可比能耗?	28
101	什么是标准煤? 什么是标准油?	28
102	什么是原料能耗? 什么是综合能耗?	29
103	什么是燃动能耗? 什么是动力消耗?	29
104	我国化学工业有哪些特点?	29
105	化学工业的主要能耗产品有哪些?	30
106	化工厂能耗产生的原因有哪些?	30
107	什么是节能?	30
108	节能的含义是什么?	30
109	为什么要把节能放在优先地位?	31
110	节能的基本观点是什么?	31
111	为什么要加强节能意识?	31

112. 我国节能工作的重点是什么?	31
113. 为什么说节约能源是一个长期的方针?	32
114. 节能的意义何在?	32
115. 节约能源的途径有哪些?	32
116. 什么是直接节能? 什么是间接节能?	33
117. 我国的节能现状如何?	33
118. 我国的节能潜力如何?	33
119. 我国的节能目标是什么?	34
120. 为保证节能目标的实现, 国家有关部门将采取哪些措施加强节能工作?	34
121. 化工节能有什么重要意义?	34
122. 如何理解节能潜力?	35
123. 化工厂的节能潜力如何?	35
124. 20 世纪 80 年代以来, 我国通过采用哪些措施取得了显著的化工节能成效?	36
125. 化工厂节能的途径有哪些?	36
126. 化工节能的技术工作可分为哪几个阶段?	36
127. 结构节能包括哪些具体内容?	36
128. 管理节能包括哪些具体内容?	37
129. 工艺节能包括哪些内容?	37
130. 什么是化工过程系统节能?	38
131. 什么是控制节能?	38
132. 目前我国化工行业存在的节能障碍有哪些?	38
133. 化工节能技术途径包括哪些内容?	39
134. 节能管理途径包括哪些方面?	39
135. 能源计量在节能管理中起什么作用? 能源计量在节能工作中起什么重要作用?	39
136. 什么是能源管理? 什么是企业能源管理?	40
第二章 化工节能基本原理	41
2.1 能量守恒与转换原理	41
137. 什么是相变?	41
138. 什么是焓?	41

139. 如何计算显热?	41
140. 化工生产中的相变过程有哪几类?	41
141. 如何计算潜热?	42
142. 如何计算正常沸点下的汽化潜热?	42
143. 如何计算其它温度下的汽化潜热?	42
144. 什么是热效应?	42
145. 什么是化学反应热?	43
146. 什么是生成热和燃烧热?	43
147. 如何计算化学反应热?	43
148. 什么是混合热?	44
149. 什么是溶解热和稀释热?	44
150. 溶解热可分为哪几种?	44
151. 稀释热可分为哪几种?	44
152. 如何计算真实气体的焓变和熵变?	45
153. 何谓剩余性质? 剩余性质的计算方法有哪几种	45
154. 能量守恒和转换定律的含义是什么?	45
155. 什么是稳流体系? 稳流体系的主要特点是什么?	45
156. 稳流体系热力学第一定律的表达式是怎样的?	46
157. 稳流体系热力学第一定律有哪些简化形式?	46
158. 什么是可逆轴功? 如何计算可逆轴功?	47
159. 什么是实际轴功?	47
160. 实际轴功与可逆轴功有何区别?	47
161. 什么是机械效率?	47
162. 能量平衡的含义是什么?	48
163. 为什么说能量平衡是一项很重要的化工计算?	48
164. 什么是热效率? 热效率的表达形式怎样?	48
165. 能量平衡的依据是什么?	49
166. 稳流体系能量平衡的基本步骤是什么?	49
167. 企业能量平衡的步骤与方法是什么?	50
168. 能量平衡基准态的选择包括哪些内容? 应注意什么? ...	50
169. 进行物料衡算时的物料计算基准有哪些取法?	50
170. 在能量平衡测试中常说的“体系”是指什么?	51
171. 能量平衡测试分哪几个步骤?	51

172. 能量平衡测试的准备工作一般有哪些?	51
173. 能量平衡计算时的基准是什么?	51
174. 企业能量平衡的目的有哪些?	52
175. 能量平衡考察的技术指标有哪些?	52
176. 燃料的高位发热量和低位发热量的含义有什么不同?	52
177. 企业能量平衡计算时, 燃料发热量为什么采用低(位)发热量?	52
178. 能源计算中当量换算、等价换算的概念分别是什么?	53
179. 在设备能量平衡中, 有效能应包括哪些项目?	53
2.2 能量降级原理	53
180. 热力学第一定律的实质是什么?	53
181. 各种不同形式的能量是否都可以无条件地相互转换?	54
182. 什么是能量的二重性?	54
183. 造成能耗的根本原因是什么?	54
184. 热力学第一定律有何局限性?	54
185. 根据能量转换时是否受热力学第二定律的制约, 能量形式如何分类?	55
186. 什么是能量降级原理?	55
187. 为什么能量的降级是不可避免的?	56
188. 如何评价能量的价值?	56
189. 什么是可逆过程和不可逆过程? 其含义是什么?	56
190. 实现可逆过程的充分必要条件是什么?	57
191. 研究可逆过程有何意义?	57
192. 不可逆过程中本可以做功的那部分能量消耗到了何处?	58
193. 什么是卡诺循环?	58
194. 卡诺定理的含义是什么? 卡诺定理的意义是什么?	58
195. 什么是热机? 卡诺热机的热效率是如何确定的?	58
196. 普通热机与卡诺热机的热效率有何联系?	59
197. 什么是能级系数(或能级)?	59
198. 如何解释能级的降低?	60
199. 什么是正循环? 什么是逆循环?	60
200. 如何评价正循环的经济性?	60

201. 如何评价逆循环的经济性?	60
202. 如何评价热泵中逆循环的经济性?	61
203. 制冷循环和热泵循环有何异同?	61
2.3 化工节能热力学原理	61
204. 热力学定律有哪几个? 各解决了什么问题?	61
205. 热力学第零定律是如何表述的? 热力学第零定律的 提出有何意义?	62
206. 热力学第一定律是如何表述的?	62
207. 热力学第一定律的含义是什么?	62
208. 封闭系统热力学第一定律的表达式是怎样的?	63
209. 稳定流动开放系统热力学第一定律的表达式是 怎样的?	63
210. 热力学第二定律是如何表述的?	63
211. 如何理解克劳修斯说法?	63
212. 如何理解开尔文说法?	64
213. “第二类永动机不可能实现”说法的含义是什么?	64
214. 热力学第二定律的实质是什么?	64
215. 什么是自发过程或自然过程? 有何特点?	64
216. 热力学第三定律是如何表述的?	64
217. 克劳修斯不等式是怎样表述的?	64
218. 熵的定义是什么?	65
219. 熵有何物理意义?	65
220. 熵增原理是什么?	65
221. 熵增原理的数学表达式是怎样的?	66
222. 熵增原理的表达方式有哪些?	66
223. 举例说明引起不可逆过程熵变的原因有哪些?	66
224. 熵增原理的意义何在?	67
225. 为什么不可逆过程的热温商小于熵变?	67
226. 体系的熵变如何计算?	68
227. 化工生产过程中一些常见过程的熵变如何计算?	68
228. 什么是理想功?	70
229. 研究理想功有何意义?	70
230. 要获得理想功, 必须满足哪些条件?	70

231. 理想功和可逆轴功的区别是什么?	70
232. 理想功和一般的功有何区别?	71
233. 如何计算稳流过程的理想功?	71
234. 如何计算稳定流动化学反应过程的理想功?	71
235. 什么是损耗功? 如何计算损耗功?	72
236. 根据熵增原理和损耗功的计算公式可得出什么结论?	72
237. 什么是热力学效率?	72
238. 常用热力学效率有哪几种?	73
239. 过程的可逆程度与热力学效率有何关系?	73
240. 什么是有效能?	73
241. 提出有效能概念的意义何在?	74
242. 如何理解有效能的概念?	74
243. 有效能与理想功有什么区别?	74
244. 有效能由哪些部分组成?	75
245. 什么情况下要考虑物理有效能或化学有效能?	75
246. 什么是不完全平衡环境状态? 什么是完全平衡 环境状态?	75
247. 采用不完全平衡环境状态和完全平衡环境状态作 基准状态的原则是什么?	76
248. 任意状态系统的有效能与物理有效能、化学有效能 有何关系?	76
249. 如何理解体系和环境的完全平衡?	76
250. 为什么动能、位能属于有效能?	76
251. 如何计算物理有效能?	76
252. 理想气体的物理有效能如何计算?	77
253. 确定化学有效能计算的环境模型(基准物体系)的原则 是什么? 计算化学有效能的环境模型(基准物体系) 有何特点?	77
254. 得到国际公认和广泛采用的环境模型有哪两种?	78
255. 什么是标准化学有效能?	78
256. 什么是元素的化学有效能和标准化学有效能?	78
257. 如何计算元素的化学有效能?	78
258. 如何计算化合物的化学有效能?	79

259. 如何计算混合物的化学有效能?	79
260. 什么是热量有效能? 热量有效能有何特性?	80
261. 恒温热源、变温热源和恒温冷源的有效能如何计算?	80
262. 冷流为何具有有效能? 此有效能从何而来?	80
263. 冷量的有效能有何特点?	80
264. 静止封闭体系的内能有效能有何特性?	81
265. 什么是无效能 (A_N)?	81
266. 如何计算无效能?	81
267. 不可逆过程有效能变化 ΔE_x 、实际功 W_s 、损耗功 W_L 、 总熵变 ΔS_T 之间有何关系?	82
268. 如何利用有效能和无效能的概念表述热力学第一、 第二定律?	82
269. 为什么盲目地把高温高压蒸汽用作加热是一种浪费?	82
270. 进行有效能衡算有何意义?	82
271. 有效能衡算方程和普通的能量衡算方程有哪些 实质性的区别?	83
272. 为何提出有效能效率的概念?	83
273. 何谓热效率? 热效率有何缺陷?	83
274. 有效能效率是如何定义的?	83
275. 过程完全可逆、过程完全不可逆、过程部分可逆时有效 能效率如何?	84
276. 封闭系统、稳流系统的有效能衡算式是怎样的?	84
2.4 能量分析原理	84
277. 什么是过程的能量分析?	84
278. 能量分析的根本任务是什么?	85
279. 能量分析有哪几种方法?	85
280. 什么是焓分析法或能量平衡法?	85
281. 焓分析法(能量平衡法)的主要内容有哪些?	85
282. 能量平衡有哪两种形式?	86
283. 如何进行以进入系统的全部能量为基础的能量平衡?	86
284. 能量平衡方程表明了什么呢?	86
285. 以供给系统的能量为基础的能量平衡用在什么 情况下?	86