

CHENGYA SHEBEI ANQUAN JISHU YU JIANCHA GUANLI

# 承压设备 安全技术与监察管理

王威强 吴俊飞 编著

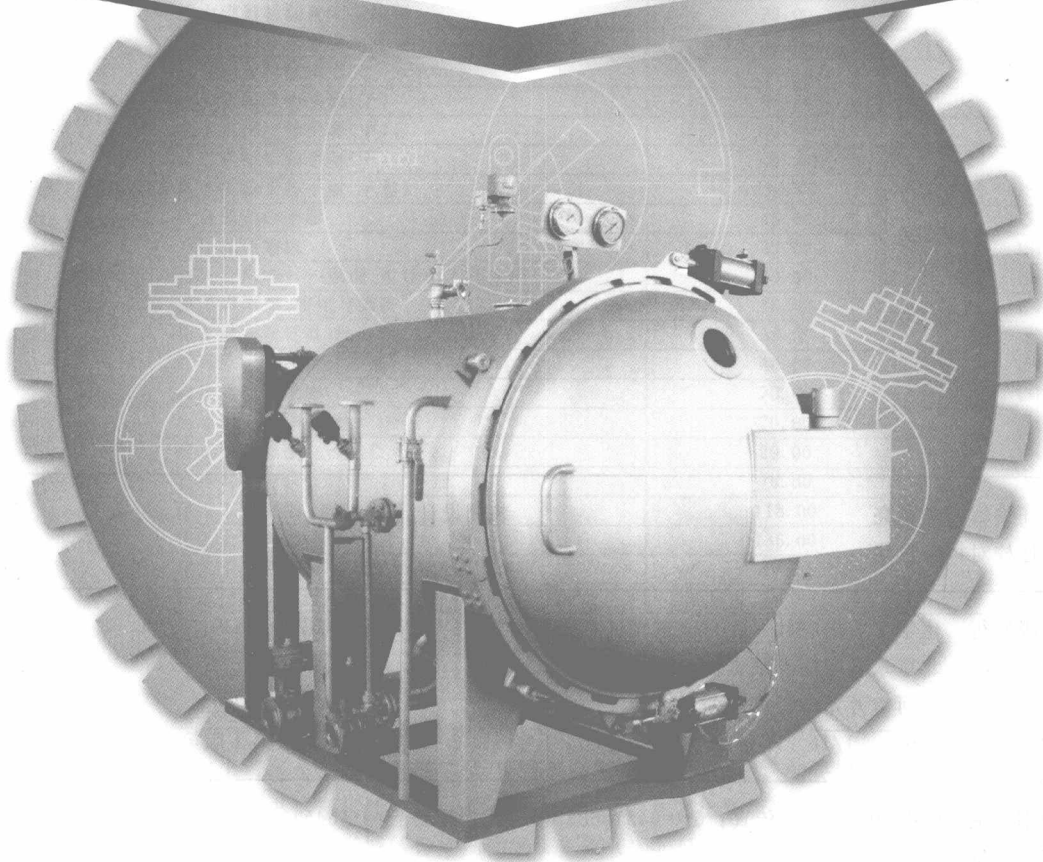


化学工业出版社

CHENGYA SHEBEI ANQUAN JISHU YU JIANCHA GUANLI

# 承压设备 安全技术与监察管理

王威强 吴俊飞 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

承压设备安全技术与监察管理/王威强, 吴俊飞编  
著. —北京: 化学工业出版社, 2008.7  
ISBN 978-7-122-03488-5

I. 承… II. ①王…②吴… III. ①压力容器-安全  
技术②压力容器-监督管理 IV. TH49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 116423 号

---

责任编辑: 李军亮  
责任校对: 陶燕华

装帧设计: 张 辉

---

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 22½ 字数 555 千字 2008 年 10 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: 58.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

---

承压设备（包括锅炉、压力容器和压力管道）被广泛应用于工业生产及人们的日常生活。提高承压设备的安全技术水平和加强承压设备安全监察和管理的科学性与规范性，对确保安全生产，保障人们生命财产安全，具有重大的意义。

本书通过承压设备的设计、制造、检验、安装、使用管理、改造等各个方面的安全技术和安全监察管理及其法规、规章、技术规范、标准的介绍，使读者不仅能掌握安全技术知识，而且还能了解承压设备安全监察和管理方面的内容。

全书共分8章，主要介绍了锅炉、压力容器（含气瓶）、压力管道等承压设备的基础知识；我国承压设备安全监察的法规标准体系、承压设备安全技术监察规程以及我国承压设备的安全和管理现状；承压设备的使用登记管理、在用承压设备检验规程；承压设备设计与制造安全技术要求、承压设备设计与制造单位资格审定与审批；承压设备安全装置的基本知识，包括安全阀、爆破片、压力仪表、温度仪表、液位仪表和连锁控制仪表及装置等；无损检测技术；承压设备的缺陷评定与风险评估；承压设备的破坏形式、事故处理、事故技术分析以及典型的事例案例等内容。

本书第1章、第2章、第7章、第8章由山东大学王威强负责撰写，第3~6章由青岛科技大学吴俊飞负责撰写，付平参与了第3章、第4章的部分撰写工作。崔玉良、徐书根、李梦丽、刘军涛、贾涛、赵伟、郝健、于本亮等参与了本书部分资料的收集和整理工作。

本书内容力图与现行法规、规章、技术规范和标准等一致，如果有最新的法规、规章、技术规范和标准，以最新标准为准。

由于编者水平和时间有限，书中不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第1章 承压设备基础知识                | 1  |
| 1.1 承压设备的定义                 | 1  |
| 1.1.1 特种设备的定义               | 1  |
| 1.1.2 承压设备的定义               | 1  |
| 1.2 承压设备分类的目的               | 2  |
| 1.3 承压设备分类方法                | 2  |
| 1.3.1 锅炉的分类方法               | 2  |
| 1.3.2 压力容器的分类方法             | 4  |
| 1.3.3 压力管道的分类方法             | 7  |
| 1.4 承压设备的结构                 | 13 |
| 1.4.1 锅炉的结构                 | 13 |
| 1.4.2 压力容器的结构               | 25 |
| 1.5 承压设备的载荷、应力及其对安全的影响      | 41 |
| 1.5.1 压力容器的载荷、应力及其对安全的影响    | 41 |
| 1.5.2 压力管道的载荷、应力及其对安全的影响    | 42 |
| 参考文献                        | 45 |
| 第2章 承压设备安全监察与管理             | 47 |
| 2.1 承压设备安全监察的目的和重要性         | 47 |
| 2.2 承压设备安全监察的法规 and 标准体系    | 49 |
| 2.3 有关承压设备的安全监察条例           | 50 |
| 2.3.1 承压设备安全监察的基本规定         | 51 |
| 2.3.2 承压设备的生产               | 51 |
| 2.3.3 承压设备的使用               | 52 |
| 2.3.4 承压设备的检验检测             | 52 |
| 2.3.5 承压设备的监督检查             | 52 |
| 2.3.6 法律责任                  | 53 |
| 2.4 承压设备安全监督管理部门和检验检测机构     | 54 |
| 2.4.1 特种设备（承压设备）安全监督管理部门的设置 | 54 |
| 2.4.2 特种设备（承压设备）安全技术委员会     | 55 |
| 2.4.3 特种设备（承压设备）检验检测机构      | 55 |
| 2.5 承压设备安全监察和管理的内容及制度       | 56 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 2.5.1 承压设备安全监察和管理的内容       | 56         |
| 2.5.2 承压设备安全监察和管理的基本制度     | 57         |
| 2.6 承压设备安全技术监察规程           | 59         |
| 2.6.1 目前在用的安全技术监察规程        | 59         |
| 2.6.2 压力容器安全技术监察           | 60         |
| 2.7 我国承压设备的安全和管理现状         | 70         |
| 2.7.1 我国承压设备事故情况           | 70         |
| 2.7.2 我国承压设备“十一五”安全监察工作的目标 | 72         |
| 2.7.3 承压设备安全监察法律法规体系建设情况   | 73         |
| 2.7.4 承压设备“十一五”期间的主要科研课题   | 75         |
| 参考文献                       | 77         |
| <b>第3章 在用承压设备的安全监察</b>     | <b>78</b>  |
| 3.1 承压设备使用登记管理             | 78         |
| 3.1.1 锅炉压力容器使用登记管理办法       | 78         |
| 3.1.2 压力管道使用登记管理规则         | 81         |
| 3.2 承压设备安全状况等级的划分方法和含义     | 84         |
| 3.2.1 压力容器安全状况等级划分方法和含义    | 84         |
| 3.2.2 压力管道安全状况等级划分方法和含义    | 85         |
| 3.3 在用承压设备定期检验             | 86         |
| 3.3.1 锅炉定期检验               | 86         |
| 3.3.2 压力容器定期检验             | 91         |
| 3.3.3 在用工业管道定期检验           | 106        |
| 3.3.4 气瓶定期检验               | 116        |
| 参考文献                       | 119        |
| <b>第4章 承压设备设计与制造中的安全技术</b> | <b>120</b> |
| 4.1 承压设备设计安全               | 120        |
| 4.1.1 材料选用与安全              | 120        |
| 4.1.2 结构设计与安全              | 125        |
| 4.1.3 强度设计与安全              | 127        |
| 4.2 承压设备制造安全技术             | 129        |
| 4.2.1 壳体成形                 | 129        |
| 4.2.2 焊接                   | 130        |
| 4.2.3 焊后热处理                | 132        |
| 4.2.4 制造缺陷                 | 133        |
| 4.2.5 制造缺陷对安全的影响           | 138        |
| 4.3 承压设备设计监察管理             | 139        |
| 4.3.1 设计单位条件               | 140        |

|                           |                        |     |
|---------------------------|------------------------|-----|
| 4.3.2                     | 设计单位资格申请程序 .....       | 141 |
| 4.3.3                     | 《设计许可证》的增项和变更 .....    | 143 |
| 4.3.4                     | 《设计许可证》的换证 .....       | 143 |
| 4.3.5                     | 设计人员的资格 .....          | 144 |
| 4.3.6                     | 管理与监督 .....            | 145 |
| 4.4                       | 承压设备制造监察管理 .....       | 145 |
| 4.4.1                     | 锅炉压力容器制造许可条件 .....     | 146 |
| 4.4.2                     | 制造许可的工作程序 .....        | 155 |
| 10                        | 参考文献 .....             | 158 |
| <b>第5章 承压设备安全装置</b> ..... |                        | 159 |
| 5.1                       | 概述 .....               | 159 |
| 5.2                       | 安全阀 .....              | 161 |
| 5.2.1                     | 安全阀的工作原理及分类 .....      | 161 |
| 5.2.2                     | 安全阀型号编制方法及性能参数 .....   | 166 |
| 5.2.3                     | 安全阀的工作特性和额定排量的计算 ..... | 166 |
| 5.2.4                     | 安全阀必须满足的基本要求及选用 .....  | 171 |
| 5.2.5                     | 安全阀的装设要求 .....         | 173 |
| 5.2.6                     | 安全阀的使用与管理 .....        | 174 |
| 5.2.7                     | 安全阀的维护、校验 .....        | 175 |
| 5.2.8                     | 安全阀常见故障及排除措施 .....     | 175 |
| 5.3                       | 爆破片 .....              | 176 |
| 5.3.1                     | 爆破片的工作原理和分类 .....      | 177 |
| 5.3.2                     | 夹持器 .....              | 180 |
| 5.3.3                     | 真空托架 .....             | 181 |
| 5.3.4                     | 爆破片泄放面积的计算 .....       | 182 |
| 5.3.5                     | 爆破片的选用 .....           | 182 |
| 5.3.6                     | 爆破片的使用与管理 .....        | 183 |
| 5.4                       | 易熔合金塞 .....            | 184 |
| 5.4.1                     | 易熔塞的基本结构和工作原理 .....    | 184 |
| 5.4.2                     | 易熔塞的选用 .....           | 185 |
| 5.4.3                     | 易熔塞的使用维护和调换 .....      | 185 |
| 5.5                       | 压力表 .....              | 185 |
| 5.5.1                     | 压力表的结构分类和工作原理 .....    | 185 |
| 5.5.2                     | 压力表精度 .....            | 186 |
| 5.5.3                     | 压力表的选用 .....           | 187 |
| 5.5.4                     | 压力表的安装 .....           | 187 |
| 5.5.5                     | 压力表的使用、维护和更换 .....     | 188 |
| 5.5.6                     | 常见故障及排除方法 .....        | 188 |

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 5.6 液位计 .....                                      | 189 |
| 5.6.1 液位计的结构分类和工作原理 .....                          | 189 |
| 5.6.2 液位计的选用 .....                                 | 190 |
| 5.6.3 液位计的装设要求 .....                               | 190 |
| 5.6.4 液位计的使用维护和更换 .....                            | 191 |
| 5.6.5 液位计常见故障及排除方法 .....                           | 191 |
| 5.7 温度计 .....                                      | 192 |
| 5.7.1 常用温度计的种类和工作原理 .....                          | 192 |
| 5.7.2 温度计的选用 .....                                 | 194 |
| 5.7.3 温度计的装设要求 .....                               | 194 |
| 5.7.4 温度计的使用和维护 .....                              | 194 |
| 参考文献 .....                                         | 195 |
| <b>第6章 承压设备无损检测</b> .....                          | 196 |
| 6.1 承压设备无损检测相关标准及特点 .....                          | 196 |
| 6.1.1 承压设备无损检测相关标准 .....                           | 196 |
| 6.1.2 承压设备无损检测特点 .....                             | 197 |
| 6.2 承压设备无损检测通用要求 .....                             | 197 |
| 6.2.1 无损检测方法使用原则 .....                             | 197 |
| 6.2.2 无损检测方法一般要求 .....                             | 199 |
| 6.3 射线检测 .....                                     | 200 |
| 6.3.1 射线的种类和产生 .....                               | 200 |
| 6.3.2 射线检测特点与基本原理 .....                            | 201 |
| 6.3.3 射线检测设备 .....                                 | 202 |
| 6.3.4 射线检测一般要求 .....                               | 203 |
| 6.3.5 射线检测具体要求 .....                               | 205 |
| 6.3.6 射线检测质量分级 .....                               | 208 |
| 6.3.7 射线检测防护 .....                                 | 209 |
| 6.4 超声检测 .....                                     | 211 |
| 6.4.1 超声检测基本知识 with 特点 .....                       | 211 |
| 6.4.2 超声检测基本方法 .....                               | 213 |
| 6.4.3 超声检测仪器 .....                                 | 214 |
| 6.4.4 超声检测一般要求 .....                               | 215 |
| 6.4.5 钢制承压设备对接焊接接头超声检测具体要求和质量分级 .....              | 216 |
| 6.4.6 钢制承压设备管子、压力管道环向对接焊接接头超声检测具体要求和<br>质量分级 ..... | 221 |
| 6.4.7 在用承压设备超声检测 .....                             | 223 |
| 6.5 磁粉检测 .....                                     | 225 |
| 6.5.1 磁粉检测基本原理 .....                               | 225 |

|            |                            |            |
|------------|----------------------------|------------|
| 6.5.2      | 磁粉检测方法 .....               | 226        |
| 6.5.3      | 磁粉检测设备 .....               | 229        |
| 6.5.4      | 磁粉检测一般要求 .....             | 229        |
| 6.5.5      | 磁粉检测质量分级 .....             | 234        |
| 6.6        | 渗透检测 .....                 | 235        |
| 6.6.1      | 渗透检测基本原理 .....             | 235        |
| 6.6.2      | 渗透检测基本方法 .....             | 237        |
| 6.6.3      | 渗透检测方法 .....               | 239        |
| 6.6.4      | 渗透检测一般要求 .....             | 240        |
| 6.6.5      | 渗透显示记录与质量分级 .....          | 242        |
| 6.7        | 涡流检测 .....                 | 242        |
| 6.7.1      | 涡流检测基本原理及特点 .....          | 242        |
| 6.7.2      | 涡流检测一般要求 .....             | 244        |
| 6.7.3      | 检测结果的评定与处理 .....           | 245        |
| 6.8        | 检测报告 .....                 | 245        |
| 6.9        | 声发射检测 .....                | 245        |
| 6.9.1      | 声发射检测原理 .....              | 245        |
| 6.9.2      | 声发射检测的特点与应用 .....          | 246        |
| 6.9.3      | 声发射检测方法 .....              | 247        |
| 6.9.4      | 声发射检测报告 .....              | 250        |
| 6.10       | 其他检测方法简介 .....             | 251        |
| 6.10.1     | 红外热成像检测技术 .....            | 251        |
| 6.10.2     | 磁记忆检测技术 .....              | 251        |
| 6.10.3     | 超声导波检测技术 .....             | 252        |
|            | 参考文献 .....                 | 255        |
| <b>第7章</b> | <b>承压设备缺陷评定与风险评估 .....</b> | <b>256</b> |
| 7.1        | 承压设备缺陷评定概述 .....           | 256        |
| 7.1.1      | 缺陷评定标准 .....               | 256        |
| 7.1.2      | 缺陷类型 .....                 | 257        |
| 7.1.3      | 失效方式 .....                 | 258        |
| 7.1.4      | 缺陷评定所需要的参考资料和数据 .....      | 258        |
| 7.1.5      | 缺陷评定的步骤 .....              | 259        |
| 7.1.6      | 缺陷评定关键性问题 .....            | 259        |
| 7.1.7      | 缺陷评定规范 .....               | 259        |
| 7.2        | 承压设备缺陷评定方法 .....           | 260        |
| 7.2.1      | 应力强度因子 $K$ 判据法 .....       | 260        |
| 7.2.2      | COD 法 .....                | 262        |
| 7.2.3      | $J$ 积分判据 .....             | 263        |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 7.2.4 双判据法 .....               | 265 |
| 7.2.5 “未破先漏”设计方法 .....         | 266 |
| 7.2.6 疲劳破坏评定 .....             | 266 |
| 7.2.7 我国缺陷评定标准介绍 .....         | 269 |
| 7.3 承压设备风险评估技术 .....           | 290 |
| 7.3.1 风险评估技术概述 .....           | 290 |
| 7.3.2 主要风险分析方法 .....           | 292 |
| 7.3.3 主要风险评价方法 .....           | 298 |
| 7.3.4 安全评价方法的选择 .....          | 299 |
| 7.3.5 风险接受准则 .....             | 301 |
| 7.4 基于风险的检测技术 .....            | 302 |
| 7.4.1 RBI 简介 .....             | 302 |
| 7.4.2 RBI 定性方法 .....           | 304 |
| 7.4.3 RBI 定量方法 .....           | 306 |
| 7.4.4 RBI 半定量方法 .....          | 310 |
| 7.4.5 RBI 检测 .....             | 311 |
| 7.4.6 RBI 步骤和需要的资料 .....       | 312 |
| 7.4.7 我国承压设备风险评估技术的发展趋势 .....  | 312 |
| 参考文献 .....                     | 313 |
| <b>第8章 承压设备事故与处理</b> .....     | 314 |
| 8.1 承压设备的破坏形式分类 .....          | 314 |
| 8.1.1 韧性破坏 .....               | 316 |
| 8.1.2 脆性破坏 .....               | 317 |
| 8.1.3 疲劳破坏 .....               | 319 |
| 8.1.4 应力腐蚀破坏 .....             | 321 |
| 8.1.5 蠕变破坏 .....               | 323 |
| 8.2 承压设备典型事故案例 .....           | 324 |
| 8.2.1 制造缺陷引起的爆炸事故 .....        | 324 |
| 8.2.2 应力腐蚀引起的爆炸事故 .....        | 326 |
| 8.2.3 氢腐蚀引起的爆炸事故 .....         | 328 |
| 8.2.4 应变时效脆化和温差应力引起的爆炸事故 ..... | 329 |
| 8.2.5 操作失误引起的爆炸事故 .....        | 330 |
| 8.2.6 失稳引起事故 .....             | 331 |
| 8.3 承压设备事故技术分析 .....           | 332 |
| 8.3.1 事故调查 .....               | 332 |
| 8.3.2 技术检验与鉴定 .....            | 334 |
| 8.3.3 综合分析 .....               | 335 |
| 8.4 承压设备事故处理 .....             | 340 |

|           |                     |     |
|-----------|---------------------|-----|
| 8.4.1     | 定义 .....            | 340 |
| 8.4.2     | 事故分类 .....          | 340 |
| 8.4.3     | 承压设备事故处理的基本原则 ..... | 340 |
| 8.4.4     | 事故报告 .....          | 341 |
| 8.4.5     | 事故现场紧急处理 .....      | 341 |
| 8.4.6     | 事故调查 .....          | 342 |
| 8.4.7     | 事故处理 .....          | 343 |
| 8.4.8     | 承压设备事故危害 .....      | 343 |
| 参考文献..... |                     | 346 |

# 第 1 章 承压设备基础知识

## 1.1 承压设备的定义

### 1.1.1 特种设备的定义

特种设备在我国具有特殊的界定。根据我国《特种设备安全监察条例》（简称《条例》）<sup>[1-1]</sup>，特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的设备，包括锅炉、压力容器（包括气瓶）、压力管道、电梯、起重机械、客运索道以及大型游乐设施（包括其附属的安全附件、安全保护装置及相关的设施）。

### 1.1.2 承压设备的定义

一般而言，承压设备是盛装气体、液化气体、液体或气液混合物介质，并承载一定压力的密闭设备的通称。但在工程中最常见的承压设备主要是各类锅炉、各类压力容器（包括气瓶）和各种压力管道。因此，承压设备为锅炉、压力容器（包括气瓶）以及压力管道的统称。《条例》中对其有明确的规定。

#### (1) 锅炉

锅炉，是指利用各种燃料、电或者其他能源，将所盛装的液体加热到一定的参数，并承载一定压力的密闭设备，其范围规定为容积大于或者等于 30L 的承压蒸汽锅炉；出口水压大于或者等于 0.1MPa（表压），且额定功率大于或者等于 0.1MW 的承压热水锅炉；有机热载体锅炉。

#### (2) 压力容器

压力容器<sup>①</sup>，是指盛装气体或者液体，承载一定压力的密闭设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1MPa（表压），且压力与容积的乘积大于或者等于 2.5MPa·L 的气体、液化气体和最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体的固定式容器和移动式容器；盛装公称压力大于或者等于 0.2MPa（表压），且压力与容器的乘积大于或者等于 1.0MPa·L 的气体、液化气体和标准沸点等于或者低于 60℃ 液体的气瓶；氧舱等。

#### (3) 压力管道

压力管道，是指利用一定的压力，用于输送气体或者液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1MPa（表压）的气体、液化气体、蒸汽介质或者可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25mm 的管道。

① 《GB150 钢制压力容器》<sup>[1-2]</sup> 和《JB4732 钢制压力容器——分析设计标准》<sup>[1-3]</sup> 中将真空度高于或等于 0.02MPa 的容器也纳入压力容器的设计范围。

## 1.2 承压设备分类的目的

承压设备发生事故即使不是灾难性的,也往往带来巨大的经济损失。因为承压设备所处的装置一般是自动化程度很高的大型生产装置,其中一台设备发生事故,即造成整套装置的连锁停车,带来巨大的经济损失。

承压设备种类繁多,应用领域宽广,使用条件各异,危险性和发生事故后的损失程度也大不一样,因此如不加分类的泛泛管理,无形中势必增大监管成本,降低监管的科学性和有效性。鉴于承压设备的特点和在经济、社会生活中的重要性,其安全问题历来受到特殊重视。为便于根据承压设备的重要程度和发生事故后带来的危害性进行监察和管理,因此要对承压设备进行分类。

## 1.3 承压设备分类方法

### 1.3.1 锅炉的分类方法

#### (1) 锅炉的一般分类方法

锅炉由“锅”和“炉”两大核心部分组成。“锅”是指汽水流动系统,包括锅筒、集箱、水冷壁以及对流受热面等,是换热设备的吸热部分;“炉”是指燃料燃烧空间及烟风流动系统,包括炉膛、对流烟道以及烟囱等,是换热设备的放热部分。锅炉的类型很多,分类方法也很多,归纳起来大致有以下几种分类<sup>[1-4~1-8]</sup>。

① 按用途分类 可以分为电站锅炉、工业锅炉和生活锅炉。

电站锅炉——指用于火力发电的锅炉。火力发电机组由蒸汽锅炉、汽轮机、发电机三大动力设备构成。锅炉产生的高温、高压蒸汽经过汽轮机做功,使蒸汽的热能转换机械能,汽轮机带动发电机高速旋转发电,此时机械能转换成电能。

工业锅炉——指锅炉产生的高温热载体(蒸汽、高温水以及有机热载体)供工业生产过程中应用,如酿酒、造纸、纺织、木材、食品、化工等。

生活锅炉——指锅炉产生的热水、蒸汽供人们生活之用,如取暖、洗浴、消毒等。

② 按蒸发量分类 可以分为小型锅炉、中型锅炉、大型锅炉。

小型锅炉——蒸发量小于 20t/h 或蒸发功率小于 14MW 的锅炉。

中型锅炉——蒸发量为 20~75t/h 或蒸发功率 14~46MW 的锅炉。

大型锅炉——蒸发量大于 75t/h 或蒸发功率大于 46MW 的锅炉。

③ 按压力分类 可以分为低压锅炉、中压锅炉、高压锅炉、超高压锅炉、亚临界压力锅炉、超临界压力锅炉和超超临界压力锅炉。

低压锅炉——出口工质(蒸汽、热水、其他热载体)压力小于等于 2.5MPa 的锅炉。

中压锅炉——出口工质压力大于 3.0MPa,且小于等于 5.0MPa 的锅炉。

高压锅炉——出口工质压力大于 8.0MPa,且小于等于 11.0MPa 的锅炉。

超高压锅炉——出口工质压力大于 12.0MPa,且小于等于 15.0MPa 的锅炉。

亚临界压力锅炉——出口工质压力大于 16.0MPa,且小于等于 20.0MPa 的锅炉。

超临界压力锅炉——出口工质压力大于 22.1MPa,且小于等于 28.0MPa 的锅炉。

超超临界压力锅炉——出口工质压力大于 28.0MPa 的锅炉。

④ 按介质分类 可以分为蒸汽锅炉、热水锅炉、汽水两用锅炉和热载体锅炉。

蒸汽锅炉——出口介质为饱和蒸汽或过热蒸汽的锅炉。

热水锅炉——出口介质为高温水 ( $>120^{\circ}\text{C}$ ) 或低温水 ( $120^{\circ}\text{C}$  以下) 的锅炉。

汽水两用锅炉——既产生蒸汽又可提供热水的锅炉。

热载体锅炉——出口介质为有机或无机载热体的锅炉。

⑤ 按燃料种类和能量来源分类 可以分为燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、电加热锅炉、废热 (余热) 锅炉、原子能锅炉等。

⑥ 按燃烧方式与燃烧设备分类 可以分为火床燃烧锅炉 (层状燃烧锅炉)、火室燃烧锅炉 (悬浮燃烧锅炉、煤粉锅炉)、沸腾燃烧锅炉 (流化床燃烧锅炉) 等。

火床燃烧锅炉——燃料在炉排上进行燃烧的锅炉, 包括固定炉排炉、链条炉排炉以及往复炉排炉等, 其燃料主要是煤。

火室燃烧锅炉——燃料以气态形状在燃烧室内进行燃烧的锅炉。其燃料是气体燃料、液体燃料和煤粉。

沸腾燃烧锅炉——燃料在料床上方进行沸腾燃烧, 在烟气出口将未燃尽的煤粒分离出来再送回料床燃烧的锅炉。沸腾燃烧锅炉燃料适应范围广, 排放低, 是燃烧劣质煤的较好炉型。

⑦ 按介质在锅炉内部流动方式分类 可以分为自然循环锅炉、强制循环锅炉、直流锅炉等。

自然循环锅炉——在水循环回路中, 介质流动的动力来自水与汽水混合物的密度差。

强制循环锅炉——在水循环回路中介质流动的动力除水和汽水密度差外, 主要依靠锅炉水循环泵的压头。

直流锅炉——给水依靠给水泵压头在受热面一次通过产生蒸汽的锅炉, 因此, 直流锅炉也属于强制循环锅炉。

⑧ 按燃烧室布置分类 可以分为内燃式锅炉、外燃式锅炉。内燃式锅炉的燃烧室布置在锅筒 (炉胆) 内, 外燃式锅炉的燃烧室布置在锅筒外。

⑨ 按锅筒位置分类 可以分为立式锅炉、卧式锅炉。

⑩ 按锅炉本体形式分类 可以分为锅壳锅炉 (火管锅炉)、水管锅炉。

锅壳锅炉——受热面主要布置在锅壳内, 火焰或烟气在受热面管内流动加热, 介质在受热面管外吸热的锅炉。

水管锅炉——火焰或烟气在受热面管外面流动加热, 介质则在受热面管内流动吸热的锅炉。

⑪ 按安装方式分类 可以分为整装锅炉 (快装锅炉)、组装锅炉、散装锅炉。

整装锅炉——锅炉在制造厂组装后, 运到使用单位只需连接外部管路阀门即可投入运行的锅炉。

组装锅炉——锅炉在制造厂内预制成 2~3 个组件, 在现场再组装成整体的锅炉。

散装锅炉——锅炉主要受压部件散装出厂, 到使用单位进行现场组装的锅炉。

## (2) 锅炉按制造许可证级别的划分方法

根据《锅炉压力容器制造监督管理办法》<sup>[1-9]</sup> 的规定, 锅炉制造许可级别分 A、B、C、D 四个级别, 详见表 1-1。

表 1-1 锅炉制造许可级别划分

| 级别 | 制造锅炉范围                                                           |
|----|------------------------------------------------------------------|
| A  | 不限                                                               |
| B  | 额定蒸汽压力小于等于 2.5MPa 的蒸汽锅炉(表压,下同)                                   |
| C  | 额定蒸汽压力小于等于 0.8MPa 且额定蒸发量小于等于 1t/h 的蒸汽锅炉;<br>额定出水温度小于 120℃ 的热水锅炉  |
| D  | 额定蒸汽压力小于等于 0.1MPa 的蒸汽锅炉;<br>额定出水温度小于 120℃ 且额定热功率小于等于 2.8MW 的热水锅炉 |

- 注: 1. 额定出水温度大于等于 120℃ 的热水锅炉, 按照额定出水压力分属于 C 级及其以上各级。
2. 持有高级别许可证的锅炉制造企业, 可以生产低级别的锅炉产品。
3. 持有 C 级及其以上级别许可证的锅炉制造企业, 可以制造有机热载体锅炉, 对于只制造有机热载体锅炉的制造企业, 应申请有机热载体锅炉单项制造许可, 而不需定级别。
4. 对于产品种类较单一的制造企业, 可对其许可范围进行限制, 如限部件、材质、品种等。
5. 持证锅炉制造企业可以制造与相应级别锅炉配套的分汽缸、分水缸。

1.3.2 压力容器的分类方法

(1) 压力容器的一般分类方法

常见的有按设计压力、受压方式、工艺用途、制造方法、壳体形状、壳体材料、设计壁厚、壳体结构形式等进行分类<sup>[1-4~1-6, 1-10~1-14]</sup>。

① 按设计(最高工作)压力高低分类 设计压力或者最高工作压力是压力容器最主要的一个工作参数。从安全角度讲, 设计压力越高, 发生爆炸事故的危害越大。为了便于对压力容器进行分级管理和技术监督, 我国将压力分为 6 个级别, 由此有 6 种不同压力等级的容器, 其中后 4 种为压力容器, 即: I 真空容器  $p < 0.08\text{MPa}$  (abs, 或真空度  $> 0.02\text{MPa}$ ); II 常压容器  $0.08\text{MPa}$  (abs, 或真空度  $< 0.02\text{MPa}$ )  $\leq p < 0.1\text{MPa}$ ; III 低压容器(代号 L)  $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$ , 多用于基本化学工业、机械制造业、冶金、采矿、医药、食品、精细化工、日用化工、饮食、服务业等企业, 为薄壁容器; IV 中压容器(代号 M)  $1.6\text{MPa} \leq p < 10\text{MPa}$ , 多用于石油化工企业, 也为薄壁容器; V 高压容器(代号 H)  $10\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$ , 主要用于氮肥企业和一部分石油化工企业, 为厚壁容器; VI 超高压容器(代号 U)  $p \geq 100\text{MPa}$ , 主要是高分子聚合设备、部分人造材料制造(如人造金刚石)设备、实验室设备, 为厚壁容器。

② 按受压方式不同分类 可分为内压(壳体内部承受介质压力)容器和外压(壳体外部承受介质压力)容器两大类。

这两类容器是截然不同的, 其差别首先反映在设计原理上, 内压容器壁厚是根据强度指标确定的, 而外压容器设计则主要考虑稳定性问题。其次, 反映在安全性上, 外压容器一般较内压容器安全。

③ 按工艺用途分类(也称设备类别) 可以归纳为 4 大类, 即反应容器(R)、换热容器(E)、分离容器(S)和储存容器(C)。按工艺用途将容器分类, 可以根据它的种类大体了解容器在生产中的主要作用, 工艺条件的稳定情况, 压力控制的难易程度, 以及万一发生爆炸时可能造成的危害的严重程度等, 这对于压力容器的管理和安全监察都是有利的。

反应容器(R)——主要作用是为工作介质提供一个进行化学反应的密闭空间。这类容器的压力源于两种, 即加压反应和反应升压。加压反应是指容器内的压力由容器外产生, 通

过加压,容器内介质才能进行和维持化学反应,或是通过加压才能使容器内介质加速反应,以提高生产率和设备利用率。这种加压反应一般都是使容器内部维持一定的压力,工艺过程一般都是连续的,压力比较稳定,没有频繁的压力和温度的周期性变动。反应升压是指容器内的压力通过容器内的介质反应产生,介质在容器内发生体积增大的化学反应,使容器升压。这类反应容器旧式的多为间歇式,容器内压力和温度都有较频繁的周期性变动。许多反应容器内工作介质发生化学反应的过程,往往又是放热或吸热过程,为了保持一定的反应温度,常装设一些加热或冷却、搅拌等附属装置。

包括反应器、反应釜、分解锅、分解塔、聚合釜、高压釜、超高压釜、合成塔、变换炉、蒸煮锅、蒸压釜、蒸球、蒸汽发生炉等。

换热容器(E)——主要作用是使工作介质在容器内进行热交换,以达到生产工艺过程中所需要的将介质加热或冷却的目的。其主要工艺过程是物理过程,按传热的方式分为蓄热式、直接式和间接式三种,较为常用的是直接式和间接式。

直接式换热是将两种换热的介质在容器内直接接触,热量即由高温介质传给低温介质,使其中的介质一种被加热、另一种被冷却。这种换热器的效率一般较高,但只适用于两种介质不会互相混合或允许相互混合的场合。间接式换热是参与换热的两种介质在容器内被隔离而不能相互接触,热量交换是通过两种介质之间的间壁(管壁或板壁)来间接完成,适用于两种介质不允许相互混合的场合。这种换热器根据传热壁的结构,可分为管壳式换热器和板式换热器两大类。压力容器属于管壳式换热器的有蛇管式、列管式、排管淋洒式等;较为常见的板壁换热器有夹套容器、烘缸、板式换热器、螺旋板换热器等。

包括管壳式余热锅炉(废热锅炉)、换热器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、硫化锅、消毒锅、染色锅、烘缸、磺化锅、蒸炒锅、预热锅、溶剂预热器、蒸锅、蒸脱机、电热蒸汽发生器、煤气发生炉水夹套等。

分离容器(S)——主要是用于完成介质的流体压力平衡、缓冲和气体净化分离。介质在分离容器内通过降低流速、改变流动方向或用其他物料吸收、溶解等方法来分离气体中的混合物,从而达到净化气体或提取、回收杂质中的有用物料的目的。在分离容器中,主要介质不参与化学反应,气体经加压后进入容器内,提高分离或净化效率。分离容器的名称较多,按容器的作用命名为分离器、净化塔、回收塔、汽提塔、铜洗塔、分气缸、集油器、缓冲器、除氧器等;按所用的净化方法命名为吸收塔、洗涤塔、干燥塔、过滤器等。

储存容器(C)——主要用于储存或盛装气体、液体、液化气体等介质,以保持介质压力的稳定,保证生产的持续进行。由于工作介质在储存压力容器内一般不发生化学或物理变化,不需要装设供传热传质用的内部工艺装置(内件),所以储存压力容器的内部结构比较简单,一般由壳体、出入口接管及外部一些安全附件和必要的附件(如支座、扶梯、保温外壳、室外储罐的防雷装置等)构成。大型的储存容器多为球形容器,小型的则常为卧式圆筒形容器。

包括压缩空气和液化气体储罐(槽)、液氯储罐、计量槽、压力缓冲器等。

在实际生产过程中,有一些容器具有多种用途。在这种情况下,容器分类应归属于作为主要用途的一类。例如,合成氨厂的二氧化碳水洗塔,既有冷却原料气体的作用(换热),又有从原料气中溶解分离出二氧化碳的作用(分离),但它的主要作用是后者,所以它应归属于分离器。

④ 按制造方法不同分类 分为焊接容器、整体锻造容器、铸造容器、搪玻璃容器等。

⑤ 按壳体形状不同分类 分为圆筒形容器、球形容器、圆锥形容器、矩形容器和异型容器等。

⑥ 按壳体材料不同分类 分为钢制容器、有色金属（铝、钛、钽、镍、铜、铝）及其合金制容器和非金属（复合材料、塑料、石墨等）制容器等。

⑦ 按设计（最高工作）壁温高低分类 分为低温容器（小于等于 $-20^{\circ}\text{C}$ ，考虑壳体材料的无延性转变温度）；常温容器（ $-20\sim 200^{\circ}\text{C}$ 或 $350^{\circ}\text{C}$ ，上限考虑壳体材料的蓝脆或回火脆等温度）；中温容器（ $200$ 或 $350\sim 450^{\circ}\text{C}$ 或 $550^{\circ}\text{C}$ ，上限考虑壳体材料的蠕变、 $\sigma$ 相、球化或石墨化等温度）；高温容器（ $450^{\circ}\text{C}$ 或 $550\sim 750^{\circ}\text{C}$ ，特殊合金材料甚至更高，壳体材料处于蠕变温度下工作）。

⑧ 按壳体结构形式不同分类 分为单层和多层（热套、绕带、绕丝、绕板、包扎等）容器。

⑨ 按壁厚不同分类 分为薄壁容器（指相对壁厚较薄）和厚壁容器。

⑩ 按安放形式不同分类 为立式容器和卧式容器等。

⑪ 按使用方式不同分类 常分为固定式容器和移动式容器两大类。

固定式容器——系指除了用于运输储存气体的盛装容器以外的所有容器。这类容器有固定的安装和使用地点，工艺条件和使用操作人员也比较固定，容器一般不是单独装设，而是用管道与其他设备相连接。固定式容器还可以按它的压力和用途进行分类，如合成塔、蒸球、管壳式余热锅炉、热交换器、分离器等。

移动式容器——属于储运容器，它与储存容器的区别在于移动式压力容器没有固定的使用地点，一般也没有专职的使用操作人员，使用环境经常变换，不确定因素较多，管理复杂，因此容易发生事故。它的主要用途是盛装或运送有压力的气体或液化气体。容器在气体制造厂充气，然后运送到用气单位。移动式压力容器按其容积大小及结构形状可以分为气瓶和罐车（旧称槽车）两大类。罐车有汽车罐车和火车罐车。

气瓶是利用得最为普遍的一种移动式容器。一种气瓶的头部和底部两端不相对称，头部缩颈收口装阀，整体形状如瓶，容积较小，一般都在 $200\text{L}$ 以下，常用的为 $40\text{L}$ 左右。另一种是桶状，两端封头，一般都相互对称，形状如桶，容积较大，为 $200\sim 1000\text{L}$ 。

按气瓶盛装气体的特性、用途或结构形式分为永久气体气瓶、液化气体气瓶、溶解气体气瓶和其他气瓶（混合气体的无缝、焊接气瓶和特种气瓶）等。根据气温情况和实际使用情况，我国的《气瓶安全监察规程》规定的气瓶适用条件为正常环境温度，即 $-40\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，公称工作压力为 $1.0\sim 30\text{MPa}$ ，公称容积为 $0.4\sim 3000\text{L}$ 。

a. 永久气体气瓶 旧称压缩气体气瓶，一般都是以较高的压力充装气体，目的是增加气体的单位容积装气量，提高气瓶的利用率和运输效率。常用的充装压力为 $15\text{MPa}$ 和 $12.5\text{MPa}$ ，也有充装 $20\text{MPa}$ 和 $30\text{MPa}$ 的。所装的永久气体有氧、氮、空气、氢、甲烷、一氧化碳、一氧化氮及氮、氖、氩、氪、氙等惰性气体。

b. 液化气体气瓶 在充装时气体都是低温液态，其中有些液化气体因临界温度较低，装入瓶后会受环境温度的影响而全部汽化，成为压缩气体储存于瓶内，称为低临界温度液化气体气瓶；而有些液化气体的临界温度较高，瓶内气体在常温下始终保持一定饱和蒸气压力下的气液两相平衡状态，称为高临界温度液化气体气瓶。对前一种气体气瓶，它的工作压力决定了气体充装量。因此，为了提高气瓶单位容积的装气量，一般都用较高的压力来充装（按气瓶公称工作压力系列分为 $20\text{MPa}$ 、 $15\text{MPa}$ 、 $12.5\text{MPa}$ 、 $8.0\text{MPa}$ 四种，常用的是