

DIWEN ZHILENG ZHUANGBEI
YU JISHU

低温制冷装备 与技术

张周卫 汪雅红 郭舜之 赵丽 著

张周卫



化学工业出版社

DIWEN ZHILENG ZHUANGBEI
YU JISHU

低温制冷装备 与技术

张周卫 汪雅红 郭舜之 赵丽 著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍了低温液氮用系列装备技术及专利、LNG 系列板翅式换热器及专利技术、LNG 系列缠绕管式换热器及专利技术、低温甲醇用系列缠绕管式换热器及专利技术、螺旋压缩膨胀制冷机系列及专利技术、低温过程控制阀门装置及专利技术、LNG 系列阀门及专利技术、空间低温制冷技术系列及专利技术等内容,涉及 40 多种低温制冷装备的专利技术,能为行业内的人员提供有价值的参考。

本书的主要研发项目涉及多股流低温缠绕管式换热装备及过程控制装备研究及产业化,属换热设备领域内技术难度最大的多股流超低温换热装备及过程控制装备系列化产品研发项目,主要应用于液化天然气及煤化工等领域,涉及目前世界流行的大型 LNG 液化系统、低温甲醇洗、低温液氮洗等重点工艺系统中的核心技术设备,对 100 万立方米以上的 LNG 系统、100 万吨甲醇、100 万吨化肥三大工艺系统装备的研究与开发具有重要借鉴作用。

本书不仅可供从事低温与制冷工程、动力工程、新能源工程、液化天然气、化工机械、石油化工等行业的科研人员、工程技术人员、设计人员参考,也可供高等学校相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

低温制冷装备与技术/张周卫等著. —北京: 化学工业出版社, 2018.3

ISBN 978-7-122-31064-4

I. ①低… II. ①张… III. ①低温-制冷装置②低温-制冷技术 IV. ①TB65②TB66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 289092 号

责任编辑: 卢萌萌 刘兴春
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 李 玥
装帧设计: 王晓宇

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: 三河市航远印刷有限公司

装 订: 三河市曦发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 446 千字 2018 年 3 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: 98.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

《低温制冷装备与技术》共收集张周卫、汪雅红等主持研发的低温制冷装备产品 40 多项，主要包括低温液氮用系列换热装备、液化天然气（LNG）板翅式系列换热装备、LNG 缠绕管式系列换热装备、低温甲醇用缠绕管式系列换热装备、螺旋压缩膨胀制冷机系列装备、低温过程控制系列阀门装备、LNG 系列阀门装备、空间低温制冷技术系列装备等 8 个类别，涉及 50 多种低温制冷装备研发技术，内含基础研究与产品设计计算过程。研发产品可应用于石油化工、煤化工、液化天然气、空气液化与分离、制冷及低温工程等领域。

本书共分 9 章，其中，第 2 章、第 4 章、第 5 章所列研发产品主要涉及多股流低温缠绕管式换热装备及过程控制装备研究及产业化内容，属换热设备领域内技术难度最大的多股流低温换热装备及过程控制装备系列化产品研发项目，主要应用于液化天然气（LNG）、煤化工、石油化工、低温制冷、空间技术、装备制造等多个领域，涉及目前世界流行的大型 LNG 液化系统、低温甲醇洗、低温液氮洗等重点工艺系统中的核心技术设备，对 100 万立方米以上的 LNG 液化系统、100 万吨甲醇、100 万吨化肥三大工艺系统核心装备的研究与开发具有重要推动作用。从基础研发到设计技术等均已成熟，从装备设计制造层面来讲，已能够推进涉及各大工艺系统系列装备的国产化及产业化进程。此外，第 3 章所列的 LNG 板翅式系列换热装备主要应用于对 60 万立方米以下 LNG 系统，为 60 万立方米 LNG 液化系统的核心主设备，目前已具备液化系统工艺技术及装备的总体研究及开发能力，有助于推进 60 万立方米及 30 万立方米以下 LNG 液化系统核心工艺技术及核心装备的国产化及产业化进程。

本书第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章研发项目涉及多股流低温换热装备核心技术，主要依托多股流集约化换热技术替代传统的单股流换热器技术，也是目前技术难度较大的多股流多相流低温系列换热装备及控制装备的研发项目，属大型换热器发展的重要研究方向，可有效突破国外专利技术封锁，代替成套工艺进口产品。目前，国家为开发南海天然气资源，已针对其两项重要专利技术——LNG 缠绕管式换热器、LNG 板翅式换热器立项研究。研究项目曾倍受中石油、中海油、昆仑燃气、中国寰球、中国神华、中国华能等企业关注与支持，也曾得到国家及地方创新基金及其他研发经费大力支持，已经具备了一定的研究开发及产业化基础，属系列化超低温装备产品开发过程，主要有 8 类共 50 多个低温装备产品，具有很好的产业化发展势头，有助于突破国际流行的三大工艺系统——“大型 MCHE 型 LNG 液化系统工艺及核心主液化装备设计计算技术”“低温液氮洗工艺及核心主设备设计计算技

术”“低温甲醇洗工艺及核心主设备设计计算技术”，为系列化超低温过程装备国产化研究开发提供研究基础。

与文中相关的研发项目内含基础研究及产业化技术开发过程，主要针对 50 多项核心装备技术及所涉及的 6 大工艺技术，包括：MCHE 大型 LNG 液化系统工艺技术、低温甲醇洗工艺技术、低温液氮洗工艺技术、MPFHE 型中型 60 万立方米 LNG 液化工艺技术、螺旋压缩膨胀制冷系统工艺技术、空间低温制冷工艺技术等，主要包含 43 项发明专利、5 项实用新型、2 项标准、2 部专著、1 套软件、30 多篇论文，共开发 50 多种低温制冷系统装备或产品。按照目前项目开发现状，书中重点列出多项专利产品工艺及装备设计计算技术，与相关行业内的研究人员共同分享，以期全力推进相关领域内技术装备的创新研究及产业化进程。

本书第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章由张周卫、郭舜之负责撰写并编辑整理；第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章由汪雅红、赵丽负责撰写并编辑整理；全书最后由张周卫统稿。

本书受国家自然科学基金（编号：51666008）、甘肃省财政厅基本科研业务费（编号：214137）、甘肃省自然科学基金（编号：1208RJZA234）等支持。

限于著者时间及水平，本书中部分内容难免存在疏漏之处，希望同行及广大读者批评指正。

兰州交通大学
甘肃中远能源动力工程有限公司
张周卫 汪雅红
2017 年 12 月 1 日

目 录

CONTENTS

第1章 绪论

第2章 低温液氮用系列装备技术专利

- 2.1 低温液氮用多股流缠绕管式主回热换热装备 / 5
 - 2.1.1 技术领域 / 5
 - 2.1.2 背景技术 / 5
 - 2.1.3 发明内容 / 5
 - 2.1.4 附图说明 / 10
 - 2.1.5 具体实施方式 / 10
- 2.2 低温液氮用一级回热多股流换热装备 / 12
 - 2.2.1 技术领域 / 12
 - 2.2.2 背景技术 / 13
 - 2.2.3 发明内容 / 13
 - 2.2.4 附图说明 / 16
 - 2.2.5 具体实施方式 / 17
- 2.3 低温液氮用二级回热多股流缠绕管式换热装备 / 19
 - 2.3.1 技术领域 / 19
 - 2.3.2 背景技术 / 19
 - 2.3.3 发明内容 / 20
 - 2.3.4 附图说明 / 24
 - 2.3.5 具体实施方式 / 24
- 2.4 低温液氮用三级回热多股流缠绕管式换热装备 / 27
 - 2.4.1 技术领域 / 27
 - 2.4.2 背景技术 / 27

- 2.4.3 发明内容 / 28
- 2.4.4 附图说明 / 32
- 2.4.5 具体实施方式 / 32
- 2.5 扩散制冷型低温液氮洗涤塔 / 34
 - 2.5.1 技术领域 / 34
 - 2.5.2 背景技术 / 35
 - 2.5.3 发明内容 / 35
 - 2.5.4 附图说明 / 39
 - 2.5.5 具体实施方式 / 39
- 2.6 低温污氮用闪蒸气液分离器 / 42
 - 2.6.1 技术领域 / 42
 - 2.6.2 背景技术 / 42
 - 2.6.3 发明内容 / 42
 - 2.6.4 附图说明 / 44
 - 2.6.5 具体实施方式 / 44

第3章 LNG系列板翅式换热器及专利技术

- 3.1 LNG混合制冷剂多股流板翅式换热器 / 47
 - 3.1.1 技术领域 / 47
 - 3.1.2 背景技术 / 47
 - 3.1.3 发明内容 / 48
 - 3.1.4 附图说明 / 57
 - 3.1.5 具体实施方式 / 64
- 3.2 LNG低温液化一级制冷五股流板翅式换热器 / 66
 - 3.2.1 技术领域 / 66
 - 3.2.2 背景技术 / 66
 - 3.2.3 发明内容 / 67
 - 3.2.4 附图说明 / 72
 - 3.2.5 具体实施方式 / 77
- 3.3 LNG低温液化二级制冷四股流板翅式换热器 / 78
 - 3.3.1 技术领域 / 78
 - 3.3.2 背景技术 / 78
 - 3.3.3 发明内容 / 79
 - 3.3.4 附图说明 / 82
 - 3.3.5 具体实施方式 / 86
- 3.4 LNG低温液化三级制冷三股流板翅式换热器 / 87

- 3.4.1 技术领域 / 87
- 3.4.2 背景技术 / 87
- 3.4.3 发明内容 / 88
- 3.4.4 附图说明 / 92
- 3.4.5 具体实施方式 / 95

第4章 LNG系列缠绕管式换热器及专利技术

- 4.1 LNG低温液化混合制冷剂多股流螺旋缠绕管式主换热装备 / 98
 - 4.1.1 技术领域 / 98
 - 4.1.2 背景技术 / 98
 - 4.1.3 发明内容 / 98
 - 4.1.4 附图说明 / 103
 - 4.1.5 具体实施方式 / 103
- 4.2 LNG低温液化一级制冷四股流螺旋缠绕管式换热装备 / 105
 - 4.2.1 技术领域 / 105
 - 4.2.2 背景技术 / 105
 - 4.2.3 发明内容 / 105
 - 4.2.4 附图说明 / 109
 - 4.2.5 具体实施方式 / 109
- 4.3 LNG低温液化二级制冷三股流螺旋缠绕管式换热装备 / 110
 - 4.3.1 技术领域 / 110
 - 4.3.2 背景技术 / 110
 - 4.3.3 发明内容 / 110
 - 4.3.4 附图说明 / 113
 - 4.3.5 具体实施方式 / 113
- 4.4 LNG低温液化三级制冷螺旋缠绕管式换热装备 / 114
 - 4.4.1 技术领域 / 114
 - 4.4.2 背景技术 / 114
 - 4.4.3 发明内容 / 115
 - 4.4.4 附图说明 / 117
 - 4.4.5 具体实施方式 / 117
- 4.5 一种带真空绝热的双股流低温螺旋缠绕管式换热器 / 118
 - 4.5.1 技术领域 / 118
 - 4.5.2 背景技术 / 118
 - 4.5.3 发明内容 / 118
 - 4.5.4 附图说明 / 123

- 4.5.5 具体实施方式 / 123
- 4.6 一种带真空绝热的单股流低温螺旋缠绕管式换热器 / 124
 - 4.6.1 技术领域 / 124
 - 4.6.2 背景技术 / 124
 - 4.6.3 发明内容 / 125
 - 4.6.4 附图说明 / 127
 - 4.6.5 具体实施方式 / 127
- 4.7 双股流螺旋缠绕管式换热器设计计算方法 / 128
 - 4.7.1 技术领域 / 128
 - 4.7.2 背景技术 / 128
 - 4.7.3 发明内容 / 128
 - 4.7.4 附图说明 / 139
 - 4.7.5 具体实施方式 / 140
- 4.8 单股流螺旋缠绕管式换热器设计计算方法 / 140
 - 4.8.1 技术领域 / 140
 - 4.8.2 背景技术 / 140
 - 4.8.3 发明内容 / 140
 - 4.8.4 附图说明 / 144
 - 4.8.5 具体实施方式 / 144

第5章 低温甲醇用系列缠绕管式换热器及专利技术

- 5.1 低温甲醇-甲醇缠绕管式换热器设计计算方法 / 146
 - 5.1.1 技术领域 / 146
 - 5.1.2 背景技术 / 146
 - 5.1.3 发明内容 / 146
 - 5.1.4 附图说明 / 151
 - 5.1.5 具体实施方式 / 151
- 5.2 低温循环甲醇冷却器用缠绕管式换热器 / 151
 - 5.2.1 技术领域 / 151
 - 5.2.2 背景技术 / 152
 - 5.2.3 发明内容 / 153
 - 5.2.4 附图说明 / 156
 - 5.2.5 具体实施方式 / 156
- 5.3 未变换气冷却器用低温缠绕管式换热器 / 157
 - 5.3.1 技术领域 / 157
 - 5.3.2 背景技术 / 157

- 5.3.3 发明内容 / 158
- 5.3.4 附图说明 / 161
- 5.3.5 具体实施方式 / 161
- 5.4 变换气冷却器用低温缠绕管式换热器 / 162
 - 5.4.1 技术领域 / 162
 - 5.4.2 背景技术 / 163
 - 5.4.3 发明内容 / 163
 - 5.4.4 附图说明 / 166
 - 5.4.5 具体实施方式 / 166
- 5.5 原料气冷却器用三股流低温缠绕管式换热器 / 167
 - 5.5.1 技术领域 / 167
 - 5.5.2 背景技术 / 168
 - 5.5.3 发明内容 / 168
 - 5.5.4 附图说明 / 172
 - 5.5.5 具体实施方式 / 172

第 6 章 螺旋压缩膨胀制冷机系列及专利技术

- 6.1 螺旋压缩膨胀制冷机 / 176
 - 6.1.1 技术领域 / 176
 - 6.1.2 背景技术 / 176
 - 6.1.3 发明内容 / 177
 - 6.1.4 附图说明 / 181
 - 6.1.5 具体实施方式 / 181
- 6.2 螺旋压缩膨胀制冷机用变螺距螺旋压缩机头 / 183
 - 6.2.1 技术领域 / 183
 - 6.2.2 背景技术 / 183
 - 6.2.3 发明内容 / 184
 - 6.2.4 附图说明 / 186
 - 6.2.5 具体实施方式 / 187
- 6.3 螺旋压缩膨胀制冷机用径轴流进气增压叶轮 / 189
 - 6.3.1 技术领域 / 189
 - 6.3.2 背景技术 / 189
 - 6.3.3 发明内容 / 190
 - 6.3.4 附图说明 / 191
 - 6.3.5 具体实施方式 / 192

第7章 低温过程控制阀门装置及专利技术

7.1 管道内置多股流低温减压节流阀 / 194

7.1.1 技术领域 / 194

7.1.2 背景技术 / 194

7.1.3 发明内容 / 195

7.1.4 附图说明 / 197

7.1.5 具体实施方式 / 197

7.2 中流式低温过程控制减压节流阀 / 197

7.2.1 技术领域 / 197

7.2.2 背景技术 / 197

7.2.3 发明内容 / 198

7.2.4 附图说明 / 200

7.2.5 具体实施方式 / 200

7.3 低温系统管道内置减压节流阀 / 200

7.3.1 技术领域 / 200

7.3.2 背景技术 / 201

7.3.3 发明内容 / 201

7.3.4 附图说明 / 203

7.3.5 具体实施方式 / 203

7.4 低温系统减压安全阀 / 203

7.4.1 技术领域 / 203

7.4.2 背景技术 / 204

7.4.3 发明内容 / 204

7.4.4 附图说明 / 205

7.4.5 具体实施方式 / 205

7.5 低温系统温度控制节流阀 / 206

7.5.1 技术领域 / 206

7.5.2 背景技术 / 206

7.5.3 发明内容 / 206

7.5.4 附图说明 / 207

7.5.5 具体实施方式 / 207

7.6 双压控制减压节流阀 / 208

7.6.1 技术领域 / 208

7.6.2 背景技术 / 208

7.6.3 发明内容 / 208

- 7.6.4 附图说明 / 210
- 7.6.5 具体实施方式 / 210
- 7.7 低温液氮用气动控制快速自密封加注阀 / 211
 - 7.7.1 技术领域 / 211
 - 7.7.2 背景技术 / 211
 - 7.7.3 发明内容 / 211
 - 7.7.4 附图说明 / 214
 - 7.7.5 具体实施方式 / 214

第8章 LNG系列阀门及专利技术

- 8.1 LNG截止阀 / 218
 - 8.1.1 技术领域 / 218
 - 8.1.2 背景技术 / 218
 - 8.1.3 发明内容 / 219
 - 8.1.4 附图说明 / 221
 - 8.1.5 具体实施方式 / 221
- 8.2 LNG闸阀 / 222
 - 8.2.1 技术领域 / 222
 - 8.2.2 背景技术 / 223
 - 8.2.3 发明内容 / 224
 - 8.2.4 附图说明 / 228
 - 8.2.5 具体实施方式 / 229
- 8.3 LNG蝶阀 / 230
 - 8.3.1 技术领域 / 230
 - 8.3.2 背景技术 / 230
 - 8.3.3 发明内容 / 232
 - 8.3.4 附图说明 / 235
 - 8.3.5 具体实施方式 / 237
- 8.4 LNG球阀 / 238
 - 8.4.1 技术领域 / 238
 - 8.4.2 背景技术 / 238
 - 8.4.3 发明内容 / 240
 - 8.4.4 附图说明 / 244
 - 8.4.5 具体实施方式 / 246
- 8.5 LNG止回阀 / 247
 - 8.5.1 技术领域 / 247

- 8.5.2 背景技术 / 247
- 8.5.3 发明内容 / 248
- 8.5.4 附图说明 / 250
- 8.5.5 具体实施方式 / 251
- 8.6 LNG 低温过程控制安全阀 / 252
 - 8.6.1 技术领域 / 252
 - 8.6.2 背景技术 / 252
 - 8.6.3 发明内容 / 252
 - 8.6.4 附图说明 / 254
 - 8.6.5 具体实施方式 / 254

第9章 空间低温制冷技术系列及专利技术

- 9.1 自增压空间低红外辐射冷屏蔽系统装置 / 256
 - 9.1.1 技术领域 / 256
 - 9.1.2 背景技术 / 257
 - 9.1.3 发明内容 / 257
 - 9.1.4 附图说明 / 262
 - 9.1.5 具体实施方式 / 262
- 9.2 空间冷屏蔽系统分层蓄液制冷装置 / 264
 - 9.2.1 技术领域 / 264
 - 9.2.2 背景技术 / 264
 - 9.2.3 发明内容 / 265
 - 9.2.4 附图说明 / 266
 - 9.2.5 具体实施方式 / 268
- 9.3 空间冷屏蔽系统冷蒸气排放控制装置 / 269
 - 9.3.1 技术领域 / 269
 - 9.3.2 背景技术 / 269
 - 9.3.3 发明内容 / 269
 - 9.3.4 附图说明 / 272
 - 9.3.5 具体实施方式 / 274

后记

参考文献

第1章

绪论

低温制冷装备与技术主要涉及低温制冷原理及装备研究开发技术,包括低温制冷装备的设计计算技术。低温制冷过程的实质就是利用制冷机械做功过程,将低温空间或物体中的热量吸取并转移至高温物体,从而实现连续制冷过程并逐渐降低被冷却物体的温度,以满足低温工艺流程温度要求。一般情况下,从环境温度到120K的范围属于制冷,而从120K以下到绝对零度(0K)的范围属于低温。制冷与低温不仅体现在所获得的温度高低不同,还体现在所采用的工质以及获得低温的方法不同,但是亦有重叠交叉之处。实现低温制冷所必需的机器和设备统称为制冷装备,如机械压缩式制冷机包括压缩机、蒸发器、冷凝器、节流阀、膨胀机等;吸收式制冷机包括发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、节流阀等。低温制冷技术的研究内容主要包括低温制冷机理、低温制冷机、低温制冷剂、混合制冷剂、低温制冷循环、低温制冷其他机械及装备研究等。本书主要针对大型LNG液化系统、低温甲醇洗、低温液氮洗、空间低温制冷技术等重点工艺系统中的核心技术装备进行研究开发,主要包括-197℃系列低温液氮用缠绕管式换热装备——100万吨合成氨项目核心主设备;-163℃ LNG系列板式换热装备——60万立方米LNG液化系统核心主设备;-163℃ LNG系列缠绕管式换热装备——100万立方米LNG液化系统核心主设备;-70℃系列低温甲醇用缠绕管式换热装备——100万吨甲醇项目核心主设备;螺旋压缩膨胀制冷机系列发明专利——可应用于空间制冷系统的近似布雷顿循环无相变制冷机;-163~-197℃系列低温过程控制装备——低温系统过程制冷及控制关键装备;-163℃ LNG系列阀门——LNG系统关键6大类过程控制阀门;-210℃空间冷屏蔽系统装备等。通过研究各种复杂的低温制冷工艺原理技术,破解复杂低温制冷装备的结构设计及科学计算技术问题,以推进相关成套工艺技术装备的国产化及产业化进程。

主要研究开发内容包括以下几个方面。

(1) 低温液氮洗用系列缠绕管式换热器

低温液氮洗用系列缠绕管式换热器为低温液氮洗工艺包内核心主换热装备,低温液氮洗主要用于100万吨合成氨领域,主要涉及-197℃低温液氮用多股流主回热换热器等4项发明专利技术。目前可突破德国林德公司专利技术,掌握低温液氮洗核心设计计算技术,具备了低温液氮洗成套工艺国产化的能力。掌握“低温液氮洗”核心工艺设计计算技术及核心装备设计计算技术,主要涉及低温液氮用多股流缠绕管式主回热换热装备、低温液氮用一级回热多股流换热装备、低温液氮用二级回热多股流缠绕管式换热装备、低温液氮用三级回热多股流缠绕管式换热装备、扩散制冷型低温液氮洗涤塔、低温污氮用闪蒸气液分离器6个核心装备,具备低温液氮洗核心装备的国产化技术设计能力。

(2) LNG 系列板翅式换热器

LNG 系列板翅式换热器为 30~60 万立方米以下 LNG 核心主液化设备,具有造价高、设计难度大、加工制造精度要求高等特点,主要用于中型天然气开发及南海天然气开发。目前已由工信部主持作为重点项目立项,由中船重工——汾西重工牵头涉密研究,研究内容主要包括 LNG 低温液化板翅式主换热器、LNG 低温液化一级制冷五股流板翅式换热器、LNG 低温液化二级制冷四股流板翅式换热器、LNG 低温液化三级制冷三股流板翅式换热器 4 个关键设备,可突破基于板翅式换热器的 LNG 液化工艺技术及 LNG 混合制冷剂板翅式换热器设计计算技术,突破国外技术垄断,实现 30 万~60 万立方米 LNG 系统的国产化。

(3) LNG 系列缠绕管式换热器

LNG 系列缠绕管式换热器目前已由工信部主持立项,由中海油牵头,涉密重点立项研究 100 万立方米以上大型 LNG 主液化核心设备,主要用于南海天然气开发。目前已掌握大型 LNG 液化系统工艺设计计算技术及核心装备设计计算技术,主要涉及 LNG 低温液化混合制冷剂多股流螺旋缠绕管式主换热装备、LNG 低温液化一级制冷四股流螺旋缠绕管式换热装备、LNG 低温液化二级制冷三股流螺旋缠绕管式换热装备、LNG 低温液化三级制冷螺旋缠绕管式换热装备、一种带真空绝热的单股流低温螺旋缠绕管式换热器、一种带真空绝热的双股流低温螺旋缠绕管式换热器、单股流螺旋缠绕管式换热器设计计算方法、双股流螺旋缠绕管式换热器设计计算方法等 8 项专有技术,制定“单股流缠绕管式换热器设计计算标准”及“双股流缠绕管式换热器设计计算标准”2 项,出版《缠绕管式换热器》专著 1 部,开发缠绕管式换热器设计计算软件 1 部,发表缠绕管式换热器相关论文 14 篇。

(4) 低温甲醇洗用系列缠绕管式换热器

低温甲醇洗用系列缠绕管式换热器主要用于 100 万吨甲醇核心工艺,为低温甲醇洗工艺包内主换热装备,主要涉及-70℃低温甲醇-甲醇缠绕管式换热器、变换气冷却器用低温缠绕管式换热器、低温循环甲醇冷却器用缠绕管式换热器、未变换气冷却器用低温缠绕管式换热器、原料气冷却器用三股流低温缠绕管式换热器 5 个主要装备,目前与中国神华、中国华能等用户单位使用、合作开发,已掌握“低温甲醇洗”核心工艺设计计算技术及核心装备缠绕管式换热器的设计计算技术,具备 100 万吨低温甲醇洗大型多股流核心换热装备的国产化技术设计能力。

(5) 螺旋压缩膨胀制冷机

本发明涉及一种螺旋压缩膨胀制冷机,采用完全轴对称且同轴线结构的螺旋压缩机头、电动机及螺旋膨胀机头,应用近似布雷顿循环制冷原理,较布雷顿循环更接近等温压缩过程的循环方式,压缩功相对较小,可回收膨胀功,COP 较高;应用多级螺旋压缩叶片逐级改变螺旋压缩叶片螺距及螺旋上升角、逐级扩压再压缩的连续压缩方法,实现高速螺旋叶轮对气体的多级离心冲压压缩过程;通过增大螺旋膨胀叶片螺距及螺旋上升角、高压气流逐渐膨胀加速的连续膨胀做功方法,实现气体对螺旋叶片膨胀做功过程及降温过程;采用气流多级轴向扩压再膨胀的方法带动螺旋叶片高速旋转,实现气流对多级螺旋叶片逐级膨胀做功及降温过程;结构简洁精巧,外形似圆柱形,可直接连接至管道中,实现高温气体的开式低温制冷过程。研究开发过程主要包括螺旋压缩膨胀制冷机制冷原理及整体技术开发、螺旋压缩膨胀制冷机用变螺距螺旋压缩机头及螺旋压缩膨胀制冷机用径轴流进气增压叶轮等技术开发过程。

(6) 超低温过程控制装备

通过对低温系统管道内置减压节流阀、管道内置多股流低温减压节流阀、中流式低温过

程控制减压节流阀、低温系统温度控制节流阀、低温系统减压安全阀、双压控制减压节流阀、低温过程控制安全阀、极限温度控制阀、极限压力控制阀、气动控制快速自密封加注阀等过程控制装置系列专利技术产品的研究及加工制造，掌握了低温过程控制关键技术，可按比例研究设计各种低温过程控制核心装备等，主要装备包括低温系统管道内置减压节流阀、管道内置多股流低温减压节流阀、中流式低温过程控制减压节流阀、低温系统温度控制节流阀、低温系统减压安全阀、双压控制减压节流阀、一种带有减压节流阀的 LNG 汽化器、低温液氮用气动控制快速自密封加注阀等装备。

(7) LNG 系列超低温阀门

-163℃ LNG 系列超低温阀门主要包括 LNG 闸阀、LNG 蝶阀、LNG 截止阀、LNG 止回阀、LNG 球阀、LNG 安全阀等产品，目前已经与兰高集团、江苏神通阀门公司合作开发推进国产化，并开始产业化。已掌握-163℃超低温系列阀门核心技术：LNG 闸阀、LNG 蝶阀、LNG 截止阀、LNG 止回阀、LNG 球阀、LNG 安全阀等 6 项装备，已经通过合作单位国产化。

(8) 高超声速飞行器空间低温制冷基础研究

针对“空间冷屏蔽系统低温制冷技术”，研究空间冷屏蔽系统低温制冷装备等问题，掌握了-210℃冷屏蔽系统低温制冷系统技术，通过理论及实验研究，证明应用此技术能够降低冷屏蔽系统表面温度，满足空间红外辐射特征要求，主要包括自增压式空间低红外辐射冷屏蔽系统装置、空间冷屏蔽系统冷蒸汽排放控制装置、空间冷屏蔽系统分层蓄液制冷装置等核心技术。

第2章

低温液氮用系列装备技术专利

低温液氮用系列装备技术专利主要包括低温液氮用多股流缠绕管式主回热换热装备、低温液氮用一级回热多股流换热装备、低温液氮用二级回热多股流缠绕管式换热装备、低温液氮用三级回热多股流缠绕管式换热装备、扩散制冷型低温液氮洗涤塔、低温污氮用闪蒸气液分离器 6 项专利技术，主要应用于合成氨低温液氮工艺设备技术领域，涉及低温液氮用多股流缠绕管式主回热换热装备技术，应用低温液氮工艺中气液分离器分离出的 -191.5°C 、 1.8MPa H_2 ，洗涤塔顶流出的 -193.4°C 、 5.19MPa $\text{N}_2\text{-H}_2$ 合成气及洗涤塔顶流出的 -191.5°C 、 0.18MPa $\text{N}_2\text{-Ar-CO-CH}_4$ 污氮，补充高压 LN_2 冷却 -127.2°C 、 5.7MPa N_2 至 -188°C 、 5.6MPa LN_2 及冷却来自低温甲醇工艺的 $\text{H}_2\text{-N}_2\text{-CO-Ar-CH}_4$ 净化气至 -188.2°C 、 5.21MPa ，即应用洗涤后的 $\text{N}_2\text{-H}_2$ 合成气、高压 H_2 及污氮的冷量回热冷却液化来流高压 N_2 、低温甲醇洗后的净化气，给洗涤塔提供低温液氮洗涤低温净化气的温度条件；应用 5.6MPa 、 -188.2°C 低温液氮采用扩散制冷的低温液氮工艺技术方法，洗涤净化气 H_2 中的 N_2 、 CO 、 Ar 、 CH_4 、 CO_2 、 H_2O 、 CH_3OH 等杂质气体，将 H_2 净化处理并作为合成气，用以合成甲醇、合成氨等。根据扩散制冷原理及低温液氮节流制冷工艺技术特点，发明扩散制冷型低温液氮洗涤塔技术，并使该塔采用 N_2 、 H_2 两种气体扩散制冷的方式提供整个工艺系统的制冷量，并实现低温液氮洗涤等工艺技术过程，从而脱除 H_2 中的杂质气体 N_2 、 CO 、 Ar 、 CH_4 、 CO_2 、 H_2O 、 CH_3OH ，为合成气提供清洁的 H_2 ；将 5.21MPa 、 -193°C 低温液态污氮采用管道内置减压节流的制冷技术方法，减压节流后闪蒸解析溶解于液态污氮中的 H_2 ，同时保留污氮中的杂质成分 CO 、 Ar 、 CH_4 、 CO_2 、 H_2O 、 CH_3OH ，使回收后的 H_2 可再用于循环制取合成气，用以合成甲醇、合成氨等。根据多股流减压节流制冷原理及低温污氮降压闪蒸 H_2 工艺技术特点，发明低温污氮用闪蒸气液分离器技术，并使该分离器能够有效解析溶解于污氮中的 H_2 ，并实现污氮中的 H_2 回收再利用，从而为循环制取合成气提供更多可利用的 H_2 。以上几项发明专利技术，可有效提供低温液氮洗多股流回热换热、低温制冷过程工艺及装备技术。其结构紧凑，多股流换热效率高，可用于 $42\sim-193.4^{\circ}\text{C}$ 气体带相变低温回热换热领域，解决低温液氮一、二、三级连续回热制冷技术难题，提高低温液氮工艺系统的低温回热换热效率。同时，可应用扩散制冷原理解决整体低温系统的冷源问题，为低温液氮洗涤杂质气体过程提供条件，可应用于合成氨、合成甲醇等煤化工技术领域及低温液氮洗涤杂质气体工艺技术领域。