

钢铁企业氧气站 设计与设备操作

主 编 王远继 韩东翔
主 审 李林虎



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

钢铁企业氧气站设计与设备操作

主 编 王远继 韩东翔

副主编 郎 勇 李雪兆 李林虎

孙晓东 赵云春

主 审 李林虎

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2012

内 容 提 要

本书共分 15 章,第 1~2 章介绍了钢铁企业氧气站的工艺设计基础及空分设备,第 3~8 章详细介绍了不同类别的中型、大型、超大型空分装置,第 9~12 章介绍了空分装置的测量控制系统,氧气站工艺管道、管件与阀门,以及氧气站辅助设备,第 13~15 章结合工程和生产实践分别介绍了空分装置的安装施工、制氧厂生产管理与操作以及氧气站设计等。

本书由多年从事氧气站设计和空分设备制造与使用单位的工程技术人员编写,为氧气站相关设计及建设单位的工程技术人员在工作中提供参考,也可作为相关院校师生的参考读物和建设单位有关人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁企业氧气站设计与设备操作 / 王远继, 韩东翔主编.
—北京: 冶金工业出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-5024-5738-9

I. ①钢… II. ①王… ②韩… III. ①钢铁企业—氧气—
化工生产—建筑设计 ②钢铁企业—氧气—化工生产—化工
设备 IV. ①TU273 ②TQ116.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 163458 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 刘小峰等 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5738-9

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2012 年 9 月第 1 版, 2012 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 38.25 印张; 4 彩页; 930 千字; 592 页

158.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

本书编委会

主 编 王远继 韩东翔

副主编 郎 勇 李雪兆 李林虎 孙晓东 赵云春

主 审 李林虎

委 员 (按姓氏笔画为序)

王远继	王国兴	王鸿志	田大川	白东云	朱曙光
刘小峰	刘景武	池雪林	农云春	孙志宝	孙晓东
李林虎	李松涛	李美玲	李雪兆	杨传福	宋迎宾
张 冰	张守坤	张远永	陈少卿	郎 勇	赵云春
胡明辉	崔 刚	康亦娜	韩东翔	廖秀和	薛世晓

参编单位

中钢集团工程设计研究院有限公司石家庄设计院
杭州杭氧股份有限公司设计院
杭州杭氧透平机械有限公司
开封空分集团有限公司
开封东京空分集团有限公司
开封黄河空分集团有限公司
河南开元空分集团有限公司
河南开利空分集团有限公司
红河钢铁股份有限公司动力能源厂
安钢集团新普有限公司
浙江迎日阀门制造有限公司
冶金工业出版社

前 言

改革开放以来，特别是进入21世纪后，我国的钢铁工业无论是生产规模、产量，还是品种、质量；无论是装备、技术，还是设计、建设，都取得了空前的进步和辉煌的成就。作为钢铁生产重要的功能性辅助装备，钢铁企业的氧气制备装置，也随着钢铁生产规模和技术的发展而发展，取得了令人瞩目的进步。例如，从20世纪50年代30m³/h的深冷法制氧，到20世纪末采用常温分子筛吸附、增压透平膨胀机、填料上塔、全精馏无氢制氩工艺；从氧气纯度75%到99%以上；从小型制氧机到中型、大型及超大型空分设备，可以说规格齐全，能满足不同工艺生产的需要，与钢铁冶炼、产品直接相关的氧气站设计、建设及生产操作、管理也达到了新水平。

随着生产技术的进步和企业经营水平要求的不断提高，我们在实际工作中深感这方面的资料、图表、数据不全，可资借鉴、参考的图书不多，因此萌生了编写一本这方面的资料性参考图书的想法。初稿完成后，我们又不断收集、筛选资料，征求意见，为了保证编写质量，在中钢集团工程设计研究院有限公司石家庄设计院及其冶金分院和冶金工业出版社的大力支持下，我们又先后组织有关生产企业以及设计、制造单位的专家召开书稿修改、定稿讨论会，会上大家坦诚交换意见，提出了很多很好的有建设性的意见，我们集思广益，组织各位专家作者几经修改，才算完成编写工作。

参加书稿修改、定稿讨论会的有：冶金工业出版社杨传福、刘小峰；中钢集团工程设计研究院有限公司石家庄设计院支全、王远继、李林虎；中钢集团石家庄设计院冶金分院郎勇、李雪兆、孙晓东、韩东翔、陈少卿、康亦娜、王国兴、白东云、孙志宝、王鸿志；杭州杭氧股份有限公司胡明辉、詹学华；开封空分集团有限公司张远永；开封东京空分集团有限公司张守坤、田大川；开封黄河空分集团有限公司宋迎宾；河南开元空分集团有限公司张冰；河南开利空分集团有限公司李松涛；浙江迎日阀门制造有限公司王良松。红河钢铁股份

有限公司动力能源厂派人参加了讨论会。

本书共分15章,在简要介绍了钢铁企业氧气站工艺基础及设备之后,分别详细介绍了不同类别的中型、大型、超大型空分装置,空分装置的测量控制系统,氧气站工艺管道,管子、管件与阀门,氧气站辅助设备,最后介绍了空分装置的安装施工、氧气站的生产管理与操作,以及不同产能氧气站设计实例。在编写工作中,我们力求全面深入、简明扼要,能够为钢铁企业氧气站设计、建设、改造提供设备选型、设计参考;为生产操作、组织管理提供借鉴。因此,书中所介绍的内容多是生产、设计单位提供的第一手资料,并辅之图表,读者在阅读和参考使用时请留意随着技术的进步有关参数和条件的变化。

本书由王远继、韩东翔担任主编,书稿由李林虎主审。参加书稿编写的有:中钢集团工程设计研究院有限公司石家庄设计院王远继、韩东翔、郎勇、李雪兆、李林虎、孙晓东、陈少卿、康亦娜、王国兴、朱曙光、白东云、孙志宝、王鸿志;杭州杭氧股份有限公司设计院胡明辉;杭州杭氧透平机械有限公司池雪林;开封空分集团有限公司刘景武、张远永;开封空分集团有限公司设计院李美玲;开封东京空分集团有限公司张守坤、田大川;开封东京空分集团公司设计院崔刚;开封黄河空分集团有限公司宋迎宾;河南开元空分集团有限公司张冰;河南开利空分集团有限公司李松涛;红河钢铁股份有限公司动力能源厂赵云春、农云春;安钢集团新普有限公司薛世晓;浙江迎日阀门制造有限公司廖秀和。书稿的编写工作得到了张书彩、李凯菊、杨柳、杨金凤等同志的配合与协作。借本书付梓之机,感谢上述单位和个人对本书编写、出版工作给予的支持和帮助。

由于书中内容涉及面较广,限于知识面和水平,虽几经努力,仍难达初衷,不当之处请读者批评指正。



王远继

2012年8月



中钢集团工程设计研究院有限公司 石家庄设计院

中钢集团工程设计研究院有限公司石家庄设计院（简称中钢石家庄设计院），是中国中钢集团公司（简称中钢集团）所属的以工程总承包、工程设计和工程咨询为主业充满朝气的现代科技企业。

中钢集团是国务院国资委管理的企业，主要从事冶金矿产资源开发与加工、冶金原料、产品贸易与物流、相关工程技术服务与设备制造，是一家为钢铁工业和钢铁生产企业提供综合配套、系统集成服务的集资源开发、贸易物流、工程科技为一体的大型企业集团。

中钢石家庄设计院创立于1971年，设有30多个专业设计室，拥有一支学识渊博、业务精湛的技术队伍，人员结构合理，专业配套齐全，技术实力雄厚，技术装备精良，具备冶金全行业、建筑工程、广电行业通信铁塔的“工程设计”和“工程咨询”以及“工程总承包”甲级资质，同时还具备市政公用行业、建材行业非金属矿的“工程设计”和“工程咨询”乙级资质，“工程勘察”的乙级资质。于2009年11月25日通过GB/T19001-2008—ISO9001：2008质量管理体系认证，于2010年12月31日通过GB/T24001-2004 idt ISO14001：2004环境管理体系认证及GB/T28001-2011职业健康安全管理体系认证，具备承担和组织管理大中型工程项目建设的能力。

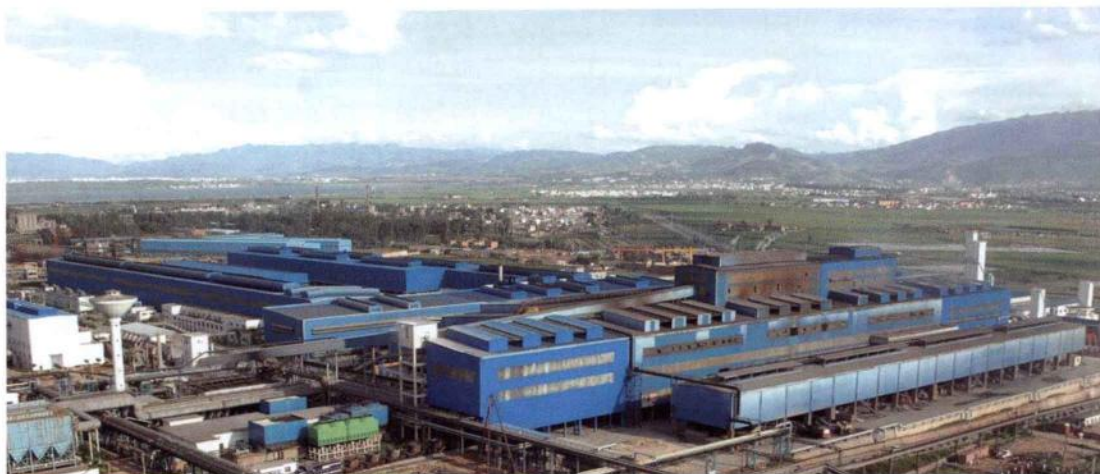
四十余年来，中钢石家庄设计院为国内外200多个企业完成了千余项自采矿、选矿、烧结、炼铁、炼钢、轧钢、金属制品等冶金行业工程项目的工程设计、咨询及项目管理和工程总承包；形成了在采、选联合工程和钢铁联合企业的整体工程设计的独特优势，采用循环经济的理念及多项专有技术，使整个钢铁联合企业能耗低、环保好、产量高、成本低、自动化程度高，极大地支持了中国钢铁工业的健康快速发展。同时，中钢石家庄设计院还在“平等、互利、双赢”的合作基础上，先后同日本、德国、英国、印度、伊朗、越南、印尼等国家开展了不同类型的技术交流与合作。

中钢石家庄设计院始终贯彻“诚实、守信”的立院之本和“质量第一、服务第一”的工作方针，坚持精心设计、科学管理、不断创新的理念，为国内外客户提供优质、高效的工程总承包、工程设计和工程咨询服务，在用户的发展中获得发展，与合作伙伴携手共赢。



中钢集团工程设计研究院有限公司石家庄设计院

ZHONGGANG JITUAN GONGCHENG SHEJI YANJIUYUAN YOUXIAN GONGSI SHIJIAZHUANG SHEJIYUAN



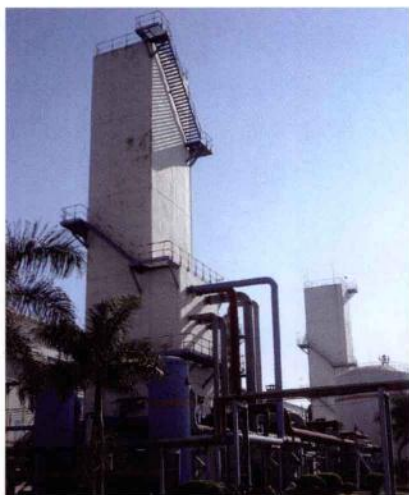
中钢石家庄设计院设计的某钢铁公司厂区之一角



中钢石家庄设计院设计的某铁合金公司干式煤气柜系统



中钢石家庄设计院设计的某钢铁公司氧气站之一角



中钢石家庄设计院设计的某钢铁厂氧气站之一角



中钢石家庄设计院设计的某钢铁公司炼铁车间之一角



杭州杭氧透平机械有限公司

杭州杭氧透平机械有限公司是杭州制氧机集团有限公司（以下简称杭氧集团）旗下的核心公司。杭氧集团是一家以制造空气分离设备和工业气体为主的大型企业集团，是我国空分设备行业国家级重点新产品开发、制造基地，在特大型空分设备设计、制造和成套技术方面已经达到国际先进水平。杭氧以技贸结合、产学研结合的形式，通过“引进技术，消化吸收，自主创新”的企业创新模式，实现了快速、稳定、持续的发展。杭氧具有年设计、生产大中型空分设备50套以上的能力，已跻身于世界空分设备的主要制造商行列，成为亚洲重要的空分设备生产制造企业，其中大型空分设备已出口到包括欧洲发达国家的40多个国家和地区，成为国际空分“五强”。

杭州杭氧透平机械有限公司是一家集科研开发、设计制造、咨询服务为一体的国家一流企业，其主业为研发、制造各类离心式压缩机、高速离心式鼓风机及离心式能量回收装置等，其产品广泛应用于冶金、石油化工、煤化工、制药、化肥、污水处理、供气站等领域。

公司取得“质量、环境、职业健康安全管理体系”认证，通过“清洁生产”审核，被评为“浙江省高新技术企业”、“浙江省技术创新优秀企业”、“浙江省AAA级重合同守信用单位”、“浙江省安全生产标准化企业”。公司曾多次获得机械部、浙江省、杭州市科技进步奖，近年来多次获得杭氧集团科技成果一等奖，“中高压离心式氧压机的关键技术研究”项目2010年获得浙江省科技进步二等奖。

公司配备了先进的技术研发软硬件，具有实力雄厚的科技研发技术队伍，所有产品均具有完全自主知识产权。公司年制造压缩机上百台，近年来成功开发了三万

等级至六万等级氧气透平压缩机、三轴中间抽气型齿轮式氮压机等新产品，所生产的空、氧、氮压缩机广泛应用于大中型空分设备和气体、液体设备的配套。此外，还生产制药和污水处理用高速离心式鼓风机、动力型空气压缩机等。





开封空分集团有限公司

开封空分集团有限公司（简称开封空分）隶属于河南煤化集团，是河南省高新技术企业、河南省创新型企业，是我国空分装备制造业的骨干企业和中坚力量。开封空分持有特种设备中的A1、A2级压力容器及GC类压力管道设计、制造许可证；具有美国ASME授权证书和“U”钢印；通过了ISO9001质量体系认证和GB/T19022计量认证，为国家一级计量单位。开封空分为我国冶金、石化、化肥、煤化工、新能源、航天等行业提供大中型空分设备和气体液化设备，同时是我国高压绕管式换热器的主要设计和制造基地。

开封空分研发实力雄厚，技术中心拥有数百人的各类专业技术人才队伍；开封空分焊接、钣金、机械加工能力突出，拥有各类自动焊机、数控镗铣床、加工中心、等离子切割机、大型刨边机、卷板机及起重机械等大批国内外先进的大精尖加工设备。

开封空分率先在大中型空分上成功实现全精馏制氩工艺；开封空分提供的低温模拟装置（热沉）、15T/D液氧/液氮设备，为我国航天事业“神舟”宇宙飞船的成功发射做出了贡献。开封空分累计获得国家、部、省及市科技成果奖50余项，其中，化工型5.3万成套空分设备荣获2010年中国机械工业科学技术二等奖，2004年被国家发改委授予“在振兴装备制造业工作中做出重要贡献”的称号。

开封空分全力构建以大型空分设备和化工设备为主，以设备安装、冷链装备、环保工程及设备、气体四个板块为辅的全新格局，建设的现代化新工厂包括新建大型空分设备、煤化工容器、特种容器、铝板翅式换热器、填料铝管件、大型离心式空气压缩机、往复式活塞压缩机、透平膨胀机的加工及总装生产车间；新增多台大型数控加工中心，数控加工机床，焊接、探伤、检测试验等设备以及规整填料、铝管件生产线。项目全面建成后，将形成大型空分及化工设备制造专业化生产，实现8万以上等级特大型空分设备的国产化，实现大型换热设备、容器设备的国产化，产品达到国际先进水平！





开封东京空分集团有限公司

开封东京空分集团有限公司（简称开封东京）成立于20世纪70年代，原为开封空分集团骨干生产厂，经过多年努力，在原厂的基础上现发展成为一家集科研开发、设计制造、工程成套、安装调试于一体的独资企业集团，集团现辖七个分公司。开封东京在不断研发先进技术的基础上，总结生产管理经验，已具备设计和生产 $50 \sim 52000 \text{ m}^3/\text{h}$ 各种等级空分设备的能力，产品遍布全国各地并出口国外。公司具有完善的产品质量保证体系，拥有一、二、三类压力容器设计许可证及制造许可证，压力管道设计制造许可证，通过ISO9001：2008质量体系认证等。



高压绕管式换热器



透平空压机 ($600 \sim 40000 \text{ m}^3/\text{h}$ 空分配套)



氧、氮压缩机 ($800 \sim 6500 \text{ m}^3/\text{h}$)



广西盛隆空分设备KDON(Ar)—25000—25000—830





开封黄河空分集团有限公司是河南省高新技术企业，中国通用机械工业协会气体分离设备分会副理事长单位，是我国气体分离设备行业中自主设计、制造成套空分设备的重点骨干企业，是以研发大中型空分设备、工业气体营销、开发新能源设备为主业，具有雄厚发展实力的股份制企业集团。

产品类型

- 大中型空分设备：特定规模区段形成优势。
- 高纯氮设备：国家专利技术打造节能降耗产品。
- 工业气体营销：寻求多种互利共赢的合作模式。
- 离心式空气压缩机：彰显黄河空分良好的性价比特色。
- 往复式氧气、氮气压缩机：500台压缩机长期稳定运行验证质量。
- 天然气净化与液化装置：最新专利技术打造清洁能源。

企业特色

- 技术优势：拥有23项国家发明和实用新型专利。
- 制氮优势：十大系列制氮空分设备产氮达标率100%，氮提取率达到行业一流水准。
- 质量优势：设计制造300多套空分设备，开车成功率100%。
- 节能优势：研发全新工艺流程空分设备的各项性能达到国内先进水平，装置能耗指标平均低于行业3~5个百分点。
- 区段优势：在空分设备6000~40000m³/h的特定规模区段内，技术、质量、性能等方面形成优势。



离心式空气压缩机



活塞式氧气、氮气压缩机



华盛江泉28000m³/h 空分设备

河南开元空分集团有限公司



四川达州钢铁集团KDON(Ar)—30000/30000/900型空分设备

河南开元空分集团有限公司位于河南省开封经济技术开发区工业园区，是中国气体分离设备行业协会理事单位，国家级高新技术企业。

公司拥有A2级压力容器设计、制造许可证，GC1、GC2级压力管道设计许可证，GC2级压力管道安装许可证，通过GB/T19001-2008质量保证体系认证，拥有进出口自营权。

通过对国内外先进技术的引进吸收和二次开发，公司在规整填料精馏塔、筛板精馏塔、分子筛预净化带增压透平膨胀机及DCS控制系统等当代空分核心技术方面取得了长足的进步和发展。精确优化的工艺流程、高效节能的单元设备使得氧、氮提取率进一步提高，产品单位能耗进一步降低，系统可靠性也更有保证。生产了以氧气外压缩流程、液氧自增压流程、单（双）泵内压缩流程为主的低温空分设备及氧氮外液

化装置、高纯氧设备、变压吸附制氧、制氮设备等为辅的一系列产品。

随着大型冶金、煤化工、化肥装置的改扩建，加大了大型空分设备的需求。为了适应市场需求，公司加大研究开发力度，取得了长足进步。继2008年与四川达钢签订30000m³/h空分设备的供货合同，大型空分设备的设计、制造能力日趋成熟。相继完成了40000m³/h、50000m³/h、60000m³/h等级空分设备的技术储备工作。设计制造的武汉华星高纯度空气设备等获得多项国家发明和实用新型专利。

公司组建12年来，主导产品空分设备已在1500~60000m³/h等级形成系列，已为冶金、石化、建材等行业和部门提供成套空分设备数百套，其中30000m³/h等级九套。



重庆朝阳KDON(Ar)—30000/45000/900型空分设备





河南开利空分集团有限公司

河南开利空分集团有限公司（原开封开利空分设备有限公司）2002年建成投产，是我国设计制造大中型成套气体分离设备、液化天然气设备、压力容器、换热器、压缩机、氧气专用阀门和各类低温阀门的民营股份制企业，是集科研开发、技术咨询、工程安装和调试服务于一体的重点骨干企业，是中国通用机械工业协会气体分离设备分会会员单位。

公司建立健全了全面质量保证体系，拥有国家颁发的一、二类压力容器设计和制造许可证、压力管道安装许可证，通过了QHSE认证和ISO9001:2008质量保证体系认证。公司紧跟世界空分技术发展潮流，不断开发新产品、新技术，已为国内外用户提供20000m³/h等级以下的大中型空分设备50余套。目前，公司已具备设计制造四万等级空分设备的能力。公司拥有外贸自营权，是我国民营企业出口成套空分设备的第一家，在国外市场享有良好的声誉。

开利集团主营空分产品之外，下属的开利空分设备安装有限公司、河南开利重型路桥设备有限公司、河南开利工装泵阀有限公司等全资子公司，均具有独立法人资格，分别经营空分设备安装、重型路桥门式起重机、架桥机、桥梁运输车及各类阀门等相关业务，并以优质的产品和服务享誉国内外。

公司奉行“品质立业，强企富民，诚信和谐，共创未来”的宗旨，竭诚为国内外冶金、石化、化工、化肥等行业用户服务，共创互利共赢的亲密合作关系和兴旺发达的明天。



公司为唐山国义特种钢铁有限公司提供的20000m³/h空分设备在运行中



目 录

1 钢铁企业氧气站工艺设计基础	1
1.1 钢铁企业用氧与氧气制备	1
1.1.1 钢铁企业用氧	1
1.1.2 氧气制备	2
1.2 钢铁企业用氧量的确定	2
1.2.1 转炉炼钢车间用氧量的确定	2
1.2.2 电炉炼钢车间用氧量的确定	4
1.2.3 炼铁车间高炉富氧喷煤用氧量的确定	5
1.2.4 连铸机切割用氧量的确定	5
1.2.5 炼钢车间辅助用氧量的确定	6
1.2.6 炼铁车间辅助用氧量的确定	6
1.2.7 废钢处理用氧量的确定	6
1.2.8 机修系统切焊用氧量的确定	7
1.2.9 其他用户用氧量的确定	7
1.3 空分能力选择	7
1.3.1 氧气平衡	7
1.3.2 空分设备能力选择	8
1.4 专业之间设计条件	11
1.4.1 有关规范、规定及相关文件	11
1.4.2 工艺专业委托设计条件	12
1.5 设备制造厂提供设计资料	16
1.5.1 指导性设计文件	16
1.5.2 空气压缩机系统资料	16
1.5.3 空气预冷系统资料	17
1.5.4 空气纯化系统资料	17
1.5.5 增压透平膨胀机及分馏系统资料	17
1.5.6 氧(氮)气压缩机系统资料	18
1.5.7 液体储存及汽化系统资料	18
1.5.8 充瓶系统资料	18
1.5.9 仪表空气压缩机	18
1.5.10 动力条件	18
1.5.11 对建设单位的要求	19

2 深冷法空气分离设备	20
2.1 空气分离设备图形符号和文字代号	20
2.1.1 空气分离设备图形符号	20
2.1.2 储槽及储罐	25
2.1.3 机器	26
2.2 空气分离设备术语	28
2.2.1 空气分离设备基本术语	28
2.2.2 氩气、纯氩与液氩	36
2.3 单轴离心式空气压缩机	36
2.3.1 离心式空气压缩机结构及辅助设备	36
2.3.2 气动恒压防喘振调节系统	40
2.4 双轴离心式空气压缩机	41
2.4.1 用途	41
2.4.2 结构特征	41
2.4.3 压缩机本体	42
2.4.4 主要设备	44
2.4.5 辅助设备	47
2.4.6 安全保护系统	47
2.5 氧气透平压缩机	48
2.5.1 概述	48
2.5.2 高纯度氧气的特征	48
2.5.3 高纯氧气压缩机着火的原因	49
2.5.4 高纯氧气压缩机的设计思路	49
2.5.5 氧气压缩机介绍	50
2.6 增压透平膨胀机	59
2.6.1 增压透平膨胀机的组成	59
2.6.2 透平膨胀机	59
2.6.3 离心增压机	60
2.6.4 供油系统	60
2.6.5 机组辅助设备	61
2.7 活塞式氧气(氮气)压缩机	61
2.7.1 活塞式氧气(氮气)压缩机组的组成	61
2.7.2 活塞式压缩机介绍	61
2.7.3 机组系统组成	63
2.7.4 主机主要部件与机组辅助设备	67
2.8 空气冷却塔	70
2.9 水冷却塔	72
2.10 分子筛吸附器	72
2.10.1 立式与卧式分子筛吸附器	72

2.10.2 立式径向流分子筛吸附器	75
2.11 电加热器	75
2.12 主换热器	76
2.12.1 污氮主换热器	76
2.12.2 氮气主换热器	78
2.12.3 氧气主换热器	79
2.13 过冷器	80
2.14 冷凝蒸发器	81
2.15 热虹吸蒸发器	82
2.16 上塔	82
2.17 下塔	84
2.18 粗氩塔	85
2.19 精氩塔	87
2.20 氮氖塔	88
2.21 氮氙塔	89
2.22 自洁式空气过滤器	89
2.23 气体缓冲罐	90
2.24 液体量筒	91
2.25 增压机后冷却器	92
3 中型外压缩流程空分装置	94
3.1 工艺流程图图形符号	94
3.1.1 管道编号	94
3.1.2 阀门编号	97
3.1.3 测量控制点代号	98
3.1.4 测量控制元器件代号	98
3.1.5 测量控制系统图形符号	98
3.1.6 工艺测量管线和气、电信号管线	100
3.1.7 报警及连锁在测量点符号外附加代号	100
3.1.8 多台设备测量点符号	101
3.1.9 附加设备符号	101
3.1.10 取样连接符号	102
3.1.11 各种阀门符号	104
3.1.12 自动控制阀门符号	107
3.1.13 管线及管线附件	109
3.1.14 阀门与管路的一般连接形式	113
3.2 四种中型外压缩流程空分装置	113
3.2.1 流程简述	113
3.2.2 流程特点	114