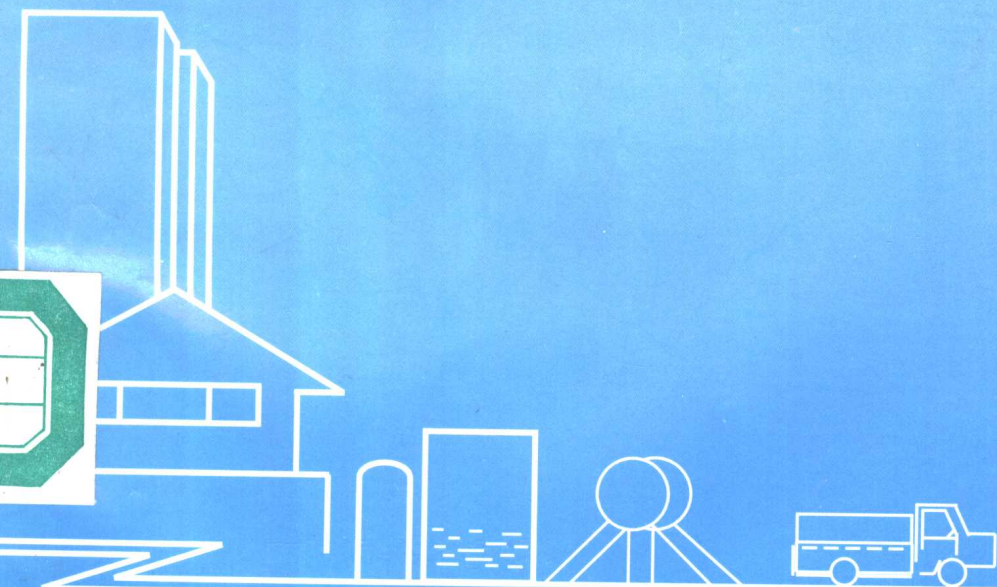


氧气与相关气体的 安全生产及使用技术

马大方 著



华中理工大学出版社

氧气与相关气体的安全生产 及使用技术

华中理工大学出版社

(鄂)新登字第 10 号

图书在版编目(CIP)数据

氧气与相关气体的安全生产及使用技术/马大方 著
武汉:华中理工大学出版社, 1998 年 1 月

ISBN 7-5609-1645-7

I. 氧…

I. 马…

Ⅱ. 氧气与炼钢-相关气体的生产与安全

IV. TF72

氧气与相关气体的安全生产及使用技术

马大方 著

责任编辑:佟文珍

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室照排

武汉市青联印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:8.125 字数:198 000

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

印数:1 6 000

ISBN 7-5609-1645-7/TF·3

定价:12.80 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

序 言

随着科学技术的发展,制氧工业在国民经济中的地位日益重要。氧气炼钢、高炉富氧技术的应用,使钢铁工业迅速发展。钢铁工业用氧量大,用途广泛,成为国民经济中最大的用氧部门。钢铁工业的发展,也促进了制氧设备的大型化、自动化与综合利用。化肥工业是国民经济中第二大用氧部门,合成氨生产离不开氧气。氧气用于有色冶金,吹氧炼钢、炼铝、提铅。氧气用于国防工业,液氧加液氢是现代火箭必需的燃料。氧气还广泛用于航空航天、切割焊接与医疗。氮气在钢铁工业用于炼钢氧枪氮封,汇总料斗,溜槽氮封,煤气回收系统氮封,高炉无料钟炉顶氮封及吹刷,烟煤粉、电石粉输送及氮封,轧钢厂各种退火炉、镀锌炉保护气体用氮,干熄焦,安全置换用氮等。氮气是合成氨的主要原料,氮气作为洗涤气和保护气也广泛用于电子管工业、集成电路生产、石化工业、机械工业热处理等,液氮还是安全冷源,广泛用于食品速冻冷藏,低温医疗,低温表面处理与研究等。氩气用于氩氧炼钢、炼钢炉外精炼、单晶硅冶炼、特殊金属焊接切割、光学、照明、激光、医疗等。氩气在空间技术、国防科研、低温超导、特种金属冶炼、激光、气象等方面有广泛用途,是重要的战略物资。氦气、氖气、氙气在电光源、激光、低温、医疗、科研上有重要应用。氢气在化工、冶金、电子、电力、轻工、国防、科研等领域,广泛用作保护气、原料气、携带气和还原气,液氢是优良的火箭推进剂和重要的液体燃料,在宇航与火箭上有重要用途。氧气与相关气体促进了国民经济的全面发展,在国民经济中有重要地位。

氧气是强氧化剂,具有极大化学活性,可与一切可燃物进行燃烧,与可燃气体按一定比例混合可形成爆炸性气体。氧气纯度愈高,压力愈大,愈危险。氢气易燃、易爆、易扩散,化学活性极强,与氧气、空气混合可形成爆炸性气体,其爆炸下限低,爆炸范围宽,火

焰温度高,火焰传播速度快,最小引燃能量低,一触即发,非常危险。氮气与稀有气体是惰性气体,具窒息性。液氧、液氮、液氩等低温液体,容易冻伤人与冻坏设备、设施。由于这些气体的物理化学特性,在生产、使用过程中,各种事故层出不穷,如空分爆炸,氧压机、液氧泵、氮压机、压力容器、氧气管道、气瓶、氢气燃烧爆炸,氮气及稀有气体窒息,低温爆炸与冻伤等事故屡屡发生,往往伤亡惨重,损失惊人,给国家财产造成巨大损失,对人员安全形成严重威胁。因此,对氧气与相关气体的安全技术研究,有重要意义。

为了保证安全生产,保护职工安全与健康,维护国家财产和促进社会进步,劳动部下达了编制国家标准《氧气及相关气体安全技术规程》的任务,并已完成。在此之前,只有各有关行业的部颁标准,国家标准是第一次制定,它适应了氧气行业迅速发展的需要,是氧气安全技术进步的产物,对氧气与相关气体的安全生产及使用有重大作用。但是,国家标准只规定了为了安全应该怎样做,却没有也不可能说明为什么要这样做。为了提高氧气行业安全技术管理水平,为了配合国家标准的贯彻执行和满足各方需要,客观上需要有一本书,系统阐述氧气与相关气体的安全技术,成为国家标准的讲解与延伸,解决上述问题,提供各方参考。由理论功底扎实、实践经验丰富,从事氧气及能源专业工作 30 余年的武汉钢铁(集团)公司能源总厂教授级高工马大方同志所著《氧气与相关气体的安全生产及使用技术》一书,达到这一目的。

该书共分十章:一、氧气的性质、应用、制取及燃烧爆炸条件分析;二、氧气生产安全的基本要求;三、氧气生产设备的安全技术;四、压力容器安全技术;五、氧气管道安全技术;六、气瓶安全技术;七、检修维修及氧站其它有关安全技术;八、氮气的安全生产及使用技术;九、稀有气体的安全生产及使用技术;十、氢气的安全生产及使用技术。全书 20 余万字,经华中理工大学张炳元教授审稿,由华中理工大学出版社出版。作者系冶金部标准《氧气安全规程》和国家标准《氧气及相关气体安全技术规程》的主要编写人之一,他

参考了大量书籍、期刊、杂志、国家法规、标准制度及国内外有关资料,总结了几十年从事氧气及相关气体生产、施工、检修、应用、管理的经验教训及心得体会,列举了大量的、尤其是新近的事故案例约 200 例。使该书兼顾氧气设备由小到大、由土到洋、由国产到引进;装备水平由低到高;技术工艺由一般到先进;产品由单一到综合利用;应用范围由冶金、化工、机械、电子、轻工、到国防、科研各领域的广泛性。该书不仅对氧气及相关气体的生产安全作了全面的阐述,而且对其使用安全也作了重点介绍。强调了设计、施工、运行、检修全过程的安全技术,贯穿了系统安全思想。该书以安全第一、技术进步、经济合理为指导思想,尽量采用成熟的新技术成果,使专著具有先进性、可靠性、实用性与可读性。

该书内容丰富,资料翔实,针对性强,具有很大实用价值。是氧气与相关气体安全方面的专著,目前国内尚未发现同类书籍。该书是贯彻国家标准《氧气及相关气体安全技术规程》和进行安全培训的好教材。也可作为安全工作者、氧气与相关气体生产、使用、设计、施工、检修人员的参考等,特向广大读者推荐。

中国工程院院士、墨西哥工程院外籍院士

张寿荣

1997. 6. 11

内 容 提 要

《氧气与相关气体的安全生产及使用技术》一书,对氧气生产(深冷法)、贮存、输配、使用方面的设备、设施,在设计、施工、运行、维护、检修各环节的安全技术要求,进行了较全面的论述。并简要地介绍了氧气的性质、应用、制取、燃爆条件、氧站其它有关安全及氮气、稀有气体、氢气等相关气体的安全生产及使用技术要求。书中列举了大量典型事故案例。本书可供安全工作者、氧气及相关气体生产、使用、设计、施工、检修人员参考。

武钢氧气气瓶检验厂

我厂是在国家劳动部注册的湖北省最大的气瓶定点检验单位。有40年气瓶检验历史，建有高压无缝气瓶、钢质焊接气瓶、溶解乙炔气瓶和液化石油气瓶四条检验生产线，年检验能力10万瓶。检验设备齐全，检测手段先进，技术力量雄厚，检验质量可靠。有先进的水压外测装置、气瓶内外除锈、自动卸装瓶阀、各类试压、气密性试验、残液回收、测厚探伤等设备50余台。企业有良好的质量保证体系和科学管理，服务周到，价格合理，得到广大用户好评，1992~1996年连续被武汉市工商管理授予“重合同守信用企业”称号。我厂还有劳动部门审查认可的气瓶充装单位，也开展相关的检修安装业务。

业务范围：

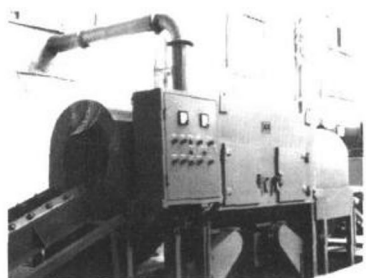
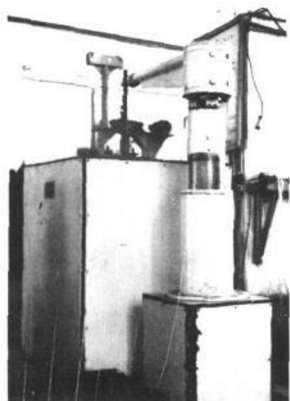
1. 高压无缝气瓶、钢质焊接气瓶、溶解乙炔气瓶、液化石油气瓶的检验与维修。

2. 氧、氮、氩等工业气体的充装、销售。

3. 气体充装设备的设计、安装、维修。低温贮罐、低温槽车的真空处理、检测、维修。工业管道、金属结构的制作安装。



注册编号



厂长： 法人代表 肖定春
厂址： 武汉市青山区厂前武钢3^号门

电话： 027-6893825
邮编： 430083

大连金州氧气阀门厂

我厂位于风景秀丽、物华天宝、工业基础雄厚的大连市金州区，距国家重点新产业开发区“大连金州开发区”仅3km。占地面积30 000m²，有职工270余人，其中工程技术人员47人，高级职称9人，具有较强的设计研制和生产能力。我厂配有多种检测打压设备，手段先进，设施齐全。建立完善的质量保证体系，按照ISO9000标准进行质量控制，实行严格的现代科学管理。

我厂按照冶金部《钢铁企业氧气管网若干技术规定》、冶金部标准《氧气相关气体安全规程》和国家标准《氧气及相关气体安全技术规程》的技术要求，研制开发产品，是生产氧气管网专用阀门和附件的专业厂。主要产品有防爆型氧气专用截止阀、氧气截止阀、氧气止回阀、阻燃过滤器、阻燃器、氧气分流箱、氧气过滤器及氧气管网弯头、三通、分岔管、异径管、法兰、垫片等附件。并生产各种闸阀、截止阀、止回阀、球阀、蝶阀、旋塞阀、节流阀、减压阀、仪表阀、煤气疏水阀、空气过滤器、各类管网附件等系列产品。我厂产品技术含量高，品种全，以“专、新、精”著称，适于各方需要，受到广大用户好评。还可根据用户需要设计制造各种阀门及管网附件，全心全意为用户服务。

主要产品：

- 1.FBYGJ系列防爆型氧气管道专用截止阀。国内首创，专利产品。
- 2.YGJ41W系列铜截止阀、铜止回阀。
- 3.YGZG系列阻燃型氧气过滤器。
- 4.YGFX系列氧气阻燃调控分流箱。
- 5.YGZR系列氧气管道专用管式阻燃器。
- 6.MQS煤气管道疏水阀。

我厂宗旨：诚信敬业、质量第一、服务周到、用户至上。

厂长：法人代表 王立功
厂址：大连市金州区站前街
电话：0411-7676863
传真：0411-7676865
邮编：116100

目 录

第一章 氧气的性质、应用、制取与燃烧爆炸条件分析	(1)
一、氧气的性质	(1)
二、氧气在国民经济中的广泛应用	(1)
三、氧气的制取	(3)
四、氧气燃烧爆炸条件分析	(5)
第二章 氧气生产安全的基本要求	(8)
一、总图布置	(8)
二、设施类别及防火间距.....	(10)
三、一般防护及消防设施.....	(15)
四、防火、防爆	(16)
五、防雷、防静电及电气安全	(22)
六、防冻、防窒息	(23)
七、防地震、防振动	(24)
八、通风设施.....	(25)
九、管道和贮罐的漆色.....	(25)
十、安全管理.....	(27)
第三章 氧气生产设备的安全技术	(29)
一、空压机安全生产技术.....	(29)
二、氧压机安全生产技术.....	(33)
三、膨胀机安全生产技术.....	(38)
四、液氧泵安全生产技术.....	(41)
五、空分装置安全生产技术.....	(43)
六、仪表控制系统与电气设备安全生产技术.....	(58)
第四章 压力容器安全技术	(62)
一、压力容器的基本概念.....	(62)
二、氧气贮罐的安全技术.....	(66)

三、液氧贮罐及气化装置的安全技术·····	(70)
四、液氧槽车的安全技术·····	(72)
五、压力容器的安全管理·····	(74)
六、压力容器的定期检验·····	(74)
七、压力容器事故案例·····	(77)
第五章 氧气管道安全技术 ·····	(81)
一、氧气管道燃爆事故原因简析·····	(81)
二、氧气管道设计安全技术要求·····	(82)
三、氧气管道制造安装安全技术要求·····	(96)
四、氧气管道使用安全技术要求 ·····	(100)
五、氧气管道安全管理与监察 ·····	(104)
六、氧气管道事故案例 ·····	(106)
第六章 气瓶安全技术 ·····	(111)
一、瓶装气体的危险特性及防爆要点 ·····	(111)
二、瓶装气体的分类及气瓶压力系列 ·····	(113)
三、气瓶的设计与制造 ·····	(116)
四、气瓶的安全管理 ·····	(122)
五、气瓶事故案例 ·····	(138)
第七章 检修维修及氧站其它有关安全技术 ·····	(150)
一、检修维修一般安全技术要求 ·····	(150)
二、空分装置检修维修安全要求 ·····	(150)
三、空压机、氧压机、氮压机、膨胀机、液氧泵检修维修 安全要求 ·····	(153)
四、相关气体系统检修维修安全要求 ·····	(155)
五、检修维修事故案例 ·····	(156)
六、空分设备基础的安全 ·····	(160)
七、低温液体使用安全 ·····	(162)
八、噪声危害防治 ·····	(162)
九、采暖通风安全 ·····	(164)

第八章 氮气的安全生产及使用技术	(165)
一、氮气的性质及应用	(165)
二、氮气窒息及事故案例	(167)
三、氮压机爆炸及其它事故	(174)
四、氮气含氧量超高及低压断气在用户造成的 燃爆事故	(177)
五、氮气管道低温态超压爆炸及事故案例	(180)
第九章 稀有气体的安全生产及使用技术	(184)
一、稀有气体的性质及应用	(184)
二、稀有气体生产使用的安全要求	(190)
三、稀有气体事故案例	(193)
第十章 氢气的安全生产及使用技术	(197)
一、氢气的性质及应用	(197)
二、氢气生产使用安全要求	(198)
三、氢气燃爆事故案例	(218)
附录一 引用标准	(223)
附录二 定义	(225)
附录三 常见可燃气体可燃性一览表	(228)
附录四 空分装置吸入空气质量要求	(230)
表 1 美国空气制品公司对入口空气要求	(230)
表 2 三种空分流程碳氢化合物含量($\times 10^{-5}$) (德国林德公司)	(231)
表 3 加工空气中有爆炸危险的杂质含量的极限 许可值(mgC/m^3)及其它杂质含量〔前苏联化学工业 部设计规范(BCH ₆ -75)〕	(231)
表 4 中国石化总公司对空分设备的吸气条件应满足 下表的要求($\times 10^{-6}$)	(232)
表 5 我国《氧气站设计规范》吸风口处空气内烃类等 杂质的允许极限含量(GB50030-91)	(232)

附录五 空分装置吸风口与危险污染源的安全间距..... (233)

表 1	空分装置吸风口与乙炔站(厂)、电石渣堆等之间的最小水平间距[氧气站设计规范(GB50030—91)]	(233)
-----	--	-------

表 2	空分装置吸风口与乙炔等碳氢化合物发生源的最小间距 氧气安全规程[(88)冶安环字第 856 号]	(234)
-----	---	-------

表 3	空分车间进气口到一些污染物的最小许可距离 前苏联化学工业部设计规范(BCH ₆ —75)	(234)
-----	--	-------

附录六 建筑设计防火规范(GBJ16—87)有关

内容摘录	(235)
------------	-------

表 1	名词解释	(235)
-----	------------	-------

表 2	建筑物构件的燃烧性能和耐火极限	(238)
-----	-----------------------	-------

表 3	生产的火灾危险性分类	(239)
-----	------------------	-------

表 4	生产的火灾危险性分类举例	(240)
-----	--------------------	-------

表 5	贮存物品的火灾危险性分类	(242)
-----	--------------------	-------

表 6	贮存物品的火灾危险性分类举例	(243)
-----	----------------------	-------

附录七 几种主要常见气瓶漆色..... (244)

参考文献	(246)
------------	-------

第一章 氧气的性质、应用、制取与燃烧 爆炸条件分析

一、氧气的性质

1. 存在的广泛性。氧在自然界的广泛存在,是任何一种元素所不能比拟的。它以游离态存在于空气中,容积比例为 20.93%;它以化合态存在于水、各种矿物和岩层,以及一切动、植物的体内。

2. 氧的一般物理性质。氧是无色、无味、无嗅的气体,化学符号为 O,分子式为 O_2 ,分子量为 31.9988。比空气重,标准状态下的密度为 1.429kg/m^3 。常压下(指标准大气压),液化温度为 -182.98°C ,液氧系天蓝色、透明、易流动液体。凝固温度为 -218.4°C ,呈蓝色固体结晶。氧能少量溶于水, 0°C 水能溶氧的体积是 4.9%。氧具有磁性。

3. 氧有极大的化学活性。氧与其它物质化合生成氧化物的氧化反应,无时无刻不在进行。纯氧中进行的氧化反应异常激烈,同时放出大量热,达到极高温。

例: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 21600\text{kJ/m}^3$ 氧,平均火焰温度超过 2000°C ,最高可达 2830°C 。

氧是优良的助燃剂,它与一切可燃物可以进行燃烧。它与可燃性气体,如氢、乙炔、甲烷、煤气、天然气等,按一定比例混合后容易发生爆炸。氧气纯度愈高,压力愈大,愈危险。各种油脂与压缩氧气接触,易自燃。被氧气饱和的衣物及纺织品,见火即着。

二、氧气在国民经济中的广泛应用

1. 氧气在钢铁企业的重要地位。随着氧气炼钢、高炉富氧等

强化冶炼措施和钢坯自动火焰清理机新技术的采用,钢铁企业用氧发展很快,已成为国民经济中最大的用氧部门。各大钢铁公司,装机多、容量大、普遍采用大型制氧机组,并考虑综合利用,30000m³/h、35000m³/h 制氧机已屡见不鲜。

钢铁企业不仅用氧量大,而且用途广泛,极为重要。转炉顶吹,转炉底吹,平炉顶吹,平炉炉门吹氧,高炉富氧鼓风,电炉吹氧,钢坯自动火焰清理。烧出钢口、铁口、渣口,废钢加工,人工火焰清理,检修用氧,切割、焊接、瓶氧小用户等。从生产、检修到基建,无时无刻不用氧气,离氧不能生产(转炉尤其如此),意义重大。

钢铁企业用氧条件要求严格,用氧不均衡,频繁大幅度波动,使用制度复杂,要求安全连续供应。钢铁企业用氧系统,是一个庞大复杂的完整体系。

2. 化肥工业生产,是国民经济中第二大用氧部门。装机多,容量大,采用机组大型化。合成氨工厂,采用氧气作重油、煤粉的气化剂和原料气(如天然气)的氧化剂。用氧连续均衡,要求安全稳定供给。

3. 有色冶金工业中的应用。吹氧炼铜、炼铝、提铅等,缩短冶炼时间,提高产量。

4. 国防工业中的应用。液氧加液氢是现代火箭的优良燃料,阿波罗登月宇宙飞船,其重量的 65%是液氧(2000t),3%是液氢(90t),氧在国防上用量最大的是火箭。液氧还可以制造液氧炸药,威力巨大。飞机、潜艇的发动机需要液氧加力。飞行员、潜艇人员需氧气呼吸。

5. 化学工业中的应用。氧气作有机化工生产的氧化剂,制酸用氧,纸浆氧气漂白,加氧造气,吹氧法生产黄磷,喷氧气化劣质煤,石油蛋白用氧,燃料电池用氧,用氧裂解原油,用氧生产天然气代用气,利用火焰喷射法破碎岩石等。

6. 其它。机械工业的切割、焊接用氧,吹氧提高切割加工精度,向压模充入氧气提高铸件性能。医疗上的呼吸用氧,“高压氧

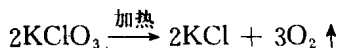
舱”新技术,抢救及治疗各种疾病。磁流体发电用氧,氧气净化污水,深井、深水、高原作业用氧等。

三、氧气的制取

(一)化学法

某些物质在一定条件下(加热或化学反应),有放出氧的性质,利用这一特性制取氧气。

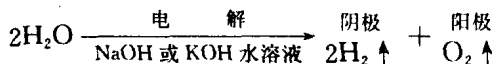
如氯酸钾(KClO_3)在加热分解时,1kg 能放出 270L 氧。



化学法一般只能制取少量氧气,在实验室用。

(二)电解法

在电解槽中,通直流电于电解质水溶液中,水电解后,阳极得氧,阴极得氢。



电解法电耗大,制取 1m^3 氧气耗电 $12 \sim 15\text{kW} \cdot \text{h}$,不经济。只有在电力充裕、电价低廉的地方才可能采用。水电解往往是制取氢气的重要方法,氧气是作为副产品提取。

(三)吸附法

利用 5A 或其它型号分子筛作吸附剂,应用吸附剂的吸附特性,当空气通过时,氮被吸附,放出氧气。

吸附法生产,最少需两个吸附器(装有吸附剂)交替工作。对每一个吸附器而言,要有抽空、充气、出氧三个过程。此法生产的氧气,一般纯度只有 $84\% \sim 93\% \text{O}_2$,而且不稳定,呈周期性变化。因此,吸附法应用不广。

(四)深度冷冻法

空气加压、冷却、液化,利用氧组分与氮组分沸点的不同(大气压下沸点:氧为 -182.98°C ,氮为 -195.8°C),在精馏塔内,上升蒸气与回流液体在塔板上接触时,进行传热、传质,多次的部分冷凝蒸发,高沸点的氧组分不断冷凝进入液相,低沸点氮组分不断从液体中蒸发变成上升蒸气,使下流液体氧含量越来越高,上升蒸气中氮含量越来越高,达到把空气分离为氧、氮的目的。

一套制氧机,把空气自大气中吸入,分离成氧、氮,并送到用户,其简单工艺过程如下:

1. 原料空气中机械杂质的净化。大型制氧机一般采用干式除尘,又分为干带式或干袋式过滤器。为避免带油入空分装置确保安全,油浸过滤器已淘汰。小型制氧机一般采用油浸拉西环过滤器,净化空气中的机械杂质。

2. 原料空气压缩到额定压力。一般采用透平式、活塞式、螺杆式空气压缩机。对于特大型制氧机,应用轴流加透平式空气压缩机。

3. 原料空气中水分的净化。大型制氧机采用可逆式换热器或蓄冷器冻结水分,或用分子筛吸附水分。小型制氧机采用硅胶或分子筛吸附水分。

4. 原料空气中二氧化碳的净化。大型制氧机采用可逆式换热器或蓄冷器冻结二氧化碳,或用分子筛吸附二氧化碳。小型制氧机原用碱洗塔吸收二氧化碳,现多采用分子筛吸附二氧化碳。

5. 原料空气中乙炔的净化。原料空气中的乙炔和其它碳氢化合物,随着空气的液化、精馏,转移到液空、液氧中去。设置装有细孔球形硅胶或分子筛的液空吸附器和液氧吸附器,使液空、液氧分别通过,吸附乙炔和其它碳氢化合物。液氧循环通过液氧吸附器,可采用液氧泵加压和自循环两种方式。目前已有分子筛流程,常温吸附乙炔及碳氢化合物。