

杭氧特大型空分设备的技术现状及进展

【摘要】文章全面介绍了杭氧对特大型空分设备的研制历程和已取得的成果，分析了杭氧设计制造特大型空分设备在成套技术，流程计算，静态关键设备设计制造技术和对关键转动机械解决方案的现状，最后指出杭氧已在6万等级特大型空分设备上实现了国产化，并且有能力将8万等级的特大型空分设备实现国产化。

【关键词】特大型空分；研制历程；技术现状；冶金型空分；化工型空分；国产化

1. 概述

随着冶金、化工（石化）工业的迅速发展，空分设备的需求量越来越大。由于需求的推动，许多新技术应用于空分设备中，使得空分设备的技术发展日新月异，其趋势正朝着产量规模大型化、气体产品压力等级高、液体产品多、产品纯度高、运行成本低、设备操作稳定可靠等方向发展。

我国空分设备行业经过“七五”、“八五”、“九五”这十五年的快速发展，以及与国外著名公司的技术交流与合作，为6万等级空分的国产化打下了良好的基础。杭氧是国内空分行业的龙头企业，通过引进技术，吸收消化，自主创新，国产化攻关，相继开发了2万，3万，4万，5万，6万等级的不同流程型式的空分设备并投入使用，继2003年12月与中石化签订两套4万8内压缩流程空分设备后，又在2004年8月与中原大化签订了5万2内压缩流程空分设备，2005年1月签订了两套出口的6万内压缩流程空分设备，2006年3年，杭氧与大唐国际发电股份有限公司签订了三套5万8内压缩流程空分设备，2006年7月与上海宝钢集团公司签订了6万自增压型外压缩流程空分设备。这些成绩的取得与我们广大用户的支持是分不开的，今天我们把杭氧在特大型空分设备技术方面所做的工作给大家做个汇报，让我们一起来分享成功的喜悦。

2. 杭氧特大型空分设备的研制历程

2.1 引进技术与消化

杭氧在1978年通过技贸结合的方式引进了林德公司1万空分设备的设计制造技术和镇海2.8万内压缩空分设备全套技术资料。通过技术引进和消化吸收，使杭氧系统地掌握了大型空分设备的流程设计计算技术，单元设备设计、计算及制造技术，大型空分设备设计制造水平上了一个新台阶。

此后，在3万等级空分设备方面，杭氧与国外公司多次开展合作生产。先后合作生产了多套3万等级的空分设备，杭氧生产的范围从一般的设备扩展到精馏塔、主换热器、主冷等

核心部件。

杭氧通过项目配套逐步形成了自己的大型空分设备开发、制造能力，同时培养了一大批技术骨干，为杭氧自我开发成套特大型空分设备打下了坚实的基础。

1997年杭氧还与林德公司就上海宝钢的6万空分设备进行合作，配套设计、制造的空冷塔、水冷塔、分子筛吸附器于1998年投产使用。

杭氧通过技术引进和合作生产掌握了特大型空分设备的设计、制造工艺等关键技术。

2.2 国家对杭氧3万等级空分设备国产化的大力支持

对大型空分国产化问题，国家经贸委机械局（原机械部）一直是极为重视的。在“八五”期间，3万等级空分装置的研究就被列入了国家重大技术装备研制计划，杭氧为该项目的承担单位，负责及参与了：流程设计计算技术的研究；新型分子筛吸附器研制；新型透平膨胀机研制；大型氧气透平压缩机研制；空分设备专用阀门研制；计算机自动化控制技术深化应用的研究；高效精馏塔的研制；大型板翅式换热器的研制；大型低温设备加工技术攻关九个子课题的研究。

通过这些专题的研究使杭氧全方位地开展了3万等级空分设备国产化的研究工作。这些攻关课题以大连、内蒙、九江2万4空分为依托工程进行的，并应用于这些空分设备上，经过长期运行考验，装置运行稳定，各机组满足设计要求，1998年4月28日，机械部重大装备司对杭氧为“八五”国家重大技术装备科技攻关专题项目进行了鉴定，认为杭氧已掌握了“三万”等级空分设备关键设备的设计制造能力。

在“九五”期间，杭氧又承担了国家重大技术装备研制项目—大型煤化工成套设备中1.5万~3万等级空分设备专项研制中进行了大型空分流程设计计算技术的研究；新型透平膨胀机研制；大型高压板翅式换热器研制；规整填料塔及全精馏提氩设备的试验研究的子专题的研究。

“九五”期间，杭氧结合攻关课题，引进了美国 Aspen 热力性能计算软件，并完成二次开发，同时自行开发了用于各种流程热力计算和精馏计算的通用计算平台。现在我们已具有了用于成套流程设计计算的软件包，可以用来开发各种流程的空分设备，流程计算效率与精度已达到国外同期先进水平。目前杭氧已开发成功近20多种不同流程型的空分流程。

2.3 对进口3万等级空分改造积累了经验

1997年镇海“2万8”化工型空分设备改造，1998年上海宝钢（3#）3万空分设备的这两套设备的改造成功使我们从总体流程计算、单元系统（空冷系统、分子筛、分馏塔系统）性能计算，大型分子筛吸附器及大型散堆填料型空冷塔和水冷塔的性能和结构设计及制造技术等方面都积累了宝贵的实践经验。

2.4 自行设计制造 3 万等级空分设备

➤ 首钢 3 万等级空分设备设计

1993 年杭氧承接了首钢 3 万成套空分设备的设计制造任务, 杭氧从流程计算到单元部机、阀门的设计及生产制造工艺作了充分的准备, 并完成了全套工作图的设计。首钢 3 万氧空分设备采用了常温分子筛吸附, 增压透平膨胀机, 四溢流筛板塔和加氢除氧的氩提取工艺等技术。由于用户资金问题, 该项目未能上马, 使杭氧失去了一次 3 万等级空分设备国产化的良好契机。

➤ 上海宝钢 3 万等级空分设备投产

2001 年 9 月 24 日, 杭氧与宝山钢铁公司签订 3 万空分设备供货合同, 2002 年 2 月 15 日完成最终设计, 2002 年 4 月 30 日按合同规定日期提前运抵现场。该套空分设备采用规整填料上塔、四溢流筛板下塔、全精馏制氩等多项新技术, 于 2002 年 12 月 14 日一次开车成功, 并于 2002 年 12 月 31 日通过用户性能考核。宝钢 3 万空分的成功投运, 使杭氧积累了大量宝贵的实践和理论经验, 掌握了设计、制造 3~6 万等级的空分设备的关键技术。标志着杭氧已掌握并具备特大型空分设备的设计制造及成套能力, 我国空分设备的设计和制造技术进入了一个新的里程碑。

由于上海宝钢 3 万空分设备的顺利投运, 在随后的三年时间里, 杭氧先后与陕西渭南河化肥厂签订了 2 万 8 (氧) 内压缩流程空分设备, 氧气输送压力为 8.7MPa; 与天津钢铁公司签订了两套 2 万 8 (氧) 内压缩流程空分设备; 与马鞍山钢铁公司签订了 3.2 万 (氧) 内压缩流程空分设备等共计 13 套三万等级空分设备, 其中渭化 2 万 8 (氧) 内压缩流程空分设备已调试出氧, 天钢两套 2 万 8 (氧)、马钢 3.2 万空分设备已经通过考核。

2.5 4-6 万等级特大型成套空分设备的设计制造

2003 年 1 月 18 日, 杭州杭氧股份有限公司正式与辽宁北台钢铁有限公司签订了 5 万(氧)空分设备的订货合同。该成套空分设备采用常温分子筛吸附、增压透平膨胀机、规整填料上下塔和全精馏制氩等先进空分技术, 具有液体产品多 (是氧产量的 12%)、产品负荷变化范围大 (可在 50%~105%调节)、能耗低、产品提取率高等特点。该项目已与 2004 年 6 月 14 日竣工投产。

2003 年 12 月 4 日, 杭氧与中石化湖北化肥和安庆石化签订了两套 4 万 8 (氧) 内压缩流程空分设备。采用分子筛净化空气, 氮气循环增压, 氧气产品内压缩, 带中压透平膨胀机, 氮膨胀循环、规整填料和全精馏制氩工艺流程, 其中安庆项目已于今年 7 月份调试出氧, 枝江项目正在调试过程中。

2004 年 9 月 28 日, 在河南中原大化 5 万 2 内压缩空分设备项目的招标中, 杭氧与国际品牌公司同台竞争。我们经过大量流程计算和技术方案的优化设计后, 最后推荐的流程方案

与国外著名公司提供的主体方案完全一致，在经过性能价格比较后，用户毫不犹豫地选择了杭氧。

2005年3月31日，杭氧与包头钢铁公司签订了4万冶金型外压缩流程空分设备。采用分子筛净化空气，氧气外压缩，部分氩气内压缩，膨胀空气进上塔流程，采用规整填料上塔和全精馏制氩的工艺流程。该项目目前已经调试出氧，各项指标均达到或超过设计指标。

大唐国际5万8空分设备（三套）是为多伦年产46万吨煤基烯烃项目配套而建的大型内压缩空分设备项目，煤气化装置对空分装置的可靠性和安全性方面要求非常高。2006年3月，在大唐国际三套5万8的投标中，杭氧与国际品牌公司同台竞争，我们经过大量流程计算和技术方案的优化设计，并在最后的方案中选择了采用了特殊的节能工艺，推荐的流程方案除主体方案与国外著名公司提供的基本一致外，能耗还比国外公司略低。在经过性能价格比较后，用户毫不犹豫地选择了杭氧。该项目目前正在详细设计中。

宝钢从2005年初开始了8#制氧机的前期交流和招标活动，宝钢原有5#、6#、7#制氧机均为6万等级空分，均采用了国外公司制造的产品。在历时两年的交流和招标过程中，宝钢通过对杭氧在设计、制造和成套能力上的深入论证，认为杭氧已完全有能力在6万等级空分上与国外公司竞争，最终将8#制氧机的合同交给了杭氧。这是目前在冶金行业上最大的国产化空分项目，也是空分行业的又一个新的里程碑。该成套空分设备采用常温分子筛吸附、氧气自增压流程，增压透平膨胀机、规整填料上塔和全精馏制氩等先进空分技术，具有液体比例大、能耗低、产品提取率高等特点。

表1列出了杭氧自行设计制造的拥有独立知识产权的特大型空分设备业绩。

3. 杭氧特大型空分设备的技术现状分析

3.1 流程的优化设计决定空分的先进性

杭氧一向重视流程计算软件的开发和流程优化设计。应用美国Aspen热力计算软件，对空分流程进行集成计算；采用经典精馏计算软件，同时结合目前采用规整填料塔及全精馏制氩流程的特点，自行开发了适用于该流程的精馏计算模块，实现主塔与氩塔的耦合精馏计算；采用专用的性能和结构计算软件，对空气预冷系统和分子筛纯化系统进行计算，计算合理的分子筛再生污氮气量，在保证分子筛再生气量的同时使空冷系统获得尽可能多的污氮气量；用美国S-W公司板翅式换热器性能及结构计算程序，对换热器进行热力计算。这些设计计算软件被广泛用于大型空分设备的开发设计，多套合作生产的空分设备及由杭氧进行设计制造的3万和5万空分设备中，实践证明这些软件是先进可靠的。

针对用户所需气体产品和液体产品特点和投资情况进行方案比较，确定最佳的流程型式。然后对流程中各点参数进行优化和部机的初步设计，保证空分设计性能指标的先进性。

空分设备的用户可分为冶金和化工（石化）等行业。针对用户对空分设备产品的压力和纯度等不同的要求，杭氧进行了广泛的研究，逐步形成了冶金型和化工（石化）型的空分设

备。石化行业对氧、氮产品的压力要求一般在 4.0MPa 到 10.0MPa 之间，其所需的空分设备规模也多数在三万等级以上，对空分设备的各种产品的要求繁多，往往会同时要求生产不同流量、多种压力等级的氧气和氮气。因此对于石化行业的用户来讲采用内压缩流程的空分设备是较好的选择。

冶金行业一般对氧氮产品的压力要求在 3.0MPa 左右。由于杭氧设计制造的氧气透平压缩机的成功应用，所以常规的外压缩流程仍然是主要选择，当然，如果冶金行业的用户同时要销售液体产品，采用内压缩流程也是可供选择的方案。

对于冶金型的特大型空分设备，杭氧已开发成功了宝钢 3 万常规外压缩流程，北台 5 万自增压外压缩流程及马钢、天钢 3 万、马钢 3.2 万等级内压缩流程，这些都是根据用户提出的不同要求而推荐的不同型式的流程。对于化工型的特大型空分设备，由于煤气化工艺的不同及气化用的燃料不同氧气的压力分为两种，一种为中压氧 4.5~5.2MPa (G)，另一种为 6.4~9.8MPa (G)。对于不同的氧产品压力等级和不同氮产品及压力，杭氧共开发了五种不同流程。一、氧气 4.5~5.2MPa (G) 压力的中压氧空分设备，开发了三种空分流程，1. 中原大化 5 万 2 空气循环内压缩膨胀进下塔流程；2. 中石化 4 万 8 氮气循环内压缩流程 2. 大唐国际 5 万 8 空气循环内压缩流程；。二、氧气压力为 8.5~9.8MPa (G) 的高压氧空分设备，开发了五种空分流程，1. 浩良河 1 万 8 内压缩膨胀空气进上塔流程；2. 陕西渭化 2 万 8 空气循环内压缩膨胀空气进下塔流程；3. 是乌石化 2 万氮气循环内压缩流程；4. 德州 4 万 8 空气循环内压缩膨胀空气进下塔流程；5. 齐鲁石化 4 万 5 内压缩膨胀空气进下塔流程。杭氧设计制造的氧内压缩流程空分设备最高氧气压力是 9.8MPa 乌石化 2 万氮气循环内压缩流程空分设备，最大规模是出口伊朗 6 万内压缩流程空分设备和上海宝钢 6 万氧气自增压流程空分设备。

3.2 雄厚的技术力量

杭氧具有 50 多年生产空分及低温设备的历史，是我国空分及液化设备研究开发中心和制造基地，是国家经贸委认定的全国 520 家重点国有企业之一、国家 21 家重大装备国产化基地，1999 年经国家经贸委批准同意杭氧技术中心成为国家级技术中心。

杭氧拥有员工 3700 余人，其中工程技术人员 1000 余人，具有高级职称的 200 余人，中级职称 500 余人。通过与众多国外公司的长期技术合作，接受技术培训，进行联合设计等杭氧已拥有了一支经验丰富，技术水平很高的开发设计队伍，他们高质量的工作是设备成功运行的保证。

3.3 丰厚的大空分业绩

到目前为止杭氧已生产了 4000 多套空分设备，其中 3-4 万等级的空分设备 20 套，5-6 万等级的空分设备 11 套。

近年来杭氧开发出的采用规整填料塔及全精馏无氢制氩技术的新一代大中型空分设备均一次性投入正常运行并通过考核。

杭氧的新一代空分设备荣获国家机械工业科学技术一等奖、浙江省科学技术进步一等奖、杭州市科技进步一等奖。

3.4 杭氧制造特大型空分设备的装备水平

杭氧通过“八五”技术改造，建造了制造4~6万等级空分的重型厂房，“九五”期间杭氧又对板式换热器厂、理化试验室和计算中心进行了改造，其中板式换热器厂已翻造厂房9650m²，新设立了杭氧低温容器有限公司。

拥有美国S-W公司引进的大型真空钎接炉，可钎1.2×1.2×6.0(m)的板式换热器，叶轮真空钎接炉和多种大型自动焊机等。并于2002年新增了一台大型真空钎接炉，最大焊接尺寸可达1.3×1.5×7.5(m)，增添了自动焊接等设备，并对公司进行工艺结构调整，使杭氧在装备水平上完全达到正常生产3~6万空分设备的要求。

拥有国家级计量理化中心，具有完备的检测手段和仪器，包括从美国引进的直读光谱仪，从德国引进的高精度动平衡机等，从英国引进的超声C扫描仪。

杭氧具有国家一、二、三类压力容器设计、制造许可证，并在国内空分行业率先通过了ASME认证，取得了“U”、“U2”钢印。通过了国家一级计量验收，取得了国家商检实验室证书。1995年杭氧又在空分行业率先通过了ISO9001质量管理体系认证和ISO10012计量确认体系认证。

3.5 关键静态核心设备的设计制造

通过对特大型空分装置设备研制和攻关，关键静态核心设备大型化已取得了突破性进展，已设计和制造出的最大单体设备有：

- 国内最大低温铝制精馏塔器直径4800mm，壁厚35mm。
- 新型的双层主冷研制成功。
- 主换热器最大钎接尺寸1200×1100×7500
- 能处理410000m³/h空气量的分子筛吸附器Φ4800×27500mm
- 为法液空配套的6万空分节能型分子筛蒸汽加热器
- 能处理400000m³/h空气量的空冷塔Φ4850×25800mm。

在中高压板式换热器设计制造方面，杭氧已取得了实质性进展，开发了适合高压流体的新型翅片及相应的刀具，8MPa等级板式换热器试件准备工作已完成，并作了爆破试验，已有大量中高压板式换热器被用于空分与石油化工领域。

这些关键单元设备的开发成功，是我们6万等级空分设备实现国产化的可靠保证。

3.6 配套的关键运转机械的解决方案

特大型空分设备配套的转动机械主要有原料空气压缩机，增压空气（氮气）循环压缩机，

透平膨胀机组，低温液体泵。这些关键转动机械性能好坏直接影响成套空分设备的能耗和运行的可靠性。

原料空气压缩机的作用是装置提供带压气源，增压循环压缩机的作用是装置提供膨胀及高压氧（氮）气化气源。目前有三种选择方案，一是进口，这样性能得到保证，效率高，技术成熟，但投资高；二是国产，在保证性能的同时，可以大大降低投资成本；最后一个方案是合作生产，即由国外供货商进行性能计算和性能保证，并提供转子等关键零部件，其他的辅机，例机壳，冷却器由国内制造，这样在保证性能的同时，又可降低投资成本，缺点是合作方式比较困难。

中压透平膨胀机一般采用以下三种模式，一是进口一台主机，离线备用机芯总成，辅机如冷却器，过滤器等由杭氧配套；二是一台主机进口，一台由杭氧制造，杭钢 20000 空分和渭化 28000 空分就采用了这种模式；还有就是都采用杭氧制造的中压透平膨胀机。

低温液体泵，目前一般都采用进口，性能先进可靠，且这部分增加成本所占的比例很小。

3.8 计算机控制系统（DCS）

杭氧已在 200 多套大型空分设备中采用了 DCS 控制系统，机型包括 Honeywell, Foxboro, Fisher-Rosemount、Tokogawa 等多家公司，已对 11 种目前最先进的计算机进行了 DCS 组态。同时公司近年来在变负荷调节控制技术上作了大量的开发研究，初步实现了对空分单元设备的优化控制，建立了关键单元设备的动态数学模型，提出了优化控制的实施方案。国家发改委已立项对杭氧申报的《大型空分装备自动化成套系统高技术产业化》给予一定的资助，与浙江大学合作开发 ALC 控制技术，为实现 3~6 万等级空分设备的自动控制、智能化调节打下了良好的技术基础。杭氧的“空分设备 DCS 系统技术开发应用”曾获 98 年浙江省科技进步优秀奖。

4. 杭氧在特大型空分设备的项目执行能力和技术发展战略

经过五十多年的发展，特别是近 5 年的努力，杭氧的研发，制造，经营管理和大型项目的执行能力有了很大的提高。

杭氧目前已在进行 8 万等级特大型空分设备的技术储备工作，对一些关键部机逐一进行技术验证。例为大唐国际设计制造的 5.8 万空分设备，空冷系统和分子筛系统的空气处理能力为 40 万 Nm^3/h ，相当于一套 7.5 万 Nm^3/h （氧气）的空分设备。

近几年，杭氧每年设计制造 3000 Nm^3/h 以上的空分设备约 35-40 套，折合成每小时的制氧能力达到 60 多万 Nm^3/h ，是目前世界上最大的空分设备制造商。

由于杭氧科学的项目管理，强大的制造能力，使得杭氧的项目执行能力有了充分的保障。从近几年的交货情况看，只要杭氧承诺的交货期一般都能按时完成，在用户中形成了良好的信誉。

5. 结束语

对大型内压缩空分国产化一直是杭氧人孜孜追求的目标，又是“七五”、“八五”、“九五”期间国家重大技术装备科技攻关项目。经过 20 多年努力，尤其是近 10 年的拼搏，通过研究攻关，引进技术，合作生产，对老设备的改造和十几套特大型空分设备的实践等，杭氧在研制特大型空分设备上已成功解决了关键设备制造和设计技术问题，具备了独立成套，独立设计制造 6 万等级大型特大型空分设备的能力。

从特大型空分的发展趋势来看，目前国内煤化工项目对空分装置的规模又提出了新的要求。最近半年新上的煤化工项目配套的空分装置单套制氧量均在 8 万及以上，这一方面是最近几年杭氧在 6 万等级空分上的突破，使得国外空分制造商在 6 万等级空分上的优势尽失，为了取得在空分规模上的竞争优势，只能把空分规模定的更高来取得竞争优势；另一方面从战略层面看也说明煤化工项目还在向更大规目方向发展，对杭氧在 8 万、9 万等级空分的设计、制造、成套能力提出了更高要求，目前杭氧已完成 8 万、9 万等级空分的论证，相信在不久的将来，应该能看到在 8 万、9 万等级空分规模上杭氧与国外公司的同台竞技。

我们认为特大型空分设备，特别是化工型内压缩空分国产化的关键是成套流程设计计算技术、各系统性能设计计算技术、单元设备的结构设计计算技术及关键部机的制造工艺，制造能力。从特大型空分设备配套情况看，绝大部分静设备国内都可以设计制造，而对一些特殊的动设备，如大流量空气压缩机，大流量高压液体泵及低温液体泵，关键阀门等采用进口，这样的组合从性能价格比看应该是一种最优的方案，即：既保证了装置的先进性，又保证了装置的可靠性，同时又具有较低的投资成本和运行成本。

特大型空分设备，特别是化工型内压缩空分设备国产化需要我们用户的支持，作为制造厂我们将以实事求是的态度认真地去解决所遇到的每个问题。以严谨的设计，精良的制造、优质的服务为用户提供一套集杭氧人智慧和中国人民力量的让用户满意的空分设备。不辜负用户对我们的信任和支持。

杭氧 30000Nm³/h 等级以上空分设备业绩表

| 序号 | 使用单位 | 产品规格 | | | 订货日期 | 流程特点 | 项目状态 |
|-----|------------------|-------|-------|------|------------|------|------|
| | | 氧 | 氮 | 氩 | | | |
| 1. | 大化集团有限责任公司 | 28000 | 47000 | 830 | 2005-08-31 | 内 | 安装中 |
| 2. | 天津钢铁有限公司 | 29300 | 29800 | 1180 | 2003-09-15 | 内 | 已考核 |
| 3. | 天津钢铁有限公司 | 29300 | 29800 | 1180 | 2003-09-15 | 内 | 已考核 |
| 4. | 渭南高新区渭河洁能有限公司 | 29500 | 16900 | 950 | 2003-04-26 | 内 | 已出氧 |
| 5. | 上海焦化有限公司 | 29500 | 9150 | 1050 | 2005-10-08 | 内 | 设计中 |
| 6. | 上海焦化有限公司 | 29500 | 9150 | 1050 | 2005-10-08 | 内 | 设计中 |
| 7. | 上海宝钢集团(2#) | 30500 | 40500 | 1050 | 2001-09-23 | 常 | 已考核 |
| 8. | 上海宝钢集团(1#) | 30500 | 40500 | 1070 | 2003-08-20 | 常 | 已考核 |
| 9. | 哈尔滨气化厂 | 30500 | 44000 | 950 | 2006-05-22 | 内 | 设计中 |
| 10. | 兖矿鲁南化肥厂 | 33600 | 45150 | 1050 | 2006-10-26 | 内 | 设计中 |
| 11. | 山东阳谷祥光铜业有限公司 | 31000 | 15000 | 920 | 2005-03-17 | 常 | 安装中 |
| 12. | 马鞍山钢铁股份公司 | 32000 | 35800 | 1250 | 2003-08-18 | 内 | 已考核 |
| 13. | 山西新泰钢铁有限公司 | 35600 | 35400 | 1300 | 2006-07-26 | 外 | 设计中 |
| 14. | 湘钢梅塞尔气体产品有限公司 | 40400 | 40000 | 1470 | 2005-12-06 | 常 | 交货中 |
| 15. | 湖南盈德气体有限公司(日照项目) | 40400 | 60020 | 1450 | 2006-05-21 | 常 | 设计中 |
| 16. | 包头钢铁集团有限责任公司 | 40600 | 40300 | 1500 | 2005-03-31 | 常 | 已出氧 |
| 17. | 兖州煤业榆林能化有限公司 | 42720 | 25200 | 1380 | 2005-11-14 | 内 | 交货中 |
| 18. | 兖州煤业榆林能化有限公司 | 42720 | 25200 | 1380 | 2005-11-14 | 内 | 交货中 |
| 19. | 中石化齐鲁分公司 | 43500 | 31500 | 1720 | 2005-11-21 | 内 | 设计中 |
| 20. | 承德燕山气体有限公司 | 42600 | 90000 | 1800 | 2006-10-16 | 内 | 设计中 |
| 21. | 山东华鲁恒升化工股份有限公司 | 48000 | 45900 | 1620 | 2005-06-16 | 内 | 安装中 |
| 22. | 中石化安庆分公司 | 48200 | 87300 | 1220 | 2003-12-04 | 内 | 已出氧 |
| 23. | 中石化湖北化肥分公司 | 48200 | 80507 | 1260 | 2003-12-04 | 内 | 已出氧 |
| 24. | 本溪北营钢铁集团公司 | 52000 | 62400 | 1400 | 2003-01-18 | 常 | 已出氧 |
| 25. | 河南中原大化集团有限责任公司 | 52000 | 41900 | 1600 | 2004-08-28 | 内 | 安装中 |
| 26. | 大唐国际发电股份有限公司 | 58000 | 77660 | 0 | 2006-03-23 | 内 | 设计中 |
| 27. | 大唐国际发电股份有限公司 | 58000 | 77660 | 0 | 2006-03-23 | 内 | 设计中 |
| 28. | 大唐国际发电股份有限公司 | 58000 | 77660 | 0 | 2006-03-23 | 内 | 设计中 |
| 29. | 上海宝钢集团 | 61000 | 65000 | 2000 | 2006-06-30 | 常 | 设计中 |
| 30. | 中化建-伊朗卡维集团公司 | 63000 | 63000 | 2200 | 2005-08-05 | 内 | 设计中 |
| 31. | 中化建-伊朗卡维集团公司 | 63000 | 63000 | 2200 | 2005-08-05 | 内 | 设计中 |