

中国变频器行业品牌目录

ZHONGGUO BIANPINQI HANGYE PINPAI MULLU

# 高压变频器 应用手册

GAOYA BIANPINQI YINGYONG SHOUC

中国电器工业协会变频器分会 组编

仲明振 赵相宾 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



中国变频器行业品牌目录

# 高压变频器应用手册

中国电器工业协会变频器分会 组编  
仲明振 赵相宾 主编



机械工业出版社

本书在总结、分析高压变频器行业总体概况的基础上,主要介绍了利德华福、风光电子、ABB、合康、九洲电气、动力源、东方日立七种品牌的高压变频器,并详细介绍了这七大品牌高压变频器的技术特点、基本规格、技术参数、外形尺寸和安装要求等方面的知识,最后还给出了它们在具体行业中的应用实例。

本书适合企业、科研院所技术人员在进行高压变频器选型时使用,也可作为工程人员及大中专院校相关专业师生的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

高压变频器应用手册/中国电器工业协会变频器分会组编. —北京:机械工业出版社, 2009. 4

(中国变频器行业品牌目录)

ISBN 978-7-111-26564-1

I. 高… II. 中… III. 高电压—变频器—技术手册 IV. TN773-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第037041号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:刘星宁 顾谦

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:马精明 责任印制:李妍

北京汇林印务有限公司印刷

2009年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24.5印张·607千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-26564-1

定价:88.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379178

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

电动机变频调速技术出现于20世纪70年代初。一方面是当时出现了以石油为代表的国际性能源危机，能源价格开始第一次大幅度增长，人们对高效节能技术和设备系统有了迫切的需求；另一方面是此间电力电子技术有了突破，从整流器阶段发展到了逆变器阶段，为实现功率调节、串级调速等系统节能提供了实现技术的可能性。80年代后，变频器技术作为一种节能技术开始在主要工业化国家中得到了广泛应用。到90年代以后，变频器技术大规模进入发展中国家。

我国从1980~1986年底可以说是处于变频器技术的启蒙阶段。1987年初，有专家集体向中央上书建议在我国大力推行电动机的变频调速节能技术和包括这种技术在内的电力电子技术，组织了各种论证会和研讨会。90年代，基于低压（1kV以下）变频器价格和性能的改善、实用经验的积累，变频器在楼宇供水供暖系统、化工、石油、建筑等行业中已经广泛应用，技术已经成熟。

我国20世纪90年代后期高压变频器（1kV以上）才开始在电力、冶金等少数行业中得到应用，由于产品和技术都由国外厂商垄断，价格高昂，而且进口产品对我国电力运行环境的适应性较差，行业发展缓慢。2000年以后，国内企业的高压变频器技术和生产工艺得到了大幅提高，产品运行的稳定性和可靠性显著提升，产品生产成本也大幅下降，高压变频器行业开始进入快速发展时期，行业应用领域被大幅拓宽。

1) 经济快速发展和能源紧缺并存的格局，是节能降耗产品快速发展的根本原因。

经济快速发展和能源紧缺并存的格局，促使我国对节能降耗的重视程度日益提高，成为了对节能降耗产品——变频器行业发展的有效支撑。据原信息产业部的研究表明，为实现2010年我国单位GDP能耗减少20%的发展目标，节能技术的贡献度必须达到55%以上。

2) 鼓励发展节能降耗产品的政策法规陆续出台。

中国制定《节能法》并且鼓励各行业逐步实现电动机、风机、泵类设备和系统的经济运行，发展电动机调速节电和电力电子节电技术，开发、生产、推广质优价廉的节能器材，提高电能利用效率。

3) 环保节能意识进一步加强。

在能源紧缺的形势下，我国政府对环保节能的宣传力度持续加大，整个社会的环保节能意识得到了显著的提高，形成了良好的节能降耗氛围。对各高能耗行业也形成了较大的舆论压力，促使众多高能耗行业加快了对原有设备进行节能降耗的改造，比如冶金、水泥等行业对设备的节能降耗改造进度明显加快。

根据中国电器工业协会的总体部署，变频器分会为了规范变频器行业市场的经营秩序，使变频器行业健康、稳定、有序地发展，将动员全体会员单位共同参与到《中国变频器行业诚信公约·北京宣言》中来，做到“树立诚信达标，打造行业品牌、诚信服务”。

在我国高压变频器产业发展的过程中，出现了一批知名度高、影响力大、各具特色的高

压变频器品牌产品，被市场承认。为了促进我国高压变频器技术和市场整体水平的提高，推动行业健康、快速发展，经理事会批准，中国电器工业协会变频器分会秘书处总结、分析行业总体概况的基础上，对包括利德华福、风光电子、ABB、合康、九洲电气、动力源、东方日立七种品牌进行了“中国高压变频器行业品牌目录”发布，向社会各界推荐，同时品牌目录的型号、规格及其典型详细应用介绍由机械工业出版社出版。

本手册第1章、第9章由天津电气传动设计研究所赵相宾、刘娟编写；第2章由北京利德华福电气技术有限公司倚鹏、覃正清编写；第3章由山东新风光电子科技发展有限公司何洪臣、郭培彬、韩文昭编写；第4章由北京ABB电气传动系统有限公司官二勇、李险峰编写；第5章由北京合康亿盛科技有限公司杜心林、任悦编写；第6章由哈尔滨九洲电气股份有限公司孙敬华、曲金龙、丁兆国编写；第7章由北京动力源科技股份有限公司李锐、裴涛编写；第8章由东方日立（成都）电控设备有限公司梁之龙、崔扬编写。本手册由中国电器工业协会变频器分会组编，中国电器工业协会变频器分会理事长仲明振、秘书长赵相宾主编，中国电器工业协会变频器分会刘娟、董天舒、魏冠男统一修改、整理。

由于时间紧迫，编写水平有限，书中难免存在错漏和不足之处，请广大读者批评指正！

**中国电器工业协会变频器分会**

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 高压变频器行业发展概况 ..... 1

### 1.1 行业概况及发展趋势 ..... 1

#### 1.1.1 行业概况 ..... 1

#### 1.1.2 国内行业规模 ..... 2

### 1.2 竞争分析 ..... 8

#### 1.2.1 行业竞争回顾 ..... 8

#### 1.2.2 当前市场竞争的特征 ..... 10

### 1.3 行业发展趋势 ..... 12

#### 1.3.1 技术和产品发展趋势 ..... 12

#### 1.3.2 市场发展趋势 ..... 12

## 第 2 章 利德华福变频器 ..... 14

### 2.1 HARSVERT 系列高压变频调速系统 ..... 14

#### 2.1.1 主要技术特点 ..... 14

#### 2.1.2 基本规格和主要技术参数 ..... 17

#### 2.1.3 功能参数介绍 ..... 18

#### 2.1.4 外形尺寸及选型表 ..... 24

#### 2.1.5 通风、安装要求 ..... 30

### 2.2 全系列选件 ..... 36

#### 2.2.1 可选旁路柜 ..... 36

#### 2.2.2 励磁柜 ..... 38

#### 2.2.3 上位机 ..... 39

#### 2.2.4 功率单元自动旁路功能 ..... 40

### 2.3 使用指南 ..... 40

#### 2.3.1 组件与配置指南 ..... 40

#### 2.3.2 故障处理 ..... 41

#### 2.3.3 变频调速系统的日常维护 ..... 43

#### 2.3.4 包装、运输及贮存 ..... 46

#### 2.3.5 质量保证及用户须知 ..... 47

### 2.4 应用实例 ..... 48

#### 实例一 在电力行业中的应用 ..... 48

#### 实例二 在冶金行业中的应用 ..... 51

#### 实例三 在石化行业中的应用 ..... 53

#### 实例四 在水泥行业中的应用 ..... 54

#### 实例五 在同步电动机上的应用 ..... 57

#### 实例六 在海上平台上的应用 ..... 58

#### 实例七 在矿山上的应用 ..... 59

#### 实例八 在其他行业中的应用 ..... 60

## 第 3 章 风光电子变频器 ..... 61

### 3.1 高压变频调速器 ..... 61

#### 3.1.1 概述 ..... 61

#### 3.1.2 基本原理 ..... 62

#### 3.1.3 型号规格及技术参数 ..... 66

#### 3.1.4 JD-BP 高压系列变频器 功能与参数设置 ..... 70

### 3.2 高压提升机变频器及高压带式 输送机变频器 ..... 84

#### 3.2.1 高压提升机变频器系统 原理与性能 ..... 84

#### 3.2.2 绕线转子异步电动机调速系统存在 的缺点及提升机对变频调速的 要求 ..... 84

#### 3.2.3 带式输送机的工作原理与 变频器技术要求 ..... 90

### 3.3 三电平及多电平结构变频器 ..... 92

#### 3.3.1 基本原理 ..... 93

#### 3.3.2 型号规格 ..... 96

#### 3.3.3 应用范围 ..... 99

#### 3.3.4 钳位式多电平变频器系列 ..... 100

### 3.4 重大项目 ..... 103

#### 3.4.1 氮风机电磁轴承功率放大器 ..... 103

#### 3.4.2 等离子体垂直位移快速 控制电源 ..... 104

#### 3.4.3 超导储能用逆变器及其与 电网的切换系统 ..... 107

#### 3.4.4 风电并网变流器 ..... 110

#### 3.4.5 电力无功功率补偿 ..... 113

### 3.5 器件选型 ..... 117

#### 3.5.1 控制器件 ..... 117

3.5.2	功率器件	121	4.4.3	功能参数	192
3.5.3	其他器件	122	4.4.4	外形尺寸	193
3.6	变频器故障诊断与维修	124	4.4.5	通风和安装要求	195
3.6.1	维护性检查	124	4.5	选型及业绩	195
3.6.2	故障诊断与处理	124	4.5.1	ABB公司高压变频器选型	195
3.6.3	变频器主要电路故障分析 和处理	125	4.5.2	ABB公司高压变频器业绩	198
3.7	应用实例	128	4.6	应用实例	202
实例一	在油田注水泵上的应用	128	实例一	ACSI000对315~5000kW 电动机的转速和转矩控制	202
实例二	在煤矿主扇风机中的应用	131	实例二	山西某电厂2×600MW机组 吸风机电动机变频调速改造	204
实例三	在齐鲁制药行业中的应用	134	实例三	内蒙古某电厂2×600MW机 组凝结水泵变频调速改造	206
实例四	高压矿山提升机变频器在 山东金岭铁矿的应用	138	实例四	在冶金行业中利用ACS6000 代替汽轮机	207
实例五	矿山提升机高压变频调速器在 河北邯峰矿业集团公司的 应用	140	实例五	ABB公司在美国航空航天局 (NASA)风洞项目上创造了 世界纪录	209
实例六	在白山砬子煤矿带式输送机中 的应用	141	实例六	MEGADRIVE-LCI在世界最长 输气管线Ormen Lange 的应用	210
实例七	在胜利油田中的应用	143			
实例八	在青海油田中的应用	144			
<b>第4章</b>	<b>ABB变频器</b>	146	<b>第5章</b>	<b>合康变频器</b>	215
4.1	ACSI000	146	5.1	HIVERT系列高压变频器 (通用系列)	215
4.1.1	主要技术特点	146	5.1.1	主要技术特点	215
4.1.2	基本规格和主要技术参数	149	5.1.2	基本规格和主要技术参数	215
4.1.3	功能参数	153	5.1.3	柜体外形及其尺寸	223
4.1.4	外形尺寸	157	5.1.4	安装要求	225
4.1.5	通风和安装要求	160	5.1.5	可靠性和服务	226
4.2	ACS5000	161	5.2	HIVERT矢量控制带能量回馈 高压变频器	227
4.2.1	主要技术特点	161	5.2.1	产品简介	227
4.2.2	高性能、低成本	162	5.2.2	产品构成	227
4.2.3	基本规格和主要技术参数	165	5.2.3	控制原理	228
4.2.4	功能参数	169	5.2.4	产品特性	231
4.2.5	外形尺寸	171	5.2.5	产品参数	232
4.2.6	通风和安装要求	171	5.3	全系列使用指南	233
4.3	ACS6000	172	5.3.1	轻故障分类与报警	233
4.3.1	主要技术特点	172	5.3.2	重故障分类与报警	234
4.3.2	基本规格和主要技术参数	177	5.3.3	常见故障的处理	234
4.3.3	功能参数	181	5.3.4	更换功率单元	237
4.3.4	外形尺寸	185	5.3.5	维护	237
4.3.5	通风和安装要求	186	5.4	应用实例	238
4.4	MEGADRIVE LCI	187			
4.4.1	主要技术特点	187			
4.4.2	基本规格和主要技术参数	191			

实例一 在四川隆昌隆桥化工有限公司 空气压缩机上的应用 .....	238	实例二 PowerSmart6000 系列高压变频器 在引滦入津工程中的应用 .....	293
实例二 在大冶特殊钢集团除尘风机上 的应用 .....	241	实例三 PowerSmart6000 系列高压变频 器在天津大港电厂送风机中的 应用 .....	296
实例三 在重钢股份有限公司炼铁厂 的应用 .....	246	实例四 PowerSmart6000 系列高压 变频器在丹阳自来水公司源水 取水系统中的应用 .....	298
实例四 安徽淮北朔里煤矿副井提升机 变频调速改造 .....	247	实例五 PowerSmart6000 系列高压变频器 在湖南涟钢田湖石灰岩厂的 应用 .....	305
实例五 山东新汶矿业协庄矿副井提升机 变频调速改造 .....	248	实例六 PowerSmart10000 系列高压变频器 在绥化中盟热电厂热网循环系统中 的应用 .....	308
实例六 在新疆焦煤集团带式输送机上 的应用 .....	250	实例七 PowerSmart10000 系列高压 变频器在山西太原钢铁集团 除尘系统中的应用 .....	312
<b>第 6 章 九洲电气变频器</b> .....	253	实例八 PowerSmart10000 系列高压 变频器在邯鄹钢铁集团转炉 二次除尘风机中的应用 .....	314
6.1 PowerSmart3000 系列高压变频器 .....	253	实例九 PowerSmart10000 系列高压 变频器在宁波明耀环保热电 厂锅炉一次风机中的应用 .....	317
6.1.1 主要技术特点 .....	253	实例十 PowerSmart10000 系列高压 变频器在江苏永钢集团联峰 钢铁烧结主抽风机中的应用 .....	322
6.1.2 基本规格和主要技术参数 .....	254	<b>第 7 章 动力源变频器</b> .....	326
6.1.3 功能参数 .....	256	7.1 HINV 系列高压变频器 .....	326
6.1.4 外形尺寸及其数据 .....	261	7.1.1 主要技术特点 .....	326
6.1.5 通风和安装要求 .....	262	7.1.2 基本规格和主要技术特点 .....	327
6.2 PowerSmart6000 系列高压变频器 .....	266	7.1.3 功能参数 .....	329
6.2.1 主要技术特点 .....	266	7.1.4 环境及安装要求 .....	332
6.2.2 基本规格和主要技术参数 .....	269	7.1.5 器件清单 .....	333
6.2.3 功能参数 .....	269	7.1.6 使用指南 .....	335
6.2.4 外形尺寸及其数据 .....	270	7.2 应用实例 .....	338
6.3 PowerSmart10000 系列高压变频器 .....	270	实例一 在水泥行业中的应用 .....	338
6.3.1 主要技术特点 .....	270	实例二 在钢铁行业中的应用 .....	340
6.3.2 基本规格和主要技术参数 .....	270	实例三 在城市供水行业中的应用 .....	342
6.3.3 功能参数 .....	271	<b>第 8 章 东方日立变频器</b> .....	346
6.3.4 外形尺寸及其数据 .....	272	8.1 高压大功率变频器系列产品 .....	346
6.4 全系列选件 .....	272	8.1.1 主要技术特点 .....	346
6.4.1 旁路柜 .....	272	8.1.2 主要技术参数 .....	348
6.4.2 机旁箱 .....	276	8.1.3 功能参数 .....	350
6.4.3 远控箱 .....	276		
6.4.4 飞车启动 .....	276		
6.4.5 GPRS 远程监控 .....	277		
6.5 全系列使用指南 .....	279		
6.5.1 产品选型 .....	279		
6.5.2 现场运行与维护 .....	280		
6.5.3 故障分析 .....	287		
6.5.4 高压变频器的出厂检验与测试 .....	290		
6.6 应用实例 .....	292		
实例一 PowerSmart3000 系列高压变频器 在鞍山钢铁集团的应用 .....	292		



8.1.4 外形尺寸 .....	351	适用范围 .....	361
8.1.5 通风、安装要求 .....	351	9.1.2 变频器的一般性能要求 .....	362
8.2 全系列选件 .....	352	9.1.3 变频器的使用条件 .....	363
8.2.1 标准配置 .....	352	9.1.4 变频器的额定值 .....	363
8.2.2 可选配置 .....	352	9.1.5 变频器试验 .....	364
8.3 全系列使用指南 .....	353	9.2 变频器的电磁兼容性及其试验 .....	367
8.3.1 选型 .....	353	9.2.1 电磁兼容技术 .....	367
8.3.2 故障分析 .....	354	9.2.2 标准主要内容 .....	368
8.4 应用实例 .....	356	9.2.3 试验 .....	372
实例一 在电力行业中的应用 .....	356	9.3 第2版国际标准调速电气传动系统 电磁兼容性内容 .....	372
实例二 在钢铁行业中的应用 .....	358	9.3.1 标准适用范围及其主要区别 .....	372
实例三 在煤矿行业中的应用 .....	359	9.3.2 销售方式的分类 .....	373
<b>第9章 1kV以上变频器标准介绍 .....</b>	<b>361</b>	9.3.3 第2版发射限值 .....	373
9.1 1kV以上变频器的参数额定值 和试验要求 .....	361	9.3.4 电磁兼容性计划 .....	375
9.1.1 GB/T 12668.4—2006 标准		<b>企业简介 .....</b>	<b>378</b>

# 第 1 章

## 高压变频器行业发展概况

### 1.1 行业概况及发展趋势

#### 1.1.1 行业概况

变频器技术（即电动机调速系统技术）出现于 20 世纪 70 年代初。80 年代后，变频器技术作为一种节能技术开始在主要的工业化国家中得到了广泛应用。到 90 年代以后，变频器技术大规模进入发展中国家。

最早推动高压变频器工业化应用的因素是关键功率器件 SCR（晶闸管）的出现，高压变频器开始在欧美等发达工业国家的冶金、电力、交通运输等行业推广使用，比如早期的交交高压变频器技术和电流型高压变频器技术都是基于 SCR 发展起来的。由于 SCR 开关性能的缺陷，这种类型的高压变频器功率因数低、谐波成分大，要使用无源滤波器，且效果较差。

20 世纪 90 年代前后，大功率电子器件沿着晶体管和晶闸管两个方向迅速发展。其中，80 年代末期，低压绝缘栅双极型晶体管（LV IGBT）的问世促使在 1995 年推出基于低压 IGBT 功率单元串联的高压变频器，基本解决了以前高压变频器谐波成分大、功率因数低的问题。随后，1998 年推出了基于高压 IGBT 的三电平结构高压变频器。ABB 公司在 GTO（门极关断）晶闸管的基础上研制了大功率 IGCT（集成门极换流晶闸管）器件，并且于 1998 年推出了基于 IGCT 的三电平结构高压变频器。

我国从 1980 年开始到 1986 年底可以说是处于舆论发动与启蒙阶段。1987 年初，分别有专家集体向中央上书建议在我国大力推行电动机的变频调速节能技术和包括这种技术在内的电力电子技术，组织了各种论证会和研讨会。“七五”期间，大量工科院校开展了以 GTR（电力晶体管）器件为主的电动机变频调速装置的研究。

20 世纪 90 年代，基于常压（380V）变频器价格和性能的改善、实用经验的积累，在楼宇供水供暖系统、化工、石油、建筑等行业中已经广泛应用，技术已经成熟，但高压大功率变频器技术仍然处于研发阶段。在 90 年代，我国已经多次召开大规模“电力电子和运动控制国际学术会议”和更多次的“全国交流电机变频调速学术会议”，各学会召开的专业或综合性会议不下几百次，发表论文三千多篇，出现与电动机调速系统节能相关的专业书籍不下六七十种，为“十五”更大规模的推广应用打下了基础。

在 1998 年 1 月 1 日开始实施的“中国节能法”第 39 条把变频调速列入通用节能技术加以推广，有力地推动了市场开发的进度。2000 年变频调速装置的国内市场销售是前 12 年平均改造量的近 3 倍，这是“十五”推广该技术产品的市场起点。在“十五”期间随着以利德华福为代表的国内高压变频器厂商技术的成熟和规模效应的实现，高压变频器的生产成本大

幅下降,改变了产品和技术都由国外厂商垄断和高压变频器价格高昂的局面,进一步促进了高压变频技术在我国应用的加速。

进入“十一五”以来,基于节能降耗的迫切要求,2006年国家发改委在《“十一五”十大重点节能工程实施意见》中明确规定,电动机系统节能是十大重点节能工程之一,并明确规定,更新改造低效电动机,对大中型变工况电动机系统进行调速改造,对电动机系统被拖动设备进行节能改造。国家发改委2007年4月出台的《能源发展“十一五”规划》中明确规定,到2010年实现我国单位GDP能耗降低20%的节能战略目标。根据2007年原国家信息产业部的研究,为实现2010年我国单位GDP能耗减少20%的发展目标,节能技术的贡献度必须达到55%以上。同时在2007年10月28日发布的已于2008年4月1日执行的经全国人民代表大会常务委员会修订的“中国节能法”中明确规定“国家实行节能目标责任制和节能考核评价制度,将节能目标完成情况作为对地方人民政府及其负责人考核评价的内容。”上述来自于立法层面、政治层面和经济层面的三重动力掀起了在各级政府推动下的高压变频器在各行业领域应用的高潮,高压变频器行业进入了爆发性增长期。

## 1.1.2 国内行业规模

### 1. 现有行业规模

我国高压变频器市场几年来保持着加速爆发性增长的态势。数据显示,2006年我国高压变频器新增订单数1200台,金额为人民币10.2亿元。2007年全年新增订单约2000台,金额为人民币16.5亿元。我国高压变频器历年市场规模见表1.1-1。

表 1.1-1 我国高压变频器历年市场规模

年 份	当年新增订单/台	市场规模/亿元	增长率(%)
2004	550	4.8	—
2005	800	6.8	41.67
2006	1200	10.2	50.00
2007	2000	16.5	61.8

### 2. 高压变频器潜在的市场规模

根据中国电机系统节能项目组在所著的“中国电机系统能源效率与市场潜力分析”中对于1999年我国分行业用电量与电动机装机容量和耗电量的详细调查分析(见表1.1-2),我国用电设备的总容量约为3.73亿kW,其耗电量约为9800亿kWh,占当年全国总用电量的81%;其中高压电动机的总容量为0.47亿kW(占当年电动机总容量的26%),耗电量为1807亿kWh,占当年全国总用电量的15%。目前电动机耗电量的格局仍然未改变,随着我国工业化进程的不断深入,未来将继续保持这样的格局。按照电动机传动系统改造的潜在效率提升率和节电率30%测算,高压电动机系统节能改造相当于年节电规模为540亿kWh。假定平均每千瓦时工业用电的价格为人民币0.60元,对应的高压电动机系统节能年经济效益将达到人民币324亿元。

表 1.1-2 我国分行业用电量与电动机装机容量和耗电量

行 业	用电设备总容量/MW	用电总量/亿 kWh	占社会总用电量比例 (%)	常压设备 (380V)			中电压级设备 (1~10kV)		
				总容量/MW	总台数	耗电量/亿 kWh	总容量/MW	总台数	耗电量/亿 kWh
石油	8106.4	262.2	2.2	2846	80250	103	3366	12790	123
钢铁	30568.2	932.1	7.7	4850	117	117	11.320		275
上下水处理	6441.3	135.9	1.1	1800	45150	19	4500		125
石化	4891.5	246.9	2.0	2000		91	2150		94
化工	32784.1	1142.9	9.5	7200		340	4800		185
建材	34306.2	728.9	6.0	6930		178	3730		95
电力		1835.0	15.2						
发电厂自用电	27238.3	881.6	7.3	870	5800	126	4600		667
线损耗材		861.9	7.1						
煤炭	15953.0	360.9	3.0	4060		129	6580		196
城乡居民	129254.6	1469.8	12.2	69000		500			
家用电器	77552.8	588.1	4.9						
农业排灌	32718.2	328.5	2.7	31270	7400000	329			
水利	10712.1	96.5	0.8	5100		43	5610		48
机械	22266.6	260.8	2.2						
电气电子	17372.0	261.5	2.2						
小计	372612.5	9805.5	81.1	135926		1975	46656		1807
全国总用电量	644487.9	12092.3	100						
全国总发电量		12331.4							

注：数据来源：“中国电机系统能源效率与市场潜力分析”。

随着工业化进程在过去 10 年里的增速发展和新建发电项目的高速增长，截止 2006 年末全国发电总量已经达到了 2.8 万亿 kWh，电能在电动机上的消耗快速增长。据我国《电动机调速技术产业化途径与对策的研究》报告披露，目前我国发电总量的 66% 消耗在电动机上。据此测算，相比于 1999 年底，电动机消耗电能占发电总量的比重增加了 113%。同时，《电动机调速技术产业化途径与对策的研究》报告披露，我国目前电动机总装机容量已超过 5.8 亿 kW，其中高压电动机约占 50%，即 2.9 亿 kW。据此测算，相比于 1999 年底，电动机总容量和高压电动机总容量增加量分别达到了 216% 和 517%。

考虑到改造的难度和经济可行性，《电动机调速技术产业化途径与对策的研究》报告预测，高压电动机中近 70% 拖动的负载是风机、泵类和压缩机，其中有一半适合调速。

按照该报告中的这些比例以及 2006 年底全国 5.8 亿 kW 电动机装机总量测算，全国约有 10150 万 kW 的高压电动机处在浪费运行的状态。按照每千瓦高压变频目前约人民币 1000 元的价格估计，不考虑未来新增的高压电动机的增量，高压变频器的潜在市场高达人民币 1015 亿元。

### 3. 主要细分行业需求预测

高压变频器可以在电力、冶金、石化等多个行业中应用。各行业中适合安装高压变频器进行调速节能改造的电力设备的情况见表 1.1-3。

表 1.1-3 适合安装高压变频器进行调速节能改造的电力设备的情况

电力	冶金	石化	水务	环保	水泥	造纸	制药	采矿
引风机	除尘风机	注水泵	供水泵	污水泵	窑炉引风机	打浆机	清洗泵	排水泵
送风机	通风机	电潜泵	取水泵	净化泵	压力送风机			排风扇
吸尘风机	泥浆泵	输油泵		清水泵	冷却器吸尘机			介质泵
增压风机	除垢泵	管道泵			生料碾磨机			
排粉机		排风机			供气风机			
锅炉给水泵		压缩机			冷却器排风机			
循环水泵		除垢泵			分选器风机			
凝结泵					主吸尘风机			
渣浆泵								
一次风机								

#### (1) 电力

电力行业需要应用变频器的电动机主要是厂用电方面与发电机组配套的引风机、送风机、吸尘风机、排粉机、增压风机、凝结泵、循环水泵、渣浆泵、锅炉给水泵等，占厂用电损耗的 80%。电力行业的主要用户是五大电力集团和各地方电厂。影响电力行业用户购买决策的因素包括产品可靠性、稳定性、服务、价格、企业规模、品牌等因素。电力行业的各用户使用变频器的节电效果因各自的实际机组运行环境有所差异，但是总体节电效果非常显著，节电效率一般在 20%~60% 之间。

电力细分行业规模预测：一般而言，30 万 kW 火电机组需要配脱硫增压风机 1 个、一次风机 2 个、引风机 2 台、凝结泵 2 个、循环水泵 2 个、锅炉给水泵 2 个、排粉机 4 个、渣浆泵 2 个、送风机 2 个，一共 19 台辅机，总功率为 33000 kW 左右。60 万 kW 火电机组需要配脱硫增压风机 1 个、一次风机 2 个、引风机 2 台、凝结泵 2 个、循环水泵 2 个、锅炉给水泵 2 个、排粉机 4 个、渣浆泵 3 个、送风机 2 个，一共 20 台辅机，总功率为 60000 kW 左右。粗略估计，一般每单位机组需要配变频器 13 台。

目前我国高压大功率变频器的市场渗透率很低，因此电力行业存量市场规模巨大。2006 年，我国发电装机容量达到了 6.22 亿 kW，其中火电装机 4.84 亿 kW，总装机容量超过百万千瓦的电厂容量为 2.33 亿 kW。根据我国电力联合会 2007 年发布的数据，火电单位机组容量在 30 万 kW 以上的机组有 635 台，可应用高压大功率变频器 8255 台。总装机容量低于百万千瓦的电厂多数是单位机组容量在 30 万 kW 以下的机组，因此粗略估计其余的 2.51 亿 kW 火电装机应为单位容量 30 万 kW 机组 831 台，可应用高压大功率变频器 10803 台。因此电力行业总共需求量为 19058 台。

30 万 kW 电厂使用的变频器功率范围在 1000~5000kW 之间（注：30 万 kW 以上机组

功率级别更大),按照平均每台需人民币150万元估算(即按照平均每台功率1500kW,每千瓦价格为人民币1000元计算),电力行业高压变频器潜在的存量市场规模约为人民币285亿元。

## (2) 钢铁行业

钢铁行业的电力消耗主要来自于炼铁、炼钢和轧钢设备中应用的各种电动辅机,包括引风机、除尘风机、通风机、泥浆泵、除垢泵、煤气鼓风机、烧结风机、高炉风机、轧机、开卷机、卷曲机等。目前高压变频器在钢铁行业中的主要客户是大中型钢铁企业。钢铁行业的设备容量大,70%以上是大型高压电动机。在节能传动方面,由于钢铁生产流程中大量采用的供/排水泵、鼓风机和除尘风机的常规设计为不停机运行,流量过剩时采用流体循环或放空的耗能方法,节电潜力很大。影响钢铁行业用户购买决策的因素同样是产品可靠性、稳定性、服务、价格等因素。钢铁行业使用变频器的节电效果较为明显,节电率一般在20%~60%之间。

对于炼铁高炉,一般而言,300~999m<sup>3</sup>的炼铁高炉需要配高炉除尘风机、高炉鼓风机、冷循环水泵、冲渣泵,一共10台辅机,总功率约为1万kW,需配高压变频器10台,总功率约为1万kW;1000~1999m<sup>3</sup>的炼铁高炉需要配高炉除尘风机、高炉鼓风机、冷循环水泵、冲渣泵,一共10台辅机,总功率约为1.5万kW,需配高压变频器10台,总功率约为1.5万kW;2000~2999m<sup>3</sup>的炼铁高炉需要配高炉除尘风机、高炉鼓风机、冷循环水泵、冲渣泵,一共10台辅机,总功率约为2万kW,需配高压变频器10台,总功率约为2万kW;3000m<sup>3</sup>的炼铁高炉需要配高炉除尘风机、高炉鼓风机、冷循环水泵、冲渣泵,一共10台辅机,总功率约为2.5万kW,需配高压变频器10台,总功率约为2.5万kW。

对于炼钢转炉和炼钢电炉,一般而言,50~99t的炼钢转炉或炼钢电炉需要配转炉一次除尘风机、转炉二次除尘风机、冷循环水泵、精炼除尘风机,一共5台辅机,总功率约为3000kW,需配高压变频器5台,总功率约为3000kW;100~299t的炼钢转炉或炼钢电炉需要配转炉一次除尘风机、转炉二次除尘风机、冷循环水泵、精炼除尘风机,一共5台辅机,总功率约为7000kW,需配高压变频器5台,总功率约为7000kW;300t以上的炼钢转炉或炼钢电炉需要配转炉一次除尘风机、转炉二次除尘风机、冷循环水泵、精炼除尘风机,一共5台辅机,总功率约为1.2万kW,需配高压变频器5台,总功率约为1.2万kW。

对于轧钢机和连铸机,一般而言,每台轧钢机或连铸机需要配一台高压变频器,每台变频器的功率约为2500kW。

目前我国高压大功率变频器的市场渗透率很低,2001~2005年我国炼铁高炉、炼钢转炉和电炉以及连铸机和轧钢机的数据见表1.1-4。

根据上述数据推算,我国大中型钢铁企业需配高压变频器5896台,总功率853万kW,按照每kW1000元简单测算,2005年钢铁行业的市场潜在规模超过85亿元。又根据中国国家统计局数据,中国粗钢产量2005年为3.49亿吨,2006年为4.19亿吨,2007年前三季度为3.63亿吨。因此简单推算,2007年钢铁行业对变频器的潜在需求规模约为118亿元。

表 1.1-4 2001~2005 年我国炼铁高炉、炼钢转炉和电炉以及连铸机和轧钢机的数据表

年 份	2001	2002	2003	2004	2005
炼铁高炉					
总量/台	253	290	321	395	437
3000m <sup>3</sup> 以上	4	4	5	6	9
2000~2999m <sup>3</sup>	17	17	19	28	33
1000~1999m <sup>3</sup>	29	29	31	40	48
300~999m <sup>3</sup>	134	153	184	229	260
101~299m <sup>3</sup>	54	72	70	82	75
100m <sup>3</sup> 以下	15	15	12	10	12
炼钢电炉					
总量/座	201	199	182	164	159
100t 以上	11	12	13	12	12
50~99t	22	24	30	28	32
11~49t	102	104	91	79	76
10t 以下	66	59	48	45	39
炼钢转炉					
数量/座	214	232	245	292	342
300t 以上	3	3	3	3	3
100~299t	27	29	39	56	86
55~99t	34	46	60	77	86
11~49t	141	148	141	156	167
10t 以下	9	6	2	—	—
连铸机					
数量/台	291	311	337	402	429
轧钢机					
数量/座	843	872	792	813	872
初轧机	16	14	14	14	13
开坯机	24	23	16	11	8
大型型钢轧机	5	6	6	13	16
普通中型型钢轧机	60	65	67	62	69
普通小型型钢轧机	137	133	129	125	132
H 型钢轧机	2	2	2	2	6
车轮轮箍轧机	2	2	2	3	3
冷弯型钢轧机	6	6	5	2	6
冷拉钢材轧机	21	21	26	41	44
普通线材轧机	39	33	28	27	23
高速线材轧机	42	49	50	63	66

(续)

年 份	2001	2002	2003	2004	2005
特厚钢板轧机	1	1	1	1	1
中厚钢板轧机	23	22	24	28	32
热(叠)轧薄板轧机	31	33	25	15	14
热轧宽带钢轧机	11	14	15	13	22
热轧中宽带钢轧机			3	6	6
热轧窄带钢轧机	24	43	26	26	34
冷轧薄板轧机	13	14	14	6	6
冷轧宽带钢轧机	11	13	13	26	46
冷轧窄带钢轧机	85	82	54	44	47
薄板坯连铸连轧机	2	3	6	7	9
热轧无缝钢管轧机	34	38	31	32	37
冷拔钢管机	118	121	97	104	92
冷轧钢管机	66	62	62	70	63
焊管轧机	59	58	62	71	76
旋压钢管机	3	3	3	1	1
其他轧机	8	11	11	—	—6

注：资料来源：中国钢铁工业协会《中国钢铁统计》。

### (3) 石油、石化

我国的油田大部分不像国外油田有很强的自喷能力，必须靠注水来压油入井，靠潜油泵在井下集油，靠抽油机把油提升出来，再靠输油泵把油管内的油压输出去。石油行业需要应用高压变频器的电动机主要是潜油泵、注水泵、输油泵、输气泵、天然气压缩机等，占全行业用电量的 80% 以上。在我国，靠水换油、用电换油是油田的现实。石油行业的主要行业客户是中石油、中石化和中海油公司。

在石化行业中，炼油生产的风机、泵、压缩机用电占其总用电量的 90%，其中 2/3 是在变负载工况下运行的。全国石化行业用于高压聚乙烯、各种气体和液体的运输等高压大功率风机、泵、压缩机电压大多为 6kV，单机容量在 200~5900kW 之间。根据我国电机系统节能项目组所采用的抽样调查，采用变频调速的平均节电率为 52%。石化行业的主要用户是中石化和中石油公司中的石化企业。

影响石油、石化行业用户购买决策的因素同样是可靠性、稳定性、服务、价格、企业规模、品牌等。石油、石化行业用户使用变频器的节电效果通常在 20%~60% 之间。根据行业实际情况推算，全国石油、石化行业约需要 12000 台变频器，按照每台为人民币 100 万元简单测算，行业市场规模约为人民币 120 亿元。

### (4) 水泥等建材行业

水泥等建材行业需要应用变频器的电动机主要是窑炉引风机、压力送风机、冷却器吸风机、高温风机、生料碾磨机、窑炉供气风机、冷却器排风机、分选器风机、主吸尘风机等。这些设备往往选用较大的安全系数，选型功率偏大，主要用户是各水泥、玻璃、玻璃纤维等



生产厂家。

以水泥行业为例，对水泥行业市场规模进行预测：水泥行业的电力消耗主要来自设备中的各种电动机，一般而言日产 5000t（年产 180 万 t）的水泥生产线需要配备窑头排风机 2 台、窑尾排风机 2 台、煤磨排风机 2 台、高温风机 1 台、循环风机 1 台、煤磨除尘风机 3 台等，一共 11 台辅机，总功率为 10000kW 左右。由此粗略估计，一般单位生产线需要配变频器 11 台，一般每万吨水泥生产线需要安装 20000kW 的变频器。

2006 年全国水泥总产量为 12.2 亿 t，按照实际应用中每 180 万 t 水泥产量使用 11 台高压变频器计算，全国水泥行业的高压变频器市场容量约为 7455 台，按照每台变频器售价为人民币 100 万元估计（即按照平均每台功率为 1000kW，每千瓦价格为人民币 1000 元计算），水泥行业市场规模为人民币 75 亿元。

除上述电力、钢铁、石油石化、水泥等行业外，有色、市政供水、污水处理、采矿、造纸以及制药等细分行业对变频器的需求也开始快速提高。

## 1.2 竞争分析

### 1.2.1 行业竞争回顾

国内高压变频器行业的竞争历史也是本土企业崛起的历史。

#### 1. 最初是外资产品垄断着国内高压变频器市场

20 世纪 90 年代国外开始使用高压变频器后，西门子公司、ABB 公司、AB 公司、日立公司、东芝公司等国外厂商开始对我国国内销售少量高压变频器产品，其中大多被作为整套发电设备或者传动设备中的一个配备设备销售给国家重点支持的大型冶金、石油、化工、电力等企业。在这一时期，国内客户对变频器的节能效果尚未充分认识，除了得到国家相关政策支持的大型企业在进口设备中选用了高压变频器以外，绝大部分国营或者私营企业都未采用高压变频器。因此，在这一阶段，国外企业基本上占有了整个国内市场，相应的产品价格居高不下，一台 1000kW 的高压变频器价格可能为人民币 200~300 万元，客观上也影响了该产品在国内的推广。

#### 2. 2000~2002 年是国内企业从夹缝中求生存原始发展阶段

国内企业，如北京利德华福、东方凯奇等公司，在 2000 年前后开始逐步关注高压变频器技术，并且在吸收通用技术路线的基础上，进行了独创性的基础研究和应用设计，开始推出国产高压变频器。国内变频器企业当初面临着客户不信任和产品不稳定两大关键性难题，通过客户试用、召集潜在客户前往已经成功安装的现场开培训交流会、举办讲座等多种手段，国内高压变频器企业首先在一些中小客户处取得了订单。值得一提的是，国内企业的变频器产品自从推出后，与外资进口产品形成了巨大的价差，一台国产 1000kW 的高压变频器价格约为人民币 100~150 万，几乎相当于外资产品的 1/2 左右，不但对国内潜在客户形成了吸引力，也对外资产品形成了巨大的冲击。

#### 3. 2003 年之后国内企业开始打翻身仗

随着能源价格的逐步高涨和电力供应的不断紧张，2003 年以后，除了政府的有效刺激外，越来越多的国内企业自身也开始意识到节能降耗的经济价值和重要性，形成了规模巨大