

# SLANVERT



希望森兰科技股份有限公司  
Hope Senlan Science and Technology Holding Corp., Ltd.  
[www.chinavvf.com](http://www.chinavvf.com)    [www.slanvert.com](http://www.slanvert.com)

总部地址：成都市西航港经济开发区空港二路二段1599号  
服务热线：400-619-6968 公司传真：028-85962488  
销售热线：028-85964751 市场热线：028-85960127  
E-mail: markd@chinavvf.com  
策划设计：希望森兰科技股份有限公司市场部 版本号：13.09

## 森兰变频器行业专刊 电力行业





# C 公司简介

## COMPANY INFO



希望森兰科技股份有限公司是一家致力于高中低压变频技术的研发及相关产品的设计、开发、生产、销售和服务的国家重点高新技术企业，是国内最早从事变频技术研发和应用的企业之一，是中国最大的变频器研发制造基地之一，也是变频器行业首批获得“中国名牌”产品称号的企业。

公司从成立伊始就坚持“科技立业”的理念，实施品牌战略，走出了一条“科技创品牌、质量铸品牌、服务扬品牌”的品牌之路。公司通过了ISO9001:2008国际质量体系认证和ISO14001环境管理体系认证，全面实行ERP信息化管理，拥有数十项专利、专有技术构成的自主知识产权体系，并在此基础上开发了SBH系列高压变频器，SB70、SB60/61、SB60+/61+、SB50、SB40、SB12、SB61Z、SB61Z+、SB100、SB150、SB200、SE62等系列低压变频器，推出了国内首台专业级工程型变频器SB80。森兰变频器先后获得了第四届中国科技博览会金奖、中国专利技术博览会金奖；被列入国家火炬计划项目、

国家创新基金项目、国家重点新产品项目；通过了欧盟CE认证，被广泛应用到冶金、机械、建材、化工、石油、生化、制药等领域，取得了显著的经济效益和社会效益。

经过十余年的高速发展，公司现已拥有遍布全国和亚洲、欧洲及美洲的强力营销、服务网络，为客户提供优质的产品和服务。公司的销售额、市场占有率、技术水准在国产变频器行业名列前茅，被机械工业信息研究院评为“2006中国用户最满意国产低压变频器十大品牌”（含港澳台地区）第一名，2007年荣获国家质量监督检验检疫总局授予的“中国名牌”产品称号，2008、2009年荣获中国电器工业协会颁发的“中国电器工业最具影响力品牌”，2005~2012年被中国自动化学会连续七次评为年度“中国国产变频器第一品牌”。

面对未来，公司秉承“实业报国，永创第一”的经营理念，为把公司建设成世界最前沿的变频器研发和制造基地，为把森兰发展成国际知名品牌而努力。

欢迎访问我们的网址：<http://www.chinavvfv.com> (中文)  
<http://www.slanvert.com> (英文)

## ◀ 目录 Contents ▶

◆ 电力行业的现状	-----	01/01
◆ 电力行业节能潜力分析	-----	02/02
◆ 森兰电力行业应用典型解决方案	-----	03/05
◆ 森兰电力行业典型应用解决方案	-----	06/20
◆ 森兰变频器在电厂锅炉辅机上的应用	-----	06/08
◆ 森兰变频器在包头希铝电厂的应用	-----	08/12
◆ 森兰变频器在垃圾焚烧发电厂的应用	-----	12/14
◆ 森兰变频器在换热站的应用	-----	15/17
◆ 森兰变频器在山西华鑫电厂空冷系统的应用	-----	17/20

## 电力行业节能潜力分析



### 行业概述



目前，我国电网规模已经超过美国跃居世界第一位、发电装机容量继续位列世界第二，长期困扰我国的电力供应不足矛盾得到缓解，电力系统的安全性、可靠性、经济性和资源配置能力得到全面提高，基本满足了经济社会发展的用电需要。

发电装机容量快速增长。2011年全社会用电量46928亿千瓦时，新增装机容量9041万千瓦，年底发电装机容量达到10.56亿千瓦，其中水电、核电、风电等非火电类型发电装机容量比重达到27.50%，比上年提高0.93个百分点；全国全口径发电量47217亿千瓦时，比上年增长11.68%。全年发电设备平均利用小时数为4731小时，比上年增加81小时。通过不断优化电源结构，装备技术水平进一步提高，加强节能减排管理，供电煤耗进一步下降，2011年平均供电煤耗为330克/千瓦时，比上年降低3克/千瓦时；全国电网输电线路损失率6.31%，比上年降低0.22个百分点。

“十一五”以来，积极发展水电、核电、风电等绿色发电，加快水电、煤电等大型电源基地的开发建设，电源结构和布局得到进一步优化。落实国家“上大压小”政策，加快小火电机组关停，火电机组平均单机容量稳步提高。其主力机组已由先前的300MW，升级为600MW甚至100万千瓦的超超临界机组类型。“十一五”期间累计关停小火电机组超过7000万千瓦，提前一年半完成国家“十一五”关停小火电机组5000万千瓦任务。2009年底，全国30万千瓦及以上火电机组比重达到65.2%，建成投产百万千瓦级超超临界机组21台，成为世界拥有超超临界机组最多的国家，火电平均单机容量由2005年的5.68万千瓦提高到2010年的10.5万千瓦。



在我国的电力工业中，火电占绝对优势地位（火电装机容量占73%，发电量占82%）。在火力发电厂中，风机和水泵也是最主要的耗电设备，加上这些设备都是长期连续运行和常常处于低负荷及变负荷运行状态，其节能潜力巨大。据统计，火力发电厂有大量风机和水泵，这些辅机大多用高压大容量的异步电动机拖动，配套电动机的总容量超过15000MW，年总用电量为520亿kW·h，占全国火电发电量的5.8%。发电厂辅机电机的经济运行，直接关系到厂发电效率的高低。随着电力行业改革的不断深化，厂网分家、竞价上网等政策的逐步实施，降低自用电率，降低发电成本提高电价竞争力，已成为各发电厂努力追求的经济目标。

我国火电机组的平均煤耗为0.4kg/kW·h，比发达国家高(0.07~0.1)kg/kW·h，而自用电率的高低是影响供电煤耗和发电成本的主要因素之一。国产300MW机组的自用电率平均为4.71%，而进口（GE公司）机组为3.81%。国产机组比进口机组约高20%左右。国产机组自用电率偏高的原因主要是辅机电机在经济运行方面存在问题和差距。

国外火电厂的风机和水泵已纷纷增设调速装置，而目前我国火电厂中除少量采用汽动给水泵，液力耦合器及双速电机外，其它风机和水泵基本上都采用定速驱动。这种定速驱动的泵，由于采用出口阀，风机则采用入口风门调节流量，都存在严重的节流损耗。尤其在机组变负荷运行时，由于风机和水泵的运行偏离高效点，使运行效率降低。调查表明：我国50MW以上机组锅炉风机运行效率低于70%的占一半以上，低于50%的占1/5左右。由于目前普遍的机组负荷偏低，风机的效率就更低，有的甚至不到30%，结果是白白地浪费掉大量的电能，已经到了非改不可的地步。

目前，国内的火电机组大都处于低负荷或变负荷运行状态，在机组变负荷运行方式下，如果主要辅机采用高效变频调速系统取代常规的定速驱动系统，无疑可节约大量的节流损耗，节电效果显著，潜力巨大，这已是不争的事实。除此之外，由于可变速驱动系统都具有软启动功能，可使电厂辅机实现软启动，避免了由于电动机直接启动引起的电网冲击和机械冲击，从而可以防止与此有关的一系列事故的发生，提高了辅机运行的可靠性。

## 森兰电力行业应用典型解决方案



### ❖ 风机变频应用分析

风机是火力发电厂重要的辅助设备之一，电站锅炉的风机类辅机设备有：送风机、引风机、一次风机、排粉风机（煤粉风机）、烟气再循环风机、烟气脱硫装置的增压风机和磨煤机用的密封风机。其中四大风机（送风机、引风机、一次风机或排粉风机和烟气再循环风机）的总耗电量约占机组发电量的2%左右。随着火电机组容量的提高，电站锅炉风机的容量也在不断增大，如国产200MW机组，风机的总功率6440kW，占机组容量的3%以上。因此，提高风机的运行效率对降低自用电率有重要的意义。

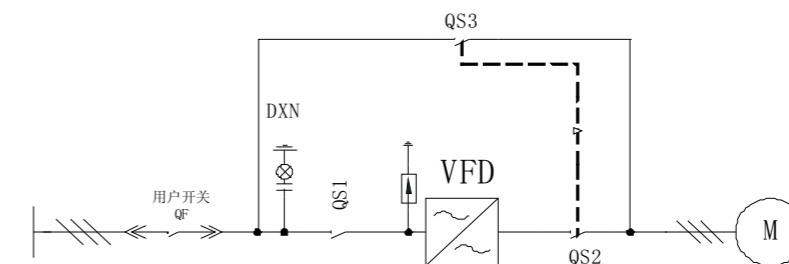
送风机是用来供给锅炉燃料燃烧所需空气的风机，引风机是将锅炉燃烧产物（烟气）从锅炉尾部吸出，并经烟囱排入大气的风机（亦称吸风机），二者都是电站锅炉的主要辅机设备。一般200MW以下机组配置带有入口导向叶片的送风机和引风机，如125MW机组配置600kW送风机两台和800kW引风机两台；300MW机组则采用动叶可调的送风机（1800kW）两台和静叶可调的引风机（2200kW）两台送风机用来保证合理的风煤配比，从而控制烟气的含氧量和灰粉可燃物的比例；引风机则用来调整锅炉炉膛负压的稳定。由于机组的负荷经常变化，为了保证锅炉的燃烧和负压的稳定，需要及时调整送、吸风量和煤粉量。在200MW及以下机组，一般采用调整入口导向叶片的角度（风门开度）的方式来调节风量，这种风门调节的截流损耗一般为30%。在300MW及以上机组，则采用调节动、静叶片的方式来实现风量调节，这种调节方式的截流损耗也在20%左右。如果采用变频调速改造，将完全消除风门和叶片的截流损耗。

我国电站风机虽已普遍采用了高效离心风机，但实际运行效率并不高，其主要原因之一是风机的调速性能差，二是运行点偏离风机的最高效率点。我国现行的火电设计规程SDJ—79规定，燃煤锅炉的送、引风机的风量裕度分别为5%和5%~10%，风压裕度分别为10%和10%~15%。这是因为在设计过程中，很难准确地计算出管网的阻力，并考虑到长期运行过程中可能发生各种问题，通常总是把系统的最大风量和风压富裕量作为选择风机型号的设计值。但风机的型号和系列是有限的，在选用不到合适的风机型号时，只好往大机号上靠。这样，电站锅炉送、引风机的风量和风压裕度达20%~30%是比较常见的。

一般在锅炉风机容量设计时，单侧风机运行时具备带75%负荷运行的能力，这主要是从机组运行的安全性出发的；当失去一侧送、引风机时，机组还能带75%的负荷运行。所以当双侧风机运行，机组带满负荷时，送、引风机的设计余量在20~30%左右，风门开度一般为50~60%，这也是从风门调节的灵敏度来考虑的。这就为风机的变频调速节能改造造就了巨大的潜力，即使在机组满负荷运行时，也有20~30%的节电率。

电站锅炉风机的风量与风压的裕度以及机组的调峰运行导致风机的运行工况点与设计高效点相偏离，从而使风机的运行效率大幅度下降。一般情况下，采用风门调节的风机，在两者偏离10%时，效率下降8%左右；偏离20%时，效率下降20%左右；而偏离30%时，效率则下降30%以上。对于采用调节门调节风量的风机，这是一个固有的不可避免的问题。发电厂辅机采用定速驱动时，风机靠风门调节来调节流量，除产生大量的节流损耗外，反应速度慢，导致锅炉的燃烧自动无法投入，因而机组的协调控制无法投入，机组无法响应负荷的动态变化。辅机采用变频调速驱动后，机组的可控性提高了，响应速度加快，控制精度也提高了。从而使整个机组的控制性能大大改善，不但改善了机组的运行状况，还可以大大节约燃料，进一步节约能源。同时，采用变频调速以后，可以有效地减轻叶轮和轴承的磨损，延长设备使用寿命，降低噪声，大大改善起动性能。工艺条件的改善也能够产生巨大的经济效益。

锅炉送、引风机是目前火电厂中应用高压变频调速技术进行节能改造的首选和主要对象，尤以引风机为多，全国已超过几百套。一般是一台锅炉四台送、引风机同时上变频调速，或者只上两台引风机。其拖动功率一般为315~2500KW，电压等级为6kV，10kV。其原因主要是风机的节能潜力大，调速范围宽，且其功率等级决定了使用高压变频改造时其技术性能和经济性能都较好，系统设计采用标准的一拖一带工频旁路方案。



### ❖ 水泵变频应用分析

火力发电机组必须配备的水泵主要有锅炉给水泵、循环水泵和凝结水泵，其次还有射水泵、低压加热器疏水泵、热网水泵、冷却水泵、灰浆泵、轴封水泵、除盐水泵、清水泵、过滤器反洗泵、生活水泵、消防水泵和补给水泵等。这些水泵数量多，总装机容量大，是火力发电厂中耗电量最大的一类辅机。

与风机一样，由于设计中层层加码，留有过的富裕量，造成大马拉小车之外，由于采用节流调节，为满足生产工艺上的要求，造成更大的能源浪费现象。

#### ◆ 给水泵

一般200MW以下单元机组配置3台50%容量的电动给水泵，正常工作时两台运行，一台备用。300MW以上的单元机组配置50%容量的汽动泵两台或100%容量的汽动泵一台和50%容量的电动泵一台，正常工作时汽动泵运行，电动泵作为起动时使用和备用。

国外发达国家则把锅炉给水泵传动系统作为推广应用变频调速节能改造的主要对象之一，其原因是

- 节能潜力大；
- 功率大。

而目前我国火力发电厂中除少量采用汽动给水泵，液力耦合器和双速电机外，其他各种风机和水泵基本上都采用定速驱动。这种定速驱动的泵，由于采用出口阀，风机则采用入口调节风门调节流量，都存在节流损失，而且在变负荷时风机和水泵的运行偏离高效点，使运行效率降低，浪费掉大量的电能。一台200MW发电机组的电动给水泵，其电动机功率达5000kW，水泵的出口压力与正常的汽包压力之间的差别如此之大（8.5MPa）原因有两个：

- 锅炉检修以后打水压试验的需要；
- 为给水调节阀前提供较大的压力，以提高汽包水位调节系统的反应速度，提高水位调节品质的需要。

如此大的截流损耗，造成大量的能源浪费。若采用变频调速驱动，则可用改变电动机的转速来满足不同的给水要求，不仅避免了调节阀的截流损耗，达到了节能的目的，同时以调速的方式改变给水流量的响应速度远比改变阀门开度来的快，从而改善了锅炉给水调节性能。

## 森兰电力工业典型应用解决方案

### ◆ 循环水泵

循环水泵是为汽轮机凝汽器提供冷却水的重要辅机设备，一般单元机组设置3台循环水泵，运行方式：一台运行、一台备用、一台检修，定期切换运行。如果循环水泵同时停运，必然导致机组停运，甚至可能造成汽轮机化瓦等恶性事故。随着机组负荷和季节的变化，为了保证机组在合理的经济真空值运行，需要的冷却水量是变化的。通常冬季单台泵运行流量偏大，夏季单台泵流量不足，需要两台泵运行，而两台泵的流量又过大。可以采用调节阀实现冷却水流量调节的，这种调节方式控制的汽轮机真空度不稳定，不能保证汽轮机的经济运行，尤其在低负荷运行时，阀门的节流损耗大，泵的运行效率也很低。

若进行变频调速改造，既可节能降耗，又能根据机组负荷和季节的变化调节冷却水的流量，达到汽轮机最有利真空的控制目的，实现了汽轮机真空度的高精度控制和经济运行的目的。且运行稳定，可靠性高，同时还可以消除管路的虹吸现象。

单元机组三台循环水泵采用一台高压变频器，系统设计采用一拖三带工频旁路方案：考虑到循环水泵的检修和循环工作，保证始终有一台泵调速工作。冬季和低负荷时一台泵调速工作，夏季高负荷时一台泵定速工作，另一台泵变频器驱动，调节冷却水流量。

### ◆ 凝结水泵

在汽轮机中做完功的蒸汽经凝汽器凝结成水，称为凝结水。为了防止锅炉和汽轮机结垢，进入锅炉的水是要进行严格的软化处理的，成本很贵，因而做完功的凝结水要经过除氧和加热器后重新进入锅炉使用。火电机组的凝结水泵就是完成这项工作的重要辅机设备，一般一台机组设计二台110%容量的凝结水泵，一台运行，一台备用；大机组采用三台泵，二台运行，一台备用，每台泵的出力均为55%额定容量。

由于凝结水泵定速运行，靠出口调节阀的节流控制，节流量大，出口压力高，经常发生泵的法兰大量漏水造成热量和水量的大量流失，地面污染，导致不能正常运行甚至损坏泵。因为凝结水泵是立式泵，水泵轴向串动严重，电流晃动大，轴承损坏，疏水管道震动和泄漏等故障，增加了泵的维护工作量，经常要倒泵，严重影响机组的安全运行。

凝结水泵采用变频调速改造后，除了显著的节能效果外，还可收到改善工艺控制的效果，提高机组的安全经济运行水平。凝结水泵电动机的功率范围是500~1500KW，因为凝结水泵一用一备，采用一台高压变频器一拖二方案较为经济。

### ◆ 灰浆（渣）泵

灰浆（渣）泵是将煤在锅炉中燃烧后冲到灰浆池中的灰浆、灰渣排到贮灰场的辅机设备。一般两个机组共用一个灰浆池，配置3台灰浆泵，每台泵的出力均为110%额定容量，还要另加一台清洗水泵，用来清洗灰浆（渣）泵及管道的积灰。

其运行方式是三台泵轮流间断运行，因为如果某一台泵长期不运行的话，出口会被灰浆、灰渣堵死，再次开泵时会造成电机过载而烧毁；另外若一台泵开着，时间不长就会将灰浆池抽干，泵空转引起汽蚀，而停泵若超过半个小时，灰浆池又会溢出，如再次开启才停运的泵，则容易因为过热而引起电机损坏。因而操作频繁，泵和电机损坏严重。因此，灰浆泵是发电厂中最需要进行变频改造的泵，而又是进行变频改造经济性最差的设备。因为，灰浆泵的容量为300~500KW，为了节省投资，可采用“一拖三”方案，即用一套变频调速装置，轮流拖动三台泵运行。

其它还有低加疏水泵，热网水泵，清水泵，补给水泵和生活水泵等，均为低压电机拖动，可根据其运行状况设计合理的变频改造方案，阀门全开，回收截流损耗所浪费的电能。

## 森兰变频器在电厂锅炉辅机上的应用

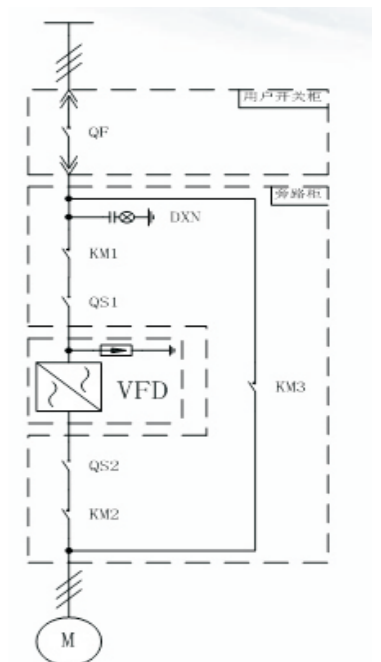
### ◆ 工程简介

项目所属为新疆阜丰生物科技有限公司自备电厂一期项目，包含两套15MW机组的锅炉系统辅机机组，包含一次风机、二次风机、引风机，给水泵等高压辅机共计9台设备。每台锅炉产气量为120t，同时供给3台汽轮机进行工作，三台汽轮机拖动1#、2#发电机发电，另一台拖动压缩鼓风机运行，传统使用挡板阀门调节压流损失严重，浪费大，已不能满足目前节能增效的要求，而使用变频调速优点日益凸显，实现电机转速连续无级调速，调速范围宽，调节精度高，效率高，实现了电机的软启动，减少了启动冲击及设备磨损，并大大节约了厂自用电量。针对机组配备的实际情况，选用森兰SBH系列高压变频器，对高压电机进行变频调速改造。

### ◆ 项目实施遇到的主要问题和解决方案

由于项目设计为两套锅炉系统，系统的辅机均无备用，即一次风机、二次风机、引风机每台锅炉均只配备一台，这就造成了风机一旦故障停机，就会对锅炉生产甚至锅炉的安全造成威胁，这就对变频器的性能以及安全性是个严峻的考验。经过现场的考察以及公司的研究，决定采用一拖一自动工变频的方案来解决这一问题，方案主回路见右图：

- QF:用户侧高压真空断路器；
- QS1、QS2手动刀闸开关；
- KM1、KM2、KM3真空接触器，互锁及要求：
  - 1:QS1与KM1、QS2与KM2相互锁，即隔离开关合上后，相对应的真空接触器才能合上，真空接触器断开后，与真空接触相对应的隔离开关才能分合。
  - 2:KM2与KM3互锁，即其中一个合上后，互锁回路的另外一个不能合闸。
- 合QS1、QS2、KM1、KM2分KM3、为变频控制模式。电机可有变频器控制调速运行。
- 合KM3、分KM1、KM2、为工频模式。电机可由QF直接启停并进行保护，变频器可完全和电网脱离。
- 变频改造后，保留风机水泵的阀门操作系统，变频运行时保证阀门全开，一旦变频器出现故障，短时间内即可由变频自动切换至工频运行，改由阀门控制，来保证锅炉的正常生产。



### ❖ 辅机配备以及变频器选型

名称	功率	电压等级	电流	选用变频器型号
一次风机	710kw	10KV	53A	SBH-100-710
二次风机	355kw	10KV	27A	SBH-100-355
引风机	630kw	10KV	47A	SBH-100-900
给水泵	630kw	10KV	47A	SBH-100-630

根据电机的功率等级选用适合型号的高压变频器，可达到最佳的调速节能效果。

变频器现场布置图如下图：



### ❖ 控制方式

采用本地/远程切换的方式对电机运行进行控制，除在变频器就地操作启停调速方式外，正常运行状态下主要通过DCS远程控制对变频器和电机状态进行监控操作，采用DCS集中控制的方式，将高压开关柜、变频器、电机状态均送至DCS进行集中协调逻辑控制，变频器除提供相应的运行状态外，同时提供对电机的系列保护，并将状态送至DCS，实现实时监控安全生产。

### ❖ 应用森兰高压变频调速系统产生的效果

- 显著的节能成效，投运后所有的电机运行频率都保持在25-40HZ范围内，而输入电流大部分保持在额定电流的一半以下，相比工频状态，产生了显著的节能效果。
- 改善了工艺。实现了流量压力的自动化控制，对工艺要求实现了更加精准的控制，同时调节工况时只需调节变频转速即可，减少了阀门的使用频率，从而延长阀门寿命降低阀门的故障率；变频启动转速可以从零开始逐渐升高实现软启动，减小启动电机给电网带来的冲击。
- 减少了设备的维护量，变频系统的应用主要为调节转速，可以实现电机的软启动及软停车，降低机械部件的冲击，相应的延长了许多零部件特别是轴承以及密封的寿命。
- 自动工变频的切换保证了设备运行的安全性，同时为电机的运行状态提供实时的监控。操作也由手动改为远程控制，减少了劳动强度的同时也提高了生产效率，为生产的优化提供了保障。
- 变频器自身保护功能完善，同原来继电保护比较，保护功能更多且更灵敏，大大加强了对电动机的保护。

### ❖ 结束语

新疆阜丰电厂项目9台设备的投运，是对我公司高压变频器性能的肯定和认可，所有设备均一次性投运，无故障发生，在安全可靠上做到了绝对的保障，同时在设备通讯、控制、工变频自动切换等多个方面都表现出了优越的性能，设备运行至今状态良好，节能效果明显。

## 森兰变频器在包头希铝电厂的应用



## 引言

包头稀土铝业有限责任公司是一家大型现代化铝电一体化工厂，一期工程于2003年10月28日投产。目前已形成88万吨/年产能，配套建设的热电机组已经陆续建成。包头希铝各项经济技术指标在国内领先，是一个高起点、大容量、低污染的大型现代化工业企业。该项目被中国光彩事业促进会列入全国光彩事业重点项目。公司铝电和生物工程循环产业链，具有独特的竞争力，被授予内蒙古自治区级循环经济园区。

包头希望铝业热电厂总装机容量1320MW，电厂一期4\*155MW机组、二期2\*350MW 机组已全部并网发电。电厂现有2台155MW凝汽式发电机机组运行，随着电网内大机组的相继投产，该厂的调峰任务越来越重，峰谷差日益增大，根据现场运行资料统计，155MW机组每日的负荷一般在73.6MW左右。系统处于低负荷运行时，系统相关设备也要随着负荷的变化作相应的调整，必须通过关小挡板或阀门来调整风量及流量。此时，电动机输出功率大量的能源消耗在挡板上，节流损失很大。异步电动机在直接启动时，启动电流一般达到电动机额定电流的5-7倍，启动电流过大将造成电网电压波动，影响其他电气设备的正常运行，同时电动机自身绕组严重发热，加速绝缘老化，缩短使用寿命。而高压变频器调速装置可以实现电机的软启动，通过调整频率来改变电机转速，满足不同负载的工艺要求，是解决以上矛盾的有效手段。

## 高压变频器调速节能原理

### 高压变频器工作原理

高压变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置。它是按一定规律改变脉冲列的脉冲宽度或幅度，以调节输出量和波形的，从而实现电动机电压和频率的平滑变化。

根据电机学原理，交流异步电动机转速由下式确定：

$$n = \frac{60}{n_p} f(1-s) \quad (1)$$

式中：n，f--分别为电动机转速，供电频率；

$n_p$ ，s--分别为电动机极对数，转差率。

由式(1)可知，电动机的输出转速与输入的电源频率、转差率、电机的极对数有关，改变极对数的成为变极调速，此种调速属于有极调速，调速不平滑，主要用于不需要频繁变速的地方。改变电机转差率的调速方式有：调压调速，电磁调速，绕线式电机转子串电阻调速，该种调速需要产生新的转差率，消耗转差功率，属于低效调速。而通过改变电机的输入频率的变频调速，近似无级调速，是高效不耗能的调速方式，也是现在应用最广泛的一种调速方式。

### 高压变频器节能原理

根据流体力学的基本定律可知：风机(或水泵)类设备均属平方转矩负载，其转速n与流量Q、压力(扬程)H以及轴功率P具有如下关系：

$$Q \propto n \quad (2)$$

$$H \propto T \propto n^2 \quad (3)$$

$$P \propto T \cdot n \propto n^3 \quad (4)$$

Q，H--分别为风量，风压；

n，T--分别为转速，转矩；

P--轴功率。

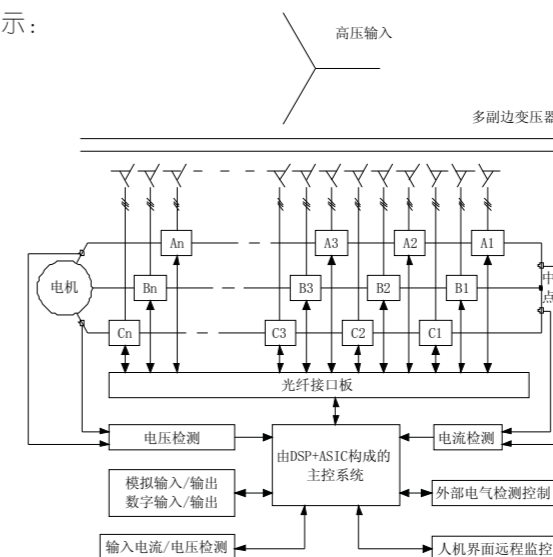
由公式(2)、(3)、(4)可知，风机(或水泵)的流量与其转速成正比，压力(或扬程)与其转速的平方成正比，轴功率与其转速的立方成正比。当风机转速降低后，其轴功率随转速的三次方降低，驱动风机的电机所需的电功率亦可相应降低。因此调节转速是风机节能的重要途径。

## 高压变频调速系统应用情况

### 高压变频器的组成

森兰SBH系列高压变频器采用单元串联多电平技术，采用多个低压变频功率单元串联的方式实现直接高压输出，属于“高-高”电压源型变频器，该变频器具有对电网谐波污染小，输入功率因数高，不必采用输入谐波滤波器和功率因数补偿装置，满足IEEE519-1992国际标准和GB/T14549-93国家标准对输入谐波的要求。输出波形质量好，不存在谐波引起的电机附加发热和转矩脉动、噪音、共模电压等问题，不必设置输出滤波器，可直接拖动普通的异步电机。

其原理框图如图1所示：

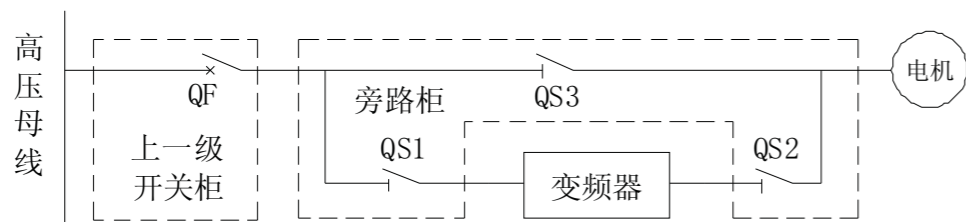


电网输入经多副边移相变压器提供多套副边输出分别给功率单元供电，再由多个功率单元串联构成一相输出的方式构成三相输出，主控制系统通过控制每个功率单元的PWM输出来控制变频器输出电压的频率和幅值，从而达到控制电机转速的目的。主控制系统和单元之间通过光纤进行通讯，既保证信号的可靠传输，同时保证主控制部分与高压部分的绝缘隔离。

◆ 高压变频系统配置方案

此次7套SBH高压变频器应用于电厂一期4\*155MW机组，负载为3台凝结水泵，功率为200kw，4台送风机，功率为630kw。

根据现场实际情况，7套高压变频器的现场主回路均采用手动一拖一的方案，如下图：



- QS1、QS2和QS3为3台高压隔离开关，QF为用户侧高压开关。QS2、QS3之间存在机械连锁。
- 刀闸开关不能带负荷分合闸操作。当要对QS1、QS2、QS3进行操作时，必须将上级开关分断，才允许进行开关操作。
- QS1、QS2闭合时，QS3断开时，QF闭合时，电机由变频器控制调速运行。QS1断开、QS2断开、QS3闭合时，电机可由QF直接启停并进行保护，变频器可完全和电网脱离，便于维护与检修。

◆ 运行情况及节能效益

7套高压变频器于2011年11月10日到11月29日完成安装及所有现场调试项目。11月30日所有设备正式投入生产，所有变频器运行良好，节能效果明显。

通过记录现场#5炉、#6炉各两台送风机变频改造投运后的耗电量，可以得出，相对于改造前#5炉、#6炉一周可节电量约为49272 kwh，同比节电率为20%，节电效果明显。

下表为#5炉、#6炉风机变频节能周对比数据

	#5炉#1送风机 (kwh)	#5炉#2送风机 (kwh)	#6炉#1送风机 (kwh)	#6炉#2送风机 (kwh)	合计 (kwh)
2011.12.1-12.7	54222	54216	44172	44406	197016
同比累计	66276	67548	56304	56160	246288
差值	12054	13332	12132	11754	49272
节电率	18.19%	19.74%	21.55%	20.93%	20%

除去检修时间，每年按300天计算，电费单价为0.5元/kwh，则年节省电费为：  
630\*20%\*300\*24\*0.5≈45万元。

◆ 总结

我国拥有为数众多的小型电力企业和各行业大型企业的自备电厂，这些电厂多数为中、小型机组，数量多，单机容量小。不仅发电机组陈旧，其所属的主要辅助设备也较落后，效率低，设备选型不当，大马拉小车。风机水泵的流量压力调节方式基本为进出口闸门的调节，耗能大，经济效益差，设备损坏严重，采用高压变频技术对高能耗用电设备进行技术改造，不仅能直接收到降低厂用电、降低供电煤耗、增加上网电量带来的直接经济效益，而且对设备的安全、可靠运行，减少设备故障等都起到了积极的作用。

森兰SBH系列高压变频器可靠性高，输入输出波形质量好，适合于电厂辅机的变频调速，能提高电厂运行和供电的可靠性，节约大量能源，为电厂带来较大的经济效益和社会效益。

森兰变频器在垃圾焚烧发电厂的应用

中山市天乙能源有限公司主体是BOT项目，是一座引进国际先进环保技术建设而成的现代化垃圾焚烧发电厂和垃圾渗滤液处理厂。该厂位于中山市黄圃镇吴栏村乌珠山旁，占地面积约80000平方米，建筑面积约23000平方米，装机容量2×1.2万千瓦，日处理垃圾1000吨、垃圾渗滤液450吨，年发电超1亿度，总投资6亿元人民币。



◆ 垃圾焚烧发电简介

垃圾焚烧发电厂由垃圾接受系统、垃圾焚烧系统、余热锅炉DCS系统及其辅助设备、汽轮发电机及其辅助设备、烟气处理系统、灰渣处理系统、污水收集系统、燃油辅助系统以及吸收自动控制系统等九大系统组成，配备氨水喷入装置，能有效降低NOX含量，烟气排放达欧洲标准。

中山市天乙能源有限公司是利用炉排焚烧炉-余热锅炉焚烧处理生活垃圾后产生蒸汽进行发电。炉排焚烧炉是垃圾通过进料斗进入倾斜向下的炉排（炉排分为干燥区、燃烧区、燃尽区），由于炉排之间的交错运动，将垃圾向下方推动，使垃圾依次通过炉排上的各个区域（垃圾由一个区进入到另一区时，起到一个大翻身的作用），直至燃尽排出炉膛。燃烧空气从炉排下部进入并与垃圾混合；高温烟气通过锅炉的受热面产生热蒸汽，同时烟气也得到冷却，最后烟气经烟气处理装置处理后排出。炉排的材质要求和加工精度要求高，要求炉排与炉排之间的接



触面相当光滑、排与排之间的间隙相当小。另外机械结构复杂，损坏率高，维护量大。炉排炉造价及维护费用高。

中山市天乙能源有限公司的垃圾焚烧发电厂是一项再生能源与环保技术支持的环境保护工程，生活垃圾焚烧发电后产生的炉渣、灰以及垃圾渗沥液等均得到有效利用和处理，实现了生活垃圾无害化、减量化、资源化处理的零突破，垃圾围城状况得到了有效改善。

## 变频调速技术的应用

### ◆ 焚烧引起的二次污染

以炉排式垃圾焚烧为例，其最大缺点是容易导致二次剧毒污染物二恶英的产生。垃圾中含有苯环的有机物，它与含氯物质(如塑料)在400~600℃高温下产生的挥发性物质，在烟气中易合成为二恶英，即四氯二苯。炉排焚烧炉的炉膛中，由于助燃物(油、煤等)的投入量不均匀，使得烟气温度和烟气成分很不均匀，在炉膛的局部极易形成400~600℃的温区，给二恶英的生成创造了条件，在我国炉排焚烧炉的烟气出口处也测出过二恶英。

由于垃圾的焚烧是在整个炉膛内进行的，因此要求炉膛内各点温度均维持850℃~950℃之间。因此，采用焚烧法处理垃圾时，必须特别注意烟气的处理问题。

二次污染是在燃烧过程中产生的，它的降低或消除离不开这个过程。充足的空气(氧气)是充分燃烧的前提，如何获得足够的空气是解决焚烧引起的二次污染问题的关键。

### ◆ 风量调节方法的比较

在垃圾焚烧炉燃烧过程中，风量调节是极其重要的，在采用变频调速之前，主要采用变阀调节。变阀调节就是在输送风的管道上通过利用改变阀门的开来调节输送风的流量，也称为节流调节。节流调节是利用改变管道系统阻力，变更管道阻力特性以适合用户要求的工作点。但是采用这种方法效率将急剧降低，风机功率基本不变。目前，还有大量风机都是靠风门来节流，系统输入功率并未减少，能量白白浪费在节流过程中。变频调速是利用改变风机的性能曲线来改变工作点，调速过程中，风门或阀门都处于全开状态，调节过程中没有附加阻力，效率高，是一种比较理想的调节方法。风机变频调速，是采用交流变频控制器以控制风机拖动电机定子绕组中三相交流电源的频率在0~50Hz之间平滑调节，从而控制电动机按所需的最佳转速运转，进而改变风机的运行转速，实现风量的调节控制。风机采用变频调速调节时，其效率几乎不变，风流量随转速按一次方规律变化，而轴功率按3次方规律变化。采用变频调速时，还可以降低风机的噪声，减轻磨损，延长使用寿命。上述比较表明，为了保证充分燃烧，采用变频调速调节风量是明智的。

### ◆ 森兰变频器在垃圾焚烧炉的应用

城市固体垃圾特性的复杂多变性及垃圾焚烧炉燃烧过程的非线性、时变性与不确定性决定了燃烧过程优化控制的难度，充分燃烧是指无论何种燃料燃质总能在燃烧过程中完全氧化烧净，即在任何一个时刻在燃烧空间的任何一个点都要保证恰当的空(气)燃(料)比，从控制理论角度考虑这是必须的，也就是空气流量要同步跟踪燃料燃质流量，否则难以保证充分燃烧。但是燃料燃质是随时间变化的不确定性量，并无严格的变化规律。因此，从执行机构角度考虑采用变频调速方式响应速度快，相比之下能比较好地保证空(气)燃(料)比的跟踪特性，显然电气传动部分应该采用变频器。

中山天乙能源有限公司配置两台12MW的汽轮发电机组，锅炉引风机500kW，二次鼓风机132kW。选用森兰SB70矢量控制变频器，变频器的调速等信号全由“DCS”系统提供，同时变频器为“DCS”提供监测信号，实现远程控制的目的。

森兰SB70G系列变频器采用无速度传感器矢量控制算法，具有较高的调速精度。SB70系列变频器为希望森兰科技股份有限公司自主开发的新一代低噪音、高性能、可靠性高、功能强大的工程型变频器，采用转子磁场定向的矢量控制方式，实现了对电机大转矩高精度的控制。其操作面板具有编程、操作、参数复制、热拔插功能，大大方便了操作人员对参数的修改(仅对一台变频器设置参数，其它均可进行参数复制，减少调试过程中的工作量)，速给定可通过端子切换，减少了外部繁锁的连接线。瞬时掉电时，通过母线电压控制，实现不间断运行；还可根据负载特性和环境温度，自动调整载波频率。



中山天乙能源有限公司森兰变频柜图

## 结束语

由于引风机、二次鼓风机均为平方转矩特性负载，由于设计上留有余量和运行过程中负荷的变化，调节的范围较大，节能很显著。采用变频调速调节风量，使空气流量同步跟踪燃料燃质流量，保证燃料的充分燃烧，减少有害物质的排放。改造过程中为方便操作，将变频器的调节、热工仪表的显示，全部做在操作面板上，使操作更为直观方便，减轻了工人的劳动强度。使用变频器后，电机均为软启动，减小启动电流过大带来的冲击，另外，机械的转速降低后，机械的磨损减少，使用寿命延长了，间接经济效益也很可观。

## 森兰变频器在换热站的应用

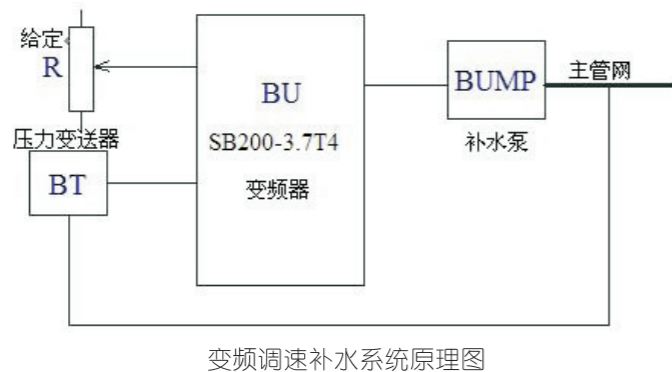
### 引言

为节省能源，减少城市污染，充分利用火力发电厂蒸汽轮机发电后的余热，在冬季对北方城市集中供热。从发电厂送出来的热水，到城市中的换热站时，一次供水热水温度有90多度，经过热交换器后，一次回水热水的温度下降到60多度，然后再流回发电厂。送到城市居民家中的热水，进入换热站热交换器的二次回水温度有50多度，二次供水温度60多度。陕西宝鸡有许多这样的换热站，其中有一换热站有四台热交换器，四台37kW的管道泵组成的循环泵组，一台3.7kW的补水泵。循环泵和补水泵采用人工开、关阀门控制流量，使管路的阻尼增大而造成电能浪费。

### 换热站的变频调速控制

#### ◆ 补水泵变频调速控制

为更进一步的节能，对换热站实施了自动化改造，循环泵和补水泵用变频调节，整个城市供热系统用计算机进行监控，实现了换热站无人值守。通过循环泵使热水在供热系统中运行，管道、阀门的泄漏引起循环水的水压降低，如不及时补水，会造成供热系统运行不正常。补水泵的变频泵补水方式比较简单，采用恒压供水方式，设定压力为4kg。本例选用一台SB200-3.7T4变频器，选用森纳斯DG130W-BZ-A 1MPa压力变送器，变频调速补水系统如图所示：



#### ◆ 循环泵的变频调速控制

供热系统的最终目标是保持热用户的室内温度的稳定，但由于热用户没有室温调节器，且对众多的热用户的室温不可能形成闭环控制。为做到经济运行又保证供热质量，最有效的方法是根据控制换热站的二次供水温度。稳态条件下系统的供热量、散热器的散热量及用户的耗热量相等的规律，可得到稳态条件下的二次供水温度：

$$t_{2g} = t_n + \frac{1}{2}(t_{2g} + t_{2h} - 2t_n) \left( \frac{t_n - t_w}{t_n - t_w} \right)^{1/(1+\beta)} + \frac{1}{2G_2} (t_{2g} - t_{2h}) \left( \frac{t_n - t_w}{t_n - t_w} \right)$$

对（1）式进行修正并考虑到室内温度  $t_n$ 、二次管网实际流量与设计流量之比  $\overline{G_2}$  和回水温度  $t_{2h}$  近似为常数，则：

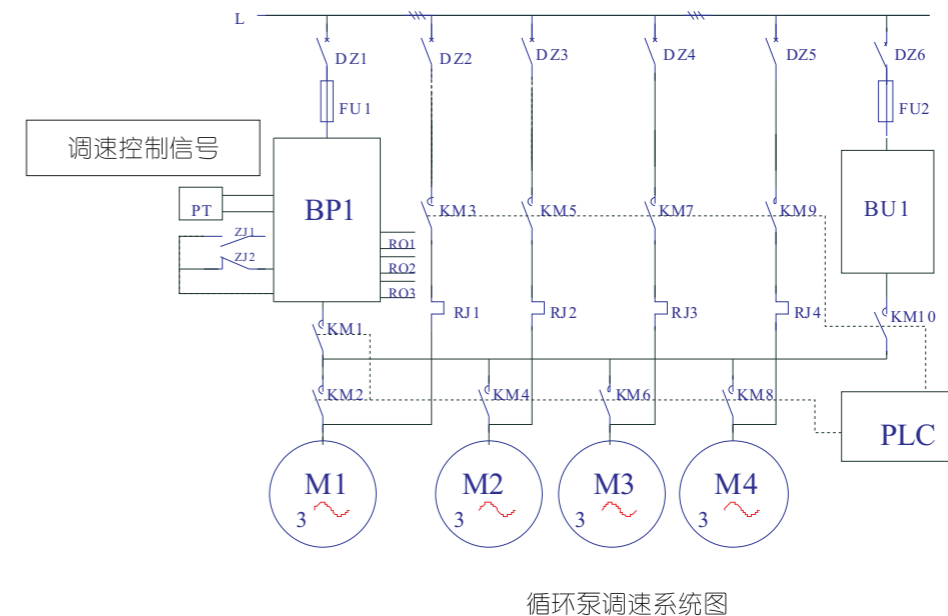
$$t_{2g} = a + bt_w^2 + ct_w^{-2} + \dots$$

式中：a、b、c为管网所处地区气象的有关参数。

式（2）为二次供水温度给定值的计算方法。由（2）式确定的  $t_{2g}$  能跟踪室外温度  $t_w$  的变化，使热用户室内温度不受  $t_w$  变化的影响，实现稳定供热。

如果室外温度改变，要使室内的温度基本恒定，一种控制策略是用二次进水与回水的温差来控制循环泵变频器的转速，设定二次进水与回水的温差为12°C。当二次进水与回水的温差大于12°C时，循环泵变频器加速；当二次进水与回水的温差小于12°C时，循环泵变频器减速。循环泵变频调速系统图如图所示：

图中，BP1—森兰SB200-37T4变频器，BU—软启动器（自耦减压起动器），系统采用循环投切方式，温差信号送入PLC，经过PLC处理后，到变频器作为调速控制信号。整个系统的运行信息由PLC送到计算机上。



#### ◆ 循环泵的节能

循环泵变频调速后，所有的阀门开度最大，系统的阻力最小，当平均流量是设计流量的80%时，节电率可按GB12497《三相异步电动机经济运行》强制性国家标准实施监督指南中的计算公式计算：

$$K_i = \frac{\Delta P_L}{P_L} = \frac{P_L - P_e \left( \frac{Q}{Q_N} \right)^3}{P_L} = 1 - \frac{\left( \frac{Q}{Q_N} \right)^3}{0.45 + 0.55 \left( \frac{Q}{Q_N} \right)^2}$$

即：

$$K_i = 1 - \frac{(0.8)^3}{0.45 + 0.55(0.8)^2} = 1 - 0.64 = 0.36$$

节电率36%，可见节约电能的效益十分可观。

## ❖ 结束语

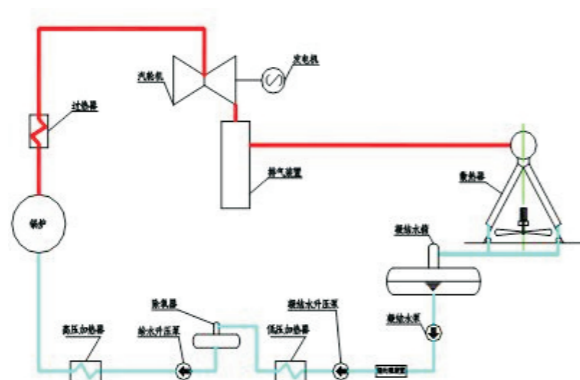
我国是能源贫乏的国家之一，节能降耗是我们的国策。在全国各城市中集中取暖的换热站成千上万，如果都进行节能改造，节约的电量不可小观。而且，系统运行稳定可靠，实现了无人值守，经济效益和社会效益明显。

# 森兰变频器在山西华鑫电厂空冷系统的应用

## ❖ 前言

火电厂是利用煤、石油、天然气作为燃料生产电能的工厂，燃料在锅炉中燃烧加热水使成蒸汽，将燃料的化学能转变成热能，蒸汽压力推动汽轮机旋转，热能转换成机械能，然后汽轮机带动发电机旋转，将机械能转变成电能。蒸汽在汽轮机内膨胀做功后，进入凝汽器凝结成水。用于火力发电厂机组末端冷却的方式主要有湿冷系统和空冷系统两种，常规发电厂的湿冷系统是冷却塔(凉水塔)是把塔内的循环水以“淋雨”方式与空气直接接触靠蒸发和对流冷却，其整个过程处于“湿”的状态。而空冷系统是指汽轮机的排汽或凝结排汽的冷却水被送入由翅片管束组成的冷却器管内，由横掠翅片管外侧的空气进行凝结或冷却，整个过程处于“干”的状态。空冷系统可节省湿式冷却系统的蒸发、风吹和排污损失的水量，达到节约水资源的目的，是我国富煤缺水的北方发展电力工业的必然选择和发展趋势。

空冷系统分为直接空冷系统和间接空冷系统。直接空冷系统根据通风方式分为机械通风和自然通风。间接空冷系统根据配用的凝汽器分为表面式凝汽器和混合式凝汽器。综合比较而言，直接空冷系统具有冷却效率高、占地面积小、投资较省、系统调节灵活、冬季运行防冻性能好等特点，目前国内正在进行的空冷电厂大多采用机械通风直接空冷系统。



直接空冷机组系统图

## ❖ 空冷变频控制系统构成

一个空冷凝汽器系统包括：放置在室外并适合于自然环境的带有齿轮箱的轴流风机电机及其变频器相关附属的润滑油泵、润滑油加热器、轴承冷却风扇等电机。

变频器及其他所有附属控制电机所需电气元器件和控制设备(包括：润滑油泵、润滑油加热器、轴承冷却风扇等电机的控制回路及元件)安置在变频装置控制柜内，包括控制装置连接的用户接线端，输入输出电抗器，保险丝，电流接触器，控制电路变压器及所有提供必要功能的设备。交货包括变频器及所有安装在变频装置控制柜内所需的设备。

变频装置控制柜的设计要考虑由电气元件发热引起的冷却和散热要求。气流不得被内置的装置阻隔。在控制柜的上部要另外安装风扇。变频器区域的空气入口必须满足这些要求。

电机数据：

- 电压：380V
- 频率：50Hz
- 转速：1485rpm
- 电机额定功率：75kW
- 电机额定电流：140A

根据电机参数，配置森兰公司的SB61Z变频器。变频器的保护功能：缺相保护、过流保护、过压保护、欠压保护、过热保护、过载保护等。

## ❖ 变频控制柜技术参数

变频器的 LED 操作面板安装在变频装置柜体的前门上，方便通过变频器实现对风机的操作。变频器的 LED 操作面板显示变频器的状态参数、功能码参数、故障告警码等，在控制风机运行状态下能够查看风机的频率、电流和转速等参数。

变频控制柜具备以下操作员专用操作设备：

- 手动-切断-自动 选择开关
- 手动速度给定电位器
- 变频器运行指示灯
- 变频器停止指示灯
- 变频器故障指示灯
- 自动或手动运行指示灯
- 冷却风扇运行指示灯
- 启动按钮
- 停止按钮
- 故障复位按钮
- 润滑油泵、润滑油加热器、轴承冷却风扇等电机就地启停按钮。

## ❖ DCS 控制系统的功能接口

风机在自动模式下通过中央控制系统（DCS）控制。在自动运行模式下无需任何局部操作。

启动、停车以及风机转速调节等所有功能都由中央控制室（DCS）操纵。为满足这些要求，要求变频装置控制柜与中央控制室（DCS）交换相关的指令和信号。

### ◆ 空冷风机电机及其变频器的控制指令和信号

● 电动机的三相动力回路配：空气开关和交流接触器等电气控制元件，完成动力回路的通断，交流接触器由引自三相动力回路其中的一路~220V 控制回路完成通断控制，通断控制指令来自 DCS 系统和就地通断控制按钮（在控制柜面上设置），即：所提供控制柜的每台空冷风机强电控制回路应能接受如下输入指令：

接通电动机动力回路（短脉冲、无源继电器接点）指令	1个
断开电动机动力回路（短脉冲、无源继电器接点）指令	1个
空冷保护要求快速断开电动机动力回路（长脉冲、无源继电器接点）指令	1个

● 风机电动机及变频器应能输入和输出如下指令或信号：

（1）输入指令：

DCS来的转速控制指令（4~20MA）	1个
DCS来的启动/停止变频器指令（短脉冲、无源继电器接点）	1~2个
DCS来的变频器故障复位指令（短脉冲、无源继电器接点）	1个
DCS来的反转指令（短脉冲、无源继电器接点）（2#风机有）	1个

（2）输出信号：

送给DCS：电机电流（4~20MA）	1个
送给DCS：电机转速（4~20MA）	1个
送给DCS：电动机已运行、已停止（长脉冲、无源继电器接点）	2个
送给DCS：电动机变频器已运行、已停止（长脉冲、无源继电器接点）	2个
送给DCS：电动机或变频器故障（长脉冲、无源继电器接点）	1~2个
送给DCS：电动机已反转信号（长脉冲、无源继电器接点）（2#风机有）	1个

附属电动机（包括：润滑油泵、润滑油加热器、轴承冷却风扇等）：

### ◆ 电机加热器应有以下指令和信号

（1）输入指令：

DCS来的启动指令（短脉冲、无源继电器接点）	1个
DCS来的停止指令（短脉冲、无源继电器接点）	1个

（2）输出反馈信号：

送给DCS：电动机已运行（长脉冲、无源继电器接点）	1个
送给DCS：电动机已停止（长脉冲、无源继电器接点）	1个
送给DCS：电动机故障（长脉冲、无源继电器接点）	1个

### ◆ 润滑油加热器应有以下指令和信号：

（1）输入指令：

DCS来的启动加热器指令（短脉冲、无源继电器接点）	1个
DCS来的停止加热器指令（短脉冲、无源继电器接点）	1个

（2）输出反馈信号：

送给DCS：加热器已运行（长脉冲、无源继电器接点）	1个
送给DCS：加热器已停止（长脉冲、无源继电器接点）	1个
送给DCS：加热器故障（长脉冲、无源继电器接点）	1个

## ❖ 结束语

在水资源匮乏地区，火力发电厂采用直接空冷系统，达到节约水资源的目的。同时，采用变频器对直接空冷系统的轴流冷却风机群的电机进行调控，可以节省能源，改善风机和电动机的运行特性、延长设备使用寿命、降低机组维护费用；控制灵活简捷的优越性。交城华鑫电厂采用森兰低压变频器，使轴流冷却风机能满足系统的各种运行工况，保证电厂直接空冷系统长期可靠稳定运行。