

分布式能源技术在燃气领域中的应用案例

深蓝绿色能源中心

热、电、冷三联供
能源综合利用系统简介

希望集团
二〇〇四年七月

一、日益严重的环境污染与能源浪费，呼唤新的能源利用方式

随着社会经济的发展和人们生活水平的提高，能源消耗急剧增加，伴随能耗增加的同时，污染物的排放也急增。中国是能源匮乏国家之一，且人口众多，目前的人均耗能还很低，远低于世界发达国家；但随着经济的发展和人们生活水平的提高，能源消耗将很快大幅度上升，能源危机的警钟在中国早已敲响。一方面是严重的能源危机，迫使我们花费巨大的精力和代价研究和开发新能源，而同时我们现有的能源综合利用率还很低，实际上，我们正在大规模的浪费能源。

在能源过度消耗的同时，也就意味着污染排放物的急增。如能源未完全利用而造成的过多的有害气体及废弃物的排放，又因为绝大多数能源是以热的形式加以利用的，由于能源综合利用率低，也就意味着大部分能源以热的形式被排放，造成严重的环境热污染，这也是严重的城市热岛效应的根本原因之一。众所周知，由于人类过度的能源消耗，造成 CO₂ 气体过量排放引起的温室效应；SO₂、SO₃ 等气体的过量排放造成的酸雨等等这些灾害性气候已严重影响了人类的正常生活，人类实际上是在自食其果。节约能源，实际上就是在减少污染物的排放，也就是保护人类自己的生存环境。目前我国的一次能源利用率仅为 26—28% 左右，即使是发达国家，一次能源利用率也低于 35%，可见，能源浪费是惊人的，如果能将能源利用率提高一倍，也就是意味着能源增值一倍，污染物的排放量减少一倍。在提高能源利用率方面我们还有很多难关有待攻克，但同时，也存在很大的可利用空间，可以带给我们很可观的社会效益。更主要的是我们在注重经济发展的同时，不能以牺牲环境为代价，我们已有惨痛的教训。全社会都应象珍惜自己的生命一样珍惜每一份不可复得的能源，最高效、最大限度的利用每一份能源，保证社会和经济可持续发展，保护好我们赖以生存的大气环境。

二、低效的能源利用率蕴藏着巨大的开发潜力

随着社会经济的发展和人们生活水平的提高，建筑能耗的比例正迅速增长，空调耗能已成为全社会的耗能大户之一，因此，提高空调系统的效能，降低空调的能耗是一项更为紧迫的，势在必行的研究课题。

基于上述因素，大陆希望集团在开发生产常规中央空调的基础上，研制开发并推出具有革命性的世界领先水平的深蓝绿色能源中心系统，其宗旨就是对一次能源进行高效、合理的深度利用，最大限度的提高一次能源的综合利用率。将使能源系统及中央空调的能源消耗减少一半，具有划时代的意义。

常规中央空调系统可分为三大类：

由二次能源（电力）驱动的压缩式制冷系统；

消耗一次能源（油、气）的直燃型吸收式制冷系统；

直接消耗热能的蒸汽型或热水型吸收式制冷系统。

压缩式制冷机组效能高，设备投资省，但由于运行成本高，供配电投资大，其使用范围受到制约；

直燃型机组耗电量少，电力设施投资省，但其效率较低，能源利用率较低，有排烟污染，安装位置受到限制；

蒸汽型或热水型机组必须有相应的热源，或专门配置锅炉，但锅炉的安装受地区位置限制；

热水型机组效率很低，但特别适合工业余热或废热利用；

常规燃气、燃油发电机组因其安装使用方便，占地少、建设周期短，常用于备用电源或小型主力电站，但其综合效率较低，发电成本高于电网价，主要原因是排烟热、冷却热等未得到利用而直接排放，封闭式机组反而要消耗发电机组自身 2.5 ~ 4% 的电力负荷用于冷却和排放余热量。

三、实施方案

深蓝绿色能源中心系统综合上述各项设备的长处，对重点环节进行改造后，将各项的优点有机的组合为一个系统，最大限度的提高了系统的整体效率。

本系统简要工艺流程是：

建造独立的中小型燃气发电站，对一次能源在其利用过程中按其不同

热势能进行分级利用：

1. 一次能源的最高品位（热势能）段用于获取最高品位的电力；
2. 最高品位的电力驱动高效能的大型压缩式（离心式或螺杆式）制冷机组；
3. 较高品位的 370 ~450 的发电机组排烟热能，采用深蓝空调公司特有的高效烟气回收型双效吸收式冷、热水机组回收利用，夏季提供空调冷水，冬季提供空调热水；
4. 中等品位的 80 ~90 的发电机组高温冷却热水，采用深蓝空调公司特有的、专利技术生产的、低品位热源回收型吸收式制冷机组回收利用，夏季提供空调冷水；
5. 低品位的 40 ~50 的发电机组中温冷却热水，用于加热卫生热水；
6. 最低品位的 35 ~37 的空调制冷系统的冷凝热，用于加热游泳池或其它工艺用热。

实现能源最合理的梯级开发利用，使能源的综合利用率得到最大限度的提高，综合利用效率最大限度的提高。

目前，国外仅日本东京 GAS 株式会社开发了一种小型发电机组综合利用装置，其方法是将发电机组的冷却热和排烟热均转换成热水，用于空调采暖，或用此热源水驱动单效吸收式制冷机组，用于提供空调冷水。其最主要的不足之处是热回收过程中，能源综合利用效率不高。

热能具有不同的热势能，如 50 左右的热源水，仅能提供卫生热水；而 90 左右的热源水可用于空调采暖加热，或用于驱动单效吸收式制冷机组，将 400 左右的发电机组排烟热，采用热水换热方式回收，就降低了势能品位，造成热势能的浪费，再用热水驱动单效吸收式制冷机组，而单效热水型吸收式制冷机组的效率仅为 60%左右，使利用效率降低。

国内目前类似的发电机组综合利用仅限于提供热水，主要用于生活或工艺用热，不提供空调冷水。

深蓝绿色能源中心系统所采取的综合热回收利用方式与目前国内外的均不同，关键是根据不同的热势能采取不同的回收方式，如将较高热

势能的烟气采用专用双效烟气型吸收式制冷机组直接高效率的回收利用，热回收效率高达 135%，较日本同类型机组的热能利用效率提高 92.8%，接近提高一倍。同时，由于本项目中采用了专门开发的热回收式单效热水型吸收式制冷机组，其效率可达 0.85，较常规机组提高效率 42%。若将一次能源消耗全部用于空调制冷，则一次能源的制冷效能比可高达 2.607，是常规压缩式空调制冷系统的 1.86~2.51 倍。

深蓝绿色能源中心系统已由建设部科学技术司申报建设部科技研究项目，并受到建设部的高度重视。

本项目不同于热电厂的热电联供系统，热电厂使用的是大型汽轮机组，系统复杂，主机及配套设备庞大，需要配置电站型燃煤锅炉，除特大型高耗能企业外，一般的企、事业单位不可能独立设置汽轮发电机组，而本项目采用的是中小型燃气轮机或内燃发电机组，规模以中小型为主，一定规模的企、事业单位均可独立设置。

本项目的技术特点是将一次能源在使用过程中，按其在各区段的热势能的不同，分别采取不同的回收方法，让各势能段均得到最高效的利用，不仅提高一次能源的综合利用率，更主要的是最大限度的提高能源的综合利用效率。

本项目实施的具体技术措施：

根据用电负荷及空调负荷，建造适宜规模的燃气发电站，10000KW 以下的宜采用内燃式发电机组，多台并联运行，根据负荷大小调整运行机组数量；大于 10000KW 规模的可用燃气轮机发电机组；并有效的统一组织发电机组的排烟及高、中温冷却热水系统，分别采取不同的方法进行回收利用。

四、技术支撑

本项目的关键支撑技术就是低品位热能的高效回收利用设备的开发。如 80~90 左右的发电机组冷却热，按常规技术，在机组的经济范围内，仅能提供 12~15 左右的低品位空调冷水，不能满足常规中央空调降温除湿的技术要求(需要 7)，仅可作为要求不高的工艺用水或除湿要求不

高的空调用水。另外，400 ~ 500 以下排烟热，按常规技术，在经济范围内，仅能在单效型吸收式机组中回收利用。

希望集团暖通空调研究所，对低品位热能利用进行了多年的研究与开发，已拥有多项专利技术（如 XL98228083.1，ZL97210276.0，ZL96224043.5，ZL98228049.1.....），目前低品位热能高效回收的空调主机已批量生产，该项技术产品获 97 年中国第四届上海科技博览会金奖，98 年通过国家技术监督局的通检，其性能指标均达到或超过了国家技术标准，部分主要技术指标在国际上处于领先水平。已彻底解决低品位热能的高效回收利用技术。

为了保证本项目系统高效可靠运行，系统自动控制及自动监测报警是至关重要的，为此专项开发了现场总线自动控制系统，根据电力负荷、空调负荷及环境参数的变化，实时的进行自动调节，自动功能切换、实时显示相关运行参数，重要参数自动定时打印，故障自动诊断和报警，确保系统高效、可靠、安全的运行。

五、技术经济指标与效益

常规压缩式中央空调机组的用能方式是：

将二次能源（电力）转换成机械能，驱动压缩式制冷机组，虽然压缩式制冷机组效率可高达 4.0~5.0 以上，但发电及输配电总效率仅为 26 ~ 28%，则中央空调折合一次能源的制冷效率仅为 1.04 ~ 1.40；

另一种方式是将一次能源以热能的形式驱动直燃式吸收制冷机组，一次能源的制冷总效率为 1.08 ~ 1.2，即消耗 1kw 的一次能源，可获取 1.08 ~ 1.2kw 的空调制冷量。

而深蓝绿色能源中心系统，将一次能源在使用过程中的热势能分割成六个不同品位段，采取不同方法进行高效利用，分别提供电力、空调冷水、空调热水、卫生热水、游泳池加温等。用尽每一份能，实现了热、电、冷三联供。

由于对能源进行了合理和有效的利用，若一次能源全部用于空调制冷，则制冷效率高达 2.607，是常规直燃型中央空调机组的 2.17 ~ 2.41

倍，是压缩式制冷的 1.86 ~ 2.51 倍，能源消耗量仅为常规直燃型中央空调机组的 41.4 ~ 46.0%和压缩式空调机组的 46.0 ~ 53.7%。

社会效益分析：

目前，中央空调已成为耗能大户，寻求中央空调可持续发展之路，就是降低中央空调的能耗，或利用可再生能源，同时，最大限度降低环境污染也是可持续发展的重要一环。

节约能源，减少能源消耗，降低环境污染是一项利国利民且关系到子孙后代的永恒的主题，采用和推广深蓝绿色能源中心系统，中央空调及动力能源消耗约减少一半，相应污染物排放量减少一半。对保证国民经济的可持续发展，改善我们赖以生存的大气环境均是十分有利的。

从能源的性价比可见，应优先推广以天然气为燃料的系统。而天然气的供需规律是冬季用量大，供应不足，夏季用量少，供量富余，而深蓝绿色能源中心系统主要耗能时段为夏季，可起到能源调峰之效。

目前，我国电力供需矛盾突出，峰谷矛盾更是十分突出，国家不得不花费大量的投资，在各地建造中小型调峰电站，解决电力供应的峰谷矛盾，而深蓝绿色能源中心系统，实际上就起到了电力调峰的作用。

推广深蓝绿色能源中心系统，可使我国的能源综合利用技术处于世界领先水平。

六. 系统适用范围

本项目可运用于城市居民生活小区、大学校区、商业区、大型酒店，对用电负荷较大的工业园区更为适用。

本系统为热、电、冷三联供的综合系统，不需外电网供电，可实现小区封闭式运行。

七. 应用实例

深蓝绿色能源中心系统示范工程，已在成都美好花园投入运营。成都美好花园是一个集五星级国际酒店、高档别墅、高档公寓、商场、高尔夫

训练场等为一体，占地 400 亩的高档社区。

该社区空调负荷 12500KW，若采用压缩制冷，空调主机的电力装机容量 3100KW，空调系统总电力装机容量 4660KW，社区总动力照明负荷 2000KW，总电力装机容量需要 8500KVA，电力增容及高压输配电投资约需要 595 万元。若采用双电源供电和设置应急电源，总电力投资 970 万元(按 1500kW 备用电站计)，空调主机、冷却塔、水泵、锅炉等投资 995 万元，电力及空调主机总投资 1965 万，空调及动力运行成本，按夏季采用压缩制冷、冬季采用燃气锅炉供暖的空调运行方式计算，1035.4 万元/年，设备折旧 89.8 万/年，总运行费 1125.2 万/年。

采用深蓝绿色能源中心系统后，电力全部为自备电源，多台发电机组并机运行。由于天然气单位热值价格远低于柴油，所以选用天然气机组为主力供电机组，柴油机组为调峰兼天然气供量不保证时的备用机组，由于本电站为双燃料多机并联，电力供应安全可靠，可完全不用市电，设计总发电机装机容量 6800KW，系统总投资约 1890 万元(含酒店离心式空调机组)。发电机组按天然气发电机组 $8 \times 500 = 4000\text{KW}$ 、柴油发电机组 $4 \times 700 = 2800\text{KW}$ 配置，其中已考虑了足量的部分停机维修和柴油发电机调峰与应急的电力装机容量。按同等条件计算，并计入 0.06 元/KWh 的日常维护费，运行费 439.7 万元/年，设备管理、维修、折旧 173 万元/年，其中发电机组按 4 年折旧完毕计(发电机组正常寿命 10~12 年)，系统按 15 年折旧，则总运行费 612.7 万/年，是常规压缩式制冷配置方式运行费的 56.84%，而运行费用约节省 43.16%。

本系统若全部采用燃气型直燃吸收式中央空调机组，综合能源消耗成本为：1023.28 万元/年，为深蓝绿色能源中心系统年运行费用的 1.67 倍，每年可节省总运行费用 410.58 万元。

附：单位发电成本分析

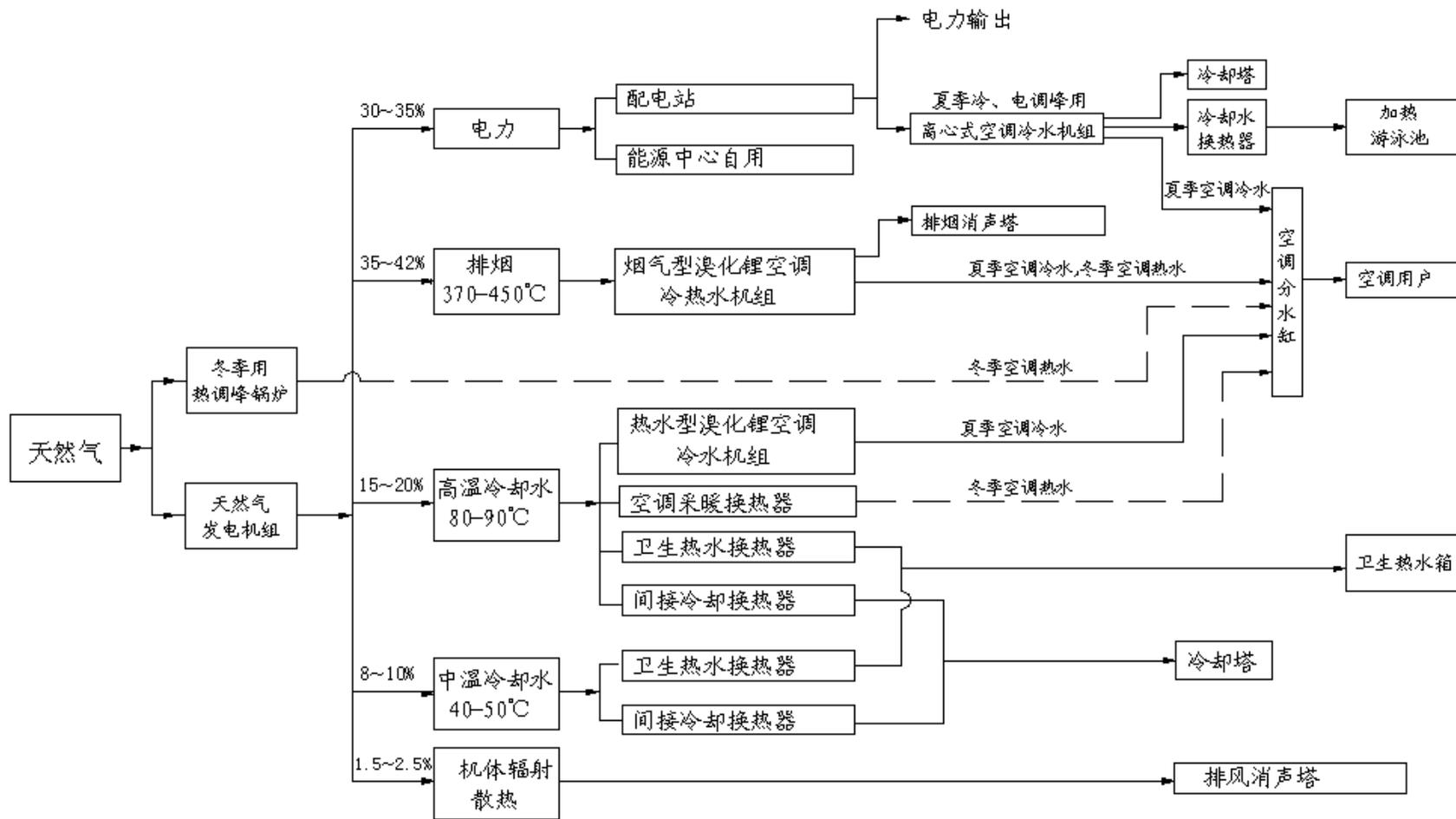
发电耗气量：	0.33 Nm ³ /kwh
夏季可回收空调制冷量：	1.09 Kw/Kw(发电量)，折合直燃机耗气 0.131 Nm ³ /kw
冬季可回收空调供热量：	1.142 Kw/Kw(发电量)，折合锅炉耗气 0.134 Nm ³ /kw
全年可回收卫生热水：	0.265 Kw/Kw(发电量)，折合锅炉耗气 0.031 Nm ³ /kw
夏季可回收泳池加热量：	4~6 Kw/Kw(发电量)

除泳池外,相当于

夏季相当于回收天然气	0.162 Nm ³ /kw(发电量)
冬季相当于回收天然气	0.165 Nm ³ /kw(发电量)
平均	0.1635 Nm ³ /kw(发电量)
实际发电耗气量	0.1645 Nm ³ /kw(发电量)

按天然气价格 1.00 元/m³计,发电成本为:

发电燃料成本	0.33 元/Kwh
夏季可回收成本	0.1620 元/Kwh
冬季可回收成本	0.165 元/Kwh
平均回收成本	0.1635 元/Kwh
折旧、维护及管理成本	0.06 元/Kwh
实际发电成本	0.2265 元/Kwh



**热、电、冷三联供
深蓝绿色能源中心系统示意图**