

英国技术水平：低 NO_x 燃烧系统

前言和研究范围

当前煤炭几乎占世界能源总需求的30%。全世界每年生产煤炭大约4750Mt，其中大部分在各种燃烧设备中燃用。大型电站锅炉中煤粉的燃烧占世界煤炭总消费的50%以上，其发电量占世界总发电量的40%左右。然而在燃烧过程中，煤炭和燃烧空气中的氮被转化为一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO₂）。这些通常统称为NO_x的氮化合物对酸雨和光化学烟雾的形成，以及保护地球的臭氧层的减少有直接关系。大型的燃煤电厂是全球NO_x排放的主要来源之一。其结果是，近年来世界各国都制定了法规来限制工业用煤燃烧过程中NO_x的排放。

在燃煤粉的电厂中，控制NO_x排放的技术大致可以分为两类：一类是通过改变燃烧过程有效地控制NO_x的产生；另一类是通过烟道气的处理，在NO_x形成后即被净化。此外，最近几年美国和英国相继开发了一些先进的控制系统。都是通过各种操作参数的最佳选择来控制NO_x的形成和优化锅炉的性能。

在德国、日本、英国和美国等国已相继开发出了一系列燃烧系统以减少燃烧煤粉的电站锅炉中NO_x的排放量。这些系统包括低NO_x燃烧器，分段送风（通常称作“燃尽风”），分段燃烧（通常称做“再燃烧”）。低NO_x燃烧器和分段送风两项技术目前已经在上述国家和其他一些国家中使用。

再燃技术使用二次燃料，如天然气和煤做为再燃燃料。最近，*苏格兰电力公司*

（Scottish Power's）的朗格纳特（Longannet）电站已经成功地将使用天然气再燃技术应用于600MWe的燃烧煤粉的锅炉中。除了*苏格兰电力公司*，*BG公司*和*三井巴布考克能源有限公司*也都积极地参与这项计划。煤炭再燃技术目前正在意大利维杜里格（Vado Ligure）电站的320MWe的燃烧煤粉的机组上进行论证试验。*鲍尔根公司*（PowerGen）、*三井巴布考克能源有限公司*和*杰梅斯霍登公司*（James Howden & Co）是此项目下一阶段的英国合作者。

除了低NO_x燃烧系统，烟道气处理工艺也已经开发出来，目前正广泛地应用于德国和日本等国。在这项工艺中，NO_x的减排是通过使用选择性催化还原（SCR）和选择性非催化还原（SNCR）两种方式完成的。然而，与烟道气处理技术相比，低NO_x燃烧系统由于在安装和操作上相对简单，基建成本和运行成本相对较低，因而在许多要求适度降低NO_x排量的情况下成为首选。此外，低NO_x燃烧系统可以作为初步措施与下游的烟道气处理技术一起使用。由于应用了较低税和较低成本的烟道气处理工艺，在达到严格的排放限制的同时，降低了NO_x减排的总成本。

英国在低NO_x燃烧系统的开发、应用和供应方面，是全世界处于领先地位的国家之一。这本小册子着重介绍了一些英国公司在减少煤粉电厂NO_x排放领域里的成效。

低NO_x燃烧系统

低NO_x燃烧器

过去几年开发出来的常规煤粉燃烧器可以将煤粉和空气快速混合，并能产生高的火焰温度，目的在于达到高的燃烧强度和燃烧效率。遗憾的是这些条件也易于产生较多的NO_x。其结果是，这些燃烧器的NO_x排放率很高，根据所使用煤的特性和操作条件，NO_x排放率通常在1200 - 2000mg/Nm³之间。

对低NO_x燃烧器的开发最早是在80年代初期的英国，其目的是试图通过各种手段降低火焰的温度和火焰中的氧气可获量以减少排放。燃烧器分段送风被发现是减少NO_x排放的有效方法，而这一点是目前所用的低NO_x燃烧器的普遍特征。但是，达到这一要求的燃烧器设计在不同制造商之间变化很大。图1所示的是一种低NO_x燃烧器的示意图。

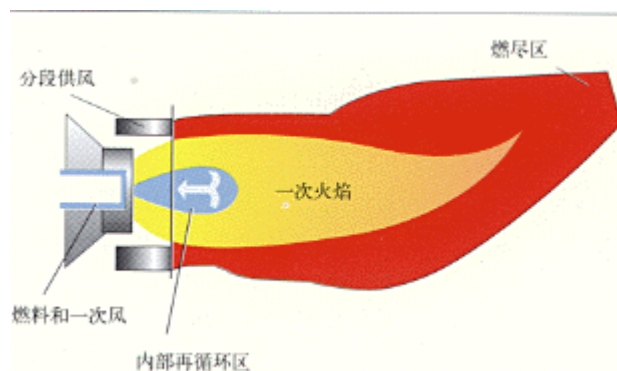


图1 一种低NO_x燃烧器的示意图

英国的三井巴布考克能源有限公司和 ABB 阿尔斯通电力燃烧服务公司一直积极地致力于开发他们自己的低NO_x燃烧器的设计。三井巴布考克能源公司已经开发出了只能用于墙燃炉的燃烧器，而ABB公司开发的分离式燃烧器既能用于墙燃炉，又能用于角燃炉。不管是三井巴布考克能源公司开发的低NO_x燃烧器，还是ABB 阿尔斯通电力燃烧服务公司开发的低NO_x燃烧器在工业装置上都能达到减少30% - 60%的NO_x排放量。至今三井巴布考克能源公司已经供应了1600多个低NO_x燃烧器，这些燃烧器分别安装在英国、中国、丹麦、法国、波兰和美国等国家的电站中，总装机发电容量大约20GWe。ABB 阿尔斯通电力燃烧服务公司已经供应了2200多个低NO_x燃烧器，分别安装在英国、美国、瑞典、奥地利、波兰、西班牙、葡萄牙和巴西等国家，总装机发电容量超过25GWe。

大量的数学模拟技术已经应用于半工业性和工业性设备试验，以便开发性能最佳的低NO_x燃烧器的具体设计。英国的一些公司，如AEA 技术公司、CINAR 公司和福鲁特欧洲公司 (Fluent Europe) 最近几年开发的许多计算流体力学 (CFD) 程序，已被英国的制造商们应用在他们的低NO_x燃烧炉设计中。

炉内分段送风（燃尽风）

炉内分段送风就是分两个阶段提供燃烧用空气，其中70%-90%的空气供给燃烧器（通常称为“一次风”），其余部分在燃烧器上方喷入炉内（“燃尽”风）。一次风与燃料混合，在燃烧器附近形成相对低温、贫氧而富燃料的区域，有助于减少燃料中的氮形成NO_x（燃料型NO_x）。燃尽风通过一个专用的风箱，利用燃尽风喷口和/或安装在燃烧器上方的喷嘴喷入主燃烧段上方，达到完全燃烧。由于富氧的二次燃烧段温度相对较低，有助于限制燃烧用空气的NO_x（热反应型NO_x）形成。目前已开发出先进的分段送风系统，例如分离式燃尽风（SOFA）和强耦合式燃尽风（CCOFA），这两项技术的使用可以达到减少NO_x排放，并且提高锅炉性能的目的（图2）。英国的ABB阿尔斯通电力燃烧服务公司一直是这些技术的主要提供者之一。上述的CFD程序已经被用于优化工艺。

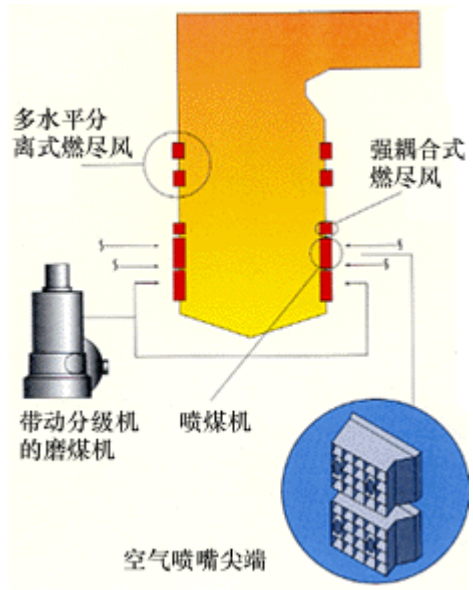


图2 先进的分段送风系统示意图

炉内分段燃烧（再燃烧）

在再燃烧系统中，分段供给的燃料和燃烧用空气在炉内形成三个不同的燃烧段，分别在贫燃料、富燃料和贫燃料状态下运行。在一次或“主”燃烧段，主要燃料—煤粉在过量的空气中燃烧，由燃料中和燃烧用空气中的氮形成NO_x。二次燃料，又称为再燃燃料，通常是天然气或煤粉（油或任何其他碳氢化合物燃料也都可以使用），在主燃烧段上方喷入，形成富燃料的“再燃”段。从这一区段的再燃燃料中释放出来的烃基与主燃烧段中形成的NO_x反应，NO_x被还原成分子氮。最后，在再燃段上方喷入剩余的燃烧用空气，形成贫燃料的“燃尽”区，从而完成了燃烧全过程。通常再燃燃料的热量占总输入热量的10%-30%。再燃技术可以减少高达70%的NO_x。图3显示了再燃过程中三个不同的燃烧段。

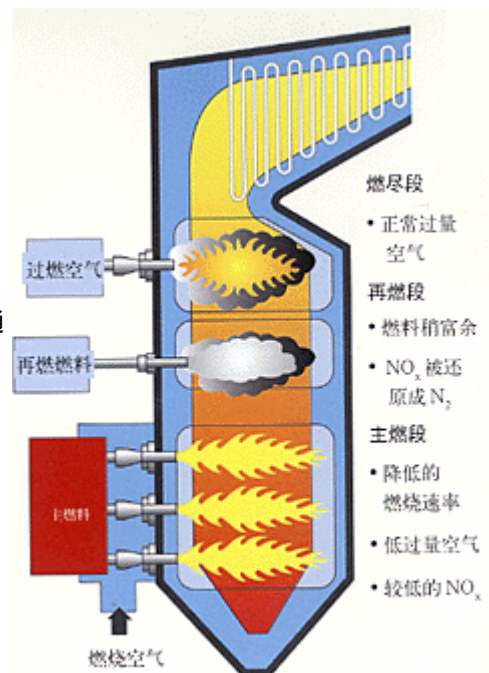


图3 再燃过程示意图

天然气作为再燃燃料

天然气被认为是再燃的理想燃料，它还能减少二氧化硫、二氧化碳和颗粒物排放量，减少的量与天然气替代煤的量成正比。但是，天然气供给燃煤电厂通常不是现成的，它需要很大的基建成本的投入。在很多地方，天然气都比煤炭贵得多。在朗格纳特电厂（Longannet），单独使用天然气再燃就减少50%以上的NO_x排放，再加上通过低NO_x燃烧器获得的减排，NO_x减排总量达到75%左右。现在，天然气作为再燃燃料在工业装置上的商业应用被认为已得到充分开发。三井巴布考克能源公司和BG公司正在全球范围内积极地开拓这项技术的市场。

煤炭作为再燃燃料

煤炭作为再燃燃料只涉及一种燃料的提供，即煤粉，既作为主燃烧燃料，也作为再燃燃料，因此可以避免其他燃料的成本。而且，煤炭通常比天然气要便宜，这样能显著减少再燃燃料的成本。但是，煤炭作为再燃燃料的技术改进需要认真考虑，以避免一些潜在的问题，如炉内碳的燃尽以及结渣和污染等问题。煤炭作为再燃燃料的技术目前正在意大利维杜里格电站的320MWe的墙燃锅炉上进行示范。英国的鲍尔根公司、三井巴布考克能源公司和杰梅斯霍登公司都参与了维杜里格电站用煤作为再燃燃料系统的设计，还参与了这个系统的试验和评估。

先进的燃烧控制系统

最近几年，开发出了一些专业化的软件包，尤其是在美国和英国。它们能给锅炉的数字控制系统提供最优的程序以获得各种不同的操作参数，从而控制NO_x的形成和优化锅炉的性能。主要的软件包有“ULTRAMAX方法”和“NO_x专家系统”，这两个软件都由美国开发并得到应用；而“通用NO_x智能控制系统”（通常称之为“GNOCIS”）则是由英国的鲍尔根公司和美国的南方公司合作开发的。GNOCIS现在在意大利、英国和美国的大约10家燃煤电厂中使用。

GNOCIS是一种基于神经网络的控制技术，该系统只要输入电厂过去的数据就可以投入使用，但是需要更新这些来自电厂配置的控制系统的数据库，建成设置相关的操作系数来减少NO_x的排放，同时使锅炉性能保持最佳。软件建成的最佳设定值或通过电厂的数字控制系统（DCS）（“开路”，操作咨询模式）给电厂的经营者提供建议，或可以自动地采取措施（“闭路”操作模式）。在英国鲍尔根公司的金斯北电站（Kingsnorth）的一套4×500MWe切向

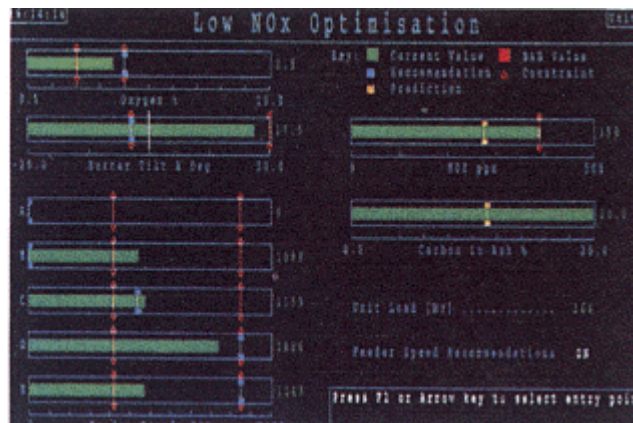


图4 GNOCIS显示

燃烧锅炉机组和美国阿拉巴马电力公司的加斯顿电厂（Gaston）的一套4×275MWe墙燃锅炉机组上对这个系统进行的试验已经取得了成功，达到了最佳电厂性能，明显降低了NO_x的排放量。这一成功试验使这个系统在短期内得到了更广泛的应用。图4所示的是典型的GNOCIS系统。

公司名录

设备制造商

ABB 阿尔斯通电力燃烧服务公司（ABB ALSTOM Power Combustion Services）
Sinfin Lane
德尔比(Derby) DE24 9GH
电话：+44 (0) 1332 276000

传真：+44 (0) 1332 276001
网址：www.abb-alstom-power.com

ABB阿尔斯通电力公司是能源行业的一支新生力量，他们可以为客户提供成本效益好、效率高并且可靠的综合能力。其位于德尔比（Derby）的燃烧系统公司，专门研究用于燃烧化石燃料的发电厂的低NO_x燃烧系统的设计并供应低NO_x燃烧系统，同时专门做工业锅炉和民用锅炉设备的更新改造业务。

该公司在过去的十年里承担了广泛的研究和开发项目，在这个基础上，为燃用各种经济可用燃料的墙燃锅炉、对燃锅炉、切向燃烧锅炉提供了各式各样的低NO_x技术。最近几年，英国、美国和整个欧洲的36,000MW以上的锅炉设备都已改装了低NO_x燃烧系统，这包括了所有主要锅炉制造商的设备。ABB公司的燃烧系统业务所提供的服务包括：整个锅炉系统内锅炉本体、整套燃烧系统的设计，在效率、灵活性和可靠性方面使锅炉性能达到了极限，同时大大减少了NO_x的排放。

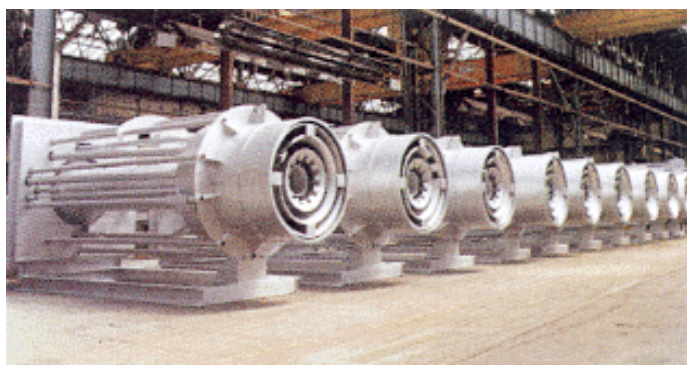


图5 低NO_x燃烧器（ABB阿尔斯通电力公司特许刊登）

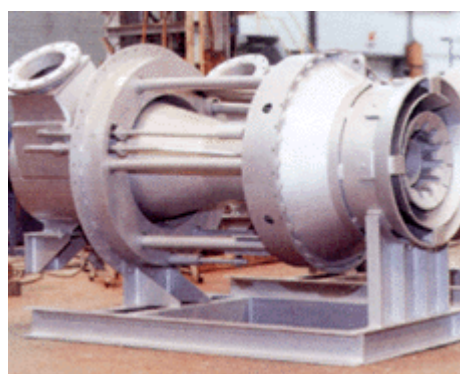


图6 低NO_x燃烧器（ABB阿尔斯通电力公司特许刊登）

三井巴布考克能源有限责任公司（Mitsui Babcock Energy Ltd）
技术中心(Technology Centre)
High Street
Renfrew PA4 8UW
电话：+44 (0) 141 886 2201
传真：+44 (0) 141 885 3370
e-mail：technology@mitsuibabcock.com
网址：www.mitsuibabcock.com

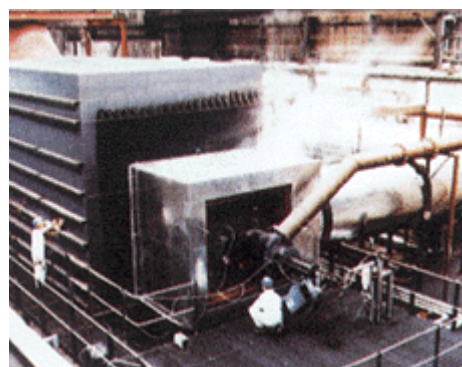


图7 三井巴布考克能源公司的大型燃烧器试验装置（三井巴布考克能源公司特许刊登）

三井巴布考克能源公司能够提供全方位的炉内NO_x减排设备。对他们提供的所有NO_x减排方法，公司承担工艺设计、施工设计、设备制造、安装、试运转、以及改进前后的性能测试和售后服务。三井巴布考克能源公司的技术既适用于新建电厂，也适用于设备改进，所采用的灵活方法可以满足电厂经营者近期及未来的需求。

* 低NO_x 燃烧器

到目前为止，三井巴布考克能源公司的1600多台低NO_x燃烧器（相当于装机容量超过20,000MWe）已经安装在全球许多国家（欧洲、亚洲和美国）。其中的大部分燃烧器为标准的3型设计。最近售出的燃烧器已经采用更先进的5型设计，能进一步减少20%的NO_x排放。目前正在对燃烧器设计进行进一步开发，以更多地减少NO_x排放量。

* 炉内分段送风

三井巴布考克能源公司所提供的炉内分段送风作为一种能进一步减少NO_x排放水平的方法，应用了双段燃尽风喷嘴设计。

* 再燃

再燃技术对于NO_x减排来说是一种新型技术，三井巴布考克能源公司高度重视它的开发和示范工作。在苏格兰朗格纳特电厂，已成功地实现了对600MWe机组的以煤气作为再燃燃料技术（gas-over-coal）的改装，这是世界上规模最大的技术装置。煤作为再燃燃料的技术（coal-over-coal）目前正在意大利维杜里格电厂的320MWe机组上进行示范，而且这再次是这项技术在世界范围内最大规模的技术装置。三井巴布考克能源公司还在继续开发再燃工艺，以进一步优化其性能。

* 试验装置

三井巴布考克能源公司在苏格兰伦弗鲁（Renfrew）拥有和经营着一套90MWth的单段燃烧器试验装置，用于继续开发和示范工业规模的低NO_x燃烧器。一个160kWth的燃烧试验装置也被用来进行分段送风和再燃技术的研究—维杜里格电厂和朗格纳特电厂再燃改造工程的工艺设计数据就是从这台装置上获得的。这两套装备都可以为其他公司承担试验服务。

* CFD 模拟

三井巴布考克能源公司在低NO_x技术的开发和设备应用方面使用了CFD模拟技术。这项专门技术也可以用于咨询服务。

杰梅斯霍登有限公司（James Howden & Company Ltd）

Old Govan Road

伦弗鲁(Renfrew) PA 8XJ

电话：+44（0）141 885 2890

传真：+44（0）141 885 2887

杰梅斯霍登公司是霍登集团公司的成员，在液压碾磨机的设计和开发方面有着15年以上的经验。用蒸汽作为煤超细研磨的动力，这种超细研磨煤被认为是燃煤粉电站锅炉再燃的理想燃料，可减少NO_x的排放。

咨询公司

AEA 技术上市公司（AEA Technology plc）

哈维尔(Harwell)

Didcot

牛津郡(Oxfordshire) OX11 0RA

电话：+44（0）1235 433813

传真：+44（0）1235 432989

e-mail: cfx.info@aeat.com

网址：www.aeat.com/cfx

AEA技术公司是欧洲最大的一家工程技术支持服务咨询公司，拥有员工4600多人，公司搞研究工作有着悠久的历史，在欧洲的发电行业中很有代表性。作为有几百万英镑的哈维尔（Harwell）煤炭燃烧项目的一部分，AEA技术公司已经开发出了经过充分验证的数学模型和无干扰激光诊断技术，并已广泛地应用于各种规模所有炉型的低NO_x燃烧器、燃尽风和气体再燃系统的测试和优化上。这些技术中的大部分都已作为工程计算机软件商业化了，这些工程计算机软件在以CFX、HTFS、SPS、n-Code和Hyprotech的标志在全世界出售。AEA技术公司也提供本公司具有丰富的软件能力和经验的室内燃烧咨询专家的服务。

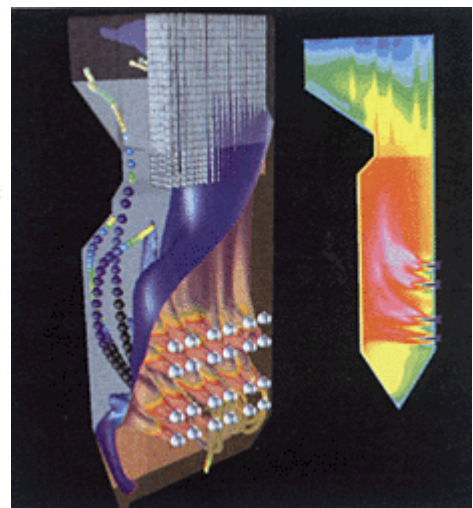


图8 电站燃烧炉的CFX计算流体力学模型
(AEA技术公司特许刊登)

BG上市公司(BG plc)
煤气研究和技术中心(Gas Research & Technology Centre)
Ashby Road
Loughborough
Leicestershire LE11 3GR
电话：+44 (0) 1509 282000
传真：+44 (0) 1509 264646
e-mail:service@bgtechnology.com
网址：www.bgtech.co.uk

BG公司是世界上国际能源支持技术应用领域中的先导，是电力公司、设备制造商和工程技术公司。

BG公司从建立之初就参与了气体再燃技术的研究，在它为朗格纳特电站考虑其它NO_x减排方案的同时，将这项技术引入了苏格兰电力公司。位于朗格纳特电厂的气体再燃烧示范项目是该公司的一项主要工程业绩，它包括以特兰斯柯(Transco)的国家输送系统为起点的12 km的高压管线的铺设。BG公司在建立承担朗格纳特项目的欧洲各主要公司之间的伙伴关系上起到了推动作用。在这个项目中，BG公司负责NO_x减排的预测，需要广泛应用自身的实验和模拟技术。这项工作是由BG公司打算成立的煤气研究和技术中心来承担的。

BG公司在完成了这项工程技术改造工作以后，与安萨尔多公司(ANSALDO)和苏格兰电力公司紧密合作，共同开发出了参数测试程序，而且将它提供给工作人员和专家，以确保有效地完成实际的测试工作。此外，BG公司还带头进行了合作伙伴所用设计工具的开发活动，这样各合作伙伴可以将此项技术重复应用于欧洲和世界上其他的锅炉上。更详细的信息可以从BG公司的网页上得到。

CINAR有限责任公司(CINAR Ltd)
11 Elvaston Place
伦敦(London)SW7 5QG
电话：+44(0)171 581 2245
传真：+44(0)171 581 2265
e-mail: cinar@cinar.co.uk
网址：www.cinar.demon.co.uk

CINAR公司可以为公用事业、水泥、钢铁和玻璃工业提供数学模拟试验服务以提高燃烧效率和减少NO_x的排放。客户可以从常规的以及废物/生物衍生物的燃烧和NO_x的研究经验中获得利益。研究工作包括基础研究和应用研究，是与一些高等教育机构协作完成的，如伦敦的帝国理工医学院等。CINAR还在全欧洲多种工业的研究和开发设计项目中承担了低NO_x技术方面的研究工作。他们的服务包括：多种燃烧器燃烧室的设计；利用最有可能实施NO_x减排的技术(分段送风、分段给燃料、SNCR、SCR)对现有的燃烧器的改进；带有烟气循环和氧气增浓功能的低NO_x、高热效率的燃烧器的设计。所有这些服务都是利用实际模拟和计算流体力学(CFD)技术来提供的。

公司自己开发的“减少化学NO_x排放的模型”与多燃料燃烧模型的联合应用是独树一帜的。应用这些模型，可以将几种燃料任意配合来模拟不同的低NO_x条件，尤其是生物质/废物的共燃，分段送风和分段给燃料，NO_x还原剂的注入等都可以被模仿。在为燃烧和NO_x问题提供了可行的解决方法后，CINAR公司还为客户解决软件的培训和安装问题，这样在以后的系统和燃料发生变化时，将对他们起到更大的帮助作用。

CINAR公司的方法通过对详尽燃烧气体动力学和产生排放的模拟，以及通过提供最佳设计及改进建议等方式，大大减少了开发和测试成本。

当负荷变化，以及稳定状态和瞬时条件下燃料和其它输入量波动时，CINAR公司还负责为电厂操作人员安装基于神经和模糊技术的先进的控制器。

CRE 集团有限责任公司(CRE Group Ltd)
Stoke Orchard
切尔腾南(Cheltenham)
格洛斯特郡(Gloucestershire) GL52 4RZ
电话：+44 (0) 1242 673361
传真：+44 (0) 1242 677258
e-mail: enquiry@cregroup.co.uk

网址：www.cregroup.com

CRE集团公司是一个能提供多种技术服务，尤其是低NO_x燃烧系统技术服务的固定供应商。在NO_x研究的工作期间，GRE集团对世界各地许多国家的煤炭进行了试验。

CRE集团公司利用他们多方面的研究能力，包括从小型实验室设备到单段燃烧器测试装置对有关煤的特性对NO_x形成的影响，特别是煤中氮的去向问题进行了研究。CRE集团的许多NO_x的研究最初是从特殊燃料性能的说明开始的，现在已达到对影响NO_x形成因素的更深的理解。

CRE集团已经研究和评述了NO_x减排技术的性能，如分段送风和分段给燃料的技术。

CRE集团有着很好的环境监测和环境咨询能力，包括NO_x的扩散模拟。这些都被商业客户，并且经常被政府管理者用于：

- * 确保达到当地的空气质量法规的要求
- * 评估新建电厂或现有电厂的运转性能
- * 电厂的设计和规划

弗鲁恩特欧洲有限责任公司(Fluent Europe Ltd)

Holmwood House

Cortworth Road

谢菲尔德(Sheffield) S11 9LP

电话：+44 (0) 114 281 8888

传真：+44 (0) 114 281 8818

e-mail: support-tp@fluent.co.uk

网址：www.fluent.com/corporat/europe

弗鲁恩特欧洲有限责任公司可以为预测燃烧和污染物的形成提供现代化的模型，包括内置式NO_x预测模型。弗鲁恩特欧洲公司的软件通过利用有限率和概率密度函数(PDF)这二个燃烧模型，加上现代化的NO_x预测能力，令使用者能够进行低NO_x燃烧的效率研究。

福斯特威勒能源有限责任公司(Foster Wheeler Energy Ltd)

Foster Wheeler House

Shinfield Park

Reading

伯克郡(Berkshire) RG2 9FW

电话：+44 (0) 118 913 1234

传真：+44 (0) 118 913 2333

e-mail: fw-sales@fwuk.fwc.com

网址：www.fwc.com

福斯特威勒能源有限责任公司是低NO_x燃烧技术，如低NO_x燃烧器和分段送风等技术的主要开发者和供应商之一。他们已经开发出了自己设计的低NO_x燃烧器，目前这些燃烧器正在一些国家的电站中使用。

国家电力上市公司(National Power plc)

Windmill Hill Business Park

Windmill Hill

斯温登(Swindon)

威尔特郡(Wiltshire) SN5 6PB

电话：+44 (0) 1793 877777

传真：+44 (0) 1793 893741

网址：www.national-power.com

国家电力上市公司是英国燃煤发电厂的主要经营者，并一直在英国他们自己的电厂和世界上其他一些国家的电厂中积极从事对低NO_x燃烧器和分段送风技术的开发和运用。他们在属于自己的迪第科特(Didcot)电站有一台500kW_{th}燃烧试验装置，可以承担NO_x控制技术的研究和开发工作。他们还擅长使用CFD模拟技术来研究燃烧中NO_x的减排问题。公司可提供基于改进燃烧工艺的NO_x减排技术的咨询服务。

PB电力有限责任公司(PB Power Ltd)
Merz and McLellan Division
Amber Court
William Armstrong Drive
Newcastle Business Park
Newcastle Upon Tyne NE4 7YQ
电话 : +44 (0) 191 226 1899
传真 : +44 (0) 191 226 1104
e-mail : pbpower@pbworld.com
网址 : www.pbpower.net

PB电力公司是帕尔森·勃里克霍夫(PB)的全球电力咨询机构,它的成立是为了向全世界的客户提供电力行业的工程技术和管理服务。在低NO_x燃烧系统领域, PB电力公司在新建项目和停机后再发电或整修工作中都可以提供独立的专业设计和应用知识。PB电力公司的专业知识扩展到了应用这些技术的所有方面,包括环境影响、灰的特性、燃料处理和程序控制等。这些技术技能是因为有着广泛的经济和金融知识做后盾,才使得PB电力公司有能为项目开发商、电厂经营者、财务人员和其他对低NO_x燃烧系统的使用感兴趣的问题决策者提供支持。

鲍尔根上市公司(PowerGen plc)
电力技术中心(Power Technology Centre)
Ratcliffe-on-Soar
诺丁汉(Nottingham) NG11 0EE
电话 : + 44 (0) 115 936 2000
传真 : + 44 (0) 115 936 2711
e-mail : techinfo@powertech.co.uk
网址 : www.powertech.co.uk

鲍尔根公司可向燃烧固体、液体和气体燃料的工业和公共事业蒸汽生产厂的经营者提供燃烧咨询服务。他们通过参与下列工作积累了丰富的经验 :

- * 英国电力供应行业低NO_x燃烧器的开发和改造项目
- * 鲍尔根公司内部的低NO_x技术开发项目
- * 欧洲技术开发/示范项目

与NO_x控制技术相关的技术咨询服务,包括 :

- * 包括技术规格在内的新设备元件的购买/选择
- * 投标评估,有关性能保证和性能测试的谈判
- * 利用参数测试技术和/或基于神经网络的燃烧专家系统/优化器,对现有的燃烧系统进行最佳条件选配,以达到NO_x生成和锅炉效率之间的最佳平衡点。
- * 对新建或现有电厂的燃烧工艺改进措施和燃烧后气体处理的NO_x控制选择方案进行分析(经济的和性能的)
- * 燃料质量对NO_x排放和锅炉效率的影响预测
- * NO_x排放的燃油器喷嘴的设计和制造
- * 燃油电厂排放方面的专业技术

在适当位置安装一系列的监测设备,并用最现代化的分析方法和仪器来评估燃料质量,有助于NO_x的控制(如:炉内探测器和视频系统、CFD模拟、气体分析设备等)。

在鲍尔根公司的电力技术中心里有一台1MW_{th}的燃烧测试装置。设计这台设备的目的是为了研究各种基于改进燃烧工艺的NO_x控制技术,包括低NO_x燃烧器、燃尽风及再燃烧。煤粉、燃料油或气都是被研究对

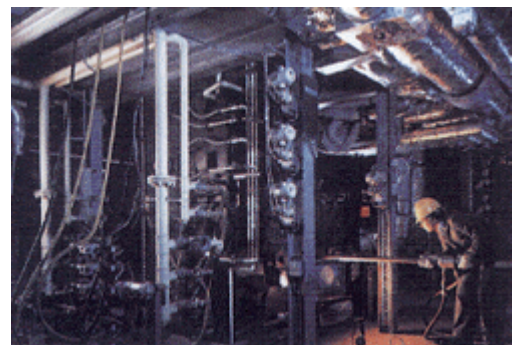


图9 鲍尔根公司1MW_{th}的燃烧试验装置
(鲍尔根公司特许刊登)

象。电力技术中心管理着一个目前正在进行的低NO_x开发项目，以保持与目前商业上可用的和试验性的NO_x控制技术（改进燃烧工艺和燃烧后的气体处理）现状相符的最新知识水平，确保为他的客户选择最经济可行的NO_x控制技术。而且，鲍尔根公司的电力技术中心还负责GNOCIS神经网络燃烧专家系统/优化器设备在欧洲的商业化。

大学

格兰费尔德大学 (Cranfield University)
发电技术中心(Power Generation Technology Centre)
格兰费尔德(Cranfield)
贝德佛德郡(Bedfordshire) MK43 0AL
电话：+44 (0) 1234 750111
传真：+44 (0) 1234 750728
网址：www.cranfield.ac.uk/smc

格兰费尔德大学的机械工程学院具有对不同压力 and 不同入口温度的低NO_x燃烧系统，尤其是气轮机系统进行研究的能力。空气流量为3kg/s时，压力可达到15bar，入口温度可达到720 K。

当前使用的燃料包括从煤炭气化得到的低热值煤气，其主要成分是一氧化碳和氢。燃料中的氮可以用加入氨的方法来模拟，而且也可通过添加其它需要的成分来改变组成。

格兰费尔德大学有各式各样的气体分析仪，可分析的气体包括一氧化碳、二氧化碳、NO_x、未燃烧的碳氢化合物、氧气、水蒸汽、氨和氢气等，它们或使用专用仪器或使用傅里叶转换红外线光谱或质谱分析。分析数据全部可用数字的形式得出。为了扩大这项工作，还有一台设备能利用类似技术即著名的水流技术进行燃烧室数字模拟和建立物理模型的工作。这就能够对燃烧室的工程特征和各种燃烧器结构进行研究，这所学院所做工作的特点之一就是能够以燃烧设备进行一体化研究，包括燃烧设备的气体动力学、燃烧性能以及实验和测试燃烧设备的科研设备和仪器的设计等。

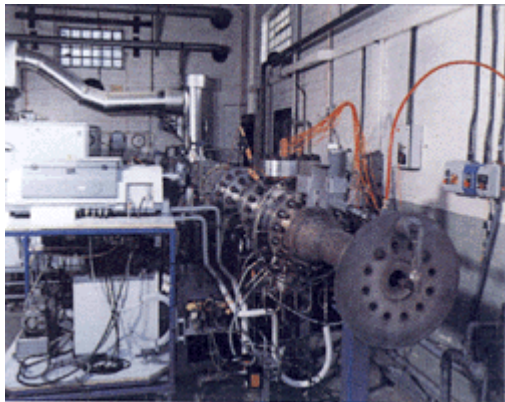


图10 常规燃烧设备
(格兰费尔德大学特许刊登)

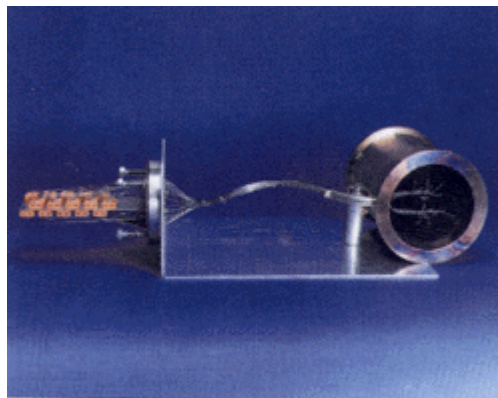


图11 用仪器喷射催化剂的全貌
(格兰费尔德大学特许刊登)

帝国理工医学院 (ICSTM) (Imperial College of Science, Technology and Medicine)
医药工程部(Department of Mechanical Engineering)
Prince Consort College
伦敦(London) SW7 2BP
电话：+44 (0) 171 594 7033
传真：+44 (0) 171 581 5495
网址：www.ic.ac.uk

ICSTM的燃烧研究小组在燃烧和排放问题上所进行的实验和理论研究都是较有影响的。他们尤其在工业应用方面进行了重点研究。

实验装置包括半露光煤特性测试设备和一台0.5MW的下点火圆筒型大型实验炉。该研究小组已经开发出了基于结构网和非结构网的适用于烧任何燃料的工业燃烧室预测的二维和三维数学模型。利用实验和计算工具进行的基础研究包括：开发用于有限率化学过程和部分预混燃烧等一般情况的模型；热辐射模拟；固体燃

料燃烧室中结污和结渣的模型；以及多燃料燃烧模型。对燃烧室中NO的排放、流化床中N₂O的排放和其它一些应用也已进行了模拟。资金来源包括EPSRC、贸工部（DTI），欧盟（EU）和工业界。

利兹大学(University of Leeds)
燃料与能源系(Department of Fuel and Energy)
利兹(Leeds)LS2 9JT
电话：+44 (0) 113 233 2496
传真：+44 (0) 113 244 0572
网址：www.leeds.ac.uk/fuel

利兹大学是世界上低NO_x燃烧系统的主要研究所之一。他们应用许多实验室试验装置对煤粉燃烧过程中NO_x的形成机理和各种减少NO_x排放的技术进行了细致的研究。

这本小册子是由所获得的最佳信息编辑而成。若有错误或遗漏，请通知ETSU。

欲获取有关洁净煤技术项目资料和有关出版物，请与以下地址联系：

Roshan Kamal, Location 1124, Department of Trade and Industry,
1 Victoria Street London SW1H 0ET
Tel: +44(0)207 215 6261
Fax: +44(0)207 215 2674
E-mail: roshan.kamal@hend.dti.gov.uk
Web: <http://www.dti.gov.uk/ent/coal>

煤炭信息研究院负责英国洁净煤技术项目资料的
翻译、出版及散发，欲获得本项目资料及有关出
版物或洽谈合作，请联系：
煤炭信息研究院 洁净能源与环境中心
北京朝阳区芍药35号，中煤信息大厦，100029
Tel: 010—84657806
Fax: 010—84657806
Email: ceec@public3.bta.net.cn
Web: <http://www.coalinfo.net.cn>

专题004

2000年2
月

dti

Department of Trade and Industry

英国贸工
部