

英国技术水平

洁净煤技术的
研究与发展

CB011

英国技术水平：洁净煤技术的研究与发展

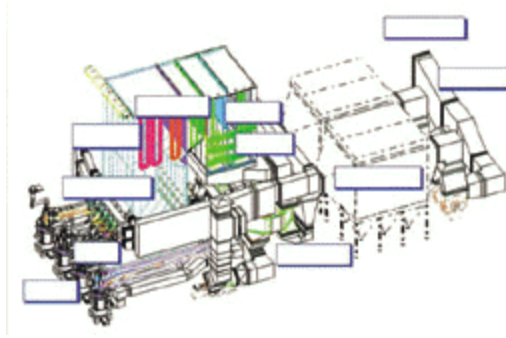


图1. 燃煤电站需要研究的领域（三井 - 巴布科克能源有限公司特许刊出）

引言和研究范围

不管来源如何，能源的供给将产生经济和环境的影响。多年来，化石燃料被认为是“不清洁”能源，因为它产生大量的二氧化碳（CO₂）、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）和颗粒物。最近，研究与开发的重点放在了给煤炭燃烧造成负面印象的痕量元素的排放和水污染上。

最近几十年来，主要为了解决环境问题，许多新技术已开发出来，这些技术在提高与煤相关工艺的效率上具有巨大的潜力，且降低相关污染物排放。这一发展是制造商、发电厂、研究院和各大学深入研究的结果。不断的研究将保证技术不断地提高。

英国政府早已认识到支持煤的工业和基础研究的必要性，英国贸工部（DTI）制订了煤炭研究与发展计划，以支持洁净煤技术的开发。这项计划期限为1993 - 1998年，第63号能源文件对此作了描述。

1998年10月的白皮书宣布了政府作出的决定，继续执行洁净煤技术计划，并继续推行以工业为导向的、长远规划工作组（Foresight Task Force）的建议，该工作组的目的是审查长期研究、开发和示范（R, D&D）洁净煤发电技术优先发展的项目。这项新计划于1999年4月开始，目标如下：

- 提供英国开发洁净煤技术研究与发展框架，为海外市场技术开发奠定坚实基础。
- 加强政府、工业、大学及海外机构之间的合作。
- 评估、开发新技术和革新技术，为拓宽市场提供保证。

第67号能源文件对该计划作了完整的描述。

自计划开始执行以来，英国许多大学和公司都成立了优秀研究中心，或培养了从煤炭开采到利用的整个过程的研究能力。这本小册子集中介绍了具有煤炭基础理论研究和煤炭利用研究能力的英国公司、研究院和大学。

煤炭基础科学

大部分工业应用的成功依赖基础科学研究的成果。这种研究通常以大学为基础，以工业研究活动作补充。工业研究缩短了研究与成果应用之间的时间间隔。另一方面，工业相关的基础科学项目由几项计划作支持，通常要用较长的周期。

大学研究项目与工业联系越来越紧密，自1993年洁净煤技术计划开始执行以来，研究人员与工业界之间的交流得到了加强。工业界提供必要的指导，确保研究切合终端用户；学术研究人员研究工业界在技术认识上的差距。因此，大学研究有助于英国工业提高其洁净煤技术领域的专业知识。

鉴于以工业为导向的洁净煤研究一般由贸工部洁净煤计划支持，大学可获得多种渠道的资金来源。两个最重要资金来源是工程与物理科学研究学会（EPSRC）和英国煤炭利用研究协会（BCURA），这两个机构与贸工部达成协议，联合提供资金。自协议生效以来，大约80项与洁净煤技术相关的项目得到了支持，其中包括由格兰费尔德大学（Cranfield University）发起的“前景挑战”活动的经费250万英镑。

英国技术水平

在联合资助协议和贸工部洁净煤技术计划支持下的项目包括从煤炭勘探、开采到先进发电的各个方面。

煤炭勘探与开发

作为国有化企业的英国煤炭公司（British Coal）在研究与开发方面基本上是自给自足的，煤炭工业的许多开发活动都起源于英国煤炭公司。随着私有化，工作重点从长期研究与开发转向解决短期问题。工作重点的转移已稳定下来，以前由英国煤炭公司进行的一些与开采相关的研究与开发活动由具备开采和矿物工程研究能力的大学接替了。

煤层气 (CBM) 研究

所有硬煤都赋存煤层气，当煤因开采被卸压或压裂时，其中的大部分煤层气被释放出来；在矿井整个生产年限和矿井报废后，还将会有气体释放出来。这种气体是易燃气体，因此构成了潜在的安全隐患。另外，甲烷是主要的温室气体之一，可使全球变暖。过去，甲烷释放被认为是坏事；然而，现在逐渐认识到这是有价值的能源资源。赋存煤中的气体可用许多方法抽放出来。这一领域进行的许多研究都处于模拟试验阶段，同时也以改善健康与安全为目的。

煤层气/煤层气增产 (ECBM)

从未采煤层，即还没有进行（或不可能）开采的地方抽出的气体一般指的是煤层气。在英国这是一个较新的研究领域，但煤层气在英国似乎前景看好，到现在为止，在苏格兰和威尔士已钻了几口井，英格兰北部一些地区将来会有发展。虽然人们对未采煤层有一些兴趣，但情况表明，在特定地区煤层气产量不高。在美国和加拿大，试行了往煤层注入CO₂气体或N₂气的“提高回收率”方法，目前，英国对此也产生了兴趣（见图2）。

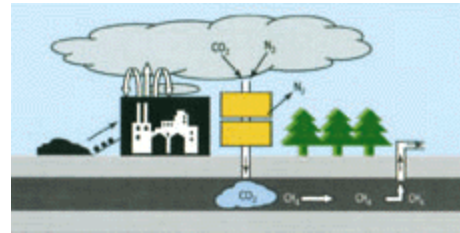


图2. 煤层气增产示意图 (CH₄ - 甲烷) (加拿大Alberta研究委员会特许刊出)

矿井瓦斯 (CMM)

从报废矿井抽出的甲烷一般称为矿井瓦斯。报废矿井瓦斯抽放将可能在英国未来煤层气商业化生产（与生产煤矿无关）中占主导地位。过去的研究集中在评价英国矿井瓦斯资源，而目前的研究集中在模拟技术。

煤层气抽放

在甲烷进入矿井气流之前进行抽放是任何生产矿井的标准作法。出于安全原因，井中甲烷涌出量必须低于规定的水平。以前的大多数瓦斯抽放的研究工作是由英国煤炭公司 (British Coal) 进行的，目的是解决健康与安全的问题。

煤炭地下气化 (UCG)

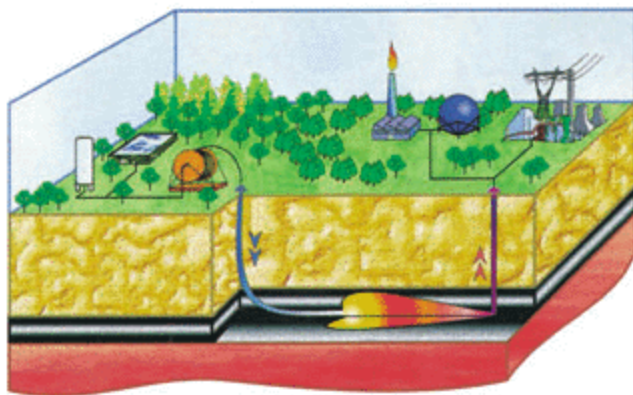


图3. 煤炭地下气化 (UCG) 示意图 (经欧洲地下气化公司特许刊出, A.E.I.E.)

煤炭地下气化是一种不经过实际的开采过程 (地下或露天矿), 从煤炭获得能源的方法。总之, 氧 (O_2) 可能还加上水注入并通过地下预热的煤层。最终产品是含有甲烷、氢和 CO_2 的气体。

虽然煤炭地下气化不是一个新概念, 但早期的大部分工作都是在较浅深度进行的, 因为成本最低。煤炭地下气化潜在的优势是从深井中 ($> \pm 1000m$) 提取能源, 这些深井煤炭开采很不经济。英国的煤炭地下汽化研究仍处于初期阶段, 但随着越来越大的环境压力, 将来这个领域会越来越受关注。

煤炭洗选

最近50年, 英国的煤炭洗选取得了很大的发展。这一领域的大部分工作都是由英国煤炭公司极其前身英国国家煤炭局 (UK National Coal Board) 发起并支持的, 从而形成了煤炭洗选研究与开发的优良传统。同时使得技术上许多方面得以改进, 带来许多具体发展。工业界和大学仍在从事着这一领域的研究工作。

煤的处理和供给

燃煤电站具有煤炭和灰产品的固体处理系统, 包括卸载、储存、皮带运输、料仓储存和卸料等操作。所运送的煤具有不同的水分和粒级。在煤处理的每个过程都有可能产生环境问题, 如灰尘飞扬, 难以控制流量 (低速或高速), 灰尘附着在设备上, 料仓中煤起拱或有鼠洞。为改进设备设计以避免出现问题做了大量的工作, 但是, 不同电站所用煤的性质差别较大, 当燃料质量变化时, 问题就会出现。研究工作已深入到开发检测煤质对煤炭处理特性的影响的技术, 及开发可用于在线检测煤粉流量的仪器。

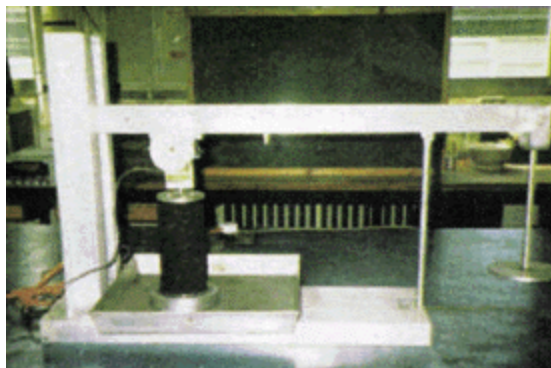


图4. 爱丁堡 (Edinburgh) 附着力测试仪

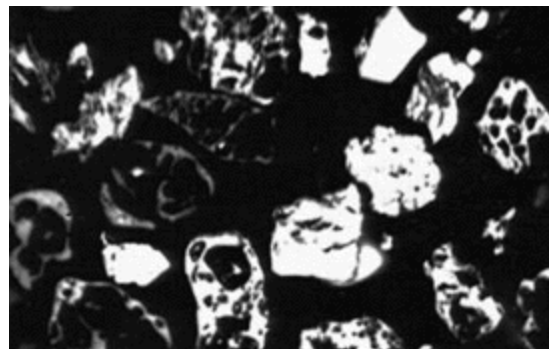
常规发电

煤粉 (pf) 燃烧是最广泛使用的发电工艺，全球几乎40%的电力来自煤粉电厂。化石燃料发电不可避免会对环境产生影响，因此气态和颗粒的污染物排放的控制是发电厂商最关心的问题。目前，煤粉电厂在次临界蒸汽参数 (220bar和540) 下的热效率一般为36% - 40%。提高热效率是实现降低污染物排放最容易也是最经济有效的方法之一；然而，由于蒸汽循环带来的限制，降低污染物排放实际上是通过改善运行、改进燃烧和安装烟气处理装置实现的。

煤粉燃烧领域进行的研究工作包括从观察煤质对燃烧过程的影响到SO_x、NO_x及颗粒物排放的模拟和控制，再燃技术和采用神经网络的电厂优化。

煤的特性表征

在英国，越来越多地使用国际贸易煤，其中多数来自南半球。这些煤的物理和化学特性差别很大，从而导致燃烧和污染物排放 (气体和颗粒物) 性能不同。发电厂商和煤炭供应商也越来越多地采用配煤，以使所用的煤成本降至最低，或改进煤质 (例如高结渣性)。虽然使用混煤有一定的优势，但混煤的燃烧性能总是不确



定。

英国标准（BS）文件中所述的煤的特性鉴定方法一般用于为购买燃料、设备设计和电厂运行提供基础信息。然而，这些测试没有洞察煤或混煤的燃烧特性，导致开发出一些更先进的技术。这些技术包括专门设计的实验室规模的设备，例如火焰反应器、立管炉等。对于更详细的形态特性测试，采用了先进的显微和影象分析技术以及专业化设备（例如密度测定装置、孔径测定装置等）。

燃烧研究

通过分段供风或改进测量仪表与控制（例如神经网络）来改善燃烧性能取得了很大进展，并且在不断地取得进展。英国在低NO_x燃烧器方面也进行了成功的研究，目前大多数英国电站都采用这种设备进行更新。

一系列燃烧和其它试验装置在英国工业中得到了很好的应用，小规模装置用于主要工艺的更基础性的研究和进行煤的比较试验，较大规模装置用于燃烧设备的开发和示范。

再燃

从1994年1月到1999年7月，苏格兰电力（ScottishPower）公司（项目负责人）和6个欧洲合作伙伴承担了苏格兰电力公司Longannet电站2号机组的气体再燃示范项目。该项目是由欧盟（EC）在THERMIE计划下资助的。项目的目的是在600MW燃煤锅炉上采用气体再燃技术的经济和技术可行性示范研究。英国项目合作伙伴包括三井-巴布科克能源有限公司（Mitsui Babcock Energy Limited(MBEL)）和BG技术公司（现为Advantica公司）。

图5. 用扫描电子显微镜（SEM）显示出的半焦结构（经ICSTM公司特许刊出）



图6. 计算机控制的扫描电子显微镜（CCSEM）（经ICSTM公司特许刊出）



图7. 金属丝网试验装置（经ICSTM公司特许刊出）

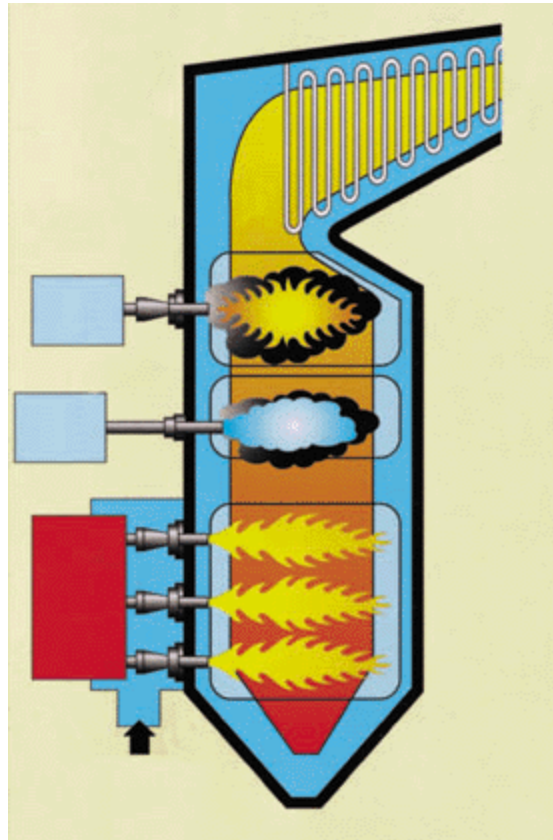


图8.再燃技术

污染物排放

烟气脱硫（FGD）技术广泛应用于发电的SO_x（SO₂和SO₃）排放控制。英国烟气脱硫技术的研究与开发有相当长的历史，世界上第一个烟气脱硫设备是于1933 - 1981年间在Battersea电站和Bankside电站运行的。后来，在20世纪70年代和20世纪80年代，中央发电局（CEGB）进行了许多开发工作，目前，Drax电站和Ratcliffe电站分别于1989年和1990年安装了湿式石灰石/石膏设备。Fifoots Point电站1998年安装了半干式整体脱硫工艺。

虽然这些技术在过去都已得到证实，但需要继续进行研究以确保降低成本和提高运行效率。一些英国公司有对这些技术的各部件进行研究。有关SO_x、NO_x和痕量元素的许多基础研究在大学里开展，专用设备和模拟技术已开发出来。

先进的发电技术

在严格的环境标准下，提高效率和改进运行的持续动力使得一些先进的发电技术发展起来。这些技术包括超临界煤粉燃烧、流化床燃烧（FBC）和气化技术。这些领域的许多研究集中在各种部件上。表1所示为各种燃烧和气化技术的现状。

超临界煤粉电厂

这些年来，工业界一个永恒的目标是提高所有燃煤电厂的效率，且已实现。目前，煤粉电厂的热效率一般约为36% - 40%（220bar和540℃）。虽然，提高成熟技术的效率是实现降低污染物排放最容易、最经济有效的方法，但是，蒸汽循环本身具有局限性。

现代超临界煤粉电厂净效率可达约45%（300bar和600℃），这取决于煤种和电厂位置。预计到2020年，效率可达到50% - 55%。这一目标可通过降低电厂损失、提高蒸汽参数（650 - 700℃）和改进运行方法来实现。提高蒸汽参数给锅炉和汽轮机材料提出了许多要求，目前正在进行的工作是开发具有所要求的强度和韧性的材料。

效率大于40%的更先进的系统采用高蒸汽/水参数和更好的结构材料。最大的改进包括二次再热、主蒸汽温度和压力提高，以及最终给水温度和过热器出口温度提高。在这些技术发展的同时，涡轮机设计和用于涡轮机和管道的材料也得到了改进。控制系统也进行了升级。预计先进系统的效率约达45%，同时仍能满足SO₂和NO_x的要求。一些专业大学的院系和公司在进行材料的研究工作。

流化床燃烧（FBC）

流化床燃烧用燃烧空气或O₂的连续气流以形成必需的扰动。颗粒的不断混合促使完全燃烧，并且可使燃烧区保持均匀温度。炉灰在炉床上积累，最终形成颗粒块。流化床燃烧具有以下优于常规燃烧的优点：

炉床可在 900℃ 的温度下运行，高于这个温度，灰熔化并形成炉渣

- 常规的 先进的 气化 混合
- 由于运行温度较低，降低了NO_x。
- 添加合适的脱硫剂（例如破碎的石灰石）将确保SO₂减排90%。

表1. 目前燃烧和气化发电系统的商业现状

	常规的	先进的		气化	混合
	次临界	超临界	加压流化床燃烧 (PFBC)	整体煤气化联合循环 (IGCC)	空气鼓风机气化循环 (ABGC)
成熟度	完全成熟。 有商业化保证。	基本成熟。 商业化厂有保证。	基本成熟。 商业化厂有保证。	主要以煤为燃料的示范厂运行。	处于研究与开发阶段。
机组规模	所有均为商业规模 (一般机组容量为 300 - 1000MW _e)。	所有均为商业规模。	三种规模。	250 - 300MW _e 。目前受大型燃气轮机规模的限制。	建议示范厂规模约 90MW _e 。
燃料适应性	可燃烧多种国际贸易煤。	可燃烧多种国际贸易煤。	将燃烧多种国际贸易煤和低级煤。最适于低灰煤。	虽然未得到证实, 但应能燃烧多种国际贸易煤。实际上不是为低级煤和高灰煤设计的。	应使用多种国际贸易煤。为有效利用低级、高灰煤而设计。
热效率	受蒸汽条件限制。新设计可实现 41%。	目前有可能达到 > 45%, 基于材料的成功开发, 即进一步的研究与开发, 可实现 > 50%	目前有可能达约 44%。通过进一步的研究与开发和 / 或超临界蒸汽循环可得到提高。	目前有可能达约 43%, 但采用先进的燃气轮机和进一步的研究与开发可实现 > 50%。	应达到约 43%。采用先进的燃气轮机和进一步的研究与开发可实现 > 50%。
运行灵活性	可在低负荷下运行, 但性能受限制。	可在低负荷下运行, 但性能受限制。	可在低负荷下运行, 但性能受限制。	实际上只能在基本负荷下运行。	设计表明在低负荷下具有较好的性能。
环境性能	采用FGD和安装低NO _x 系统可很好地减排SO _x 和NO _x 。效率低, 因此CO ₂ 排放高。	效率较高, 可降低SO _x 、NO _x 和CO ₂ 排放。	SO _x 和NO _x 排放低。由于效率高, CO ₂ 排放较低。固体废物难于处理。	很好。惰性炉渣, 固硫, NO _x 排放低。效率高使得CO ₂ 排放低。	没有得到证实, 但应与PFBC一样好。
利用率	证实很好	证实好	经验有限	尚未证实	还没有示范
建设时间	约3年	约3年	约3年	约4 - 5年	约3 - 4年?

流化床燃烧主要分为两类：常压（循环或鼓泡）和加压流化床燃烧，产生的气体进一步膨胀驱动燃气轮机，生产更多的电。一些英国大学具备流化床燃烧的实验室规模的研究能力，而一些公司在不断地开发所需要的设备部件。



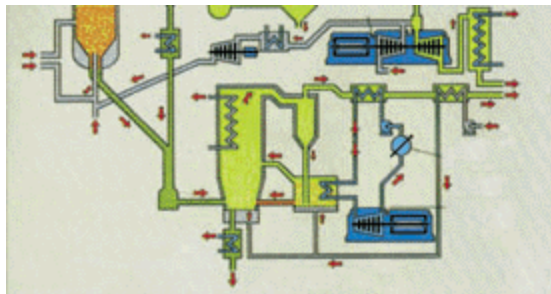


图9. 空气鼓风机气化循环示意图。

空气鼓风机气化循环 (ABGC)

空气鼓风机气化循环是先进的燃煤发电系统，包括一台空气鼓风机加压流化床气化器和一台半焦燃烧器，为燃气轮机提供燃料气，为汽轮机提供蒸汽。空气鼓风机气化循环为高效、低成本发电并改善环境性能提供了潜力。自20世纪90年代初期以来，空气鼓风机气化循环的研究工作一直在进行着，其中许多工作是在英国煤炭公司带领下进行的。自私有化以来，一些独立的公司和一些院校参与了空气鼓风机气化循环研究的各方面工作。

整体煤气化联合循环 (IGCC)

在典型的整体煤气化联合循环发电厂中，煤粉和来自空分装置的 O_2 一起被送入约30bar压力的气化炉中。在约1300 的气化炉中产生粗煤气，然后在冷却到200 之后，用水洗涤去掉杂质。净化的气体在燃气轮机中燃烧。正如空气鼓风机气化循环的情况一样，很多研究曾是由英国煤炭公司实验室进行的，但目前由独立的公司承担，而基础研究由大学承担。

热煤气净化 (HCCU)

热煤气净化的发展是受现有燃烧电厂满足环境法规的需要驱动的。热煤气净化的工艺包括：

- 旋风除尘器和高温静电除尘器 (ESPs)，脱除颗粒物
- 选择性催化还原 (SCR) 和选择性非催化还原 (SNCR)，脱除 NO_x
- 注入干燥脱硫剂，脱除 SO_2 。

其中一些工艺必须在高温下运行才有效，而其它工艺正在改进为适于在高温下应用，以保护下游部件和过程。

气化联合循环的热煤气净化具有提高循环效率和降低成本的潜力，同时仍可实现良好的环境性能。这些工艺包括：

- 旋风分离器用于分离粗颗粒物
- 陶瓷烛式过滤器用于过滤细颗粒物
- 用化学方法除去杂质，例如硫化氢（ H_2S ）、氨（ NH_3 ）、氯化氢（ HCl ）和重金属化合物。

目前，许多热煤气净化工艺正在开发中；预计成功的开发将使商业前景看好，并且使IGCC的应用普及。过去，许多研究工作是由英国煤炭公司进行的，集中于加压循环流化床工艺的烛式过滤器的开发和试验。最近，有关热煤气净化系统的许多工作都与空气鼓风机气化循环的开发相联系。

模拟

一些大学和公司开发出了可用于研究一些问题的模拟技术。这些技术包括：

- 先进的燃烧数学模型
- 计算流体动力学（CFD）
- 燃烧动力学数据的计算
- 煤再燃试验、模拟和电厂可行性
- 神经系统模型和燃煤锅炉电厂控制
- 电厂优化模型
- 燃烧过程中 NO_x 和 SO_x 形成机理的研究
- 煤粉燃烧和气化的痕量元素模型

- 煤和水/生物质热解和液化模型
- 煤层气井的激励
- 岩体压裂的数字模型。

企业名录

ABB自动化公司 (ABB Automation Limited)

Oldends Lane

Stonehouse

Gloucestershire GL10 3TA

电话: +44(0)1453 826661

传真: +44(0)1453 827082

电子信箱: Flow@gb.abb.com

网址: www.abb.com <<http://www.abb.com>>

ABB自动化有限公司是国际上一流的自动化技术供应商,既有单独的产品,也开发综合性的技术。该公司研制的产品和技术包括:控制装置和仪器仪表、电动机、驱动器和电子设备、机器人及通用自动控制技术、船用涡轮增压器系统以及一系列工业专用自动化技术。该公司参与了许多英国贸工部资助的项目,负责研究煤粉流速的控制和通向炉膛燃烧器的气力输送机上的固体分布状况。

Advantica技术有限公司 (Advantica Technologies Limited)

Ashby Road

Loughborough

Leicestershire

LE11 3GR

电话: +44(0)1509 282000

传真: +44(0)1509 264646

电子信箱: service@advanticatech.com

网址: www.advanticatech.com <<http://www.advanticatech.com>>

Advantica公司前身是BG技术公司，即英国煤气（BG）公司下属的研究和技术部，目前该公司在气体再燃领域处于国际领先水平，积累了大量煤粉锅炉低NO_x燃烧技术方面的经验。该公司可向国际性的能源和电力公司、仪器制造公司和工程公司提供咨询和支持服务。Advantica公司在其研究中心建立了专门进行气体再燃研究的大规模试验设施。该研究中心拥有600多名科研人员、工程技术人员和辅助人员。

Advantica公司参与了THERMIE Longannet气体再燃项目，在为苏格兰电力（ScottishPower）公司考虑NO_x减排方案时，首先推荐了气体再燃技术。该项目在技术和工程方面取得了重大成功。Advantica公司具体负责利用自身的实验和模拟技术进行NO_x减排预测。当工程改造完成之后，Advantica公司与Ansaldo公司和苏格兰电力公司密切合作，开展了参数试验项目，并委派了技术人员和提供专门技术，以保证实际试验有效地进行。另外，由Advantica公司牵头合作进行设计（软件）工具的开发，使合作方能将气体再燃技术推广应用于欧洲和世界其他的锅炉上。

Advantica公司拥有一系列试验设备和计算机模拟技术。计算机模拟能力包括：计算流体动力学（CFD）、传热区模拟、物理模拟、平衡计算、火焰特性和化学动力学模拟。试验设备包括小型燃烧器装置和250kW试验炉。另外，可在各种规模的燃烧煤、天然气和石油的试验台上利用多普勒激光风速测定仪（LDA）来测定风速。该公司还能进行实际尺寸的煤粉锅炉试验。

ALSTOM电力公司 (ALSTOM Power)

Cambridge Road
Whetstone
Leicestershire
LE8 8LH
电话: +44(0)116 275 0750
传真: +44(0)116 201 5466
网址: <http://www.technology.energy.alstom.com>

ALSTOM电力公司是世界一流的发电设备制造商，特别是在燃气轮机制造、联合循环发电技术和发电站建设方面处于领先地位。该公司位于莱斯特郡的Whittle试验中心，具备雄厚的研究和开发实力。该中心是世界上技术最先进的工程试验基地之一，是由ALSTOM电力公司投资2000万英镑设计建造的。该中心将新技术的设计和实际应用紧密结合，并提供性能优良的计算机辅助设计工具。该中心装备有大小不一的试验台，有利于对发电的各个环节进行研究。所有的试验过程由一套综合的灵活的数据采集系统控制和监测，类似于发电站的监控过程。

试验中心拥有各种大型试验台，其中包括：

- 改进的4.5MWth燃气轮机的高温示范试验台。该试验台可在比现代的燃气轮机的温度高得多的温度条件下进行部件的试验。该试验台于1995年投入使用，按照模块化结构安装，部件更换容易。

- 高压燃烧试验台。利用该试验台可对高温、高压、不同燃料的燃烧系统进行研究。
- 中流速燃烧试验台。该试验台是高压燃烧试验台的小型化结构。
- 热空气涡轮机试验台。该试验台于1998年投入使用，连接一台高速的7.5Mwth负载消耗设备，主要用于进行冷却涡轮机设计的空气动力学研究。
- 水模拟试验台。该试验台用于研究部件内部及其周围的复杂气流形态。使用多普勒激光风力测定仪（LDV）和激光感生仪（LIF）来测定新的燃烧器设计中的流速、流量及燃料混合状况。
- 电刷密封试验台。该试验台用于确定模拟的发动机环境中电刷密封装置的泄露和耐磨性能。
- 常压燃烧试验台。在常压条件下运行，在加压试验台试验之前提供低成本的燃烧系统基础研究。该试验台可用来研究燃烧室的燃烧特性，例如，温度和污染物排放、热声学特性、对冲点火逆燃可能性、放热的CFD模型的热负荷和热校正。

ALSTOM电力公司还可提供各种各样的气体分析、机械和气体动力仪器仪表，用于测量所需要的各种性能指标。



图10 位于莱斯特郡的ALSTOM Whitfield试验中心俯瞰图（ALSTOM电力公司特许刊出）

Corus RD&T公司

Swinden技术中心
Moorgate
Rotherham
South Yorkshire S60 3AR
电话: +44(0)1709 820166
传真: +44(0)1709 825337
电子信箱: corusgroup.com

Swinden技术中心是英国一家金属制造企业, Corus集团的主要产品研究基地, 其研究领域包括了该集团制造的所有产品, 既重视底层金属冶金的研究, 也关注产品的终端使用问题。对高温条件下使用的钢材的研究方面, Swinden技术中心长期以来积累了丰富的技术和经验, 该中心拥有炼钢和轧钢试验设备和一个规模很大的高温实验室。试验设备有200多个测试点, 可进行蠕变和应力松弛试验。另外, 该中心拥有各种测定材料特性的设备, 包括光学和电子显微、表面分析和机械测试设备。

Swinden技术中心的主要工作是直接向Corus集团提供商业性设备, 同时参与多方国际合作项目, 这些项目资金来自英国贸工部 (UK DTI)、欧盟 (EC) 和欧洲煤炭钢铁联合体 (ECSC)。

CPL工业公司 (CPL Industries)

Mill Lane
Wingerworth
Chesterfield
Derbyshire S42 6NG
电话: +44(0)1246 277001
传真: +44(0)1246 212212
电子信箱: enquiry@cpllaboratories.co.uk

CPL工业公司是一家主要提供各种能源、环保产品和技术服务的公司。该公司已有40多年的发展历史, 在应用研究领域拥有雄厚的实力。研究内容包括: 开发符合环保要求的新型或改进的煤基产品和工艺, 原料煤的新型测试技术, 产品评估和煤加工过程中环境污染研究。

EMC 环境工程有限公司 (EMC Environment Engineering Limited)

Stoke Orchard
Cheltenham GL52 7RZ
电话：+44(0)1242 673444
传真：+44(0)1242 677258
电子信箱：enquiry@cregroup.co.uk
网址：www.emc-environment.com

2000年10月，CRE集团公司的大部分与Eti集团公司以及Monitor欧洲公司（Eti集团公司的姊妹公司）合并组成EMC环境工程公司。新公司集中技术、经验和人才于一体，可提供全面的环境和能源方面的服务，具体服务内容包括：设备制造、分析、咨询、研究和开发、测量和控制技术等。

EMC环境工程有限公司拥有各种各样的研究设施，既有小规模专业燃烧设备可进行规定条件下煤的燃烧特性的精确测定，也有中试研究设施，可提供放大研究所需要的资料。除了拥有煤炭燃烧和气化方面的技术优势之外，该公司在煤炭洗选、处理和灰利用领域也具备强大的研究和开发能力。

EMC环境工程有限公司拥有的研究设备包括：一台150kW灰分沉积单喷嘴粉状燃料试验台，一台350kW流化床，分段立管燃烧炉（SI-DTF），光通立管燃烧器，加热炉栅和平焰燃烧器。该公司的气力输送试验台可对气力输送时煤粉的测量和控制技术进行评估。另外，该公司拥有制备煤粉用的常规带齿盘磨机和新型涡流磨煤机。

Innogy公司（Innogy plc）
Windmill Business Park
Whitehall Way
Swindon
Wiltshire SN5 6PB
电话：+44(0)1793 896298
传真：+44(0)1793 896251
网址：www.innogy.com
www.innogy.com/oe (Innogy Operations & Engineering)

Innogy公司的0.5MW_{th}燃烧试验装置（CTF）在减少燃料开支，避免大型锅炉操作的问题上起重要作用。该公司提供了燃料试验方法。经常在购买燃料之前，进行试验，以便评估它们对操作、环境及其安全性的影响，避免给公司的发电业务造成经济损失。另外，配煤的燃烧性能也可以得到评估，而不必在电站实际进行成本昂贵的工业规模试验。牛津郡的燃烧试验装置的燃烧器、炉膛和烟道与典型的大型电站是成比例的。

尽管以报告的形式来评估一种燃料是否适合于某个电站比较便宜，但得出错误的评估结果的机率是很大的。燃料，特别是混合燃料的燃烧性能并

不总象评估报告中所预期的那样。利用实际电站进行燃料实验是可以的，但这种试验费用昂贵，如果需要试验的煤种很多时，这种方法经济上不合算。小规模实验室试验虽可对燃料进行评估，反试验结果的可靠性较差。因此，最合理的办法是利用燃烧试验装置。

利用电视探测技术 (Video probe technology) 来观测各种大小的带负荷锅炉的一级、二级和三级空气燃烧室。这对于研究运转故障特别有用。

Innogy公司还采用研究锅炉燃烧性能、结渣、结污和排放物的各种仪器，以及一系列小型实验室的煤的特性测试装置 (包括立管燃烧炉)。

三井-巴布科克能源公司 (Mitsui Babcock Energy Limited)

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

网址: www.mitsuibabcock.com <<http://www.mitsuibabcock.com>>

三井-巴布科克能源公司是一家全球性的能源设备供应公司，主要从事发电锅炉和工业锅炉及辅助设备的设计、供应、施工和调试业务。位于伦敦弗鲁 (Renfrew) 的三井-巴布科克能源公司技术中心从事研究开发工作，提供专门的高科技服务，支持公司的主要业务以及为英国和外国商业和企业提供服务。

洁净煤技术研究开发工作主要由下面两个部门承担：

- 加工工艺部，该部门负责开发公司的主导产品生产工艺，公司的主导产品包括：煤粉和其他燃料锅炉用的大型磨煤机、炉内NO_x减排系统、燃烧器及相关设备。
- 材料开发部，该部门包括燃料与化学实验室、燃料技术小组，负责开发公司主导产品的所有材料和其他与燃料相关的方面。

该技术中心拥有大量的煤炭研究实验室和试验设备，包括：

- 燃料分析实验室，该实验室试验设备齐全，得到了UKAS的认可，拥有一批高素质、经验丰富的工作人员。
- 现代化热分析设备。
- 小型磨煤机试验装置：包括一台功能齐全、尺寸按比例缩小的立轴磨煤机。

- 腐蚀性试验台。
- NOx减排试验装置：包括一台150kW下喷煤粉燃烧试验台。
- 多燃料燃烧器试验装置：包括一台大型燃烧器试验台，可燃烧煤、天然气和石油，供热量可达到90MWth。

该技术中心的工作人员参与了各项研究和技术开发项目，既包括公司内部的项目，也包括英国贸工部洁净煤项目办公室和欧盟资助的项目。最近的研究课题包括：

- 煤炭的基础分析和实验室规模测试
 - 磨煤机设计及性能分析
 - 煤和灰的腐蚀性和耐磨性
 - 低NOx排放和适用各种煤质的燃烧设备开发
 - 主要NOx排放控制技术的研究
 - 煤炭燃烧火焰和锅炉炉膛的计算流体动力学模拟
 - 煤灰特性
 - 燃煤锅炉煤气侧表面的腐蚀
 - 新型燃煤锅炉研制
 - 燃煤锅炉中生物质和废物的共利用
 - 燃煤锅炉新材料开发
-



图11. 三井-巴布科克能源公司大型燃烧器试验装置（三井-巴布科克能源公司特许刊出）

国家工程实验室（National Engineering Laboratory）

East Kilbride

Glasgow G75 0QU

电话：+44（0）1355 220222

传真：+44（0）1355 272999

电子信箱：info@nel.uk

网址：www.nel.uk

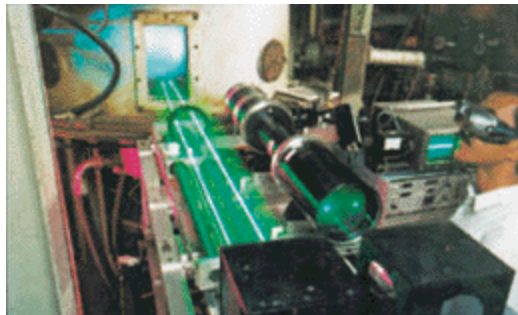




图12. 采用LDA测量燃烧流速（NEL实验室特许刊出）

国家工程实验室（NEL）提供一系列工程、研究和试验方面的服务，支持发电设备制造商和用户。其主要服务范围和设施包括：

- 传热模拟、分析和咨询，包括：
 - 沸腾传热和两相流
 - 两相不稳定性
 - 气体至扩展表面的对流传热
- 热交换器热力设计软件
- 热交换器试验台，包括气冷式和壳管式设计
- 试验炉
- 物理性质软件
- 泵和风机试验装置和设计软件
- 大型结构测试实验室（负荷>3000t）

英国Powergen公司【Powergen UK plc】
电力技术中心（Power Technology Centre）
Ratcliffe-on-Soar
Nottingham NG11 0EE
电话： +44（0）115 936 2362
传真： +44（0）115 936 2363

电子信箱: techinfo@powertech.co.uk

网址: www.powertech.co.uk

电力技术中心拥有各种主要洁净煤技术,充分发挥了Powergen公司的工程和科学技术研究中心应有的作用。该中心的洁净煤技术研究工作包括设计研究和洁净煤电站技术跟踪。作为世界上主要的燃煤发电公司之一,Powergen公司开展洁净煤技术研究工作是非常必要的,可为新项目选择最适用的技术。该公司已拥有几个洁净煤电站的股份,例如Schkopau超临界煤粉电站和W?hlitz流化床电站(德国)。Powergen公司的技术和经验使其能深入评估影响电站整体商业运行性能的各种重要因素。而且,该公司能够公平客观地比较各种洁净煤技术的相对优势,重点是电站的整体商业运转状况。

Powergen公司的技术中心拥有各种研究设备,包括一台1MWth的燃烧试验装置和用Powergen公司的PROATES软件设计的主要洁净煤技术电站的详细运行性能模型。这些模型可用来评估各种燃料、周围环境、设备配置和运行条件下的效率。洁净煤技术的过程模拟和相关的环保设备使公司能预测洁净煤技术可能的污染物排放。

PCME有限公司【PCME Limited】

Clearview Building

Edison Road

St Ives

Cambridgeshire PE27 4GH

电话: +44 (0) 1480 468200

传真: +44 (0) 1480 463400

网址: www.pcme.co.uk

PCME公司提供颗粒流和排放物测定方面的专门技术,向世界各国不同行业(包括电站)提供应用于测定排放颗粒的速度、浓度和质量的仪器。PCME公司参与了英国贸工部资助的许多旨在研制在线煤粉流量计和颗粒排放物在线测量的项目。大量的研究工作是在位于剑桥郡的试验装置和许多实物尺寸的装置上进行的。PCME公司的试验装置如下图所示。

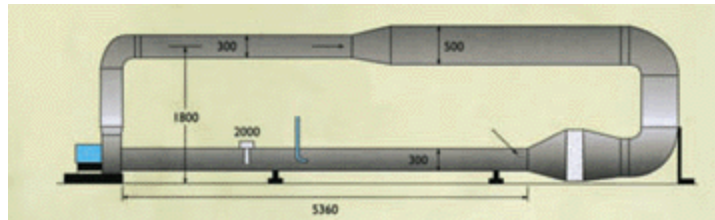


图10 PCME公司的试验装置示意图(PCME公司特别列出)

大学名录

布鲁诺尔大学 (Brunel University)
机械工程系 (Department of Mechanical Engineering)
布鲁诺尔大学 (University of Brunel)
Kingston Lane
Uxbridge UB8 3PH
电话: +44 (0) 1895 274000 x 2907
传真: +44 (0) 1895 256392
网址: www.brunel.ac.uk

机械工程系对内燃机和燃料的研究有着特殊的兴趣。研究领域包括控制系统、模型、燃烧和气化。

数理统计系 (Department of Mathematics and Statistics)
布鲁诺尔大学 (University of Brunel)
Kingston Lane
Uxbridge UB8 3PH
电话: +44 (0) 1895 274000
传真: +44 (0) 1895 256392
网址: www.brunel.ac.uk

该系承担岩体模型的制作。

格兰费尔德大学 (Cranfield University)
发电技术中心 (Power Generation Technology Centre)
工业和制造学院 (School of Industrial and Manufacturing Science)
格兰费尔德大学 (Cranfield University)
格兰费尔德 (Cranfield)
Bedfordshire MK43 0AL
电话: +44 (0) 1234 754753
传真: +44 (0) 1234 754755
网址: www.cranfield.ac.uk/sims/materials

发电技术中心是机械工程学院及工业和制造科学学院的合作机构。实验设施包括：燃烧固体燃料的中试规模流化床气化炉、燃烧器和热煤气净化系统；带式炉、燃烧器试验台（£1700K，£1.8MWth-）：可调控的大气实验室腐蚀和侵蚀试验装置；冷处理模型。所有的设备包括：气体分析仪；金相选；固体分析系统（扫描电子显微镜/能量分散x射线分析（SEM/EDX），X-射线衍射（XRD）等）；精密计量系统；高速视频等等。所具备的经验包括：沉积、腐蚀和工艺过程模拟。

机械工程学院 (School of Mechanical Engineering)

怀特大厦 (The Whittle Building)

格兰费尔德大学 (Cranfield University)

格兰费尔德 (Cranfield)

Bedfordshire MK43 0AL

电话：+44 (0) 1234 754750

传真：+44 (0) 1234 750728

[E-mail : sme@cranfield.ac.uk](mailto:sme@cranfield.ac.uk)

网址：www.cranfield.ac.uk/sme

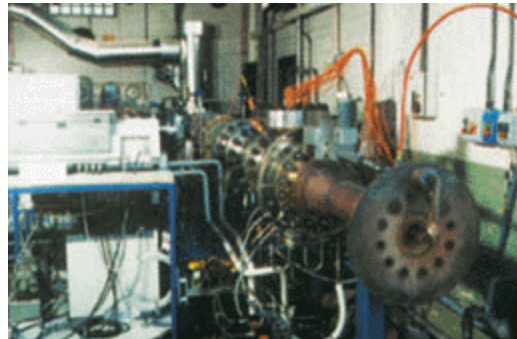


图14. 燃烧试验台（格兰费尔德大学特许刊登）

机械工程学院可以承担一系列与燃烧器、燃烧工艺、传热和设备加工相关的实验和模拟研究。实验设备可模拟燃气轮机发动机循环，>15的增压比（在入口压力和温度下），在入口温度下可扩展到20。预热到720K的空气流量可达3kg/s。设备包括NO₂、馏出油、煤中获得的液体和AVTUR、CO/H₂混合物为主的天然气等燃料处理设备。在紊流火焰和催化方法的基础上的低排放物燃气轮机燃烧方面有着特殊的技能。辅助仪器和分析技术包括专用的气体分析仪（用于一氧化碳（CO），CO₂，碳氢化合物（UHC），NO_x，水（H₂O），氨（NH₃），O₂分析），傅里叶变换红外（FTIR）分析仪和100原子质量单位（amu）的质谱仪。先进的光学激光诊断法适用于反应流和非反应流。该学院拥有自己的燃烧工艺软件SOFIE，该软件尚在不断开发阶段。

还有先进的涡轮机组流程代码和一些设备模拟经验。在热电联产（CHP）和燃料电池方面有少量的，但却是持续增长的研究活动，其主要目标是地方发电，并根据需要进行管理研究。

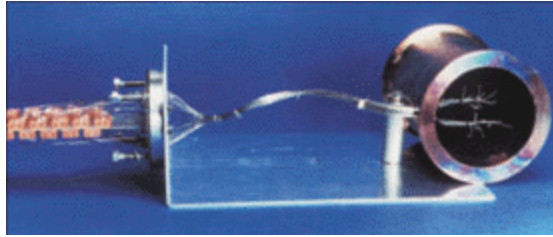


图15. 仪器测量的催化剂整体（格兰菲尔德大学特许刊登）

哈里沃特-怀特大学【Heriot-Watt University】

机械化学工程系（Depart of Mechanical and Chemical Engineering）

哈里沃特-怀特大学（Heriot-Watt University）

Riccarton

爱丁堡（Edinburgh）EH14 4AS

电话：+44（0）131 4513131

传真：+44（0）131 4513077

网址：www.hw.ac.uk/mec

哈里沃特-怀特大学通过开发膜状冷凝的更好的设计技术，和开发管道涂敷新技术以保持涡轮机冷凝器中长期滴状冷凝，以此来提高燃煤电站的性能。涂敷工艺采用等离子体喷镀技术，将几微米厚的涂料涂在普通的钛管上。物理系正与Hick Hargreaves 有限公司和Innogy公司（前国家电力公司的一部分）合作，开发一种管道涂敷技术。机械和化学工程系目前正在开发将这些管道应用在涡轮机冷凝器中所必需的设计信息。

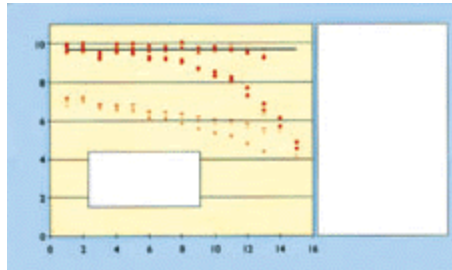


图16. 压力为0.2bar时冷凝器管道上的蒸汽滴状冷凝（哈里沃特-怀特大学特许刊登）

一个射频（13.56MHz）增强型等离子化学蒸镀系统原来的用途是把硅烷和含杂物的气体中的非晶质硅合金蒸镀到加热的平衬底上，现已改造成涂敷直径19mm的金属管，长度可达700mm。薄的等离子聚合物涂层是由低压蒸汽生成的，液体源（如VTMS或HMDSO）是通过质量流量控制器并用 $<1\text{Wcm}^{-2}$ 的射频功率密度提供的。通过DILAB有限公司开发的微波敷贴器，用2.45GHz的交流电可涂敷较短的管道和平板。这使得聚合物和其他一些物质可以从压力较高的气体混合物中沉淀出来，达到厚涂层更高的喷镀率。通过统计实验设计，几种涂料的沉淀条件已经得到了最优化。

用三种测试设备对传热和压力降进行研究：

- 长期装置，可以测试直径10mm 长20mm 厚2mm的涂层样品涂层的长期稳定性。一些样品已经在基本静态的饱和蒸汽中放置了70,000多个小时。
- 单管冷凝器，可以测试直径19mm 长150mm 厚1mm的涂层管。用与实际相符的涡轮机冷凝器条件，50-100mbar压力的蒸汽和10-50m/s的速度进行涂层的试验。
- 管束冷凝器，用来测试15行 5列交错或串联的管束。这种管束的测试条件与具有附加能力的单管设备的条件相似，空气的监控量可提高到5%的质量浓度。这样就可以确保管束能在涡轮机冷凝器的条件下运转，从而使改进的性能在真正的冷凝器中得到重现。

帝国理工医学院（ICSTM）

机械工程系（Department of Mechanical Engineering）

ICSTM

University of London

Exhibition Road

South Kensington

伦敦(London) SW7 2BX

电话：+44 (0) 20 7594 7244

传真：+44 (0) 20 7823 8845

网址：www.me.ic.ac.uk

帝国理工医学院的燃烧小组从事燃烧和排放问题的实验室和理论研究。研究的重点放在工业适用性上。

实验设备包括台式煤炭特性测试仪和一台0.5MW下点火筒状大型试验炉。结构网格和非结构网格基础上的适用于预测任何燃料的工业燃烧炉的二维和三维的数学模型已经开发出来。利用实验和计算工具进行的基础研究包括一定速率的化学反应和部分预混燃烧模型的开发，热辐射模拟，固体燃料燃烧器中结垢和结渣模拟和多燃料燃烧模型的开发等。还开发了燃烧炉中排放氧化氮（NO）和流化床中及其他用途中排放一氧化氮（N₂O）的模型。这些研究经费是由EPSRC、英国贸工部（DTI）、欧盟（EC）以及企业提供的。

燃烧小组还参与国际合作研究项目。例如，该小组最近与中华人民共和国的太原理工大学的合作。

化学工程技术系

(Department of Chemical Engineering and Chemical Technology)

ICSTM

Prince Consort Road

伦敦(London) SW7 2BY

电话：+44 (0) 20 7594 5605

传真：+44 (0) 20 7594 5604

网址：www.ce.ic.ac.uk.

该系的一个约20人组成的研究小组（3名教职员，6名研究助理，1名技术员和8-10名博士生）积极参与英国政府和欧盟支持的洁净煤技术研究项目。这个系专门研究煤炭热解（脱挥发分作用）和气化的基础数据（包括与生物质共气化）。利用精确控制的台式反应器（固定床，金属丝网和流化床）在1000-15000C的温度和>30bar的压力下运行。这个系还拥有一系列测定煤的固体、液体和气体产品--包括痕量元素特性的分析仪器。



图17. 扁平火焰紊流喷射装置中的煤炭燃烧
(ICSTM特许刊登)

图18. Stanton Redcroft TG 760系列热重仪
(ICSTM特许刊登)

最近的项目包括对ABGC气化炉中沉积的氨基和钙基固体的来源跟踪，气化过程中半焦反应性和煤炭/废物共气化中产生的有害排出物的详细的结构分析。

材料系【Department of Materials】
ICSTM
Prince Consort Road
伦敦 SW7 2AZ
电话：+44 (0) 20 7594 6747
传真：+44 (0) 20 7594 6748
网址：www.mt.ic.ac.uk

材料系与洁净煤技术相关的研究领域覆盖了煤炭科学的许多方面，包括煤炭特性，煤粉燃烧，煤中矿物质转换，灰的形成和沉积，半焦特性和NO_x的形成等。

该系有关煤炭矿物质、矿物质转换和锅炉积垢的形成等项研究活动开始于20世纪80年代早期，这些研究是为了提高对煤粉锅炉中煤灰结渣和结垢的形成的预测能力。英国政府和工业界为在ICSTM建立专门用于煤炭燃烧研究的设备提供了资金援助。一种高温夹带流反应器的温度跨度为1200-16500C、长度超过5m，可模拟大型电厂锅炉中的时间和温度条件。沿着反应器长度每隔一段距离采样可以跟踪脱挥发分、半焦的形成和矿物质的转换。使用计算机控制的扫描电子显微镜（CCSEM）对煤、半焦和灰分进行特性鉴定，提供了煤粉和积垢的详细的化学分析、矿物质的分布和共生体的情况。从这些可以得出煤炭质量和灰分的性质与锅炉中形成的积垢之间的联系。

煤炭和灰产品的研究工作在英国的发电厂商、锅炉制造商和煤炭生产商的支持下继续进行，这些设备现在正在被用来研究更广泛的问题。许多问题都是与环境问题相关的，例如在燃烧和气化过程中NO_x的形成、煤炭中的痕量元素和重金属的问题，煤半焦特性和形态，飞灰中未燃碳的成因以及灰处理的问题等。

赫克利环境、地球科学和工程学院
(The Huxley School of Environmental, Earth Sciences and Engineering)
Prince Consort Road
伦敦 SW7 2BP

电话：+44 (0) 20 7594 7354

传真：+44 (0) 20 7594 7444

网址：www.huxley.ic.ac.uk

环境、地球科学和工程学院主要对与原生矿物质资源的特性和开采相关的问题进行基础研究和应用研究，同时解决与环境有关的问题。他们的研究重点放在工业生产的环境和经济评估以及新的污染控制系统的设计和开发等方面。小组的学术和研究人员在以下领域具有广泛的专门技术：地球科学、采矿和采石工程、加工工艺、循环利用、环境监控和模拟、环境统计地质学、空间坐标数据分析、地理信息系统（GIS）、液体和固体废物的处理、遥感和图象处理。

采矿和环境工程系有能力对矿石储量进行评估并规划矿业开采，以及与开采业相关的监控器、模型、实际环境管理等。他们感兴趣的领域包括：

- 环境模拟及监控：环境污染的中枢网络模拟和地理信息系统（GIS）在环境问题分析中的实时监控及应用。
- 矿井寿命周期分析，废物的最小化处理和设计，风险定量评估。
- 老矿井的修复和矸石。
- 矿井的井下气候条件：通风网络，矿井中热量和湿度的预测和控制，井下环境的计算流体动力学模拟；地下矿中污染物的着火及扩散。
- 煤层气（CBM）：煤层储层的特性、渗透性、应力和气体压力、模拟、提高甲烷回收率，二氧化碳减排。
- 矿井瓦斯（CMM）：系统特性，流量模拟，水平和多边的钻井技术，水平矿井中的应力和流量模拟。
- 非爆破开采系统和硬岩开采，采石工程、矿井设计和自动化。

材料高效能应用跨学科研究中心【IRC】

（Interdisciplinary Research Centre (IRC) in materials for High performance Applications）

伯明翰大学(University of Birmingham)

Edgbaston B15 2TT

电话：+44 (0) 121 414 5214

传真：+44 (0) 121 414 3441

网址：irc.bham.ac.uk

材料高效能应用跨学科研究中心（IRC）把在伯明翰大学内三所学院（冶金和材料学院、制造和机械工程学院和化学工程学院）和位于斯旺西（Swansea）的威尔士大学材料工程系联合在一起。研究工作既有公共资助也有私人资助。

IRC提供各种材料的示范用部件的生产、加工和特性鉴定等方面的专门技术。尤其是在发电工业领域里，致力于为涡轮机研究钛铝合金材料。

他们的设备包括一个双管等离子熔化器（是欧洲最大的），可以生产1m长，直径为150mm，可以等温锻造的锭。这些锭的型材可以用在冷壁炉内利用综合熔模铸造设备生产铸件，或者将合金粉化，再用热等压模压（HIP）将其压实。伯明翰大学实验室拥有综合的电子显微设备，可用来测定材料的显微组织的特性，该校还拥有装备精良的机械测试实验室。

由欧洲地区开发基金会（ERDF）投资建的一座网状制造实验室在IRC刚刚交付使用，这大大加强了该中心生产金属和陶瓷材料的示范用部件的能力。该实验室具有综合的工艺流程模拟能力。

曼彻斯特材料科学中心【Manchester Materials Science Centre】

Grosvenor Street

曼彻斯特(Manchester) M1 7HS

电话：+44 (0) 161 200 3617

传真：+44 (0) 161 200 [3586](tel:+441612003586)

[电子邮件：materials@umist.ac.uk](mailto:materials@umist.ac.uk)

网址：www.umist.ac/matsci

该中心的研究重点是金属、合金以及金属基体元件的机械性能和断裂问题。包括电站建设用的多种特种钢在高温下蠕变断裂特性，这些研究可以使人们对蠕变断裂的冶金知识有更多的了解。对显微结构和温度的影响的研究显示在微观空穴损害积累和宏观蠕变断裂增多之间有着密切的联系。

女王大学-培尔法斯特【Queen's University-Belfast】

工学院(Faculty of Engineering)

Ashley Building

女王大学(Queen's University)

Stranmillis Road

培尔法斯特(Belfast) BT9 5AH

电话：+44 (0) 28 9027 4112

传真：+44 (0) 28 9066 1729

网址：www.qub.ac.uk/mpeng

www.ee.qub.ac.uk/power/

www.ch.qub.ac.uk/research.html

女王大学的工学院参与了一系列的研究项目。其中大部分与企业合作研究。工学院已经将先进的控制和模拟技术用于各种研究项目，包括排放物监控和控制技术；结垢和结渣的监控；吹灰器的磨损；性能监控和最佳化；全厂协调控制；以及发电过程各个阶段的技术。科学院中的催化剂组正在研究煤炭和生物质的气化产品的催化燃烧问题。从该院的网页上可以查阅其出版物目录、目前研究项目的详细情况和现有的设备等内容。

苏格兰大学环境研究中心

(Scottish University Environmental Research Centre) (SUERC)

苏格兰企业技术部(Scottish Enterprise Technology Park)

East Kilbride

SUERC

Glasgow G75 0QF

电话：+44 (0) 1355 223332

传真：+44 (0) 1355 [229898](tel:+441355229898)

电子邮件：director@suerc.gla.ac.uk

网址：www.gla.ac.uk/surrc

SUERC是由苏格兰大学财团开办的一个多学科的研究中心。该中心在广泛的应用领域中具有很强的科研能力。该中心的主要研究能力是能够通过测定同位素来确定化合物的特性-这项技术可以用来均分化化合物的来源。例如，同位素丰度比可以用来对烟道气中有害成分，如多环芳香烃 (PAHs) 和NOx定性和定量。目前正在与诺丁汉大学联合开发这项技术的应用。SUERC中心最近已经分析了从一个型煤厂周围采集的PAHs样品，证明样品中PAHs的大部分成分并不是该厂产生的。

阿斯顿大学 (University of Aston)

生物能源研究小组 (Bio-Energy Research Group)

工程与应用科学学院 (School of Engineering and Applied Science)

化学工程与应用化学系 (Department of Chemical Engineering and applied)

阿斯顿大学 (Aston University)

伯明翰 (Birmingham) B4 7ET

电话：+44 (0) 121 359 3611

传真：+44 (0) 121 359 6814

网址：www.aston.ac.uk

生物能源研究小组在生物质与煤炭的共利用和新液化催化剂的使用以及其它煤炭利用技术方面有着广泛的专门技术。

巴斯大学(University of Bath)

化学工程系(Department of Chemical Engineering)

巴斯大学(University of Bath)

巴斯(Bath) BA2 7AY

电话: +44 (0) 1225 826133

传真: +44 (0) 1225 826894

网址: www.bath.ac.uk/departments/chemeng

化学工程系的煤科学研究工作主要是煤和煤半焦的表面性质及孔结构等领域。研究的焦点是揭示煤或焦炭的表面和孔隙特性与在气化、燃烧、炼铁(高炉中焦炭配料和煤粉喷吹)等应用中的煤或焦炭的实际的或预测的性能之间的关系。

巴斯大学拥有一系列表征孔隙率的实验方法。包括:

- 氦比重法
- 水银孔隙率法
- 光学显微术
- 扫描电子显微镜(SEM)/透射电子显微镜(TEM)
- 显微图象的计算机定量分析
- 扫描探针显微镜
- 吸附等温线(低压/低温, 高压/高温)
- 气体扩散/渗透

还用其他一些方法提供性能数据。包括:

- 热重分析(TGA)

- 程序控温解吸 (TPD)
- 广角X射线衍射

TGA和TPD设备专门用来研究煤炭和煤半焦中固定碳的氧化反应性。



图19. 巴斯大学的研究人员使用高分辨率的热重分析仪来研究煤半焦的气化 (巴斯大学特许刊登)

该系还有用于煤炭结构和特性的模型化及模拟的一系列强大的计算机系统，包括硅图示基线2000多处理器。

该系除了具有测试煤炭和半焦特性的设备外，还有一系列可用于低升温速率 ($<100\text{K}/\text{min}$) 材料热处理的熔炉，温度可高达约2,700K。

伯明翰大学【University of Birmingham】

School of manufacturing and Mechanical Engineering

Edgbaston B15 2TT

电话：+44 (0) 121 414 4215

传真：+44 (0) 121 414 3958

网址：www.bham.ac.uk/manmecheng

化学工程学院(School of Manufacturing and Mechanical Engineering)

University of Birmingham

Edgbaston B15 2TT

电话：+44 (0) 121 414 5330

传真：+44 (0) 121 414 5324

网址：www.bham.ac.uk/chemeng

冶金和材料学院(School of Manufacturing and Mechanical Engineering)

University of Birmingham

Edgbaston B15 2TT

电话：+44 (0) 121 414 5220

传真：+44 (0) 121 414 5232

网址：www.bham.ac.uk/metallurgy

工程

伯明翰大学有着先进的材料研究能力。他们根据煤尘特性测试和现场模拟的结果研制出了一种用于过滤器清洁和调整的预测模型。此外，他们还开发了一系列实验室规模试验装置以研究热煤气过滤的主要问题，如脉冲净化的性能和多烛光过滤器的设计等。他们还积极地进行颗粒层除尘器的设计和试验。

该大学已经根据锌 (Zn) 和硫化氢 (H₂S) 之间的气相反应，研究了一种形成硫化锌 (ZnS) 新的途径。硫化锌作为一种惰性产物从反应室中提取出来，进行再生处理，重新利用。他们还注入到热煤气过滤的上升流中的各种钠和钙基的吸附剂进行了动力学模拟研究。进而开发了用干法洗涤技术脱除氯化氢 (HCl) 的预测模型。

先进的成型技术实验室包括能力高达1000吨的压力机，用于部件的等温和热模成型以及金属和非金属粉末的压制成型。机械设备包括放电加工 (EDM)，电子干扰 (ECM)，超声波发生器，磨床，车床和高速铣床。能加工高强度的 (完全硬化的) 和很难用机械加工的高性能的材料，例如工具钢、镍超级合金、铝合金金属复合材料 (MMCs) 和金属间的钛合金。该大学的燃烧项目的研究也在不断增加，目的是提高发电各方面的能量效率，包括内燃机。

该大学有一个独特的设备，可以利用正电子放射颗粒来跟踪不透明系统中的固体颗粒运动。这个设备由正电子图象中心 (物理学院和化学工程学院的联合企业) 来操作，而且已经用来测定混合、流体化和重力流的特性。目前的研究项目包括研究料仓中流动的偏析和用微波进行煤的脱硫 (欧洲煤钢联盟 (ECSC) 提供资金)。

煤钢联盟（ ECSC ）提供资金）。

伯明翰大学制造和工程学院的未来电力系统小组可以提供咨询服务。

材料

冶金和材料学院开发了燃气轮机叶片用的先进的涂料。目前阶段是用抗腐蚀的金属合金（覆盖涂层）给易损表面上涂层，但目前商业化的技术只限于能保护的条件下。为了提供对高温更大的适应性和更好的保护性，一种新的通用的涂料SMARTCOAT正在开发之中。这项技术也是该院与格兰费尔德大学、阿尔斯通电力公司、Praxair公司、扩散合金公司、国家物理实验室和Poeton公司的合作项目的一部分，并得到了英国政府的资助。这些涂层显示了一种假智力响应，它们可以在特殊的腐蚀和温度条件下的部件表面形成最佳的保护氧化层（铬或者是氧化铝）。实验室中有关这些涂料的初步实验结果显示性能很好，第二阶段的研究开发计划正在着手进行。这项技术的特点是通过有限部件的研究来模拟保护氧化层和多层SMARTCOAT结构之间出现的层间裂缝增长。

合作

冶金和材料学院、制造和机械工程学院以及化学工程学院都参与材料高性能应用跨学科研究中心（ IRC ）的工作（见前面有关跨学科研究中心的条目）。

布拉德福德大学【University of Bradford】

化学工程系（Department of Chemical Engineering）

布拉德福德大学(University of Bradford)

West Yorkshire BD7 1DP

电话：+44（0）1274 233638

传真：+44（0）1274 385700

网址：www.brad.ac.uk/acad/chemeng.html

这个系从事气体-固体悬浮物的研究。研究设备包括一台152mm的循环流化床（CFB）立管试验器和一台304mm的循环流化床（CFB）立管试验器。后者是目前英国大学中唯一的一台。

布里斯托尔大学【University of Bristol】

机械工程系（Mechanical Engineering Department）

布里斯托尔大学(University of Bristol)

Queens Building

University Walk

布里斯托尔(Bristol) BS8 1TR

电话：+44 (0) 117 928 8212

传真：+44 (0) 117 929 4423

网址：www.fen.bris.ac.uk/mech/research/material

机械工程系在材料性能、特性鉴定、模拟和控制等领域从事独立的研究工作。以前的和目前的研究已经测试了多晶和单晶形式的镍基超级合金的疲劳性能。还测试了在这些材料上补焊的影响。工业研究还检验了高温焊接部件中残余应力的分布，其目的是确定全三维的分布和在蠕变条件下应力是如何再分布的。对各种钢材中因蠕变造成的裂缝的增大，特别是关于可变负荷条件下的特性行为进行了研究。很大一部分研究已经直接应用到评估电厂部件的结构完整性的方法开发中。

工程数学系(Department of Engineering Mathematics)

Queen ' s Building

University Walk

布里斯托尔(Bristol) BSA 1TR

电话：+44 (0) 117 928 9734

传真：+44 (0) 117 925 1154

网址：www.enm.bris.ac.uk

工程数学系从事流化床的数学模型研究。

剑桥大学(University of Cambridge)

材料科学和冶金系(Department of Materials Science and Metallurgy)

剑桥大学(University of Cambridge)

Pembroke Street

剑桥(Cambridge) CB2 3QZ

电话：+44 (0) 1223 334300

传真：+44 (0) 1223 334567

网址：www.msm.cam.ac.uk

该系为高效电厂所进行的金属合金的研究是通过跨学科的机构和工业合作项目来完成的。其目的是为了在广泛的领域内创造和应用新知识，这说明该系具备预测能力和足够的处理工业实践复杂问题的能力。

该系开发了钢和镍合金的显微结构的计算方法，将显微结构作为化学组成和热处理的函数。该系还能测定机械性能，其范围从简单的强度测定到诸如韧性、蠕变断裂寿命、蠕变的延展性和疲劳性等性能测定。这些计算机模型是在新的基础理论与最现代的实验方法的结合基础上形成的。因此，他们是根据设计工程师和有经验的冶金专家规定的参数开始合金的理论设计。然后制造合金，并在大学中与工业界合作进行了一系列的验证试验。这样的程序避免了合金设计的反复试验，从而节省了时间和资源。

实验验证是研究工作的一个重要的方面。该小组因此投资建了一台高温X射线分析设备，两台热机模拟器，一台高能激光热机疲劳测试设备，高温差示式扫描量热仪（DSC），一台原子力显微镜（AFM），一台定位图象显微镜，各种各样的计算工作站和材料算法程序库。除此以外，该系还有透射电子显微镜（TEM），X射线衍射（XRD）和机械测试设备。

该系为电厂所进行的研究的重点包括：作为技术预见任务，研究发电用的新型抗蠕变钢材和镍合金成功的理论设计；第一个同步反应的Avrami理论；第一个粒子计算热力学模型；抗蠕变产生；机械方法合铸金属的旋转晶粒结构；为钢和镍合金的显微结构和特性设计的一套综合模型以及为电厂钢材的焊接设计的一套综合模型。

加的夫大学(University of Cardiff)

机械工程部 (Division of Mechanical Engineering)

加的夫大学 (University of Cardiff)

Queen ' s Buildings

The Parade

PO Box : 685

Cardiff CF24 3TA

电话：+44 (0) 292 087 4797

传真：+44 (0) 292 087 4317

网址：www.engin.cf.ac.uk

该机械工程部长期从事洁净煤技术研究,拥有锅炉、燃烧炉和燃气轮机试验台等大规模燃烧研究的独特设备。其研究成果得到欧盟承认和授奖、加的夫大学的试验台向欧洲研究人员开放，供研究培训用，不久前被授予Marie Curie培训基地，在英国，该系获得威尔士开发机构颁发的“优秀能源研究和服务中心”奖。

试验设施置于按目标建设的实验室中，并装有3台2MW试验炉系统，用于燃烧液体、气体、生物质或煤基燃料，包括：

- 研究许多气化工艺生产的低热值煤气高效燃烧的涡流燃烧器/燃烧炉系统（2MW）。
- 专门设计的光路火焰稳定器的燃油或燃浆状燃料的燃烧炉（2MW）。

- 为进行热负荷和排放/辐射研究，在燃劣质煤气/低热值煤气燃烧炉中（0.5MW）燃烧生物质/煤炭/垃圾燃料（RDF）的液态排渣式旋风燃烧器（2MW）。
- 用于直接燃烧固体燃料的燃气轮机研究的非液态排渣式旋风气化炉(0.5MW)。

该工程部还装备了一些小型气化炉、热解器和炉窑，用于燃烧诸如生物质或煤炭等固体燃料。所有系统除了留有用于常规煤气取样孔和温度测量的孔外，还设计有宽光学通路，通过石英窗进行先进的激光诊断测量。

试验分析仪器很全面，包括激光诊断技术、激光多普勒风速仪（LDA）、相位多普勒风速风向测定法、PIV和高速流动显形。气体分析设备包括CO、O₂、SO_x、CH₄、NO、NO_x在线分析。通常气化工艺所需要的更详细的分析，采用适当的等动探头取样、过滤系列、冷却系统和气相色谱分析仪进行。该系拥有一个完备的化学实验室，对收集的样品进行详细的分析，包括挥发性盐类、挥发分、固定碳、灰分和灰成分分析等详细的分析。备有电子显微镜，对收集的颗粒物进行分析和研究。

该工程部有用于计算流体力学的大型计算设施，FLUENT、CFX和一个6个处理器硅图解原点系统取得30个许可证，可以对各系统，在燃烧条件下，进行高达300000个单元的模拟。

爱丁堡大学【University of Edinburgh】

化学工程学院 (School of Chemical Engineering)

King 's Building

Edinburgh EH9 3JL

电话：+44 (0) 131 650 4860

传真：+44 (0) 131 650 6551

网址：www.chemeng.ed.ac.uk

化学工程学院从事与煤粉给料和运输系统相关的气-固相扩散系统的光通量测量的研究。

流体力学小组【Fluid Mechanical Group】

机械工程学院 (School of Mechanical Engineering)

Sanderson Building

King 's Building

Edinburgh EH9 3JL

电话：+44 (0) 131 6505684

传真：+44 (0) 131 667 3677

网址：www.mech.ed.ac.uk/research/fluids

爱丁堡大学流体力学小组进行大量公共资助的研究，为工业界提供大量的模型服务。最近对空气-颗粒两相流的研究工作表明，当用球形颗粒对煤炭这样的不规则颗粒制作模型时，运输性能将出现约10%的误差。



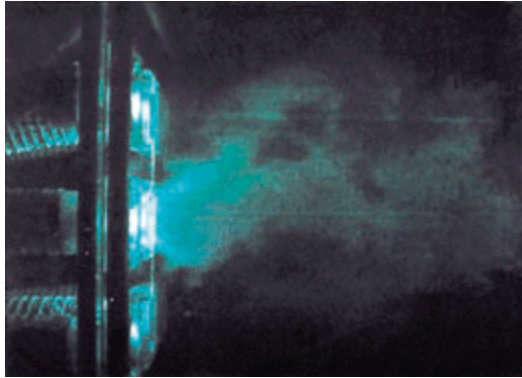
图20. 9个可变倾角燃烧器按方格排列的模型炉(爱丁堡大学特许刊登)

因开发和应用PIV而享有盛誉的流体力学小组,于1995年建立了在国际上居领先地位的新的流体力学实验室,其主要目的是进行最先进的光通量测定。增添的设备包括两台数字交互作用摄像机、一台4Mb自动对焦摄像机和一台三分量光导纤维激光风速仪(LDA)用于各种罐、水槽和气流试验台。

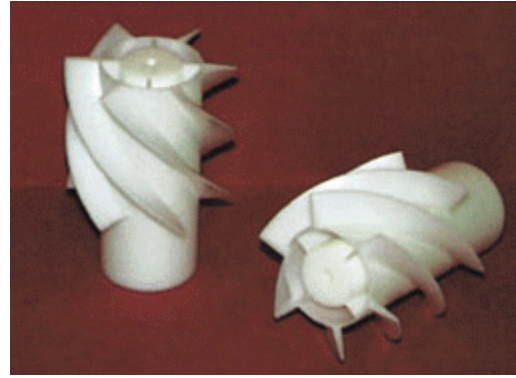
该小组目前正在研究炉膛中燃烧器之间的相互影响,以确定减少间距对燃烧器内流体特性的影响、从而引起的对效率和NOX水平的影响。该小组正在与三井巴布科克能源公司合作,进行“为减少炉内NOX而优化燃烧室设计”的项目。已建成一个比例为1:10的9个燃烧器排列模型,将流动场的三分量光导纤维激光风速仪测量结果与利用FLUENT建立的模型进行比较,以量化燃烧器之间的相互作用。该项目同时包括流动显形和PIV,能表征流

动场空间变化特性。

另一个项目“应用计算流体动力学模型进行研磨分级机设计”是与三井巴布科克能源公司一同进行的，将考察煤炭分级机的模拟和设计变化对这些分级机效率的影响。



21. 利用激光束得到的炉子中心燃烧器的流动显形
(爱丁堡大学特许刊登)



22. 外侧旋流和轴心流的燃烧器模型
(爱丁堡大学提供特许刊登)

地质与地球物理系【Department of Geology and Geophysics】

爱丁堡大学 (University of Edinburgh)

West Mains Road, Edinburgh

电话: +44(0)131 650 4843

传真: +44(0)131 668 3184

网址: www.admin.ed.ac.uk/scieng/geol/res.htm

地质和地球物理系的岩相实验小组已对在加压气化炉环境下熔化相之间的关系进行了研究。该小组专门进行在常压和增压下的相关性和熔化研究。试验设施包括专门的实验室，装备额定压力为1Gpa的气体压力容器，一套水热合成容器以及一些控制气氛的炉子，能进行温度高至1800C时的相关性的研究。最近，该实验室又增添了一台3Mpa混合气体炉，该气化炉是为解决与煤气化有关的问题设计的，进行在控制的气-水混合物下，包括“新鲜”蒸汽，温度至1200C的传导性和熔化探测研究。设计经验和车间设施可对试验产生的问题事先采取积极的办法，可设计新的试验装置，为具体项目专门制造设施。本系欢迎合作研究项目。

土木与环境工程学院【School of Civil and Environmental Engineering】

筒仓研究小组 (The Silos Research Group)
工程部 (Division of Engineering)
爱丁堡大学 (University of Edinburgh)
Edinburgh EH9 3JN
电话: +44 (0) 131 650 5725
传真: +44 (0) 131 650 6781
网址: www.civ.ed.ac.uk

该筒仓研究小组利用试验和计算模拟技术,进行从工业直接应用到基础科学研究的工作。其主要研究领域包括:

- 迅速可靠地评估煤的处理能力。为此目的,已成功开发了一种快速测试器--爱丁堡粘聚力测试器,并进行了两次现场试验。试验表明,这种测试器可准确和反复地预测混煤的加工性能。这种测试器已在英国的许多煤矿中使用并正在申请商业开发许可证。
- 配煤对策。正在研究一项科学的配煤技术,使在煤源变化较快的条件下,易于操作,该技术还涉及粘性煤的问题,否则这些煤在生产中要被丢弃。这项对策必然还涉及煤炭的所有规格要求(即发热量,SOX等)。而这些比煤的配煤操作要更容易做到。
- 煤仓的功能与结构设计/评估。粘性煤常常堵塞煤仓出口,造成更多费用及设备运转中断。这个问题大部分取决于煤仓的形状和特点以及所装的煤的形状与性质。该研究小组拥有煤仓评估的相当丰富的专业知识,这些知识已多次用于有关煤仓是否与合适的煤相对应的法庭调查中。
- 为研究煤仓压力和煤仓中煤的流量,对煤炭的机械性质进行测量。对煤炭储运性的测量是与煤仓压力计算和煤流量评估结合进行,以开发煤仓改造的新技术。这项工作使煤仓改进中,能以最少成本防止煤流阻塞。
- 煤仓问题(即架拱,长裂缝)和煤斗衬砌的数学和分析模型。正在利用复杂的计算模型和新的模拟评估煤仓出口和排料配置,获得每个煤仓由于出口上部的架拱或中部以下的长裂缝造成堵塞的倾向的更广泛的科学评估。

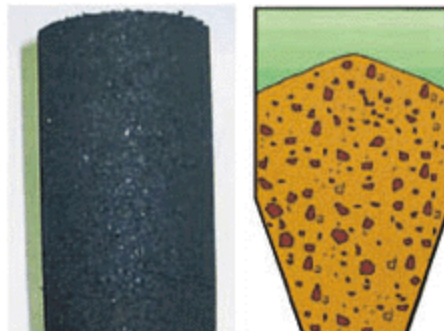




图23. 煤炭的可处理性问题范例(爱丁堡大学特许刊登)

这些项目的大部分由英国煤炭利用研究会/英国贸易与工业部联合资助协议、RJB采矿公司和其他英国工业提供资金。

埃克塞特大学【University of Exeter】

计算机科学与工程学院 (School of Computer Science and Engineering)

埃克塞特大学 (University of Exeter)

Exeter EX4 4QF

North Park Road

电话：+44 (0) 1392 264061

传真：+44 (0) 1392 217965

该学院已为工业锅炉研制出神经网络控制器。

坎博内矿业学院 (Camborne School of Mine)

埃克塞特大学【University of Exeter】

电话：+44 (0) 1209 714866

传真：+44 (0) 1209 716977

坎博内矿业学院是国际上承认的从事地球自然资源的形成、发现、开采和利用及以后的复田有关的研究中心。已进行了有关粉尘、瓦斯和煤矿酸性排水的环境控制措施方面的研究。该学院拥有监测和分析煤矿粉尘和瓦斯排放的能力和设施。还可提供有关减少和处理煤矿粉尘和瓦斯措施方面的专家指导。

与此同时，正在研究利用泡沫浮选技术对细粒煤进行洗选。在目前的一个项目中，正在研究使用各种浮选剂对英国和印度的煤炭进行洗选时，温度对浮选性能的影响，目的是优化浮选剂的选择和使用条件，水温常常因季节而有很大变化。

该学院通过其咨询机构，对与工业规模CO₂及碳酸盐形成减排有关的主要环境影响开展了研究。这是由英国康沃尔郡Redruth的CSMA咨询公司在1999年进行的一项研究引起的。这项研究是由国际能源机构的温室气体研究与开发计划资助的。

格拉摩根大学 (University of Glamorgan)

设计与先进技术部 (Division of Design and Advanced Technology)

技术学院 (School of Technology)

格拉摩根大学 (University of Glamorgan)

Pontypridd CF37 1DL

电话: +44 (0) 1443 482974

传真: +44 (0) 1443 482231

网址: www.glam.ac.uk

该设计与先进技术部开发了一些替代方法,利用神经网络为基础的非线性模型来控制锅炉设备。这些网络能辨认输入和输出数据的复杂模式之间的联系,并用公式表示出。以计算机为基础的神经网络是一个很简单的生物脑的模型,它能学习、能对模式进行分类、能确定不同信号之间的相似点。该部拥有设计神经网络,特别是用于小型工业锅炉的神经网络的专门知识。

该部以前的工作集中在开发链条炉上,结果开发出神经控制器,并在一台3.7MW链条炉上成功进行了试验。下一步工作是在一台300KW的中试规范流化床和一台3.7MW热水锅炉上放大和推广使用控制器。

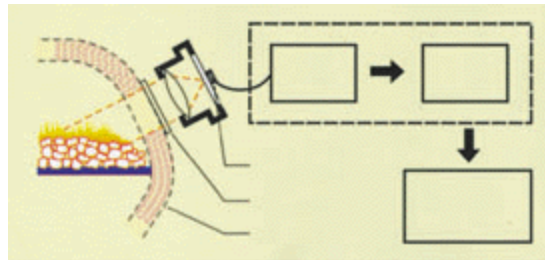


图24.火焰前沿监测器和数据自动记录器示意图(格拉摩根大学特许刊登)

格林威治大学 (University of Greenwich)

沃尔夫森散装固体处理技术中心

(The Wolfson Centre for Bulk Solids handling Technology)

格林威治大学 (University of Greenwich)

Wellington Street

Woolwich

伦敦SE18 6PF

电话: +44 (0) 20 8332 3333

电话: +44(0)20 8331 -8646

传真: +44(0)20 8331 -8647

网址: www.bulksolids.com

沃尔夫森散装固体处理技术中心是格林威治大学工程学院的一部分。在过去25年中,该中心积极从事多种固体燃料和药剂以及它们在炉中、干式除尘器中和辅助设备中的灰分的测定、处理、储存和运输等方面的工作。

该中心具体的专门技术领域包括在线质量流速监测、气力输送、料斗、筒仓、料箱和煤仓(包括给料机和排料辅助设备)、设备的防磨损、磨损和腐蚀材料的处理以及处理和贮存对正在运输的物料的影响。



图25. 装备齐全的大型试验装置(格林威治大学特许刊登)

一个有经验的专职咨询组提供故障查找、工程论证、新项目设计服务、材料特性鉴定和一般咨询服务。一大批研究人员正在为解决与固体燃料和灰处理、加工和测量有关的问题而进行研究,因而不断产生处于领先边缘的技术(见图25)。

该中心可为工业界的工程师提供这些技术所有方面的短期培训,现有各种手册和出版物可供购买。

哈德斯菲尔德大学 (University of Huddersfield)
热研究中心 (Centre for Thermal Studies)
实用技术学院 (School of Applied Sciences)
哈德斯菲尔德大学 (University of huddersfield)
Queensgate
哈德斯菲尔德 (Huddersfield) HD1 3DH
电话: +44 (0) 1484 473178
传真: +44 (0) 1484 [473179](tel:+441484473179)
[电子信箱: CTS@hud.ac.uk](mailto:CTS@hud.ac.uk)
网址: www.hud.ac.uk/sas/chem/cts.htm

该热研究中心提供一种独立的专职商业合同研究和由有广泛工业经验的专家进行的试验服务。该中心拥有一套先进的热分析设备, 可提供一系列物料特性分析方法, 并得到包括X射线衍射和色质联用测定法等辅助技术的支持 (GC-MS)。

可提供的技术还包括:

- 同步热重分析-质谱 (TGA-MS, 10000C) 和同步热重分析 (TGA) -差热-质谱 (MS) (15000C)。已研究出一些专门的注射技术, 这些技术能够定量确定诸如CO₂、CO和NO_x等排出的气体。
- 控制样品的热重分析。该技术可使样品温度和气体浓度梯度都降至最低, 使得氧化和热解研究控制在3-1000mg质量范围内进行。除了进行包括动力学研究等对材料的特性鉴定外, 该项技术可用在小心控制的条件下制备半焦。配备了两台样品控制热天平, 操作温度可达10000C。
- 高温差示扫描量热法。有一系列可在温度高达15000C下使用的差示扫描量热装置, 和一台利用光电探测器系统探测燃烧反应的装置。

其他技术包括带有视频和反射光强度设施 (10000C) 的反射光热显微镜检查法、调节温度的差示扫描量热法 (6000C) 和燃烧量热法。

赫尔大学 (University of Hull)
表面工程研究中心 (Research Centre in Surface Engineering (RCSE))
工程系 (Department of Engineering)
赫尔大学 (University of Hull)
赫尔 (Hull) HU6 7RX
电话: +44 (0) 1482 465073
传真: +44 (0) 1482 466477

网址：www.hull.ac.uk

表面工程研究中心专门从事提高摩擦、热和化学特性的涂敷和处理工艺的开发。该中心重点放在真空和等离子体方法,同时积极开发热喷(高速含氧燃料)和无电喷镀系统。该中心拥有各种摩擦和机械设备,同时拥有抗腐蚀评估设施。

过去进行的研究包括对下面各项的开发：

- 诸如离子和等离子体渗氮/渗碳的等离子体散射方法，以提高不锈钢等材料的耐磨性。
- 采用溅镀多层涂层（例如金属碳化物和钻石状碳），提高轴承表面的滑动摩擦和耐磨性。
- 采用电子束法，用于耐应变隔热涂料喷镀（例如稳定氧化钇的氧化锆涂料）。
- 用于先进的燃气轮机发动机的高速含氧燃料热喷涂料。
- 用于高温滑动触点的Ti-Al-B-C-N那诺复合涂料。
- 用于帮助选择涂料和处理方法的计算机专家系统。

利兹大学【University of Leeds】

燃料和能源系(Department of Fuel and Energy)

利兹大学(University of Leeds)

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/fuel.html

燃料与能源系进行洁净煤技术工艺的实验室或小型加热试验,具有洁净煤技术基础研究的能力,并拥有对小试、中试和工业规模研究的计算机模拟能力。

该系拥有的设施包括两台能够测定煤和半焦反应性和NO_x释放速度的立管反应器，即（1）一台20kW煤粉反应器：（2）一台200kW再燃设施，用于为减少NO_x测试煤的可混性。这些试验台用于研究分段燃烧、选择性非催化还原（SNCR）和再燃。200kW装置用煤粉或丙烷作为主要燃料，再燃燃料和空气通过沿燃烧器排列的许多入口注入。

该系还拥有为控制NOX而进行分段燃烧的200kW循环流化床。

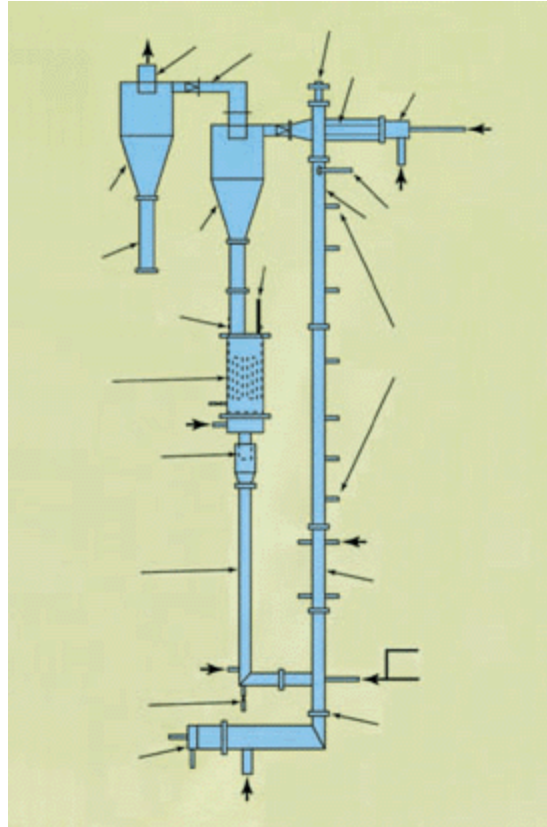


图26. 循环流化床燃烧示意图(利兹大学特许刊登)

小型实验室设施包括热重分析、高温探头和与气相色谱（GC）、色-质联用（MS）和傅里叶转换（FTIR）设施相连的电阻丝加热反应器,这些设施能获得有关挥发份和半焦产品的燃料-N含量方面的信息。

正在使用脱挥发分理论网络模型计算半焦和挥发分产率及它们的氮含量。使用这些模型计算煤半焦和挥发分产率及它们的组成,这些数据用于循环流化床模型,预测低NOX燃烧器、再燃系统和燃烧室的特性。煤在低NOX燃烧器中不完全燃烧将使一定数量的未燃炭留在灰分中。上述试验和理论方法也可提供有关碳燃尽的信息。

采矿与矿物工程系【Department of Mining and Minerals Engineering】

University of Leeds

利兹(Leeds) LS2 9JT

电话：+44 (0) 113 233 2788

传真：+44 (0) 113 246 7310

采矿与矿物工程系拥有以下与洁净煤有关的专门技术：

- 适用于岩石力学和粒状物流动等不同成分模拟（DEM）方面的强大的知识基础。
- 各种物料（如过滤用多孔物质、多孔介质、填充颗粒物等）微观结构和特性的模型制作。
- 地球统计学模型、评估和模拟（地质模型、用现场数据预测可洗性、资源估计与价值评估、地质危害预测）。
- 煤层模型：地质构造的三维模拟。
- 优化采矿作业的生产计划的财务评估和模拟（利兹开发出获奖的软件包MINVEST）。
- 煤炭洗选技术及评估方法。
- 煤样制备及分析。
- 流化床燃烧，用微波沥滤法对煤炭进行化学清洗。

该系拥有多种检测仪器和设备。检测仪器包括微层析X射线摄影系统、X射线荧光分光仪和X射线衍射仪。设备包括：重介旋流器、利兹泡沫浮选槽和浮选柱、重液分选装置、高强度磁力分选机（湿式和干式）、煤炭破碎和研磨设备、灰分分析仪、氧弹量热器和定硫仪。

地球科学系【Department of Earth Science】

利兹大学 (University of Leeds)

利兹(Leeds) LS2 9JT

电话：+44 (0) 113 233 5222

传真：+44 (0) 113 233 [5259](tel:+441132335259)

电子邮件：sulphur@earth.leeds.ac.uk

网址：<http://earth.leeds.ac.uk/research>

地球科学系拥有一个一流的硫地球化学研究小组。在煤炭燃烧技术方面，该系拥有用于硫形态分析和回收、煤中硫的同位素化学研究和测定各种形态硫反应性的专门技术和设备。

燃烧动力学资料中心 (Data Centre for Combustion Kinetics)

化学学院 (School of Chemistry)

利兹大学 (University of Leeds)

利兹 (Leeds) LS2 9JT

电话：+44 (0) 113 2336486

传真：+44 (0) 113 2336401

网址：www.chem.leeds.ac.uk

基本反应的速率系数是大部分燃烧模型的关键。这些数据是全世界进行试验和理论研究的结果。在过去30年中，利兹反应动力学数据中心满足了汇编综合文献目录的需要。

利兹大学在化学反应动力学数据的评估方面同样居领先地位。测定速率系数是一项很困难的试验工作，在不同的实验室中对相同反应作出的测定结果，常常有很大差别。对工程师，甚至是对化学家来说，很难评估和利用这些数据，因此，利兹大学的数据整理和出版的速率系数和相关误差是一项重要工作。

机械工程系 (Department of Mechanical Engineering)

燃烧研究小组 (Combustion Research Group)

利兹大学 (University of Leeds)

利兹 (Leeds) LS2 9JT

电话：+44 (0) 113 233 2186

传真：+44 (0) 113 242 4611

网址：leva.leeds.ac.uk

煤炭燃烧基本模型建立所需的第一步是成功模拟层流火焰。为此，利兹大学开发出层流燃烧的化学反应动力学模型并在一个独特的低压扁平火焰燃烧器中得到验证。这项试验通过扩大反应区，火焰有了高的空间分辨率。目前研究计划的目的是进一步开发煤炭燃烧模型的基本方法和用层流火焰测量来验证此方法。

已获得小粒度煤炭燃烧的详细测试定结果，包括样品浓度、气体与颗粒速度、燃烧速度、粒度和气体温度。利用相干反斯托克斯拉曼光谱仪（CARS）测定温度，这是一种尖端的激光技术。

根据试验结果，正在开发数学模型，主要集中在大量脱挥发分区域中气体的组成，同时研究的还有NOX动力学和粒子动力学。

莱斯特大学【University of Leicester】

工程系(Department of Engineering)

莱斯特大学 (University of Leicester)

莱斯特(Leicester) LE1 7RH

电话：+44 (0) 116 252 2569

传真：+44 (0) 116 252 [2619](tel:+441162522619)

[电子邮件：engineering@le.ac.uk](mailto:engineering@le.ac.uk)

网址：www.le.ac.uk/engineering

工程系具有先进的静电除尘器设计经验。

该系大部分研究是与工业部门一同进行的。例如，最近，该系与制造供电系统和电网的国家电力公司（从Innogy公司分离出来的）和Elequip公司共同进行一项研究项目。该项目成功地为静电除尘器开发出一个可控、可变波形的高压供电系统。这个新的供电系统能够提高现有的静电除尘器的除尘效率，已在Innogy公司的Didcot电站进行了测试。

纽卡斯尔大学【University of Newcastle】

北部碳研究实验室 (Northern Carbon Research Laboratories (NCRL))

化学系 (Department of Chemistry)

Bedson Building

University of Newcastle upon tyne

Newcastle upon Tyne NE1 7RU

电话：+44 (0) 1912226000

传真：+44 (0) 191 222 6929

网址：www.ncl.ac.uk/chemistry

www.ncl.ac.uk/carbon/carbon

北部碳研究实验室在煤粉燃烧方面的主要能力是在与煤炭和半焦结构有关的半焦的反应性、孔结构测定和NOX释放方面。

近年来,进行了排放的NOX与煤的显微组分、半焦的反应性、孔结构特点和焖火(温度和停止时间)之间关系的研究。此外,使用X射线近边缘结构光谱仪(XANES)测定煤半焦和碳中含氮功能团。

该实验室还进行脱除空气和烟道气中百万分之一含量的挥发性有机化合物、二恶英、呋喃和汞的吸附剂的研究。大部分工作涉及活性炭和碳分子筛的使用,而同时对诸如MCM41沸石和多孔框架材料也进行了研究。已开发了研究吸附动力学和在高温下(300⁰C)常规等温线的技术。

该实验室拥有下列设备:

- 两台用于半焦制备和燃烧研究(15000C)的常压载流反应器。
- 常压热重分析仪。
- 连接一台质谱仪的高压热重分析仪(10Mpa, 10000C)。
- 连接一台质谱仪(15000C)的热重分析仪。
- 利用气体吸附技术和化学吸附研究测定半焦的孔隙率和表面积的最新设备。
- 反射和荧光技术的光学显微镜。

诺森布利亚大学【University of Northumbria】
Surface Engineering Research Centre
Advanced materials Research Institute
School of Engineering
Ellison Building
University of Northumbria
Newcastle upon Tyne NE1 8ST
电话: +44 (0) 191 227 3636
传真: +44 (0) 191 227 3684
网址: amri.unn.ac.uk

表面工程研究中心的主要研究领域包括:

- 与气化有关的材料和涂料的研究。
- 氧化、硫化、氯化 and 热腐蚀。
- 磨损和腐蚀模拟。
- 燃气轮机的涂层。
- 高温摩擦。
- 高温腐蚀过程模拟。

该中心拥有用于洁净煤技术研究的专门设备，他们是：

- 一套分析设备，包括扫描电子显微镜、能量分散光谱仪（EDS）、X射线衍射仪（XRD）、超高真空扫描管式显微镜（UHV STM）和带有高温段的原子力显微镜（AFM）及RAMAN光谱仪。
- 高温摩擦测试设备。
- 大量的高温环境测试设施。
- 喷镀中心装备有磁控管溅射机、电子束物理汽化蒸镀（EB PVD）装置、电镀和无电镀装置以及喷镀和同时喷镀防腐和防磨层的装置。

诺丁汉大学 (University of Nottingham)

School of Chemical, Environmental and Mining Engineering (SChEME)

University of Nottingham

University Campus

Nottingham NG7 2RD

电话：+44 (0) 115 951 4081

传真：+44 (0) 115 951 4115

网址：www.Nottingham.ac.uk/scheme

化学、环境与采矿工程学院 (SChEME) 是诺丁汉大学工程学院下属的一个多学科单位。诺丁汉大学是英国从事科研与教学的一流大学之一。化学、环境与采矿工程学院把从事矿物开采和加工工业研究的科学家和工程师联系在一起。建立多学科研究小组从事科研的能力与环境保护技术的开发和应用相结合，为这个国际称赞的研究单位增强了实力。

化学、环境与采矿工程学院在采矿安全方面，特别是在矿井瓦斯控制和抽放方面拥有国际声望。该学院有从事国际项目的经验，在许多国家中，包括中国、南非、澳大利亚和欧盟国家，通过研究或咨询开展国际项目。与其他英国公司合作，化学、环境与采矿工程学院为中国煤矿原料市场的建立提供咨询服务，最近还承担了煤炭脱硫、煤层气/矿井瓦斯和煤炭地下气化项目。

化学、环境与采矿工程学院在煤层气和矿井瓦斯方面的研究能力主要包括以下方面：

- 强大的计算设备，包括主计算机和台式计算机，广泛用于数字模型应用，例如计算流体动力学。利用这些技术定期对连接的地层断裂及气流和水流进行模拟，以研究矿井瓦斯和地下水的排放和对矿井气储气层模拟。
- 编制有煤层气和矿井瓦斯方面大量信息的“甲烷数据库”，登记的用户可通过该学院网页在短时间内检索到所需要的数据。
- 利用假刚性试验机进行实验室试验，以为确定煤和岩石特性，包括在各种应力条件下的完整的、断裂的和高度破碎的岩石渗透性。
- 化学、环境与采矿工程学院专门研究因井下开采造成的地面沉陷和岩体行为的预测，即在估计空洞程度时需要考虑的一个主要因素，因为这种空洞为报废矿井的瓦斯抽放提供了方便。
- 拥有各种瓦斯监控和分析设备，包括便携式火焰离子化检测仪 (FIDS)、现场工作用的红外和热导监控器，以及供试验室精确分析用的色质联用和红外分析器。为测定瓦斯抽放孔的瓦斯流量和压力，开发了一种便携式系统。这种便携式系统可在含瓦斯空气中安全使用。试验室装置还能用于煤的瓦斯吸附和解吸行为研究，及测定瓦斯含量。
- 开发出了用痕量元素地球化学方法模拟煤田内地层和成岩控制的新技术。这项新技术将大大影响煤层气的开发。支持这项技术的是一种无机解析装置 (包括X射线荧光、电感耦合等离子体原子发射光谱计 (ICP-AES)、SEM、XRD和原子吸收光谱)，以及一套显微镜和图像分析。





图27. 从事英国贸工部资助的英中煤层气中国铁法项目的化学、环境与采矿工程学院成员的合影

燃料技术小组 (Fuel Technology Group)

University of Nottingham

University Campus

Nottingham NG7 2RD

电话: +44 (0) 115 951 4166

传真: +44 (0) 115 951 4115

网址: www.nottingham.ac.uk

燃料技术小组从事各种洁净煤技术的研究。在燃料技术小组内, 一项特殊的专业领域是煤炭特性的研究, 包括煤的有机和无机组分。采用人工和自动岩相分析来评估用于燃烧及其他用途的煤炭, 开发了用于状粒煤和半焦分析的新自动成像分析技术, 并成功地用于预测实际煤粉燃烧中煤的燃尽和气化中大颗粒煤的特性。对煤的无机组分, 大量设备能够进行矿物学和痕量元素的确定。目前开发了煤炭全部溶解的技术, 以测定痕量元素, 同时正在研究超洁净煤洗选新的去矿化处理方法。

正在进行的其他研究项目包括复式特效稳定同位素测量 (^{13}C) 的开发, 它主要用于鉴别环境中来自煤炭、运输燃料和生物质的多环芳香烃 (PAH)。这一方法目前正在扩大到 NO_x 。为改进空气鼓风气化循环 (ABGC) 部分的性能, 进行了有关喷射床气化研究。目前一种用于氨生成研究的 3kg/h 喷射床试验台正在运行中。学院内还有一台能够模拟电厂烟道气条件的静电除尘设备。目前用于研究飞灰中高含量未燃碳的影响。

燃料技术小组的设备包括:

- 工业分析和元素 (CHNS) 分析
- 岩相分析 (反射率和显微组分的测定)
- 反射光与电子显微镜及相关的成像分析设备
- 矿物质的分析: 低温灰化、XRD、X-射线荧光 (XRF)、集成电路俄歇电子能谱 (ICP-AES)
- 公斤级煤粉精选设备

- 小规模超洁净煤生产设备
- 小试和中试规模的显微组分浓缩设备
- 热解和气化产品的分析：质谱、气相色谱和红外分析仪
- 热重分析仪（TGA）
- ^1H 核磁共振（NMR）（流动性研究）
- 复式特效稳定同位素测量（ ^{13}C GC-IRMS）



图28. 诺丁汉大学的静电除尘试验台
（诺丁汉大学特许刊登）



图29. 诺丁汉大学的Hosokawa ACM2P小型研磨机
（诺丁汉大学特许刊登）

牛津大学【University of Oxford】
Department of Materials
University of Oxford
Parks Road
Oxford OX1 3PH
电话：+44（0）1865 273700

传真：+44 (0) 1865 273764

E-mail: enquiries @materials.ox.ac.uk

网址：www.materials.ox.ac.uk

材料系开发了各种适合于煤炭发电用的先进材料。这些材料包括耐热合金，例如钢和“超镍合金”，及高级陶瓷。

牛津工业与应用数学中心

(Oxford Centre for Industrial and Applied Mathematics (OCIAM))

Mathematical Institute

University of Oxford

24-29st Giles

Oxford OX 1 3LB

电话：+44 (0) 1865 270506

传真：+44 (0) 1865 270515

E-mail: ociam @maths.ox.ac.uk

网址：www.maths.ox.ac.uk/ociam

牛津工业与应用数学中心长期对低流化流化床数学模拟感兴趣。特别对床内，如换热装置的影响感兴趣。

曼彻斯特大学 (University of Manchester)

Department of Earth Science) Oxford Road

Manchester M13 9PL

电话：+44 (0) 161 3935

传真：+44 (0) 161 3947

网址：www.man.ac.uk/Geology

地球科学系，包括他们新组建的威廉森分子环境科学研究中心，拥有各种用于固体、液体、表面和界面的总分析（包括微量分析）的设备。这些设备包括目前最先进的电子显微探针、用于研究固体分析的扫描电子显微镜（SEM）（包括用于研究潮湿试样或挥发试样的环境和低温室）、用于液体和有机物分析的质谱仪，以及用于表面和界面成像分析的光谱仪和扫描探针显微镜。在试验室中可以进行各种无机物和相关无机材料的合成，以及成像或分析用的合成或天然试样的制备。还拥有供电化学研究、热分析和表面积分析的设备。

在洁净煤技术方面，开展了对煤中硫化物（特别是黄铁矿）及其表面化学和利用电化学方法（或靠改进的泡沫浮选技术）从煤中分离的电化学的研究。为了在采矿作业前和在采矿作业期间能够预测需脱除的杂质的分布，大规模开展了对这种杂质分布的地质控制研究。还拥有用于煤组成（无机

物和有机物)详细特性鉴定,特别是对杂质或对环境造成危害的、需分离的主要成分进行准确鉴定的先进设备。

朴次茅斯大学【University of Portsmouth】

Business Development Office

Faculty of Technology

University of Portsmouth

Anglesea Road

Portsmouth PO1 3DJ

电话: +44 (0) 2392 842600

传真: +44 (0) 2392 842608

E-mail : busdev-tech@port.ac.uk

网址: www.man.tech.port.ac.uk

多年来,朴次茅斯大学一直积极从事煤炭燃烧的研究。拥有各种炉和等温模型,包括商业锅炉模型,燃烧模拟和等温模拟技术都用来研究改进煤炭燃烧,特别是块煤的燃烧。采用数学模拟和计算流体动力学完成了研究项目。拥有的设备包括以下试验装置:

- 下饲式层燃炉?用于对煤炭燃烧和煤炭/生物质共燃时减少NO_x排放的研究。该炉的连续出力为3.6kg/h。就减少CO₂、SO₂和NO_x排放而言,改进的固体燃料燃烧有利于改善环境。采用下饲式燃烧技术对块煤燃烧进行了研究。研究表明,高热效率和低大气污染排放的改进的小型锅炉设计仍有余地。
- 罐式燃烧器--用罐式燃烧器模拟静止和链条炉排上的燃烧过程,以便研究一次风风速和输送方式、点火和燃尽时间、燃烧速度、燃料层温度梯度、颗粒运动和烟道气排放。该燃烧器可燃烧6-12kg粒级为12-25mm和0-13mm的洗选烟煤,试验时间为60min。采用这种装置研究链条炉排网的气体动力学、燃料层燃烧的数学模型和煤与固体废料的共燃。通过设计,改进的燃烧性能和颗粒运动的控制能够降低干烟气的损失、减少传热表面的腐蚀和减少向大气排放污染物。
- 流化床燃烧器--采用这种燃烧器是为了对煤和煤/废物混合物燃烧和在不同运行条件下烟道气排放进行研究。该燃烧器连续出力为0.3MWth。充分证实了流化床燃用各种煤和其他固体燃料的潜力。为达到有效燃烧,流化床要求有正确的传热面尺寸和布置。另外,排气组成中CO、NO_x和呋喃/二氧化物的含量及它们的相互依存方面都受悬浮段吸热的影响。参考排气成分可调节床内和悬浮段传热,以控制燃烧进度。

雷丁大学【University of Reading】

催化中心(Catalysis Centre)

化学系(Department of Chemistry)

雷丁大学(University of reading)

Whiteknights

Reading RG6 6AD

电话：+44 (0) 118 931 8447 或8454

传真：+44 (0) 118 931 6331

E-mail：chemistry @ reading.ac.uk

网址：www.chem.rdg.ac.uk

化学系从事各种与煤炭有关的研究项目。包括把煤转化成碳作为脱NO_x用的还原剂的研究，并利用高分辨率透射电子显微镜（JEOL 2010高分辨率）对碳进行分析。电子显微镜提供煤原子结构的详细图象，利用这个图象可测定孔隙率并对其反应性进行深入研究。

索尔福德大学 (University of Salford)

Department of Chemical Engineering

University of Salford

Salford

Greater Manchester M5 4WT

电话：+44 (0) 161 295 5081

传真：+44 (0) 161 295 5380

网址：www.salford.ac.uk

化学工程系从事气体净化研究。还采用一种连续工艺进行薄膜法的模拟研究。这种方法利用镍/氧化铝催化剂多孔基质上的钯-银合金的连续层。采用这种工艺，在对于研究工作来说相对短的时间内可完成氨的完全破坏。

曼彻斯特科技大学

(University of Science and Technology in Manchester (UMIST))

Corrosion and Protection Centre

UMIST

PO Box 88

Manchester M60 1QD

电话：+44 (0) 161 236 3311

传真：+44 (0) 161 200 4865

E-mail：Materials @ umist.ac.uk

网址：www.chem.umist.ac.uk

曼彻斯特科技大学腐蚀与防护中心是世界规模最大的从事腐蚀与腐蚀控制研究的学术部门。该中心拥有各种仪器和试验设备。例如，该中心拥有更新环路的高温和高压腐蚀设备、应力-腐蚀试验装置和高温侵蚀-腐蚀仪器。

谢菲尔德大学 (University of Sheffield)

Department of Chemical and Process Engineering

Mappin Street

University of Sheffield

Sheffield S1 3LD

电话：+44 (0) 1142 222 7500

传真：+44 (0) 1142 222 7501

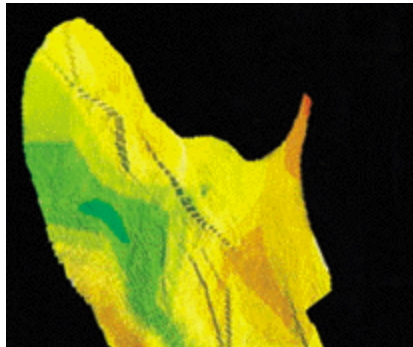
网址：www.shef.ac.uk/uni/academic/A-C/cpe

化学与加工工程系开发并优选了能源和污染管理系统，其中包括由综合技术产生的综合叠加优点。研究的目的是提出高效低污染产能系统，同时能够对废物进行处理。

目前（2001年）的研究项目包括：

综合系统

- 带辅助燃料的低质过热蒸汽
- 蒸汽与联合循环结合



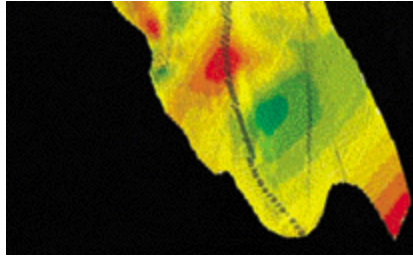


图30. 按整个煤层硫变化编码的煤层结构网（设菲尔德大学特许刊登）

气化

- 利用垃圾焚烧炉产生蒸汽进行煤炭气化
- 煤炭和生物质的过焓共气化



图31. 独特的整装式球形探测器（设菲尔德大学特许刊登）

污染控制

- 利用回热加热对有毒飞灰去毒的能效工艺
- 大型锅炉燃烧后二恶英/呋喃的形成

- 对固体床燃烧的金属污染物排放鉴定和控制

过程增强

- 靠旋转流化床燃烧实现过程增强

检测仪器

在恶劣的高温环境下使用的新测量仪器 - 正在开发一种独特的整装式球形探测器。这种探测器是由安装在一个耐火纤维/耐腐蚀容器中的测定和记录电子元件组成，可用于对于常规检测仪器来说环境太差的大型炉。

工程材料系 (Department of Engineering Materials)

Sir Robert Hadfield Building

University of Sheffield

Mappin Street

Sheffield S1 4DU

电话：+44 (0) 114 222 5467

传真：+44 (0) 1142 222 5493

网址：www.shef.ac.uk/uni/academic/D-H/en

工程材料系从事的洁净煤技术研究主要集中在对燃烧和气化系统在各种温度和压力下的燃料-氧化剂混合物热动平衡组成的预测。预测出的组成可以与试验观察数据（或从文献资料查阅的，或由其他研究小组提供的）相比较，以计算出涉及到的其他因素的显著性。这些可能包括矿物与煤显微组分之间的痕量元素分布对其迁移性的影响，或煤结构的稳定性对焦炉产品中在有机物数量的影响。不久的将来，这项工作将延伸到水泥窑炉的模拟。

预测采用MTDATA（英国NPL）和FACTWIN（蒙特利尔大学Polytechnic）数据库和软件。利用NPL金属溶液数据库和MIRO MTOX氧化物溶体和矿物固体溶液数据库的许可证使MTDATA能力得到了扩大。发现在模型中加入熔融相对于获得无机物实际结果非常重要，通过查阅文献资料和工程材料系实验室实验结果克服了发表的数据的局限性。

采用一种带努森（Knudsen）电池的VG70-70质谱仪获得了关于固体和熔融相（即模拟的飞灰、硫酸盐融化物）的压力和物种形成的试验数据。配有一台直接偶合源真空炉的VG8-80质谱仪提供努森电池系统使用的半定量数据。进一步试验采用发散法研究痕量元素在的碱基盐熔化物的来回迁移，最近要对氨基熔化物进行试验，当前是要对硫酸盐基熔化物进行试验。

其他大学的一些系和一些英国公司提供了试验数据，采用这些数据对作出的预测进行试验。研究小组使用了设菲尔德材料科学系的设备，包括各种熔化物制备设备、扫描电子显微镜和透射电子显微镜（TEM），除了用于试验前-后试样特征鉴定的专业分析设备外，还有一名辅助分析员。

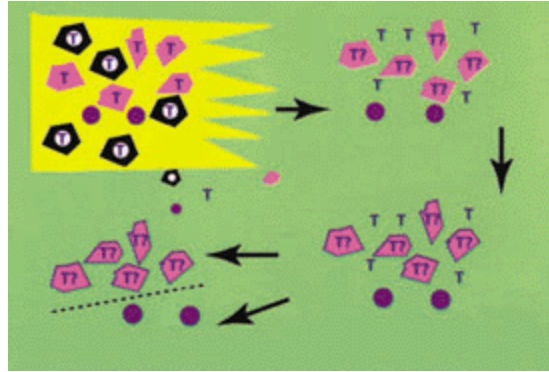


图32. 痕量元素流动作用和再沉淀（设菲尔德大学特许刊登）

斯特拉斯克莱德大学 (University of Strathclyde)

化学与加工工程系 (Department of Chemical and Process Engineering)

James Weir Building

斯特拉斯克莱德大学 (University of Strathclyde)

Glasgow G1 1XJ

电话：+44 (0) 141 548 2361

传真：+44 (0) 141 552 2302

网址：www.strath.ac.uk/departments/chemistry

机械工程系 (Department of Mechanical Engineering)

James Weir Building

斯特拉斯克莱德大学 (University of Strathclyde)

Glasgow G1 1XJ

电话：+44 (0) 141 548 4152

传真：+44 (0) 141 552 4116

网址：www.strath.ac.uk/departments/mecheng

化学与加工工程系和理论与应用化学系密切合作进行洁净煤技术的研究。研究的主要课题（英国科学研究委员会和工业支持的）是煤炭液化和气

化、煤的高分子结构和煤的孔隙率。这项研究工作所用的各种设备和试验仪器包括表面积和孔径测定、热分析设备差式扫描量热仪、高压差式扫描量热仪和热重分析仪（TGA）、光学和电子显微镜（包括高温光学显微镜）及一些固定床反应器。

机械工程系一个从事材料和冶金方面的研究小组主要集中对材料的高温性能进行研究。这项工作包括能源转换系统材料（陶瓷、金属和复合材料）的研究。除了材料研究采用的各种设备和仪器外，该系还拥有一台进行腐蚀研究的高温燃烧器装置。

萨里大学 (University of Surrey)

化学与加工工程系 (Department of Chemical and Process Engineering)

萨里大学 (University of Surrey)

Guildford

Surrey GU2 5XH

电话：+44 (0) 1483 876580

传真：+44 (0) 1483 300800

E-mail：cpe@surrey.ac.uk

网址：www.cpe.surrey.ac.uk

化学与加工工程系的研究活动主要包括3大课题：环境技术、颗粒技术、过程传热与传质。洁净煤技术的研究主要集中在工艺基本原理的模拟、废料和排放管理、过程传热与传质。该系还根据煤的显微结构进行配煤研究，以提高煤炭的加工性。

蒂斯德大学 (University of Teesside)

理工学院 (School of Science and Technology)

蒂斯德大学 (University of Teesside)

Middlesbrough

Cleveland TS1 3BA

电话：+44 (0) 1642 342526

传真：+44 (0) 1642 342401

网址：www.sst.tees.ac.uk

20多年来，蒂斯德大学一直在科研上与ABB自动化公司合作，利用各种传感技术进行互相关联的测试设备的研究。最近为燃煤电厂设计、制造和工业试验了一种静电煤粉流量计。该流量计用于测定煤粉速度和磨煤机供煤的气力输送机之间的煤粉分流。

为进一步发挥煤粉流量计的潜力，要求“闭合其环路”，使向锅炉燃烧器供煤的气力输送机之间设定和保持理想的燃料分流。最近的研究目标是利用各种控制策略达到这一点。

另一个相关的项目是详细研究在输送不同大小颗粒的煤炭时静电煤粉流量计产生的信号，以确定某种程度在线颗粒分级是否可能。

阿尔斯特大学 (University of Ulster)

Northern Ireland Centre for Energy Research and Technology (NICERT)

University of Ulster

Cromore Road

Coerraine

Co.Londonderry BT52 1SA

电话：+44 (0) 2870 324469

传真：+44 (0) 2870 324900

网址：www.ulst.ac.uk/faculty/science/energy

www.ulst.org <<http://www.ulst.org>>

北爱尔兰能源研究与技术中心从事各种化石燃料和可再生能源发电系统的技术、环境和经济评估研究。这些研究项目包括常规技术，例如煤粉、循环流化床燃烧 (CFBC) 和加压流化床燃烧 (PFBC)，以及先进技术如整体煤气化联合循环 (IGCC)、燃料电池和磁流体动力学 (MHD)。该中心还在煤炭与生物质和废物的共处理，及CO₂减排和封存的低排放煤炭技术方面拥有丰富的经验。还包括对先进的蒸气循环和先进的热煤气净化技术进行评估。

威尔斯旺西大学 (University of Wales Swansea)

材料工程系 (Department of Materials Engineering)

威尔斯旺西大学 (University of Wales Swansea)

Singleton Park

Swansea SA2 8PP

电话：+44 (0) 1792 295699

传真：+44 (0) 1792 295244

网址：www.swan.ac.uk/mateng

研究的项目主要集中在为电厂设计和延长服务寿命的材料特性上，特别是对蠕变数据推断的小型盘式试验和 -方法学感兴趣。配有用于铝和钛合金、钢、超合金和建筑陶瓷的张力和压力试验，以及张力 (压力) / 扭力和张力 / 扭力 / 内压力条件下试验的各种高精密度仪器。

在高性能应用的材料方面，材料工程系参与材料高效能应用跨学科研究中心在材料方面的研究 (见材料高效能应用跨学科研究中心的单独介绍)。

沃里克大学【University of Warwick】
Centre for Advanced Materials
University of Warwick
CCV4 7AL
电话：+44 (0) 2476 523392
传真：+44 (0) 2476 692016
网址：www.warwick.uk

主要研究陶瓷基体复合材料，特别是对于界面结构和合成玻璃-陶瓷基系统中基体显微结构的开发。为满足航天系统对临界高温部件的需要，最近该中心的工作重点是强化纤维陶瓷复合材料的研究。

这些材料的研究有许多分析方法和设备作支持，例如扫描电子显微镜、能量分散X射线分析（EDAX）、电子能量损失光谱测定法（EELS）、红外、核磁共振、扩展的X射线吸收精细结构（EXAFS）、俄歇电子能谱（AES）和高分辨率透射电子显微镜。还有大量粉末X射线衍射（XRD）和热分析设备。

该中心还与物理、化学和工程系合作开展了横向多学科的研究。这种横向多学科的研究导致了外围技术的开发，例如制造和操作期间对部件非破坏性试验的新超声波技术。沃里克大学与制造工业密切合作，目前的研究计划中许多都涉及到工业协作和合同支持。

其他

煤炭研究论坛【The Coal Research Forum】
P O Box 154
Cleltenham GL52 5YL
电话：+44 (0) 1242 236973
传真：+44 (0) 1242 516672
E-mail：coalresearch @coalresearchforum.org
网址：www.coalresearchforum.org <<http://www.coalresearchforum.org>>

煤炭研究论坛创立于十多年前，它把致力于煤炭研究的组织或个人组织在一起，促进英国煤炭研究的发展。煤炭研究论坛的主要目的是鼓励、促进和协调英国国内在煤炭、煤产品和煤炭利用方面的研究，特别注重鼓励学术界与工业之间的联系，确认煤炭研究的需求和促进对煤炭研究的资金支持，特别是对煤炭利用、煤炭转化和煤炭开采的资金支持。

表2. 各公司主要研究活动一览表

表3. 各大学主要研究活动一览表

公司	开采 (包括煤层气、矿物)	煤粉燃烧 (包括 SO ₂ 和 NO _x 排放)	流化床燃烧 (循环流化床燃烧和加压流化床燃烧)	气化 (整体煤气化联合循环、空气鼓风气化循环)	其他燃烧工艺 ¹	特性鉴定 ²	煤炭开采、加工和处理	模拟 ³	材料 ⁴	各阶段测量和检测仪表	辅助设备 (例如泵)	环境 (包括微量元素、多环芳香烃)	煤质净化 ⁵
ABB Automation Limited													
Advantica Technologies Limited													
ALSTOM Power													
Corus RD&T													
CPL Industries													
EMC Environment Engineering Limited													
Innogy plc													
Mitsui Babcock Energy Limited													
National Engineering Laboratory													
Powergen													
PCMI Limited													

注：

- 1、 包括高炉、抛煤机/下饲式锅炉、民用和其他小型工业锅炉、生物质共燃
- 2、 包括专业检测仪器 (例如质谱、气相色谱、红外分析器、X射线衍射仪、X射线荧光检查仪、集成电路俄歇电子能谱等)
- 3、 包括采掘到先进的发电、神经网络、计算流体动力学等的模拟
- 4、 包括所有材料研究 (即腐蚀、磨损、摩擦学、先进的材料研究)
- 5、 包括ESPS、热煤气净化、FGD、旋风除尘器

表3. 各大学主要研究活动一览表

胡予红 主任

Tel : 010—84657806

Fax : 010—84657806

Email : ceec@public3.bta.net.cn

Web: <http://www.coalinfo.net.cn>