

英国技术水平：燃煤发电设备的先进材料

介绍

当今发电行业在全球范围内都面临着挑战：要求在符合严格的环保和安全标准的同时，提高效率，降低运行费用以满足日益增涨的能源需求。开发更先进的材料是对付这种挑战的主要办法。鉴于某些工厂为了提高其效益而增加其系统的温度和压力，致使运行环境日见恶劣。这就要求所开发的材料具有必要的环境耐受能力。提高材料的性能在提高工厂的可利用率和适应性方面也起着重要的作用。

为了适应这些严格的运行条件，要求材料具有更高的耐受性。包括：陶瓷复合材料、先进的涂料以及对高压部件进行的合金处理。这些材料可以耐受燃料气杂质导致的高温腐蚀，减轻低温停机状态下产生的腐蚀和气体中的悬浮粒子里产生的磨蚀。此外，使用更先进的材料和新型工艺还可以降低基建投资和运行成本。

因此，为了适应日益恶劣的发电环境，开发新型耐久材料或改进现有材料的性能均具有技术和战略的重要性。

长期以来，英国在解决工业生产中在所需的先进材料方面有着成功的记录，发展了适当的技术满足了生产的要求和环境立法的要求，此外，英国公司对先进材料有着深入地研究，他们开发了新材料技术并占有广大的市场，他们的服务遍及全世界，包括整体化、最优化及过程控制。

范围

先进材料的生产和技术

这个小册子主要着眼于生产先进的燃煤发电设备材料的英国公司，尤其是高温、高压材料以及循环发电系统的通用抗腐蚀和抗磨损材料。

技术/生产

这个册子里介绍的先进材料和技术见表1，所选择的技术是根据英国工业界和学术界的推荐，具有可预见到的长远发展潜能的技术1。所包括的技术是超临界粉煤燃料（SC PF），整体煤气化联合循环（IGCC），空气鼓风机气化循环（ABGC），对于较小的范围来说，有常压循环流化床燃烧（CFBC）和加压流化床燃烧（PFBC）。

材料类别	适用的主要发电部件					适用的主要发电厂类型				
	燃气轮机	蒸汽机	锅炉	先进的燃烧	气化系统	超临界粉煤燃料	整体煤气化联合循环	空气气化循环	循环流化床燃烧	加压流化床燃烧
高级合金										
铁素体钢	×									
不锈钢	×									
涂料										
合成材料		×	×			×				
金属互化物		×	×	×	×	×				
起重机和控制										

表1. 材料及其与发电设备和电厂类型的关系

常规锅炉

汽轮机中的温度完全取决于工厂中蒸汽蒸发所达到的温度，在末端过热器中的金属温度要比汽轮机入口的温度高大约30。因此，要想实现汽轮机所要求的热效率，在很多方面，锅炉的运行条件都要比汽轮机的更为严酷。

锅炉的效率与工厂的最高温度（蒸汽）和最低温度（烟道气）之差成正比，因此，不仅要增加最高蒸汽

温度，而且还要降低废气的温度。锅炉高温端的材料主要应能满足对蠕变、腐蚀和热疲劳等方面的要求；而对于低温废气，材料应能抵制酸腐蚀。

要设计蒸汽条件在580℃，300bar，效率约为48%的先进的超临界电厂，就必须开发先进的铁素钢。比如为过热器设计的T91型铁素钢和为蓄水池（header）与管线系统设计的P91型铁素钢；P91已经很成功地应用于英国的电站。然而这些材料已经到了它们的设计极限。要想将蒸汽温度增加到超过700℃，压力达到375bar左右，就要求进一步开发新型材料。

已开发出的E911合金适用于620℃，与P91相比，其抗蠕变强度相当高；开发工作是在欧洲煤炭钢铁联合会和科学技术合作项目（COST），特别是COST 501行动计划支持下，由英国钢铁公司承担。E911与日本的材料NF616有着相似的特性和成分，但E911却没有NF616那么昂贵。然而，NF616已经投入使用，并已经获得美国试验材料学会（ASTM）的验收和认可。目前由英国贸工部（DTI）支持的工作就是要开发出E911各种不同的最佳产品，可以与NF616进行竞争。

在金属温度超过700℃的情况下，管道的使用寿命主要取决于蒸汽侧和燃烧侧部件的腐蚀程度。为了达到更高的温度和压力，温度最高的锅炉部件应由镍基或其他的更高程度合金的奥氏体钢构成。

如果锅炉产生的蒸汽能够使锅炉保持必要的有效性和运行寿命，那么在驱动器中使用较高的蒸汽温度就可以成功地得到较高的设备效率。除了应满足材料的强度要求以外，还有必要考虑上述趋势与燃气环境（即使用的燃料）的关系。常规粉煤燃料蒸汽工厂中燃烧侧的水墙和过热器的腐蚀还会导致意想不到的停机，从而使廉价燃料的广泛使用受到限制。同样的问题也存在于利用废物和生物体的联合燃烧发电中。同时，高强度合金允许在超临界状态下生产蒸汽，它们对高温腐蚀的耐受性是很重要的，除非这项技术只是用于昂贵的高级煤。因为燃料成本是工厂运行成本中的重要组成部分，因此高燃料成本直接影响到电力成本，而这不是我们所希望的。

为了满足应用上的需要，我们正在积极从事研究和开发，以生产出可靠、价廉的合金材料和抗腐蚀涂料。因为单一的材料很难满足煤气-蒸汽侧的环境的苛求，因此需要努力地开发出低成本，易使用，厚涂料和联合压挤的材料。

在不发生因酸性气体凝结而产生过分的“露点”腐蚀的情况下，如果能够更为有效地将设备后部烟道中的气体热量发散出去，那么许多燃煤锅炉就可以进一步提高效益。在正常运行中，因沉淀物或凝结物的形成而造成的工厂停机期间，经常有水性腐蚀侵害的发生。如果材料显示出具有抗腐蚀性的潜力，则需要考虑进一步开发非金属涂料之类的材料。

汽轮机

与汽轮机相关的材料问题，仅仅取决于蒸汽产生的温度、压力，而与所采用的蒸汽升腾技术无关。

多年来，汽轮机的热循环效率实际上已有很大提高。获得这些效益是通过几种方式的，包括增加回热加热，采用再热循环和改进蒸汽路径设计以及开发高效轮叶组等。然而，为了使效率的进一步提高，目前全世界采用的策略是使用更高的蒸汽温度和压力。从最近的发展看来，现代的蒸汽温度将从540℃提高到大约620℃。

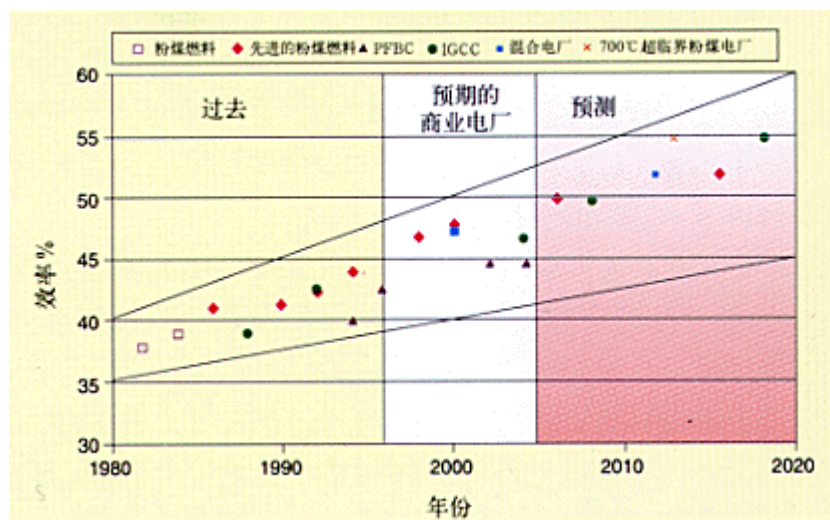


图1. 汽轮机效率的提高

高温和高压对新型汽轮机材料的开发构成重要挑战，尤其是对用于厚壁的元件，如转子、套管和阀门箱的材料，虽然也对用于薄壁的轮叶组和螺栓连接的材料。这些元件必须能在高温状态下耐受高应力。通过新

的铁素钢的开发，已经可以使蒸汽温度从540 提高到620 。在欧洲，在科学技术合作（COST）501活动中已经大规模地进行这种开发，新的COST 502活动也已开始运行，它将对更先进的铁素钢进行开发。一项在运行温度方面更先进的技术正在做为欧盟TAERMIE项目的一部分着手进行，"先进的（700 ）燃用粉煤电厂"。人们正在计划开采镍合金，使它能在蒸汽温度为700 或更高的温度下工作。这种材料目前已经应用于航空工业，但是可能要求这些元件在不同的环境中运行，而且受到全然不同的应力。

要开发一种能显示出所要求特性的材料总是一种挑战，对于更大的元件，如转动轮和铸件等更是如此。高温的转动轮排列起来大约30吨重，铸件也是一样。为如此大的部件设计制造程序，还要完成，还要展示所要求的特性，在开发新合金材料时是一个很大的挑战。要使材料具有均一的特性就要求控制合金的溶解、凝固结构和热机的处理。要显示所要求的特性就要生产昂贵的试验用的部件进行破坏性试验。

新研制材料的开发又产生了其他的挑战。目前在制造技术上的局限性提示我们大的部件可以用焊接的方法，这样一来焊接技术的开发和焊缝的特性将是很重要的，因为要制造这些合金材料比起当前所用的合金材料来说要更加昂贵，当然只能应用于需要使用它们的地方。

涂料的作用是保护元件在较高的温度下免受日益增强的氧化作用和固体颗粒的侵蚀。修理、非破坏性试验（NDT）和使用寿命评估等程序的开发将可以充分地材料进行开发，并增加其可靠性、可行性和可维修性（RAM）。

排放控制

考虑到对环境的影响，要求设备运行人员和设计人员减少设备的气体排放量。

目前，现有的和新建的发电站均装有烟气脱硫（FGD）装置。尽管许多与烟气脱硫技术相关的基础材料问题都已得到了解决，但在操作中仍然出现问题，并对设备的有效性造成严重的影响。在烟气脱硫装置中使用的材料容易受腐蚀和侵蚀以及热应力的影响。所以要使用合适的材料和涂料以优化其性能。这些材料包括橡胶衬圈、玻璃纤维增强塑料、珐琅钢，镍合金和陶瓷材料等。

对一些NO_x含量较低的燃烧系统，在催化剂床层上使其与氨进行反应，利用接触反应清除NO_x。对于这种系统，问题在于如何生产低成本的催化剂，这种催化剂能够长期保持机械的完整性，并可以提供充足的、更经济的工作寿命。

流化床燃烧系统

如果能得到便宜的，劣质燃料，那么在新建或改建的工厂中使用流化床燃烧（FBC）技术就是一种很好的选择。由于在这些系统中也存在着高温腐蚀的问题，所以磨损和腐蚀的交互作用造成的管道壁的消耗便成为首要问题。英国目前在这个领域内有着众多专业人才，他们从很早的项目干起，直到开发CFBC和PFBC。在英国这些技术的调整已经被限制了，主要是由于来自其他燃料的竞争，循环流化床技术在全世界有着重要的出口潜力。对于由设备中新的蒸汽条件的综合引发的问题，有必要予以研究。

PFBC的另一个重要的进展是改进高温过滤系统，以便从燃气轮机逆流烟气中除去颗粒物。这就允许使用"常规的"轮机而不是目前使用的专门订做的"耐用"轮机，它可以在旋流器进行气体清洁时处理大量颗粒物。目前过滤器大部分是由陶瓷组成的，需要进一步研究以提高其可靠性。热气过滤器系统当然也适用于其他先进的发电技术。

气化系统

目前正在欧洲为整体煤气化联合循环（IGCC）的应用而开发的大范围的气化系统已经遭遇了严重的腐蚀问题。大大限制了他们的实用性。涉及的主要区域就在燃气发生器的下游，在那里，燃料气在进行清洁处理之前先被冷却。在每一种情况下，都是使用主气热器容器后面的辐射式和对流式冷却器（金属温度低）对燃料气进行冷却。这些冷却器易受高硫化物和侵蚀性环境影响，而且还有一种自然倾向，就是受侵蚀性盐的影响（如碱、铵和金属氯化物及氧化物等）。当其与颗粒物联合在一起时，易导致裂变并变肮脏，并且有严重的停机腐蚀问题。这就要求这些冷却器的材料既能耐水酸腐蚀又能耐高温硫化，同时还应满足它们在设备蒸汽循环内任务的要求。在这种情形下选择材料就要考虑到燃烧侧腐蚀，因其金属温度控制在400 以下，这样可以获得所要求的最少为10年的使用寿命。与混合循环不同，例如第二代的PFBC和ABGC，所有的整体煤气化联合循环技术均只为燃气轮机的热回收蒸汽发生器下游的蒸汽循环生产过热器蒸汽，这样就只能达到适中的蒸汽温度（因为轮机排气温度较低）。过热器在热燃料气通道中能提高循环效率和许多气化技术的经济性。

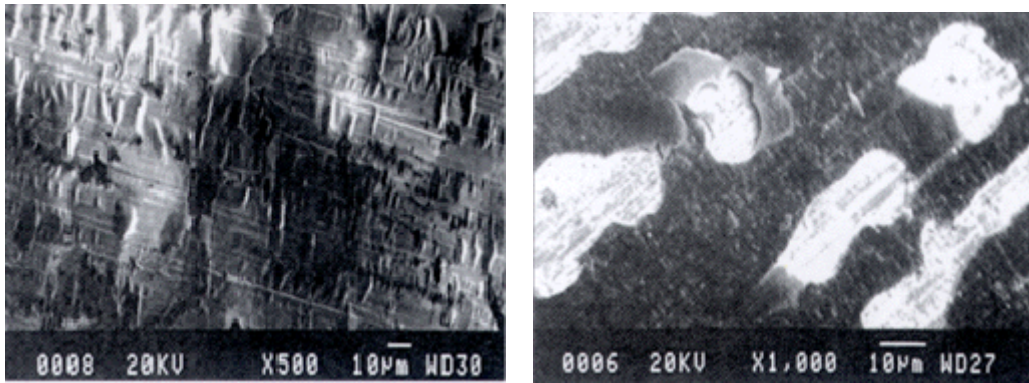


图2和图3. 两种裂变：粉碎和楔固

燃气轮机

当前燃气轮机工厂都拥有效益很高的先进发电技术，一方面将原始燃料转化为电力能源，另一方面排出剩余热气变为蒸汽。燃气轮机适用于许多工厂，比如简单的循环，联合循环和热、电联产，也有一些混合的先进的循环发电。他们用途的多样性可以使他们燃烧不同类型的燃料，包括天然气，以及从煤或其他原料中生产的合成气，生物质或液体燃料。循环变得更为复杂，中间冷却器，烃蒸汽转化装置，加热器和回收换热等所有这些既提高了工厂的整体热效率，也增加了工厂的复杂性。

在以后的25年里，无论是何种燃料，其主要的燃气轮机制造商都会以更高的效率和更少的排放为目标。这些目标大都可以通过提高压力比和轮机入口的温度来实现，这将使位于热气通道中的重要的轮机元件更加难于维修，但这不会损害其可靠性，实用性及可维修性。

燃气轮机有三个重要部件：压缩机、燃烧器和轮机。压缩机材料目前的温度相对来说较低（ <400 ），而且不经常有大问题，低合金和铁素不锈钢都能够胜任，除非要求压缩机的温度有很大的提高。提高温度是很必要的，使用镍合金和钛合金可以引入航空技术。然而这样就会使成本大幅度提高，而且与铁素合金联接时会出现的热度不匹配问题。

燃烧器的材料通常使用含镍的高级合金材料，并用隔热涂料加以保护。对PFBC和气化循环来说，颗粒物负载可能会更高，这就要求开发高温的耐侵蚀和腐蚀的材料，或者改善热气的洁净措施。对燃烧器来说，除了要经受最高的气体温度之外，还要受到有一些反向压力的联合作用：在燃烧过程中压力的变化不同可以导致高循环疲乏，同时，频繁的启停循环会引起热疲劳。由于燃烧器壁各点的温度差异很大，要求材料具有足够的抗蠕变能力。今后在开发燃烧器时，应当考虑这些问题。此外，还应考虑采用先进的冷却技术，其中可能包括蒸汽冷却技术。应进一步开发涂料技术，以便提高运行温度和对燃料气的耐腐蚀、侵蚀能力。另外还需研究陶瓷和陶瓷粘合料的应用，开发陶瓷和金属接合技术。

轮机的旋转叶片受到很大的离心力以及由非线性的气体通道造成的应力。叶片通过燃烧器和喷嘴的涡区，因此会受到频繁的振荡导致高循环疲劳。在轮机的第一级，要对喷嘴和叶片进行冷却，以便耐得住更高的蒸汽温度，这又给开、关循环关系带来了热疲劳的问题。然而，在设计冷却叶片时主要应考虑由高应力和温度造成的蠕变和预期运行时间。所以需要开发出各种合金以改进当前的机械性能。

由于燃煤发电厂污染环境，存在高温腐蚀，所以材料问题一般比那些使用优质燃料的工厂要大。这些都是由燃料中的杂质、轮机关闭期间的低温停机腐蚀和气体中的悬浮颗粒物的腐蚀作用额外问题造成的。目前这一代整体煤气化联合循环系统具有湿法燃气洗涤清洁装置，实际上所有相关杂质都被去除了，因此，几乎不会发生燃气轮机的侵蚀、腐蚀问题，然而，使用热气清洁的趋势可以提高循环效率，降低成本，这意味着要努力改进叶片材料和涂料（耐腐蚀并具有隔热层）以确保足够的叶片寿命、可靠性、实用性和可维修性（RAM）。这就需要开发更高温度的、抗腐蚀的合金材料和涂料。合金材料的开发目前已经从多晶体含镍高级合金进展到定向凝固，最近，发展到了单个晶体浇铸。将来还需要浇铸更大的单个晶体叶片，并且开发具有更好的抗腐蚀性的单个晶体。开发先进涂料的前提是要有抗腐蚀和侵蚀能力，同时还要有隔热层。为了提高轮机的效率，应该强调减少通过叶片和叶轮的冷却空气。因此，应当开发出可以在上述严格条件下运行的材料，这些材料允许减少对它们的冷却，或者可以完全不需冷却，这些材料的可靠性还未经验证，但它却对陶瓷及陶瓷合成材料构成极大的挑战。

英国技术水平

设备制造商

设备制造商包括能提供独立部件诸如泵或者焊接消耗品的公司，到可以为电厂提供主要部件的公司，如汽轮机或者锅炉的公司等。产品靠他们自己的研究和开发活动支持。

涂料供货商

英国涂料供应商能为新式部件提供大量的技术支持，可以为用户提供修理和更新。可以使用各种各样的技术，如焊接、硬焊、扩散、汽相积淀和敷料等技术。所提供的涂料包括许多隔热层涂料、镀铝、镀铬、镀镍和高速的氧化燃料。

材料生产商

可以在温度600 以上的时候使用的先进钢材，能够从供应商处得到，它是属于钛、镍和钴的合金材料，也可以生产先进的陶瓷。

咨询公司

电力部门独立的材料测试实验室和科研院所提供有关发电系统先进材料研制方面的所有咨询和服务。

大学

英国的大学为理论研究提供设备，同时这些设备也适用于对各种先进材料的研究。测试设备可以用于模拟工厂的操作条件，也可用于通常的分析和测试，制造和涂料。

公司便览

设备制造商

AETC有限公司
维多利亚大街
Yeadon
利兹市LS19 7AY
电话：+44 (0) 113 2505151
传真：+44 (0) 113 2386006

AETC公司能够大量铸造、车磨并生产出各种涡轮机叶片，叶轮和密封齿轮等产品。AETC公司协助部件设计人员尽量降低成本，缩短交货周期，同时确保了最优的生产路线。AETC为世界上许多主要的燃气轮机生产商生产多性能的机



翼，并且率先推出各种"铸造到精加工"产品，可以直接安装在燃气轮机上。



图4. 汽轮机转子 (AETC公司特
许刊登)

ALSTOM阿尔斯通公司
Cambridge Road
Whetstoe
Leicester LE8 6LH
电话：+44 (0) 116 2750750
传真：+44 (0) 116 2015464
网址：www.energy.alstom.com

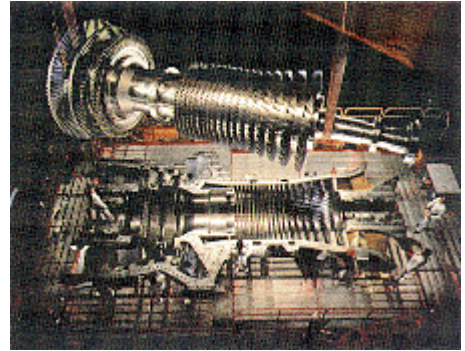


图5. 安装9F框架燃气轮机
(ALSTOM公司特
许刊登)

有着一个多世纪的经验和技术更新，阿尔斯通公司可以向全球提供独特的电站建设技术和服

务。在英国，主要材料的开发和更新工作一直都在蒸汽和燃气轮机商业领域中进行，其最终目的是降低发电成本，建造更符合环保要求的电厂。

对于燃气轮机来说，重点是要开发和使用高温钢材和镍合金材料，目标是蒸汽温度超过700℃。最终使热效率超过55%。

对于燃气轮机来说，开发和更新先进的单晶体材料、涂料、合成材料和陶瓷，主要目的是增加点火温度从而提高效率，减少工业轮机和公用型轮机的排放。

Firth Rixson Forgings Limited (Firth Rixson铸造有限公司)
Darley Dales
Near Matlock
Derbyshire DE4 2JB
电话：+44 (0) 1629 733621
传真：+44 (0) 1629 734273

Firth Rixson锻造公司是英国主要生产钢、铁、镍和钛合金的模锻产品的公司之一，公司为小型电厂生产轮盘和轴。(功率高达14MW)

Firth vickers Centrispining Limited
Firth vickers Centrispining有限公司
PO Box 160
Coarter Street
Sheffield S4 7 QY(谢菲尔德S4 7QY)
电话：+44 (0) 114 2431041
传真：+44 (0) 114 2431358

Firth Rixson Centrispining 有限公司为使用各种合金材料的轮机工业生产各种零件，如：外部导向叶片承载圈，喷嘴导向叶片承载圈：低压(LP) 高压(HP) 和中压(IP) 压缩机铸件：定子环、隔热屏托架、空气密封圈、前轮机圈和定子光阑圈。合金材料从碳素钢直到耐腐蚀的高镍铸铁锻造90(90%镍基合金)。

Kvaerner Energy Limited (Kvaerner能源公司)
Thermal Power Division (火电部)
John Brown Engineering Works (约翰·布朗能源工程)
Clydebank
Dunbartonshire G81 1YA
电话：+44 (0) 141 9522030

传真: +44 (0) 141 9525327

Kvaerner能源热力公司是燃气轮机电厂的主要设计者和建造者,也为电厂的运行和维修提供综合的服务,使用最新技术为燃气轮机进行修理和大修服务,只要切实可行,同样也可以进行元件修理和重新涂漆。

Metrode Products Limited (Metrode产品有限公司)

Hanworth Lane

Chertsey

Surrey KT16 9LL

电话: +44 (0) 1932 566721

传真: +44(0)1932 565168

E-mail: info@metrode.com

网址: www.metrode.com

Metrode公司大量提供各种合金焊接消耗品,产品范围从那些适用于低合金的钢材、不锈钢,到那些适合特殊的镍合金和复杂的高级合金材料性能的产品。

Metrode公司特殊的专业领域是为使用在发电工业的先进材料提供设计并开发焊接产品。这些产品包括用P91(改良的9CrMo)抗蠕变钢为重点的设备制造的产品和设备。

生产适用于钨惰性气体(TIG)和金属惰性气体(MIG)焊接以及埋弧焊接的涂剂焊条、芯线、固体金属线等,以满足大多数电弧焊接加工的需要。

为了达到更高运行温度和更高的热效率,正在开发新一代9~11%抗蠕变铬钢。

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

Technology Centre (技术中心)

High Street

Reafrew 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

三井巴布科克能源公司(MBEL)许多年来一直致力于提供高质量的蒸汽生成技术、产品和服务,包括从新的设计到造型,到全部设备的维护与改造。

它的主要产品是公用锅炉,而且他们认为在提高与这类设备相关的热力循环的效率方面使用先进的材料是最重要的。他们成功地将大量的改良后的9%的铬钢T91/P91应用于在高于从前的温度和压力下运行的高效设备,在这之后,公司已经开发出使用新一代先进的9-12Cr马氏体钢的效率更高的设计。

三井巴布科克公司与钢铁公司密切合作,在采用了必要的加工工序(如热加工成型,冷加工成型,工厂焊接和地段焊接等)以后,对产品性能进行评估,三井公司还开发出各种焊接易耗品,以优化接合性能。

目前正在对用于700的蒸汽循环的铁素体钢,奥氏体钢和镍合金进行评估,最近已完成对超0-12Cr钢(如E911和NF616)的评估。

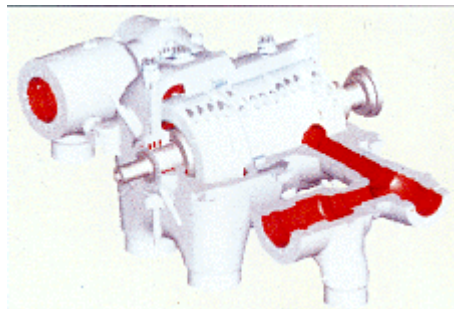
三井巴布科克公司为现有的工厂主们提供完备的评估和改造服务。例如:经过对许多高温集管的翻新,已成功地减少了起动次数,从而增加了工厂的收益。这是通过对先进的钢材热疲劳特性的深入研究和对室内温度控制系统的开发而达到的。

三井巴布科克公司在减少NOx和SOx方面作了许多工作,同样,先进材料对新设计的成功也是很重要的。MBEL的技术在世界范围内导致大量低NOx燃烧器的改造,这项技术利用了陶瓷材料和"常规"钢材。

Drax改造湿石灰岩管道气体脱硫(FGD)系统使得三井巴布科克公司感到有必要对付高腐蚀性物质,开发和深入研究各种高级材料:复式不锈钢,橡胶衬里和GFR技术。这在考虑粉煤燃烧的替代方案(比如气化,此时可能存在腐蚀和侵蚀问题)时很有价值。

Siemens Power Generation Limited (西门子发电有限公司)

CA Parsons Works
Shields Road
Newcastle-upon-tyre NE6 2YL
电话: +44 (0) 191 276 1188
传真: +44 (0) 191 2657610
网址: www.siemens



Boxberg 900MW汽轮机
(西门子发电公司特许刊登)

西门子发电公司(西门子) 在开发先进的发电系统及其材料方面扮演着重要的角色。许多年来, 西门子一直参与着欧洲科学技术合作的项目, 此项目致力于为汽轮机开发一种能在先进的蒸汽条件下运行的新型钢材。高温轮机中主要的部件材料已经在欧洲科学技术合作的501项目中得到开发, 这些部件材料可以从锻造和铸造钢材中得到, 西门子正继续为先进的蒸汽循环开发新的材料和设计, 并且西门子还是欧洲新的科学技术合作项目522项目和THERMIE项目的主要参与者, 这两个项目都是要开发能在650 -700 的条件下使用的材料。西门子还积极开发高效的联合循环燃气轮机发电厂。

西门子可以用它的材料测试设备为新型材料做长期和短期的评估。很多的经验对材料性能和特性的评估是有用的, 而且可以将它转变为设计要求、程序和生产技术规格。西门子和PowerGen公司共建了合资公司Cottam开发中心, 双方各占50%的股份, 可进行商业化的测试, 并开发新的、技术先进的高效益的燃气轮机及联合循环技术。

Weir Pumps Limited (Weir泵业有限公司)

149 newlands Road
Cathcart
格拉斯哥
苏格兰G44 4EX
电话: +44 (0) 141 6377141
传真: +44 (0) 141 6332399
e-mail: wmlinfo@wml.weir.co.uk

Weir泵机公司研制出了一系列材料, 尤其适用于烟气脱硫(FGD)的环境。一种名叫Zeron的材料在制造之前就进行了大量研究, 其联合强度、抗腐蚀和抗侵蚀性能及其可加工性均优于高合金的奥氏体不锈钢和其他镍合金。

在英国、欧洲、亚洲和美国的40GW以上的烟气脱硫电厂里, 泵使用的是Weir材料。Zeron不锈钢材可以用锻造或者铸造的形式供货, 也可制成泵机零部件供货。

William Cook Hi-Tec Integrity (威廉库克高科技公司)

Green Road 格林路
Penistone
Sheffield S36 6BU (谢菲尔德S36 6BU)
电话: +44 (0) 1226 370171
传真: +44 (0) 1226 370134
E-mail: admin@cook-hi-tec.co.uk
网址: www.william-cook.co.uk



图7. 燃气轮机燃烧排气箱的一半
(威廉库克高科技公司特许刊登)

威廉库克高科技公司(高科技公司) 是欧洲最早的高综合性钢铁铸造厂和专家之一。高科技机构在复合钢和复合金属材料等方面生产成品铸件高达40吨, 完全使用室内设备。另外, 高科技公司不断提供完全制成的焊接组件, 一起用于铸造和装配元件的工作中。

高科技公司提供的用于轮机使用的大部分铸造钢材料是各种Cr-Mo和Cr-Mo-V铸造钢。而且还提供更先进的铬、钼和钒轴承钢。

在抗腐蚀应用中，成套地生产双重的和高级双重合金材料以达到抗高度点状腐蚀等价规范（high-pitting resistance equivalent specification）的要求。

高科技公司连同Pro工程师CAD和MAGMA系统，能够仿造设计和模拟凝固作用以保证铸件的质量。铸件的完整性可以用超声来检查，或者用X射线照相设备检查。这种设备包括三种直线加速器，两种8MeV的，一种4MeV的，一起用通常的射线照相设备以不同目的的组合来安装。

涂料供应商

Chromalloy United Kingdom Limited (铬合金英国有限公司)

Bramble way

Clover Nook Industrial Estate

Somercotes

Derbyshire DE55 4RH

电话：+44 (0)1773 521522

传真：+44(0)1773 521482

该公司主营发动机配件修理。用焊接、钎接、机械加工、镀膜处理等手段对轮机叶片、轮机导向叶片、燃烧室和外壳进行翻新；对新轮机叶片和轮机导向叶片进行镀膜处理。采用密封和接头气相铝化、铬化，空气、真空等离子喷镀，以及电子束物理气象喷镀（EBPVD）等扩散及敷镀工艺。

铬合金英国有限公司是燃气轮机热端元件镀膜和整修方面的一家英国大公司，是先进镀膜设备如铂铝浸镀和电子束物理气相喷镀隔热膜的主要欧洲供应商。

Diffusion Alloys Limited (扩散合金有限公司)

160 Great North Road

Birchwood Industrial Estate

Hertfordshire AL9 5Jw

电话：+44(0)1707 266111

传真：+44(0)1707 276669

扩散合金有限公司是一家采用多种超级合金材料对燃气轮机叶片和轮机导向叶片进行扩散镀膜的专业公司，经营轮机配件的整修业务。

扩散合金有限公司承接各种技术业务，包括旧膜（锰铬铝钇镀膜和扩散镀膜）脱除；叶片和轮叶的焊接修理；接合及机械、放电加工；扩散镀膜（铝化、铬化及铂铝化扩散镀膜）；内部扩散镀膜；以及所有的各种探伤技术。

IMP Technologies Limited (新材料加工技术有限公司)

Imperial College Innovations (帝国理工学院技术创新部)

47 Princes Gate

Exhibition Road

London SW7 2QA

电话：+44(0)171 5946591

传真：+44(0)171 5893553

IMP（新材料加工技术）有限公司是由帝国理工学院技术创新部和帝国理工学院技术开发公司以及该学院的材料系（见后面）联合创立的。该公司正在研制和开发材料镀膜和工程部件快速样机制作领域的工艺技术。新材料加工技术公司称，它的静电辅助蒸敷技术的成本远低于其它同等的镀膜技术，而且这种技术还具有便携方便的优点，因而可以现场镀膜。

Plasma and Thermal Coatings Limited
(等离子和热镀膜有限公司)
Maesglas Industrial Estate
Newport
South Wales NP9 2NN
电话 : +44(0)1633 211148
传真 : +44(0)1633 216863

等离子和热镀膜有限公司已经在开发和应用了多种用于锅炉管(镍铬合金)、叶轮和叶片(锰铬铝钒+氧化锆隔热膜)、燃烧室和过渡管(锰铬铝钒+氧化锆隔热膜)以及压缩机外壳(铝聚酯和镍石墨)的高、低温可摩擦间隙控制系统的维修和保护的等离子镀膜技术和高速含氧燃料镀膜技术。等离子镀膜和高速含氧燃料镀膜通过防止高温磨损、腐蚀、氧化和侵蚀而用来延长设备的使用寿命,并为高达1400 °C的工作环境提供热绝缘层。

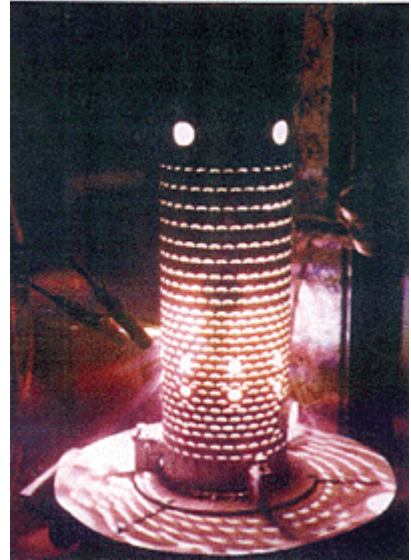


图8 正在向工业燃气轮机燃烧室整个内表面涂覆氧化锆隔热膜
(等离子和热镀膜公司特许刊登)

等离子和热镀膜公司还提供设备、材料、技术、研究和开发以及技术转让服务。

Praxair Surface Technologies Limited (Praxair表面处理技术有限公司)
Oldmixon Crescent
Oldmixon
Weston-super-Mare
Avon BS24 8PD
电话 : +44(0)1934 411300
传真 : +44(0)1934 411301

Praxair表面处理技术有限公司(PSTL)提供高技术表面镀膜应用方面的服务。这些镀膜通常用于防止磨损、腐蚀、侵蚀、氧化以及防止由于热而引起的损伤。镀膜也可用于封闭通道,尤其是用于燃气轮机,以提高密封性能。一般情况下,这些镀膜是用Praxair UCAR®D-Gun™、等离子、高速含氧燃料、低压等离子喷镀(LPPS)和Troboment™电补镀技术喷镀而成的。

许多PSTL镀膜都是用在燃气轮机上。燃气轮机上使用PSTL 镀膜的典型区域是:压缩机叶片和叶轮固定装置,防磨损;压缩机叶轮面,防腐蚀;轴承罩,防磨损;密封罩或密封板,防磨损;燃烧室安装区,防磨损;燃烧室炉壁,防止热损坏;轮机叶片和叶轮,防磨损;轮机叶面,防氧化/腐蚀和热损伤。PSTL镀膜也用于防止固体颗粒对蒸汽轮机叶片的腐蚀,及其对转子轴颈和蒸汽阀配件的磨蚀。

Sermatech (UK) Limited (Sermatech 英国有限公司)
High Holborn Road
Codnor
Ripley
Derby DE5 3NW
电话 : +44(0)1773 748921
传真 : +44(0)1773 512304

Sermatech(英国)有限公司是一家在开发和应用保护镀膜方面处于领先地位的生产企业,专门做轮机修理工作。Sermatech公司的保护镀膜能提高轮机性能,减少配件更换费用,延长配件寿命,并使设备的停机时间减到最少。

使用该公司的敷镀膜能防止电解腐蚀,提高压缩机效率并防止堵塞。扩散镀膜是唯一一种既能防止氧化,又能防止高、低温热腐蚀(硫化)的镀膜。该公司提供包括高速含氧燃料镀膜法在内的所有热镀膜技术,从而使之能够使用可磨擦锰铬铝钒合金高、低温防磨和热绝缘镀膜。

British Steel Engineering Steels Limited (英国钢铁工程
钢有限公司)

PO Box 50

Aldwarke Lane

Rotherham S60 1DW

电话: +44(0)1709 371234

传真: +44(0)1709 826233

e-mail: marketing.bsese@dial.pipex.com

网址: www.british.steel.co.uk

英国钢铁公司是一家最主要的不锈钢、合金钢及碳素钢供应商。该公司的各种"长形"产品(钢坯及粗制和精制钢棒)都是根据国际标准和用户自己的技术规格供货。英国钢铁公司向公用事业公司、原设备制造商及其供货商、以及供货链中的管子制造基地、锻造基地和机械加工基地,或不经加工直接供货,或通过短粗形加工设备后处理后供货。

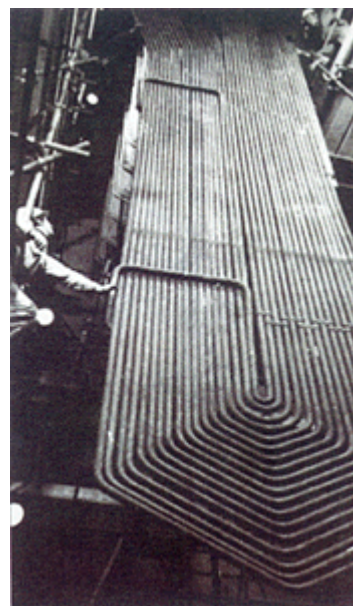


图9. U形管
(钢铁工程钢有限公司特许刊登)

英国钢铁公司已研制出了用于锅炉和过热管(Esshete钢)、轮机叶片(Jethete钢)、轮机螺栓连接(Durehete&Jethete钢)和其它用途的一系列特种钢。这些特种钢都有大量的产品检测作支持,其中包括最全面的长期高温蠕变数据,现有的所有特种钢都有这一数据。这些内容广泛的数据库,加上对材料和用户需要的深入了解,使得英国钢铁公司能够不断提高和改进它所有用于能源领域的产品。英国钢铁公司按照严格的质量保证标准生产产品,并通过提供全方面的技术服务来支持销售,其中除基础研究和为满足特殊使用要求而进行的经济材料解决方案设计外,还包括材料选择和工艺技术建议。

英国钢铁公司积极参与Foresight项目,及欧洲COST和THERMIE研究活动。

Dynamic-Ceramic Limited (动力-陶瓷有限公司)

Crewe Hall

Weston Road

Crewe

Cheshire CW1 6UA

电话: +44(0)1270 501000

传真: +44(0)1270 501423

e-mail: sales@dynacer.co.uk

网址: www.dynacer.co.uk

动力-陶瓷有限公司是一家高级陶瓷生产、贸易和咨询专业公司。该公司生产系列耐腐蚀、耐高温的高级陶瓷产品。

动力-陶瓷有限公司的材料和设计被许多为发电行业提供零部件和整套设备公司所采用。具有代表性的部件包括阀门调节元件、喷嘴和耐磨损/耐腐蚀通用配件。

动力-陶瓷有限公司采用了以计算机辅助设计和计算机辅助制造为基础的最先进生产技术,从入料分析、高度自动化的程序控制及计算机数字控制的半成品加工,一直到高精度精加工和现代化的检测技术。动力-陶瓷有限公司已参与几次研究活动,并提供为满足客户要求而专门制定的先进陶瓷研究与开发工作。

Firth Rixson Superalloys Limited (Firth Rixson超级合金有限公司)

Meadow Mills

Shepley Street

Glossop

Derby SK13 3NR

电话: +44(0)1457 854351

传真：+44(0)1457 855529

Firth Rixson超级合金有限公司是用精制铸造和锻轧法生产超耐热高应力耐蚀高镍钴铁合金的厂家。该公司生产两种真空感应熔化炉，这两种熔化炉都包括一个5000 - 7000kg级的Consarc熔、铸复合件和一个双支架电渣精烧装置。Firth Rixson超级合金有限公司能够生产钛质合金的锻轧产品。产品供工业燃气轮机设备（叶片/叶轮、外壳、密封件和燃烧室）的生产商使用。

Howmet Limited (豪梅特有限公司)

Kestral Way

Exeter

Devon EX20 7LG

电话：+44(0)1392 429700

传真：+44(0)1392 429701

网址：www.howmet.com

豪梅特有限公司是豪梅特公司的一家子公司。详细情况请查看公司网址。

INCO Alloys Limited (INCO合金有限公司)

Wiggin Works

Holmer Road

Hereford HR4 9SL

电话：+44(0)1432 382790

传真：+44(0)1432 264030

网址：www.incoalloys.com

INCO合金国际公司下属的INCO合金有限公司，是世界上最大的合金开发商和生产商之一。该公司向发电行业中所有需要耐高温和耐氧化/耐腐蚀材料的部门提供材料。研究与开发部门负责确定在某种特定环境下哪种产品使用效果最好，并研制出能克服现有问题的新产品。

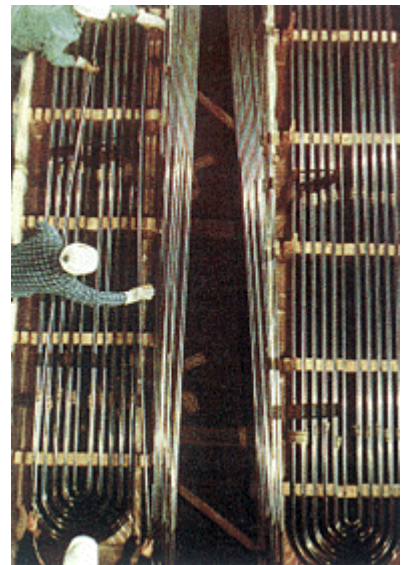


图10. U形管
(INCO合金有限公司特许刊登)

Morganite Thermal Ceramics Limited (摩加尼特耐热陶瓷有限公司)

Liverpool Road

Neston

South Wirral L64 3RE

电话：+44(0)151 3363911

传真：+44(0)151 3367868

摩加尼特耐热陶瓷有限公司为发电部门提供特种耐火型材和整体耐火炉衬设计和供应方面的全方位服务。其产品从碳化硅燃烧炉缸砖一直到流化床锅炉的全套耐火炉衬。摩加尼特耐热陶瓷有限公司在为发电部门生产优质产品方面具有丰富的经验。

该公司的主要产品包括：由各种高矾土、硅铝酸盐和碳化硅混合物分制成的燃烧炉预烧段和燃烧炉缸砖；包括绝热致密的耐火混凝土、低水泥耐火混凝土、喷补用耐火混凝土、塑料夯实料和已混合好的砂浆在内的各种单体耐火材料；用于常规化石燃料发电站和新型流化床锅炉的耐火混凝土。其产品的典型应用是：底面、四壁、顶面、燃烧室、燃烧炉喷管、烟道、漩流器、灰斗、排烟管等。

Ross & Catherall Limited (罗斯与卡瑟腊尔有限公司)

Forge Lane

Killamarsh

Sheffield S21 1BA
电话：+44(0)1142 486404
传真：+44(0)1142 475999

罗斯与卡瑟腊尔有限公司向世界各地的熔模铸造部门提供空气和真空熔制棒材，其中包括工业燃气轮机和需要有超级合金性能的特种部件。

该公司生产的棒材包括用感应熔炼法生产的各种各样的镍钴铁合金。

罗斯与卡瑟腊尔有限公司有一个已全部装备好的分析实验室，该实验室拥有一些最先进的设备。由此，该实验室拥有许多鉴定方法，包括CAA和NAMAS。

Sheffield Forgemasters Engineering Limited (设菲尔德锻控工程有限公司)
PO Box 286
Brightside Lane
Sheffield
South Yorkshire S9 2RW
电话：+44(0)114 2449071
传真：+44(0)114 2422103

设菲尔德锻控工程有限公司 (SFEL) 在常规及先进燃煤电站用的低合金和9 - 12号高级铬钢的开发和生产方面具有丰富的经验。

积极参与国际开发项目，如COST项目等已使该公司能够以钢锭、锻制棒材、轮机转子锻件、汽缸罩等各种形式生产9 - 12 高级铬钢。目前，这些国际开发项目正在进行之中，目的是生产某些材料，并使之在汽温超过600 条件下正常使用。

设菲尔德锻控工程有限公司也正在帮助开发用于提高低合金钢质量的生产技术，如用于制管的铬含量为2%的合金钢和超净化31/2镍铬锰矾级合金，这些合金已用于生产一些大型"monbloc" 轮机转子锻件。

Allvac-SMP Limited (Allvac-SMP有限公司)
Atlas House
Attercliffe Road
Sheffield S4 7UY
电话：+44(0)1142 720081
传真：+44(0)1142 761556

Allvac-SMP有限公司提供包括锭、棒、条、坯、板、箔等在内的各种形状的高均一度铁、镍、钛合金。这些合金用于制造蒸汽轮机和工业燃气轮机系统中的叶片和叶轮，以及NOX/H₂S的净化装置。

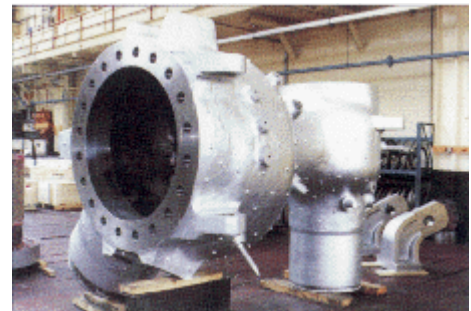


图11. 高温蒸汽轮机的蒸汽室
(ALSTOM公司特许刊登)

Sterling Tubes Limited (斯特林管有限公司)
PO Box 21
Green Lane
Walsall
West Midlands WS2 7BW
电话：+44(0)1922 621222
传真：+44(0)1922 721812

斯特林管有限公司是欧洲领先的不锈钢管（热扎钢管和冷扎钢管）生产企业之一。

斯特林管有限公司的产品包括环式无缝钢管、组合管和空心杆；均用



各种等级的不锈钢和特种合金制成。锅炉管一般制成无缝管产品，这种无缝管由具有耐高温材料制成。

图12 运行中的500MW燃煤锅炉的炉壁
(斯特林管有限公司特许刊登)

斯特林管有限公司率先生产并开发出了组合管。这些组合管在英国电厂已被广泛使用，以克服燃煤锅炉中蒸发段、过热段和再热段严重的炉侧腐蚀问题。组合管在发电方面的另外两种用途是：用在联合循环电站的过热器中和煤气化工艺的原气冷却器中。

斯特林管有限公司是可伸缩除灰器中奥氏体不锈钢进料管（馈管）的最主要供应商。该公司对内、外面的纵向和横向损伤实施无损超声波检测。公司能够根据不同客户的需要满足其对公差与测试方面的要求，包括特定的切割形式等。

对于所使用的大多数合金来说，都有一个以长期和短期测试数据为基础的内容广泛的数据库。

Wyman-Gordon Limited (Wyman-Gordon有限公司)
Houstoun Road
Livingston
West Lothian EH54 5BZ
电话：+44(0)1506 446200
传真：+44(0)1506 446300

Wyman-Gordon有限公司（正式名称叫做Cameron锻造产品有限公司）是一家为发电行业生产高设计水准且技术先进的配件的主要生产商。

该公司的重要制造能力是一种由两台由计算机控制的通用液压机组成的锻造复合机，两台液压机的额定功率分别为30,000t和90,000t。这种独一无二的锻造设备得到了材料制备部门、热处理部门、管加工部门、机械加工部门、无损探伤部门和机械性能测试部门的全力支持。

用铁钛镍超级合金制造的燃气轮机盘和结构锻件，是该公司生产的主要产品。另外，该公司采用垂直萃取和多模型锻造生产了大量的管子。远远超过100座以上的电站，都安装了由碳钢、合金钢、马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢制造的Wyman-Gordon管。最近完成的合同包括，用于英国蓄水池替换项目的符合美国材料实验标准A3335 P91 级标准的管子，和用于德国(施瓦策蓬珀)、日本(三住)、韩国(河东)和中国(Luohuang)新电厂建设项目的同样的合金管。

制造能力加上在材料工程方面的专业技术，共同将Wyman-Gordon有限公司置于支持发电开发工作的领先地位。Wyman-Gordon有限公司打算保持这一领先地位的一个举措是：参与了最近起动的欧盟先进粉煤电站(700 °C)项目的轮机组和锅炉组。

咨询公司

BG Technology (BG技术公司)
Gas Research Centre (煤气研究中心)
Ashby Road
Loughborough
Leicester LE11 3GR
电话：+44(0)1509 282793
传真：+44(0)1509 283115

BG技术公司在以煤炭为基础的多个工艺技术领域都已积累了多年的材料专业技术。一项耗资3亿英镑、历时15年的有关BGL煤炭气化的研究、开发和示范项目，包括有对气化器及其相关设备中的金属、耐火元件的开发。BG技术公司还进行了有关煤炭氢化、煤气重燃和闭合循环发电技术的开发工作。BG技术公司还对与压缩机驱动的工业燃气轮机相关的材料问题的研究提供了支持。

BG技术公司在腐蚀、高温高压条件下的机械性能方面，以及煤炭气化装置压力容器和其它设备的整体性评价

方面，具有专长。

ERA Technology Limited (ERA技术有限公司)
Corporate Marketing (公司销售部)
Cleeve Road
Leatherhead
Surrey KT22 7SA
电话：+44(0)1372 367007
传真：+44(0)1372 367009
e-mail: info@era.co.uk
网址: www.era.co.uk

ERA技术有限公司是欧洲最大的合同研究、开发和试验机构之一。该公司具有全套电厂设备的生产能力，具有压力器、蒸汽轮机和工业燃气轮机、以及电气设备、其它结构设备和机械设备方面的专门技术。

ERA技术有限公司的材料测试实验室，包括有400套以上的各种类型的蠕变和疲劳试验设备。能够施加的试验温度最高达1250℃，试验负荷最高达20t。该实验室的试验环境能够改变，可以使用各种气态或液态环境，包括氩气、氢气、油和盐水等。实验室有各种内压试验装置，可以在1000℃以内，不超过70MPa压力下对元件进行试验。这些试验装置都是可调的，以满足不同客户要求。

疲劳试验设备包括Mand饲服液压机和Dartec饲服电机。还安装有一台 Instron热变形疲劳试验机。这些设备都是用于在各种复杂的压力控制或张力控制的变形状态下，进行疲劳和蠕变疲劳裂缝增长的测定。ERA技术有限公司还有一个UKAS认可的确定高温条件下机械性能的材料实验室。

Integrated Design & Analysis Consultants (IDAC) LIMITED (综合设计与分析咨询
(IDAC)有限公司)
Airport House
Purley Way
Croydon
Surrey CR0 0XZ
电话：+44(0)181 7816933
传真：+44(0)181 7816935
e-mail: info@idac.co.uk
网址: www.idac.co.uk

综合设计与分析咨询 (IDAC) 有限公司专门执行机械计算机辅助工程软件，尤其是机械计算机辅助工程在计算机辅助设计系统中一体化方面的业务。IDAC有限公司使用一种结构分析工具软件 - ANSYS，该工具使用户能够制作任何结构和材料的模型，并使用户能够施以负荷和约束条件。此外，由于应力、挠曲、温度和其它参数都能够推测，因而能够对设备设计进行优化。

ANSYS软件用于制造公司（如用于设计轮机发电机），制造公司利用结构性能、热性能、动力性能和电磁性能来设计和优化他们的设备。

PB Power (PB电力公司)
Merz and McLellan Division (Merz 和 McLellan 分部)
Amber Court
William Armstrong Drive
Newcastle Business Park
Newcastle upon Tyne NR4 7YQ
电话：+44(0)191 2261899
传真：+44(0)191 2261104
e-mail: pbpowermm@pbworld.com
网址: www.pbworld.com

PB电力公司Merz和McLellan分部是一家发电、供电方面的一流工程咨询公司。其经验和能力涵盖电厂技

术及其商业应用的各个方面。该公司能够就新材料在各种应用领域的使用，包括在洁煤技术和天然气燃烧系统中的应用，提供技术建议。

National Physical Laboratory (国家物理实验室)
Centre for Materials Measurement and Technology (材料测定和技术中心)
Queens Road
Teddington
Middlesex TW11 0LW
电话：+44(0)181 943 3222
+44(0)181 943 6701
传真：+44(0)181 943 7160
e-mail: materials@npl.co.uk
网址: www.npl.co.uk



图13. 陶瓷过滤器
(国家物理实验室特许刊登)

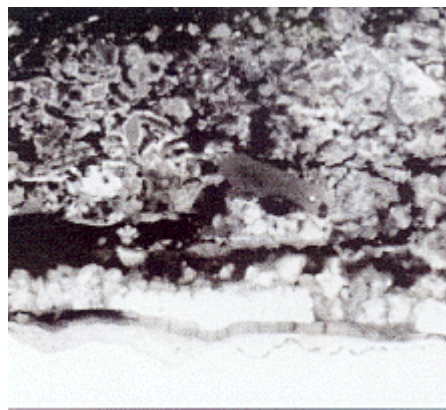


图14. 带有碳、盐析出物的800H镍铬铁合金样品
(国家物理实验室特许刊登)

英国国家物理实验室在理解和确定发电行业所用的材料性能方面具有很强的能力，这些材料包括金属元件和陶瓷元件。该实验室对外部环境引起的老化（氧化和腐蚀）以及镀膜材料和非镀膜材料在室温和高温下的机械性能有全面的了解。

这些专业知识通过实验室试验、材料特性研究和咨询获得。国家物理实验室曾对以下问题进行过研究：提高高压蒸汽接头的可靠性；选择用于恶劣环境中的材料；以及预测临界应用条件下新材料的有效使用寿命。

另外，国家物理实验室能够优先进入克兰菲尔德大学发电技术中心。

PowerGen plc (PowerGen 公司)
Power Technology Centre (电力技术中心)
Ratcliffe-on-Soar
Nottingham NG11 0EE
电话：+44(0)1159 9362200
传真：+44(0)1159 9362409
e-mail: techinfo@powertech.co.uk
网址: www.powertech.co.uk

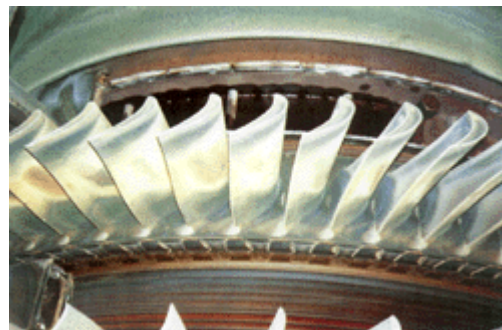


图15. 由IN738LC超级合金得到的刃形铸铁
(PowerGen公司特许刊登)

PowerGen公司电力技术中心为各种发电设备的操作人员提供广泛的咨询服务，这些发电设备包括常规燃煤锅炉、高级燃煤锅炉、燃气和蒸汽透平，及烟气脱硫装置。

电力技术中心提供的咨询服务包括：设备状况监测（包括在线无损探伤、金相复现、硬度和成分校验、及抽样检验）和适应性评价；将损伤率和相关成本减至最少的系统安装；包括故障和破裂事故在内的设备运

转问题调查；配件修理的焊接坡口加工技术；提高使用寿命的锅炉配件设计；设备设计和材料适用性评价。

为了支持这些咨询业务，PowerGen公司的实验室装备有各种用于有限元应力分析、计算机辅助设计及材料试验和检测的设备。这些设备包括用于鉴定材料性能（抗拉性、硬度、断裂韧度、摆锤式冲击、耐疲劳和蠕变-疲劳性、蠕变断裂、蠕变和蠕变-疲劳裂缝蔓延）的试验机；扫描电子显微镜；定量电视显微镜图象分析议；以及各种金相设备。另外，该实验室还有一台用于高温腐蚀试验的1MW燃烧装置。一个支持研究工作的大项目也已开始实施，该项目的很多内容都与目前正在用于发电设备和那些很可能在未来设计中出现的新材料有关。

TWI公司
Abington Hall
Abington
Cambridgeshire CB1 6AL
电话：+44(0)1223 891162
传真：+44(0)1223 892588
e-mail：twi@twi.co.uk
网址：www.twi.co.uk

TWI公司已在世界各地承揽了发电行业各个技术领域的工作。一个专门成立的发电行业小组委员会为TWI公司和来自发电行业内部的行业代表提供了一个有效的连系桥梁，从而便于他们对目前和将来的工作进行商讨，并有助于TWI公司对电力部门的需要作出反应。

在新材料领域，TWI公司的工作不断反映出电力部门对通过提高工作温度和压力来提高热效率的需要。为满足提高机械性能和防腐性的迫切需要，TWI公司一直在进行9-13号高级铬钢及其焊接金属、以及镍钛合金方面的工作。TWI公司也一直积极参与材料开发及燃气轮发动机制造和修理的接合、镀膜技术。特别是，TWI公司已开发出了一项用于涡轮机入口处的铸铁定子外壳修理的表面处理技术。另外，TWI一直在从事利用高速含氧燃料热喷射镀膜技术来制作热绝缘层的工作，及用于燃烧室炉衬的新材料和接合技术的开发工作。这些工作都是在下述因素的推动下进行的：要求进一步提高炉温，需要实施高温技术和对工程陶瓷如锆土和矾土的需求。

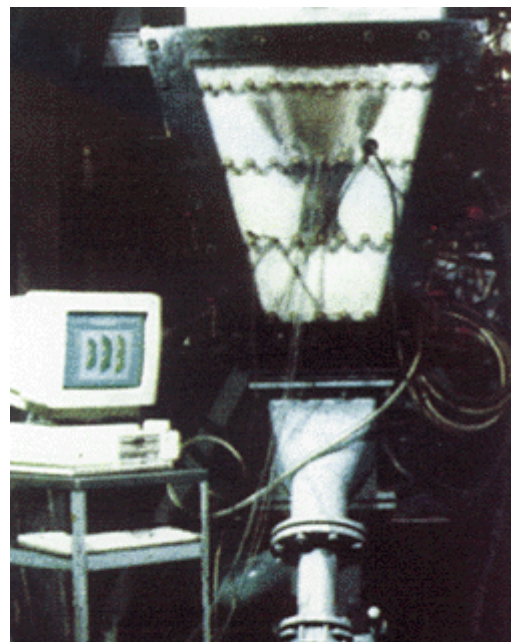
为了能够在线获得TWI公司的技术，公司正与BT合作开发一种基于互联网的服务-JionIT，该项工作得到了贸工部的支持。这种互联网服务的范围包括焊接、连接技术及相关材料、以及制造和工程技术，该互联网服务将于1999年启动。JionIT能够提供3种层次的服务：调出式信息服务，交互式软件；以及远程技术讨论小组、专家诊断和技术咨询。

大学

Cranfield University (克兰菲尔德大学)
Power Generation Technology Centre (发电技术中心)
Cranfield
Bedfordshire MK43 0AL
电话：+44(0)1234 754753
传真：+44(0)1234 754755
网址：www.cranfield.ac.uk/sims/materials

克兰菲尔德大学发电技术中心系由该大学工业制造学院和机械工程学院联合创办。发电技术中心从事对燃烧化石燃料的常规和新型发电设备使用的材料及其加工工艺进行研究和开发。

该中心拥有各种各样的设备，包括可以加入其它辅助燃料和污染物的天然气燃烧器；冷却试验设备；腐蚀炉；腐蚀试验装置；多重燃料的流化床燃烧炉；多重燃料的流化床气化炉；反应炉设计中的冷却模型；废气净化装置；在线气体分析仪；冶金试验装置和分析设备；以及精密计量仪器等。



发电技术中心在很多领域都积累了经验，包括联合循环电厂燃气透平的腐蚀、磨损和积垢；用于燃气透平的合金和镀膜；燃煤及废物利用燃烧炉中的积垢和腐蚀；煤气化、生物气化和废物气化；流化床燃烧；煤/生物/废物燃烧；废气净化；以及实验室和工业规模试验设备的操作。



图16. 冷却造模
(克兰菲尔德国大学特许刊登)

Imperial College of Science, Technology and Medicine (伦敦帝国理工医学院)
Prince Consort Road
London SW7 2BP
电话：+44(0)171 5946750
传真：+44(0)171 5946750
网址：www.ic.ac.uk

伦敦帝国理工医学院材料系已经开发出了一种称作静电辅助化学汽相喷镀 (EACVD) 的新型低成本镀膜技术，该镀膜技术喷镀速度高 (1-5微米/秒)，用于在露天大气条件下为蒸汽轮机和燃气轮机设备制作隔热膜。采用EACVD技术制作的隔热膜的抗腐蚀性和热循环性能比那些用昂贵的等离子喷镀技术制作的隔热膜更好。采用EACVD技术制作的隔热膜的导热性优于那些用非常昂贵的电子束物理汽相喷镀法制作的隔热膜。另外，这种低成本的EACVD技术，能够用于为常规锅炉、流化床燃烧、气化、蒸汽轮机和燃气轮机系统中的配件制作各种各样的保护膜。

最近，伦敦帝国理工医学院材料系研制出一种智能镀膜。这种智能镀膜不仅具有传统隔热膜的隔热性能，而且掺杂有一种荧光物质，从而能够测定这种镀膜的各种特性，包括表面温度、物相和镀膜腐蚀。这些镀膜将大大提高那些在燃烧室和高温轮机配件研究试验期间能够获得的实验数据的质量，也将能够在在工作状态下对镀膜性能进行监测，从而便于及时停机检修。

伯明翰大学
材料高效应用领域的边缘学科研究中心
Edgbaston B15 2TT
电话：+44(0)121 4145214
传真：+44(0)121 4143441

高级材料边缘学科研究中心 (IRC)，把伯明翰大学的三所学院 (冶金与材料学院、制造与机械工程学院、化工学院) 和威尔士斯旺西大学材料工程系连在了一起。该研究中心承担由公家和私人资助的研究项目。

IRC提供各种材料的示范机配件的制造、加工和性能鉴定技术，特别是发电行业中用于轮机的钛铝合金方面的专业技术。

IRC的设备包括一台能够生产长1m、直径0.15m铸锭的双火焰等离子熔化炉 (欧洲最大的一台)，它生产出的铸锭能够等温锻造。这些铸锭的型材能够用于冷壁炉中，用综合熔模铸造设备生产铸件，或用热等静压技术将这些型材雾化并固结。伯明翰大学研究所拥有各种鉴定材料微观结构的电子显微镜检查设备，并有一个装备非常好的机械性能测试实验室。

不久前，由ERDF (欧洲地区开发资金) 资助的网状制造实验室在边缘学科研究中心投入运行，它极大地提高了该中心制造金属和陶瓷材料示范机配件的能力。该实验室具有综合加工造型能力。

曼彻斯特材料科学研究中心
曼彻斯特大学理工学院和曼彻斯特大学
Grosvenor Street
Manchester M1 7HS
电话：+44(0)161 2003617
电话：+44(0)161 2003586
[e-mail: materials@umist.ac.uk](mailto:materials@umist.ac.uk)
[网址: www.umist.ac.uk/matsci](http://www.umist.ac.uk/matsci)

曼彻斯特材料科学研究中心的研究工作集中在金属、合金及金属基体复合材料的机械性能和断裂性能方

面。它们包括电厂建设用的各种特种钢在高温下的蠕变断裂性能的研究。该项研究揭示了蠕变裂缝增长对冶金性能影响。显微结构和温度对蠕变裂缝增长的影响研究表明：显微气蚀损伤积累和显微蠕变裂缝增长之间有着密切关系。

剑桥大学
材料科学与冶金系
Pembroke Street
Cambridge CB2 3QZ
电话：+44(0)1223 334301
传真：+44(0)1223 334567
网址：www.msm.cam.ac.uk

自从事电厂技术研究工作以来，剑桥大学材料科学与冶金系一直与国家电力公司、ALSTOM能源公司、艾伦电力工程公司、三井-巴布科科公司、日本钢铁公司和ESAB AB公司保持着合作关系。以上这些公司都从事电厂应用材料的设计工作。

伯明翰大学
机械制造工程学院
Edgbaston B15 2TT
电话：+44(0)121 414 5214
传真：+44(0)121 414 3441

伯明翰大学有很强的新材料研究能力。该大学先进的成型技术试验室，拥有压力最高达1000t的用于元件等温热压模锻造的压锻机。其机械加工设备包括：放电加工机、电化加工机、超声设备、磨削设备、搅拌机及高速磨碎机。伯明翰大学在高强度（完全硬化）、难于在机器上加工的高性能材料，如工具钢、镍超级合金、铝合金、金属基体复合材料、中间金属钛合金等材料的机械加工方面拥有专业技术。该大学也在越来越多地做燃烧方面的工作，旨在提高发电的各个方面的能量效率，其中包括内燃机。

伯明翰大学的冶金与材料学院、制造与机械工程学院和化工学院，在材料的高效应用方面都为边缘学科研究中心做出了贡献（见上）。

布里斯托尔大学
机械工程系
Queens Building
University Walk
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

布里斯托尔大学机械工程系承担材料性能、特性鉴定、造型及监控领域的独立研究工作。该系以往及目前的研究工作已经对多晶和单晶镍超级合金的疲劳性进行了研究。同时还承担修补焊接对镍超级合金影响方面的研究。工业研究还对高温焊接元件中残余应力的分布进行检测，以确定它们在整个三维空间内的分布状况，及在蠕变条件下应力是如何重新分布的。该系还对各种钢中的蠕变裂缝增长情况进行了研究，尤其是在各种负载条件下蠕变裂缝的增长情况进行了研究。大部分研究结果已直接用于对电厂配件结构整体性进行评价的技术开发中。

赫尔大学
表面工程研究中心
Hull HU6 7RX
电话：+44(0)1482 465073
传真：+44(0)1482 466477

表面工程研究中心 (RCSE) 专门从事提高抗磨性能、热性能、化学性能的镀膜及热处理工艺的开发工作。RCSE的工作重点是真空和等离子技术, 在热喷镀 (高速含氧燃料喷镀) 和化学镀膜技术领域也比较活跃。该中心备有各种各样的磨擦试验装置和机械设备, 还有抗腐蚀性评估设备。

RCSE过去的研究项目包括: 等离子扩散技术开发, 如提高材料 (如不锈钢) 耐磨性的离子和等离子氮化/碳化技术; 旨在提高轴承表面滑动磨擦性和耐磨性的溅射喷镀多层膜技术 (如基于金属碳化物和类金刚石碳素的镀膜) 的开发; 用于抗变形绝缘膜 (如基于钇稳定化处理的氧化锆镀膜) 喷镀的电子束技术的开发; 用于在高级燃气轮机中使用高速含氧燃料热喷敷镀层的开发; 用于高温滑动触点的超微复合材料铁铝硼碳氮镀膜的开发; 以及有助于镀膜和热处理工艺选择的计算机专家系统的开发。

利兹大学
燃料与能量系
Leeds LS2 9JT
电话: +44(0)113 2332496
传真: +44(0)113 244072
网址: www.leeds.wc.uk/fuel/fuel.html

利兹大学腐蚀研究工作的最新方向, 是锅炉钢暴露于含有腐蚀性气相添加剂的火焰, 及其与金属/氧化面的相互作用。利兹大学第一次以实验室模拟试验的方式在包括碳钢、奥氏体钢和因康镍合钢在内的不同材料上, 模拟出了与那些在电厂及废料煅烧炉中发现的相似金属损失率、粒间碰撞和氧化形态。最近, 利兹大学研制出了一台专门用于电厂材料评价的小型粉煤/生物质燃烧侵蚀试验台。当前进行的试验已包括铁铝化合物, 同时, 以后的研究将涉及到高级合金 (如用于超临界锅炉管的铁素体/马氏体合金) 的高温耐腐蚀性。

牛津大学
材料系
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

牛津大学材料系涉足各种与燃煤发电有关的高级材料。已往的研究项目都集中在氧化和腐蚀、以及陶瓷材料和隔热层的高温腐蚀上。牛津大学材料系已建成一个高温颗粒试验台, 目前该试验台正用于研究厚层隔热膜的抗腐蚀性, 这种厚层隔热膜将用作燃气轮机燃烧室的炉衬。

诺森伯大学
表面工程研究中心
Ellison Building
Newcastle-upon-Tyne NE1 8ST
电话: +44(0)1159 513756
传真: +44(0)1159 513764

诺森伯大学的研究工作是在MEMS表面工程研究中心 (SERC) 的庇护下进行的。SERC已发展成英国的一个主要研究机构。它的业务范围十分广泛, 包括镀膜和鉴定膜的性能; 研制用于防扩散和防腐蚀的隔离膜; 研究金属基体复合材料中的交界面; 研究陶瓷和金属间化合物的高温性能; 以及鉴定复合材料中疲劳裂缝增长的特性。

支持这些研究工作的其它资金来自TRITE-EURAM、Rolls-Royce、英国贸工部和英国国家物理实验所。

诺丁汉大学
材料工程与材料设计系
Nottingham NG7 2RD

电话：+44(0)1159 513756
传真：+44(0)1159 513764

诺丁汉大学材料工程与材料设计系承担材料工程和表面工程领域的研究与开发工作。

斯特拉斯克莱德大学
高级结构材料中心
James Weir Building
75 Montrose Street
Glasgow G1 1XJ
电话：+44(0)141 5524400
传真：+44(0)141 5525105
[e-mail:wmb@mecheng.strath.ac.uk](mailto:wmb@mecheng.strath.ac.uk)

斯特拉斯克莱德大学高级结构材料中心为高级材料领域的工业部门提供合同研究和咨询服务。其服务范围从基础研究项目到试验和评估。高级结构材料中心的技术转让权限包括，斯特拉斯克莱德大学中与高级金属材料及表面处理技术有关的大量材料和工程专业技术。

高级结构材料中心提供以下服务：咨询；合同研究；培训和研讨会；参与合作研究项目；以及贸工部 LINK/ 培训公司的开创工作。

专业技术包括：开发与设计；材料特性鉴定；试验与评估；材料化学；性能分析；加工技术；生产技术；以及样机制造。

设备包括：先进的高压釜；真空熔化炉；轧钢机；各种各样的试验设备；连续铸造设备；冷等压冲床；树脂连续自动送进成型机；以及加强反动式塑料注射成型机。

威尔士斯旺西大学
材料工程系
Singleton Park
Swansea SA2 8PP
电话：+44(0)1792 295699
传真：+44(0)1792 295244

威尔士斯旺西大学材料工程系，拥有各种在张力、压力以及张力（压力）/扭力、张力/扭力/内应力条件下对铝、钛合金以及钢、超级合金和结构陶瓷等进行试验的高精密设备。研究工作主要集中在电厂设计和使用寿命延长用的材料性能鉴定上，尤其对小盘试验和用于蠕变参数推断的q-分类研究方法感兴趣。另外，参与EPSRC研究专家项目的15名研究生正在做的一些涉及许多工业选择学科领域的项目，EPSRC项目得到英国主要电力公司的支持。

材料工程系为材料高性能应用领域的边缘学科研究中心做出了贡献。

沃威克大学
高级材料中心
Coventry CV4 7AL
电话：+44(0)1203 524358
传真：+44(0)1203 524991

沃威克大学高级材料中心主要从事高级材料的研究。其研究工作的一个重要主题是：新型陶瓷和玻璃的开发，及其机械性能、电性能或光性能的微机械研究。研究项目涉及范围很广，从玻璃和晶体陶瓷中原子排列的基础研究到陶瓷在高温变换系统中的潜在应用。

工程（包括发电、航空航天业）用结构陶瓷以及氮硅化合物（ Si_3N_4 ）和"Sialon"的衍生物等领域正吸引该中心的极大关注。这些材料达到了在恶劣的具有侵蚀性的环境（如先进发电系统中）下所需的高强度和抗磨性。

随着对材料性能的要求变得越来越高，复合材料和高级镀膜变得更加重要。与分界面结构密切相关的陶瓷基体复合材料，以及基于玻璃和陶瓷的体系内的基体微观结构的研究正吸引着特别的研究活动。主要由航

航空航天系统对临界高温元件的需要引发的最新研究，已集中在强固纤维陶瓷复合材料上。

材料研究得到很多分析技术的支持，如扫描电子显微镜（SEM）、能量弥散X射线分析（EDX）、电子能量损失光谱学（EELS）、红外线光谱学（IR）、核磁共振（NMR）、扩展X射线吸收结构（EXFAS）、吸收限光谱学（AES）和高分辨率透射电子显微技术。另外，还有各种各样的粉末X射线衍射设备和热分析设备。

该中心采用了一种交叉学科方式，其中包括物理系、化学系和工程系。这种交叉学科方式也已引发周边技术的出现，如在加工和生产期间进行无损试验的新型超声技术。沃威克大学与制造工业部门、及目前的许多涉及工业部门合作和合同支持的项目有着诸多的联系。

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：

<p>欲获取有关洁净煤技术项目的资料和有关出版物， 请与以下地址联系： Manager ,Cleaner Coal Technology Programme,ETSU, Harwell,Didcot,Oxfordshire OX11 0RA Tel:+44(0)1235 432120 Fax:+44(0)1235 432753 Email: etsu.coal@aeat.co.uk web: http://www.etsu.com/Cleancoal/coal.htm</p>	<p>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 胡予红 主任 北京朝阳区芍药居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</p>
---	---

专题004

1998 年 12
月

dti

Department of Trade and Industry

英国贸工
部