

中叙述了这种效应的理论。我们知道,这种效应对水和空气边界上热质交换的影响,用油膜吸收太阳辐射,以及这些过程对海洋介质中生物机体的影响,都是非常恶劣的。可是我们对有关油膜现象的许多问题所知还极少。首先这同石油油膜的成分与其周围介质(海水及水面附近空气层)之间的反应有关。有太阳辐射和微生物参与的这些过程的总体,其最后结果是引起石油的聚集状态发生变化,包括易挥发的轻馏分的蒸发,重馏分的分裂和向下沉降入水中,溶解,等等。还有一点很重要,要注意到在实际中,水上薄膜可以有不同的厚度(从油斑边缘上的分子尺度到油斑内部的宏观尺度),并且油斑的成分和性质随着在水面上停留的时间长短而变化。所有这些特殊的性质,以及与这些性质有关的许多问题的混沌不清情况,都使我们不得不在本述评中完全不予讨论,而只把注意力集中于讨论钝性杂质或与之相近的杂质的扩散。

结 语

我们讨论了与模拟钝性杂质或与之相近的杂质的湍流运输有关的一系列问题。研究了动力学和化学活性的最简单的表现以后,我们已搞清楚,为了把钝性杂质模型应用于污物的运输,必须:1)分子扩散系数同湍流交换的有效值相比很小;2)污物固体粒子的尺寸很小,粒子与海水的密度差很小(与具有粒子湍流流动中有关的特殊流体动力学不稳定性准则,目前还没有;3)化学反应的热效应和流体动力学效应很小,即化学反应进行得相当缓慢,在这种情况下,这些效应对我们感兴趣的尺度范围内的浓度、温度及速度没有影响。因而所选问题的尺度限于有可能应用钝性杂质模型。一般情况下这些模型对于大尺度问题来说是相当软弱无力的,但对小尺度问题则可能很重要。

除了这些纯粹动力学的条件之外,还有从统计方法推导出的特殊的要求:流动中杂质粒子与流体质点的速度分布应当处于统计平衡状态,也就是说,速度分布函数的相互适应阶段应当推后。

参 考 文 献 (略)

译自:Иваненков, Г. В. (1979), Физико-химическая гидродинамика морской среды I, «Труды Государственного Океанографического Института», вып. 148 (Исследование процессов переноса загрязняющих веществ), Гидрометеиздат, М.: 5—28.

(董务民译)

煤 的 等 离 子 体 气 化

苏联科学院通讯院士 Г. Н. Кружилин

煤的等离子体气化方法,无论在我国还是在国外,都还处于研究的阶段。大家都知道,在日本和美国,等离子体气化的研究已经进行了多年[1]。据私人通信,这些研究也在西德进行着。我国这方面首创性的研究开始于1971年[2]。但遗憾的是,由于此法要在等离子体发生器中用电,所以其技术上经济上的可行性获得公认要晚得多。

展望我国国民经济，等离子体气化可能有下列用途：

将西伯利亚煤进行气化，获得合成天然气，即甲烷或烃类液体燃料，适于用管道输送到我国中心地区；

将每小时约需500—700吨煤的大型蒸汽燃气动力装置所用的煤进行气化；

在机械制造、陶瓷、玻璃及其他工业的工艺过程中需用气体燃料的各部门的功率较小的煤气发生器中，使煤或其他形式的固体燃料气化。

由文献可知，在美国，容量不太大的，小于每小时4吨煤的煤气发生器，已准备付诸工业应用。

图1给出了等离子体煤气发生器的示意图。煤气发生器具有气化室1的形式，在室壁上装设类似

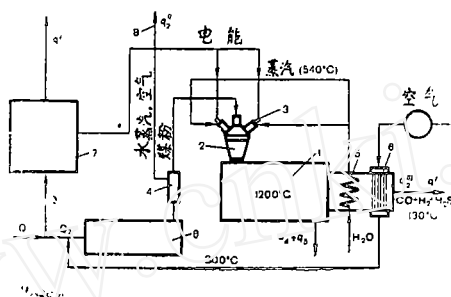


图1 煤的等离子体气化示意图

- | | |
|-------------|------------|
| 1 煤气发生器气化室 | 2 等离子体反应器 |
| 3 等离子体发生器 | 4 煤粉分离器 |
| 5 蒸汽过热器 | 6 空气预热器 |
| 7 等离子体发生器电源 | 8 煤粉系统空气排出 |
| 9 燃料的准备 | |

于锅炉燃烧器的等离子体反应器2（带等离子体发生器3）。等离子体发生器中用气体放电使水蒸汽和氧的混合气体加热。图1中每个等离子体反应器有三个等离子体发生器，炽热的射流由其中进入反应器室腔，形成一个总的炽热火舌。煤粉由管路4进入反应器2。煤粉一旦落入蒸汽和氧的混合气体的高温气流中，就猛烈地气化而形成 $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{S}$ 气体，以 $1100 - 1200^\circ\text{C}$ 的平均温度进入气化室1。与锅炉装置类似，气化室1及其后面的气体管道用来使气体冷却到 100°C 左右，也用来收集灰渣。

由于使用等离子体发生器（其功率可由电路中电流来调节），煤气发生器中温度状况可以维持在给定的最佳水平上，其中包括运行中不可避免地要改变所加工燃料即初始燃料的品质。藉助于等离子体发生器，可保证相当简单地改变煤气发生器的功率，也可保证在有计划地或被迫地停炉后能相当简单地重新运行。从这个意义上说，等离子体煤气发生器在运行上比煤粉炉方便得多。因此可以有把握地认为，等离子体煤气发生器按煤计算的单位容量，能够达到不低于500吨/小时的现代煤粉炉。当用于将煤大量加工成高热值的甲烷或烃类液体燃料时，等离子体煤气发生器单位容量大概以1000—1200吨/小时为宜，或者每年约1000万吨煤，而供应等离子体发生器的电功率则必需有10—15千瓦。如在这类煤气发生器气化室壁上用单个功率为3000千瓦的等离子体反应器，则必须装设约40个反应器。大家知道，由于电极烧损，等离子体反应器必须定期维

修；而在有40个反应器的情况下，进行这种维修，对煤气发生器的运行状态可以不产生什么重大影响。

当然，必须把硫化氢 H_2S 从所得到的煤气中清除出去。因此，重要的是这种清除要比从煤粉锅炉排气中清除 SO_2 及 SO_3 容易得多。显然，这第一是由于在给定用煤量的情况下，煤气发生器排气体积约比锅炉排气体积小4/5（锅炉排气的4/5由进入锅炉膛的空气中的氮组成）。第二，大家知道，从混合气体中清除硫化氢 H_2S 的工艺已经掌握，这种工艺比从锅炉排气中清除 SO_2 及 SO_3 的方法简单得多，经济得多。

正是等离子体煤气发生器巨大的单位容量以及清除煤气中硫化物的方法在技术上行得通的现实可能性，这两点，可以最大程度地确定，等离子体气化用于大规模加工西伯利亚煤是有前途的，也是特别重要的。

用西伯利亚煤满足我国欧洲地区的燃料动力需要，确实是十分迫切的问题。到目前为止，这些需要只能靠开采“当地”能源，以及供给大量石油和天然气来满足。然而大家知道，这些能源在不久的将来将会短缺，而西伯利亚煤的储量则非常大。另一方面，由这些煤区到我国欧洲中心地区的距离太远，铁路运输的办法实际上是行不通的，尤其是这些煤是褐煤，其发热量低于4000大卡/公斤，并且其特点是水分含量相当高，可达40%。

为说明这个问题，设西伯利亚煤未来的每年开采量为5亿吨，其发热量约相当于2亿吨石油，铁路列车载重量约为3000吨。因此当每两列车的时间间隔很小，即5分钟的极端情况时，通过双轨铁路的每年最大货运量为 $(365 \times 24 \times 60 / 5) \times 3000 = 3$ 亿吨。因此，若每年把5亿吨煤运往欧洲中心地区，就必须建造两条长度约为4000公里的新双轨铁路，这从总体上看，当然在经济上很少有吸引力。

考虑到上述情况，当初曾考虑过煤的预先干燥方案。这时必须把煤块碎成粉末状。褐煤粉表面积很大，与空气接触时能自燃。因此运输褐煤必须有专门惰性气体的贮煤罐和容器。装载大量煤粉及其在指定地点的使用，这些操作本身也都不是简单的事情。总之，这一方案当初就未被认为是合理的。

自然总是还有另一种方案，即在当地烧掉西伯利亚煤，把电能传输到欧洲中心地区。按这一方案，每年烧5亿吨煤能提供1.2亿千瓦的电功率。通过一根高压线在技术上可以做到传输电功率500—700万千瓦。因此为了传输上述电功率约需要20根这样的高压线，这也未必能认为是现实的。与此同时，在这一方案中还会产生由于强电磁场影响所引起的额外的经济问题。此外，近年来对燃料利用方法的要求变化很大，其中包括，各个工业部门特别是家庭生活中燃烧高热值天然气，已广泛普及。因此自然力求做到，甚至在天然气开采量减少的情况下，煤气的使用规模不致降低。顺便提一下，美国新的煤气化规划中强调的还是这一方面，其理由是，在煤气管道输运网中已投入了几百亿美元，为了使该网路满负荷运行，在最短时间内必须由煤制造合成甲烷。

应用于大型动力工业，亦即热电站，同样宁愿增加气体燃料或合成液体燃料的比例，至少有两方面理由。一个理由是，燃烧这种形式的燃料，可以而且适宜于用蒸汽燃气装置，其热效率高于经典的蒸汽轮机装置，节省燃料10—12%。第二个理由与电厂工作状况有关。现代的大功率烧煤电站及原子能电站在常负荷下工作很好，而在夜间及节

假日当工厂、公用事业及其用户消耗电能大量降低时，对降低其本身负荷的适应性很差。水电站能在变负荷下很好地工作，然而其总量是不足的。这方面肯定存在相当尖锐的问题。为了解决这个问题，十分重要的是要有气体燃料或合成液体燃料，使用这些燃料时，根据燃烧条件，从整体上来说，蒸汽发生器和动力网的出力实际上可以在全范围内变化，即几乎可以由0变到100%。自然，从这一观点看，重油是非常方便的燃料，但是在将来已不能指望增加重油在动力工业中的比例。

利用燃料的又一个现代化要求是，其燃烧产物不得以含硫气体来污染大气环境。这一要求越来越苛刻，因为按现有的燃料使用规模，含硫气体排入大气已达到相当高的水平。现在最重要的任务是尽可能减少这种污染。

由于大规模利用燃料以及由于石油和天然气资源有限，所以最近时期，燃料-动力组成问题在我国及国外都引起了很大重视，这自然由于燃料是工业的粮食，燃料不足则不可能有经济上的进展。苏联科学院主席А. П. Александров院士的文章，无疑是讨论这一题目的一般性著作中最完整的一篇[3]。该文中完全合理地指出：由于有机燃料储量的天然限制，必须坚持节约化学工业原料的方针，由于这一原因，应当尽可能广泛运用原子反应堆来产生热能，包括用于生产电能，城市供暖，以及工业中各种工艺过程。这样一来，在很大程度上还将保证防止环境污染，因为在原子反应堆正常工作中不产生任何对植物及动物发生有害影响的排放物。上述文章中也特别强调有必要用水蒸汽对西伯利亚煤进行热加工，获得高热值的气态或液态烃类燃料，适宜于远距离管道输送。要达到最后这一目的，我们的意见是，煤的等离子体气化是最好的办法。

为了对等离子体气化进行估价，首先必须看一看过程的效率。在最差的情况下，当气化中只用水蒸汽时，水蒸汽分解为氢及氧消耗较大的能量，等离子体发生器需消耗的电能是，生产该电能约消耗30%所加工的燃料。这时电站本身，当其效率为 $\eta_e = 0.4$ 时，约损失 $q'_2 = (1 - \eta_e) = 18\%$ 的热能。此外还有所获得的煤气的物理热损失以及等离子体煤气发生器所特有的其他热损失，其总量近于2%。因此在这种最差的情况下，等离子体气化的动力效率近于 $\eta_d = 80\%$ 。

另一种极端情况下，气化靠纯氧实现而不用等离子体发生器。这时生产氧所消耗的电能相当于生产电能所消耗的煤气化加工的燃料的7%。考虑到上述其他各项热损失为2%，这时过程的效率近似于91%。

实际上等离子体气化中用氧和水蒸汽的混合气体，同时还有等离子体发生器在工作。当然这时必要的水蒸汽浓度及等离子体发生器功率，应按过程本身的最佳化条件由实验来加以选择。因此过程的效率将处于上述那些值之间，而且接近于90%的效率是完全可以达到的。

为了对等离子体气化的效率作出比较性的估价，可以提醒大家注意的是，经典的煤气发生器效率是40—50%，其示意图如图2所示。

这种情况下燃料呈块状由上而下地运动，同时为使其气化，利用空气由下方进入而向上运动。开始时空气穿过灰渣层，略微受加热。然后预热的空气进入燃烧区及燃料气化区。所得到的 $\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{O}_2$ 的混气合体向上升起，靠其物理热使后面的料层预热。这时固体燃料中包含的挥发物（呈焦油状）挥发出来。同时燃料受到干燥，使所得到的煤气被水蒸汽冲淡。此外，气体中落入燃料微尘，呈

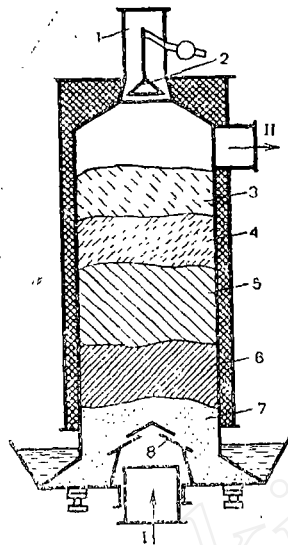


图2 层式煤气发生器示意图

- | | | |
|-------------|------|-------------|
| 1 装料设备 | 2 阀门 | 3, 4 干燥及干馏区 |
| 5, 6 燃烧及还原区 | 7 灰渣 | 8 炉篦 |

飞灰状。所有这些组分使煤气质量恶化，而且为管道输送条件所不能允许，因为这些东西会落到管壁上，使管道堵塞。为避免发生这种情况，这种经典煤气发生器中得到的煤气要用水洗。其结果是燃料挥发物的发热量几乎全部消耗掉了，同时还有与灰渣及飞灰有关的比较大的热损失。由于这些原因，总的说来，这种煤气发生器的效率处于上述效率的相当低的水平上。经典煤气发生器还有一个重要特点是所得煤气的热值低，只有1000—1200大卡/标米³左右。这主要是由于，这类煤气发生器中所得到的煤气为鼓风的空气中的氮所冲淡。这类煤气发生器的再一个特点是出力低，每小时总共只能加工几吨固体燃料。

然而在工业中这种类型的煤气发生器作用很大。正是这些煤气发生器长期以来保证了许多工业炉的气体燃料。使这类煤气发生器时，所得煤气的较低的热值，在一定程度上可得到补偿，即在专用的烧煤气所需的空气回热器中，可将煤气预热到高温。上世纪末出现了回热器的工业结构，从那时起，煤气发生器本身也有所发展，同时建造了几种不同流程和相应地不同结构形式的煤气发生器，其中包括在运行中研制和掌握了有压力的、效率较高的、单个出力为30吨/小时煤的煤气发生器。随着天然气的广泛开发，用煤气发生器从固体燃料制出煤气大大地减少了。但在那些当地条件不能得到较便宜的高热值天然气的用户中，则仍然保留了下来。

与经典煤气发生器不同的是，等离子体煤气发生器中绝对不用空气，只用水蒸汽与氧的混合气体，因此所得煤气，不会被氮冲淡，同时等离子体煤气发生器出来的煤气实际上也没有CO₂，H₂O等冲淡物。能做到这点是因为，等离子体气化过程是在不低于1100—1200°C的温度下进行的。由煤-煤气系统的热力学平衡条件，在900—1000°C的温度下，CO₂及H₂O的浓度近于零。这一重要结果是国家动力研究所E. И. Самуилов用理论计算方法得到的。当然，在真空过程中达不到热力学平衡，因此在上述温度下混合气体各组分浓度间关系与平衡关系有所不同。由于这个缘故，为了排除上述冲淡

物, 在真空条件下必须维持更高的温度, 即 $1100-1200^{\circ}\text{C}$, 这一点已由Г. Н. Худяков在50千瓦功率的实验室等离子体发生器的实验中所证实。自然, 在这样的温度水平下, 普通煤气发生器所特有的、产生焦油状化合物的过程完全被排除了, 焦油状物变成了 CO 及 H_2 。

估计一下技术经济指标。若将西伯利亚煤等离子体气化, 并用管道将甲烷或合成液体燃料输送到我国欧洲中心地区, 设每年加工 Канско-Ачинский煤5亿吨。加工这种煤每年可获得略多于2000亿吨标准立方米的甲烷。按现在的设计, 正好每年有这样多的天然气将在Надым-Торжок的煤气管道中通过。四条管道, 每条管道管径为1420毫米, 长度为2460公里。建造输运管道(包括升压泵站设备)的总投资, 按设计为64亿卢布。

煤气发生器和制粉及排灰系统类似于煤粉蒸汽发生器, 但受热面小得多, 因为被冷却的煤气量差不多比蒸汽发生器中小 $4/5$ 。因此, 作为初步近似, 可取等离子体煤气发生器成本为消耗同样数量煤的煤粉电厂成本的30%。上面已经说过, 每年消耗西伯利亚煤5亿吨的煤粉发电厂的总功率为1.2亿千瓦。目前建造这类电厂的单位投资约为170卢布/千瓦。因此建造等离子体煤气发生器的总投资估计是 $0.3 \times 270 \times 120 \times 10^6 = 61$ 亿卢布。据计算, 在上面所探讨的情况下, 煤气化需要安装约270个最大的制氧机, 每台制氧机出力为 70×10^3 标米³/小时的氧, 成本为840万卢布, 其总投资为 $840 \times 270 = 23$ 亿卢布。

此外, 为制氧及对等离子体发生器供电, 必须建造“本身所需”的电厂, 这些电厂将消耗15%的燃料, 其功率约为 $0.15 \times 120 = 1800$ 万千瓦, 基本投资为 $170 \times 18 \times 10^6 = 31$ 亿卢布。

由煤气中清除硫化氢的基建投资, 按国家制氮工业及有机合成产物研究设计院(ГИАП)的数据, 约为年产率每1000标米³需8卢布。因此每年清洗2000亿立方米的煤气需耗用 $8 \times 200 \times 10^9 / 10^3 = 16$ 亿卢布。按ГИАП的数据, 与国外公布的数据相对照, 用催化法由煤气发生炉的煤气制甲烷, 其基建投资约为年产率1000标米³需40卢布, 总投资为 $40 \times 200 \times 10^9 / 10^3 = 80$ 亿卢布。因此, 每年要加工5亿吨西伯利亚煤, 从中生产合成天然气(甲烷), 并输送到我国中心地区, 所必需的总投资为 $64 + 61 + 23 + 31 + 16 + 80 = 275$ 亿卢布。

大家知道, 动力工业中广泛使用标准燃料的概念, 其发热量为7000大卡/公斤。西伯利亚 Канско-Ачинский煤发热量为3740大卡/公斤, 因此5亿吨这种煤相当于 $(3740 \times 500 / 7000) \times 2.7$ 亿吨标准煤。于是标准煤的单位投资为 $(27.5 \times 10^9) / (270 \times 10^6) = 100$ 卢布/吨标准煤。开采石油和天然气时类似的投资为116卢布/吨标准煤, 因此, 应当认为, 100卢布/吨标准煤这一投资额是可行的。

再估计一下由于上述投资所引起的燃料的涨价。按现有资料[4], 煤粉发电厂里, 更新及大修费用为设备成本的8%, 日常维修及运行费用为其6—7%。因此等离子体气化及输送煤气的总运行费用估计顶多为15%, 因而燃料的涨价为 $0.15 \times 100 = 15$ 卢布/吨标准煤。因为西伯利亚煤本身比较便宜(运送到1000公里之外时为4.8卢布),

我国中心地区甲烷总成本将不大于20卢布/吨标准煤。为了比较,我们附带说说,目前莫斯科动力系统所用燃料的平均成本为16卢布/吨标准煤。

把煤加工成液体烃类燃料,即甲醇 CH_3OH 时,预先气化及清除煤气中硫化氢的基建费用仍然和生产甲烷一样,为 $61+23+31+16=131$ 亿卢布¹⁾。按ГИАП的数据,用催化法由发生炉煤气制甲醇的基建费用,每年每吨甲醇为90卢布。由5亿吨西伯利亚煤可以得到发热量为5340大卡/公斤的甲醇近3.5亿吨。因此其基建投资为 $90 \times 350 \times 106=315$ 亿卢布。

甲醇的密度约为800公斤/米³,设抽吸速度为3.5米/秒,则3.5亿吨甲醇可以通过直径为1420毫米²⁾的三条管道来输送。这些管道及所有的泵站设备的基建投资约为 $(6.4/4) \times 3=48$ 亿卢布。

每年把5亿吨西伯利亚煤加工成甲醇,并将其由管道输送到我国中心地区的总投资为 $121+315+48=484$ 亿卢布。

因此将西伯利亚煤加工成液体燃料甲醇所需费用,大大高于将其加工成高热值煤气甲烷的费用,几乎是后者的两倍。然而加工成甲醇是合理的,因为甲醇正如同其他任何一种汽油代用品的液烃类燃料一样,对未来是必需的,其中包括可用于内燃机。

无论是甲烷,还是合成液体燃料,无疑在质量上比原煤要更有价值得多。这些燃料能用于蒸汽燃气装置中,其效率可达45%(现代蒸汽热电站为41%)。由于这一点可获得燃料的节约为10—12%,这实际上完全补偿了等离子体气化过程所带来的热损失。大家知道,用这类燃料的特大的经济性,是保证热电站在动力系统负荷图的尖峰部分(其中包括使用燃气轮装置的尖峰热电站)的最佳工作条件。

看来利用煤的等离子体气化在经济上是适宜的,并且可用于大型蒸汽燃气装置中。只有以现实的设计为基础,才能获得这方面足够可靠的数据。然而可以做得到的估算有利于说明这一点。

中央锅炉研究所(ЦКТИ)研制的功率为100万千瓦的蒸汽燃气装置所需的等离子体煤气发生器,要有两个出力为每小时7万标米³氧的制氧设备,耗电5万千瓦,等离子体发生器总功率近于10万千瓦。这时的制粉及排渣设备将和煤粉热电站一样,其特点只是等离子体煤气发生器本身具有锅炉燃烧室的形式。其价格不可能较高,几乎可以由蒸汽燃气装置中紧凑的高压蒸汽发生器的投资费上的节约所补偿。

另一些特点是:由三台机器组成的制氧设备的基建费用(其总价格为2520万卢布);除硫设备的投资,当整个装置功率为100万千瓦时,除硫设备价格(按ГИАП数据)为1450万卢布。因此,总费用为 $2520+1450=3970$ 万卢布。

大家知道,烧煤锅炉烟气中清除 SO_2 的价格接近于锅炉本身价格,大概为烧煤热电站基建总费用的50%。因此,设热电站单位基建投资为每千瓦(不考虑除硫)170卢布,则可得煤粉锅炉的基建费用为8500万卢布。因之可以近似地认为,100万千瓦功率的烧煤动力设备的烟气中清除 SO_2 的基建费用接近于8500万卢布。

比较上面援引的数字,可以认为,建造100万千瓦的蒸汽燃气装置可能节省(比起带除硫设备的同样功率的煤粉装置)几千万卢布。但是最主要的可能是,从煤气中清除 H_2S 的技术已完全掌握,在运行上比从烟气中清除 SO_2 要简单。

上述的等离子体气化效率近于90%,确定了相对于初始燃料中潜在热能而言的潜在热能的释放状况。如果不是由热电站,而是由原子能电站供给等离子体发生器电能,则

1) 原文误为121亿卢布。——译者

2) 原文误为1420米。——译者

可以提高上述效率。这时在一定程度上还可以解决由于利用核燃料而节约有机燃料的问题,其迫切性已由Александров院士在上述文章中十分清楚地指出来了。由于水蒸汽分解为氧及氢并使所获得的煤气富氢,这一指标可以提到比1大得多的地步。在这基础上还可以得到纯氢,这一过程如在高温下进行,并且有碳存在时,则其效率至少按热力学计算是相当高的。无需详述就可以指出,按计算,利用煤的等离子体气化获得氢,比电解法在效率上要高3倍,按氢的成本则低至电解法的1/20。

在工艺过程中利用核能,其中包括加工燃料,正在广泛地讨论着。这时通常指的是利用温度为800—900°C的气冷(氦冷)原子能反应堆所得到的热能。建造这类高温反应堆是个复杂的问题。我们这里讨论的则是利用原子能反应堆所产生的电能。这种情况下,当然,从原则上说,过程的能量效率低于利用高温反应堆热能的效率。然而一般地讲,这样利用原子能发电站的电能在未来是合理的。

在吹纯氧的情况下,重要的是,若大型煤气发生器按图1的原理工作,则没有等离子体发生器其工作不可能有效。这种情况下,不可避免地会出现温度场很大的不均匀性,使气化过程减慢,而且由于有浓度颇大的冲淡物CO及H₂O出现,煤气质量变差。

为避免这一点,在吹纯氧时,或是用类似于图2所示的层燃式煤气发生器,或是用所谓沸腾床式煤气发生器[5],其中可以保证在煤的气化区内温度相当均匀的条件,但又出现了其他的严重限制其单位功率的问题。这类问题之一是,在这类煤气发生器中,过程的加速,受到由下而上穿过沸腾层而运动时所生成的煤气流从沸腾层内带走小燃料颗粒的限制。

使进入沸腾层的燃料或多或少能均匀地分布,以及由沸腾层排除灰渣,这些技术问题也是十分复杂的。根据锅炉中块状燃料层燃的经验,这些问题在一定程度上是已知的。燃料出力大概限于15吨/小时的极限。与此不同的是,现代蒸汽锅炉煤粉炉膛中,如上所述,每小时可燃烧500吨煤。在转向煤粉的等离子体气化时,也可以预计大概会有这样的跃进。这时在等离子体反应器腔内的气体射流中,靠等离子体发生器可以保证高温水平。因而煤粉气化过程基本上可以在反应器本身中结束。因此煤气发生器的功率取决于等离子体反应器2的功率以及装设在气化室壁上反应器的数目(见图1)。

至于煤的等离子体气化在工业规模上实际的实现条件,则由技术上看,完全是现实的。П. Л. Капица院士所研制的带涡轮压气机的从空气制氧设备,已在我国进行批生产,其电能消耗近于每立方标米氧0.4度电。打算加工 Канско-Ачинский煤1000吨/小时的煤气发生器需要有四套这类设备,这当然在技术上完全是可行的。众所周知,这类制氧设备的生产及运行已为人们所掌握,而且其工作完全可靠,只需定期停机,每一二年进行预防性检修。

等离子体发生器到目前为止基本上是个别生产的,但其研制已取得很大成绩。等离子体发生器主要用于把各种气体加热到高温,这些气体用于以后的工艺过程中,其中包括,所得到的等离子体用来试验极高温气流中的零件,熔化耐火材料并在零件上喷镀这些材料的薄层,以及用于其他周期性工艺过程。等离子体发生器也用于化工及冶金工艺连续过程中。因此等离子体发生器的寿命,即其连续工作时间,有特别重要的意义。如用于大型等离子体煤气发生器中,则大型等离子体发生器必须有几百小时的寿命。专家们都很清楚地知道,在达到这一目标的道路上还有一定的困难。当然,研制功率很大的等离子体煤气发生器时,为保证其运行可靠和经济,必须解决不少技术问题。解决这些问题所需要进行的研究是迫切的,很重要的,同时也是引人入胜的,因为这里讲的

真正是新技术。

参 考 文 献

- [1] Проект развития исследований в области новой энергетики. Пер. с япон. 76/56070 ГПНТБ СССР; В. Douglas. Gas from coal. — «Textile World», 1976, N. 10.
- [2] Г. Н. Кружилин, Г. Н. Худяков. Плазменная газификация углей. Тезисы докл. II Всесоюз. совещ. по плазмохимической технологии и аппаратуро-строению, т. 1. М., 1977, с. 234.
- [3] А. П. Александров. Перспективы энергетики. — «Известия», 1979, 10 апреля.
- [4] А. Я. Аврух. Проблемы себестоимости электрической и тепловой энергии. М., «Энергия», 1966, с. 157.
- [5] R. G. Schwieger. Burning tomorrow's fuels. — «Power», 1979, vol. 123, N. 2.
- 译自: Кружилин, Г. Н. (1980), Плазменная газификация углей, Вест. АН СССР, 12: 69—79. (周力行译)

我的早期空气动力学研究

——一些思想和回忆

Max M. Munk

I. 与普朗特相处的日子

很久以前,在航空事业的初期,上帝给了我对于空气动力学作出重大贡献的机会。回忆起这些总使我感到快乐。我的论文出版了,其结果在所有国家中都得到了应用。但是,我所发明并交付美国使用的变密度风洞,却用来作了很多在第二次世界大战中一直保密并从军事上加强了美国的实验。

从工程系一毕业,我便与路德维希·普朗特(Ludwig Prandtl)一起工作。我找到了德国仅有的一个十分简陋,非流线型的低功率风洞。因为我们是从无知开始的,所以仍然从中学到了相当多的东西。认识了机翼截面的必要性能。完成了两项研究。把正好是平板或圆弧形机翼截面的翼型模型放到空气流中去测量,画出了空气作用力随攻角的变化。当时希望试验会促成某些新思想的提出。但因未提出任何具体的问题,所以风洞也就没有给出什么回答。没有进行有目的的思考,因此也就无法学到什么新的东西。

另一项研究的情况则正相反。仔细地计算了具有适于产生理想流动的子午线的纺锤