

面向 21 世纪,加速低温技术及其相关工业的发展

To Speed Up the Development of the Low Temperature Technology and Its Relative Industries

费人杰

(中国纺织工业设计院 北京 100037)

技术发展的一般规律

到 20 世纪末剩下的时间已经很少了,新世纪的来临迫使专家们对各自从事的专业技术领域中取得的成就进行总结,并且尽可能提出今后的发展方向。

所有的预测,包括科学技术方面的预测是很难的事情,犯错误的可能性很大。为了使错误尽量少,应该从一开始就遵循在分析科技进步过程中采用的一些原则,这些原则是建立在技术发展的普遍规律的基础上的。实际上,这一普遍规律存在于对已有技术的革新中和存在于建立在最新科学成就基础上的新技术的发展过程中。这里指的科学成就,不只是理解为基础研究成果,也包括工程技术科学发展过程中所取得的突出成果。

这一规律可以形象地用被称为 S 曲线的图形来表示。S 曲线反映出在技术的发展过程中由一系列指标(如效率、比质量、资源、价值等)组成的综合质量特性随时间而变化的情况。图 1 为表示技术随时间发展的 S 曲线。

S 曲线的第一个水平段(或接近水平段)1-a 为建立新技术项目的初始探索阶段。在这一阶段中同时有几个方案进行竞争,结果往往是其中之一获胜。当确认一个方案比其他方案有较好的前景时,开始新装置的改进过程,它的性能指标迅速提高。

方面,以现代数学为基础的信息技术将是不可替代的工具保证。

第四,钢铁工业的新的革命性变革、钢铁工业的未来需要创造性的思维,需要打破陈旧的框框和模式,需要跳出传统的思维定势和思维逻辑,在扬弃经典的冶金科技理论和成果的基础上,大胆构想,小心求证。

第五,钢铁工业、钢铁企业在市场经济的运作中,进行“控制总量,优化结构”的改革,更需要破除成规,更需要创造性的思维和开创性的探索。

参 考 文 献

[1] 王万宾. 控制总量优化结构大力提高冶金工业发展的质量和效益. 中国冶金报, 1999.2.14(1)

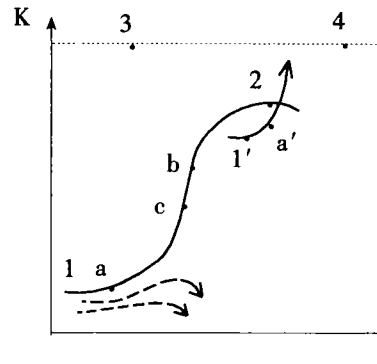


图 1 表示技术随时间变化的 S 曲线

K: 综合质量指标; τ : 时间; 3-4: 综合质量指标极限值

这一阶段在 S 曲线上的相应线段为 a—b。到了一定阶段,原来认为是新的技术变成了老的技术,用当时的技术和工艺手段来实现改进的技术储备几乎用完了,质量指标的改进也减慢了,然后又几乎停止了,达到了饱和阶段,在曲线上相应的线段为 b—2。曲线上的转折点为 c,正是从这个时候开始,质量指标的迅速成长变成缓慢成长,这意味着饱和阶段即将来临,应着手寻找彻底改进技术对象的途径。科学技术的发展是不断延续的。新的技术思想的产生,一是在本技术领域内或借用其他技术领域的已有方案进行改进的,二是在新的科学数据或科学发现的基础上产生的。新的、年轻的技术对象又重复

[2] 周传典. 正视钢铁工业第三次革命的来临. 科技导报, 1994; 4: 27-29

[3] Iverson B A, Buith K. A review of first year CSP operations at Nucor Steel's new thin slab casting facility. MPT International, 1991; 1: 40-51

[4] Pollock B A. ISP technology evolves with experience. Iron & Steelmaker, 1993; 11: 59-61

[5] Fritz - Peter Pleschitschnigg, Ingo Von Hagen, Tarek El Gammal, et al. Inversion casting—a new method for producing near-net-shape cast strips. Stahl Und Eisen. 1994; 114: 47-53

[6] 张建. 反向凝固法连铸薄带技术基础研究(博士学位论文选题报告). 北京: 北京科技大学, 1998: 16, 26

(责任编辑 王宏章)

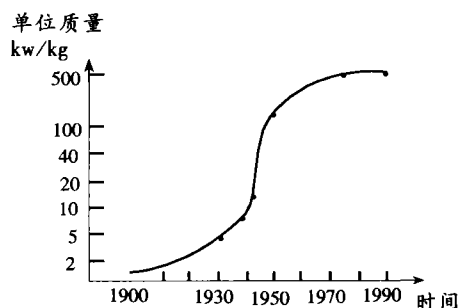


图2 活塞式压缩机单位质量随时间变化的S曲线

这样一个过程，在一开始它的质量指标甚至可能低于原有技术的指标（见新S曲线的1'—a'线段），但最终它将取得活力，开始进入迅速成长的阶段。

许多公司的成功经验证明，为了在不同阶段，取得技术上的最大成功，需要不同心理素质的技术带头人。第一阶段需要有发明创造潜力，具有直觉和善于寻找新途径的人才。第二阶段最需要要有经验的博学的工程师。第三阶段有决定意义的是意志，要在过渡到新技术前坚持一段时间。一代一代的技术更迭过程受到物理、经济、生态各方面的极限指标所限制，这些数据能用于技术预测中排除没有前途的项目。

正确地建立用于预测的S曲线，要求遵循两个条件。第一个条件是正确选择质量指标，这些指标的变化是建立S曲线的基础。这些指标应是独立的，与操作条件相关的参数的变化无关，并能客观地反映曲线的完善性。第二个条件是对所研究的设备模型的质量指标，占有足够的数量，这样才可以根据这些指标分清好的和差的产品，找出与平均水平的差别。

在利用S曲线进行预测时，应达到以下目的：(1) 所研究的技术对象处于曲线的哪个位置；(2) 如有可能，应弄清有没有可能建立新的S曲线相应的技术项目的可能性，有没有新的科技进步的可能性，特别是当性能数据已高于C点时就显得特别重要。在这种情况下正确选定项目的指标有决定性的意义（如能耗、质量、运行、技术经济、生态指标等）。

低温技术的三个发展方向

低温技术具有广阔的应用范围，在研究低温技术的发展前景时，应同时考虑它的几个发展方向。

用人工方法制取低温的方法是从制冷技术开始的。18世纪中叶产生了吸收式制冷机，19世纪产生了压缩式制冷机，后来又发明了蒸汽喷射式制冷机和吸附式制冷机，以及热电制冷技术。

19世纪末，20世纪初，制冷技术的姐妹技术——深冷技术进入了工业发展道路，开始用于空气分离和氧气、氮气的液化，一直到液氮温度，并制造出与制冷技术有很多差别的相应设备。

这两个分支之间的名义温度界线为120K，是在1971年第13届国际制冷大会上正式确定的。这两种技术尽管有着密切的联系，但却各自具有独立

性。

到本世纪20年代以后，由于工作温度和使用范围的扩大，使制冷技术获得了进一步发展的动力，首先是出现了一些要求较低温度的工艺技术，其次是空调的迅速普及。

在深冷技术领域也一样，不但要求液氧、液氮温度以上的温度（如天然气液化），而且超过了120K的温度范围。所有这些都促进了新的技术思路和技术方案的产生和应用。

“二战”以后，热泵技术得到了蓬勃的发展，虽然使用温度范围较高，但从各种特征来看，特别是逆向热力循环等基本原理，都属于制冷技术领域。

这样，到20世纪末就形成了温度范围由超低温（液氮温度）到400~450K的范围广阔的技术领域，这种技术的任务是在有着同样类似的流程、机器和设备的情况下，将能量从较低的温度水平转移到较高的温度水平，这即是低温技术。

传统型式的低温技术的发展途径

第一台实用型压缩式制冷机是1845年由美国医生哥里制成的，使用的工质是空气。这种机器经苏格兰工程师吉尔克于1862年进行改进后得到采用。从19世纪50年代开始由英国人贝尔金斯发明的蒸汽压缩式制冷机后经德国工程师林德改进的机器得到了采用。从此，两种压缩式制冷机展开了竞争。由于当时空气制冷机要采用活塞式压缩机和活塞式膨胀机，空气的容积流量较大，换热器比较庞大，空气压力损失较大，因此无法与蒸汽压缩式制冷机竞争。蒸汽压缩式制冷机的统治地位一直延续到现在。但从本世纪50~60年代具有新技术水平的空气制冷机得到了迅速的发展，其主要原因有两个。第一是由于深冷技术的发展中分成气体循环（高于临界温度区）和蒸汽压缩循环（低于临界温度区），一开始制造的空分设备、液化设备和制冷技术一样采用活塞式机器，由于苏联著名的低温学者卡皮查的创造发明，开始采用透平压缩机、透平膨胀机和高效的换热设备（回热式和板翅式换热器），开创了发展新型高效空气制冷机的可能性。目前由于高速透平机器将压缩机和膨胀机组合在一起，更加完善和可靠，以及紧凑的换热器，使高效空气制冷机性能得到显著的提高。使空气制冷机复苏的第二个原因是低温技术面临解决的问题范围扩大了，如，变温下的冷却，要求在连续或脉冲式的物流状态下将温度较高的物体冷却到较低的温度；同时制冷和制热；要求冷却到-50~-70℃以下的温度等。空气制冷机的显著优点是被冷却对象可与空气制冷剂直接接触（如在低温下对废旧轮胎进行机械粉碎处理），另一个重要意义是空气作为制冷剂完全没有生态问题和经济问题，以及与此有关的安全问题。

尽管目前由于制冷剂对生态环境的影响，使蒸汽压缩式制冷机遇到了暂时的困难，但是替代制冷剂的研究，取得了很大的进展，进一步改进的可能性仍然存在。目前主要的改进有两个方面。第一个方面是采用混合制冷剂，可以使蒸发温度和冷凝温度的变化最佳地适应外界热源和被冷却对象的温

度变化,提高制冷机的效率。更换混合制冷剂带来的一些操作上的困难也已经解决了。第二个方向是压缩和膨胀过程的改进。压缩机的改进过程可用S曲线来分析,图2为反映活塞式压缩机单位质量比功率变化的S曲线。由图可见,在这段时间内(约100年),压缩机的单位质量下降了近500倍,其他指标也大大改善,压缩机体积减少了50倍,转速提高了22倍。根据S曲线分析,活塞式压缩机的指标已接近饱和点b。而其他类型的压缩机,如离心式、螺杆式、滚动转子式和涡旋式,还有进一步提高质量指标的可能。至于膨胀过程的改进,曾进行了两种方法的试验,一种是比较彻底的方法:用膨胀机代替节流阀,使膨胀效率提高10~15%。效率较高的透平膨胀机可用于两相区域,这种机器不仅能用于低温技术领域,而且可用于带离心压缩机的大型蒸汽压缩式制冷装置,根据温度条件和使用工质类型可使同样能耗下的制冷量提高5~10%。另一种是在节流前采用辅助制冷机对制冷剂进行预冷,以提高膨胀过程的效率,使节流损失降至最低,虽然辅助制冷机需要耗能,但是总的单位能耗可下降15~20%。

吸附制冷法还远未利用,随着新的固体吸附剂的发现,吸附制冷法将得到进一步改进。干冰和液氮的利用会有较大发展。从50年代开始在深冷和制冷领域得到采用的斯特林制冷机近年来推出了不少变型机组,在微型制冷机方面是有效的方法。

但仍有相当部分已知的和经过实践检验的制冷方法和机器设备远远没有达到S曲线的饱和段。需要将制冷、深冷及热泵技术紧密结合,将一种技术的经验转移到另一种技术,使各自的潜力充分发挥出来。

低温技术发展的新途径

和传统的利用热机械和热化学过程取得温差的方法不同,新的方法是基于电、磁及将来的光热效应基础上的。

最早是利用帕尔贴效应的热电制冷方法。1838年俄国科学家楞茨第一次用铋—锑热电偶将水结成冰,这是第一次不用机械和化学方法的制冷方法。但是一直到100年后,即发现半导体以后,才使热电效应提高了两个数量级,温差达到几十度,有了实用价值。当时不少国家竞相研究推出了半导体冰箱模型,没有运动部件、没有噪声,操作十分方便,但很快产生了疑义,因为单位耗电量比批量生产的压缩式冰箱高2~3倍。半导体材料的主要质量指标是优值系数 $Z = \alpha^2(\rho/\lambda)$,但经过大量研究未能显著提高该指标,这是由于确定的物理规律所制约,即,为降低焦耳损失,必须提高材料的导电率 ρ ,但这又始终伴随着热导率 λ 的增加。人们想要找出切断这一联系的材料,却始终没有成功,因此半导体制冷的范围只能局限在对能耗影响较小的小型制冷系统。

然而,超导体的发现又使情况有了变化,因为超导体不遵守材料的导电率与导热率相关的规律性。超导状态下比正常情况下的热导率下降1~2个数量级,导电率高的材料导热率却很低,这样就有

可能通过高温超导体切断半导体元件的“热闭合”,使进一步提高半导体制冷效率有了可能。

利用电磁现象研制冷却设备的另一个方向是利用磁热和电热效应。电磁效应是指某些磁体和电介质在加上相应的磁场和电场时,温度会发生变化。目前仅有磁热效应在温度低于20K范围内得到应用,是利用超导电磁体产生的磁场。在制冷技术温度范围内,电热冷却效应取得了一定的进展,在不远的将来有可能制造出能与压缩式和吸收式冰箱相竞争的产品。

建立电热、磁热制冷装置,在于寻找电热、磁热效应高的材料,以及工作元件与热源及受热者之间最好的换热方式。对于磁热制冷器,重要的在于寻找建立交流磁场的有效方法。

近年来进行的通过电场作用使工质进行压缩和膨胀的所谓电力气动法或离子法,引起了人们的兴趣。如果成功,就有可能制造出各方面和蒸汽压缩式制冷装置相似,但没有运动部件的制冷和热泵装置。据说第一批电力气动压缩机和膨胀机的试验有了好的结果,近期能制造出半工业样品。

近年来人们对建立在改变辐射频率上的光制冷方法产生了兴趣。如果用一种频率的射线照射物体,使其分子产生热波动,强制性提高照射的频率,物体的温度就会降低(因为能量平衡是负值)。据报道已制造出这种制冷器的样机。上述制冷方法都处于S曲线的初始阶段,每一种方法的下一步的命运(是上升还是下降)以及它们的应用范围在不久的将来将会明确。

经济和生态形势对低温技术发展及其相关设备的工业生产的影响和要求

任一技术的发展首先取决于社会的需求,这方面对低温技术的预测是乐观的。毫无疑问,对低温技术进一步发展的社会需求始终是增长的。

首先制冷技术仍然是食品及生物制品贮存、运输和加工的基本方法,随着世界人口的不断增长(预计到2025年世界人口将达到80亿),这方面的需求将不断增加。制冷技术的另一方向(包括空调、医疗、化工、废物处理等),在可预见的将来的需求也不会减少。

深冷技术在其传统的应用领域有着深厚的基础(如空气和其他气体混合物的分离、气体的液化和运输、科研等部门),只有在空分方面有一部分被变压吸附和膜分离技术所替代。据预测不久的将来,新一代航空飞行器将采用液氢和甲烷燃料,深冷技术将得到新的发展动力。

热泵技术将在更大的范围排挤其他经济性较差的采暖方法(甚至热电站)。热泵在化工、食品和其他工业方面的应用将会扩大。

因此,从技术经济观点看,低温技术的三个发展方向不会遇到危险,对它们的需求不会减少,改进的潜力还较大。

从生态角度看,问题倒反而比较复杂,因为低温技术对环境带来正负两方面的影响。正面影响方面,首先制冷技术使大量生产出来的易腐食品得到很好的保存。深冷技术和热泵技术对自然资源的充

关于我国天然气开发利用若干问题探讨

Discussion on Development and Usage of China's Natural Gas

马士勋

(兰州炼油化工总厂 兰州 730060)

宋武成

(国家计委能源研究所 北京 102260)

天然气作为一种能源为人类了解和(当作燃料)利用,已经有2 000多年的历史,但是,作为重要的能源和化工原料为社会所重视和大力开发利用还是近百年的事。当今,天然气所以受到重视,原因是多方面的。首先现代科技和生产手段已使天然气利用成为较为容易的事;其次,作为气态能源,天然气在运输和利用上有其特点和优点;第三,与其他矿物能源(煤炭、石油、核燃料)比,天然气是优质、高效、清洁的环境友好能源;第四,随着科技进步,天然气在化工领域等的利用,已经显露出更为广阔的前景;第五,最重要的是天然气资源丰富,目前天然气已探明储量和待发现的资源均已超过石油(至1997年底,世界石油探明储量为1 409亿吨,世界天然气探明储量为144.76万亿立方米,按热值折合约1 447.8亿吨石油)。因此,天然气的开发利用已成为我国能源战略调整的组成部分,大规模开发利用势在必行。研究天然气的开发利用问题,也就成为极为重要的战略课题。

一、我国天然气资源及开发利用现状

分利用和节能作出了突出的贡献。而低温技术对生态环境的负面效应在于它的运行需要消耗世界上生产的20%的能源。如果再加上制造低温设备消耗的材料和能源,那么显然低温技术在保护环境的同时也污染了环境。但是低温技术的负面影响的比例比其他许多工业部门要少得多。低温技术科技进步的近期任务在于最大限度地改善这一比例关系,以有助于下一世纪主要生态问题的解决。

我国的制冷和低温技术及其相关工业已有数十年的发展历史,特别是改革开放20年来得到迅速的发展,同时也造就了一支具有较高水平的从事科研、教学和工程技术的科技队伍。我国自制的制冷空调设备、空气分离设备、低温设备有不少已达到国际先进水平,基本上满足了我国快速发展的国民经济对本领域日益增长的需求。我国目前冷藏冷库

1. 我国天然气资源情况

据1994年完成的全国第二次油气资源评价和预测,我国常规天然气资源总量约38万亿立方米,其中陆上约30万亿立方米,海域约8万多亿立方米。此外还有煤层气资源量约30~35万亿立方米。目前探明天然气的气田和油气田有260多个,其中气田140多个。最主要的气田,陆上有四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、柴达木盆地、准葛尔盆地、吐哈盆地、松辽盆地等,海上有南海的莺歌海和琼东南海域、东海长江口海域、渤海湾西部和珠江口大陆架等。截止1996年底全国已探明天然气储量1.8万亿立方米,其中油田气3 000多亿立方米,气田气1.5万亿立方米。我国天然气资源“八五”期间探明储量增长很快,5年新增探明天然气储量7 000多亿立方米。近年来平均年增探明储量1 000亿立方米,预计增长势头还可持续20多年。2000年天然气探明储量累计可达到3~3.5万亿立方米;2010年累计达到4.4~4.9万亿立方米;2020年累计达到5.65~6.15万亿立方米。我国天然气经济技术可采资源量,约为11万亿立方米,按世界天然气开采大国(如美国、俄罗斯、伊朗、委内瑞拉、墨西哥、加拿

能力已达500多万吨,月冻结能力约9万吨,速冻食品的年产量达350万吨。我国电冰箱生产能力已达1 300万台,近年来年销售量都在900万台以上。90年代以来,各地大量兴建各类建筑,我国出现了前所未有的空调应用的热潮。中央空调的应用也有了迅速的发展,1995年风机盘管产量达45万台。家用空调器的销售量近年来已达700多万台,我国已跻身世界空调生产大国行列。近年来在低温技术、传热、贮能等方面取得了优异的成绩。然而,我国的制冷和低温技术与国外先进技术相比仍有较大的差距,我们应在引进消化吸收国外先进技术的同时,结合我国的实际,在制冷和低温技术研究和应用方面,进行创新,大力发展制冷设备的现代化工业生产,以迎接21世纪的挑战。

(责任编辑 王宏章)