

如何正确看待我国的人才外流

How to Look upon China's Brain Drain

陈昌贵

(华中理工大学高等教育研究所, 副研究员 武汉 430074)

怎样看待我国的人才外流,这是关系到如何对待一大批因各种原因而滞留不归的人才,以及如何评价我国教育对外开放的功过是非的大问题。对此问题,上海交通大学宓洽群教授在《科技导报》1990年第6期曾发表过一篇题为《当前人才外流不完全是坏事》的论文,提出了5个观点。一是“高层次人才外流反映了生产要素跨国组合的要求”,二是“高层次人才外流不会导致全国性的人才匮乏”,三是“部分高层次人才外流和外储,在某种意义上是对我国一些跨越现实需要的人才资源的保护”,四是“何妨先为他人做嫁衣裳,再为自己办嫁妆”,五是“高层次人才适量外流和外储是造就一支外向型人才队伍的有效途径”。其结论性的观点是“人才外流在现阶段的我国有其一定的必然性和合理性,所以我们在政治上宜因势利导,而不能因噎废食。”宓教授的这一不同凡响的观点,对我们分析人才外流是有启发的,其理论家的气度和深邃的目光是令人敬佩的。笔者曾两次赴美对我国留学学者的回国意向进行调查与研究(见《我国留美学者回国意向的调查与分析》,《高等教育研究》1994年第4期和1995年第1期),也在国内南方20所不同类型的高校进行过访问,收集了大量第一手资料。根据这些调查和分析,笔者认为宓教授在此文中的观点总体上是合情合理的,但也存在着某些偏颇之处。笔者提出以下三点进行一些讨论。有些观点是与宓教授的观点相同的,可作为一点补充;有些则是不同的,权作商榷。

一、人才外流的损失是不可低估的

宓教授将其论文定名为“当前人才外流不完全是坏事”,意在说明人才外流是利弊兼有的。只不过在此文中他只是强调“不完全是坏事”这一面,这当然是可以理解的。但是在我们讨论人才外流的影响时,就不能只谈一面而忽视了另一面,更不能只谈次要的一面而忽视主要的一面。笔者认为,人才外

流对我国的影响是严重的,其造成的损失是不可低估的。具体而言,其损失主要表现在以下三个方面。

第一,加剧了我国高级人才的青黄不接

我国恢复向西方国家派遣留学人员,始于文化革命刚刚结束,国家工作重心正转轨到以经济建设为中心的关键时期。当时可说是我国的国民经济濒临崩溃的边缘,百业待兴,但最突出的还是人才素质不高,高级人才队伍青黄不接。由于荒废了十年大好光阴,不管是科学技术的发展水平还是高等教育的质量都与西方发达国家有较大差距,国民经济的发展极需大量人才,而我国恰恰人才匮乏。为解决这一问题,国家和一些大学、科研机构在非常有限的经费中拨出了一笔可观的费用,可以说是勒紧裤带节衣缩食,资助了成千上万的各个领域的最具发展潜力的青年学者,到国外大学和科研机构深造,期待着他们回国后挑起承前继后、振兴科技和教育的历史重担。但是由于一些原因,除了早期派出的一批中年访问学者大都按期回国以外,很多年轻的学者,特别是一些攻读博士和硕士学位的留学人员,大都逾期未归或滞留不归。这种状况使得我国高级人才的培养计划受到了很大冲击。从某种意义上说,它影响了我国科技教育人才队伍的建设和科学教育的发展。

笔者在我国20多所大学进行访问时,亲睹很多因人才滞留不归而影响学校发展的事例,真切地感受到人才外流对学校工作造成的一些损害。例如一所国家重点理工大学,为了改变学校以工科为主的形象,加强理科建设和实现理工结合,创办了数学系。数学系成立后的当务之急就是建立一支高水平的师资队伍。为此,学校在选派出国人员工作上明显地对数学系倾斜,10年共派遣24位青年骨干教师出国攻读博士学位,但至今无一人回国,使得系里的中、老年教师不得不承担起他们留下的教学任务,甚至还不得不请已退休的老教师披挂上阵。该系系主任深有感触地说“我现在是天不怕地不怕,就怕人事处向我们下达选派出国人员的名额。”

因为名额下来了,系里顶不住派人,又怕引起众怒,如果再派人出去,系里就很难揭锅了。”在一所医科大学,我们曾与一位系主任交谈,了解到该系是国家医学科学研究的一个新兴学科基地,目前已开创了一个新的研究领域,国家有关部门有意对这些研究提供重大资助。但是这个系感觉到已无力承担,原因并非是科研条件的限制,因为在世界银行贷款的支持下,他们的科研设备在国内是第一流的,在国外也是比较先进的,而且已经有了一些较突出的研究成果和很好的研究基础,主要原因是缺乏人才。该系主任所指导的4位博士研究生毕业后都已先后出国,且无迹象表明近期会回国,目前两位30多岁的青年教师也正准备出去,留下来的只是年逾花甲的老教师和刚刚本科毕业的几位青年助教。虽然我们没有进行过全面准确的调查统计,但是从所接触到的一些系主任和老教授身上,我们毫不惊奇地感受到他们对人才匮乏的深深忧虑。

我国是否会出现因人才外流而导致全国性的人才匮乏?如果只是从数量上将滞留不归的人员占我国高层次人才的比例来比较,当然是无须大惊小怪的。但是光从量的比较是不全面的,更重要的是要进行质量的比较。印度钢铁与矿产联合部部长K. C. 潘特曾经在《人才流失与国家发展》一文中指出:“到国外去的人都是一些富有主动性、进取精神和技术水平合格的人,他们能够作出极大的贡献,所以失去他们所能发挥的作用要比他们的人数所表明的情况严重得多,很明显,我们担负不起失去这些人才的后果。”在前述的调查中我们已经发现,目前滞留不归的出国人员年龄一般在30~40岁之间,正处于风华正茂大展鸿图的最佳使用期,国内目前缺乏的主要是这一年龄档次的人才。况且,他们大都是1978年恢复高考制度后的前几批大学本科毕业生和硕士研究生,他们不仅经过严格挑选,而且所学的专业也都是国内单位急需的。因此,我们很难得出这批人“相对富余”的结论。

在国内调查时,我们曾将有过出国经历的和没有出过国的人进行过比较,发现前者相对而言在以下方面具有优势:一是外语水平较高,大部分人能熟练地阅读和使用外文资料,较快地了解国外科学研究的最新动态,捕捉到一些对研究有重要作用的信息;二是视野比较开阔,有些人在国外呆过一段较长的时间,对国外同行的研究状况较为了解,有的甚至参加过国际研究前沿的课题,这些对他们设计新选题制定新方案无疑是有很多好处的;三是能较熟练地使用先进的科学仪器设备,因为他们在国外直接使用过此类仪器设备,因此回国后可以驾轻就熟地运用这些仪器设备进行科学研究;四是与国外同行有联系,在研究过程中可以通过对外联系获得国外同行的帮助和支持;五是经济状况和生活条

件要相对宽裕一些。他们在国外期间在经济上大都略有结余,回国后可以相对地少一些为养家糊口而拼命挣钱的苦恼。当然,我们并不是说所有出国人员都一定比没出国的人员强。实际上,目前国内高等教育和科学研究的主力军还是大批未出过国的科技人员,他们中有很大一批是思想素质好、科研能力强的学术带头人和科技精英。只不过在这里我们主要强调的是目前在国外滞留不归的人才,并非是“相对富余”的人才,也并非大部分是“跨越我国现实需要”的人才,而是国内急需的人才。如果这些人才能够回归并充分发挥他们的优势,对国内高等教育的发展和科学技术的进步将会产生重要的促进作用。

至于人才外储的论点,早在70年代国外留学生中就已存在,有些甚至成为一些人滞留不归的借口。台湾学者李威在《天地之大》一文中就曾针对部分台湾留美人员的一些心态,批评过“海外储才论”、“贡献更大论”、“全民科学论”、“留学万能论”、“良禽择木论”、“随遇而安论”、“科学无国界论”和“输出饥饿论”等11大论调。笔者在这里并非指责宓教授所提的人才外储观点,因为他在评述时已作过“部分”和“适量”的界定。但是需要讨论的是,目前我国是否是已经到了人才已经严重积压需要借助国外的“人才仓库”来保护和储备的状况了呢?究竟有多少人是属于“跨越我国现实需要的人才”?应该说,印度和台湾的情况与我国的现实情况是有较大区别的。印度高等教育的发展极快,由于历史的原因,它已超越印度经济与社会发展的需要,它们的人才外流在某种程度上起到了减轻国家就业压力的作用,所以适当的人才外储是可行的。台湾地区人多地少,目前的人才可以说是供过于求,不少人只有寻救向外发展的机会。就连蒲慕明教授也曾经说,“我1974年毕业后曾申请去台湾清华大学工作,没有被录用,后决定留在美国。看一个人的贡献要看所在的环境。国内属于创业环境,他们走的一步路可能要比在美国走十步路贡献更大。我在美国虽然写了许多论文,从绝对值来看,我的贡献不少,从相对意义来看,国内人员比我贡献更大。”(见《中国留学生政策讨论会》,《科技导报》1988年第6期)而我国的实际情况是,从时间上看,我国的人才外流发生在十年动乱后的前几年,人才断层的状况并无明显改善,加上我国经济发展迅速,对人才,特别是对高层次的外向型人才的需求度仍然有增无减,在这种情况下,“用”应当是主要矛盾,只有真正地解决了“用”的矛盾,才有可能考虑“储”的问题。从年龄结构上看,国内急需的是40岁左右的承前启后的人才。而滞留国外的人才大部分属于这一年龄层次,因此急需这批人回国承担重任。从人才素质的要求上看,国内目前急需的是一些参加过国际学

术交流、对国际科技研究前沿状况较为熟悉的中、青年学术带头人,这支生力军的回归将对加快我国科学技术的国际转轨,提高我国科学研究的起点产生重要作用。尽管在调查中我们也曾发现有些人所从事的研究超前于我国的现实状况,但毕竟人数较少。因此我们应当具体问题具体分析,在当前情况下,片面地强调人才外储的观点,似有失偏颇。

第二,造成我国有限的教育投资的部分外流

在讨论人才外流的影响的时候,我们当然不能不正视其所带来的经济损失。一般来说,一个受过较好教育的“人才”外流,必定会导致其所蕴含的人力资本的外流。其人力资本量至少可以包括两个方面,一是教育投资,包括其从出生到大学本科或硕士毕业的所有教育费用。据估计,美国大学取得学士学位,仅学费这一项约需花费10万美元,大学毕业后取得硕士学位约需花费5万美元。印度一个工程专业的大学毕业生的培训平均耗费近20万卢比。尽管我国大学生在培训费用的绝对数上要低一些,但相对比例也是可观的。再加上他的出国费用,以公派生计算,在国外一年的生活补助费将达6000美元。如果使用在希望工程上,一个公派生费用至少可以资助200名以上的失学儿童重返学校。二是这些人才所创造的预期价值,尽管很难估计,但损失量也是不能小看的。印度在讨论此问题时曾有一个比喻,“牛用嘴吃食物,我们从牛乳房得到牛奶,可是现在牛的嘴巴在印度,乳房在英国,”“喂养它的是印度,而挤牛奶的却是英国”,这一比喻形象地说明了人才外流所带来的经济损失。

前所述的印度K. C. 潘特部长曾经提出,“人才外流的实质是一个国家花费大量钱财培养出来的人才,到头来把他们的教育收获奉送给别的国家”,“问题不仅是一个国家得不到它本来该有的这种回报,而且是一个实际上担负不起这笔经费开支的国家,在帮助那些付得起更多教育经费的国家办教育。这真是一个具讽刺意味的违背常理的问题。”前面谈到我国派遣留学生时,笔者曾使用了“勒紧裤带”的字眼,其意也在说明在当时国家财政极度困难的情况下,拿出那样多的外汇进行教育投资是多么的不容易,而获得这些投资的部分留学人员却未能应急而归,这不能不使国人痛心。

在美国访问期间,笔者曾与一些美国教授交谈,发现他们对中国学生的评价之高简直令人有些惊奇。南卡罗来纳大学的化学家奥托·斯克勒波向美国7所名牌大学中曾与中国学者共事过的美国教授作了一个调查,70%的教授回答说中国学者对科研项目作出了意义重大的贡献,并说他们欢迎中国学者再来。有一位教授说,“如果你对中国学生的要求是100%,他们将完成的是150%”。大卫·兰波顿教授在其所主编的《恢复联系》一书中认为,中

国政府对中国留美人员的财政资助实际上也在财政上支持了美国一些院校的科研计划。这些事例从另一个角度说明了我国的留学人员在国外所创造的价值。如果,这些人才的预期价值能够有效地在国内发挥,其经济上的效益也是不可低估的。实际上,大量回国人员在科研和教学所做出的巨大贡献也充分说明这一点。

第三,形成了一些潜在的消极影响

除了上述的两个显而易见的损失以外,人才外流所形成的一些潜在的消极影响也是不可忽视的。其至少表现在以下两个方面:

一是使我国的国际形象蒙受一些损害。在国外调查期间,曾听到过几种较为极端的议论。一种是恶意的,一些人把我国近几年来出现的大规模人才外流视其为这些人对社会制度的选择,认为是中国人权状况恶劣的一种表现;并且讥讽为是“一失人才,二失面子,三失机密”,继而企图将其作为攻击我国留学政策的一种口实。当然,对此论调我们完全可以置之不理。因为人才外流并非是我国一家独有之事,很多资本主义国家同样也曾发生过和正在发生着大规模的人才外流,一些国家的人才外流的比例甚至比我国高出许多,这是否也是一种制度选择呢?是否也是一种“人权状况恶化”的表现?一些研究表明,人才外流的直接原因是多方面的,如果一味地强调所谓的政治原因或者什么制度原因,那么这种人要么是愚不可及,要么就是别有用心。另一种议论则是善意的,其中有些是来自友好人士。他们根据一些中国留学人员有家不回的事实,怀疑中国人民现在仍在“水深火热”之中,并对中国这样一个强国出现的大规模人才不归持不理解态度。之所以会产生这种印象,主要是缺乏对中国现实状况的全面了解,或者是轻信西方片面的某些宣传。因此,不管从哪一种角度来看,人才外流无疑会使我国的国际形象蒙受一些损害。对此我们当然可以通过新闻传媒,从正面介绍我国的实际状况,以消除一些友好人士的误解,但更重要的是要采取积极有效的措施,吸引大量的人才回归,用雄辩的事实来回答一些别有用心人的挑战。

二是在国内形成一些社会心理冲击。虽然人才外流与我国一些城市曾出现的“出国热潮”并不构成直接的因果关系,但至少可以说前者对后者起了某种推波逐澜的作用。一些人出国了,一些人拿到“绿卡”不准备回国了,这使得更多的一些人,特别是一些年轻人,对西方社会生活充满了好奇感和神秘感。加上国内社会传媒(主要是小道消息)的一些误导和一些人不切实际的宣传,使不少家庭和年轻人格外相信“西方社会遍地是黄金”的现代神话,以至于要“不惜一切代价”、“不过大洋不死心”,使得“出国热”越炒越热。在国内访问期间,一些高校的

基层负责人告诉我们,“出国热”在青年教师中的影响是较为严重的,从某种角度上看,人才外流的损害还远不及“出国热”所带来的损害。因为人才外流了,学校可通过补充人才予以适时弥补,而一些青年教师“身在曹营心在汉”,一门心思扑在考外语和联系出国上,学校教学与科研工作受到损害,这种损失还很难予以适时弥补。

二、我国人才外流并非完全是坏事

在承认人才外流对我国损失不可低估的同时,我们也要看到人才外流并非完全是坏事,或者是说适当的人才外流也可对我国产生一些潜在的积极作用,或者是说通过一些转化,也可将“坏事”变成好事。这里将宓教授的论文标题作为我们的一个观点,其意是赞同他的这一提法并作一些必要的补充。

首先,我们应该看到人才外流与物质外流是有本质区别的。物质从甲地流到乙地。一般来说将不会对甲地发生关系和产生作用。而人才从本国流向外国,除极个别的人将不会与国内发生关系和对母国产生作用外,大部分人都会与母国建立各种不同的联系。因此即使有些人会长期留在国外,即人才外流,也不能说这些人对中国没有一点好处。应该相信,大部分中国留学人员都会尽一切可能,利用不同渠道,为我国的经济发展和社会进步作出贡献。一位香港人士曾撰文肯定部分留学人员留在国外有其积极的一面。第一,“拔尖人才利用国外先进的技术设备,专心致志地从事科研工作,如获得成果将会给中华人民共和国带来荣誉。”第二,“年轻人学会了在西方竞争条件下营生的本领,不时寄钱接济亲友,也是对国家作贡献。”第三,“提高了华人群体的文化素质,增强了华人对美国社会的影响。”应该说,这些说法是有一些道理的。在美期间我们发现,几乎所有的中国学者都愿意作为中美合作的桥梁,很多人已经为国家做了大量工作。例如在科研上,经常地向国内的单位和同事介绍国外研究的最新信息,有的还准备自费短期回国和讲学。我们曾经访问过一位才华横溢的中年学者,他出国前曾在中国科学院某研究所工作,取得过非常显著的成绩,多次获得国家级奖励。因为一些原因定居美国,目前已组建了自己的科技研究所,组织了近30位在多个领域毕业的博士生和博士后在一起进行科技攻关。由他负责申请科研经费和争取科研资助,选择的课题也尽量与国内科技发展的重大项目相近。他希望经过几年努力后在美国的波士顿组建起一个以中国学者为主体的“中国海外科学院”,用他们的科研成果,为国内的科技发展作出贡献。在经济贸易上,不少留学生利用在国外居留的机会帮助

国内的一些公司和厂家推销产品,帮助拓宽国际市场,有的帮助联系引进外资,在中国兴办合资企业和外资企业,有的甚至作为外资公司的代表回大陆做生意。在学术交流方面,一些留学生利用自己的优势,积极帮助扩大中美学术界的合作与交流。应该说,这是一种用金钱买不到的智力资源,如果利用得当,他们可以起到国内人员不可替代的作用,从某种意义上看,相当于中国在美国各地设立了大量的不需中方付酬的海外联络办事处。

其次,一批高层次的中国学者定居美国,有利于提高华侨在美的社会地位,树立新一代华侨形象,据1994年的统计资料,美国全国人口255 082 000人,其中亚裔人739 378人,占2.9%,据估计华侨占亚裔人一半以上。我国旅美华侨分为四代人,第一代人是15~16世纪开发美洲新大陆的中国淘金者,第二代人是19世纪中叶鸦片战争前后我国沿海被人骗卖出境的劳工。这两代人由于文化素质极低,大都从事体力劳动,虽然经过几百年的变迁,他们的后裔经过艰苦奋斗,在美国已落地生根,但大都以餐馆业、服装制作和洗衣业为主要职业,生活在美国社会中、下层。第三代人是第一、二次世界大战以后由大陆和台湾迁往美国的一批学者和商人,第四代人则是台湾、香港和大陆的新一批学子。虽然在美国的科技教育界活跃着大批的华裔侨民,也出现过杨振宁、李政道、吴健雄、丁肇中等科技精英和诺贝尔奖金获得者,出现过王安等科技实业家,但是,由于历史的原因和美国社会中存在的种族歧视,华侨在美的社会地位仍低于其它血统的外国移民。海外舆论认为,一大批高层次的台湾和大陆学者加入华侨行列,将有助于改变新一代华侨的形象,提高华侨在美的社会地位。

特别值得一提的是,我国近年居美的一些学者,大都是解放后出生的,这些人与国内有着千丝万缕的联系,他们中的绝大多数人是中华人民共和国利益的维护者和支持者,中国的盛衰荣辱与他们的切身利益休戚相关。目前这批人中有不少佼佼者已进入美国的高层科技界和著名大学,凭着其惊人的才华和刻苦拼搏的精神将有望在科学技术上做出出色的成绩。他们离国年代不远,乡情尤深,关心国事熟悉国情,他们在科学领域所起的牵线搭桥和信息传递作用,与一般华侨相比更有其优越条件。杨振宁曾举例说明暂留海外的留学生的长期利益。50~60年代台湾去美的不少留学生,留在美国硅谷高科技园区从事研究工作。70年代台湾经济起飞以后,其中有些人回到台湾建起计算机工业,利用其科技与信息优势,加速了台湾电子行业的发展并很快打开了国际市场。当今我国全力发展经济和大力开拓国际市场,与海外华人合作之处很多,如果有些留学生依靠科技优势能在国外创建事业中一显

身手,则与我国致力于开拓国际市场的目标是完全一致的。

再次,我们也要看到,高等教育的国际化和我国科技、经济的国际接轨已成不可逆转之势。从世界科学发展的历史看,可说是“三十年河东四十年河西”,在古代世界上最初的科学中心是巴比伦,后来转移到了古希腊,以后又依次转移到印度和伊斯兰地区。文艺复兴时代的科学中心在欧洲,到了17世纪时英国成了世界科学中心。法国在18世纪取代了英国,而德国又在19世纪取代了法国,美国在20世纪的崛起使它成了新的世界科学中心,可说是百年一换主。至于说21世纪世界科学盟主是日本?中国?还是美国?21世纪是否真会成为“中国人的世纪”?不管这些预言是否能够成为现实,但是,作为一个具有悠久文明史的大国,在当前情况下决不能把目光单纯地锁在国内和现实的短期需要上,而应从国际竞争和未来发展的大背景来考虑我们的发展战略,顺应科学发展和社会进步的趋势。因此,为迎接21世纪组建高层次人才队伍,特别是具有国际竞争经验和能力的人才队伍,应当是我们的战略任务之一。从这一意义上看,一方面我们需要采取积极有效的措施,吸引大批留学人员回归,提高我国的科技和经济水平,另一方面也要正视一部分留学人员已定居国外的事实,支持他们在国外扎下根来,充分发挥他们在国外的优势,鼓励他们为国家的科技发展和经济建设作贡献。

三、人才外流将长期存在,但大规模的人才外流只是一种暂时的现象

研究表明,导致人才外流的原因是多方面的,只要打开了国门,对外实行开放政策,人才外流就是不可避免的。发展中国家同发达国家之间在经济和生活水平、教育和科技发展等方面的现实差距很

难在短时期内消除,它决定了很长时期内不可能扭转人才的外流局面。发达国家的价值观念在世界范围内的传播和流行,也将不断地诱发人才持久外流的动机。从我国国情看,目前还仅属于经济增长的起步阶段,由于底子太薄、人口过多,很难在短期内赶上和达到发达国家的现有水平。况且发达国家也并非停滞不前。因此,我们要作好“人才外流将长期存在”的思想准备。

但同时我们也应看到,我国人才大规模滞留不归只是一种暂时现象,它是一个特殊阶段的特殊产物。因为留学人员是否长期滞留国外,一是看其是否有外流的意向,一是看是否有此可能。尽管在1989年以前,也有一部分人试图留在国外,但由于居留时间的限制,除很少的人谋到美国的“绿卡”以外,大部分人的愿望很难成为现实。直到美国政府以“六四”风波为由单方面对中国留学生的政策进行了调整,才使得几万中国留学生和学者无条件地延长其在美居留权继而申请到“绿卡”,使得我国的人才外流现象呈现出前所未有的巅峰状态。美国等西方国家政府的这些做法,虽然打着“人权”和“制裁”的旗号,但不能逃脱“掠夺人才”的国际社会舆论的责难,事实上在美国等西方国家内部也曾受到一些社会舆论的批评。美国并非是人才需求的无底洞,应该说他们所需要的人才的数量是有一定限度的。由中国大量的人才涌入而产生的一些社会冲击等副效应也是不可低估的。在美国调查中我们也发现一部分中国学者,毕业后无法找到合适稳定的工作,他们大多数的人都在等待美国经济的复苏,如果复苏的时间来得过迟,而我国的发展机会又非常诱人,估计有一部分人会作出回国的决定。就象韩国、台湾目前出现的回国潮一样,我们可以预计,随着我国经济的发展,国内发展机会的增加和科研条件的改善,大量人才回归也将会成为一种必然的态势。

(责任编辑 蔡德诚)

科技动态

薄纸式住房空调机

据英国《新科学家》周刊1994年10月15日报道,美国华盛顿州里奇兰西北太平洋实验室正在研制一种微型热泵,这种热泵有可能像纸张一样薄,可以作成壁板并固定在房间的周围,按人们的希望或者加热或者冷却房屋的各个部位,成为应用自如的超轻便型空调器。

微型热泵用精细技术生产,其中的电子马达小到足以放在一个针尖上。现在已经研制出了这种微型马达。

热泵通俗地说就是空调器,可以用来加热和冷却住宅和大型建筑物。它有4个主要部件,即压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器。压缩机使一种液体沿闭路系统循环。这种循环以液体蒸发的形式开始,液体在压缩机内温度上升,然后蒸发,热的蒸汽流到冷凝器,在冷却成液

体时放出热量,液体通过膨胀阀产生液体和蒸汽的混合物。然后又通过一个蒸发器,在这里液体又蒸发吸热,开始新的循环。这样热量就从与蒸发器接触的地方转到了和冷凝器接触的地方。

目前,西北太平洋实验室已研制出热泵所需要的这4种微细型的部件,除压缩机还不太理想外,其他部件的效果都相当好。用于冷却的吸热装置可以传送100瓦/厘米²的热量。研究人员准备进一步研究用电磁或压电效应来充当微型马达的动力,目标是制造出纸板状的热泵,每个热泵可覆盖0.5平方厘米的面积,一平方米的微型热泵可以提供10千瓦的加热和冷却能力,这样对一个普通的家庭已足够了。

最终的产品可能会是一种像三明治式的板,它可以加热或冷却一个房间。每个房间有各自的空调器。

(刘先曙)