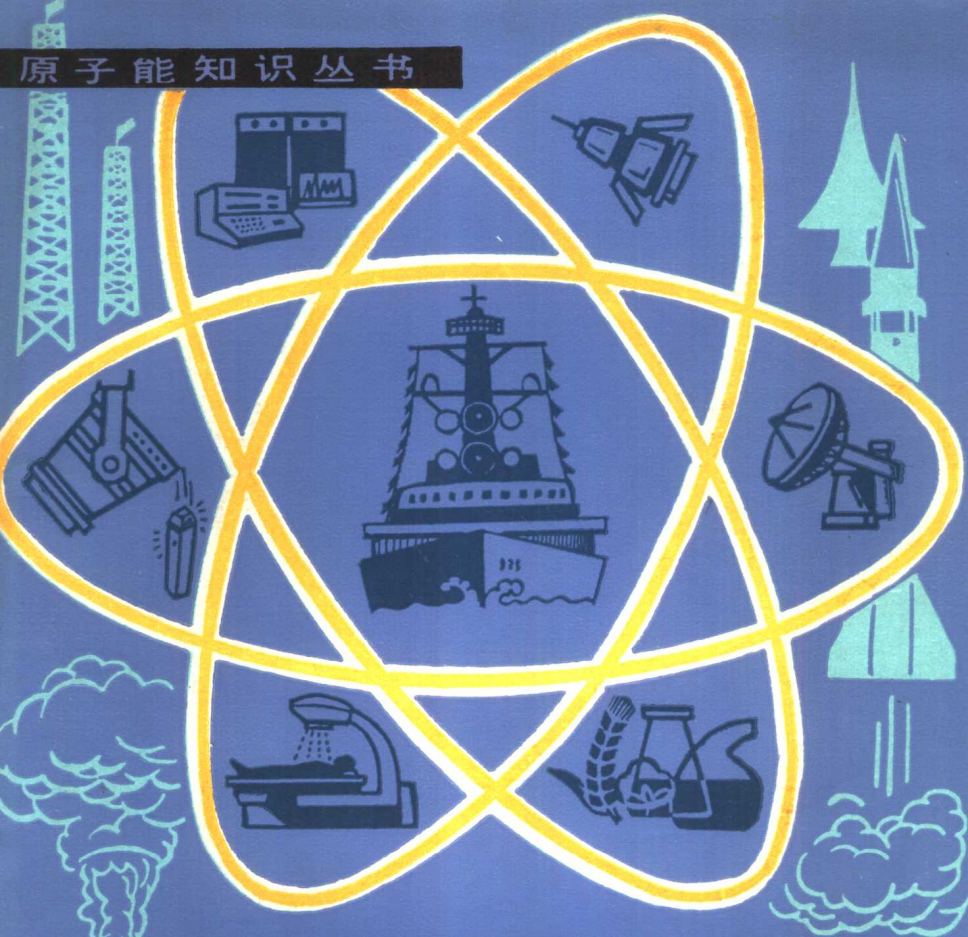


原子能知识丛书



核动力与商船



原子能知识丛书

核动力与商船

W.H. 多恩利 著

杨 宇 译

原子能出版社

核动力与商船

W.H. 多恩利 著

杨 宇 译

原子能出版社出版

(北 京 2108 信 箱)

张家口地区印刷厂印刷

(张家口市建国大街 8 号)

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

★

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $1\frac{1}{4}$ · 字数 24 千字

1980年5月张家口第一版 · 1980年5月张家口第一次印刷

印数: 001—2,000 · 统一书号: 15175 · 222

定 价: 0.16 元

出版说明

一提到原子能，就要和不可捉摸的放射性联系在一起，一些人往往望而生畏，敬而远之，这说明原子科学领域对于许多人还是陌生的。其实原子能既不可怕，也不神秘，它在我们的生活中正在起着愈来愈大的作用。

为了介绍原子能的基本知识和应用情况，我们有选择地翻译出版美国当代原子能学者和专家编写的原子能知识丛书 (Understanding the Atom Series)。这套丛书取材广泛、内容丰富、语言生动、深入浅出，具有中等文化水平的读者，花一些气力，读懂它是不成问题的。

随着科学技术的急速发展，书中引用的有些材料已经过时，但是这些材料对于理解基本概念还是有价值的。

目 录

绪 言.....	(1)
萨凡娜号核商船.....	(8)
萨凡娜号核商船的动力.....	(12)
国际贸易和核裂变.....	(19)
特殊的问题.....	(24)
世界各国核商船发展情况.....	(29)
欧洲原子能联营.....	(31)
展 望.....	(32)

绪 言

在很久以前，人类已能利用水域运输货物和旅客。经过几个世纪的演变，人们发现了许多形式的能源能够推动河川中和海洋中的货船。人们编造木筏在水面上顺流，制造各种利用风力的帆船，以及利用贮藏在煤和石油中的能量来推动汽船。如今，人们乐意用由物质转换成能量的这种基本动力源，使他们的商船在固定的航线上航行。

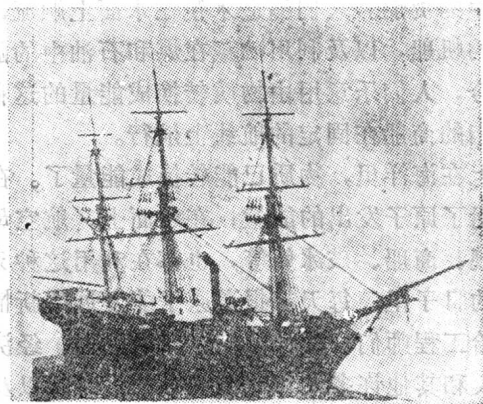
事实上在海洋里，物质已能转换成能量了。在水底下，潜水艇利用了原子发出的能量；在水面上，航空母舰、巡洋舰、快速舰、商船、破冰船等，也都在利用这种新式动力源。过去的日子里，每天都报道原子能发展的新情况，这些都可以供给工程师们、设计师们、建筑师们、经济学家们、劳工领导人和其他许多人（他们关心什么时间以及怎样将核动力应用在世界的商船上）参考使用。

这本小册子要告诉读者关于商船应用核能的情况。它描述了一艘核商船的优缺点，推测可能的新型方式的海上贸易，并说明一些普通商船与核商船之间的不同之处。

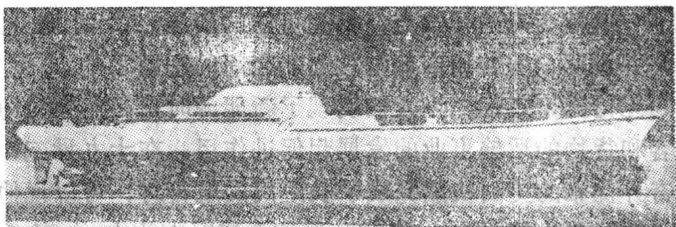
无论哪个年代，当人们发现了新能源时，必然会对海上旅客和货物的运输事业的发展起促进作用。在十九世纪，当那奇异优雅的美国快船完成了长距离的航行时，可以说他们已经做了最大的努力。但这种船的全盛时期比人的寿命还短，其后是一种嘈杂的、肮脏的、危险的机器即蒸汽机用做

海上推进动力，这样就使海员们从古老的借助于风做动力的年代里解放出来。

早在一八一九年，有一艘名叫萨凡娜号小帆船第一次利用辅助的蒸汽动力装置航行，横过大西洋。这是由美国商人发起的一个勇敢的先驱成就。但那时世界上的造船工业并没有为它准备好条件，因而萨凡娜号汽船未能得到商用，而且也未做什么改变。经过二十年之后，才有英国的天狼星(Sirius)



这艘萨凡娜汽船是十九世纪的技术先驱者，它表明了蒸汽在海上的应用



萨凡娜号核商船是二十世纪的技术先驱者，它正在验证核动力船的推进力

号商船第一次完全利用蒸汽的推动横渡大洋。这次的冒险也促进了英国商用汽船船队的发展。

今天，从烧油燃料到使用核燃料阶段，和从风帆船到汽船阶段一样，是航运史上一项伟大的实践。它尚需时间去观察核能是否将提供足够的利益，以便促使船主制造核商船来取代目前的轮船。诚然汽船在建造和操作费用上要比帆船贵得多，可是在早期利用蒸汽的年代里，商人们把他们最贵重的货物用汽船装运，原因何在呢？因为在十九世纪，兴旺的贸易活动要求运输有高度的可靠性，而汽船装运是能够满足这种要求的。如今，一个新的技术先驱者——萨凡娜号核商船正在海上验证它的核动力性能。这是一项在一艘普通的商船上安装上核引擎的实验。它的任务是向全世界造船工业表明核动力是可以应用到商船上的。

在海洋中应用核能的前景

为什么我们要把整齐地固定在陆地上的核能发电厂搬到海上去呢？究竟在海洋上应用核能有什么可以预计的优越性而不惜付出昂贵的工程代价并使得公共团体和私人对此工程投资呢？它的优点有四个方面：避免经常添加燃料，燃料价格便宜，航行速度快以及装货容量大。

第一：方便自由。如同汽船不受风和潮汐的影响一样，核商船可以避免担心在远距离的港口是否能供应燃料。一艘核商船可持续航行二至五年而不要换新燃料。这样，核商船和帆船一样，不受航线限制。同时它也有汽船所具有的独立性和可靠性的特点。核商船在世界上自由航行也能开辟新的贸易航线。

第二：燃料价格低廉。船主预计，核商船的燃料价格要比普通商船烧油所需要的燃料价格低。由于几年内所需的燃料能一次买进，那么船主不需担心远方海港的燃料价格情况，更用不着担忧价格的波动。



图中表明，一瓶液体所含的能量等于1000吨煤的能量。为建造一座300千瓦的实验装置，美国橡树岭国立实验室用硝酸铀酰溶解在重水中，以取代价格昂贵的固体燃料

第三：有较高的航速。从不担心燃料供给和价格低廉的角度出发，船主可以应用动力充足的核引擎，它可以用比普通商船要高的速度航行较长的路程。在一些船舶建造者和经济学家看来，高速度行驶表明了新型货船经济地进行海上运输是行得通的。这些充满希望的优点，能改变海上贸易的方式。有远见的人可以发现，为商船而新设计的核引擎以及改进货船操作技术，如同蒸汽代替风帆的时期一样，必然使造船工业产生革命性的变化。

第四：较大的装货容量。由于核商船所用的燃料只有几吨，其重量要比汽船燃料轻得多，那么节省下来的装燃料的

位置可以装货物。

一些异议

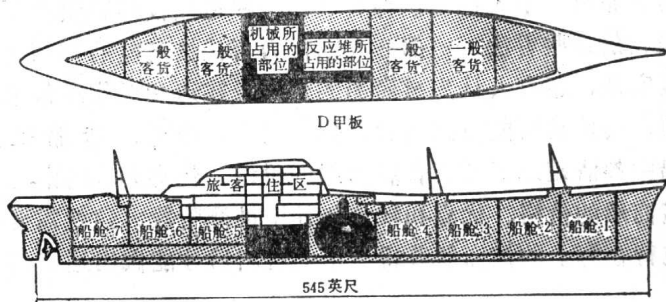
上面列举在商船上应用核能的好处显然是使人高兴的。然而并非每一个人都是这种看法，一些造船技师和船主至今尚未相信这些看法；一部分人则极力否认核商船的有利之处及真实性，还有人认为核商船的价格及建造和操作所带来的麻烦，会使其可能得到的利益化为乌有。今天，造船技师和船主都清楚地了解了普通商船的价格、优点和缺点，但对核商船的价格、优点和缺点仍处于推测阶段，这就需要等待航行在海上的核商船获得一定的资料后才能做出适当的报告。

在海洋里应用核能

在陆地上，核电站不会受到什么自然界的威胁。但将它安装在船上用于远洋航行时，则使它处在另一个几乎完全不同的环境里。船是一种能移动和摆动的月台，核商船必然面临所有在海上发生的危险，假如一有风暴的迹象它就躲进海港，那么这样的核商船是没有什么用途的。在任何气候条件下，核商船必须具备可靠的、安全的动力，它不受滔滔海浪和船身颠簸的影响，它的引擎必须为开动船体前进提供可靠的动力。即使在平静的海上，核商船也有可能发生搁浅、触礁和沉没的事件。建造核商船时，必须有完善的设计，一旦核商船遇到这种事故时，可避免使旅客和船员受到射线和放射性物质的伤害。

因为核动力装置会产生放射线和放射性物质，因此核商

船上的旅客、船员以及居住在近港和沿海的人们必须有防护措施。造船技师和核工程师都知道射线和放射性物质的危害，所以在设计船身和核动力装置时所考虑的安全要求，比海岸国家和国际原子能机构所提出的要求还要高。



一艘载货和载客的核商船图解

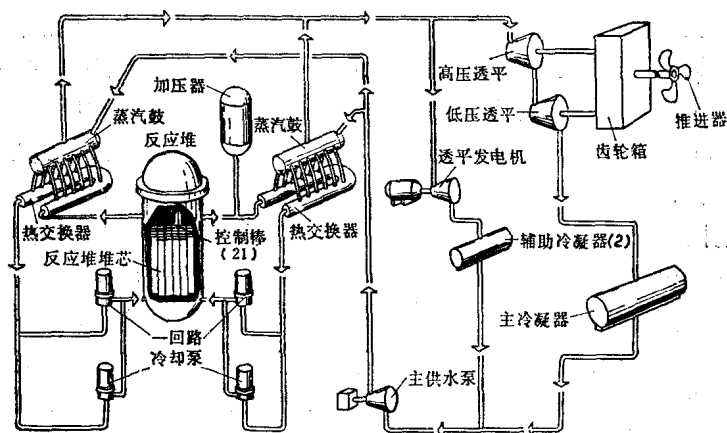
核能是怎样产生的

蒸汽机或内燃机应用燃烧产生的热量来产生机械能。核引擎则利用物质转化时所发出的热量来产生机械能。仅在由热能产生机械能这一点上，二者是相似的。汽船的燃烧室、锅炉与核反应堆有着根本的不同。普通船的推进系统包括使来自空气中的氧与油中的碳、氢相结合的机械装置。燃料在燃烧室中燃烧产生的热气穿过锅炉并放出热量而产生了蒸汽。需要往燃烧室中连续不断地补充燃料。要用鼓风机往燃烧室中吹入大量空气，以供给燃烧时需要的氧。空气和废气管子占据了很大的空间。储存在油池里的油可用泵将其抽到燃烧室。蒸汽机除了产生有用的能量外，还需排除有害的气

体以及没有烧完的燃料，这使得空气中有很多煤烟。

对比一下，核反应堆看起来并不壮观。它没有燃烧燃料的喷口，没有空气和热气吹入和放出时发出的隆隆响声，也没有排放到空气中的煤烟、水蒸气。在通常无法看到的反应堆内部安装有许多金属板、棒或管，它们会因铀原子的裂变而变热，循环水或其他冷却剂迅速地将堆芯的热量带出来并将热量传送到产生蒸汽的热交换器内。（有一种反应堆其堆芯产生的热能直接使水沸腾。）

核反应堆是一种装置，它能使物质转换成能量并能控制其过程。这种过程包括铀-235原子的裂变，并释放出热量和放射线以及裂变产物。核燃料是反应堆中十分重要的一个部分。其次是控制棒，用它来调节中子通量以维持链式反应；慢化剂可以使燃料裂变所产生的快中子减慢速度，以便于使



推动萨凡娜号核商船所使用的反应堆的主要组成部分，该反应堆只有很少的部件，且简易轻便

燃料产生新的裂变，冷却剂可把燃料产生的热量带出来，容器用以容纳燃料、控制棒和慢化剂；屏蔽层可以避免人们受放射线的照射，同时，通常在外面还有一容器，一旦发生事故时，它可以把放射物质封闭起来，不使其外逸。

工程师们已经想出了许多办法，把这些部件结合在一起。从各种结合的方案中，也设想了几种可用于海运的反应堆。

萨凡娜号核商船

起源和历史

即使在大战期间，科学家和工程师们忙于制造原子弹，他们还抽时间去思考有关把核能用做船舶推进动力问题。这种兴趣引起了许多人的想像，终于导致1954年鹦鹉螺号核潜艇下水以及今日海军使用核舰船。造船技师和核工程师也考虑了核能应用于商船的可能性。直到1955年，经过许多人设想、计划以及做航运核动力的实验工作，艾森豪威尔总统申请国会批准建造一艘核能推动的商船，得到了国会的同意，并授权建造。一九五六年十二月十五日，艾森豪威尔总统下令给商务部和原子能委员会，让它们着手建造核商船。

这两个部门随即成立了一个联合机构，征招私人工厂参加建造工作。结果由纽约一家著名的造船公司（G. G. 夏普公司）负责设计这艘船。新泽西州的卡姆登纽约造船公司承担建造任务。巴布维克和威尔科克斯公司负责反应堆和推

进系统的设计和建造工作。后来，美国航运管理委员会（美国商务部下面的一个机构）和纽约一家航运公司商定，将这艘新船纳入它的系统里。

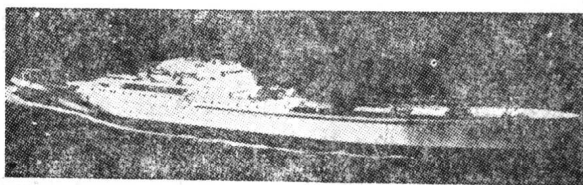
起初建造这艘新船，本是美国为证实和平应用原子能而制订的计划中的一部分，而并非用它来验证航行用的核动力是否有经济价值。另外，这艘船像一个飘浮的工程实验室一样，它将帮助鉴别、确定并解决有关设计、操作和配置船员的问题。解决了这些问题，对将来从事建造核商船的人们是有益的。

这艘新船建造得很快，一九五八年五月二十二日，由当时的尼克松副总统的夫人主持安装龙骨仪式。一年多以后，一九五九年七月二十一日，艾森豪威尔总统夫人主持下水典礼，并给该核商船命名为萨凡娜号，以表明它是早期萨凡娜号商船的后继者。自此以后才开始对核动力装置进行长期的深入的试验工作。由于当时没有建成反应堆的原型装置，当将核动力装置放在船坞上的时候，所有设计上的变更，以及为了改进而需要做的各种重复试验，都必须在船上完成。

为了与反应堆装置齐头并进，美国原子能委员会采纳了公众对反应堆安全方面的意见，于一九六一年七月通过并开始执行安全措施。十月完成了整个反应堆系统的检验，同年十二月二十一日开始低功率运行。以后继续进行各种试验，直到达到设计功率的10%为止。后来萨凡娜号核商船在开往维吉尼亚的约克城去的过程中，开足动力做海上航行实验，结果很成功，于是在一九六二年五月一日将该船移交给纽约的国家海运公司。数月以后，萨凡娜号核商船开始做初次航行，访问了美国的十一个港口。它历经巴拿马运河，访问夏

威夷，并停泊于西雅图，在那里它成了一九六二年世界博览会引人注目之物。这次航行在德克萨斯的加尔维斯顿结束，航运部已在那儿设立了核能服务机关。一九六二年到一九六三年的冬季，检查了计划并作了修改，准备开始访问本国和欧洲各国的其他港口。

但这些访问必须延期进行。早在一九六三年，轮船的运行工程人员因一项复杂的劳资争论而开始酝酿罢工，当双方不能达成协议时，航运部终止了它与国家海运公司的协定，并提出运行萨凡娜号核商船的新计划。一九六三年七月，另外选择了纽约一家航运公司并补充一个船员加以训练，准备在一九六四年重新开始航行。



萨凡娜号核商船。它的早期成就使核能
开创海上贸易的新远景的希望更大了

这些新的运行合同项目，代表了核动力在航海上应用的重要阶段。在这种情况下，萨凡娜号核商船使用与其他船只相同的人员配置以及相同的工资费用来运行，那么萨凡娜号核商船就比这家航运公司的其他船只要优越得多。因此在一定条件下应用萨凡娜号核商船将能决定运行核商船时是否能够、是否必须配备与其他船只相同的人员数量。

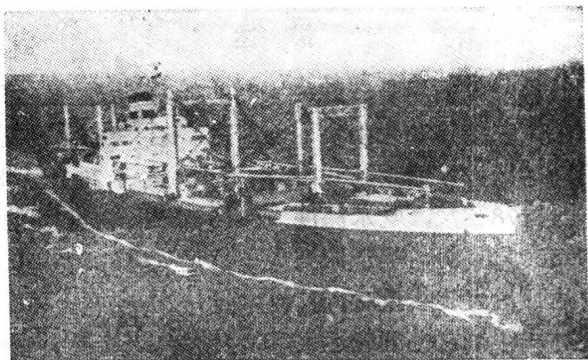
描 述

萨凡娜号核商船是一艘很漂亮的船，它有优雅的船头，有流线形的上部结构和大型快船的船尾。最突出的一点是它没有冒烟的烟囱。该船全长595英尺（大约等于20个足球场的长度），宽78英尺，吃水深度为29.5英尺。它可容纳110名船员和9300吨货物，等于四列火车（每列有80辆货车）的装载量。达到最大装载量时，其排水量达20000吨。像许多现代的货船一样，它也可载运旅客，共有60个船舱。它的航行速度约为每小时21海里（约等于每小时24英里）。其透平功率为2200马力。旅客的吃住条件、装卸货物设备、通讯设备和航海设备等都采用了当今美国商船中的最先进的设计。

萨凡娜号核商船有六个甲板，货物的升降踏板在较低的一层。一个散步甲板延伸长度超过了主要的旅客甲板，其超过的长度是船身长度的1/3，其上是较短的汽车甲板和领航甲板。在第二个旅客甲板上有厨房和餐厅，在反应堆控制室附近是船员宿舍和船尾看台。

与一般商船的对比

由于萨凡娜号核商船是做为普通船来使用，只不过是用电核反应堆代替了锅炉，因此萨凡娜号核商船的大小与马瑞因纳尔（Marniner）型货船很相似，后者的航速为每小时20海里，并且有很大的装货容量，能装许多不同种类的货物。而萨凡娜号核商船要比马瑞因纳尔型货船稍长一些，也稍宽一些。当完全装满货物和燃料时，这两种船的重量几乎相等，不装燃料时，一艘马瑞因纳尔船的重量不到2600吨。



“美国挑战者”号船是一种现代的高速商船，核动力可使这艘船高速航行很长的距离而不必担心燃料供应问题

萨凡娜号核商船的动力

从原理上说，萨凡娜号核动力装置是很简单的。将人工浓缩的铀-235（它保证很快地使原子分裂）装在燃料元件中，燃料元件放于堆芯中。当抽出控制棒而开始发生链式反应时，铀原子裂变所发出的热，很快就使四周的水温升到很高，它超过了平时沸点的两倍。加压器会使堆芯的水受到足够的压力，以防止其沸腾，否则将会使操作过程发生不稳定现象。这些很热的水用泵打到热交换器中，放掉部分的热量来产生蒸汽，然后再回到核反应堆里以获得更多的热量。热交换器里的蒸汽流到主透平中，推动主要推进系统的透平发电机。没有被使用的蒸汽则经过冷凝器冷却成水，再回到热