

# 超导及其军用前景

蒋耀庭 李 泽 李 伟

(海军航空工程学院基础部 烟台 264001)

1911年荷兰科学家昂内斯(H. K. Onnes)在测量汞电阻实验中发现了超导,从此,超导走进人类社会。超导体处于超导态时电阻率为零,且具有完全抗磁性,正由于它这不同寻常的特性,潜藏着无比广阔的应用前景,几十年来吸引着大批科学家孜孜不倦地探索它的奥秘。近年来超导研究飞速发展,不少国家在实用化超导技术的开发应用中取得累累硕果,大批超导产品纷纷问世。据国际超导产业技术研究中心等机构预测,到2020年,超导产业在电子和医疗等领域将发挥重要作用,会发展成1500亿美元的巨大国际市场。美国和日本将超导视为未来的支柱性产业,目前两国每年都要投入2亿美元从事超导研究。我国超导研究紧跟国际步伐,也开始从实验室迈向应用阶段,许多方面达到了国际先进水平。本文旨在介绍超导技术的发展近况,并着重探讨了其在军事上的应用前景。

## 1. 超导技术的发展近况

继1986年超导研究取得重大突破后,科学家的研究热情受到极大鼓舞,全世界掀起了研究与应用超导的热潮,近年来取得了丰硕的成果。

### 1.1. 超导磁悬浮列车

超导磁悬浮列车是一种速度高,载量大,安全舒适,噪声低的新型陆上交通工具。列车根据超导体的完全抗磁性,利用电磁悬浮技术将列车从轨道上悬浮起来,再利用超导直线同步电机推动列车高速前进,日本的电动悬浮(EDL)式低温超导磁浮列车于1999年4月在山梨试验段18.4km示范线上速度已达552km/h,这种列车悬浮高度高(100mm)速度快,但制造和运行成本较高,工作温度大约为(4.2K)液氮温度,日本在研究液氮温度(77K)的电动悬浮式超导列车还有待不断完善。

我国也加快了研究磁悬浮列车的步伐,西南交大已成功研制出第一个液氮工作温度的载人实验型超导列车。采用的是直接悬浮式。据新华社介绍,

作为中国具有全部知识产权的超导中低速磁浮列车技术成果的应用,四川青城山磁浮列车工程试验示范线的首期工程,将于2001年完工并投入试运行,其中,由西南交通大学、长春客车厂和株洲电力机车研究所联合研制的磁浮车辆将于近期在长春客车厂完成组装。中国将可能是世界上率先研制出高温超导磁浮实验车的国家。预计不久在上海浦东机场至陆家嘴将建成中国首条超导列车营运示范线。

### 1.2. 超导输电线路

由高温超导带材做成的输电电缆,其电阻几乎为0,输电损耗极小。而现在一般的输电电缆在长距离输送电力时损耗达20%。相比之下,使用超导输电线路可以极大降低输电成本,因此若普及超导材料制成的输电线路用于长距离直流输电,可以节省大量的能源,前景极为可观。

国内外超导材料研究工作的重点正逐步转向材料的应用和开发。美国、日本、德国都相继在此方面的研发上进行大量投入并取得长足进展。德国奥格斯伯大学宣布已找到一种新型超导材料具有强大输电能力,但工艺过于复杂尚处于研究阶段。日本东京电力公司与住友电工区开发了一代高温超导电缆线材。其在以往电线直径1/10情况下,输电1000mw时,与地下电缆损耗来比,为其1/100。

该公司正努力做到使其2010年实用化,至1998年7月,我国研制出第一根1米长1000A铋系高温超导直流输电电缆来。2000年6月又制成6m长1450A输电电缆,其性能稳定,各项指标达到世界先进水平。新华社2000年11月26日报道:北京有研究院研制成功116米长77K下的超导线材,使我国的超导电线也走向应用阶段。

### 1.3. 超导强磁体

超导强磁体对制造高效发电机,电动机和电磁铁有极为重要的作用。日本制成了现今世界上最高水平的超导磁体。日本金属材料研究所与神户钢铁

现代物理知识

公司联合开发出了磁场感应强度达 21. 1T. 共振频率为 900mHz 的超导磁体。

另外, 超导技术在其他方面也有长足发展。如亚氮刀切除肿瘤。亚氮刀不是真正意义的手术刀, 它拥有 4- 8 支超导有温差电偶的 2mm 直径的超导针, 在 CT, B 超引导下对肿瘤部位精确定位, 超导小针经皮穿刺至肿瘤中心部位, 由计算机控制, 准确连续监控超导刀头端及探针周围组织温度, 旋即打开, 释放巨能, 精确控温, 调变肿瘤抗原的介入, 在 3 分钟内可达到摄氏零下 195 度, 在 10 分钟内便可形成一个直径 8 厘米的冰球杀死癌细胞。

我国对超导技术的发展极为重视。1987 年国家科委筹建了国家超导实验室。1991 年 4 月建成并通过验收。该实验室依托中科院物理所、专攻超导技术理论研究及开发应用, 相信中国将在超导技术上有更大作为。

## 2. 超导技术的军用前景

任何一项高新技术的应用, 最为敏感之处莫过于其军事用途。超导技术更是如此, 如果超导材料进入实用阶段, 将会对未来产生重大影响。

### 2. 1. 超导推进系统

在未来海战中, 舰艇占有举足轻重的地位。舰艇的高速机动与安全隐蔽日益受到各国军事部门的关注, 各国竞相开发隐型舰和高速艇。但按现在的技术, 高速与隐身却不可兼得。高速总伴随着噪声, 而隐身却不得不低速。如果装上超导推进系统, 二者的矛盾便不复存在了。因而从 70 年代开始, 俄、英、美、日等国就已开展超导技术在海军舰艇方面的应用研究, 随着新型超导材料的出现, 实际应用将成为可能。

#### 2. 1. 1. 超导军舰

在船体安装一个超导磁体, 通电后, 海水中就会有磁力线, 同时产生方向与磁力线垂直的电流, 在磁场和电流相互作用下, 由于舰艇与海水之间产生大小相等方向相反的反作用力, 舰艇将获得向前运动的推力, 推力的大小与磁场强度和电流大小的乘积成正比。于是海中的磁场和电场在船尾相互作用推动船只前进。又称“超导磁流体推进技术”。由于这种船为非螺旋桨推进, 因而噪声极低, 振动小, 不产生涡流。如果配合表面吸收雷达波等传统隐身技术, 则水上可防敌舰敌机, 水下可躲潜艇, 成为真正意义上的全方位隐形军舰。自 1987 年起, 日本便开始着手研制。至 90 年代初日本造船振兴财团便建

成世界上第一艘超导船“大和号”, 吨位 185 吨, 发展潜力十分看好, 引起了人们广泛关注。

### 2. 1. 2. 超导潜艇

与现役的常规潜艇或核潜艇相比, 超导潜艇具有结构简单、推力大、航速高、无噪声、无污染、造价低等显著优点。隐蔽地接近敌舰并将其击沉是研制潜艇的初衷。“出其不意”是潜艇作战的主要特点。若将超导磁流体推进系统安装在潜艇上, 可以有效地减小其噪声, 使敌反潜舰被动声纳基本失去作用, 反潜作战效率大减, 这将大大提高潜艇的隐蔽性和生存能力。另外独特的推进原理和极高的能量利用率将使潜艇具有更好的动力性能, 航行速度无疑将会大大提高。据推算, 超高速超导潜艇的航速可达 50 节以上。如此高速的巡航机动, 将给敌人以严重的打击。这种潜艇才是当之无愧的“幽灵潜艇”。据说俄罗斯的新型潜艇“奥斯卡”级便部分采用了此项技术。

### 2. 1. 3. 超导鱼雷

超导推进的鱼雷在作战效能上将明显高于普通鱼雷。由于鱼雷体积小, 又无螺旋尾流及噪声等因素, 使敌舰很难发现其踪迹, 能有效地命中敌舰。

## 2. 2. 超导战略武器

超导武器威力之大绝不亚于核武器, 可视为未来战争的新型战略武器。其设想早在美国的星球大战计划中体现出来了。

### 2. 2. 1. 超导电磁炮

利用超导储能装置无损地把能量储存起来并在瞬间释放出来, 产生强大的脉冲电流。其强大的推力能把炮弹加到极高的速度, 可制成超高速、高质量、高重复频率的轨道炮, 可以用来拦截包括洲际导弹在内的任何太空军事目标。

### 2. 2. 2. 超导激光武器

自由电子激光器是最有军事前途的激光武器。若依靠超导储能系统工作, 它则可以瞬间得到数十亿到数百亿焦耳的能量供应。特别是可以在持续电流下工作, 从而使激光器处于戒备状态。电子通过射频超导谐振控制作的超导直线加速器, 成为高能电子束。再送入超导磁体产生强大的相干辐射, 将流能转变为电磁波能产生激光发射出去。采用超导物质大大减少了自由电子激光器长度而功率更高。

### 2. 2. 3. 超导粒子束武器

利用超导高能加速器, 将粒子加到很高能量, 再通过偏转超导磁体将高能粒子束发射出去, 形成杀

伤力极强的动能武器。

负氢离子源先初级加速再在漂移管中主加速,后经束流放大器形成具有强大穿透力的中性粒子束。这种中性粒子武器不受电磁干扰,能准确命中目标。

### 2.3. 超导检测器

超导检测器具有很高的灵敏度。超导辐射探测器具有非常宽的响应波段,它可以探测 0.2—1000 微米的电磁辐射,还可以探测微波毫米波和亚毫米波等。用它制成多色超导探测器广泛用于军事目标的侦察、搜索、跟踪和制导中。此外制成多元超导探测器,可用于成像系统中获得红外微波等多波段图象。此外,超导量子干涉器,可以探测弱到  $10e \sim 15T$  的磁场变化,制成磁力侦察设备可用来侦察敌方潜艇和装甲等活动目标。

### 2.4. 超导电子技术

利用超导电子器件更新普通电子器件后,将大

大改善军用电子设备性能,增强电子战能力。特别是超导计算机在火控系统电子对搞系统预警系统和搜索跟踪系统等方面应用将极大地提高部队实力,在战争中赢得胜利。因此超导电子计算机是现代军事指挥武器自动化控制提高军事装备交通的关键设备。

### 2.5. 超导通讯

超导传输线可以载送 10—15 皮秒电脉冲,一根超导线每秒可送 1 太比特( $10e12B$ ) 信息,其载送的数字数据比光纤多 100 多倍。超导通讯可大大提高信息传输能力,在军事通讯的工作中很有发展前途。超导技术的军事应用远不止这些,还很有发掘潜力。

超导技术的军事应用前景十分诱人,但是由于低温设备大,复杂且昂贵,使许多超导技术在战争中难以使用。并且许多超导技术尚未达到实用水平,超导技术实际用于军事要比民用存在更多的困难。因此我们对超导技术的研究和应用还任重道远。

## 科苑快讯

## 千京电子伏加速器开始新的运行

美国费米实验室超导质子-反质子对撞机 Tevatron(千京电子伏加速器)自 1996 年以来,首次投入粒子物理运行,开始书写其科学史的新的篇章。这次正式称为第二轮的运行将持续到 2007 年,即 LHC 登台亮相之时。

在第二轮运行中, Tevatron 的束流能量从 900GeV 提高到 980GeV(对撞能量为 1960GeV),是目前世界上运行着的能量最高的加速器。除了提供更多的能量外,它的第二轮运行是由 150GeV 的主注入同步加速器注入的,它从 1999 年开始试运行,取代了先前的主环。

Tevatron 和起初的主环是共用一个 4 英里长的隧道的。但目前已经搬开的主环成了费米实验室粒子供应的瓶颈。有了新的主注入器,质子-反质子的对撞率(亮度)将提高 20 倍。

Tevatron 的两大探测器 CDF 和 D0 对这些对撞进行监测。为了充分利用 Tevatron 增大的能力,每

台探测器都进行了为期 5 年的升级改进,各耗费 1 亿美元。

2000 年, LEP 对撞机实验探测到期待已久的希格斯粒子的线索,它是电弱相互作用和强相互作用的统一理论中的质量之源。但等不到科学家对这一结果进行肯定或否定, LEP 就关张了。未来几年内, Tevatron 在希格斯赛道上将无竞争对手。

Tevatron 的第二轮运行还可能揭示更多的东西,其中包括超对称性的证据,它有可能将已知数量的基本粒子翻番;对 CP 破坏机制的新的认识,它是造成物质与反物质之间的不对称的原因;对第六种夸克(顶夸克)的更好的了解,该夸克是在 Tevatron 第一轮运行中,于 1995 年被发现的。

Tevatron 在 1985 年看到第一批质子-反质子对撞,在 1989 年前的预运行中,只使用了 CDF 一台探测器,而在 1992 年至 1996 年的第一轮运行中,使用了 CDF 和 D0 两台探测器。

(卡吉秦宝 编)