

霍耳效应与磁流体发电

郑好望 任文辉 肖胜利 朱峰

霍耳效应

1879年,霍耳(E. H. Hall)发现,将一导电板放在垂直于板面的磁场中(见图1),当有电流通过时,在导电板的A和A'两侧会产生一个电势差 $U_{AA'}$,这种现象称为霍耳效应。

实验表明,霍耳电压 $U_{AA'}$ 与电流强度 I 和磁感应强度 B 成正比,而与导电板的厚度 d 成反比,即

$$U_{AA'} = K \frac{IB}{d}$$

式中比例系数 K 称为霍耳系数。霍耳效应是因外加磁场使漂移运动的电子或别的载流子发生横向偏转而形成的,运动电荷在磁场中所受的力称为洛伦兹力。

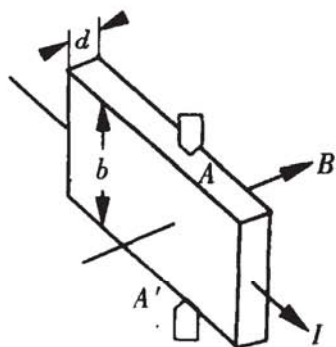


图1 霍耳效应原理图
磁流体发电

磁流体发电是利用热离子气体(或液态金属)等导电液体与磁场相互作用,把热能直接转换为电能的发电方式,它所依据的就是等离子体的霍耳效应。将工作气体加热到高温使其充分电离(这种气体称为等离子体),然后以很高的速率(约800米/秒)通过垂直磁场,等离子体中的正、负离子在洛伦兹力的作用下,分别偏转到达导管两侧的电极上,使两极之间产生一电势差,将两侧电极与外负载相接便可引出电流而获得电功率,只要等离子体连续通过磁场,便可以连续不断地输出电能(见图2)。

磁流体发电所用的工作气体通常是煤、天然气或石油等矿物燃料燃烧产生的高温气体。为了使高温气体有足够的电导率,还需加入总量1%左右的

易电离物质——“种子”,一般为碳酸钾。当采用裂变反应堆作热源时,工作气体大多是惰性气体(例如氦),并以铯作为种子物质。

由于磁流体发电可直接将热能转换为电能,这样就允许采用更高的入口温度(2000~3000K),提高了热效率,同时又免去了高温高速旋转运动的汽轮机装置。磁流体发电本身的效率仅20%左右,但由于其排烟温度很高,所排出的气体可供辅助蒸汽发生器产生高温蒸汽,用它驱动汽轮发电机组,组成高效的联合循环发电系统,总的热效率可达50%~60%,是目前正在开发中的高效发电技术中最高。

磁流体发电机主要由燃烧室、通道和产生磁场的磁体所组成。

燃烧室 通过矿物燃料与氧气或压缩预热空气的燃烧产生高温等离子体,达到磁流体发电所要求的温度。

通道 在此通道内等离子体以高速穿过磁场,感应出电动势,再由镶在通道两侧壁上的电极引出直流电流。

磁场 用高性能的磁铁或超导磁体产生,作用在等离子体上。

按照工质(工作气体)在装置中一次使用还是循环连续使用,磁流体发电装置可分为开环和闭环两种类型。

开环装置 工质在燃烧室中燃烧产生高温等离子体,通过排气喷嘴高速释放,在磁场作用下经过通道感应出电动势,再通过辅助装置驱动汽轮发电机组,然后由净化装置将种子回收,废气中的硫和氮可

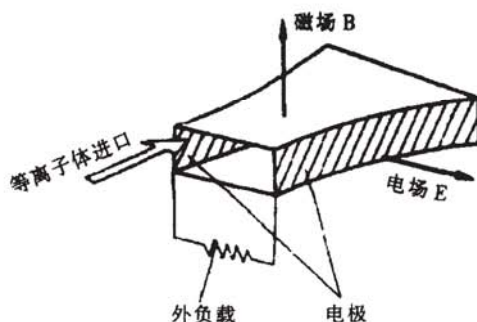


图2 磁流体发电装置示意图

Dome A 冰盖获取全球信息的驱动力

赵喜梅

地球的南北两极,是全球变化的驱动器,是全球气候变化的冷源,也是人类居住的地球与外界联系的重要窗口。尤其是南极,是地球上至今未被开发、未被污染的洁净大陆,那里蕴藏着无数的科学之谜和信息。在全球变化,特别是全球气候变化研究中,起着不可替代的关键作用。对南极科考是当前各国争相进行的热点课题。

在南极,尤其是在 Dome A 冰盖中蕴藏着无数科学之谜和全球气候、环境变化的信息,这些信息是如何由地球的不同地区汇聚到 Dome A 冰盖的?下面就从 Dome A 冰盖的地理特征、大气的壳层结构和大气环流等方面进行简要介绍。

南极 Dome A 冰盖的概况

南极是一块被厚厚冰盖所覆盖的大陆, Dome A 是南极内陆距海岸线最遥远的一个冰穹,也是南极内陆冰盖海拔最高的地区,据中国第 21 次南极科考测得 Dome A 最高点海拔为 4093 米,那里的气候条件极端恶劣,被称为“不可接近之极”。南极共有四个必争之点——极点、冰点、磁点和高点。前三个点已经被美国、法国、前苏联抢占,其中美国占据“南极极点”,建立了阿蒙森·斯科特站;法国占据“南极磁点”,建立了迪蒙·迪维尔站;前苏联占据“南极冰点”,测到了零下 89℃ 的全球最低温度,建立了东方站,中国通过第 21 次南极科考,终于占领了南极的最高点——Dome A 点。

制成硫酸和硝酸。

闭环装置 基本工作过程与开环装置类似,只是工质不被排放,在系统中反复循环使用,这类装置宜于用原子裂变反应堆作热源。闭环装置设计温度较低,使用液态金属工质时设计温度可以更低(1500~2000℃),主要应用于军事和空间技术。金属(锂)蒸气的闭环磁流体发电已在航天工程中使用。

磁流体发电适用于低电压、大电流的直流电源。由于其无运动部件,无需交流变直流的整流装置,起动快,可做大功率短时间特种电源、常规发电机的备用电源、核电站的紧急备用电源等,也可通过辅助装置将其转化为交流电后送入电网。

20 世纪中,已有 40 多个国家在南极建立了 100 多个科学考察站,对南极展开了多学科考察研究,有多项重大科学研究都是在南极取得突破性进展的。中国政府在 1984 年首次进行南极考察,在短短的 20 年中,已成功地完成了 20 次南极科学考察,取得了举世瞩目的科研成果,成为四大国际极地组织(ATCM——南极条约协商国组织,SCA——国际南极研究科学委员会,COMNAP——国际南极局局长理事会,IASC——国际北极研究科学委员会)的正式成员国。2005 年 1 月 18 日 3 点 16 分,中国第 21 次南极冰盖昆仑科学考察队成功抵达南极内陆冰盖(Dome A)的最高点,考察队到达的确切位置为南纬 80 度 22 分 00 秒、东经 77 度 21 分 11 秒,海拔 4093 米。

大气的壳层结构是 Dome A 冰盖获取全球信息的物质基础

地球大气自下而上按温度随高度的分布,可以分成五个壳层——对流层、平流层、中间层、热成层和散逸层(也称外大气层),如图 1 所示。其中对流层和平流层对形成大气环流起着决定性的作用。

对流层 靠地表的底层大气,该层对流运动显著。其厚度因纬度、季节以及其他条件而异,在温带地区高度约 10~12 千米;赤道区 16~18 千米;两极区 8~9 千米。一般来说,夏季厚而冬季薄。对流层与地表联系最密切,受地表状况影响最大,大气中的水

目前,技术上最先进的磁流体发电装置是前苏联莫斯科北郊的 U-25 装置,它是一个用天然气作燃料的开环装置,已经发出 20.5 兆瓦的额定功率,并且送入莫斯科电网;美国成功地验证了直接燃煤的磁流体发电装置;日本一台具有 5 特磁场的超导磁体试验性磁流体发电装置已在运行;1984 年,中国与美国合作,成功地进行了一座小型磁流体——蒸汽动力联合循环模拟电站的试验。预计在 2010 年内磁流体发电可实现局部商业化运营,这将对节能、环保,实现电力行业的绿色生产做出重大贡献。

(陕西西安通信学院数理教研室 710106)