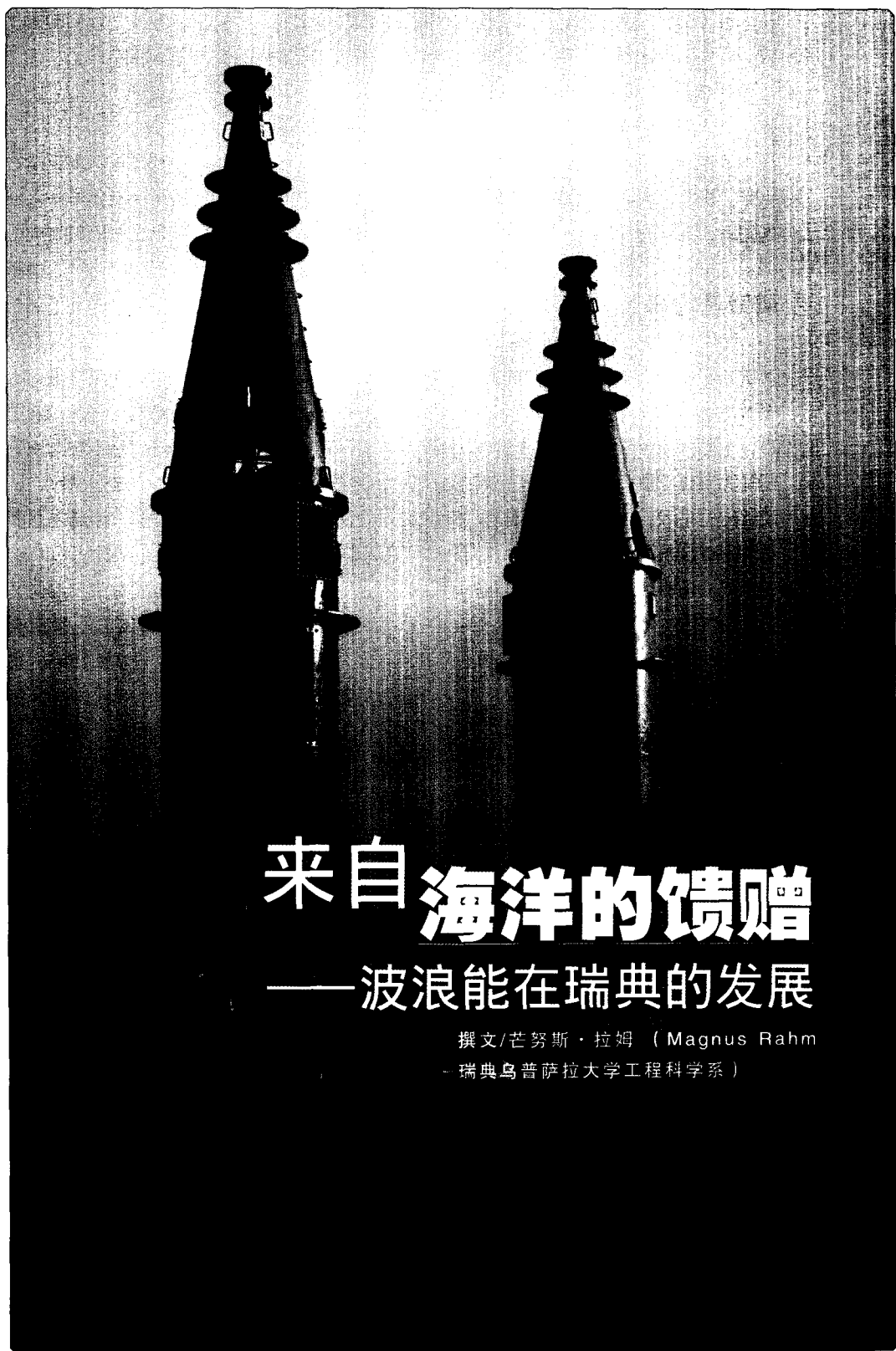




来自**海洋的馈赠**

——波浪能在瑞典的发展

撰文/芒努斯·拉姆 (Magnus Rahm)

· 瑞典乌普萨拉大学工程科学系)

海浪是一种能源

海洋中蕴藏着大量的可再生能源。当风吹过海面时，海浪随即产生。空气与平静的海面相互作用时，就会从海面上掀起海浪。这种相互作用的时间越久，经过的距离越长，掀起的海浪就越汹涌。因此，世界上最汹涌的海浪都出现在世界上最大的海洋中。在南美洲南部、非洲南部和印度尼西亚南部的太平洋海域，有地球上最极端的波候。因为在这些地区，没有陆地可以阻挡海面与风之间的相互作用。

北半球和南半球的风有着不同的模式，这种模式影响着海浪的产生，因此离赤道越远海浪越汹涌。在北半球，西风占主导地位，因此海岸线朝西的国家比海岸线朝东的国家更容易出现大浪。对于南半球的国家而言，相反的规律同样适用。从这个角度讲，中国和我的祖国——瑞典，都不太具备产生大浪的条件。瑞典朝东的海岸线比朝西的海岸线大约长10倍。

中国的波浪能

与其广袤的陆地相比，中国的海岸线相当有限，使其未来波浪发电占总发电量的份额受到限制。尽管如此，中国仍有数量相当可观的波浪能有待开发。对中国波浪能储备的估算结果表明：中国的波浪能储备每年可供发电110万亿千瓦时（张沛东，《可再生和可持续能源综述》，2009）。但是，很难说未来有多少波浪能可以被转化为电能，因为这种转化取决于很多因素，比如水深、海底的性质、使用的技术以及政治决策。中国波浪能的实际储备可能要比估算的多。这种估算本身就很难进行，并且不同的研究由于其做出的假定不同，往往得到截然不同的结果。从20世纪80年代起，中国的数十所大学就开始对波浪能进行研究。在中国，波浪发电的历史相当悠久，但这种发电的规模很小，而且电能没有被输送至电网。人们制造了装有小型内置波浪能转换系统的导航浮标，它可为自身的信号灯供电。世界上只有几个国家的“可输送至电网的波浪能

发电”（即“波浪能转换器”）技术刚刚达到商业化程度。位于斯堪的纳维亚半岛中部的瑞典就是其中之一。

瑞典的波浪能

瑞典波浪能技术的发展起步于20世纪70年代。当时进行波浪能研究的是一所位于瑞典西海岸的科技大学。在技术的商业化方面，有两种不同的概念同时发展起来：瑞典软管泵和瑞典IPS浮标。科学家在这两个方面都做了大量的工作，使二者都达到了“在真实的近海环境中测试原型设备”的水平。

瑞典软管泵技术是建立在海面浮标的基础上的，但浮标并没有锚定在海底，因为在深水区这种锚定将变得相当困难。事实上，浮标锚线较低的一端是系在一块水下反应板上的。锚线本身就是一部分转换系统。它是一根用钢加固的空心橡皮软管。在海浪的作用下，浮标会拉伸软管使其容积减小。如果再加上阀门系统，并将其连接到收集管，这样几个相互连接的软管泵就可以组成一个小型的波电场。20世纪80年代，最多时人们安装了3个软管泵，获得的压缩水被输送600米后到达海岸。在那里，涡轮和发电机相互连接，可以用来发电。

瑞典IPS浮标，顾名思义，也是建立在海面浮标的基础之上。IPS浮标由一个海面浮标和一只垂直悬挂于其下方的长型圆筒组成。圆筒的内部充满了海水，里面还有一只非常沉的活塞。当海浪到来时，浮标和圆筒被海浪托起而向上运动。因为活塞的质量较大，因此其运动滞后于浮标和圆筒。这样就产生了水泵的作用效果，并可获得压缩水。因为浮标的内部装有涡轮和发电机，压缩水可直接用来驱动涡轮进行发电。

但是，以上两种技术在与其他能源技术的竞争中最终落败。今天，人们把这两种技术合并为一个新的技术：水浮标。一家美国公司——菲娜薇拉可再生能源公司正在开发并推销这项技术。20世纪70年代的瑞典技术依然存在，只不过是



新的形式出现而已。

2009年瑞典波浪能的发展情况

2000年，瑞典的波浪能研究出现了新的转折点。原ABB全球研发中心（位于瑞典中部城市韦斯特罗斯）高压电磁系统部门主管马茨·莱永受聘为乌普萨拉大学电力系的教授。他花了几年时间申请资金，最终组成了自己的研究小组。现在，小组里有10个博士生一起工作，共同研究一项新的瑞典波浪能技术。这一次，在从波浪能到电能的转化过程中使用的所有电气设备都被放到了海底，这一点和早期的两种技术不同。批评者认为这样会增加日后设备维修保养的难度，而科学家们却认为这样可以缩减设备维修开支。为了避免在极度恶劣的环境中受到损坏，那些脆弱而价格昂贵的设备（如发电机）都被加以保护。经过保护之后，即使是使用直径只有3米的浮标，连接浮标和海底发电机的线仍需要承重20吨——这相当于在那根线上悬挂15辆中型汽车或1000辆自行车。

乌普萨拉大学的研究概念也是建立在海面浮标的基础之上。当海浪经过浮标时，浮标开始上下运动。那么，如何将这种运动转化为电能，用来给电视机供电，给手机、MP3播放器、电动车的电池充电呢？人类无法改变自然规律，不管想改变它的渴望有多么强烈，能够改变的只是我们制造机器、构建系统的方法。因此莱永教授决定设计一种发电机，使它能够具有和海浪相同的运动方式——上下运动。现在，人类使用的电能几乎全部来自于旋转式运动的发电机。对于许多科学工作者来说，直线运动的发电机不合逻辑，用它来发电更是个怪异的想法。尽管有许多难以克服的困难，莱永教授和他的研究小组还是制造了初始原型机并在实验室里对其进行了测试和评估。测试结果相当成功，使这项研究可以继续行下去。电学组还制造了原型波浪能转化器，用于进行近海测试。在几个博士生加入到项目中之后，研究小组继续壮大。

由于这台发电机的运动方式为上下运动，所以它被称为“直线发电机”。大部分波浪能发电技术需要将海浪的缓慢运动转换为快速旋转运动，以适应于发电机（如燃煤发电厂和水利发电站的发电机）的工作方式。直线发电机不需要这样的转换。转换过程使用的设备（通常是某种变速箱、空气涡轮或水涡轮）由许多可移动部件组成，它们需要定期维修保养。在某些情况下，零件每年至少需要润滑一次，方能坚持工作20-25年。在恶劣的海洋环境下，设备维修会变得非常昂贵。当风力太强或海浪太大时，人是无法接近海上发电设备的。这时需要使用昂贵的大型维修船——即使浪高达到10米以上它也能保持平稳，不会被掀翻。因此，如果可以减少使用那些复杂的零件，所需的维修保养就会减少，相关费用就会降低。这样，整个发电系统就会更加坚固，可长时间耐受更高、更强的海浪。一天下来，发电的费用将取决于某种使用方式下系统的所有费用（省去了维修费用）。

让我们再来看看乌普萨拉大学的波浪能发电设备是如何工作的。直线发电机是整个发电系统的控制部分。研究人员根据海浪本身的运动方式来调整发电机，从而解决了海浪运动缓慢所带来的问题。此外，还需要讨论托起浮标的动力问题。发电机包括两部分：固定的部分被称为“定子”，上下运动的部分被称为“转子”。当海面上风平浪静时，浮标处于一种平衡的状态，稍稍没入海水中。浮标就像一艘承载着货物的船只，它除了要承受自身的重量，还需承受海底发电机转子的重量，以及连接浮标和转子的钢丝的重量。在直线发电机的底座和转子之间，连接着钢质大弹簧。每一次海浪的波峰经过后，这些弹簧都会向下拉动浮标。用这种方法，可以将能量转化平均分配，这样，当浮标随海浪升起时所捕获的波浪能，在浮标随海浪落入波谷时，将尽可能多地转化为电能。这是解决动力问题的第一步。第二步是保证发电机高效运转。当发电机输出电流时，就会产生一个反作用力，当浮标被海

浪托起时，这个反作用力将阻止浮标向上运动，即发电机会阻碍浮标的运动。这时，真正的能量转化开始发生——这是一个相当吸引人的现象。可以通过一个例子，来说明能量转化是如何发生的。物理学定律如此陈述：能量既无法生成也无法毁灭，它只能在不同的形式之间相互转化。比如，打开电灯，电能即转化为光能和热能。能量有许多存在形式，比如势能、化学能、电能、机械能、动能。当一颗苹果从树上落下时，随着其向下的速度逐渐增大，它离开地面的重力势能首先转化为动能。苹果碰到地面之前的那一刻，苹果挂在树上时的重力势能与苹果在地面的重力势能的差值转化为速度和动能。百万分之一秒后，苹果与地面发生碰撞，你可能会听到“啪”的一声，之后苹果就“躺”在地上了，它的动能转化为声音和热量，尽管你并不能感觉到苹果温度的变化。能量没有消失，它只是转化为其他形式而已。不管是波浪发电还是燃煤发电，能量转化规律都适用于其发电过程。海浪的部分机械能首先转化为动能（浮标运动），再转化为电能并从发电机输出。然后，电能被输送到耗电设备，如电灯、电池或电动摩托车。我们把蕴藏在海浪中的能量转化为其他形式的能量。这同时意味着能量从海洋转移到陆地（可能到了你家里，让你可以看电视）。因此，当海浪经过发电设备时，其浪高可能会稍微降低。当然，只有大型波电场才能使某处的浪高受到明显影响。

现在，乌普萨拉大学电学组正在建设世界上第二个波电场。世界上第一个波电场位于葡萄牙北部海岸，于2008年秋季建成。该波电场拥有3台波浪能转换器，它们的名字叫做佩拉米斯，在希腊语中的意思是“海蛇”。2006年3月，乌普萨拉大学电学组的第一台波浪能转换器开始投入使用。它在不同的时期数次运作，不但成功发电，而且还取得了许多重要的科学成果。莱永教授带领的小组是世界上第一个该领域的科研团队。该小组目前已发表了“利用近海波浪能转换器发电”的相关数据。在过去的两年中，小组成

员一直致力于设计、建造、组装另外2台波浪能转换器和第一个海洋变电所。它们和2006年投入使用的波浪能转换器将共同组成一个波电场。这3台波浪能转换器都比较小，其额定功率只有10千瓦左右。在相对较好的波候下，该波电场的发电量足够满足20个瑞典家庭的用电需要。

波浪能发电的商业前景

在波浪能研究、利用方面，仍有大量工作有待完成。波浪能利用有着非常广阔的商业前景。未来，人们可以从风能利用的商业发展中吸取经验和教训，而使波浪能发电以飞快的速度发展。瑞典乌普萨拉大学的波浪能发电技术适用于微弱和中强波候、25~200米的水深、各种电压和频率的强弱电网，它有充分的理由让人们相信，与瑞典一样，波浪能利用很快就会在中国发展起来，黄色浮标不但适合瑞典市场，它也将同样适合中国市场。本文作者是通过2008年底瑞典“研究与创新（Research and Innovation）”论坛同本刊记者结识，并同意为我刊供稿的。此稿得到了瑞典驻华使馆及瑞典外交部的支持。

