详细介绍往届模板

传统非可再生化石能源日渐枯竭，开发利用新能源已成为全球共识。目前开发利用较为广泛的新能源主要有太阳能、风能、地热能、海洋能及核能等，其中波浪能具有绿色无污染且分布广、储量大等突出优点，全球理论储量2530亿千瓦，约为目前世界发电总量2倍，具有广阔的开发前景。浮子式波浪能发电装置由于建造难度小、可靠程度较高等优点成为目前的研究热点，其又可分为单浮子式和多浮子式两种，单浮子式发电总量小、单位发电成本高、经济效益不高；多浮子式发电总量大，单位发电成本低，具有商业化发展前景。

现阶段，国内外多个科研部门对多浮子式波浪能发电方式开展了深入研究，大部分已经进行了实验室研究及样机海试等研究工作。在国外，波浪能资源丰富的挪威、丹麦、英国等北欧国家均开展了多浮子式波浪能发电装置的研究，其海试样机发电效率在20%~30%。在国内，浙江海洋学院、集美大学等科研单位对多浮子式波浪能发电装置也已进行了相关研究，并制作出海试样机进行实际海测，实际海况下测得样机发电效率在10%~20%。

研究表明，如何将分散的、低密度波浪能收集起来，集中、高效地转换为电能，并使装置能够适应复杂的海况，实现安全可靠的运行，是波浪能开发面临的主要难题。

国内外研究的多浮子式波浪能发电装置均存在较大的提升空间，如应用于我国海域仍存在以下几个关键技术难题：1.我国附近海域波浪功率密度相对低于欧洲国家的，导致发电功率较低2.我国附近海域波浪方向存在季节性变化的特点，不同波浪入射角使得多浮子间产生不同程度的遮蔽效应，使得多浮子对波浪能的利用率较低，进而影响装置的发电效率3. 浮子俘获波浪能后获得一定动能与重力势能，绝大部分科研单位较好利用了多浮子动能而忽略浮子下降过程中的重力势能，波浪能损失较严重4.现有多浮子式波浪能发电装置多为一个浮子配备一套发电设备，建造成本高，维护难度大。

本团队针对以上存在的四个关键问题对波浪能发电装置进行了完善与创新，具体的解决方法如下：

针对问题1：结合波浪理论及导流罩增加流速的设计思想，本作品创新性设计出一种具有喇叭状开角的聚波水道。聚波水道由前端片体和平行中体组成，内部放置浮子，波浪入射聚波水道后波高增加，从而提升浮子处波能密度，提高发电效率。团队对波长与聚波水道特征尺度比对增波效果的影响进行研究。首先通过Star-CCM+软件进行CFD数值模拟，研究聚波水道的不同开角及入射波长与聚波水道尺度比对增波效果的影响。通过3D打印制作出精度强度满足要求的相应聚波水道模型，在实验水槽进行试验并与仿真结果进行分析比较。由CFD数值模拟与模型实验相结合的方法得出，所设计聚波水道具有明显的增波效果，且当入射波长为聚波水道特征尺度的两倍时波高增加可达50%，有效解决了波浪能密度低的问题。

针对问题2：团队采用实验方式对多浮子效应问题进行研究，浮子采用矩形阵列排布，通过对浮子的振幅分析发现波浪方向对浮子阵列的平均振幅影响显著，当入射波与聚波水道中心线夹角在0~22.5°时，前排浮子与后排浮子的振幅大致相同，浮子间的遮蔽效应大大减小。为此设计出一套姿态调控系统，使装置能够根据季节性变化的浪向来转向调节姿态，使聚波水道中心线与波浪方向夹角始终保持在0~22.5°以内，减小浮子间遮蔽效应，提高发电效率。为避免实际情况下恶劣海况对装置的损害，提高装置的可靠性，团队进一步开发出了升降系统，延长了装置的使用寿命。

针对问题3：基于机械传动及液压传动原理，团队设计出一套机械与液压传动方式相结合能量收集转换系统，巧妙利用齿条齿轮与双向齿轮泵等液压元器件的配合，实现对浮子运动过程中动能与势能的同时利用，解决了传统多浮子式波浪能发电装置只利用动能而忽略势能的弊端。团队对所设计的能量转换系统进行Matlab/Simulink与AMESim联合仿真，由液压系统中双向齿轮泵等部位的流量图验证了所设计系统能够实现对动能与势能同时利用，显著提高了装置的波浪能利用效率。

针对问题4：基于液压系统设计原理，团队设计出一套能量叠加系统。液压系统中多个支路的流量汇集于主油路，并在主油路设置蓄能器进行稳压处理，从而使液压马达获得稳定的流量输入，使其以较稳定的转速带动发电机进行发电。通过Matlab/Simulink与AMESim联合仿真，由各支路及主油路处各部位流量图可验证所设计的液压系统能够实现各浮子能量叠加，稳定地输出电能，解决波浪能发电过程中发电不稳定的问题。

在以上研究的基础上，本团队提出了一种姿态自适应的阵列浮子式聚波发电装置。实际发电平台长56m、宽26m、高5m，配备32个直径2m、高1m的圆柱形浮子，结合我国沿海波浪能资源情况，实际发电装置适用于东海、台湾以西、南海中北部等海域。为进一步验证该装置的可行性，本团队通过相似准则换算理论，设计并制作出长4m、宽2.5m、高3.7m的试验样机，样机设计为左右对称的结构，具有2个聚波水道、8个浮子，左右各对称布置4个浮子。整体可以分为支撑框架结构、浮子运动结构、液压发电系统及升降转向结构。其中液压发电系统布置在平台板上。完成试验样机三维建模设计后，为验证在实验工况下支撑框架强度和稳定性是否满足要求，通过ANSYS对支撑框架进行了极限强度校核，结果表明结构强度和稳定性均能满足实验要求。然后制作出试验发电样机并于大型船模拖曳试验水池进行样机发电实验。

通过实验—理论仿真的方法，本团队利用聚波水道提高浮子处波能密度；设计出姿态调控系统使装置适应浪向的季节性变化，减小浮子间遮蔽效应，提高发电效率；通过多浮子能量叠加系统将浮子的动能与势能同时利用并稳定输出电能，进而研发出一种姿态自适应的阵列浮子式聚波发电装置，装置在波高0.2m，周期1.5s的工况下理论发电效率可达52.9%，样机实测发电效率在40%左右。为推动装置的工程化开发与应用，进行了实际海域条件下发电装置的设计开发，根据我国沿海波浪能资源分布情况选定了本装置的适用海域，并以南海北部海域为例确定了发电装置的主尺度参数，对装置在实际海域条件下的姿态调控策略、发电功率平抑问题、电力并网方案、设备防腐措施等方面进行了研究与设计。

团队自主研发的聚波技术、多浮子能量叠加技术以及自适应姿态调控技术适用于目前在研发的多种波浪能发电装置，并能够适应实际情况下的多种海况，具有较大的实际工程意义。

项目开展期间，获得陈定方教授与张金麟院士两位专家亲力推荐，申请三项国家发明专利，一项软件著作权已获得授权，两篇核心期刊论文已获得录用，并与中国船舶重工集团公司第701研究所以及武汉力富特液压科技有限公司达成合作意向，经国内外查新未发现与本作品密切相关的文献或报道。