
北京航空航天大学

第二十三届“冯如杯”

学生学术科技作品竞赛论文

院（系）名称 电子信息工程学院

专业名称 电子信息

学生姓名 徐三嘉

学 号 12021052

指导教师

2013 年 4 月 19 日

脚踏式发电机

摘要

随着社会的发展,能源问题逐渐成为人们关注的问题,要实现可持续性发展必须节省、或找到替代性能源。在百货超市里,我们看见到来人往,每一秒中都有成十上百的人在使用自动扶梯上上下下,人体自身在上上下下扶梯的过程中体内耗散的生物能似乎可以是一笔不小的能源。古代的生活里,人们凭借智慧利用河流,溪流的源源不断的流动的动能驱使风车转动运载水流来灌溉土地。那么,我们是不是可以构想一下,让百货超市里购物的人们在上上下下的过程中耗散的生物能像河流,溪流一样,为百货超市的灯光照明提供一部分电能呢。由此构想,也就是说,那人们上上下下的扶梯是否可以成为发电机呢?

关键词: 脚踏式 液压 蓄能器 发电机 液压马达 波浪能 弹簧回复液压缸

Abstract

With the development of society, the energy issue has gradually become an issue of concern, to achieve sustainable development we must save, or to find alternative energy sources. In the supermarket we saw people coming and going, every second there are a decade hundreds of people using the escalator up and down, the body's own biological body dissipation of the process of the up and down escalators seems to be a lot of energy. Ancient life make use of the river with wisdom, driven by the kinetic energy of the flow of the streams, a steady stream of the windmill rotation carried water to irrigate the land. so the process of the shopping people up and down dissipation biological department supermarket like rivers and streams, as part of the energy department store supermarket lighting. Thus conceived, that is, whether the escalator can become a generator itself?

Keywords: The foot hydraulic Accumulators generator Hydraulic Motor Wave spring Return hydraulic cylinder

目录

摘要	i
Abstract	ii
1.绪论	1
1.1 功能概述	1
1.2 创意来源	1
1.2.1 波浪能发电	1
1.3 系统组成及设计图	2
2.系统相关部分及技术	3
2.1 浮体吸收生物能部分	3
2.1.1 浮体的概述及选用	3
2.1.2 弹簧回复液压缸	4
2.2 蓄能器	4
2.2.1 概述	4
2.2.2 蓄能器的原理	5
2.2.3 蓄能器的方案对比及选择	5
2.2.4 蓄能器的安全维护	6
2.3 液压马达及发电机部分	6
2.3.1 液压马达概述	6
2.3.2 叶片液压马达的原理	6
2.3.3 发电机的原理	7
2.4 工作过程	8
2.4.1 单体运作工作过程	8
2.4.2 单体并联成系统	9
3.结束语	9
参考文献	10

1.绪论

1.1 功能概述

脚踏式发电机是以类似液压发电机的系统为基础的利用人体上下楼梯的过程来发电的装置。当人上下楼梯，每次踩踏一级阶梯，这级阶梯都会向下垂直移动，通过液压弹簧系统将踩踏阶梯的能量传递储存在蓄电器内，然后再由蓄电器储蓄的能量驱动液压马达转动发电，达到将踩踏阶梯的能量转化为电能的目的。这种装置通过百货超市每天成千上万的人流流量，将每一次上下楼梯的所耗费的人体生物能存储起来，通过积少成多，达到生产数量可观的电能。

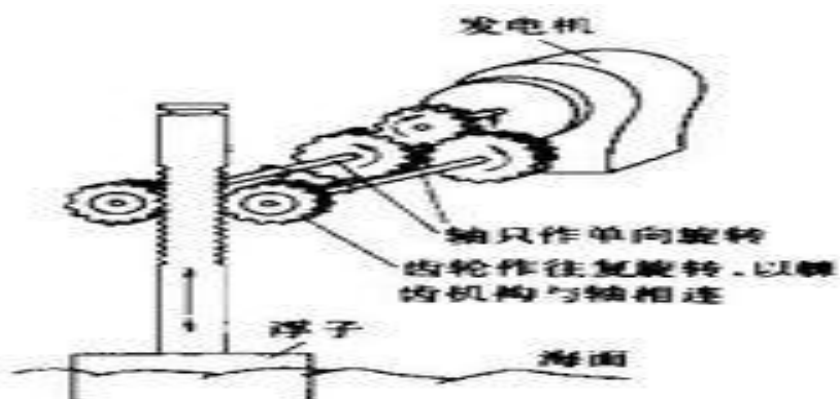
1.2 创意来源

记得小时候就异想天开过，在人流涌动的闹市街区，我们可以制造出一种特殊的地板。这种地板采集每一次人们踏下步子所产生的微小能量并积累起来，在夜晚的时候发电供应灯光照明，这样一来，我们就可以减少电厂的发电量，节省资源。甚至夸张的达到一种循环圈状态，达到能源循环利用的境界。

后来偶然灵光一现想到古代的水车，我去网上一查，了解到水车利用水能的原理，还了解到一种自行车式的发电机，但是这是利用人健身锻炼时耗费的能量来发电，并不适合于很多场合。然后我了解到很多人对波浪能的发电利用，我想其中一部分技术对我所想的脚踏式发电很有借鉴意义。也许，通过这些东西，我当初异想天开的想法能够在百货超市中上上下下的楼梯中实现。

1.2.1 波浪能发电

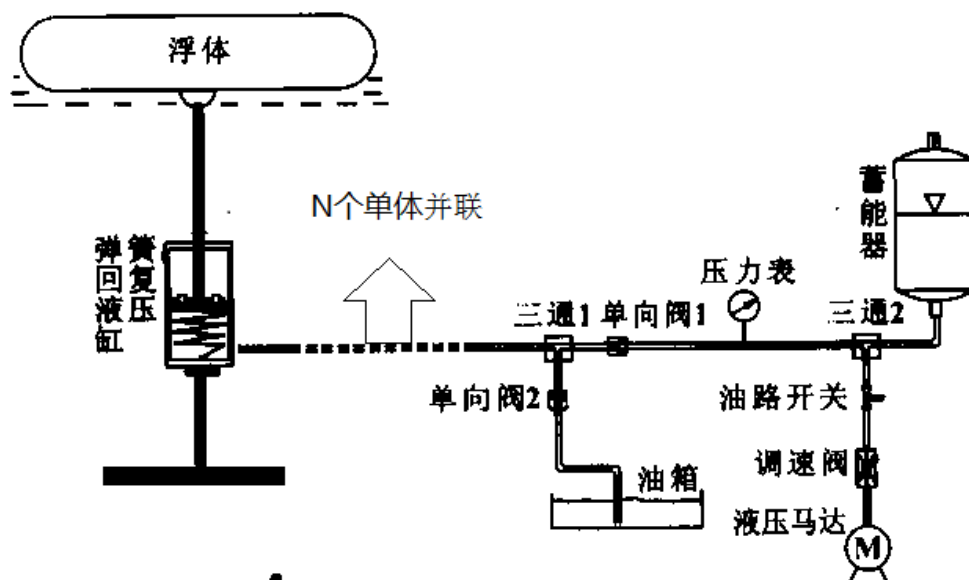
波浪能发电是波浪能利用的主要方式。波浪能的转换一般有三级，第一级为波浪能的收集，通常采用聚波和共振的方法把分散的波浪能聚集起来。第二级为中间转换，即能量的传递过程，包括机械传动，高压液压传动，使波浪能转换为有用的机械能。第三级转换又称最终转换，即由机械能通过发电机转换为电能。波浪能发电方式按能量中间转换环节主要分为机械式，气动式，液压式三大类。主要简单介绍下机械式发电方法



机械式发电方法主要是通过某种传动机构实现波浪能从往复运动到单向旋转运动的传递来驱动发电机发电的方式。装置采用齿条、齿轮和棘轮机构的机械式装置。随着波浪的起伏，齿条跟浮子一起升降，驱动与之啮合的左右两只齿轮作往复旋转。齿轮各自以棘轮机构与轴相连。齿条上升，左齿轮驱动其轴逆时针旋转，右齿轮则顺时针空转。通过后面一级齿轮的传动，驱动发电机顺时针旋转发电。机械式装置多是早期的设计，往往结构笨重，可靠性差，未获实用。然而这种思路想法毫无疑问具有突破性，为波浪能发电开辟了一条路子来。在脚踏式发电中，也将借鉴波浪能发电的原理来达到“陆上波浪能发电”。

1.3 系统组成及设计图

脚踏式发电装置是由主要有浮体及弹簧回复液缸部分，管道传递道路部分，蓄能器部分和液压马达及发电机部分四大系统结构，由众多小单体并联成一个大的装置而成。下图为单体的浮体及弹簧回复液缸部分（左）及总系统机组部分（右）。



浮体及弹簧回复液缸部分在波浪能发电装置中为波浪能吸收装置，在本脚踏式发电机中也类似的为生物能吸收装置，即采集人踏脚时所产生的能量。管道传递道路部分则是将采集的能量传递到蓄能器中，并通过系统控制保证整个发电装置的

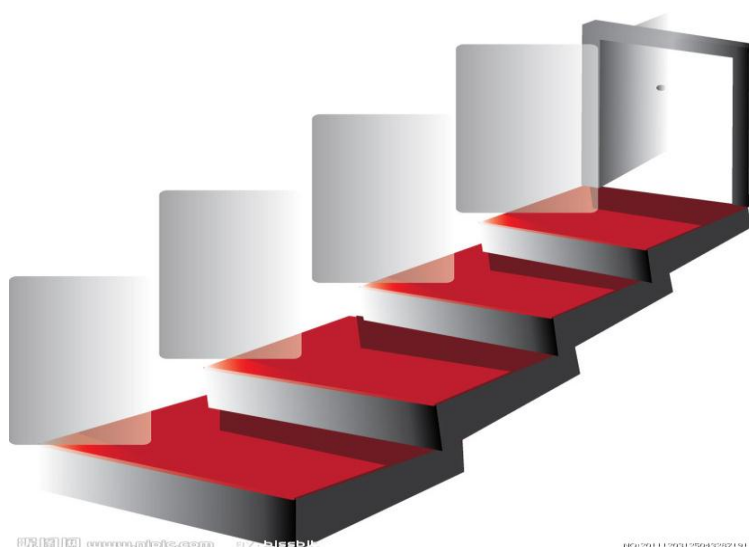
正常有序运行。蓄能器部分则是将采集的能量积累起来以供液压马达发电使用。液压马达及发电机部分则用作将收集转换的生物能转换成电能。

2.系统相关部分及技术

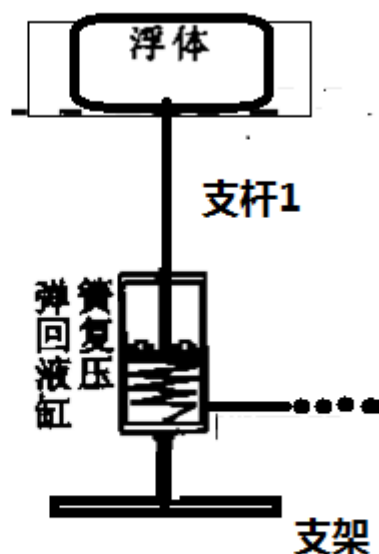
2.1 浮体吸收生物能部分

2.1.1 浮体的概述及选用

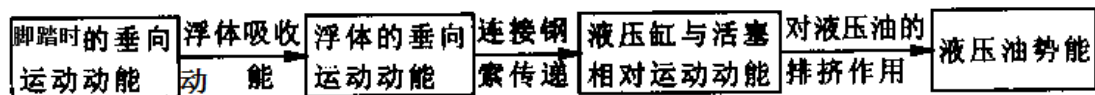
在波浪能发电装置中，浮体用于安装发电装置，使装置浮于海面，为漂浮式的波浪能发电装置所必需。因此，浮体必须具有一定的容积和浮力，结构要坚固，能耐海水腐蚀，外形能适合波浪能环境；还要能承载全部发电设备，使整个装置浮动于海面之上。然而，在脚踏式发电机中，我们并没有海面上那样恶劣的环境，所以对浮体的要求没有那样严格；其次，考虑到舒适通用性，脚踏式发电机采用的浮体结构依旧采用普通的楼梯标准，但必须满足具有一定的容积和浮力，结构坚固等条件，以能承受人体自身的重力，并能灵活垂直移动，达到良好采集能量的过程。至于浮体这一部分的结构，就像在一个窄窄的游泳池内放下相当大小(相当大小是为了保持良好的密封性和稳定性，防止装置内的液体溢出和人的失衡)的游泳圈，每次踩下的时候游泳圈会下沉，即垂直下移一段距离，当脚离开后，游泳圈恢复原来状态，为下一次收集能量做准备。我相信在现在的技术条件下，这个结构很容易能够制造出来。



2.1.2 弹簧回复液压缸



上图是脚踏式发电机的弹簧回复液压缸部分。其主要作用是将上下楼梯时的每一步耗散的能量转化为机械能并通过液压油传递给蓄能器。



能量转换图 1

弹簧回复液压缸里的活塞与浮体通过支杆相连，人上下楼梯时，浮体在脚踏的力量下的垂直向下运动将推动活塞克服弹簧的弹力垂直向下移动，因为缸体是通过支架固定在不变位置，活塞和弹簧液压缸之间形成相对运动，该相对运动将排挤其缸体内的液压油，液压油路连接液压蓄能器，从而将液压油传入蓄能器中。人脚抬起时，活塞会在弹簧的弹力作用下回复原状，与此同时从油箱中吸油，为下一运动周期的做功做好准备。在该装置中，对弹簧的抗腐蚀性，耐用性，具有比较高的要求。

2.2 蓄能器

2.2.1 概述

蓄能器是液压气动系统中的一种能量储蓄装置。它在适当的时机将系统中的能量转变为压缩能或位能储存起来，当系统需要的时，又将压缩能或位能转变为液压或气压等能而释放出来，重新补供给系统。当系统瞬间压力增大时，它可以吸收这部分能量。保证整个系统压力正常。

蓄能器的功能主要分为存储能量、吸收液压冲击、消除脉动和回收能量四大类。脚踏式发电机则主要运用第一和第四类，此处作简单介绍。

第一类：存储能量。这一类功用在实际使用中又可细分为：①作辅助动力源，减小装机容量；②补偿泄漏；③作热膨胀补偿；④作紧急动力源；⑤构成恒压油源。

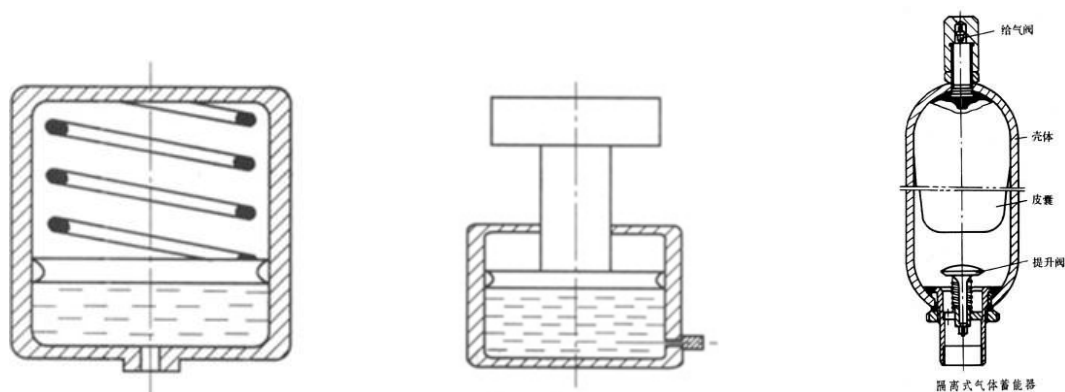
第四类：回收能量。用蓄能器回收能量是目前研究较多的一个领域。能量回收可以提高能量利用率，是节能的一个重要途径。蓄能器因为可以暂存能量，所以可以用来回收多种功能、位置势能。这方面的主要研究有：①回收车辆制动能量；②回收工程机械动臂机构位能；③回收液压挖掘机转台制动能量；④回收石油修井机及钻机管下落重力势能；⑤回收电梯下行重力势能

2.2.2 蓄能器的原理

液压油是不可压缩液体，因此利用液压油是无法蓄积压力能的，必须依靠其他介质来转换、蓄积压力能。例如，利用气体（氮气）的可压缩性质研制的皮囊式充气蓄能器就是一种蓄积液压油的装置。皮囊式蓄能器由油液部分和带有气密封件的气体部分组成，位于皮囊周围的油液与油液回路接通。当压力升高时油液进入蓄能器，气体被压缩，系统管路压力不再上升；当管路压力下降时压缩空气膨胀，将油液压入回路，从而减缓管路压力的下降。

2.2.3 蓄能器的方案对比及选择

蓄能器按加载方式可分为弹簧式、重锤式和气体式。但是弹簧式弹簧伸缩量有限，而且弹簧的伸缩对压力变化不敏感，消振功能差，所以只适合小容量、低压系统（ $P \leq 1.0 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ），或者用作缓冲装置。而重锤式安装局限性大，只能垂直安装；不易密封；质量块惯性大，不灵敏。结合要求决定选取气体式方案。气体式方案对压力的变化灵敏并且具有比较灵活的安装方式，其次体积不大，不占用过度的有用空间，适合安装于百货超市中。下图分别为弹簧式(1)、重锤式(2)和气体式(3)。



气体式：它以波义尔定律（ $PVn=K=\text{常数}$ ）为基础，通过压缩气体完成能量转化，使用时首先向蓄能器充入预定压力的气体。当系统压力超过蓄能器内部压力时，油液压缩气体，将油液中的压力转化为气体内能；当系统压力低于蓄能器内部压力时，蓄能器中的油在高压气体的作用下流向外部系统，释放能量。选择适当的充气压力是这种蓄能器的关键。这类蓄能器按结构可分为管路消振器、气液直接接触式、活塞式、隔膜式、气囊式等。

2.2.4 蓄能器的安全维护

蓄能器在液压系统中属于危险部件，所以在操作过程中要特别注意安全。蓄能器在使用过程中，需防振、防高温、防污染、防泄漏，要定期对气囊进行气密性检查及其他方面的检查。因此，日常检查与维护保养不可少。日常检查即用目视、听觉和手摸及仪表等简单的方法进行外观及状态的检查，检查时既要检查局部也要注意设备整体。在检查中发现的异常情况，对妨碍蓄能器继续工作的应作应急处理；对其他的则应仔细雨观察并记录，到定期维护时予以解决。

2.3 液压马达及发电机部分

2.3.1 液压马达概述

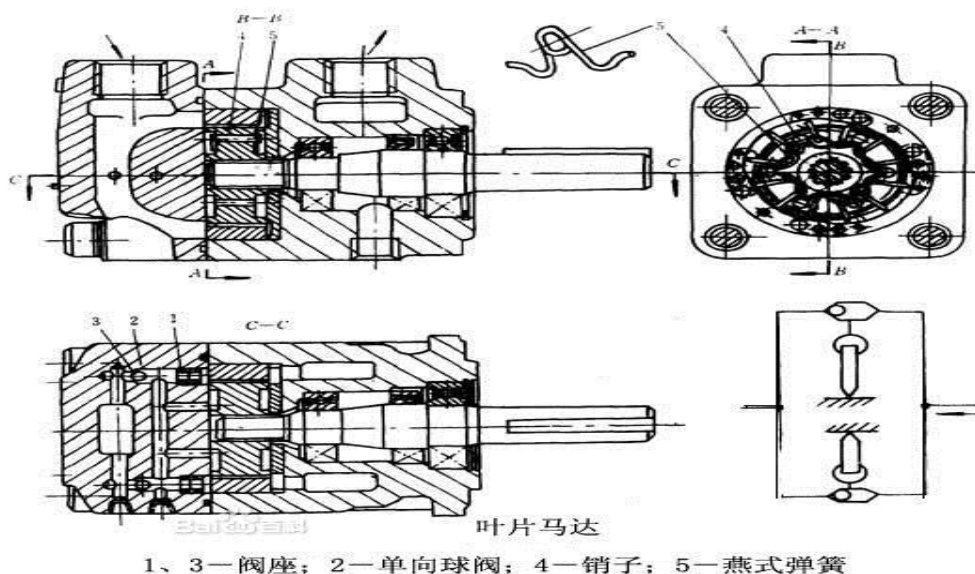
液压马达习惯上是指输出旋转运动的，将[液压泵](#)提供的液压能转变为机械能的能量转换装置，其原理也根据不同的结构类型而不同。

液压马达按其结构类型来分可以分为齿轮式、叶片式、柱塞式和其它型式。按液压马达的额定转速分为高速和低速两大类。额定转速高于 500r/min 的属于高速液压马达，额定转速低于 500r/min 的属于低速液压马达。高速液压马达的基本型式有齿轮式、螺杆式、叶片式和轴向柱塞式等。它们的主要特点是转速较高、[转动惯量](#)小、便于启动和制动、调节(调速及换向)[灵敏度](#)高。通常高速液压马达输出转矩不大所以又称为高速小转矩液压马达。低速液压马达的基本型式是径向柱塞式，此外在轴向柱塞式、叶片式和齿轮式中也有低速的结构型式，低速液压马达的主要特点是排量大、体积大转速低(有时可达每分钟几转甚至零点几转)、因此可直接与工作机构连接；不需要减速装置，使传动机构大为简化，通常低速液压马达输出转矩较大，所以又称为低速大转矩液压马达。

因此，在脚踏式发电机中，考虑到整个系统为液压马达提供的油液数量并且对液压马达的灵敏度有一定要求，所以在此采取高速小转距的叶片式液压马达。

2.3.2 叶片液压马达的原理

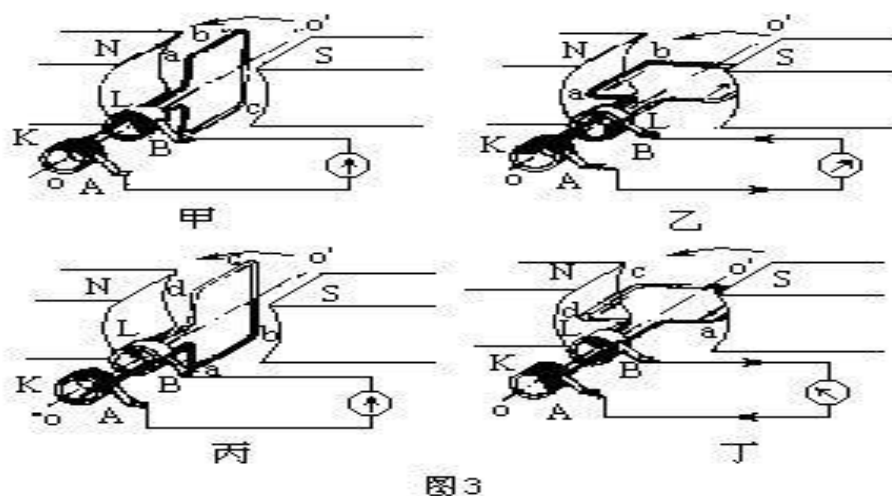
因为叶片液压马达的原理比较复杂，在此仅作简单的图文介绍。



由于压力油作用，受力不平衡使转子产生转矩。叶片式液压马达的输出转矩与液压马达的排量和液压马达进出油口之间的压力差有关，其转速由输入液压马达的流量大小来决定。由于液压马达一般都要求能正反转，所以叶片式液压马达的叶片要径向放置。为了使叶片根部始终通有压力油，在回、压油腔通入叶片根部的通路上应设置单向阀，为了确保叶片式液压马达在压力油通入后能正常启动，必须使叶片顶部和定子内表面紧密接触，以保证良好的密封，因此在叶片根部应设置预紧弹簧。叶片式液压马达体积小，转动惯量小，动作灵敏，可适用于换向频率较高的场合，但泄漏量较大，低速工作时不稳定。因此叶片式液压马达一般用于转速高、转矩小和动作要求灵敏的场合。

2.4 发电机的原理

发电机的形式很多，但其工作原理都基于电磁感应定律和电磁力定律。



因此，其构造的一般原则是：用适当的导磁和导电材料构成互相进行电磁感应的磁路和电路，以产生电磁功率，达到能量转换的目的。

发电机通常由定子、转子、端盖及轴承等部件构成。

定子由定子铁芯、线包绕组、机座以及固定这些部分的其他结构件组成。

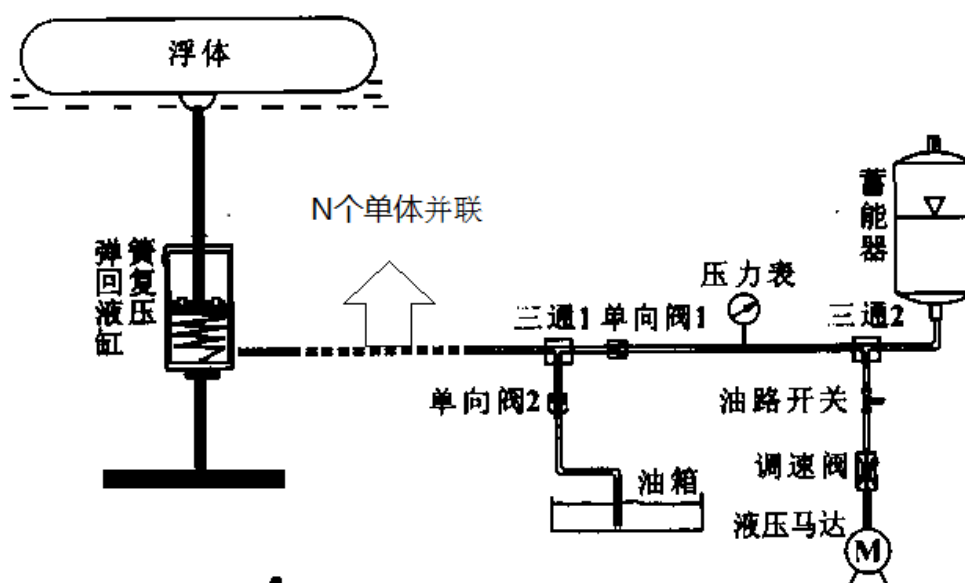
转子由转子铁芯（或磁极、磁扼）绕组、护环、中心环、滑环、风扇及转轴等部件组成。

由轴承及端盖将发电机的定子，转子连接组装起来，使转子能在定子中旋转，做切割磁力线的运动，从而产生感应电势，通过接线端子引出，接在回路中，便产生了电流。

2.4 工作过程

2.4.1 单体运作工作过程

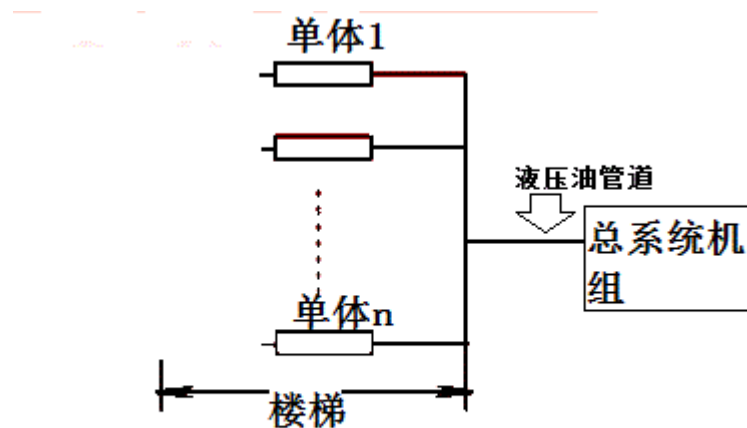
下图以一个单体与总系统机组的工作过程为例来说明单体运作工作过程。



工作原理：弹簧回复液压缸里的活塞与浮体通过支杆相连，人上下楼梯时，浮体在脚踏的力量下的垂直向下运动将推动活塞克服弹簧的弹力垂直向下移动，因为缸体是通过支架固定在不变位置，活塞和弹簧液压缸之间形成相对运动，该相对运动将排挤其缸体内的液压油，液压油路连接液压蓄能器，高压液压油通过管路被压进蓄能器。人脚抬起时，活塞会在弹簧的弹力作用下回复原状，与此同时从油箱中吸油，为下一运动周期的做功做好准备。在以上循环做功过程中，蓄能器内逐步积累能量，在一定的压力范围内，油路开关打开，蓄能器内压力稳定的液压油经调速阀调速后，冲击液压马达，将液压能转换为机械能，液压马达连接发电机即可产生稳定的电能。液压系统中的蓄能器起到蓄能和稳压的作用，液压油经蓄能器蓄能稳压后输出，输出的液压油压力较输入的液压油压力稳定了许多，压力稳定的液压油作为输入驱动液压马达和发电机，得到的是稳定的电能，稳定的电能可便利的作为能源供应被利用。利用液压马达蓄能器实现了能量由不稳定到稳定的转换。蓄能器容量越大，输出的能量稳定程度越好。该液压系统的做工方式除了发电，还可以直接驱动力执行结构等。

2.4.2 单体并联成系统

若把每一个阶梯作为一个独立的发电系统来安装，那么势必会造成整个系统占用体积大，故障率高的问题。因此，借鉴电路知识里串并联的思路，我们将每个阶梯作为采集能量的装置，在将每个阶梯采集的能量通过并联通道汇集到总的处理蓄能发电系统中，那么将大大减少系统的体积，并且将每个单独的阶梯单体的蓄能发电部分合在一块，有利于集体大规模的发电，并且总系统机组单独安装固定在一个位置，有利于维修检查。并联系统如下图。



每一节阶梯作为一个单体，单体主要由浮体吸收生物能部分组成。然后若干个单体并联起来，每一节输送的液压油通过并联通道输入到总系统机组中的液压系统中，从而将每一节单体收集的能量汇集到总系统机组的蓄能器中，以方便蓄能器高效的工作，从而能够实现源源不断的发电。

3.结束语

脚踏式发电机通过闹市街区人们上下楼梯时所产生的力和能量来发电，利用到了人们或许根本没有注意到的能量（人自身的生物能），这种系统在一定程度上实现了“能量循环”，很符合现在颇为流行的“生态文明”之说，因为他即减少了对大自然的索取，减少了发电所需的煤的使用，又从人自身身上找到了不错的利用价值，我相信随着在未来时代人们对这一领域的深入研究，我们将取得更大的进步，儿时的异想天开之作在未來说不定就会实现。

限于自身理论知识的局限，我想也许自己所构想的这脚踏式发电机有点异想天开，在工程方面实现起来会有很多困难。诸多不足错误之处，恳请各位老师批评指正。但我认为这个发明本身从思路来说有可取之处，相信随着以后的科技进步，这一发明会真的如我所想的那样。我也相信，伟大的发明正是在异想天开中，在当前所认为的不可能当中而孕育诞生的！

在本次电创大赛论文的准备工作中，我学习到了很多。不仅扩宽了自己的知识眼界，更激发了对学习科技知识的渴望。除此之外，我也锻炼磨砺了自己，我意识到，只要能勇敢的迈出第一步，就已经成功了一半！

参考文献

- [1]盛松伟, 游亚戈, 马玉久. 一种新型海上液压发电装置实验模型的设计. 机床与液压, 2006. 11
- [2]曲言明, 浮体绳轮波浪能发电系统. 中华人民共和国国家知识产权局, 2009. 9
- [3]盛松伟, 游亚戈, 郑永红, 吴必军. 浮体下挂液压缸式波浪能发电装置. 中华人民共和国国家知识产权局, 2007. 8
- [4]周道良, 多节漂浮式波浪发电装置的实验研究. 上海海事大学硕士论文, 2011. 5
- [5]王成仁, 脚踏式驱动发电机的传动结构. 中华人民共和国国家知识产权局, 1989. 6