

编 码: _____

第十八届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛

作品文字材料

作品名称: _____ 平陆运河飘起来—5G智慧航标

作品类别:

自然科学类学术论文 (小类: A B C D E)

哲学社会科学类社会调查报告

() A 发展成就 B 文明文化 C 美丽中国
D 民生福祉 E 中国之治

() A 哲学 B 经济 C 社会 D 法律 E 教育 F 管理

√ 科技发明制作A类 (小类: √A B C D E)

科技发明制作B类 (小类: A B C D E)

——目录——

〇、摘要	03
一、设计背景及作品简介	04
二、国内外发展状况	05
三、方案设计	06
3.1 方案选定	06
3.2 浮体部分设计	09
3.2.1 理论工况阐述	09
3.2.2 理论计算	09
3.3 电控部分设计选型	11
3.3.1 能源系统	11
3.3.1.1 切割磁感线方式发电	11
3.3.1.2 柔性太阳能板发电	12
3.3.2 主控系统设计	12
3.3.3 通讯系统设计	13
3.3.4 采集系统设计6	13
3.3.4.1 北斗/格罗纳斯/伽利略/GPS/RTK定位	13
3.3.4.2 绘制雷达及AIS	14
3.3.4.3 温度风速风向一体仪	14
3.3.4.4 水质检测模块航标灯等	14
3.3.5 能耗计算	15
3.4 网站手机后端交互设计	15
3.4.1 手机后端智能交互	15
3.4.2 网页可视化数据交互	15
四、创新点与推广	16
4.1 本品创新点	16
4.2 推广点	16
五、零件清单及价目	17
六、参考文献	18

摘要：针对国家平陆运河工程，5G智慧航标应运而生。面对这一新河道、新挑战，旧式航标无法应对当今集成智能化发展的需求，设计了一款智慧航标，能实时采样并将数据发回后方，辅助管理人员合理运用并且掌握平陆运河实况，助力广西平陆运河经济腾飞。该航标具有水质检测、船运避障提示，科研跟踪绘制等功能。

关键词：平陆运河 智慧航标 5G通信 测绘数据



一、设计背景及作品简介

设计背景及作品简介

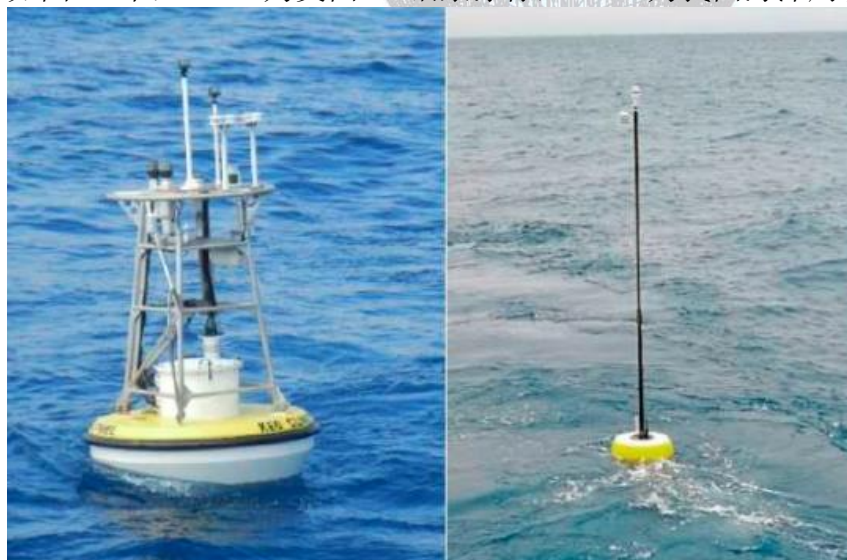
广西作为沿海省份，区内又有众多河流，但是水路运输能力弱，河道边缺少导航浮标，当地很多运输船只不敢在夜间行驶。而且广西正在建设平陆运河，加快建设国家综合立体交通网的联网工程，建成通航后将直接开辟广西内陆及我国西南、西北地区运距最短、最经济最便捷的出海通道。

为了解决水路夜间运输，当前主要使用传统浮标，然而传统浮标功能单一，维护成本大，浮标大多是用钢材制作，钢材易腐蚀，需要进行防腐处理，涂刷大量防腐化学材料和表面颜色，给水生生物造成巨大威胁且维护保养存在污染。习近平在十九大报告中指出，坚持人与自然和谐共生。必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策。

当前河道数据采集的方式多种多样，如遥感卫星，监测浮标，监测站，人工监测，每一种方式各有千秋。摇杆卫星监测范围广，但是造价昂贵不能监测水质的相关数据，使用成本高；浮标监测成本低并且可以持续监测，而且制造成本和使用成本相对较低；水文监测站成本最低，但是获得的数据有限，只能在监测站周边进行监测；人工定时监测成本低于浮标监测，但是需要投入大量的人力，耗费时间。通过对比这几种方式，浮标监测及解决了监测站数据收集有限，又能解决人工和监测问题，使用成本比卫星低，因此河流浮标监测最为合适的手段之一。然而当前国内的河流监测是主要是人工监测，和监测站监测，监测数据不足，时间不连续不及时而且耗费大量的人力物力，不能对河流环境的及时预警。

为贯彻落实绿色航道建设，促进水路运输，减轻环境部门工作量保证及时发现问题解决问题，做到既要金山银山，也要留得住绿水青山，本项目拟设计一款全天候的智能化的实时监测航道及其水文数据小型浮标。通过环保材料的使用，一体化灯器，水力和太阳能双向发电，集成视频监控和多用途传感器与浮标结合形成智能化的浮标，所收集到的数据通过5G实时数据共享，让船只及时了解航道信息，全面提升对河流环境的检测能力，提高污染防治、节能低碳、生态保护、资源节约循环利用水平，推进绿色智能化航道建设。

如图1-1中，（a）为美国KEO锚系浮标，（b）为我国海洋局设计的漂流式浮标。



(a)

(b)

图1-1

二、国内外发展状况

2.1 国内外现状

随着科技的进步，水路运输已经成为全球主要的物资运送方式之一，为了解决运输航道的问题，国内外的专家学者很早就致力于航道导航浮标的研究。在经济快速发展的同时环境问题也越来越突出，越来越多的人认识到保护环境的重要性，专家学者们不在单一的研究导航式的浮标，近几年来他们致力于研究不仅具有导航作用而且可以采集水域数据进行分析，以便于及时发现环境治理中存在的问题，及时解决保护好环境。

2020年许娟设计基于北斗传输的海洋观测航道浮标，并在天津港复式航道上作为海洋观测的载体和导航浮标，利用北斗系统进行数据的传送。2020年南海航海保障中心西沙航标处何瑞冠等对小型杆式灯浮标在西沙水域小船航道应用和推广，并对小型浮标的选型设置投抛技巧和注意事项提供可靠性的建议。

2022年詹家涛针对疏浚航道设置浮标的要求，研究锚泊的稳定性计算，并在南通港口进行实地实验。他的计算浮标锚泊所需要的铅块的重量和浮标的回转半径为我们设计浮标锚泊提供一种可靠的技术支撑。李阳提出了一种可以找出相对合理的浮标锚链长度的配置方式；于炳亮等人设计水质水样自动采集控制系统在海洋生态监测浮标上的运行证明该系统的可靠性，能很好的满足工作要求。

Akos介绍了由欧盟支持的水质监测和早期预警系统，由浮标携带传感器，将数据发送到河边网关，再由网关发到服务器，在服务器上保存和进行数据的处理，达到减少水质监测的成本；uan D. Medina提供一种新颖的浮标设计，该浮标开源和成本低，具有良好的效果并用于鱼类养殖水质的远程监测，在养鱼场中实现自动数据采集和储存。



三、方案设计

3.1 方案选定

依据产品需求，最终的设计需要满足：

- 1、作为基本航标指引避障
- 2、5G回传勘察测绘运河道两岸重点监测区域实况
- 3、5G回传勘察测绘运河道水面下实况
- 4、5G检测平陆运河水质指标
- 5、5G监测水域咸度
- 6、检测运河船运流量
- 7、便于岸端执法护航

依据对现有产品市场调查

8、近似尺寸的传统非智能泡沫航标造价约3000元以上，智能航标造价约45000元以上，因而本产品价格应低于此类产品市场价格。

9. 具有能源自给自足性能

10. 具有一定的增值服务

设计思路：

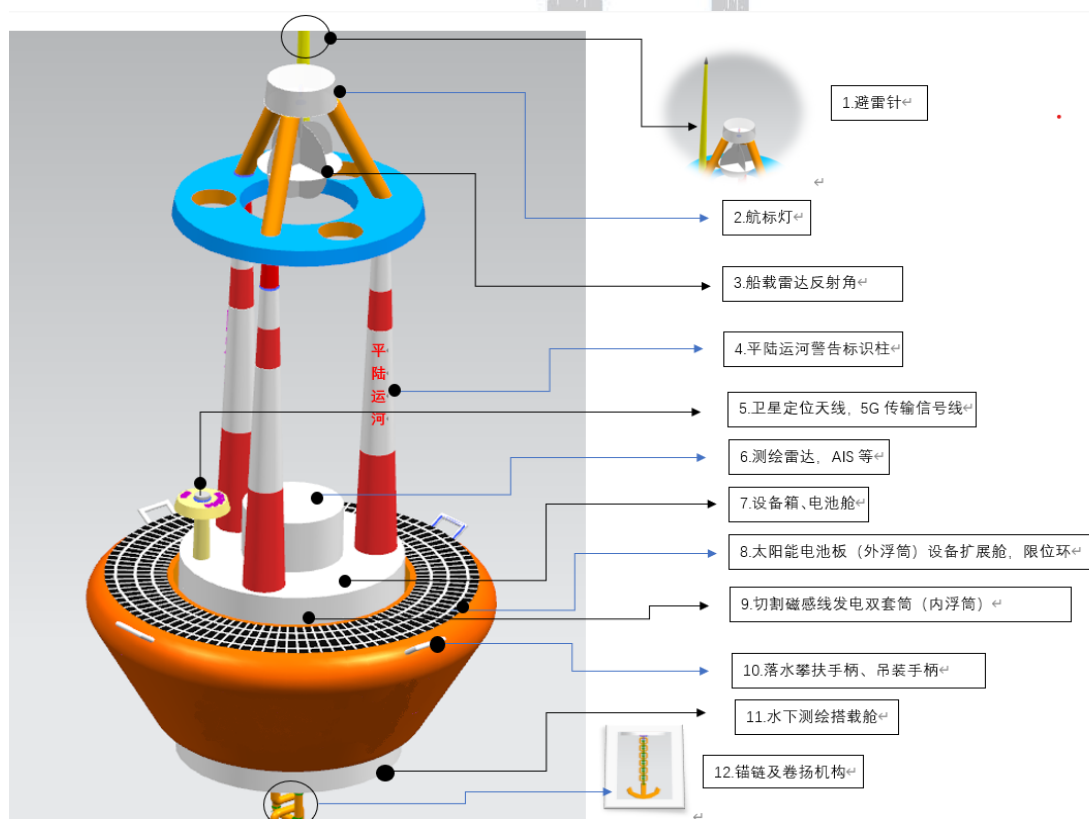


图3.1.1 设计产品的各部分组成

经过对产品需求1的分析，本品设计对应部件2(航标灯)、部件3(雷达反射波增大器)、部件4(警告标识反光柱)，对过往船只全天时全天候，尤其是夜间通航安全达到了设计目的，航标灯在晚间开启灯光，以闪烁的方式进行警示；雷达发射波增大器以增强船

载雷达扫描反射回波增强的方式，通过驾驶舱内雷达屏幕显示回波障碍，间接的警示过往船只；航标通体为警告色，尤其是警告标识反光柱在日间反光条件极佳，便于目视航行观察。

对于**产品需求2、3、4、5、7**中的5G通讯及回传要求，本产品设计部件5、部件6以及 arduino mega2560 主控板的5g/4g cat.1/GPRS拓展模块，经由MQTT通讯可以将采集的数据甚至根据需求加装的相机模块拍摄的照片回传至岸端PC端或者网站页面，同时拓展板可根据设置的通讯号码，将故障维修（例如灯泡损坏更换、浮标内部进水、电池健康度不足）信息传送给区域运维人员；对于需求7 岸端执法护航人员，可以通过外接摄像头模块进行监控调查及取证。

对于**产品需求4、5**，本产品采用模块化设计，对后期拓展较为友好，各新增模块可轻易挂载到iic通讯总线上增加水质检测模块（用于检测PH、色度、浊度、臭和味、SS(悬浮物)、电导率、COD cr(化学需氧量)、BOD5(5日生化需氧量)、酸度、碱度、总硬度、全盐量、溶解氧），对于平陆运河实况进行历史留存，PC端网页可查看历时曲线绘制，了解新航道新水域下的一段时间内变化情况。

对于**产品需求6**，本品搭载部件6 AIS模块以及可以外拓展接收机模块，对于信号进行解析，分析出船运量，船舶运行轨迹，本地端及时预测航运流量，对交汇航线进行提前预警。同时此项对应**需求10**，作为一项增值服务对船舶及数据查看者进行费用的收取。

对于**产品需求8**，本航标拟定造价为8000元，，拥有着较低的成本，具有极大的市场竞争力，同时作为平陆运河的临近区域，可以提供良好的售后维护，更新升级服务。

对于**产品需求9**，本智慧航标具有两种获取能源方式，一为随着船舶通过或潮汐涌动，造成内外筒浮动引起的切割磁感线发电，此法不仅可以增加电量的同时，可以增大两桶间的阻尼，二为柔性太阳能板发电，作为稳定的能源来源，柔性太阳能板在给予电池充电的同时，优先供电给航标灯进行避障指示工作。

对于**产品需求10**，在平陆运河运行的船只，可以通过手机端获取精准资讯，海水咸度等，避免江船入海，海船入江引发不必要的事故，但此项服务是增值服务，非紧急情况下，将收取查看者一定的费用。

结合设计需求及预算，最终的方案为基于5G通讯的智慧航标方案，本产品主要由浮体机构设计、电控部分设计、网站手机后端交互设计三大部分组成。

方案简图：

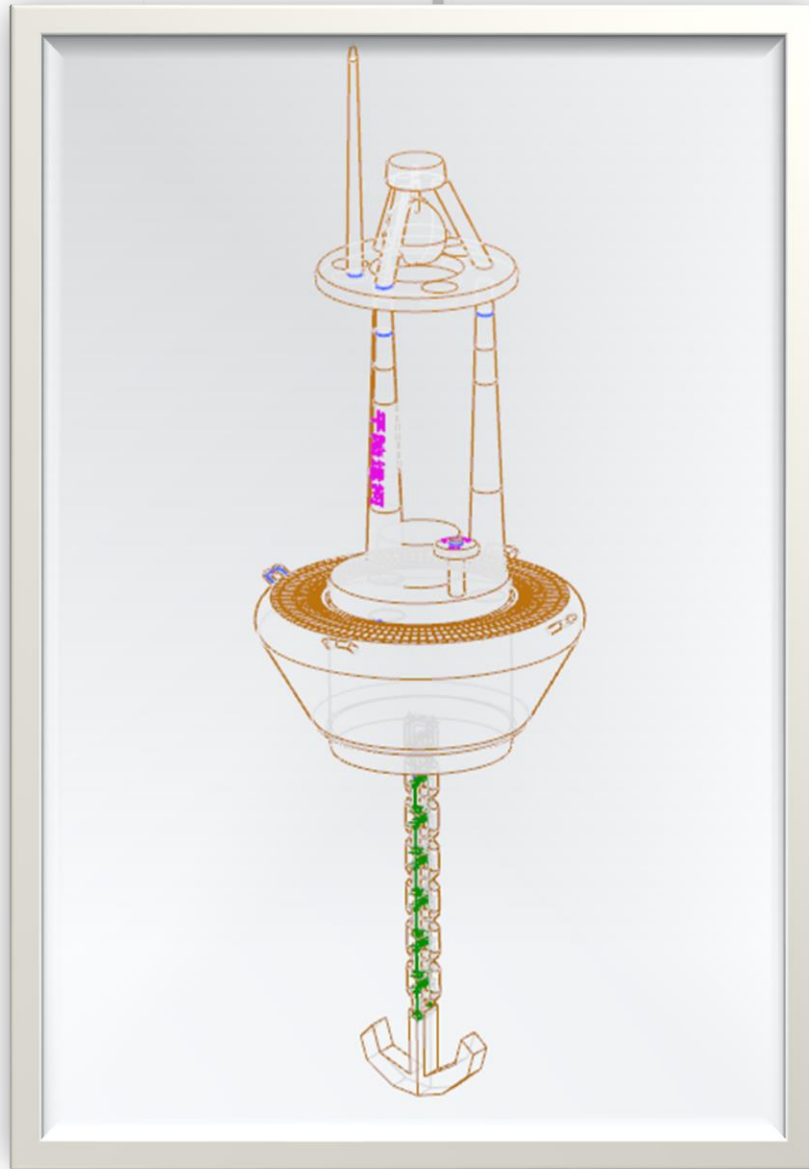


图3.1.2 产品结构简图

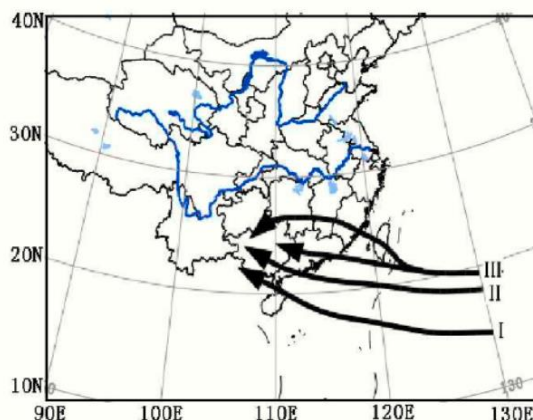


3.2 浮体部分设计

3.2.1 理论工况阐述

广西是中国华南地区，并处于丘陵地区，河流大部分区域是处于峡谷中，被山地所包围河面上的风速一般不大，平均风速在5.5-7.9m/s。然而，广西属于亚热带季风季候，受到季风的影响，当台风来临时，风速平均在10.8-13.8m/s。图 智能浮标上搭载各式各样的传感器，浮标的稳定性和浮力对设备元器件的正常工作和安全至关重要。浮标在河道中工作，受到风浪的作用下，发生的运动，当转动的幅值过大会导致倾覆损坏设备。影响浮标的稳定性的关键参数是浮体的浮心和重心的位置分布。浮标的设计目前尚无国家规范执行，所以在完成对浮标工作条件的分析后，确定浮标结构的设计需要满足以下要求：

- (1) 浮标具有足够的承载能力和空间，能满足搭载足够的监测设备以及后设备升级所需空间。
- (2) 浮标有较好的稳定性，不会因风、浪等环境载荷产生剧烈的晃动。
- (3) 浮标的系泊系统有足够的强度，同时在满足重量的要求，确保浮标能指定水域工作而系泊缆不断裂。
- (4) 浮标具有良好的水动力学性能。
- (5) 浮标体材料的选择和对壳体外表面的处理要满足质量和强度的要求。



3.2.2 理论计算

当浮标水平放置时，它的浮心和重心均在同一垂直线上，并且内部的模块摆放也是以中心轴为参照点对称放置，近似的把两者看作同处于Z轴中心线。其重心位置定义如下

所示：

$$Z_g = \frac{\sum_{i=1}^n M_i Z_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

式中，n为浮标各质量部分的数量；Z为各部分重心到Z坐标的位置。

由于本次设计的浮标主体为圆柱形，其几何形状和质量几乎对称。因此设浮标体总质量为M，其他各部分质量分别为M1、M2、M3、...、Mn，可按以下公式计浮标总质量：

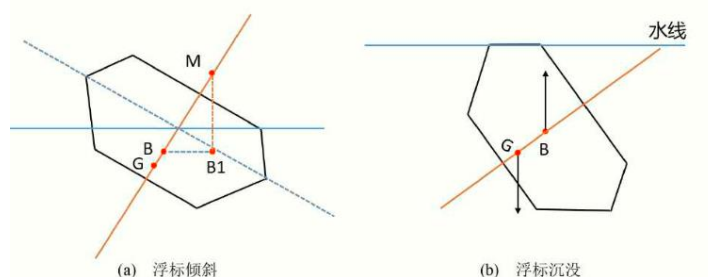
$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = 34 \text{kg}$$

浮标的总排水体积和排水量为：

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\rho} = 0.033170 \text{m}^3$$

式中, V 为浮标体各部分的排水体积, ρ 为的密度, 一般取 $1025\text{kg}/\text{m}^3$, 浮标在水面静止时, 受到重力和浮力两方面的作用, 两者大小相等, 方向相反。

当浮标只受重力与浮力的作用时, 浮标会在竖直方向静止。如果存在外部力偶, 作用在该浮标上, 浮标就会发生倾斜, 此时浮心 B 会移动至 B_1 的位置, 过 B_1 的做一条垂线, 与 GB 的延长线的交点为 M , 重心 G 位置不变如图3.6 (a) 所示。在外部力偶消失后, 浮标所受的重力向下, 所受的浮力向上, 这两组力会使浮标回复至原来的静止姿态。 GM 为初稳性高, 是衡量浮标初始稳性的重要标准。当 GM 过小时, 浮标受外部荷载作用时回复的过程很慢。如果海浪正处于浮标中拱状态, GM 就会持续降低, 成为负值, 因此重心在浮心下方的好处就是尽可能的避免 GM 为负值, 且保证浮标具有足够的初稳性高。重心 G 到 BM 的距离称为回复力臂。初稳半径计算公式如下:



$$GM=BM+Zg-Z$$

式中 Z 为重心, 高度, Zg 为浮心高度。经过计算, 本产品需要配重块 57KG , 能使重力作用点高于浮力作用点, 防止浪涌中倾覆。



3.3 电控部分设计选型

电控部分分为能源系统、主控系统、通讯系统、采集系统

信号框架简图：（箭头方向代表信号传输方向）

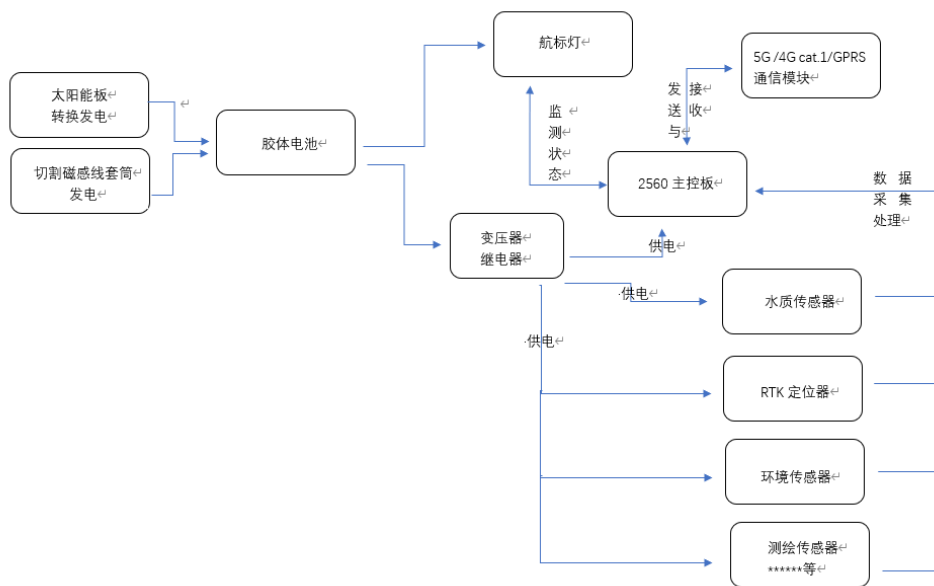


图3.3.1 电控主要部件框架图

3.3.1 能源系统

3.3.1.1 切割磁感线方式发电

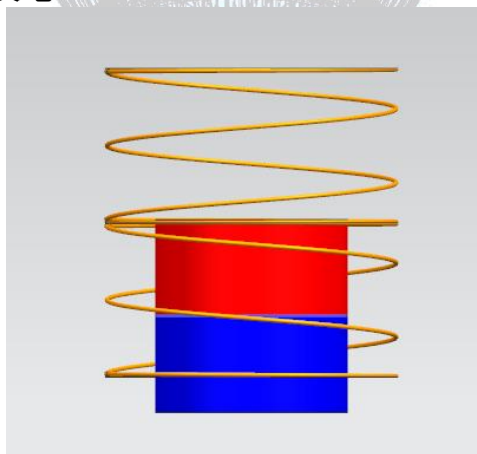


图3.3.1.1 切割磁感线样图

外圈套筒内壁布置线圈，内圈套筒内壁布置磁极，整体情况就例如上图所示，随着船舶通过或潮汐涌动，造成内外筒浮动引起的切割磁感线发电，此法不仅可以增加电量的同时，可以增大两桶间的阻尼。

$$P = EI$$

$$E = BLV\sin A$$

$$I = E/R$$

$$P = \frac{E^2}{R} = (BLV\sin A)^2/R$$

3.3.1.2 柔性太阳能板发电

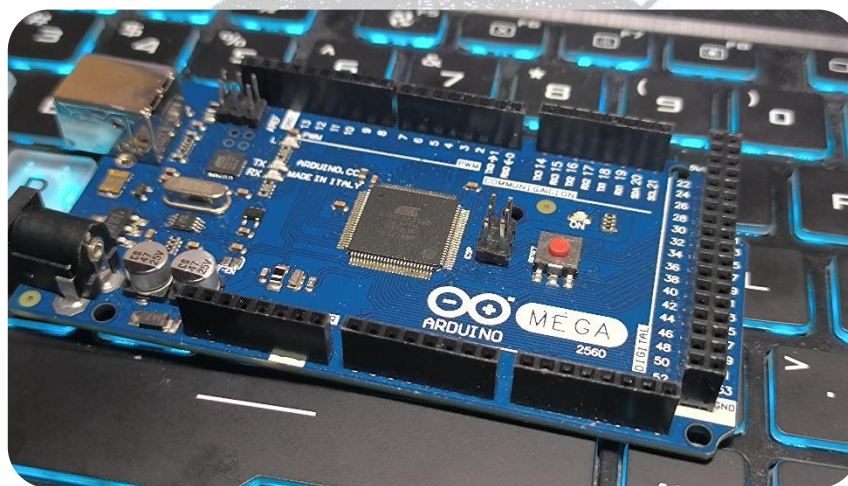
柔性太阳能板平均发电功率

$$Q = P\Delta t$$

$$P = \Delta A * \partial = \pi(R - r)^2 * \partial$$

所选择的柔性太阳能板符合广西平陆运河段地区气候，选择阴天高效型，发电功率为90w±10w，按日照时间每日六小时计算，其每日所发电量为0.42kw·h。

3.3.2 主控系统设计



本作品采用Arduino Mega 2560作为主控板，另外搭载IIC拓展板，最大可以与127个外置设备进行交互；同时与5G/4G cat.1采用串口通信，采用I/O口对航标灯，漏水检测模块等进行轮扫检测。Arduino作为目前主流使用开发板，具有着引脚数量多，兼容性好，功耗低，稳定性强等诸多优点，同时也适用于-40~125度环境工作，满足我方要求。

3.3.3 通讯系统设计



本作品采用5G模块进行MQTT协议传输与摄像头图片传输以及短信息发送，将信息传到后端服务器，同时可以将附加的摄像头模块、机械测量模块、土木锚点模块以及后续模块传输，北斗短报文更新等服务。

3.3.4 采集系统设计

3.3.4.1 北斗/格罗纳斯/伽利略/GPS/RTK定位



本设备通过RS485与arduino进行通信控制，采用M8n模块，此模块采用2.5DBI高增益高选择性陶瓷天线，霍尼韦尔HMC5983模块、可双模同时工作，接收多种卫星信号。大天线：采用“飞碟式”设计为了让天线面积更大，收到卫星数量多达30颗，更适用于高压线、矿区等复杂地区；BD970主板：采用国际知名品牌的大主板，BD970优势：8mm精度，

更稳定，性能更好；IP68：可抗2米水下临时浸泡，完全防止粉尘进入；闪电启动：1s启动8s锁定，随时进入工作状态；，满足了对定位系统所需的精度需求。

3.3.4.2 绘制雷达及AIS（依据需求可选装）



安华车载雷达可通过RS232与Arduino进行通信连接，其绘制扫描范围约36海里，为远程勘测提供数据支撑，自带的AIS系统同时可以提醒过往船只避免进入危险航道。

3.3.4.3 温度风速风向一体仪



温度风速风向一体仪对于运河水面的风速风向进行测绘，获得长期气象方面资料，其为IP65级防水，与Arduino通过RS485总线进行通信，输出的信息包括方位角以及风速，经过与北斗定位安装朝向结合即可处理出准确的风速风向。

3.3.4.4 水质检测模块航标灯等

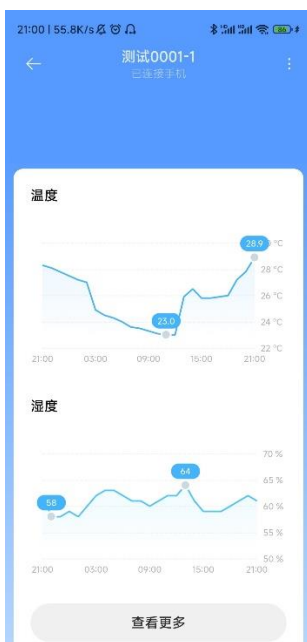


3.3.5 能耗计算

名称	功耗	合计值
切割磁感线发电	+6000*1	6000mah
太阳能板发电	+90000*6	540000mah
Arduino	-2851.2mah	-2851.2mah
5G通信模块	-(200*1mah+10*23mah)	-430mah
RTK	-70000*1mah	-70000mah
测绘雷达	-4000000*0.02mah	-80000mah
水质检测模块	-3.3*3*1mah	-10mah
合计结余		≈+300000mah

3.4 网站手机后端交互设计

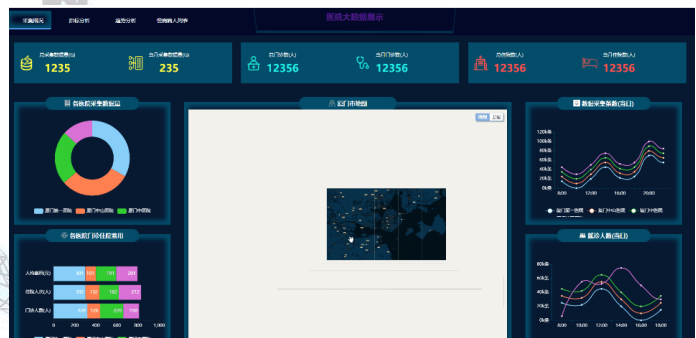
3.4.1 手机后端智能交互



良好的手机APP交互设计，免除亲临实地进行数据调研的烦恼，交互式手机后端数据查看，方便远程智慧智能管理。

3.4.2 网页可视化数据交互

可视化数据的网页导航，可以轻松通过地图访问各个检测点，获取实时情况。



四、创新点与推广

4.1 本品创新点：

1、能源新，本作品采用两种发电形式，因为内河航运船只行驶将涌起波浪，○1本作品分内外两个套筒，有涌浪是将做切割磁感线发电，○2其次本作品有柔性太阳能发电板提供能源

2、科技新，本作品将5G实时回传数据至岸端设备，可通过平板端，网站端、PC端进行查看，数据内容包括但不限于（水质、水温、咸度、船运量、航标灯是否需更换、能见度告警，不明船只侵入告警）。

3、设计新，○1本作品增加了船载雷达反射角，便于新航道行驶船只标定航路，避开障碍，○2同时本品可采用模块化设计，有多处镶嵌板可以进行例如搭载风速传感器，土木、机械检测设备搭载等诸多其他模块。

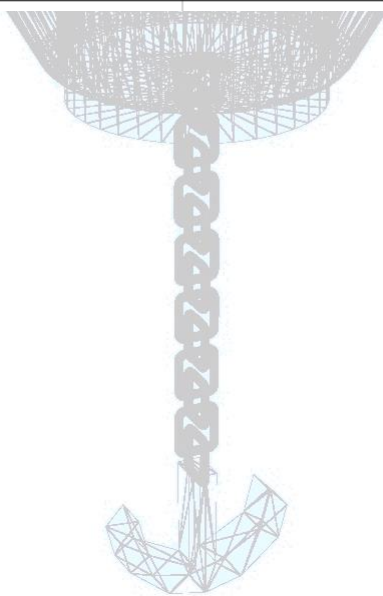
4.2 推广点

本作品积极响应平陆运河工程，平陆运河工程是习总书记视察广西时对我们的殷殷嘱托，是积极响应参与建设工程的实际成果体现，为科研院所平陆运河项目建设的持续追踪跟踪标定建模提供参考数据支持，以及平陆运河内河河道航运安全具有长远意义。平陆运河工程是广西融入共建“一带一路”、深入实施“向海而兴、向海图强”发展战略的具体实践，是构建国家综合立体交通网、促进西部大开发、实现水资源综合利用、推动可持续发展的战略工程，对高水平共建西部陆海新通道、服务构建新发展格局、构建中国—东盟命运共同体、推动广西及西南地区发展具有战略意义。

平陆运河，平是指平塘江，陆是指陆屋江，对于一处在旧有河道上连通的新运河新河道，其河道截面宽约150m高约10m，其古运河段下水底情况较为复杂，且河道两岸测绘资料不尽完善。然而，相较于现有京杭大运河，新建的平陆运河将有更大吨位船只通过，将有更繁忙的水上交通，并且最终将汇入海洋。因此对于河段的监测必不可少，智慧航标正当时。

五、零件清单及价目

零件清单		
名称	数量	价格
聚乙烯浮体	2	215
支撑警示柱	3	27
防水喷漆	3	66
反光胶布	3	60
双头螺柱	若干	
螺钉	若干	
螺母	若干	
Arduino 2560	1	80
降压模块	2	8
柔性太阳能板	1	250
太阳能控制器	1	20
胶体电池	10	400
5G通信模块	1	45.8
水质检测模块	1	27.5
温度风速风向检测仪	1	35
RTK	1	850
船用雷达 (按需选配)	1	7000
航标灯组件	1	36.5
继电器	3	33
保险管	1	8
雨水检测模块	1	5.2
结构构件	1	150
锚链 (按需配置)		
手柄吊耳	4	24.5
总价 (不包含雷达等其他配件)		2341.5



六、参考文献

参考文献:

- [1] 许娟, 廖铭胜, 郭婧等. 利用北斗传输的海洋观测航道浮标[J]. 珠江水运, 2021, No. 527(07): 88-91. DOI:10.14125/j.cnki.zjsy.2021.07.042.
- [2] 詹家涛. 疏浚航道灯浮标锚泊稳定计算的研究[J]. 珠江水运, 2022, No. 558(14): 102-104. DOI:10.14125/j.cnki.zjsy.2022.14.035.
- [3] 何瑞冠, 童扬武, 赵尹峰. 小型杆式灯浮标在西沙水域小船航道应用和推广[J]. 珠江水运, 2020, No. 513(17): 50-51. DOI:10.14125/j.cnki.zjsy.2020.17.020.
- [4] 李阳. 沿海航道灯浮标锚链长度配置探讨[J]. 福建交通科技, 2022, No. 193(04): 88-91.
- [5] 于炳亮, 侯广利, 汤永佐等. 用于水质监测浮标的水样自动采集控制系统设计[J]. 山东科学, 2012, 25(05): 53-57.

