



上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

海铃一期海洋工程介绍

汇报人：田新亮

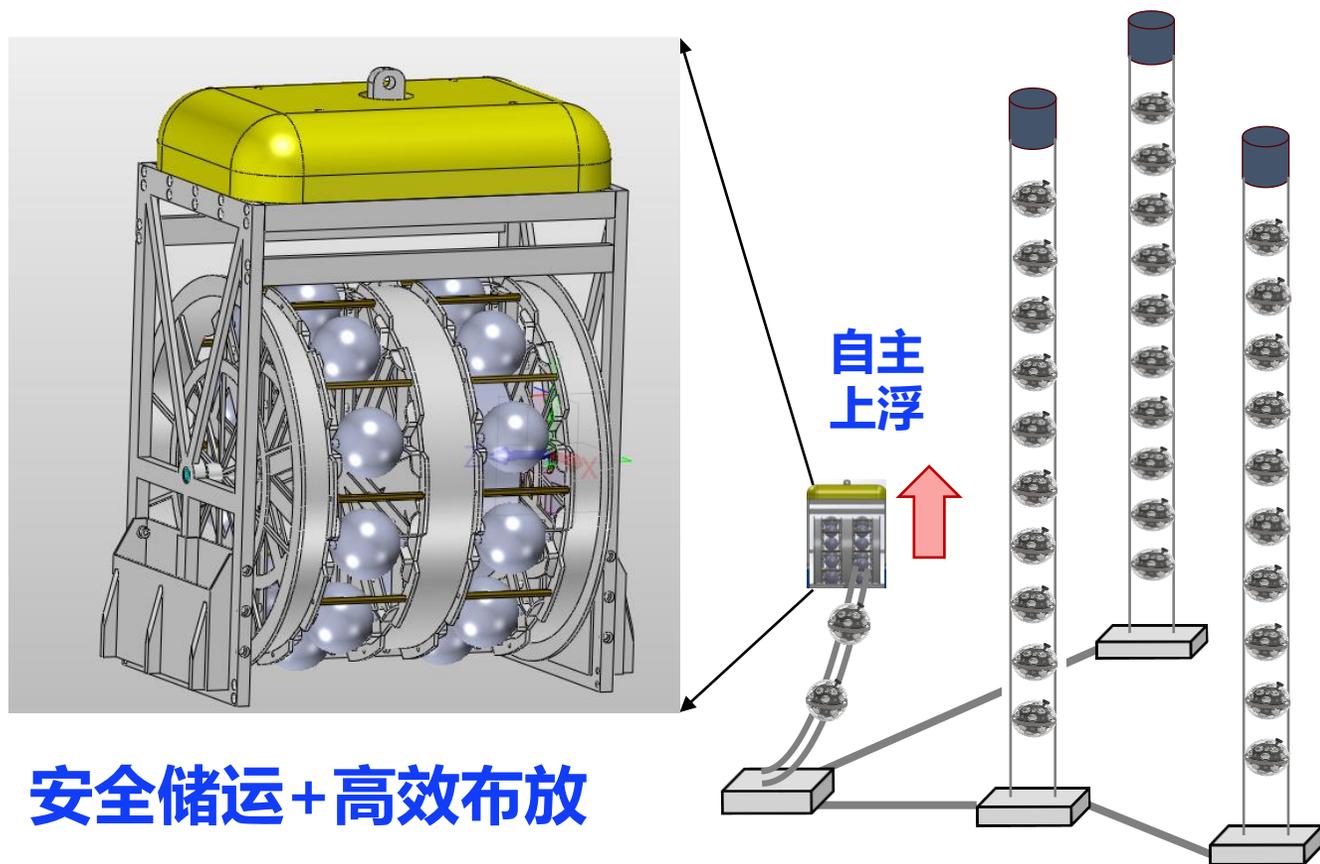
2023.11.30



- 一．项目工作界面
- 二．潜标系统研制
- 三．布放器研制**
- 四．海上地质调查
- 五．海上安装施工

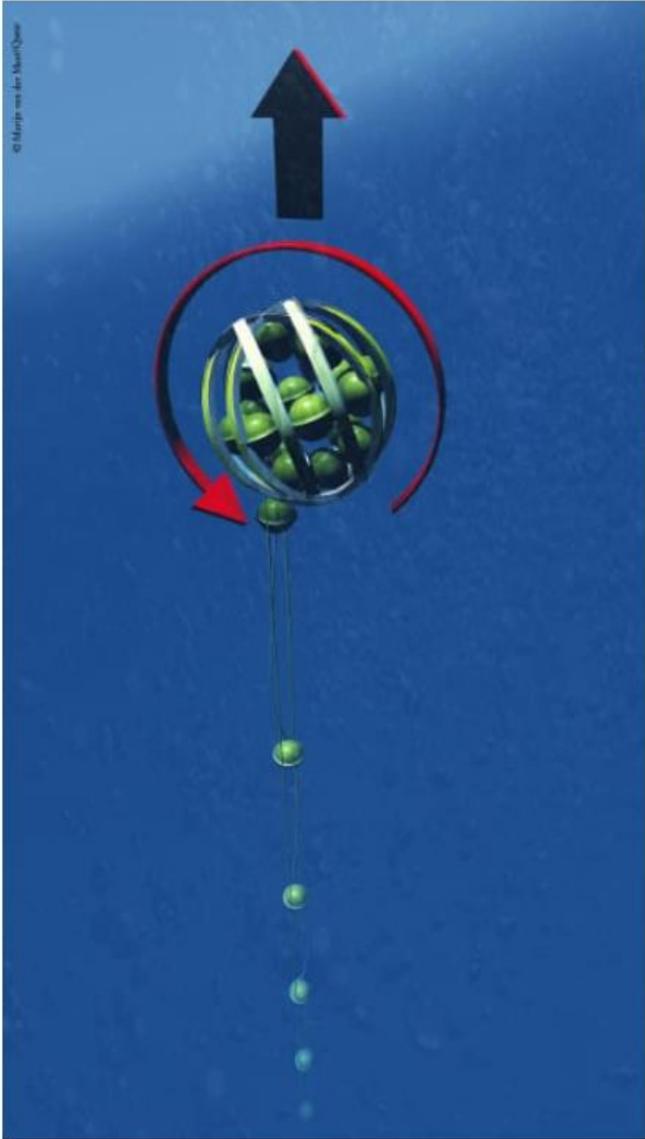
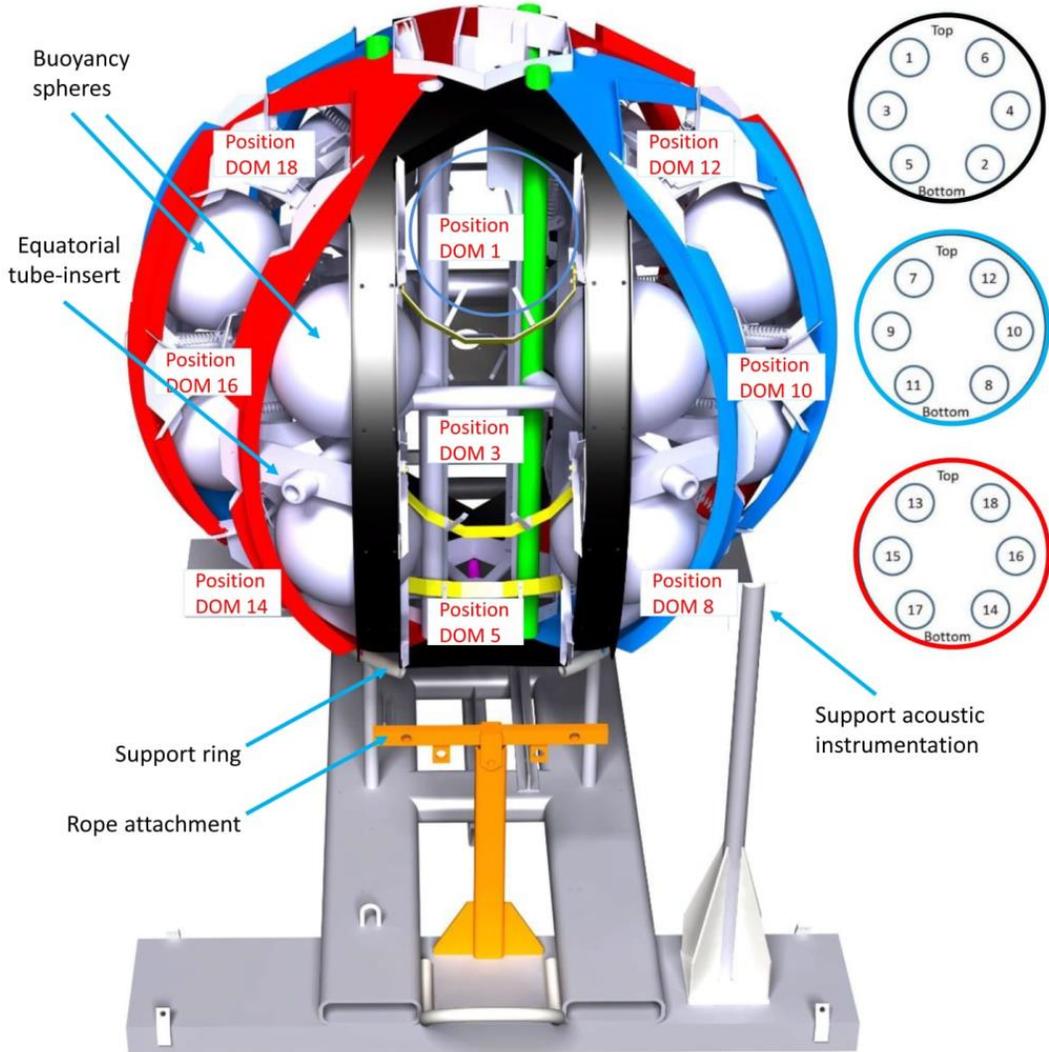
□ 潜标布放器是深水密集潜标阵列布放的关键，需要实现集成、测试、运输、布放的一体化。

- 实现海铃设计潜标的集成打包，避免线缆的干涉
- 在线测试/状态确认
- 模拟布放器自主上浮的动力学过程，得到上浮过程最大加速度等设计指标
- 与海上作业系统（支持船+ROV）的配合
- 实现重复利用



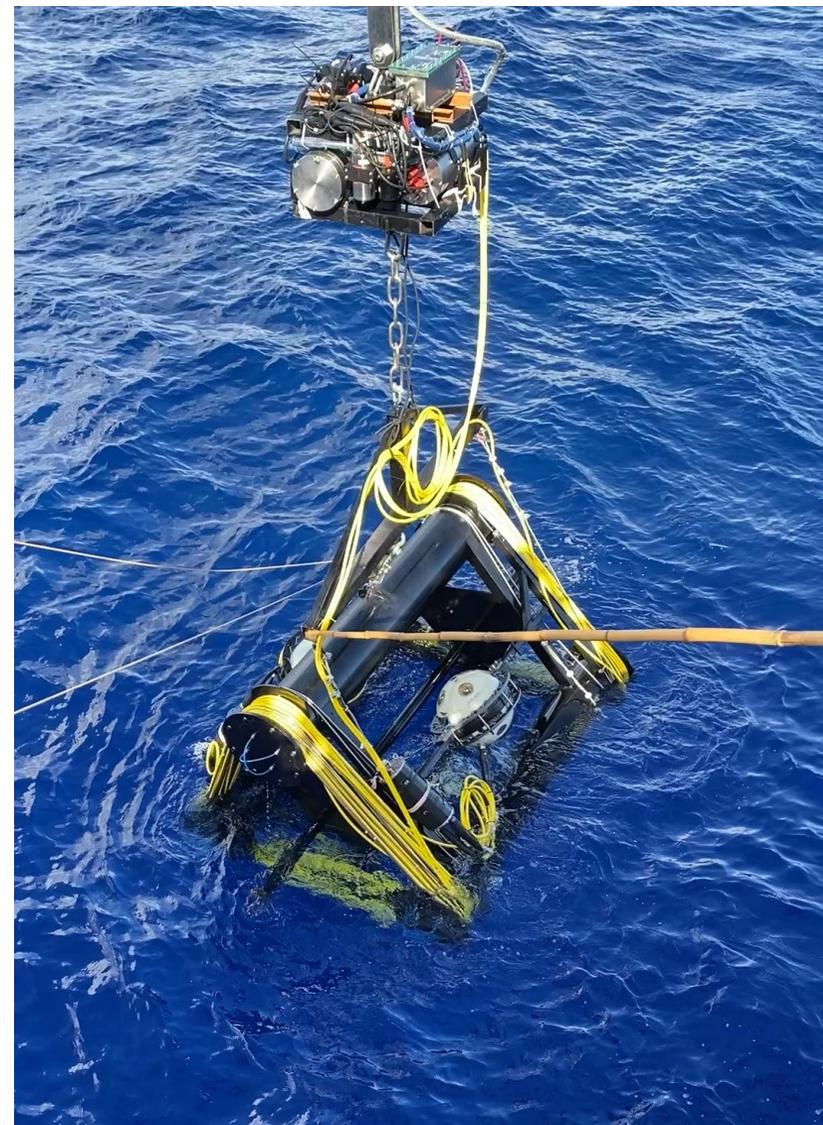
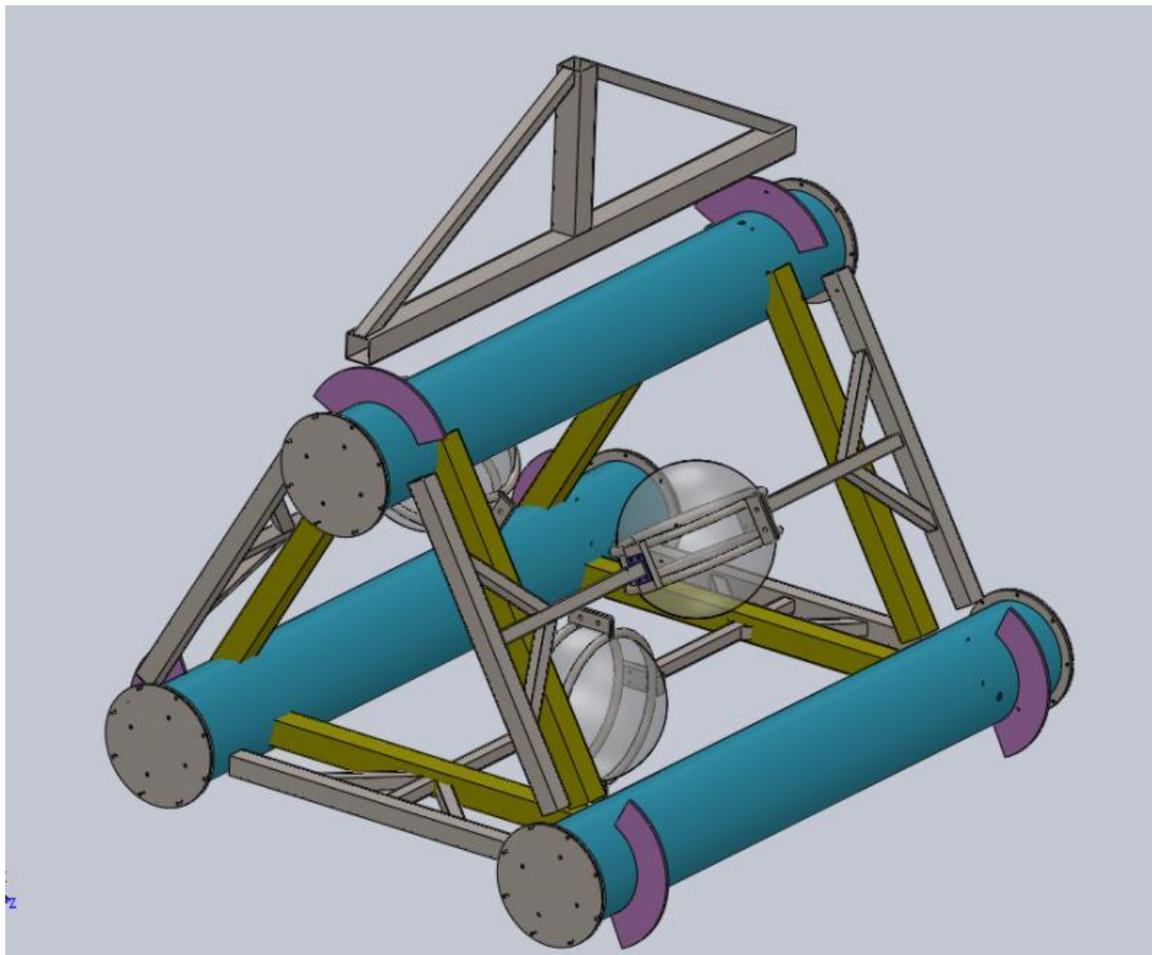
安全储运+高效布放

KM3NeT



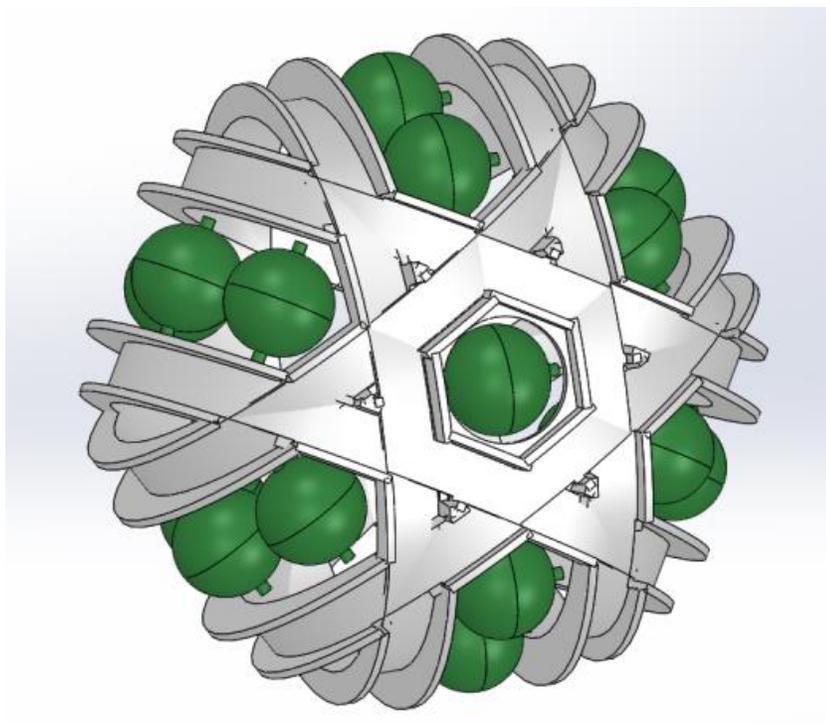


海铃探路者布放系统 (B)



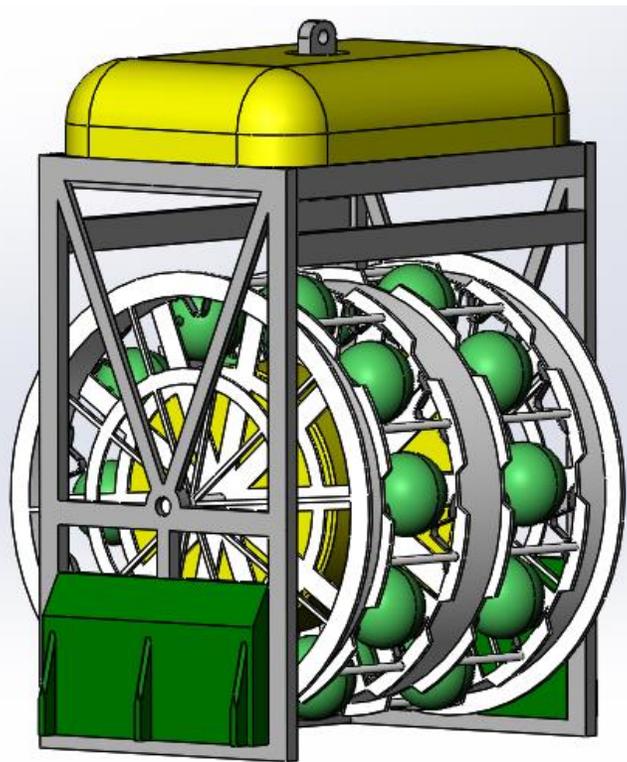
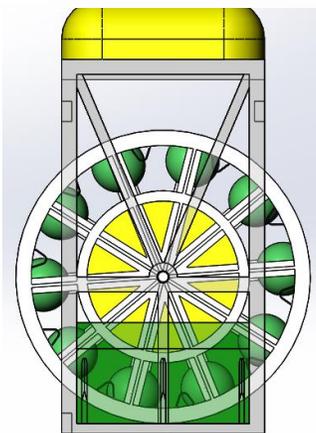
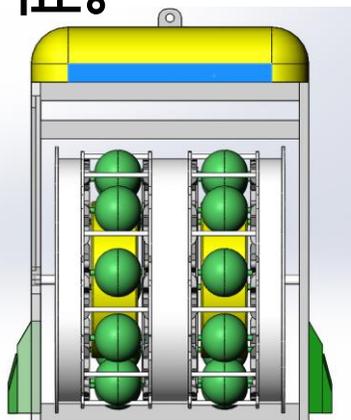
海铃一期布放系统研制进展

通过1:10模型，进行机械和几何特征模拟。发现线缆缠绕极为繁琐（海铃线缆比KM3NeT更粗），滚球方案拓展性差（难以满足20个球）。



海铃一期布放系统研制进展

新方案：可满足20个球（甚至更多）集成要求，且容易拓展，线缆收纳更有序，具备自主创新特征。



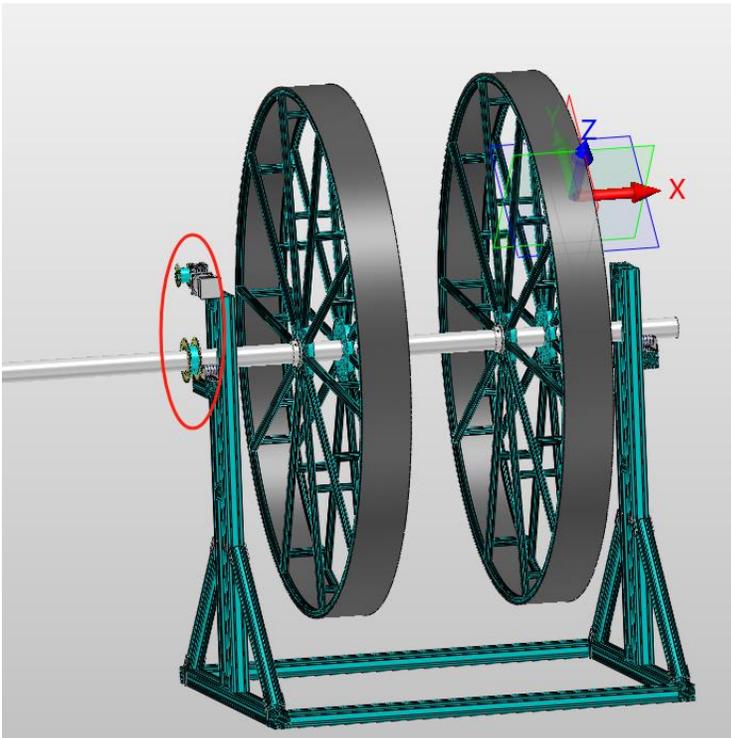
海铃一期布放系统研制进展

11



旋转机构（滚轮）：

- 1、滚轮与线缆的接触面为1cm厚的pvc材料；
- 2、滚轮设计外径262cm（260+顶部和底部pvc材料厚度），轮毂框架材料为铝合金；
- 3、缠绕后，主体外径264.26cm（按承力缆权重2/3（直径1.1cm），数据缆权重1/3（直径1.2cm）， $264.26=262+2\times 1.13$ ）；
- 4、海铃球间距35m，预留1米作为海铃球锁紧机构长度，两个海铃球之间缠绕4.1圈（ $34/2.6426/\pi=4.0954\approx 4.1$ 圈）；



线缆总长度计算（串列顶部两侧各有50m长的承力缆，底部两侧各有100m长的承力缆和“S”形缠绕的总长100m的数据缆）：

- 1、一串探测器的单侧承力缆长度： $35 \times 19 + 50 + 100 = 815\text{m}$ ；
- 2、一串探测器的单侧数据缆长度： $(35 \times 19 + 100) \div 2 = 382.5 \approx 400\text{m}$ （数据缆在球与球之间的连杆处有一定的缓冲长度，因此按400m估计）；
- 3、一串探测器的单侧总缠绕线缆长度： 1215m ($815 + 400 = 1215\text{m}$)；
- 4、一串探测器的两侧总缠绕线缆长度： 2500m
($815 \times 2 + 400 \times 2 = 2430 \approx 2500\text{m}$)；

海铃一期布放系统研制进展 (缠线)

将一串探测器分为上下两个部分，上半部分称为顶部 (20个海铃球有19段间距，顶部10个海铃球之间认为有 $19/2=9.5$ 段间距)

计算顶部10个海铃球所在的布放器轨道 (共有左、中、右三个轨道，每10个海铃球占2个轨道，中间轨道为共用轨道) 的一侧缠线误差：

$$50 \text{ (顶部一侧仅有50m承力缆)} + 9.5 \times 35 \times 1 \text{ (一侧承力缆)} + 9.5 \times 35 \times 0.5 \text{ (一侧数据缆)} = 548.75\text{m} \approx 549\text{m}$$

一侧线缆 (承力缆 + 数据缆) 需要绕线的圈数： (认为完成一次绕线动作就是一圈)

$$549 \div (2.6426 \times \pi) = 66.1289 \text{圈} \approx 66.13 \text{圈};$$

由于轨道具有一定的宽度，可以容纳多根线横向排列在同一曲面上 (铺满一次轨道认为缠满一层，下一次缠线要在该层上方进行)，因此如果单层可以容纳15根线缆的直径，那么一串探测器的顶部一半所含的线缆要缠绕的层数是绕线圈数66.13向上取到15的整数倍再除以15，共计 $75/15=5$ 层。

分别处于不同层的一根线缆长度为 (每加一层，圆直径就要增加 $1.13 \times 2 = 2.26\text{cm}$)：

第一层 (最内)： $2.6426 \times \pi = 8.3020$

第二层： $2.6652 \times \pi = 8.3730$

第三层： $2.6878 \times \pi = 8.4440$

第四层： $2.7104 \times \pi = 8.5150$

第五层 (最外)： $2.733 \times \pi = 8.5860$

因此，最外圈周长-最内圈周长 = $8.5860 - 8.3020 = 0.284\text{m}$

每两个海铃球之间的间距不等，越先释放的海铃球之间间距越小，如果认为每两个海铃球间的线缆都需要在轨道上绕4.1圈，那么顶部一半的10个海铃球中，两球之间最小间距与最大间距的差值为： $0.284 \times 4.1 = 1.1644\text{m}$

海铃一期布放系统研制进展（缠线）

将一串探测器分为上下两个部分，下半部分称为底部

计算底部10个海铃球所在的布放器轨道的一侧缠线误差：

100 （底部一侧有100m承力缆） + 0.5×100 （底部一侧有50m数据缆） + $9.5 \times 35 \times 1$ （一侧承力缆） + $9.5 \times 35 \times 0.5$ （一侧数据缆） = $648.75\text{m} \approx 649\text{m}$

一侧线缆（承力缆 + 数据缆）需要绕线的圈数：

$649 \div (2.6426 \times \pi) = 78.1742 \text{圈} \approx 78.17 \text{圈}$ ；

如果单层可以容纳15根线缆的直径，那么一串探测器的底部一半所含的线缆要缠绕的层数是绕线圈数78.17向上取到15的整数倍再除以15，共计 $90/15 = 6$ 层。

分别处于不同层的一根线缆长度为（每加一层，圆直径就要增加 $1.13 \times 2 = 2.26\text{cm}$ ）：

第一层（最内）： $2.6426 \times \pi = 8.3020$

第二层： $2.6652 \times \pi = 8.3730$

第三层： $2.6878 \times \pi = 8.4440$

第四层： $2.7104 \times \pi = 8.5150$

第五层： $2.733 \times \pi = 8.5860$

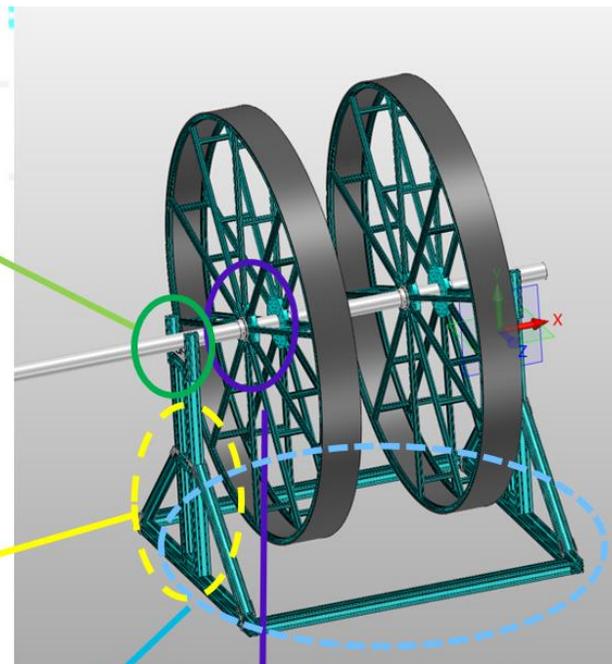
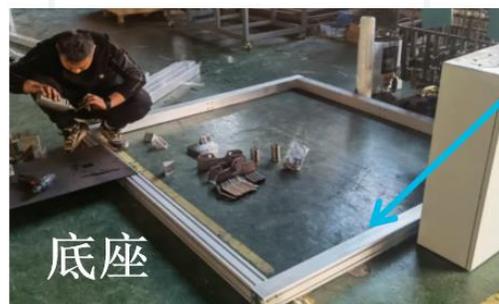
第六层（最外）： $2.7556 \times \pi = 8.6570$

因此，最外圈周长-最内圈周长 = $8.6570 - 8.3020 = 0.355\text{m}$

每两个海铃球之间的间距不等，越先释放的海铃球之间间距越小，如果认为每两个海铃球间的线缆都需要在轨道上绕4.1圈，那么底部一半的10个海铃球中，两球之间最小间距与最大间距的差值为： $0.355 \times 4.1 = 1.4555\text{m}$

海铃一期布放系统研制进展

布放器模型与零件实物



优化设计：

- 1、布放器侧面增加电动机（可正反转并有断电保持功能）；
- 2、增加布放器框架的整体高度，避免海铃球与地面接触碰撞的风险；
- 3、大滚球旋转时海铃球与框架之间的相对高度可调，目前正在测试最佳高度；

海铃一期布放系统研制进展（加工进度）

18

1: 4布放器模型:

- 1、20套用于湖试的抱箍加工完成;
- 2、1000米直径2.5mm的线缆已采购到位;
- 3、将海铃球侧面固定块由圆形改成方形, 保证海铃球不会旋转, 更好地保护线缆;

下一步计划:

- 1、加工20套定位块;
- 2、加工20套连杆机构;
- 3、确定数据缆和承力缆的固定机构和固定方式;

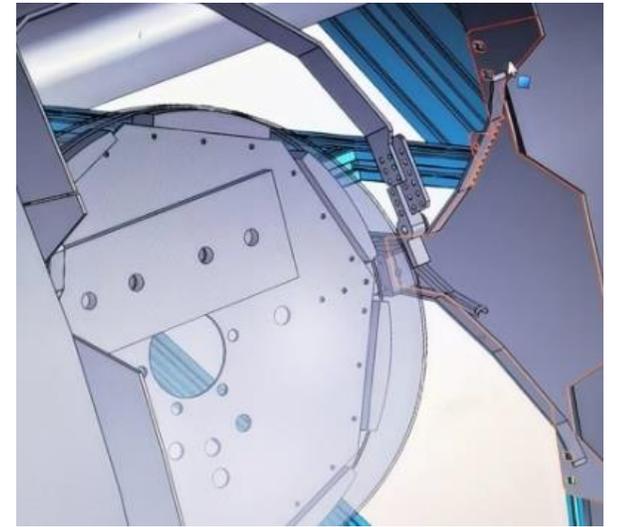
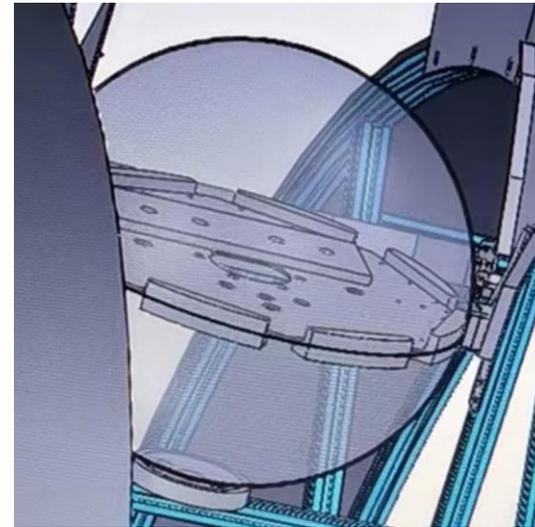


1: 1布放器:

- 1、主体框架完成安装;
- 2、旋转电机支架和链条、链轮加工完成;
- 3、电机采购到位;

下一步计划:

- 1、对支架进行侧向加固;
- 2、完成电机接线;
- 3、完成绕线圆弧机构的加工以及安装;
- 4、加工配重块,使模型重量与实际海铃球重量相当;
- 5、加工抱箍仿真机构,让金属球可以固定承力缆;
- 6、加工海铃球侧面抱紧机构,使仿真海铃球能够固定在架子上



1: 1布放器:

重点需要确定的内容:

- 1、测试用的线缆直径？（目前数据缆直径1.2厘米，截面积约为KM3NeT的2.25倍，会给实际缠线带来很大困难）；
- 2、浮体的体积为1立方米，如果浮力全部由顶部浮体提供，那么整体需要提供的浮力大约为500kg。应当怎样设计浮体的形状、放置位置以及释放方式？（一串探测器包含的线缆质量约为400kg）

谢谢!

