

关于海洋钻井平台

半潜式的系统，总的来说，平台的系统有点和普通的船舶相似，它们是：

- 1, 压载系统, ballast system
- 2, 消防系统, fire system ,包含 fire water system , water mist system , deluge system, foam system, co2 extinguishsystem, water spray system 按照每个平台基本设计不同, 会有其中的几个。
- 3, 舱底水系统, bilge system
- 4, 海水冷却系统, sea water cooling system
- 5, 淡水冷却系统, fresh water cooling system
- 6, 燃油系统, fuel oil system
- 7, 润滑油系统, lub oil system
- 8, 主机排烟系统, exhaust system
- 9, 废油系统, waste oil and sludge system
- 10, 透气溢流系统, vent and overflow system
- 11, 测深系统, sounding system 包含 manual sounding system 或者 remote sounding system
- 12, 启动空气系统, starting air system
- 13, 平台空气系统, rig air system
- 14, 仪表与控制空气系统, instrument air system
- 15, 饮用水系统, potable system
- 16, 生活水排放系统, sanitary discharge system
- 17, 生活水供给系统, sanitary supply system
- 18, 盐水系统, brine system
- 19, 钻井水液系统, drill water system
- 20, 钻井基油系统, base oil system
- 21, 泥浆供给系统, mud supply system
- 22, 高压泥浆排出系统, mud discharge system
- 23, 泥浆处理系统, mud process system
- 24, 泥浆真空系统, mud vacuum system
- 25, 井口控制系统, subsea control system
- 26, 分流器, 高压管系系统, hp manifold and diverter system
- 27, 灌井系统, trip tank system
- 28, 除气系统, mud gas separator system
- 29, 测井系统, well test system
- 30, 隔水套管张紧系统, riser tensioner system
- 31, 液压系统, hydraulic system
- 32, 泥浆混合系统, mud mixing system
- 33, 散货系统, 包含 bulk cement system 以及 bulk mud system
- 34, 高压冲洗系统, high pressure washing down system
- 35, 甲板泄水系统, deck drain system
- 36, 快关阀系统, quick closing valve system
- 37, 切屑处理系统, cutting handling system
- 38, 直升机加油系统, helicopter refueling system
- 39, 排舷外系统, overboard discharge system
- 40, 刹车冷却系统, brake cooling system
- 41, 呼吸空气系统, breath air system
- 42, 推进器系统, 包含 thruster hydraulic oil and lub oil system
- 43, 泥坑冲洗系统, mud pit washing system

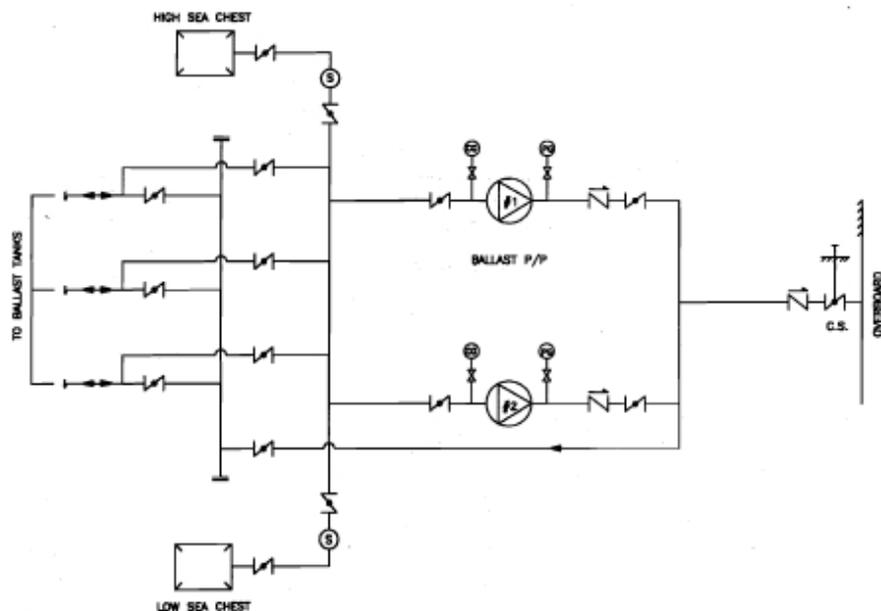
1、 压载系统

它的作用就是使平台能够相对自由的吃水，保持在深海中的稳性。简单地来说，就是用泵把船舷外的海水抽到平台里面专门存海水的舱（压载舱）里面去，而且反向也能够把海水从舱里抽出来排到海里去。这个系统的大致的原理就是这样的。

压载系统包含：

- 1， 海底门， seachest ， 一个专用的从舷外抽水的地方（钢结构的哦）， 在平台的最低层。
- 2， 压载泵， ballast pump, 离心泵， 至少要两台。
- 3， 管路和附件， piping and fittings。
- 4， 压载舱 ballast tank 装海水的舱室， 现在的船舶设计中都会把压载舱放在平台的最外面， 并且分成一个一个独立的小舱。即使一旦有以外发生的话， 就算一个舱破了的话， 海水涌进来淹掉了， 也不至于所有的舱都进水。泰坦尼克号我记得似乎是 6 个舱同时进水， 整条船也不会沉没。一样的道理。

以下就是它的简略的原理图：



怎么来选择压载泵的排量和压头呢？

首先我们得确定我们的压载舱总的容积有多大。然后根据要求，我们得确定在多少时间内能够把这些压载舱充满海水。

很显然 $\text{排量} \times \text{时间} = \text{容积}$ ，所以 $\text{排量} = \text{容积} / \text{时间}$

通常来说，我们生活在大气压中，初中我们就知道一个大气压可以支持 760mm 得汞柱，当然换算成水的话，大概有 10 米的水柱。

我们的压载舱的高度，就能够决定我们压载泵的压头，如果压头是 5bar，也就是说可以支持 50m 的水柱，泵可以把水送到 50 米高的地方。注：一个大气压就是 1bar 。

这样我们很容易地确定了泵的参数了，

管路呢？管路的尺寸，可以由它里面的海水的流速来确定。

泵排量=管的横截面级 \times 流速,海水在管路中的流水不能太高，海水本身具有腐蚀性，流速高的话很容易造成管路的腐蚀。为了避免海水管的腐蚀，玻璃钢管广泛应用在压载系统中。

2、 消防系统

和陆地上一样，平台上也会着火，一旦失火，不管是对于船舶，还是钻井平台都是一件很严重的事故。它可以直接导致平台的沉没。所以消防系统是平台上面一个关于安全方面的系统。Fire fighting system.各大船级社对消防系统都有比较明确的规定。

首先来谈谈它的组成，包含：

1， 消防泵，其实也是大排量的离心泵，至少两台。

2， 管路和附件，这个就不说了。

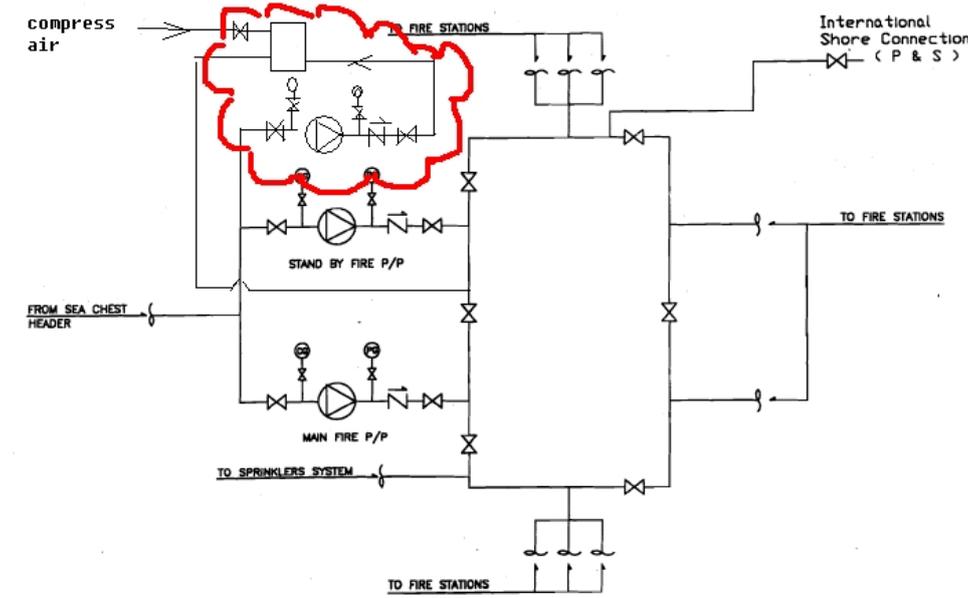
3， 保压泵， jockey pump， 为什么要有这样一个泵？大家都知道的，就算是在陆地上，你可以看看你办公大楼上的一些消防栓，它们平常是不用的。除非是在失火的情况下才用。那么现在产生了一个问题，一旦失火的时候，我们的消防栓的水龙头里面必须立刻有水出来。这就意味着在消防栓里面要保持一定的压力。但是我们知道液体的可压缩性微乎其微，同时系统又是一个封闭的系统。所以这里就用到了一个小排量的保压泵。它的作用就是在平时的状态下保持系统中有一定的压力。可能有人会问，为什么不直接用大排量的消防泵。呵呵，那就有点大马拉小车了，泵可能启动不到一秒，就会在管路压力监测控制系统的作用下停下来。

4， 消防压力柜， Hydrophore tank， 有些系统设计里面可能没有，它就是一个小瓶子，里面装一半液体，当然是海水咯，一半是压缩空气。这样的一个瓶子就象喝了一半的雪碧瓶子一样，加入在瓶子的下面开一个洞的话，水自然会自动排出来。瓶子里的压力其实就是由里面的压缩空气决定的。很显然，保压泵就是往消防压力柜补水的，

5， 应急消防泵，很多情况下不是电动泵，而是柴油动力的。

6， 消防栓以及水龙带。 hydrant and hose . 又叫 fire station。显然这些消防栓象大树的树枝连着树干一样连着消防总管，阀门一打开，水就可以留出来了。水龙带，一般人很清楚，白色的卷在一起的软管，它的一段是喷枪，一段是和消防栓相连的接头。在平台上它们至少是有 10 米长的哦。

7， 国际通岸接头 international shore connection 平台可以在靠港时候接岸上的消防水。下面是它的一个简单的原理图：红色的部分就是保压泵和压力柜。



对于消防系统各船级社有明确的规定，在任何一个消防栓中至少要有 3.5bar 的压力。在直升机平台上要保证 7bar 的压力。所以消防泵的压头 $H=3.5 + \text{最高的消防栓距离压载水线的距离 } \Delta H + 7$ (bar)

至于排量，该如何计算？

ABS 规范中，是这样描述的，消防泵的总排量不小于舱底水泵总排量的 4/3，也就是 $Q=4*Q1/3$
When $Q = \text{total fire water pump capacity}$

$Q1 = \text{total Bilge pump calculated capacity}$ 舱底水泵的排量计算在各规范中有规定，以后谈。

3、 舱底水系统

呵呵，为什么需要这个系统？如果问这个问题的话，我们看看自己的家里，看看自己家里的厨房和卫生间的地板。你会发现在它们上面会开有几个泄水口。它们的作用就是为了排出地面上的积水。

平台和普通的家庭住房有点不同，在机械处所的泄水可能会含有油的污水。在生活处所的泄水和普通家庭倒有些相似的地方。这个以后会谈。

通过上面的阐述，我们对舱底水有了一个大致印象。

现在定义这个系统的作用，舱底水系统 bilge system 就是为了排出各个舱室的含油污水，把这些污水收集在一个独立舱室中，然后通过处理后，使得污水里面的含油量极少后，然后排到大海里面去，或者排放到平台的服务船上去。以此来避免海洋环境的污染。或者说是减少对海洋的污染。这个系统包含：

- 1，泄水口，scupper，和我们家里面地板上的差不多。
- 2，污水井，bilge well，是一个在甲板下面小盒子，别忘了它也是钢做的哦，容积很小，0.5m3左右。不是每个舱室都有污水井，通常在机舱 engine room，泵舱 pump room，推进器舱 thruster room 这些重要的，最容易产生污水的地方才有。污水井里面会有泥箱 mud box 相当于一个过滤器啦，因为污水里面可能含油泥。还有一个自闭阀 self-closing valve。为了是使各个舱能够分隔开来。
- 3，舱底水泵，bilge pump，作用是通过管路把污水井里面的污水抽到一个专门存放污水的舱室 bilge holding tank，或者在紧急的情况下直接排放到海里去（比如舱破了，进海水了）。
- 4，舱底水存储舱，bilge holding tank。
- 5，油水分离器，bilge water separator 也叫 oily water separator。它就是处理含有污水的设备，通过重力，或者吸附，或者过滤或者离心力等物理或者化学的方式净化污水，使得它里面的含油量小于 15ppm，才能直接排到海里去。否则不能排放，或者重新回到舱底水存储舱等待再一次处理。这是国际海事组织，marpol 公约里的要求哦。（防止海洋污染的公约）
- 6，舱底水驳运泵 bilge transfer pump，如果舱底水存储舱里面的含油污水的含油量很高的话，或者说几乎全部是油的话，通过这个泵直接抽到废油舱 waster oil and sludge tank 里面去。
- 7，管路和附件，这个有点讲究。管路的直径在各个船级社有要求的，至少 2"，也就是 DN50。为的是尽快的排出积水。然后这个系统的管子还不是水平的，是有一定斜度的，为的是能够通过重力就能使污水排出。斜度 slope 一般是 1: 50。舱底水系统是平台上的一个关系安全的关键系统。因为一旦发生碰撞，加入一个舱进水的话，我们希望能够很快把水排出去，争取时间可以堵漏。所以这个系统的管路的管子厚度要厚一个等级，sch80 或者 xs。呵呵，估计有点专业了，这个是美国材料协会和美国石油协会把管子能够承受的压力通过换算得出来值（显然和管子厚度有关了）分出来的等级。自然是等级越高，管子越厚。

下面是这个系统的原理图：

在聊聊舱底水泵：至少要 2 台

它们是离心泵，它的排量在船级社中有明确的规定，

请看abs的规定:

呵呵，至于压头，很容易解决，和泵的位置和舱底水存储舱的位置有关。自己想~.....

不好意思，在上篇的阐述中关于舱底水泵的类型有点出入， **bilge pump** 需要有一定的自吸能力，不一定是离心泵，还可以是螺杆泵，气动隔膜泵，往复泵.....

4、 海水冷却系统

在我们的平台上，很多机械在运行的时候都会产生大量的热量。比如柴油机，它燃烧柴油推动活塞做功，通过曲轴把能量传递出去。在这个过程中，摩擦，燃烧产生的热量都会使金属产生疲劳，或者会使机械的过热保护装置启动，使机械停止下来。上面仅仅是一个例子，平台上有很多机械设备需要冷却。比如液压单元，发电机组，变频器，空气压缩机，高压泥浆泵，绞车，推进器刹车片，推进器液压单元等。

在海上最容易得到的冷却介质就是海水，成本几乎是零。

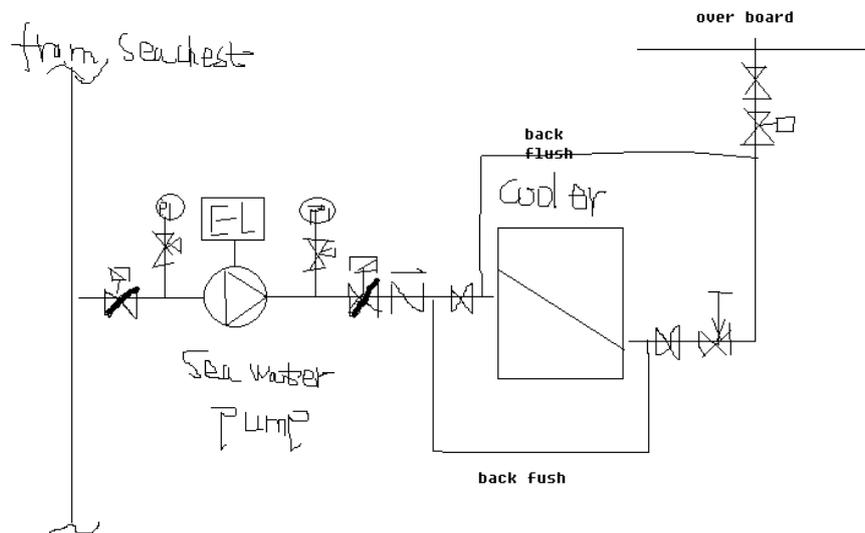
海水冷却系统的作用就是，利用海水作为冷却介质进行热交换，保证我们的系统和设备在一个正常的，稳定的工况下工作。

忘了说明一点，海水是有腐蚀性的，让它直接接触去冷却设备的话，就很容易造成机械的腐蚀。

在现代的平台，包括船舶设计中，中央集中冷却系统，应用的最广。这个系统包括：

- 1，海水冷却泵，大排量的离心泵。
- 2，管路和附件，HDG 热浸镀锌的钢管。
- 3，热交换器，**cooler**，有板式和管式的两种，冷却效果板式的比较好一点，所以用的要多。说明一下，冷却器是个什么东东，打个比方，把一杯装满开水的杯子放到冷水里面，一段时间以后，杯子里的水温会下降，外面的水温度会升高。只不过热交换器里面一边通过的是低温的海水，另一边通过的是相对高温的淡水，大家把温度平均一下。呵呵，就这么简单。

海水冷却系统的原理图：



再来谈谈计算：

我们得知道整个平台需要利用淡水冷却的设备的总的功率和流量。如果分几个冷却系统的话，那么要确定这个系统需要淡水冷却的设备的总的功率和流量。

$$Q \cdot T = q_1 \cdot t_1 + q_2 \cdot t_2 + q_3 \cdot t_3 + q_4 \cdot t_4 + q_5 \cdot t_5 + \dots ;$$

$$P = m \cdot c \cdot dt ;$$

$$\text{而 } P = Q \cdot 1000 \cdot 4.2 \cdot dt / 3600 \text{ (KW)}$$

where:

t = Temperature, c0

dt = Temperature difference

P = Power ,kw

Q = Flow capacity ,m3/h

c = Specific Heat Capacity ,J/kg K

m = Mass ,kg

相加出来的总的流量就是淡水冷却泵的流量，相加出来的总的功率淡水冷却泵的总的功率，最后通过功率平衡这个桥梁，利用 $P = Q \cdot 1000 \cdot 4.2 \cdot dt / 3600$ 这个公式，就可以计算出海水冷却泵的流量。

压头由淡水系统的设计压力决定，海水冷却系统的压力要比淡水冷却系统低。为什么会这样呢，可以想象的到，一旦冷却器破损了，可以允许淡水漏到海水系统里面去，但是不允许海水漏到淡水里面去，以免造成整个淡水系统的损坏和污染。

5、淡水冷却系统

在海水冷却系统中，忘了具体说明了。在整个中央集中冷却系统中，其实就是海水冷却淡水，冷却后的淡水再去冷却机械设备。

与海水冷却系统不同的是，淡水冷却系统是一个闭式循环系统。在海上，海水几乎是取之不尽，用之不竭。从海里抽上来，用完之后直接排放到海里去了。但是淡水不同，淡水在海上来说是比较珍贵的。而用于冷却系统的淡水通常是经过处理的软水，而且还会在里面放入很多添加剂，避免水中的离子析出，或者抗起泡等避免设备的穴蚀。

淡水冷却系统，特别是对发电机组而言，它会分高温淡水冷却系统和低温淡水冷却系统。

我现在简单阐述一下，淡水在整个发电机组走过的路径。

首先，在上一节提到的冷却器，cooler，淡水在这里和海水发生热交换，出来的温度下降了淡水，在淡水循环泵的作用下循环起来，它首先进入低温冷却部分。它会进入到燃油冷却器，发电机冷却器，空气增压器冷却器，润滑油冷却器，出来的淡水温度已经比较高了。接下来它就进入了高温冷却部分。汽缸的缸套，喷油器组，原动机的预热系统等。

淡水系统包含：

- 1，淡水循环泵，对于发电机组而言不一定是独立的哦，也有设备本身就带的。
- 2，冷却器，包括主冷却器，冷却整个淡水系统的。和设备本身带有的各种冷却器，局部冷却某个部分。
- 3，三通阀，用来设定，通过调节回冷却器的温度升高了的淡水量，和刚出主冷却器的低温淡水量，混合后来调节主冷却器淡水出口温度。以适应设备要求。

- 4, 管路和附件, 与海水冷却系统不同的是, 管路是黑管, 也就是普通的无缝钢管。很多人纳闷为什么不用热浸镀锌钢管的原因在前面已经说明了。镀锌层会影响添加剂的作用。
- 5, 添加剂桶, 用于在系统中加药, 改善水质。
- 6, 膨胀水箱, **expansion tank**, 一个钢制的小柜子, 对于水而言, 都有热胀冷缩的效应, 如果在一个完全封闭的空间受热的话, 膨胀力可能造成这个管路系统的破裂。另外, 膨胀水箱也是整个系统补水的地方, 以弥补蒸发, 破损等原因造成的冷却淡水的损失。膨胀水箱的容积如何计算呢, 首先我们得计算出这个系统管路通道的容积, 在乘以在两个温度之间的水的膨胀系数。就可以得到水的膨胀容积。最后乘以一个系数, 就可以计算出膨胀水箱的容积。在它的安装的空间位置上是一定要求的, 在设备的说明书上会有要求。同时包括整个淡水系统的压力, 也会在设备的说明书上有要求。这对于我们的设计减轻了很多工作。

相对发电机组的淡水冷却系统, 其他设备的冷却系统要简单的很多。就不再阐述了。有不清楚的朋友, 可以留言。

6、 燃油系统, **fuel oil system**

在船舶和平台上, 我们通常所说的燃油 **MDO** 是指船用柴油。 **marine diesel oil**, 和陆地上的普通的柴油不太一样, 主要是它的分子链相对要长一点。呵呵, 就是说, 油品要差一点。平台上基本不会有主机直接作为动力推动系统, 带着螺旋桨进行航行的。它们是用来发电的。船舶上的用于传动螺旋桨的主机烧的柴油一般油品是很差的, 常说的 **380** 柴油, 粘度很高, 需要加热后才具有良好的流动性。而船舶上作为发电的柴油机烧的是 **180** 柴油, 粘度相对要低很多。

现在详细了解一下平台的燃油系统,

首先, 可以想象的到, 在我们的平台上必须要有几个大容积的舱来装足够柴油机燃烧的柴油。我们叫它们燃油储存舱, **MDO Storage Tank**, 这一点和一般的船舶相似。请注意, 这些舱仅仅是用来储存柴油的, 是船体结构的一部分。

那么当我们要用这些油的时候, 我们就必须得有泵把油抽出来, 所以在这里我们就用到了柴油驳运泵 **fuel oil transfer pump**。齿轮泵或者螺杆泵。

柴油机需要有一个油箱, 这些油需要直接提供给柴油机燃烧。和我们大家经常见到的汽车一样。不同的是, 这个油箱容积是很大的, 它的名字叫燃油日用柜 **fuel oil service tank** 或者 **fuel oil day tank**, 正如它的名字, 就是直接供油给柴油机燃烧的柴油储存柜。它的容积在船级社规范里面有具体的要求。后面再讲。

平台上的发电机 **gensets**, 的功率通常很大, 每台在 **5000KW** 左右。总功率是按照全平台设备的功率之和来计算的。基本上在 **4** 台以上。当然他们的耗油量也会很大。一般来说, 一台主机的耗油量在 **185~210** 克每千瓦小时。我们取中间值 **200g/kwh**。那么一台 **5000KW** 的主机 **8** 个小时的耗油量就是 $200 \times 5000 \times 8 / 1000 = 8000 \text{kg} = 8 \text{t}$, 如果是 **4** 台主机同时工作的话, 那么 **8** 个小时的耗油量就是 $8 \times 4 = 32$ 吨。每天的耗油量就是 $32 \times 3 = 96$ 吨。

再来说说燃油日用柜的容积, 规范要求是至少能提供主机 **8** 个小时的供油量。很显然, 知道了燃油的比重是很容易计算出来的。

还有一个油箱, 它的名字叫燃油沉淀柜, **fuel oil setting tank**, 油中或多或少含有水分和一些石蜡之类的比重较大的物质, 燃油在这个舱里可以慢慢沉淀这些物质, 并且通过专门的泄放管线放到污油舱里面去, 等待日后送岸处理。它的容积是日用柜的 **1.5** 倍哦, 大一点。也是因为它的净化作用。

燃油可以通过重力的方式进入主机的喷油嘴, 在高压下高速进入汽缸, 发火燃烧。多余的油返回管线或则油舱。这个是最简单的方式。

下面谈谈燃油的净化，上面已经讲了燃油沉淀柜的净化功能。其实还有一个重要的设备分油机，**fuel oil separator**。它的结构很特殊，里面有很多碟片，一层接一层的。在高速的旋转下，离心力把不同比重的物质分离开来。我们可以调节比重环来分离不同比重的燃油，具体的设备形式参考专业书籍。分离出来的油渣被排到分油机下面的油渣柜里去了。分油机不停的从沉淀柜抽出燃油，排入日用柜，过多的燃油会溢流到沉淀柜中，这就是为什么沉淀柜要大一点的原因。

7、 润滑油系统 **Lub. oil sytem.**

首先申明，我这里所讲的是主机的润滑油系统，也就是发电柴油机的润滑油系统，并且仅仅是它外部的润滑油系统。

运动部件之间的摩擦产生的高温足以使得金属熔化，而发生粘连，抱死。润滑油在两个运动部件之间形成一层油膜，依靠分子张力，承受它们之间的压力，避免了运动部件间的直接接触，减少摩擦。

对于主机来讲，连杆与曲轴，缸套与活塞，曲轴与轴承，气阀与阀体，增压器轴承等运动部件的摩擦都要需要润滑油。主机的说明书会有很详细的介绍，大家可以参考相关的资料。

下面来介绍外部的润滑油系统，也就是润滑油的存储，驳运，净化等过程。

此系统包括：

- 1， 润滑油存储舱， **Lub. oil storage tank**
- 2， 润滑油驳运泵， **Lub. oil transfer pump** ， 相信我，不会少于 2 台。
- 3， 润滑油分油机 **Lub. oil separator**
- 4， 主机油底壳 **Main engine sump** 主机本身带的一个存储润滑油的地方，就是曲轴箱的底部了，曲拐在里面转动，可以部分浸到润滑油里，使得油溅起来，润滑到曲轴连杆部分；并且润滑油可以通过曲轴，轴瓦和连杆上的小孔通道润滑活塞与连杆的连接部分。当然，主机本身就带有一个润滑泵，它随着主机工作一起转动，把润滑油从油底壳抽出来，润滑主机的运动部件。
- 5， 润滑油预润滑泵 **Lub. oil priming pump** 。我们知道当主机停止工作后，它本身的润滑油系统也停止了工作，因为机带泵随主机停止了转动。当主机需要再次起动的时候，主机的润滑油压力基本上为零，所以需要有一个泵让它先润滑起来，否则干摩擦是很容易造成拉缸等事故。
- 6， 润滑油应急预润滑泵， **Lub. oil emergency priming pump** .和上面的一样，只不过是应急的时候用的，因为平台上必须保证每时每刻都要有电，绝大多数泵都是用电的。而主机又是发电设备，万一最严重的时候发生的时候，应急泵就发挥作用了，因为它不是电动的，是气动的。
- 7， 润滑油冷却器 **Lub. oil cooler** ,很显然，自然是冷却高温的润滑油，温度过高的润滑油，黏度很底，不容易形成油膜。

再谈原理：分三种过程；

a， 加油--对于平常给主机加润滑油来讲就很简单了，润滑油通过驳运泵抽到主机油底壳达到一定的高度就了事。

b， 净化油--通过泵把润滑油从油底壳抽到分油机里面，除去水分，氧化物质，排回油底壳。

c， 换油--通过泵把润滑油从油底壳抽到污油舱里。图以后再画。

8、 主机排烟系统 engine exhaust system

很简单的一个系统，无非是主机的排烟的通道而已。一般的汽车也有它的排烟管，很明显在汽车的尾部，淡淡的烟气在汽车行驶的过程中排到了空气中。欧 IV 还是欧 V？

平台上的主机的排烟系统肯定达不到这个排放标准，因为燃烧的油品和设计的重点和我们常见的小汽车是不一样的。

首先，讲一下排气管的组成：

- 一段钢管，SCH10；
- 膨胀接头；
- 排烟管支架 support ；
- 消声器 ；
- 火焰熄灭器；
- 集油管。

对于这个系统来说，其实最重要的是排烟管的布置，高温的燃气通过金属造成的热胀冷缩能否合理的被吸收。这个在实践中才能慢慢体会。

9、 废油系统,waste oil and sludge system

在前面的几篇短文中我们已经提到废油系统，它的作用就是存贮燃油系统，润滑油系统，液压油系统中泄漏或者排除的废油。日后输送到平台服务船来上，送岸处理。防止海洋污染。

系统的组成：

1， 废油存储舱，结构舱，容积按照平台服务船服务间隔时间来计算，50 天，60 天不等。按照 MAPORL 公约的要求，它的容积的计算公式是

$V=1\% \times$ 主机的总耗油量，（可能不太正确，手头上没有资料。详情请参考公约）

2， 废油驳运泵，

3， 管路，普通碳钢管 sCh40 从各个燃油泄漏或者泻放地方或者通过重力，或者通过泵，打到废油存储舱，到一定的时间后，服务船来了，通过废油泵排经注入站到达服务船。系统就这么简单。

10、 透气溢流系统 vent and overflow system,

为什么要透气，我们给一个封闭的容器装液体的时候，我们能装进去吗？答案是可以，但是容器里面会承受很大的气压。会越来越不容易装进去。平台上的液舱透气就是在封闭的舱上装上一根或者 2 根专门用于空气自由排出的管。以便获得舱内压力和大气压平衡。几乎所有的封闭舱都需要透气管。

在各大船级社规范里面对这个系统有详细的规定。大致如下，

- 1， 一个舱的透气管的大小由舱室注入管的大小决定。所有透气管截面积的总和不小于 1.25 倍所有注入管的截面积总和。
- 2， 透气管的表面处理的方式由该舱储存液体类型决定。基本上油舱用黑管，水舱用 HDG，生活水用不锈钢（如有疑问，请参见 Sufficient, Safe and Good Potable Water Offshore）

- 3, 透气管最小要 DN50.
- 4, 透气管要远离注入管。
- 5, 舱长大于 10m, 需要 2 根及以上透气管。
- 6, 机舱里面舱容小于 2 个立方的小舱可以透气到机舱。
- 7, 透气头进水线至少高于风雨线 760mm。
- 8, 透气头直径 3 米, 直径 6 米这两个区间的危险等级。在设计中必须要考虑。以上是记忆中的大致的东西, 如有遗漏, 请参见相关规范。

溢流系统从字面上很容易理解, 就是使舱内液体“漫”出来的管系。要不然舱里面的液体可能在泵的作用下打到从透气管冒出来了。是水可能好点, 万一是油就是麻烦了。所以溢流系统针对的是油系统。在舱的较高的部分接一根溢流管, 使多余的油可以回到存储油的舱里面去。

溢流系统在规范里也有详细的说明, 我简要理一下。

- 1, 所有的服务油舱, 包括燃油, 滑油, 需要有溢流管和溢流舱。
- 2, 溢流舱的大小应该可以坚持 10 分钟的溢流量。
- 3, 溢流管的大小和透气管计算方式一样。在有的设计中, 透气管和溢流管可以做成公用管。它的形式是可以这么描述, 在透气管上开支管作为溢流管 (实际的形式不是这样, 这样描述是便于大家都理解), 同时要注意到是, 这样的设计需要有一个前提条件: 油舱上部有隔离空间。设计中请考虑透气头的形式, 溢流系统的相关报警。

补充说明一下, 透气和溢流管系在安装中不能产生气袋和液袋。透气管厚度是 XS, 或者 SCH80.

11、测深系统 sounding system。

顾名思义, 就是给每个装有液体或者是可能存在液体的舱室测量里面的液体的高度。

如何测深, 现代遥控技术的发展, 各种各样的传感器可以帮助我们很容易得到一个舱室里面液体的高度。这主要是电器部门的工作。我们可以很轻易地去控制一个泵的起停通过双位控制的开关, 而这个信号可以从舱室的液面的高度获得。

当然最保险的, 最原始的方式就是手工测深。

很简单地说, 我们可以在舱室中垂直安装一个专门用来测深的钢管, 它几乎一直伸到舱底。我们可以通过这根管, 把测深的工具, 比如一根一端带有铜棒的绳子慢慢地放下去, 看看浸湿的高度来读出舱室里面液体的高度。

这里讲的测深主要就是这种方式。

船级社对手工测深系统有一些要求:

- 1; 测深管至少 2" 免得麻烦;
- 2; 测深管壁厚至少 SCH80, or xxs
- 3; 尽量垂直, 要不测深尺不容易放下去。
- 4; 油舱测深要带自闭阀, 伸到开放甲板

12、 起动空气系统， starting air system

为什么要有这个系统？如果你不是船舶类或者柴油机专业出身的话，你可能会有点纳闷。为什么叫起动空气？在钻井平台上，用的都是大型的柴油机，功率很大，有的甚至每台就有 5000 千瓦以上。很显然，我们是不用和普通汽车上的柴油机的电马达起动的方式。我们需要的是强大的动力空气直接推动活塞运动，帮助柴油机起动。

系统的组成：

- 1, 空气压缩机。至少 2 台，电动的。
- 2, 应急空气压缩机。至少 1 台，柴油机的。这个是平台上的动力起源，自己想想为什么。
- 3, 起动空气瓶，至少 2 个，由柴油机数量决定。
- 4, 空气干燥器，滤器。空压机数量决定。

原理：

空气压缩机吸入空气，压缩后冷却的空气经过空气干燥器和滤器，进入到起动空气瓶，起动空气瓶经管路和柴油机相连。柴油机上面的起动控制系统控制压缩空气按照柴油机的发火顺序依次进入到柴油机的每个气缸。依次帮助起动柴油机。

计算：

假如有一个 4 台柴油机的钻井平台，那么我们可以选择 4 个空气瓶，2 台空气压缩机。

每个空气瓶的容积可以这样计算： $V_t = V_s * T * P_a / (P_t - P_{min})$

V_t ：空气瓶的容积 m^3

V_s : 起动时的空气流量 m^3/s ，可以从柴油机的资料上获得

T ：柴油机总加速时间 $second$ ，可以从柴油机的资料上获得

P_a ：大气压 bar

P_t : 起动空气压力 bar ，一般 30 bar

P_{min} : 起动柴油机所需最小的压力，可以从柴油机的资料上获得

我们知道了空气瓶的容积之后就可以计算出空气压缩机的排量了。

在上面的假设中，每台空气压缩机至少要服务两个起动空气瓶。它的排量要能够在 1 个小时的时间内把 2 个空气瓶从充满。充满的意思是使气瓶中的压力从一个大气压，1 bar 升高到起动空气压力，30 bar 。很容易由气体平衡方程计算出来 $Const = PV/T$

可以这样估算：空压机排量 \geq 空气瓶的数量 \times 气瓶容量 $\times 30$

应急空压机的排量要能够在 1 个小时的时间内把 1 个空气瓶充满。

空气瓶上或者空气总管上会有压力检测的传感器，压力表等，一旦空气瓶的压力由于消耗低到设定值时，可以自动起动空气压缩机。

13、 平台压缩空气系统

在这里我们把 rig air system 和 instrument air system 两个系统放在一起写。

压缩空气在平台上有很多用途，比如，气动隔膜泵需要空气驱动，汽笛，海底门 sea chest 清洁，各种气动阀门，防火风闸，散装粉尘系统（包括 bulk mud 和 bulk cement），平台上面需要压缩空气的一些设备等。

空气经压缩以后温度很升高，冷却后里面的水蒸气会凝结，经过空气压缩机之后会携带油份。所以需各级处理，处理上述的杂质，得到比较洁净的压缩空气，以适应各种设备的要求。

特别是用于仪表和控制系统的压缩空气，对空气的质量要求很高。

系统的原理很简单，和起动空气系统相似，不同的是，用途不一样而已。压缩空气瓶里的空气被分配到各个需要它的地方。

14、 饮用水系统， potable water system.

这个系统的重要性不用我说，大家都应该知道的，钻井平台在远离陆地的深海工作的时候，淡水是平台上的工作人员的必要的生存物质。

和我们家里一样，平台上的饮用水也有热水和冷水之分。日常的洗漱，饮用水，餐饮，等等均需要淡水。

平台远离陆地，那么平台上的淡水从何而来？

有两种方式：

第一种方式，平台供应船，每隔一段时间把陆地上的淡水运到平台上去。

第二种方式，用海水造淡水。

现在讲讲原理：

1, 淡水存储舱， potable water storage tank。舱的数量，三个也有，一个的也有。一般的来说，淡水存储舱 2 个比较常见。淡水舱的容量有平台上人员的数量以及造水机的产量决定的。可以这样计算：两个已知量：a，平台上工作人员每人每天的用水量至少要保证 200 升；b，淡水存储舱里面的淡水保存时间不要超过 20 天，否则水会因为舱内的涂层产生异味。

如果有一台造水机电话，推荐容量为 20 天的存水量，如果有两台造水机的话，推荐容量为 15 天的存水量。

2, 造水机，至少 1 台，根据造水原理，有两种不同类型的造水机，a，真空沸腾式；b，反渗透式

前者利用海水在低压环境中加热沸腾，水蒸气冷凝成水。蒸发后的盐水排海。

后者利用在高压的条件下，使海水在一定的速度下通过半透膜，盐分子被半透膜阻挡。盐水排海。

3, 软水硬化滤器。经过造水机的造出来的水很少很有矿物质，长期饮用这种水这是对人体不利的。需要对水进行矿化。

4, 加药装置。在这里主要是对饮用水消毒，药物主要是次氯酸盐。

5, 淡水驳运泵，至少 2 台，它们主要是对淡水舱里面的淡水进行运输。比如从一个舱输送到另一个舱，把不需要的淡水从淡水舱输送到注入站，把淡水输送到替他系统。

6, 淡水压力单元，分两个部分：

a, 淡水供给泵，至少 2 台，它们主要是把淡水舱里面的淡水供给到用户。包括人员和设备等需要淡水处。

b, 压力水柜，事实上，淡水供给泵是把淡水打到压力水柜里面，由于压力水柜可以保持里面的水在一定的压力，这样避免的淡水供给泵的频繁启动。

7, 造水机海水供应泵，1 台，供给造水机所用的海水。

15、 淡水系统

上面的一篇仅仅是介绍了海洋钻井平台上的淡水是如何而来的。

本篇简单介绍一下供生活区的冷热水系统。

从淡水压力柜出来的淡水经过紫外线杀毒正式进入饮用水的阶段了。

一部分饮用水进入加热器，从冷水变成热水，一部分直接通过管路到达每个房间需要淡水的器具和设备。

不同的是，热水的温度会随着时间慢慢的下降，这时我们有必要增加 2 台小排量的热水循环泵，使得管路中的热水循环起来，不停地在加热器中获取热量。以保证管路中的热水在一定的温度 50~60 摄氏度。

加热器需要多大的容量呢，这个需要根据平台上设计的人员数量来计算。通常平台人员数量在 100 到 200 之间。在高峰时间，每个人的用的热水量，水的比热，水温回复时间，这几个参数基本上就可以确定了。

除此之外，我们还可以通过单位给水量来计算。这个和普通船舶没有什么区别。

另外说明一点，欧洲的平台的标准要高于美国和其他区域的标准。在设计过程中，我们可以酌情考虑。

16、 生活水排放系统 sanitary discharge system

我们所说的生活水排放系统，主要是指卫生间模块，厨房，医院的黑，灰水生活水处理。

所谓的灰水指的是洗涤用水的排出水。黑水是指厕所，医院的排出水。它们之间的主要区别是：1，灰水比黑水中的氮含量要低很多。2，灰水比黑水中的病原体数量要低很多。3，灰水比黑水更容易分解。

对于这个系统来讲，它其实就是一个生活疏水系统。根据船东的要求，有重力式和真空式两种。

17、 盐水系统,brine system

盐水的作用是用来调配泥浆(专业上叫钻井液)。有必要简单介绍一下钻井液。钻井液分 3 种类型:1.气态的;2,水性的;3.非水性的。

气态钻井液含有 70%以上的,比如氮气,二氧化碳,它作为可以压缩的钻井液含有稳定的泡沫主要是用来减少泥浆通过细缝渗透到岩层中。

水性泥浆，通常称做水基泥浆。Water based mud。用海水，淡水，化学盐水调配的泥浆。

非水性泥浆，通常称作油基泥浆。Oil based mud。各种油，比如柴油，沥青，矿物油调配的泥浆。

这些钻井液会在不同的岩层，地域，根据钻井穿透速率（ROP）的不同，钻井工人会选择不同类型的钻井液。

很显然，盐水是用来配制水基泥浆的。它们是含有 Na, Ca, Mg, Cl, Br, K 等离子的化学盐溶液。

在我们的平台结构中会有专门用于装盐水的结构舱室。一般是 2 个或以上。这些舱和普通的压载舱有点类似。

我们还需要盐水泵，离心泵，2台。

平台上的盐水是通过注入站进入到平台的的盐水舱，通过盐水泵驳运到每个需要盐水的地方。所以说盐水系统是一个服务系统。

那么那些位置需要盐水？前面已经说了盐水的用途是调配泥浆用的。调配泥浆的地方就是在各个泥坑 mud pit，麻袋存储间 Sack storage room。

需要说明的是，在 mud pit 和 sack storage room 调配泥浆是不一样的。，每个 Mud pit 上会装有搅拌器，防止泥浆中的固相沉淀。在 mud pit 中直接加盐水，基油，钻井水，海水，重晶石，粘土，陶土是在需要快速调配泥浆时。在 sack storage room 是在正常调配时。

另外，盐水蒸发后容易析出结晶，会堵塞细的管路。所以盐水系统的各种仪表，比如压力表的管路尺寸建议选择1”。

18、 基油系统， base oil system 。

作为调配泥浆的另外一种溶剂，当然是油基泥浆。在钻井过程中也起着非常重要的作用，油基泥浆在某些岩层可以大大加快 ROP。

和盐水系统一样，基油也是通过注入站进入平台结构舱中。对于这个系统的服务位置也是 mud pit，返回泥浆处理间 shaker room 和 sack storage room，必要的话也有 cementing room 水泥间（这个要按设备要求）。

系统的设备就是2台基油泵。

值得注意的是，油基泥浆会对环境产生破坏，现在有很多国家的海域是不允许用油基泥浆作为钻井液钻井的。另外，处理后的油基泥浆的杂质是不被允许随意丢弃的。需要专门存储起来，送岸处理。

19、 钻井水系统 Drill water system。

钻井水系统也是一个服务系统，

首先声明，我个人会把系统分为两种：动力系统和服务系统。所谓的动力系统就是指对平台动力系统起关键作用的系统，比如燃油，滑油，起动空气，液压。所谓的服务系统，就是为了动力系统提供的辅助系统。比如，日用空气，消防水，泄水系统，生活水等。它们典型的特征是有很多服务快速接头或者终端。形象的讲这些系统就好像一个树状的结构，（树干）通过压力的作用把流体输送到各个需要它的地方（树枝）。或者相反如疏水系统。

钻井水也是调配钻井液的一种溶剂。它一般是淡水，工业淡水。

钻井水可以通过注入站或者造水机获得，也可以把平台上的其他淡水作为钻井水。比如淡水舱，饮用水舱的淡水可以通过淡水驳运泵打到钻井水舱里。

钻井水舱也是大结构舱，驳运钻井水的是2台钻井水泵。产生压力的钻井水被输送到各个服务点，日用快速接头 service outlet。这个和日用空气系统有点类似。

但是钻井水的最重要的服务是调配水基泥浆，所以在每个 mud pit 上会有钻井水管，当然还有 sack storage room，高压泥浆泵 mud pump，水泥间 cement room（这个要按设备要求）。

除此之外，按照系统设计的不同，有时候它会进入井控系统作为井控动力液体调配剂；或者给淡水冷却系统补水。

20、 Bulk mud and bulk air system,

bulk mud 严格的来说不是字面上翻译的是散装泥浆的意思，其实它是斑脱土，重晶石，石灰等粉状物质。它们是调配泥浆中的固相物质。

Bulk air and bulk air system 就是针对粉尘装物质的存储，输送的系统。

与普通流体系统不同，系统的动力源不是泵，而是压缩空气。也就是说压缩空气驱动粉尘来运动。所以 bulk air 就是在这个系统中压缩空气的翻译名称而已。Bulk air 的压力在 4~6bar 之间。压缩空气 rig air 通过减压站就可以作为 bulk air 了。值得提醒的是，bulk air 对空气的干燥度要求很高，否则容易引起粉尘结块。从另外一个角度来讲，bulk air 中会含有粉尘，所以英文才这样翻译。

这个系统对很多人来说都很陌生，我就详细介绍一下。

系统的组成：

1, bulk mud storage tank, 圆筒形，底部锥形的压力罐，作为 bulk mud 存储处。

2, surge tank, 我个人翻译成平衡罐，它作为粉尘输入到服务位置前的一个终端，起到气，粉分离，保证服务位置之前所需要的粉尘量。

3, dust collector, 旋风除尘器。气，粉分离后的 bulk air 中会含有粉尘，除尘器的作用就是除去气体中的粉尘，净化后的气体才能排到大气。

系统的原理：

bulk mud 从注入站通过 bulk air 的作用输送到 bulk mud storage tank 中，或者 surge tank，请注意整个系统是可以相互输送到。那么是 bulk mud 怎样被 bulk air 驱动的呢？

夹杂粉尘的空气在管路中高速流动，就像北方的沙尘暴一样。对于管路，bulk mud piping 的尺寸我所见到的项目中用到最多的就是 5"的，在管路改变方向出，不是普通管路那样的长半径或者短半径弯头，而是至少 5 倍管路通径的弯头。

在管路的拐角处以及隔一定长度，我们会在 bulk mud piping 上顺着流向斜加上 bulk air 这种 purge 管（扫线管），就像 lateral, shaped nipple 那样的形式，当然用不着这些附件。

这个系统的管路相对于普通管路的附件，还有“Y”, “delta”。总之，一个原则就是保证管路没有大角度的变向，以免管路堵塞。

bulk mud storage tank 是用于存储的地方，而 surge tank 是用于混合泥浆的地方。

通常在 surge tank 下面有一个类似喷射泵的混合器，mixing hopper，当流体通过 mixing hopper 的时候在喉部附近形成负压，吸入 bulk mud。在混合室内，混合成泥浆，排到 mud pit。

光用文字描述不好理解，有时间的话，我手绘一个草图给大家看。

还有一部分 bulk mud 直接用于快速混合。进入 high rate mixer，直接进入 mud pit。利用搅拌器混合。

21、 水泥系统 bulk cement system。

水泥在平台上主要是作为固井用的。防止钻井过程中井口塌陷。和普通家用的水井类似，家用的水井沿着井壁会砌砖，一样的道理。

和 bulk mud 系统相似，水泥系统也由 cement storage tank, surge tank, day tank, dust collector 组成。

一般地，海洋工程中，水泥系统会由供应商直接提供，比较著名的有哈里伯顿，BJ等。工程设计者和供应商详细沟通，明确各自的责任，界面。同时供应商有必要提供必要的设计资料给工程设计者以共同完成水泥单元的设计，安装，调试。

同样地，对于这个系统，有必要手绘一个草图以加强理解。

22、 泥浆供给系统 mud supply system

通常啊，泥浆系统分成高压和低压两个系统，它们之间的分割点就是高压泥浆泵。泵前属于低压，泵后属于高压。

现在说讲的泥浆供应系统，就是高压泥浆泵之前从 mud pit 到高压泥浆泵之间的一段。它包括泥浆混合泵，泥浆增压泵。所谓的 mud pit 在在钻井过程中泥浆回流，暂时存储的小舱。打个比方就像我们喝水的杯子，而我们不会捧着一个开水瓶喝水。mud pit 属于结构舱，用槽型钢板做成，mud pit 在平台上有很多个，根据使用的频繁度分为 active pit 和 reserved pit。根据所装泥浆的不同，分为 OBM pit 和 WBM pit。

由于高压泥浆泵属于多作用的容积式泵，为了方便高粘度高密度泥浆（比重 2.0~2.5）的吸入，在泵前安装有 mud booster pump，泥浆经高压泵前的吸入缓冲器，滤器进入泥浆泵。在这里我们也会安装泥浆混合泵，它是混合泥浆的动力源泉，这在一点后面我会讲到。

泥浆混合泵从 mud pit 吸入泥浆，给以下几个位置：1，泥浆混合斗，返回 mud pit 2，diverter，分流器，补充环形空间泥浆 3，trip tank，补充舱里泥浆。4，cement room、水泥单元使用

obm=oil based mud wbm=water based mud

23、 高压泥浆排出系统 mud discharge system

泥浆泵的排出压力很高，到底有多高呢，可以想象的是，高压泥浆从泥浆泵的排出口开始在管路中的旅行，首先到达的第一站是高压泥浆立管，依次是高压软管，顶驱，钻杆，钻铤，钻头，地质层，套管，防井喷装置，隔水套管环形空间，分流器，泥浆回流主管，再经泥浆处理装置，最后回到 mud pit。一般地，高压泥浆的压力可达到 7500 PSI，以克服泥浆在旅行过程中的重力，摩擦损失以及带回钻头切下来的切削。

同样地，由于往复泵的本身的特性，为了减少它的排出压力波动，排出口会有空气室。

24、 泥浆处理系统 mud process system

这是钻井系统的一个重要的环节。

我们都知道了从海底回来的泥浆，它的成分完全改变了。带回来大量的泥沙，岩块。想想如果这些东西如果不处理就进入系统，那么我们的泵，管路，基本上就废了。

泥浆处理的环节从泥浆从分流器开始（diverter）。

我们可以这样说，diver 就像是一个环形防喷器。见过这个设备的朋友就可以知道，它正好处于转盘（rotate table）的正下方。上面有好几个比较大的管子接口，我来分别说一下。

最引人注目的是排舷外的最大的管路。一根或者两根，一旦进口有什么异常，比如 kick。可以随时关闭在分流器上的泥浆返回的阀。打开这个排舷外的阀，管路把气体引向平台外。避免气体在平台底部聚集，造成浮力下降而导致倾覆。

另外就是上扣，脱扣（trip in/out）时的泥浆（来自 trip tank pump）补充，溢流的通道。还有一个端口就是直接来自于泥浆混合泵的排出。

再一个就是泥浆返回的主通道，很多仪表安装在上面，检测返回的流量状况等。还有海水冲洗管路。补充一下，泥浆处理的过程中，很多地方需要到海水冲洗，因为固体的原因，这要在海水系统设计中考虑进去。

废话了很多，只有最后一个也是和泥浆处理有关的。

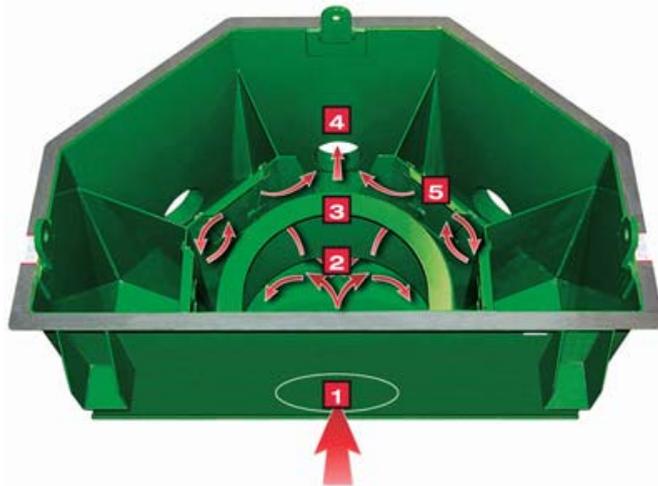
处理的过程我们遵从一个原则，先处理大颗粒的杂质，再处理小颗粒的。

首先，我们遇到的一个真正的处理设备 gambo box 又叫 gambo conveyer。gambo 是一种粘土，粘性很高。如果在这种地质钻井的话，它就必须用到了。它是一个大型的筛子，很多不锈钢的圆形钢条在链条的带动下连续滚动，（见过烤香肠的设备吧，有点类似）这种粘土在这里被分离出来，直接掉到海里去了。掉不下去的，用海水冲。。。。



这还不够，我们还需要用更细的筛子筛杂质。但是问题是一个筛子的分离速度太慢，还没来得及分离，泥浆就漫到外面去了。所以我们有很多筛子，筛子的数量取决于泥浆返回的量，如果是钻一口井的话 4~5 个筛子就够了。但是问题出来了，总管就一根，如何均匀分配到每个筛子的泥浆量。否则的话，有筛子上的泥浆几乎漫出来了，有的几乎上面没有。

所以我们需要一个泥浆分配器，flow divider。其实就是一个大铁箱子，里面有隔离结构，流量控制设备。以此来避免上述情况。



这下好了，我们的泥浆进入了筛子，有个学名 shale shaker。电机带动偏心轮的机械振动设备，有筛网，这个可以换的。当然可能的话，可以用好几层的筛网。当然既然是振动，自然少不了弹簧。



注意到上面的图中，shaker 的下面侧面有个用钢板封住的口子，这里就是泥浆流出的口子，每边都有哈。

当然，小石头就是从正对着我们的白色的筛面上掉下来的。。。。。

现在出现了一个问题，这些筛出来的小石头如何处理???

专业术语 cutting handling。这 shaker 的布置中，我们几个 shaker 都是在一条直线上并行排列的。

这样有一个好处，我们可以很方便地把每个 shaker 的泥浆出口串起来，也可以把小石头出来的地方用一个通道串起来。

shaker 很重，这样对于船体和舾装对于设备的基座加强是一个考验。不要想的很简单。刚才说了每个 shaker 的泥浆出口是穿起来的。这就需要在 shakers 下面做一个钢槽，贯穿每个 shaker。我们叫它 mud ditch or mud trough。现在好了，这个钢槽子有可能会贯穿甲板，当然也可以做在甲板上面，必要的话做一下有限元分析。总之，流到钢槽的泥浆将会到达下一个处理环节---泥浆处理舱 mud process tanks 还没有完，上面只讲了泥浆方面，那么 cutting 方面如何处理呢？留个悬念，以后再说。

泥浆处理舱--在这里，更进一步的处理开始了。

我们一步一步来。



25、 固控系统 solid control system

继续我们的泥浆处理，忘了说明，这个过程又叫做固控系统 solid control system。

前面我们提到了处理舱，依次为 sand trap tank ， degasser tank ， desilter tank ， return tank ， (centrifuge tank) 我们可以翻译成 沉淀舱， 除气器舱， 除砂器舱， 返回舱，（离心机舱）

通常 centrifugal 是第 3 方设备，所谓第三方，就是指平台的承租方。大多数的平台上面在设计的过程中仅仅只是预留了设备的安装空间。所以这个舱有的平台设计是没有的。

先说第一个舱， sand trap tank ，为什么要用到这个舱，挖井的过程中我们会挖到砂层，这时候泥浆中含有大量的砂子，这时候我们干脆就直接把这些东西倒入海里。sand trap tank 就是这个作用，能够倾倒（专业上叫 dump）固体，那么就需要我们有一个能够直接通到海里的通道，还要要求

这个舱是带有斜度的，至少 45 度吧，我只能记一个大概。当然舱上的扶墙材在外面。通到海里的这个通道上是有阀的哈，绝大多数的时候它是关闭的，除非需要 dump。还是句老话，掉不下去的东西，用海水冲。

我们这些舱其实可以看成一个大舱，processing tank，只不过被一块块板隔开成独立的小舱，所以才有了上面讲到的英文舱 S。

舱与舱之间相互连通，当然我们的 sand trap 舱和 degasser 舱之间也不例外。在这两个舱之间的板上开有一个孔，孔的位置在上部，为什么？当然不能在下面，在下面的话，degasser tank 就倒霉了，砂子全进去了。

下一步，我们的泥浆进了 degasser 舱，在这个舱的顶部，安装有除气器，主要有两种形式的：
compact vacumm degasser 和 centrifugal degasser



后者由于体积小，安装方便，在新造平台中几乎全部用这种。我们可以看到在它的最下部，是泥浆的吸口，由可拆卸的网罩，它可以打碎进入设备的气泡。流体在上部本体膜片高速离心运动产生的真空作用下载柱状本体中上升，在上部局部空间的真空下，细小的气泡被析出来，排出到安全区域。泥浆从侧面的管口流出到 desilter tank 中。

让我们随着泥浆继续旅行。

现在我们到了 desilter tank，desilter 是个什么东西，先给大家一个感性的认识。



看起来似乎不一样，其实原理是一样的。我们注意到了没有它们有一个共同的特点：红色的部分，它有一个很酷的名字 **hydrocyclone** - 可以翻译成水力旋流器。我们一起来看看它的原理图片，其实很简单：

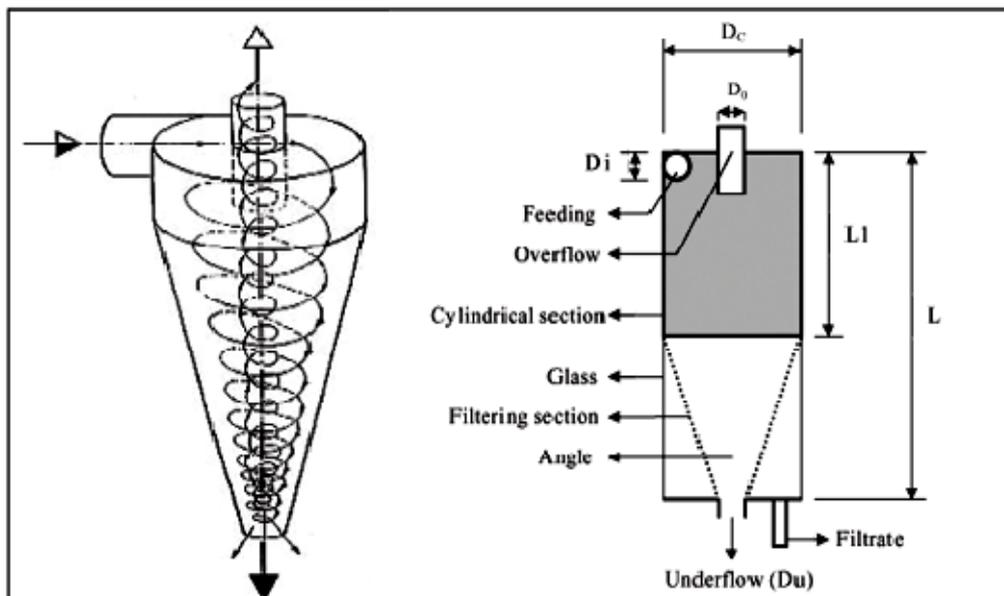


Figure 1: Trajectory of suspension for the conventional hydrocyclone and filtering device scheme

泥浆由圆锥体上部的切向高速进入，流体在旋流器中做离心运动，由于泥浆里面的组分很复杂，比重大的砂子在最外圈，比重小的组分在最里面。那么进入的泥浆在压力和重力的作用下从中间上部排出，砂子从下面排出。但是这样有一个问题，排出的砂子里面肯定含有不少的泥浆。所以 **desilter** 通常安装在我们前面提到的 **shaker** 上面。这样，含有泥浆的砂子还可以进行筛除处理，和循环处理。

有人要问，**desilter** 上面没有泵，如何使泥浆高速进入呢？这里我们有泵，**desilter pump**，离心泵。这个泵很容易坏，因为它输送的是含沙的泥浆。对于这个泵，以及排量，是要考虑 **desilter** 的处理能力和要求的。

并且 **desilter pump** 的最好使用填料函密封，金属密封容易磨损。还要考虑泵的防爆等级，因为我们的 **shaker room** 是一类危险区域，因为我们的 **shaker** 出来的切屑，泥浆是可能含有油气的，并且没有任何气密装置。毕竟这是钻石油的东西。话再扯远一点，**shaker room** 我们考虑通风是负压，也就是说对这个房间时抽风的，包括每个 **shaker** 上面都有抽风口。我们的 **mud process tank** 上面也要有抽风口。总之一目的，不要使可燃气体向安全区域扩散。

这样以来，我们的泥浆基本上处理的比较好了。直接通过舱与舱之间的隔板上开的孔进入 **return tank**。我们这里的泥浆依靠重力向各个 **mud pit** 流去。

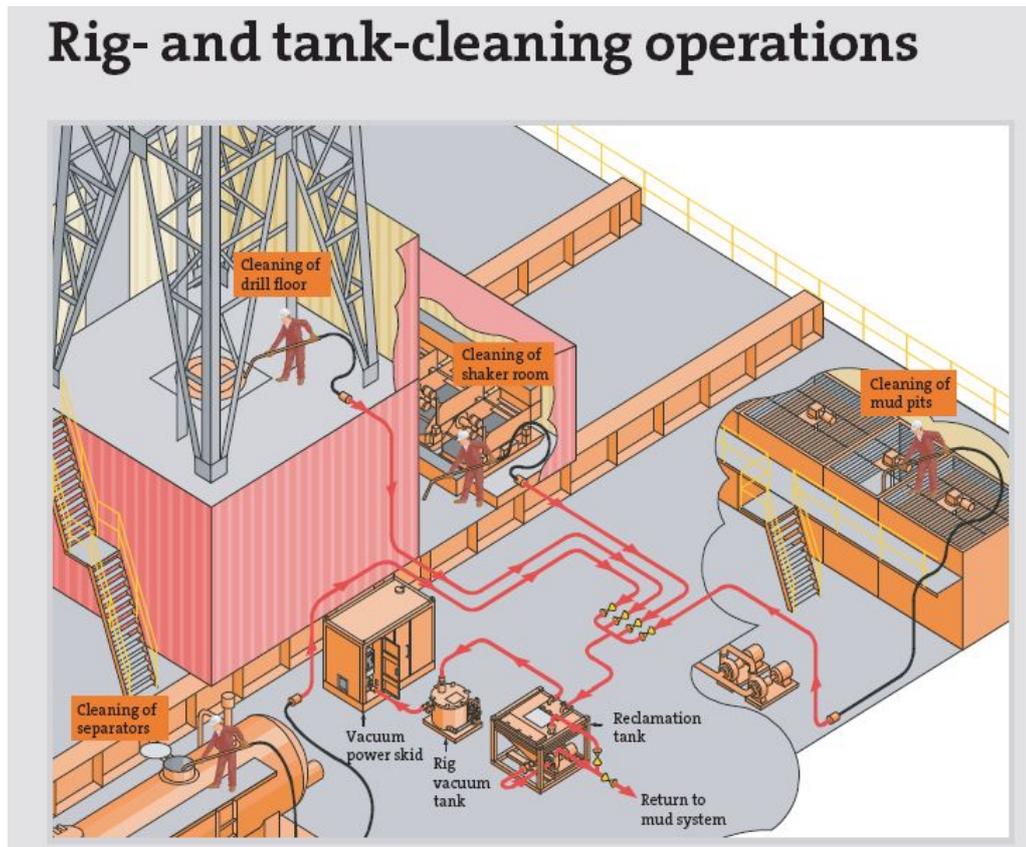
整个处理环节就完成了。至于处理舱之间的结构，隔板上如何开口，以及它们之间的连通阀。要开为什么这种不同的孔。有时间再说。

26、 泥浆真空清理系统 **mud vacuum system**

清理这两个字是我自己加上去的，我想让大家更容易理解这个系统的作用。

系统很简单，一个抽真空的装置，我们叫它 **mud vacuum unit**，在一个整个系统管路中产生持续的真空。也就是说系统管路是负压的。当我们需要清洁某个积泥的位置时，通过连接在真空管路上

的软管在真空作用下吸入泥浆。下面是示意图，有点像家里的吸尘器，只不过是一个大型的“中央吸尘器”。



先看看 mud vacuum unit, 有很多种形式的, 我随便介绍两种:



不好意思，仅仅只找到了一种，我来大概讲讲这个设备，我们可以从图中清楚地看到两台电机带着两个泵，这两台泵不是别的什么泵，是水环泵，不懂的朋友，百度一下“水环泵”。这种泵经常用于抽真空。

它们从那个大罐子中使劲地抽气，罐子里面的压力就会越来越低，知道里面的气压达到 -0.5bar，哦，对不起，就算是真空也只能是 0 bar。达到零点几个大气压。这时候，我们的真空就建立了。我们就可以开始按照最上面的图上那样工作了。

现在关键的问题又出来了，哪些地方有泥浆泄漏出来了？我们总不能地上有点水就用这个抽吧，那样太浪费了，而且我们还有专门的泄水系统。

下列地方，或者说舱室需要用到真空清理系统：

mud pump room， shaker room， cutting handling area， moonpool area， drill floor， mouse hole 等，完全凭印象，有漏掉的请大家指出来。

好了，我们该清洁的地方都清洁好了，“垃圾”都被吸进了，现在我们得找个地方把它排出去。

slop tank，请做船的朋友们注意了，这个舱可不是船上的污油舱。它是专门储存回收泥浆的一个小舱，通常和 mud pit 做在一起。

27、井口控制系统，subsea control system

这个系统，听起来真的好深奥。毕竟在深达 3000 多米的海床上，如何控制，控制什么？

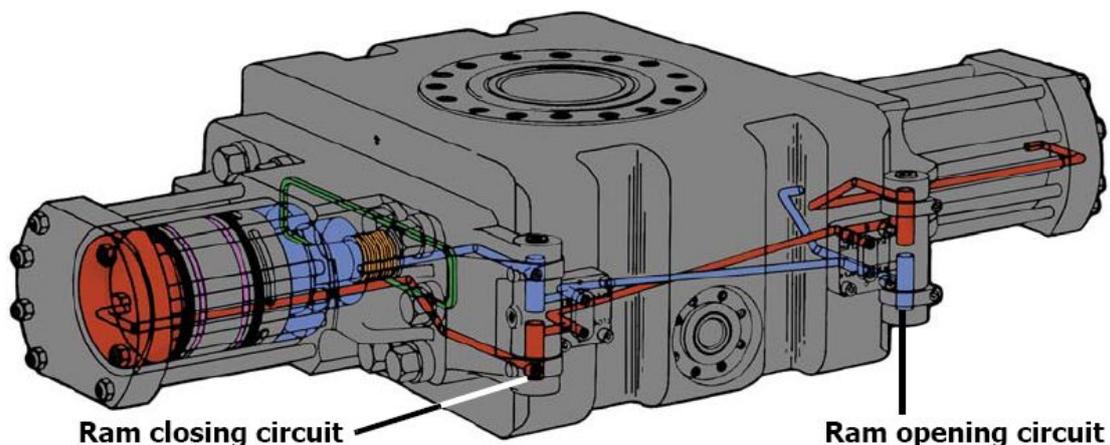
我们为什么需要这个系统？这个系统有什么作用？

我们一步一步地来揭开它神秘的面纱，

首先 subsea control system 的作用：就是一个液压控制系统，利用液压力控制阀门。更直接地来讲就是一个液压遥控阀门系统。因为我们要控制的阀门有一部分（最重要的一部分）在海底，准确地来讲，是控制 BOP 上的阀门。

所以它也叫井口控制系统。（关于什么是 BOP 请参考本博客相关文章，英文不好的朋友请自己查字典）

我们再来重新认识一下 BOP，请看下面的图片：



我们可以清楚地看到图中蓝色和橙色的管路，这就是 BOP 控制液缸。

这个系统是涉及到安全的一个系统，BOP 属于安全设备，如果没有井口控制系统，那么 BOP 也仅仅只是一个摆设。

那么这个系统有哪些设备组成？

刚才已经说了，一个液压遥控系统，必然要有液压单元，HPU（hydraulic power unit），储能器（accumulators），分流器控制板 diverter control panel，液压流体箱单元，fluid reservoir unit，液压测试单元 HPTU hydraulic，power test unit，各种 reel，包括，hotline reel，gas handle reel，blue cable reel，yellow cable reel。

基本上就是以上的一些东西。

一个一个来说，HPU，产生液压动力的源泉。

Accumulator，我们把液压能存储在一个一个的钢瓶子中，是能量蓄积的地方。

Diverter control panel，它决定把能量分配到哪里，一个控制器。

Fluid reservoirs unit，它是混合我们所需要的液压流体的地方，值得注意到是，本系统用的液压流体不是液压油，而已水溶液，乙二醇的水溶液。为什么？防止海洋污染，以及它有很好的抗冻性，海底很冷的。

HPTU，不用我说，自然是测试设备时要用到的。

Hotline reel，本人理解（不一定正确）为 HPU 产生的液压力直接海底 BOP。一般地，我们的 BOP 是靠电控制液压电磁阀，电磁阀再控制流体。所谓的 POD 控制模块。

Gas handle reel，当然是我们的液压流体去控制这个盘轮的转动（reel 我实在不知道怎么翻译为好，就叫它盘轮吧）blue、yellow cable reel，海底电缆的盘轮，因为分别控制不同颜色的 POD 而得名。它们是控制 POD 的罪魁祸首。

讲了这么多，肯定有人会有疑问，既然是 subsea control system 怎么里面会有一个 Diverter control panel 难道这个控制板仅仅是控制 diverter 的吗？

no，不仅仅是，那么它控制什么，在我们的泥浆之旅中，我们首先提到了泥浆从 diverter 返回地表，而且提到了 diverter 上面有很多管子接口。而 diverter control panel 就是控制这些接口上的液压刀阀的，使它们和谐地工作。

还有，我们的张紧器系统中的伸缩接头，diverter 的锁紧卡扣等。

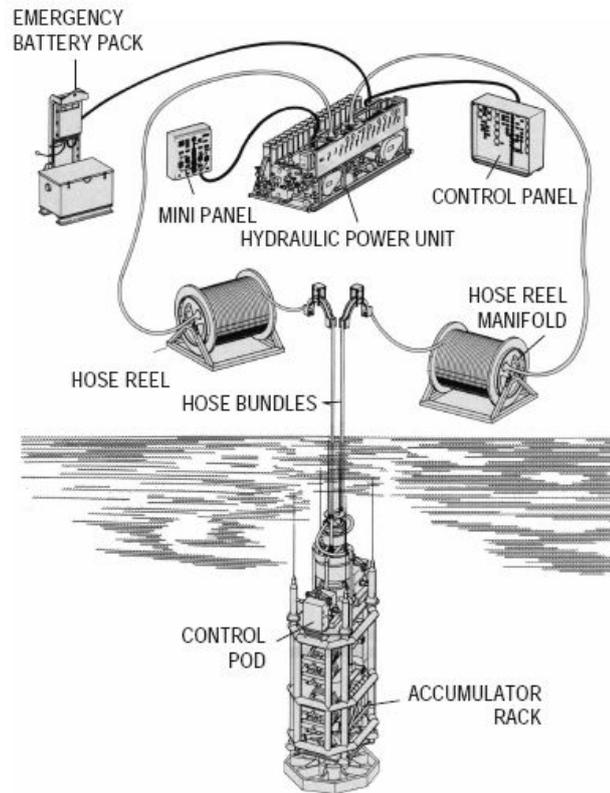
对于朋友们的疑问，pod 的全名是什么？它做什么用？

就像液压遥控阀门系统一样，是一个安装在海底的液压电磁阀控制箱，下面一段英文是对它的详细描述，也许对你有所帮助。

Subsea Control Pods / Manifolds

There should always be two fully operational and completely redundant control pods/manifolds on the blowout preventer stack. The control "pods" may be retrievable or non-retrievable. Manifolds would be considered as rigidly fixed equipment added to the LMRP and not separable as a unit (i.e. pod). Each control pod/manifold will contain all necessary valves and regulators to operate the LMRP and blowout preventer stack functions. Should a problem occur within one pod/manifold, the control can be switched to the other pod/manifold. It is common for both pods/manifolds to have the pilots function in parallel so that if a switch is made from one pod to the other (by switching the main hydraulic supply from one to the other), the previously selected functions remain as originally selected. The hoses from each control pod should be connected to a shuttle valve that is connected to the function to be operated. A shuttle valve is a slide valve with two inlets and one outlet which prevents movement of the hydraulic fluid between the two redundant control pods. how is POD, riser, mux system connected?

对于 riser，mux cable reel，pod 是如何连接起来的，给一个图片我想比较容易理解。



张紧器是浮式平台中特有的，它是平台张紧系统的一个组成部分。现在用的比较多的有两种：1，气动张紧器。2，直接作用张紧器。

张紧器用于补偿隔水套管在平台因风浪造成的垂直方向上的位移，形象的比喻就像一个巨大的弹簧提着隔水套管。

气动张紧器，由以下几个组件组成：APV（气压瓶），accumulator（储能器），控制箱，气缸，钢缆，滑轮。

直接作用张紧器，由以下几个组件组成，APV，accumulator, control panel, cylinder, shut off valve skid, 值得说明的是，张紧器和 trip saver 是在一个系统中处理的。张紧器仅仅是补偿隔水套管。钻杆的补偿在钻杆补偿系统中

对于张紧系统，请参考博客相关章节。如有必要，我会完善。

28、 分流器， 高压管系系统 hp manifold and diverter system

对于钻井平台来讲，平台和井口设备的唯一的一条主通道就是 riser， 隔水套管。

因为我们的钻杆就在它中间穿过，每根 riser 75 英尺， 重达 20 吨左右（当然除了少数的 pup joint）， 上面有浮体材料包覆， 保温层， 很像伴行管的 chok, kill, booster line。当然我们的液压控制管路和海底电缆都是依附着它进入海底的。



现在好了，我们的问题来了，我们的 BOP 如何工作，为什么需要 choke、kill line，它们有什么用？

我们的这些关系都是围绕着我们的 diverter 来展开的。

BOP 的全名是 blowout preventer，防喷器，Blowout 无论在陆地钻井还是在海洋钻井都是致命的，会造成严重的事故，井喷的时候泥浆携带者大量的可燃气体喷涌而出，很恐怖的样子，井喷就是我们的钻头穿透了我们的高压油气层。通常在 blowout 到来之前会有很多前兆，比如井口压力的突然波动，钻井液中气体含量突然增加，等等。

在这个时候我们的钻井工程师会判断是否会造成井喷的发生，采取相应的措施。

对于钻井这方面，我们的钻井工程师比我们更加了解。我们就不在这里阐述了。现在我们还是继续我们的系统。

我们先看看 choke，kill manifold 的图片，有一个感性的认识。



我们可以把它看作一个高压的阀组，通过调节各个节流阀，进入它的流体会有很高的背压。保持井口的压力平衡。

当判断到井口压力突变时，通过井口控制系统的液控阀我们的防喷器关闭，同时打开通往 choke & kill manifold 的通路。

也就是说这时候，泥浆不是像正常的情况下通过环形空间返回地表。而是通过节流压井管线进入 choke & kill manifold，减压后进入我们的泥浆处理系统。

29、 trip tank system,

我也不知道如何翻译这个名词 trip， trip 在钻井过程就是我们的钻杆进入和拔出洞的过程。很猥琐的解释，不过确实就是这个意思。

我解释一个为什么需要这个系统，我们想象一下，我们在一根装满水的试管中放入一根玻璃棒，这样我们的水就像是上行的泥浆一样，这时候我们试管底部的液体压力就是试管中水柱的压力，当我们把试管中的玻璃棒慢慢把出来的时候，水柱的高度肯定是下降的，试管底部的液体压力同时会减小，如何保持压力不变呢，只需要在拔出玻璃棒的同时往试管中加水。

所以这个系统的作用就是在 trip 的过程中保持井口和泥柱的压力平衡。

系统的组成:

1, trip tank, 2 个结构舱，每个容积至少大于 trip 过程中拔出的钻杆的体积。我们知道 trip 的过程中，我们的钻杆是每 3 根一段拔出来的。

2, trip pump，2 个离心泵，排量取决于 trip 的速率。它们的作用就是抽出 trip tank 的泥浆，通过 diverter 排到环形空间。

系统就这么简单，当然我们需要溢流管线，当我们 trip in 的时候。

30、 泥浆气体分离系统 mud gas separator system

Mud gas separator 是一个设备的名字，简称 MGS。

它的外形就是一个圆柱形的罐子,安装在钻台上的角落。

那么它到底有什么用呢？从英文的意思就可以知道是“泥浆-气体分离装置”。

为什么需要它？我们不是有 Degasser 除气器了吗，要它其不是多余？

首先说明一点，这里的 MGS 和 degasser 使用工况是不一样的。MGS 是用于含有大量可燃气体的泥浆的气液分离。Degasser 是用于含有微量气体的泥浆的气液分离。

什么情况下泥浆中会含有大量的可燃气体呢？当然在正常的钻井过程中只会有少量的气体混入钻井液，而我们在钻透了可燃气体层的会出现大量的气体进入泥浆，这时候很危险，这种现象叫 KICK（井涌），如果不加以控制的话，就会发生井喷。

知道了这些，我们就可以知道了，这个装置很显然是用于处理节流压井过程中产生的大量含气泥浆，释放井内压力。

现在说说系统原理，很简单，来自节流压井管汇腔的流体进入 MGS，在设备里面，泥浆和油气自上而下地经过多层的向下倾斜的阻隔板 baffle blade，增大流体的表面积，使气体更容易的分离出来。分离出来的气体，从 MGS 的最高点，沿着管路，在钻塔的高处燃烧掉。

而液体则在重力的作用下聚集在设备的底部。通过管路流向泥浆处理系统。

现在一个问题出来了，像这种气液分离的装置，比如惰性气体发生器（用燃烧空气的方法制造惰性气体的装置）都会存在一个共性问题，那就是需要一个背压，否则的话气体很容易就从设备的下部出口跑出去了（本来是用于排放液体的）。

所以在我们的液体（泥浆）排出管路需要有一个 trap（通俗地讲叫“存水弯”），这个 trap 的高度需要进行计算，以保证 trap 里面的液柱高度产生的压力能够平衡设备正常工作的压力，一般多是在 6 到 7 米的样子。当然，为了防止虹吸 siphon 现象的产生，在 trap 的最高点需要进行真空破坏。

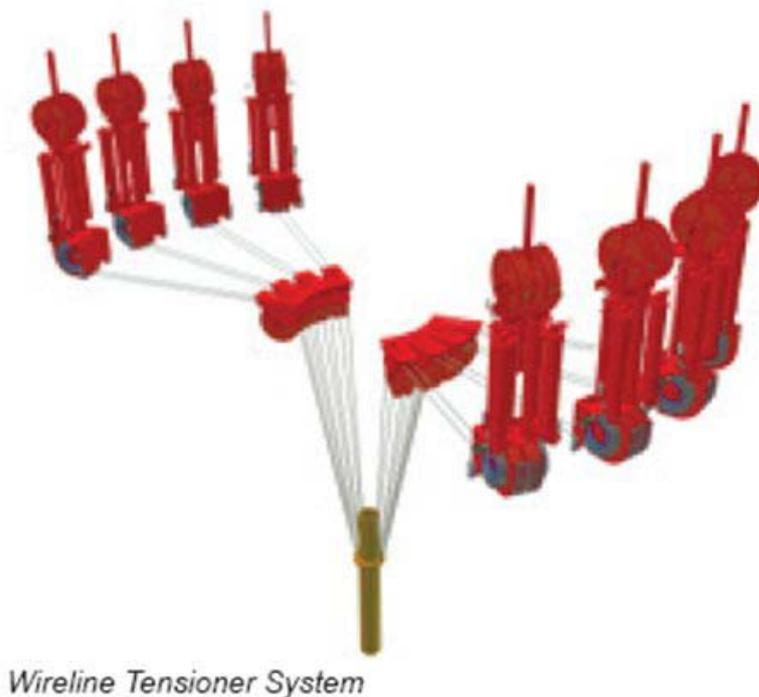
以上的介绍希望可以帮助更容易地理解原理图。

当然，MGS 上面的仪表装置，包括压力，温度。另外一些来自混合系统，trip tank 系统的高温的泥浆也可以通过 MGS 分离可燃气体

氮气产生装置的原理（燃烧空气我以前以为是把空气液化分离呢），另外，氮气在钻井中具体还有哪些用途？我只知道你以前讲的可以作为气基的钻井液，还有是不是补偿装置里蓄能器里面充的，那好像也用不了那么多，我看过有条钻井船在月池两边有两个 N2 搁架。好像量很多的样子，不知道还有其它的什么用途？

答：我说的惰性气体发生器是指那种油轮上用的惰气保护装置，而不是原油处理中用的氮气，当然它们的成分几乎相同。氮气在钻井平台上主要是用于蓄能器，另外，在 water mist 消防系统中，也会遇到高压 N2，作为水雾的动力源。而你说的 N2 产生装置的原理，有可能是物理渗透，也有可能是电化学方法。如果可能的话，可以向 vendor 索要这方面的信息，他们一般都很乐意给你的。





Wireline Tensioner System

第一种是直接作用式，第二种是绳式的。原理差不多，我们就介绍第一种，它有更多的优点。

从最上面的图上，我们从左到右，地面上横放着一堆白色的柱状物体，是我们的高压气瓶 APV (air pressure vessel)，在它旁边的灰色的是气动控制阀组 riser tensioner air control skid，它有一个学名叫张紧系统空气控制器。

在往上一层，红色架子里面有浅灰色瓶子的装置，是蓄能器 accumulator。在它脚下旁边的红色的东西是一个叫做 shut-off valve skid 的装置。然后是黑色的软管，中间红色部分是张紧器 tensioner。

图里面还差一个东西，高压空气压缩机 hp air compressor。

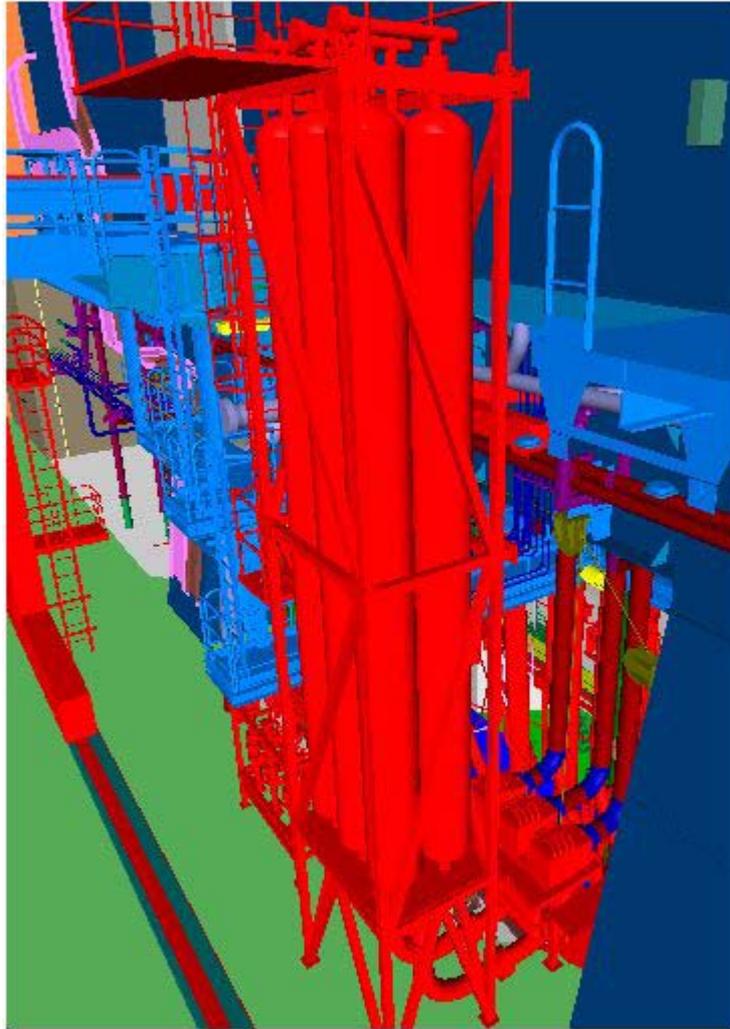
原理：

从空气动力源开始，高压空气压缩机，产生高达 300barg 的压力的气体，这些气体进入气动控制阀组减压到 207barg。气动控制器里面有 6 套（一般地，我们的张紧器系统只有 6 个张紧器。）先导气动阀组，它们能够控制从空气压缩机出来的高压气体，APV 气体，accumulator 里面的气体的流向。一套里面有 5 个阀，它们分别控制

- 1.压缩机给 APV 充气，增加里面的压力
- 2.主阀，APV 给 accumulator 供工作气体，
- 3.APV 气体放泄，减少里面的压力
- 4.旁通主阀，
- 5.Accumulator 气体放泄。减少里面的压力

当然既然是气动控制阀，必须要有控制空气。

207barg 的高压气体于是可以进入我们的蓄能器组 accumulator skid，它们通常布置在 moonpool 的两侧，每侧各有一个，分别控制每侧的张紧器。每个 accumulator skid 分成 3 组，每组 2 个蓄能器，控制其中的一个张紧器。（图中截取的是挪威 sevan 公司钻井平台的图片，红色部分就是蓄能器组，如属侵权，作者保留该图片删除的权利）



蓄能器就是装着一半液体，一半气体的瓶子。所以它的全称其实应该叫 APV/Oil accumulator。每个容积 1800L 左右，上面安装有安全阀，液位计，压差传感器之类的附件。很显然，液体在蓄能器的下部，高压气体在上部。由此蓄能器下部的管线是高压油管。

我们在上图中，可以看到蓄能器的高压油管连接着一个设备，也是红色的部分，这就是 shut-off valve skid。同样地，和 APV/Oil accumulator 一样，在 moonpool 的两侧各有一个，同样每个也分成 3 组，每组连接相对应的两个 accumulators。

Shut-off valve skid 到底是个什么东西，它有什么作用？

它是一个液控阀组，它的主阀是一个液压差动控制阀，主阀通过弹簧，活塞液缸控制阀芯移动而控制阀的开度。控制液缸上安装有线性可变差动传感器。其他的先导，换向，单向阀控制进入主阀的流体的流向，压力。

每个 shut-off valve skid 上面都有一个外部的动力单元作为进入液控阀的先导油。这些先导油储存在一个预先充油的小蓄能器中，靠一个小气动泵维持压力，气动泵的起停取决于小蓄能器的压力波动，由 PLC 控制。

所以 shut-off valve skid 是控制进出张紧器液压油流量的控制设备，万一 riser 的连接断掉的情况下，这个设备可以切断或则锁住进入张紧器的液压油，以减少 riser 的反冲的影响。因此它也叫 riser anti recoil system。

下面就简单了，就是钻井中央的张紧器了。

张紧器，有缸体，活塞，下部的张紧环组成。当然它上面还会安装安全阀，位置测量系统。

下图是它的外形：



张紧器缸体多在 15 米左右，应为活塞的行程取决于平台起伏的幅度。

以 NOV 某个型号张紧器的缸径为 480，活塞杆直径为 190 的为例。

和蓄能器一样，张紧器上部是气体，下部是液体。不同的是，上部的氮气的压力要小很多，只有 10barg，液体压力依然是 207barg。为什么？这样不是平衡状态了吗？

我们差点忘记了，张紧器的活塞杆还掉着长达 3000 多米的隔水套管。

我们计算一下，每个张紧器的极限拉力是多少：

静力平衡方程，取向上为正，忽略活塞的重量等次要因素。

$$207\text{barg} \times [3.14 \times (480-190)^2 / 4] \text{ mm}^2 + F - 10\text{barg} \times [3.14 \times 480^2 / 4] \text{ mm}^2 = 0$$

把单位都转化为国际单位，计算得出：

$F = -1185718.95\text{N}$ ，折合成吨大概是 120 吨，也就是说 6 根可以产生 720 吨的拉力。

而每根 riser 虽然重达近 25 吨，但是由于它上面覆盖着浮体材料，在水中的重量相对要轻很多，我们取 2 吨，这样一来，我们理论计算出来的张紧系统可以提拉的 riser 根数可以达到 $720/2=360$ 根。每根 riser 长 75 尺，则换算成公制长度达 8229.6 米。

问题出来了，我们的 riser 也就 3000 米左右长，为什么你算出来的长度可以达到 8000 多米？

不要忘了，我们的 riser 中间还有泥浆，密度可达 2.5sg，还不算钻头切下来的东西。这样算来，我们的计算长度要少很多。有兴趣的话，可以自己计算一下。

张紧系统不仅仅提供平衡 riser 和泥浆重力的拉力，还需要有 20%-40%的储备，保持伸缩。

看上图，下面红色的东西----张紧环，卡住伸缩节的下部分。张紧环带有可以铰链，可以分开成，以方便操作。

忘了提到张紧器上部的进气部分，进气部分需要通过一个叫 trip saver 的设备，依我看就是一个滑道，因为我们的张紧器不可能老是在钻井中央，比如放 BOP，下套管这些过程，我们都需要把张紧器停到 moonpool 的一端去。所以我们的氮气瓶的低压氮气通过 trip saver，软管连接到张紧器上部。

可能还有人有疑问，APV 好像分成好几种，下面是它们的作用，以示区别：

Working APV-----作为空气弹簧的介质，进入蓄能器组

Standby APV-----备用，可快速进入 working APV

Low pressure nitrogen vessel----确保张紧器活塞上部恒压为 10 barg

剩下的是电气控制系统，在这里不作阐述。

32、 消防-几种固定式喷水灭火系统

关于各种水喷淋，水雾灭火系统：

之前在我的文章中提到了各种水喷淋灭火系统，很多朋友对这几个系统感到很困惑，现在对它们进行详细的解释。它们分别是：

1. Water Spray System (Deluge system)

2. Water Sprinkler Systems

3. Water Mist Systems

这几个系统有一个共性，它们都是固定灭火系统，都是采用喷水的方式进行灭火。但是它们依然有各自的特点。

先介绍一下 water spray system，它相对于其他两个系统来讲，最大的区别在于这个系统要由人工启动，开放式喷嘴（也就是说平时的时候喷嘴里面是没有水的）。主要用于露天危险区域保护。它通常也叫 deluge system，deluge 的英文意思是洪水，浸没。从字面上的意思就是用大量的水一直对失火区域进行喷淋，以冷却的方式灭火，这一来我们现在就很显然知道为什么它主要用于露天区域灭火。否则，舱室里面排水可能来不及。既然是大量的水，就需要源源不断的水源，这也就这个系统需要用海水作为灭火剂的原因。

系统由海水供给泵，deluge 阀，管路，喷嘴，组成。在海洋平台设计中，海水供给泵直接就可以用海水消防泵，也就是说，deluge system 实际上是作为消防系统的分支管路，与消防栓不同的是，这里是用的 deluge 阀和喷嘴。

Deluge 系统的喷嘴，对形成的水滴相对很大，下图就是典型的灭火效果。



deluge 阀，事实上是一个减压阀，通过电磁阀控制 deluge 阀的开关，来控制是否喷水。

这个系统在钻井平台上主要用于一下几个区域的灭火，直升机加油站区域，测井区域，节流压井管汇区域，整个钻台区域。

MODU，USCG，FSS，NFPA 这几个规范有对系统设计的要求，摘录几条重要的：

1.A fixed water spray system is to be installed for the process equipment.

The intent of the water spray system is to keep the process equipment cool and reduce the risk of escalation of a fire. Water spray systems are to be capable of being actuated both automatically by a fire detection system and manually. Installations are generally to be in accordance with NFPA Standard 15, or other equivalent standard such as API RP 2030. Deluge isolation valves are to be located in a safe area and outside the fire zone they protect.

2.Process equipment, including hydrocarbon vessels, heat exchangers, fired heaters and other hydrocarbon handling systems, are to be protected with a water spray system. The system is to be designed to provide a water density of 10.2 liters/min/m² (0.25 gpm/ft²) of exposed surface area for uninsulated vessels, or 6.1 liters/min/m² (0.15 gpm/ft²) of exposed surface area for insulated vessels. Process equipment support structure, including saddles, skirt, legs, but not secondary deck structural members, is to be protected with a water spray system designed to provide a water density of 4.1 liters/min/m² (0.10 gpm/ft²).

Alternatively, the use of intumescent coatings may be acceptable in protecting the support structure, provided the selection of the fire rating of the coating is based on the results from a risk analysis and/or fire load calculation which must be reviewed and accepted by ABS. The condition (intactness) of the coatings will be the subject of surveyor inspection during attendance of the unit following normal survey intervals. For gas-handling equipment, such as gas compressor skids, where the hydrocarbon liquid inventory is kept minimal, a water spray system is not required if the equipment is provided with an automatic blowdown upon the process shutdown.

3.Wellheads with maximum shut-in tubing pressures exceeding 42 kg/cm² (600 psi) are to be protected with a water spray system. The water spray system is to be designed to provide a minimum

water density of 20.4 liters/min/m² (0.50 gpm/ft²) based on the protection of wellheads, ESD valves, and critical structural components including the firewall.

第二个，water sprinkler system,其实全称应该叫做 accommodation sprinkler system。看这个名称就知道的用途了，很显然用于钻井平台生活区灭火。如果细心的话，这个与普通写字楼里面的水雾灭火系统相似，抬头看看天花板，在天花板中间可以看到很多均匀分布的小喷嘴。喷嘴里面有玻璃的感应器，一旦破裂，水就自动喷射出来。

显然，sprinkler system 的喷嘴是封闭式的，管路平时需要保持，承受一定的压力。这就需要整个系统有蓄能器之类的保压装置。由于用于生活区房间，楼梯间的灭火保护，我们需要的灭火介质是淡水，而海水仅仅只是作为备用的应急水源。



系统由 sprinkler 控制站，管路，喷嘴，监测报警组成。这个系统比较简单，不做过多描述。

一些要求：

1.For existing fixed installations where passive protection requirements are not fully met, the accommodation spaces are to be protected by an automatic wet pipe sprinkler system supplied from the firewater system. Design of the system is to be based on NFPA Standard 13 requirements for light hazard occupancies, or other acceptable standards such as Chapter II-2, Regulations 12 of SOLAS 1974 and Amendments.

Fresh water is normally to be provided to fill the sprinkler piping. However, the system may be charged with seawater if precautions are taken to eliminate sediment and marine growth in the system.

2.SVR 4-7-3/9.5 requires sprinklers to be placed in an overhead position and spaced in a suitable pattern to maintain an average application rate of not less than 5 L/min/m² (0.12 gpm/ft²) over the nominal area (i.e., gross, horizontal projection of the area to be covered) covered by the sprinklers. However, the use of sprinklers providing an alternative amount of water suitably distributed so as to be not less effective may be considered.

最后一个是 **water mist system**，细水雾灭火系统，这样的翻译就可以看出来和前两个系统的差别，喷嘴里面出来的水滴很细小，同样地，这个系统也是用于室内灭火，淡水（海水应急），自动喷水，可分为高压，中压，低压。

高压---系统的管网工作压力大于或等于 3.45MPa 的细水雾灭火系统

中压---系统的管网工作压力大于 1.21MPa 且小于 3.45MPa 的细水雾灭火系统

低压---系统的管网工作压力小于或等于 1.21MPa 的细水雾灭火系统

高压和中压系统可用于配电间的灭火，由于水雾及其细小的缘故。



灭火原理：冷却，水雾切断包覆隔绝空气。

高压系统组成：高压泵组，水柜，控制阀，管路，喷头，高压氮气气瓶（备用），监测报警组成。

也有直接用氮气气瓶作为动力源的 **water mist system**，这里不做介绍

IMO MSC/Circ 668, 728, 913, 1165 对 **water mist system** 有详细的介绍和规定，我就不再赘述了。

摘录几条：

1. In accordance with paragraph 18 of MSC/Circular 668, systems capable of supplying water at the full discharge rate for 30 minutes may be grouped into separate sections within a protected space. However the sectioning of a system with such spaces must be specifically approved. In addition, paragraph 19 of MSC/Circular 668 indicates that regardless of the sectioning arrangements, the capacity and design of a system is to be based upon the complete protection of the space demanding the greatest volume of water. Accordingly, even if sectioning of the system within a particular space is permitted, the system still needs to be capable of supplying all nozzles within that space at the required pressure.

2. As indicated above, paragraph 19 of MSC/Circular 668 requires that the capacity and design of a system is to be based upon the complete protection of the space demanding the greatest volume of water. Accordingly, the calculations should evaluate the most hydraulically demanding space, as well as the space demanding the greatest volume of water.

33、 液压系统， **hydraulic oil system** 。

为什么需要这个系统？

平台上有很多设备都是液压驱动的，液压驱动有它固有的优点，相比于电气或其他驱动，可靠性，功率密度，精度，可控性，载荷量，维护等都非常有优势。

所以平台上，特别是钻井操作的工具，机械设备绝大多数都是液压驱动的。

这个系统的很简单，（请注意：海洋工程设计的是整体的系统，而非某个具体的部件，这是要强调的。）

核心就是 hydraulic power unit 简称 HPU



图中是一个很紧凑的 HPU，有 7 个马达，功率也是非常大的，适合在我们的平台上使用。

学过机械设备的朋友都知道，液压系统分为所谓的开式和闭式，开式系统的液压油和大气相通，容易氧化，带有油箱，闭式系统，直接就是进油回油循环。以前学的东西，如有错误请指正。

我们现在不关心这些，因为 HPU 不是我们设计的，直接买回来就可以用了。

接下来的是我们的系统设计就需要检查设备的图纸，核算设备的 capacity 是否足够，是否满足所有驱动设备的排量。

通常地，液压系统有 3 种重要管线，pressure, return, drain, 也就是动力油，回油，泄油。

pressure 用来直接驱动设备，压力很高，达到 3000psi, 也就是 207 bar。对管路以及附件都要能够承受这个压力，设计的时候请注意。

return, 从设备上回来的油，液压油不可能有去无回，（否则一是污染，二是银子），压力要低很多。可能只有 15bar 左右。

drain, 从设备泄油口出来的，比如压力过高从溢流阀出来的，压力只有 6bar。

也就是这 3 条总管，为了安全考虑，可以做成环线。HPU 就是给这 3 条环线供油，回油，泄油。

其他的设备就像是树干上的树枝一样，连接在这 3 条环线上，取出自己所需要的液压油。

这些设备，有很多，以后会在钻井平台设备专题中讲到。

34、 泥浆混合系统，

mud mixing system, 和 additive system 一起不可分。在混合的过程中，加入添加剂。

就混合和循环系统而言，船级社把这两个系统作为“重要系统”，而它们的应急系统被定义为“基本系统”。

混合系统大致描述一下：

1. 正常混合：泥浆混合泵 **mud mixing pump** 从泥坑 **Mud pit** 里面抽出泥浆，泵送至泥浆混合室（通常是散装物料储存室，便于叉车操作）。

在之前提到的 **surge tank** 的下方，安装有一个类似喷射泵的混合装置 **feeder**，经过泵加压的流体通过混合装置，需要添加的粉状物质在局部真空的作用下被吸入，混合。然后返回 **mud pit**。在这个过程中，必要的添加剂被一个叫化学物质添加器的装置加入到管路中，和泥浆一起返回。

在这个过程中，有一些设备他们分别是 [Big Bag Unit](#)，[Sack Cutting Unit](#)，[Surge Tank Feeder](#)（链接来自于 **Step Offshore**，著名泥浆处理系统供应商），详细资料可以进入他们的主页查询。

2. 应急混合：在这种情况下，就是直接往 **mud pit** 里面注入泥浆粉。需要用到的设备就是一个叫 **high-rate mixer** 安装在 **mud pit** 顶部的装置，动力源也是泥浆混合泵。不同的是，泥浆粉直接来自于 **bulk system**。下面是它的外形图：

系统作用，调节，混合所需要的泥浆，无论是油基还是水基。

35、 高压冲洗系统和甲板泄水系统。

这两个系统挺简单的，所以放在一起大致讲一下。

对于高压冲洗，就是对于通过高压泵组建立高压约 **100barg**，利用淡水对甲板进行冲洗，或则进行其他的用途。这个系统属于服务系统，和日用空气系统相似。不做过多描述。

甲板泄水系统，这个甲板泄水系统和舱底水系统不同。虽然都是疏水，作用一样，但目的不同。舱底水系统是保证舱室干燥，没有积水，保持水密舱室的完整性。甲板泄水系统是保证露天甲板没有积水，保持甲板干燥。

值得注意的是我们需要对不同区域不同对待，所谓的危险区域，和非危险区域。这个非常重要。对于舱底水系统也必须考虑这个。所谓危险区域，表示这个区域有可燃气体，说明这个区域存在油类。国际上对于海洋防污染是很严格的。所以对于危险区域的存在污染的泄水需要进行处理后才能排放到大海。

船舶压载主要是为了保证船舶稳性，船体强度、平衡及用于调整吃水，各舱之间的水应该可以互相调剂，不过船舶的管路就像人体的血脉，难免老化不通，届时只好另需他法。钻井平台的压载应该大同小异吧。

36、 快关阀系统，

顾名思义就是能够迅速把相关阀门关闭的系统。

首先我们得确定哪些阀需要快关。规范规定所有燃油日用，沉淀，润滑油柜对设备进行供油的管路上必须要安装有快关阀。这样，在火灾发生的过程能够在舱室外迅速关闭油路。顺便提一下，在上述舱柜上承受静压的阀门，阀体需要有足够的韧性，并且是能够关死。这些快关阀本身带有压缩的弹簧，通过一个小楔子卡在打开的位置上，一旦需要关闭阀，移开楔子就可以了。现在我们控制的就是移开楔子。通过压缩空气瓶，或则手拉钢丝绳可以实现这个目的。

值得注意的是，应急系统快关阀系统需要独立。气瓶的容量必须要能够使系统中所有的阀门同时关闭，记得好像是 3 次。

37、 切屑处理系统， cutting handling system，

也叫废物处理系统。

之前提到的在钻井过程中，由泥浆带上的切屑回到了地表。经过了泥浆的处理系统，这部分 cutting 被分离出来。那么这些 cuttings 该如何处理呢？这就是这个系统。

一般地，有三种方式：1. 直接排到海中， dump to sea directly； 2. 回注到海底的岩土中，也是我们常说的 cutting re-injection； 3. 暂时存放起来，由服务船舶拖回到岸上处理。我们一个一个来说，

首先，直接排海，海洋似乎真的就是一个大的垃圾场。我见过很多船舶直接把各种各样的垃圾，包括油桶，含油棉纱，油漆桶，生活废品在公海被统统掉了（中国的海洋环境保护刻不容缓）。这个方法最简单，最经济。如果说想要对海洋环境的进行最大限度的保护。当水基泥浆作为钻井液的时候，我们可以采用这个方法，毕竟在深海环境中，成堆成堆的垃圾没有足够的地方放。但是不要以为水基泥浆作为钻井液钻出来的东西对海洋环境没有污染，很可能这些东西无法降解。如何排放，我们知道在泥浆处理区域，具体地来讲， shaker 的筛面排出区，有一个钢结构的槽，也叫 dump trough，控制翻板来控制是否直接排海。如果是，通过大口径的通道 dump line 落入海中。

再次， cutting re-injection，听起来是一个不错的方法，切屑从哪里来，再回哪里去。通过往切屑里面加入海水，形成 slurry，在经过泵打入海底。对于海洋钻井来说，这个方法实施起来要相对困难很多。首相，必须要一根长长的管子能作为通道。第二，浆的浓度控制。第三， cutting 产生的速度，也就是相对应的回注速度控制，必要的话，需要一个缓冲舱。基于以上原因，事实上在新造的海洋钻井平台中，这个方法貌似不常见。

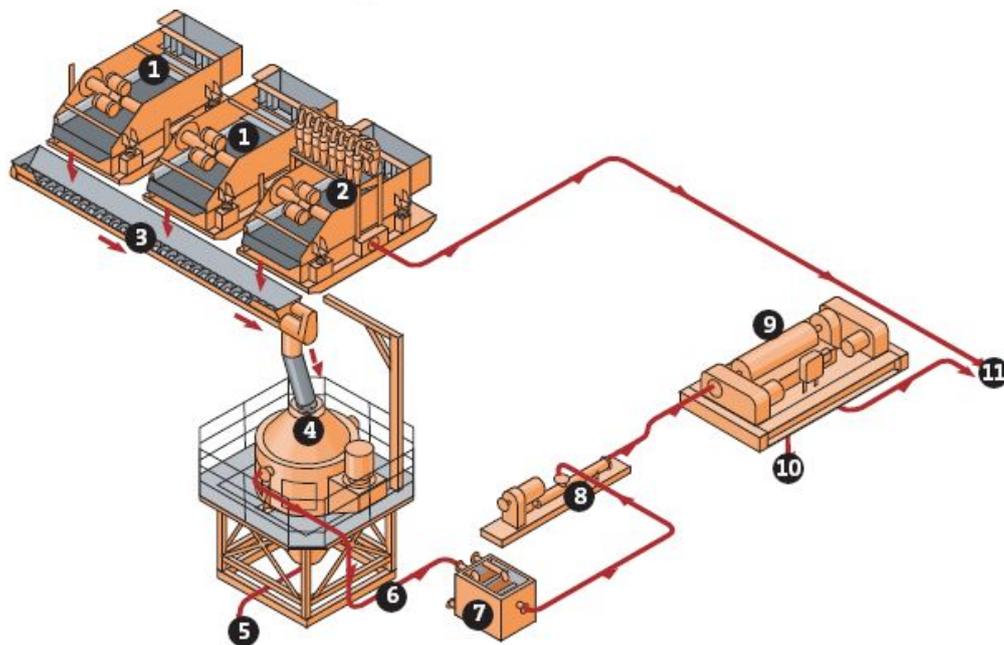
最后，回岸处理。前面提到控制翻板开控制是否排海，如果否，翻板会使得 cutting 滚落到一个螺旋传输器 auger 上， cutting 会顺着 auger 到达处理甲板上的处理区域。一般地，会首先进入到干燥器里面，干燥后的 cutting 被另外的螺旋传输器送到 cutting 存储箱 s 中，s 表示多个。这样一部分含在 cutting 中的 mud 在经过离心机通过转速差再次分离，最后回到循环系统。

现场照片如下：



记得之前有在其他文章中放一张图片。讲得很清楚。

VERTI-G with Auger Feed



- | | | | |
|---|------------------------|---|----------------------|
| ① | Flowline shaker | ⑦ | Catch tank |
| ② | Mud cleaner | ⑧ | Centrifuge feed pump |
| ③ | Screw conveyor | ⑨ | Centrifuge |
| ④ | VERTI-G cuttings dryer | ⑩ | Solids discharge |
| ⑤ | Cuttings discharge | ⑪ | Clean mud to active |
| ⑥ | Recovered mud | | |

上图 4 的真实图片。



38、 直升机加油系统 Helicopter refueling system

我们都知道远离陆地的海上钻井平台身处茫茫大海中，它们不会像船舶一样可以经常靠泊港口，进行人员的轮岗调休。平台上的工作人员都是要用直升机作为交通工具。他们辛苦几个月，然后就可以休息几个月。我们现在讲的直升机加油系统就是给直升机补给燃油（航空煤油）的系统。

这个系统可分为以下几个部分：1. 燃油存储罐， Aviation fuel oil transportable tank，用于存储航煤。2. 燃油输送泵， 电动或气动泵。把油从罐子里面抽出来，排入配给单元。3. 燃油配给单元，如同加油站里面的加油装置一样，含油计量，过滤，软管，加油枪等。通过加油枪加注到直升机油箱中。4. 控制面板。控制，监测加油系统。如下图所示：



顺便提一下，直升机加油单元属于危险区域，需要水喷淋保护。详细的资料请参考 CAP 437

39、 ESD 应急切断系统

因为不是电气专业，可能有说的不对的地方，还请热心的朋友指出来。

ESD, 全称 emergency shutdown。中文的意思是“应急切断”，属于电气系统的一个分支。

无论对于平台还是船舶来讲，安全总是放在第一位的-- safety first 。而这个系统属于保障安全方面的一个子系统。下面做适当的展开：

Fail Safe , ESD 的原则，我理解意思就是一些设备，系统出现故障的时候，不会危及到船舶安全，环境，和人员安全。这就需要判断，哪些系统或则设备坏了的时候是不会危及平台安全的，下面写几个例子：

1. 关闭状态--安全

普通的系统，比如，饮用水，日用空气，如果坏了，平台会沉吗？会发生火灾吗？会污染环境吗？会对人员构成伤害吗？

不做为动力定位的主发电机和推进装置。

2. 工作，或者可操作状态—安全，主要是相关的安全系统和基本设备

钻井系统，消防泵，用于定位系统的主发电机和推进装置，UPS-不间断供给电源。

安全方面：包含以下几个系统：

1. ESD 系统
2. Fire Fighting 消防系统
3. F&G fire and gas detection 火灾，可燃气体检测报警系统
4. Well control 井口控制系统

5. 通风系统
6. 处理切断系统
7. 报警通信系统

而这几个系统是息息相关的，ESD 与这些系统有相应的信号/指令输入输出接口，ESD 的处理单元位会接收，发出事先设置的逻辑信号，联动其他安全系统。

打个比方，我们的 F&G 系统监测到某个泵舱有火灾了，这时，我们的各个系统就开始联动起来了。首先，通信报警系统发出报警，会在有人的地方显示出泵舱失火了，下一步，人员开始行动，会按下机舱的应急切断按钮，ESD 系统发挥作用，首先切断泵舱的通风，如果里面有燃油泵，就会切断燃油泵。主动消防系统也随之启动。以上仅仅是一个例子，比较容易让人理解。

还有一点，ESD 是有分等级的。最高等级就是弃船切断，这时候仅仅只有电池供电应急电灯，导航设备在工作。打个比方，如果燃油泵漏油了，我只需要把泵停下来，阀门切断。而不会把其他不相干的设备也同时停下来。或则直接把整个平台丢掉，做直升机或者救生艇逃跑。