

Spar – 浮筒式平台设计建造

- 美国 ABS 的邱奇先生

我先自我介绍一下，我的中文名字姓邱奇，我的父母在台湾，我大学在美国，大学毕业之后在 1980 年加入 ABS，目前已经 30 年了。我学造船的，也学海工的，进入 ABS 以后，就专做海工部分，目前做了 30 年了。2004 年发现新加坡在海工方面要发展，所以把我调到新加坡建立整个海工的全功能的海工部。2008 年 8 月的时候，发现未来二十年，中国是海工非常重要的国家，所以把我从新加坡调到上海。我们目前成立了一个海工部。按照公司的计划，是每年要扩张，很不幸的，在 2008 年的年底，一个金融危机，公司暂缓海工的扩编。目前公司准备在中国建立一个全功能的海工部门。公司因为发现中国的海工市场，还有造船市场变得越来越大，所以从今年的 10 月 1 号，从亚太地区直接划分出来，单独成立一个地区性的公司，叫做 ABS 大中华总部，将来跟欧洲总部、美洲总部是平衡。10 月 1 号以后，上海是 ABS 亚洲大中华总部。

下面我们讲 spar，中文叫浮筒式平台。我们今天讲的是 spar 的设计和建造，但是在短短的三十分钟之内，不可能讲得很详细，只是粗略的提到设计及建造方面与一般的钻井平台不同的部分。有关它的细节技术部分，如果将来中国有任何单位找 ABS，是非常欢迎的。

目前全世界服役的 21 条 spar，我们 ABS 占到 20 条。

我们讲 spar 技术上的发展，第二个是讲 spar 入籍方面的规范。第三个是在 spar 设计上面，具有的一些特点及一些挑战性及在设计上需要关注的问题。

第一点，它跟一般浮筒式平台的特性不太一样，跟自升式平台或者是半潜式钻井是两种不同的特性。当我们在休斯敦审这个的时候，ABS 全世界没有任何的规范，我们一边摸索，一边审核，到了第三条以后，ABS 才从摸索中建立了 spar 方面的规范。

第三是在设计方面一些挑战性的问题，是跟一般海工其他的平台挑战性不太一样，它看起来很简单，但是它在操作的时候，有它的特殊性。一般来说，这个上层建筑物有一半的船是不入籍的，刚开始的时候，上部结构由石油公司负责的，目前 spar 也入籍了。

建造上面的问题，跟一般的平台是不一样的，然后还有一个安装，跟平常的船不一样，造完之后，直接浮在水面上，还有一个安装的原理，还要把上部的结构如何安装到下浮点上面，只有四个接触点，安装的过程常常会发生问题，如果安装得不好，在接口的地方会发生裂痕，造成很大的破坏。

目前，有一些新的创意，根据前三代的使用，作进一步的改进和优化。

什么叫 spar，它是根据它的形状来命名的，spar 就是一个人头，所以我们就搞浮筒式的平台。它是由一个大型的又深又长的大直径的圆筒，这个圆筒可以达到 150 多米的深度。因为我们知道波浪在水下 50 米以下，不管上面有多大的波浪，下面几乎是风平浪静。最大的问题，上面的风浪会引起导管架会受到很多的力，如果走道 spar 里面，再从 150 米的水下伸出来，等于所说风浪的影响是就很少很少了，被 spar 的圆筒保护住了，这是第一个概念。第二个概念，它这么长，在下面有一个下浮底是一个做压载的，最初的设计是装矿砂，但是研究发现，万一底漏了，矿砂漏了以后，船就会翻过来，所以后来改了装水，装比较高密度的盐水。如果这个船漏的话，只是密度稍微变化一下，不会把这个矿砂整个漏掉。在上层是一个浮体舱，最下面的压载舱是软体舱，因为硬底和软底有一个中间结构，当它树立起来以后，这个中间结构受的力永远是张力，因为它受了张力，所以它的结构可以做得很薄，它的板厚不会超过 1 寸半。但是以它的比例来比的话，比可乐罐头还薄。但是它的长处也就是它的短处，可乐罐很容易屈服，受到外力之后，造成折损的情况。所以它在安装的时候，最危险的状况，不是树立的状况，是在安装浮起来，从水平状态到垂直状态，如果控制不好，这个 spar 会整个折弯，因为它结构的一个脆弱性。所以这个地方做了很多海工的模拟，计算的模拟，倾斜角的时候，扶正的时间要非常的短，如果扶正的时间太长的话，就会造成整

个 spar 的折损。ABS 对外所有的能够让各位看到的，都要经过我们法律单位审核，他告诉我们，有些东西是因为技术上的转移，不能够白字黑字，但是可以用讲的。我是把几个特性，因为我做过，所以把它的特性摸到了，知道了它的特性，我们在审核期间，发现为什么跟其他的结构体不一样的现象。

这个 spar 第一个定义，它非常的深，非常的长，非常的吃水，它主要一个上船体，一个下船体。有一个浮筒，但是发现有很多的问题，在安装上面，在树立上面，如果在组装上面，稍微不注意，这个圆筒会发生变形，会发生折损，还有造价也不便宜。因为这个大圆筒所受的风浪力也不少。后来慢慢发展把下沉的一部分变成航架式，可以减少它的重量，可以减少建造的成分，可以避掉在组装、运送、树立的时候，没有第一代可能发生的危机。第三代，就是箱格式的，有 7 个圆筒，因为圆筒小了，这个强度方面就比较好。它的特性，在它的下底部装了高密度，最初的设计是放矿砂，后来发现有问题。因为你这个船有将近 150 米，它再摇晃的话，像一个摆垂，会有一个疲劳度，有一个离心率。如果在那个地区操作 15 年不变的话，怎么样避免脱底，后来他们想到了，干脆用不同的液体，密度不同。即使下面脱底了，也不会损失掉多少的压舱。还有一个定位系统的安装，它通常在海底抛置永久性的安装，当中主要是作为生产平台或者是作为井口的平台。必要的时候，它可以把钻井模块，上层甲板是一种模块的概念，如果要做为生产平台，是把生产模块放上去，如果要做为钻井，可以把钻井模块放上去。目前新的趋势，除了这个之外，也作为装载平台。另外船中部的空间来作为装卸平台。

最后一个，它不是一个缩写，就是一个字，因为是根据它的形而命名的。过去三十年来，这个 spar 的历史，第一条 spar 是在 1976 年到 1991 年，很多的记录上面写 1972 年建造的，我们 ABS 的记录是 1976 年。这是一个雏形平台，当时没有成型作为 spar，只是做一个雏形，在 1976 年开始服役。在 1991 年，准备除役，因为在舱里沉积了很多的杂物。我们现在目前为止，所有的 spar，都还没有一条被拆解过，被除役过。唯一这一条，在除役的过程中，不敢保证在除役的时候，不敢保证是否会折断，如果折断就会造成石油污染。后来在 1991 年的时

候，虽然它是除役了，但又恢复工作，一直到 1999 年才正式的除役，目前我们不晓得是沉下去了还是怎么样了。

1996 年，世界上正式第一代生产平台，当初我们接到这个工作的时候，我们不知道用哪一条法规，只看到一个圆筒，对它的特性完全不了解。等到我们慢慢的跟设计单位，跟学校，跟石油公司互相切磋，了解了。1998 年，为了改进，第二代的 spar 出现了，就是航架式的。2002 年是第三代的，是箱格式的，是由比较小的圆柱，通常是 7 根捆绑在一起的。现在新的叫 MINI DOC，它用半潜式的概念，它具有 spar 深吃水的特性，又半潜式的特性，半潜式的特性叫小水面积。中间我们放了一个垂荡杆，可以减少垂荡的幅度。

这个就是 MINI DOC，从上面看很像半潜式的，但是它比半潜式的深。还有它上面有垂荡板，两个功用，一个是减低垂荡的运动，第二个作为力挽的支撑架构。

稍微介绍一下第一代的 spar, Classic 造过三条，造了三条之后发现它有弱点，然后再做第二代，1996、1998、1999 年造了三条，现在 spar 只有一条，是 2004 年交货的。目前最多的主要是 Truss，目前 ABS 有两条到三条还在审核中，所以总共加起来，现役加上审核，将来要建造的一共 20 条，加上有一条在马来西亚石油公司拥有的。

那么它的规范，可以看到在 1996 年的时候，在 1994 年我们审核的时候，完全没有规范的，所以我们用了 FPSO 的规范，但是 FPSO 并没有明确的指明用 spar，我们当时用的是钢船规范，半潜式的规范，再加上 FPSO 的规范，作为一个综合的规范。但最主要的 80%走直接计算法则，规范只是在旁边做一个指导。直到 2000 年的时候，我们出来了一个取代 FPSO 的规范，直到 2004 年我们才有一个章节提到对这个 spar 特殊的要求。目前 2008 年、2009 年，我们做进一步的细化，进一步的规范要求。第二个我们参考的规范，因为它有上层结构，是用来炼油设施的，在海上平台设施的规范，在 2009 年作为参考。目前是以这个作为我们的

规范和指导。我们还有用其他的，除了红色的是我们主要的，在陆地上面主要采用的，其他的辅助指导和规范，浮动式平台，钢船规范，疲劳的规范，还有单点毛破（谐音）的规范，还有屈服硬力的规范。这个是跟结构有关的，右边是跟居住、安全、控制有关的。我们现在是讲可能会用风险评估，还有环保的问题，因为深水非常的深，要到 3000 米以上的深，用一般的传统锚链太重了，所以用了合成的锚链，缆绳作为抛锚系统。

这个稍微介绍一下，因为目前 truss spar 占的量非常大，它的直径是 27.5 到 45.5 米，它的吃水深度是 120 米左右，钢板的厚度只有 25 个毫米到 38 个毫米，所以用这个比例比的话，比可乐罐头还薄。上头是硬舱，是作为浮力舱用的，中间的结构体作为连接性，还有作为垂荡板，下面是软舱，是作为压舱用的，它左右不对称的，高起的部分也是一个浮力舱，它原来在水面上是水平状态，脱到操作地的话，会竖起，所以要有一点点突起。

这个是 spar 组装和安装的过程，第一张图是在组装状态，在岸上组装，然后要船装，这是一个非常关键性的问题，如果没有安排好，它会发生变形，或者在运输期间会发生转动现象。第三个是用船拖到作业地，到了作业地以后，然后压舱，把水放进来，然后开始树立状态，这个树立如果不好，它会断掉，在树立到一个阶段，它的时间要非常短，能够短到半秒钟、1 秒钟，如果停在那里不动的话，它慢慢会弯掉了，所以它的重量、排水、压舱，所有的控制在这个阶段要非常严格。以后如果要返役，怎么把竖立状态变成一个水平状态，这个过程不要发生断裂的状态。然后再把锚链固定好，再用上升甲板吊装，一种是用吊车的浮吊，还有一种把上升甲板做在浮体上面，然后把浮体跨过一个上体甲板，所以是有两种。

浮动式平台不同的地方，我们用的环境、载荷、设计参数是一般性的，可以不要指定的。这个 spar 通常做在那里十年、二十年、三十年不动的，所以它的条件跟指定作业区有关。

它在组合中，有各种不同的阶段，一个阶段是船装阶段，是用推出去或者用吊的，固定好。第二个从组装厂拖到作业厂，第三个在作业厂里面拖到安装位置。第五个是竖立状态，第六个开始安装。全部装好以后，再安装上层结构，上层结构的安装也是一个非常关键的问题，因为上层结构和船体只有四个顶，如果没有算好，会错开，会把下面的连接体破坏掉，曾经发生过。这个连接体下面，不是直接的硬式软件，是一个软式软件，是一个筒状的，为了防止硬碰硬，中间放了一个橡胶，如果没有算好的话，压下去以后，橡胶全部脆裂了。装好之后，用点焊的方法焊起来。上甲板安装，最后是测试，然后启动，开始运行。

它通常在上面是一个生产型的平台，对安全性有额外的要求。第二个它停在那里不能动的，所以它也不能进屋检修，所以我们要考虑到水下检修。第三个，一般来讲，它都没有法定认证，只是让船级社做第三方的认证，都是由船东自己负责。因为它通常是非直航的，它站在那里以后，这一生都不会动了。再有一个它的稳定性非常的强，但也有一个问题，大家知道一般的，当长的浪来了之后，强的特性就变成坏处了，水面是平的，长浪是有斜度的，因为它很敏感，只要一推它，它马上就回震，当它一倾斜的时候，上船体作业的时候，发现这个船永远是斜的，要好久才回正，这是因为稳度太强了。

这个是因为它有一个特别强悍的稳度，因为它这种结构造成它的重心永远在浮心之上，如果重心永远在浮心之上，就会有很强劲的稳定性的，如果海面是倾斜的话，它会跟着海面走，就会出现一个倾斜的状态，要很久才恢复。大家可以看到，在上部和下部，最主要支配它的稳定性的准则是完全稳度，是以它的设计力管最大的倾斜角来设计的，还有装备还有一个设计，不能超过 15 度或者是 25 度，超过就不能作业了，所以这是一个跟力管的设计来控制它的稳定度。

这里还有一个很奇怪的特性，我们叫做倾斜实验，除了做它的重量，还要测它的重心，但是 spar 没有办法做。因为它的稳度太强硬了，没有办法做倾斜实验。所以它的重量是我们先想吃水，然后它的重心的测试是用计算算出来的。那么怎么样算出来的？当我们计算的重量跟测试出来的重量接近的时候，我们就可

以算得可信度比较高。所以它的重心是一个混合式的。

这个是它所受的力，上面这个叫做运动特性，它上面受的各种力，第一种力是缓载力，通常是 100 年一遇的流转风载和浪载。第二个是他自己自由的浮力，第三个是它自己的重力，是它产生的惯性力，第四个它的锚链上面的力还有力管上的力，第五个会引起涡轮的振动。第六个上浪会打到上层甲板。第七个作业的时候，生产平台在钻井的时候所生产的力。第八个，就是在运输期间，在组装期间，在安装期间所额外受到的冲击力。

它的垂荡系统，周期是 50 秒，它的向浪性，对浪来的方向都是一样的敏感。因为它有很底的垂荡性，所以它适合干式的采油树。这个地方最重要的是锚链，因为水太深了，所以涵盖的面积几乎是休斯敦的面积。它是有一种半拉力式的。

因为这个锚系很深，我们就要考虑到它的长度，它的尺寸大小，就用到合成锚，合成的缆绳，最重要的避免合成缆绳跟海底接触，如果跟海底接触，就会产生不可避免的磨损现象。

打桩的方法，是打固定锚，一种水底和吸力式打桩。

最后介绍几张图片，在岸上组装的时候，分成四块，再造另外一半四块，然后把这两半合在一起，然后船装，然后再是竖立状态。

现在的新趋势，因为它用来除油了，所以我们设计方面，会做成一个双层体作为储油的功能或者是污染的问题。目前它可以在冰区作业，最新的发展，一个就是环形的 spar，中间的油井是圆的，而不是方的，还有一个中间的油井封掉，做一个通道