

国外潜艇不沉性研究的发展状况(下)

□ 阎学琳

潜艇的不沉性是日前拥有潜艇的国家十分注重的课题。在上期中，我们从潜艇的分舱和储备浮力方面向读者介绍了当今世界一些国家的划分方式。在本期中，我们将把潜艇不沉性其余几个方面的研究情况刊登出来。

关于压载水舱及其通海阀

在30年代中期以前，典型的潜艇结构形式是利用通海阀使得压载水舱容积得到最大限度地利用，以便增加在水面状态的储备浮力。后来的做法是利用格子板形式把主压载水舱的空气量限制到空气受压后能与进水压力平衡。其优点是结构简单，缺点是格子板开口大大增加了艇的水下阻力。前苏联强调对潜艇压载水舱安装通海阀，他们认为，无通海阀的艇由于丧失纵向稳性的沉没过程是很快的，从保证水上不沉性出发，在对C—99号潜艇事故处理中，前苏联国家验收委员会的文件建议：以后的潜艇要在艏部压载水舱装设通海阀。在同期建造的A—615型艇上艏部压载水舱已装设通海阀。近年来，他们认为这不再是一条必需的要求，其中也包含核潜艇。在大西洋沉没的K—8号核潜艇和“共青团员”号核潜艇都没有通海阀，两艘艇都在事故发生后已浮至水面，都是由于耐压壳体的密封破坏的结果，丧失了纵向稳性或丧失了吹除艏部压载水舱的可能性。当主压载水舱有通海阀时，不一定完全保证阻止潜艇的沉没，但可以减缓潜艇进入极值状态。

据俄罗斯专家介绍，“共青团员”号核潜艇储备浮力达水上正常排水量的36%，即使艏部两个舱室进水，也不会纵向失稳沉没。况且，艏部耐压体开孔也不大，水上状态海水不会那样迅速灌满舱室。因此，极有可能是主压载水舱密封性变形损坏，水舱进水。该艇的主压载水舱均为格子板形式，所以，他们首先采取的措施就是在新设计的艇上所有主压载水舱均装设通海阀。

关于安装可弃压载

某些类型的潜艇紧急上浮的最好办法，是抛弃沉重的压载龙骨、铅或钢制的锚链节，或扔掉安置在外部的蓄电池箱。在美海军中，这样的实践通常仅限于特种深潜器，其下潜深度太大，压缩空气实用排水技术对紧急排除压载水舱已不发生作用。

加布勒在所著的《潜艇设计学》一书中也指出，由于艇上要安排足够的压载物，使设计变得复杂了。由于可弃压载安装在耐压艇体外部，平时无法进行维护保养，因而会对使用的可靠性带来问题。更重要的问题是一旦抛弃这些压载，艇将失去再次下潜的能力，因此抛弃压载物的方法在军用潜艇上很少使用。另外，抛弃压载物使艇的稳性受到影响。

国外某些潜艇上装有应急可弃压载，例如，法国的“女神”号潜艇上有8吨，“阿戈斯塔”级潜艇上有2×7吨，CA级潜艇上有10吨，美国“海豚”号潜艇上有20吨。在和平时期发生水下事故时，可以抛弃这部分压载，迅速产生浮力使艇上浮。

关于潜艇的水下动力抗沉及其进展

1963年4月10日，美国“长尾鲨”号核潜艇在深水试验时，因主机舱内海水管路损坏引起舱室大量进水，使艇超过破坏深度而沉没。事故发生后，美国海军开始重视不沉性问题。各大国海军也着手进行研究。经过20多年的努力，特别是美国泰勒舰船研究和发展中心及通用动力公司电船部的研究，美国海军船舶局对每一艘新建的潜艇都要提供损害管制手册以指导抗沉。

60年代，美国海军实施了一项“潜艇安全计划”，进行了大量的模型试验，模拟了各种阻止潜艇下沉的方法，包括使用控制面、方向舵、吹除主压载水舱的水、倒车使航速降低等。并且在充分安全的条件下实施了实艇试验。除了预报下潜深度偏离外，还计算了每一级潜艇的负载能力以及确定潜艇在严重进水条件下上浮至水面的能力。即对每一艘艇作了进水恢复轨线的预测，并且得出结论，把压缩空气供入压载水舱的正常排水系统的空气流速太慢，不足以使潜艇从海难中恢复过来。

为此，美国采取了高压空气系统短路吹除，使高压空气应急吹除效率提高了几倍。国外还对潜艇主压载水舱的吹除技术作了多种革新，其中包括胼气体发生器和固体燃料气体发生器吹除。德国IKL公司1974年建造的206型U19潜艇上安装了该系统，艏主压载水舱在13秒内被吹除。用在美国潜艇上的类似系统亦可在美国专利3942456号中见到。前苏联在50年代后期就开始进行火药燃气吹除系统的研制，并装配到潜艇主压载水舱。

“共青团员”号核潜艇的中组主压载水舱装备了火药燃气发生器。

法国在潜艇水平舵卡和舱室进水的的天性方面为核潜艇开发了一套专门的分析方法，其主要内容包括：

- 在设计阶段关于结构和工艺的选择，以最大限度地减少这类事故的危險性和后果；
- 对水平舵卡和舱室进水时的潜艇特性进行分析，并确定最有效的恢复操纵方法。通过数值模拟或自航模试验给出部分结果，确定最重要参数对潜艇特性的影响；
- 规定潜艇操纵方框图，限定潜艇能安全航行的深度/速度区域范围。

作为成熟的潜艇安全计划，美国在60年代已制定出有关限制发生自发故障的最大海水管直径的规程。对通海吸水箱的艇体上的阀采用遥控，并在新设计中注意减少艇体内海水管路的尺寸。

80年代，由于计算机技术的发展，美国已能够精心制造出训练设施，并能进行完善而圆满的模拟。对潜艇机动现象有了更广泛的了解。主要内容有：

- 制定了常用的关键命令，规定了一组事先确定的为恢复潜艇应采取的措施；
- 加深了对艏升降舵卡上浮舵和方向舵大角度卡舵可能引起事故的认识；

- 研究了深度—速度曲线图，每一艘潜艇都有特别确定的水中操纵图线，该图线已由仅仅是岸上机关的技术建议发展成为海上部队正式采用的操纵指南，以保证舰升降舵卡下潜舵时能够成功地实施挽回；
- 在好几级潜艇的耐压体内已装备了啮合式舰升降舵下潜限制器，以限制舰升降舵卡舵的最大舵角。当航速达到最大速度的70%时，限制器就被接通，使舰升降舵卡舵时的下沉距离降低30%；
- 将自动化系统应用到挽回事故的实践中。

由于新近设计和正在建造的潜艇管系，包括阀、附件和机械，其可靠性至少同艇体一样高，在新潜艇中取消了60年代对潜艇在大深度低速航行时规定的极限界限。最先的建议主要是为了保持足够的航行速度，在海水管路的某些部分自发故障以及可能丧失推进功率时，能以惯性速度紧急上浮，直到压载水舱膨胀气泡提供浮力来克服进水的效应。

由于大多数现代潜艇的主压载水舱都比较小，在大深度下能够提供的上浮力有限，因而潜艇必须越来越大地依赖它的动力装置。水下动力抗沉直接有效的措施就是增加利用艇体和升降舵的流体动升力使艇上浮的速度。

现代的水下动力抗沉，需要一个综合性的应急措施，他们包括：方向舵操满舵，制造上浮纵倾角，舰升降舵和舵升降舵合理使用，应急吹除压载水舱水，常备正浮力效应，螺旋桨的合理使用，抛弃固体压载等。舰升降舵和舵升降舵合理配置和使用方面，主要有事故状态下的自动操舵，舰升降舵采用大小舵，左、右舰升降舵独立操作乃至安装X型舵等。

关于耐压艇体上的开孔和贯穿件问题

耐压艇体上的开孔和每个贯穿件都需要采取特殊的设计方法，如潜望镜贯穿口、通海阀等。从艇内穿过压载水舱或接入压载水舱的管道、拉杆和电缆等的管节、填料函和法兰，始终是进水的危险根源。密封不好的鱼雷装载舱口盖、残渣抛出装置、烟火信号装置的发射管和蓄电池吊装口等也是漏水的危险部位。

核潜艇上动力装置的冷却水系统管道开口直径大，给设计带来很大困难，因为在非常大的深度时，也必须保证其耐压艇体上的贯穿口与海水相通。由于大深度下舱室进水可能造成难以挽回的沉没事故，所以，美国从60年代起就注意减小开孔直径。据前苏联资料的统计结果，近10年来，折算到每个艇员身上的舷侧开孔数量增加了20%。为适应大深度潜航的需要，“共青团员”号核潜艇的耐压艇体上的开孔数量已在设计阶段给予了重视。它的耐压艇体上的开孔数量比其排水量小3倍的常规潜艇的数量还要少，这也是在1000米大深度上航行的核潜艇的特点之一。国外研究舱室进水大都只考虑通海管破裂的情况，分析其进水的后果，其目的是为救护潜艇创造条件。法国潜艇专家还假设在反应时间(30~45秒)后已损坏的管道可通过操作遥控阀关闭。

能减少进水事故后果的条件是可以选择的。在最大工作深度上进行操作时，可将冷却水系统管道的阀打开到刚好够保证冷却设备的需要，并配备现场经过特殊训练的工作人员以缩短关闭时间。采取这两种措施将会极大地增加潜艇的挽回能力。

美国“长尾鲨”号核潜艇在水下200米深处发生沉没事故后，负责调查事故的美国国会委员会得出的结论是“压载水舱吹除系统的排水能力作为大深度高性能的大型核动力潜艇应急系统是不够的”，这一结论导致了在美国核潜艇上安装了与专用气瓶组相联的大孔径应急吹除系统。即使如此，应急气瓶组的重量和容积也是有限的。重点是放在预防方面而不是放在补救措施方面。因此，大量的投资用在了质量控制和生产技术的改进上，以保证海水系统管路的完整性。另外，还装设了潜艇进水报警系统和独立控制的通海阀。

核潜艇沉没事故的分析及防止措施

自核潜艇问世以来，至今共发生核潜艇沉没事故13起，其中美海军3起，前苏联海军9起，英海军1起。

1986年10月6日，前苏联一艘Y级核潜艇在大西洋爆炸沉没。10月3日，该艇水下航行时，突然一枚导弹的常规燃料爆炸，引起火灾。紧急上浮至水面后，发现该艇一个导弹发射筒的盖子掀掉，指挥台围壳后面被炸开一个洞。该艇于10月5日扑灭火灾，但海水从炸开的洞漏入导弹舱内。10月6日在商船拖带过程中沉没。

1989年4月，前苏联“共青团员”号核潜艇在水下艇舱起火后，成功地上浮至水面，最终是在事故发生后6小时才以很大的舰倾沉没。在下沉前半小时内，尚未有明显的海水进入耐压壳体的迹象。

1963年4月10日，美国“长尾鲨”号核潜艇在水下200米深处发生进水事故后，用高压气吹除压载水舱试图上浮，未能成功。40多分钟后以很大舰倾沉没在水深2560米的大西洋中。事故的最大可能原因是海水系统中的一根海水管道破裂。

1968年5月22日，美国“蝎子”号核潜艇在水下60米深处航行时，在没有预兆的情况下，该艇突然出事，沉入海底。据报道，该艇是与海图上未标明的岩礁相撞，残渣抛出装置进水而沉没。

潜艇事故原因，一类是结构和技術上的，一类是在航行条件和紧急情况下出现的。前一类是在设计和建造过程中产生的，如“长尾鲨”号核潜艇就是一起典型的结构事故。技术审查表明，海水系统是按照适用于陆上电站的公式计算的，这些公式假定海水管道的连接具有长的直段，而在艇上受到安装空间的限制，几乎完全是由没有任何直段的连接管组成的。因此，管路实际的应力状态与计算条件差异较大。再如，前苏联在消防系统的设计上本身就存在缺陷。“共青团员”号核潜艇失事后，前苏联政府调查委员会的调查结果指出，60~70年代研制的某些设备在防火方面可靠性差，在舱室压力增高的情况下不能有效工作。针对这一原因，他们起草了“提高潜艇的防火能力”的文件，对在建造和服役的潜艇首先在防火方面确定应采取的工程改进措施。另一类是在勤务过程中产生的，如在熟悉和掌握潜艇性能和技术、训练艇员、采取损管措施等方面存在问题。所以，预防措施也要从这些方面考虑。

首先要提高对事故危害性的认识；其次是要有一个健全的组织系统，如美国在1969年专门成立了一个安全中心，安全中心已研制了一种舰船安全系统，现已用在美核潜艇上。艇上要成立专门的损管部门，加强对潜艇官兵的教育和训练。

最后，就是改进潜艇的性能、结构，装备成套的损管系统和设备。如前苏联推广计算机在损管中的应用，帮助损管部门人员进行问题解算，评估艇的破坏程度，确定破损部位、损失的稳性和储备浮力，提供事故应急处理措施。另外，前苏联新研制了自动显示系统和参数显示设备，安装在多事故舱室。

本文在编写过程中，得到黄庆德副总工程师、陈源高级工程师的帮助，宋学斌副总工程师审阅了全文，在此谨表谢意。



MSEO

