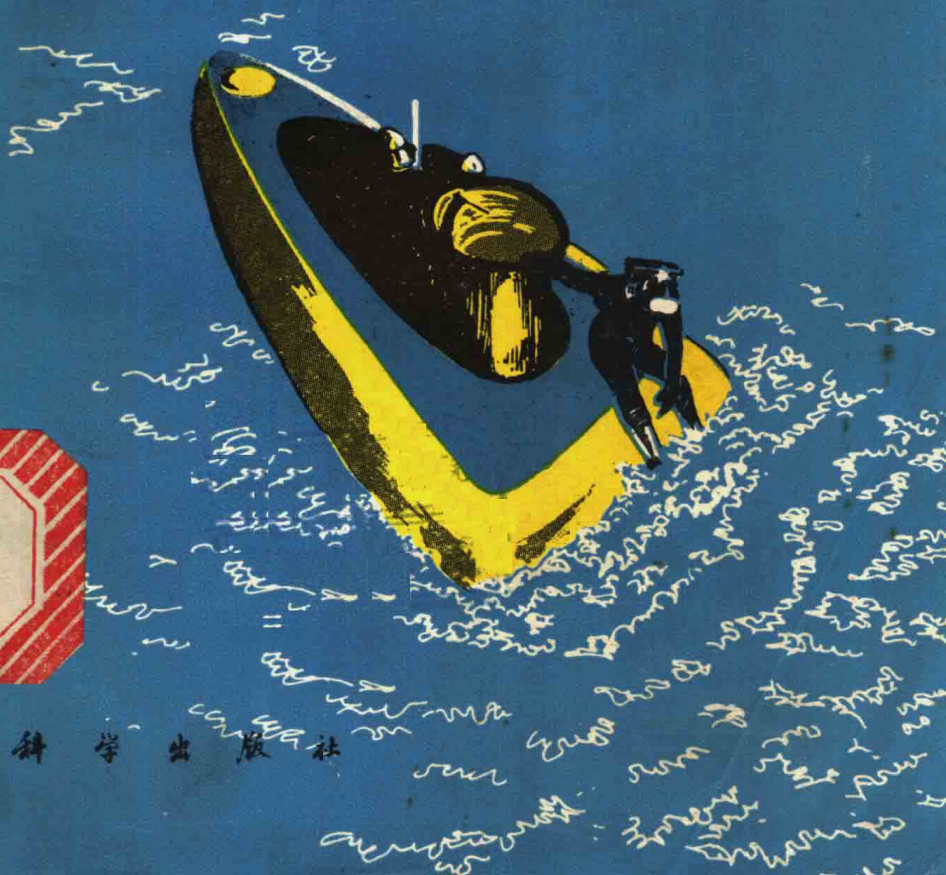


R. 古德费洛 著

水下工程



科学出版社

水下工程

R. 古德费洛 著

陈舜年 陈德源等 译

科学出版社

1980

内 容 简 介

本书详述了各国海洋工程技术近十年来的发展概况。全书分为七个相对独立的章节,重点介绍了潜水技术、水下设施维修技术、潜水器应用,以及海底石油开发工程。反映了国外这方面当前的技术水平和今后的发展趋势。

本书可供从事海洋工程的科研、生产、教学、管理等有关人员参考。

Ron Goodfellow

UNDERWATER ENGINEERING

Petroleum Publishing Company, 1977

水 下 工 程

R. 古德费洛 著

陈舜年 陈德源等 译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年9月第一版 开本: 787×1092 1/32

1980年9月第一次印刷 印张: 4.12

印数: 0001—1,650 字数: 100,000

统一书号: 13031·1337

本社书号: 1856·13-17

定价: 0.70 元

译 者 的 话

辽阔富饶的海洋，占地球表面的 71%，蕴藏着极为丰富的天然资源。近一、二十年来，由于人类社会文明的进步，对能源和资源的需求更加紧迫，因此，研究海洋、利用海洋、开发海洋，已引起了越来越多的国家的重视。

海洋工程正是为适应上述需要而产生的一门综合性工程技术学科，她是以海洋开发为对象而划分出来的。海洋工程的目的纷繁多样，领域十分广泛，涉及到许多学科和工程技术的协同努力。而且，随着生产力的发展和科学技术的不断进步，海洋工程包罗的范围还会扩大，有些部分将形成独立的工程体系。因此，现在尚难对海洋工程包括的内容给出明确的定义。就目前而论，海洋资源开发、海洋土木工程、海洋动力能源利用技术装备、海洋设施的安装和维护保养、潜水技术与器具、海洋“牧场”“农场”、海洋空间利用等等，都属于海洋工程范畴。

我国岸线漫长，海域辽阔，陆架宽广，岛屿众多，矿产、生物、化学和动力资源丰富，具有发展海洋工程学科的良好条件。为此，我们翻译了“水下工程”一书，目的在于介绍国外海洋工程技术的水平和发展动向。

“水下工程”的作者，长期致力于海洋开发工程，并担任高级技术职务。他对海洋工程活动技术现状进行了详述，对其未来做了展望，这对我们开展工作很有裨益。本书除了对海洋石油天然气开发工程系统做了描述外，重点对海洋工程各系统的通用知识和技术手段进行了论述，诸如水下特定环境

对工程技术人员的要求，潜水技术、水下运载工具、水下设施的
安装、观察和维修、动力和通讯导航，内容广泛，观点明确，
有一定参考价值。

本书还有下列同志参加翻译工作：徐丽生(第五章)，葛
运国(第六章)和杨坤汉(第七章)。

在译文脱稿前承蒙廖云和工程师提出宝贵意见，深表感
谢。

由于我们的知识浅薄，错误之处在所难免，敬请读者批
评指正。

序 言

在过去十年里,欧洲专属水域内的近海作业,已对各种新技术和新发明提出了要求。

混凝土用于笨重的结构,潜水器用于管道检查,以及管道敷设技术的进展,都对工程师提出了大量的多方面的要求。不仅近海油气工业如此,就连渔业工业,也需要工程师具有熟悉这一特定环境的技能。

为适应食品和能源空前增长的需要,许多国家正在向海洋进军。因此,未来的十年,这一领域将进入令人鼓舞的时期。

我们将看到,潜水员超越 1200 英尺这个一度令人担忧的“氦障”深度;潜水器和电视系统的发展,能够有效而清晰的记录海底及其上面的各种结构;同时将看到,完成海底大量生产任务所必需的控制器具和机械人会更加完善。

过去的十年中,上述诸方面已取得了显著的进展。未来的十年,随着技术和技能的改进,必定会继续提高。还有大量的工作要作,尤其是有效的检查系统以及改进的或者新的维修技术,将会得到发展。载人和不载人的运载工具的应用将会增加,它们的用途正在更加明确的肯定下来。

在这一广阔的领域中,人类的聪明和才智将继续起主导作用。设计、制造、装备和安装将是整个工作的核心。因而,非常重要的一点是,水下工程师应充分理解他的作用以及对人类利益所负的责任,以便能够在这个非常重要的天地里稳步地有效地前进。

目 录

序言	iv
第一章 水下工程师	1
第二章 潜水技术	11
第三章 检查和维修	28
第四章 水下运载工具	49
第五章 水下动力源	78
第六章 海底石油开采	93
第七章 通讯和导航	125

第一章 水下工程师

在海面、海中和海底进行作业,已经和继续对人类工程技术能力提出挑战。

当前,出于食物和能源等生命攸关的资源的急迫需要,人们以空前的规模转入海洋这一广阔的领域。海洋的财富正处于工程涉猎之中,但更大的潜力仍有待于具体挖掘出来。因此,需要机械、电子、建筑和仪表工程师的技艺相结合,向着共同的目标——海洋进军。

海洋工程的活动范围很广泛,从航运、渔业,直至海上钻探和潜水,都包括在内。它是一个国际性的、多学科的问题,并且始终存在着技术、经济和政治三方面的互相制约。

有志于卷入这一活动的工程师,有四门主要课程需要研究:

(1) 绝不要低估海洋产生的风、浪、潮和海流的能量和威力,这些能量产生的动力是巨大的,并且以相当大的力量作用在建筑物上。

(2) 熟悉环境条件。工程师应当接受潜水训练,这种技艺是非常宝贵的。

(3) 设计时考虑环境条件。要把压力和浮力的有利条件考虑进去,在深水中控制环境,首先要注意到温度。切记:不要把事情弄得复杂化。寻找水下失事是费时的,一般是水上的三倍,而耗资则增加五倍之多。

(4) 你要从事适应水下环境的设备和技术方面的研究工作,你就要花时间,而且更多的时间和精力应当耗费在水上,

然后才进入浅水区,再其后才能到深水区并进入使用状态。设备的长期可靠性和寿命是不能用时日计算的。

时间因素极其重要,因为经验是买不来的。目前许多国家正在花费时间和资金发展海洋,如美国、法国、挪威等,明显地居领先地位,而英国与海洋打交道则有着悠久的传统。

许多近海工程的改革,正在欧洲水域进行试验。目前,由于能源危机,更加速了工程技术的进展。过去,人们曾认为开发水下能源是不经济的,而现在考虑的,则是用什么样的工程技术来提取它们。

本书各章按顺序研究水下工程各种不同方面的问题。但必须清楚地知道,这一领域正在迅速地前进,而且许多工程技能和训练是针对某一项计划的。未来的十年,人们将会看到,潜水深度超越 300 米,潜水器和水下自动机械会有更多的用途,海底油井将会向更大深度和更远的海域发展。

一、环 境

海洋覆盖着地球表面的 70.8%,总面积为 139,480,000 平方英里。世界海洋水深图的研究表明,绝大部分陆地完全被覆盖着浅水的台地所包围,这就是众所周知的大陆架。

世界海洋总面积的 7.5%,处于深度不超过 200 米(600 英尺)的大陆架之内。陆架的宽度,在非洲西海岸部分几乎为零,而在路易斯安那和得克萨斯沿岸的宽度,最大竟达 1500 公里。

大陆架的意义在于表明,冰期之后,随着冰的溶化,沉浸下去的大陆向海继续扩张。这意味着陆架的岩床实际上形成了与相邻大陆区域地理学上的连续性。

由岩床构成的陆架表面,可能是平滑的。但常见的表面

是不规则的,上面覆盖了一层近代沉积物,并且由于陆地上一些大的河流,如西非的刚果河和美国东海岸的哈德孙河,将陆架表面冲成了海底谷地和峡谷断裂。

夹带泥沙的急流,高速冲向大陆架,在其边缘以外的海床上受到阻挡而卸掉泥沙,使这些峡谷割裂。沉积物的这种运输方法,就是人们所熟知的浊流沉积。

延伸到大陆架以下的海床,由大陆坡和深海平原构成,大陆架边缘以下,海床更加倾斜,以大约 1:15 的梯度规则地向下延伸,直至平均水深大约 6000 米(20000 英尺)的深海平原。

深海平原被海沟割裂开,如南太平洋的马里亚纳海沟,这是 1951 年“挑战者”号(Challenger)探险时,记录到的世界海洋最深部分,水深达 10907 米。

深海 这些深渊及其平原上覆盖的沉积物是由粘土、动物和植物残骸构成的,它们经过了漫长的缓慢积累过程。取样证实,沉积物所记载的年代远到几万年以前。

深海平原的表面,也被海底山脊和海底火山截断。南太平洋有一些活火山,其它火山是长期存留的死火山。

海脊对了解大陆和海洋的起源是非常重要的。人们对于海脊的概貌,已认识多年了,但对其细节的研究,仅是近年的事情。现已弄清楚,有一个连绵海底的中央海脊,通过世界大洋,延展 40,000 英里左右。

海脊被断裂或断层截断,脊峰在深谷附近突升起来。海脊中最著名的,是中大西洋海脊,它从冰岛附近向南伸展,形成北大西洋海脊,然后进一步向南延伸,直到南美和非洲大陆之间,形成南大西洋海脊中段。

洋底沉积物表层下部是玄武岩,它覆盖着地球外壳的深地幔。与大陆(包括周围的大陆架区域)花岗岩底床对照来看,花岗岩是覆盖在玄武岩底层之上的。

测量不同深度海水的温度，同时通过测定盐度的科学方法跟踪海水，得到了像海表面一样的各层深度的海流知识。通过这样的观测方式，曾导出大洋环流理论。冷水团在高纬度区下沉，流向赤道，被从表面流向两极的暖水团置换。我们的许多知识一直是从研究海水温度、盐度和密度分布中建立起来的。

冷水源 明显地存在两个大而深的冷水源，一个位于南极附近的威德尔海。在大西洋、印度洋和太平洋底部，都找到了它带来的非常冷的水团。另一冷水源，是在大西洋最北边下沉的稍暖的咸水源。该水源在底层水上方向南扩展，在南极形成底层水与更冷更淡的表层水之间的温暖中层水。

风最明显的效应是产生波浪，也有一部分能量传递给海水，带动它形成海流。但是，风的力量与海水的重量相比，是不大的，因此，必须经过一定的时间后才构成海流。印度洋的研究表明，西南季风要用一个月左右，才能产生沿非洲东海岸和赤道北部的强大索马里海流（Somali Current）。

有时风的形式促使海面倾斜，造成陆地增水。这种方式产生的水平压力梯度。在海洋深部和海表面引起了海流。墨西哥湾流似乎就是这样一种由东北信风和赤道流维持的巨大海流。

即使在小的海区，地球旋转也对潮汐和海流有重要的影响，在赤道附近影响最小，向两极方向增加。直到最近，才对风、地球旋转和密度差三者可能产生的综合效应，进行理论研究和观测工作。

海流最主要的影响，也许是对气候方面的，由于它携带大量的冷热水团，影响到从海洋到大气的能量传输模式。但是，目前有关海洋到大气的复杂的相互作用关系，仍然了解得很少。

二、当前的活动

很显然，鱼类是我们从海洋获取食物的主要部分。近年来，每年平均鱼获量约4亿吨。表1-1列出了传统习惯上可捕的鱼获量及其产品。

表 1-1 各洋区不同种群的鱼获量(千吨)

	鳕 庸鳕 鲑	普鳕 狗鳕 黑线鳕	海鲈 鲈鱼 海鳗	麻哈鱼 鳕 鳕 秋刀鱼	鲱 沙脑鱼 鲱	金枪鱼 鳀 旗	鲭 蛇鲭 带鱼	鲨 雷氏乌鲂 银鲛
西北大西洋	298	1524	353	14	859	18	398	39
东北大西洋	366	3964	691	295	1889	53	378	103
中大西洋西部			201	47	635	46	2	8
中大西洋东部	13	49	294	549	957	209	300	17
地中海、黑海	11	32	102	81	431	37	13	14
西南大西洋	7	134	177	68	184	12	9	24
东南大西洋	3	1121	88	375	1102	22	72	6
西印度洋	10	7	324	69	331	136	149	116
东印度洋	1		89	26	58	49*	33	29
西北太平洋	310	78	783	666	961	336	1558	54
东北太平洋	257	1623	307		114	20		3
中太平洋西部	6		265	422	158	186	198	30
中太平洋东部	6		29	27	222	317	1	8
西南太平洋	1	37	49	31		82	19	5
东南太平洋	1	99	25	198	5638	71	9	10
合计*	1228	11472	3774	2870	13535	1594	3131	466

* 此合计数有错——译者。

虽然鱼类只代表着海洋所生产的较小部分有机物质，但是鱼类集中了这部分有机物质。因为各种有机物质在海水中总量尽管极其丰富，可是提取和处理却是很困难的。

为保持渔业处于最有利的水平，必须采取某些控制措施。

但采取的方法,必须考虑到既不造成捕捞过剩,又不损害渔业经济利益。目前采用了各种方法,有在一年中规定一段时间封闭渔业基地;也有规定捕鱼尺寸,捕小鱼按违反国家渔业利益论处;以及限定渔网网眼尺寸等。

世界上有几个地区,已出现扩大新渔场的可能性(见图1-1),如果保证现在的年生长率,那么从海洋中捕获的鱼和其它动物总量,在不久的将来,每年有可能增加4倍,譬如说,到下一世纪初,每年达到16亿吨。

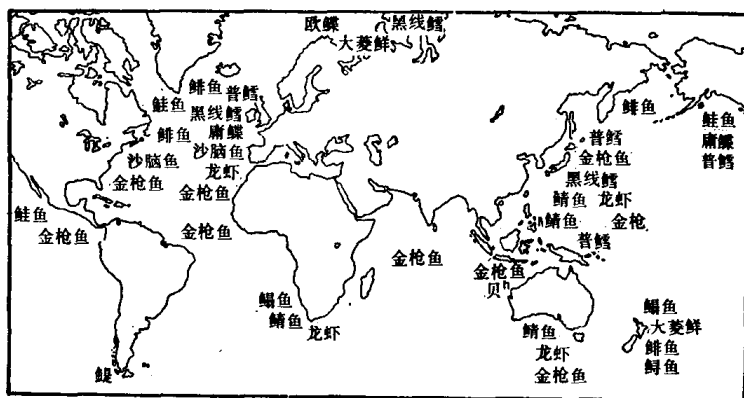


图 1-1 世界主要渔场及各地的鱼类

除了食品外,不应该忘记,海洋生物中还有其它对人类有用途的产物。海洋中含有已知元素的绝大部分。只是由于这些元素大部分在海水中浓度太低,以致提取它们很不经济。然而,海洋生物对许多元素进行了浓缩。因此,从生物中提取它们已成为非常可行的主张。例如,从海藻灰中提取碘,已有很长的历史了。

自从出现了文明的曙光,人们就靠阳光蒸发海水来提取食盐。时至今日,世界盐产量的绝大部分,仍是从远古海洋蒸发后埋在地下沉积物中开采到的。而在没有盐沉积物

的地区，靠阳光蒸发海水的方式制盐，始终是非常重要的商品生产，而且同时生产淡水。对于海水中的溴化物、氧化镁和钾这些化学物质的提取，是近四十年当中才加以认真考虑的。

自然资源 多年来，工业生产就与获取海底及其下面岩层中的自然资源有关。大陆架底下的天然气、原油，和煤一样，也已开采很多年了。但对于海底的巨大宝藏，直至近二十年间，才被人们充分认识。

海底有用的矿产资源，是多种多样的，包括用挖泥机及类似技术从海底表层得到的砂子和砂砾沉积物，直到在海底以下钻探 15,000 英尺取得的原油。

如同科尼什 (Cornish) 的铁矿、锡矿和世界其它地方的矿产开发一样，苏格兰海岸外水下煤矿的开采，已有几百年的历史了。

海底的全部矿藏中，天然气和原油占居重要地位。目前，约占世界 17% 的原油和 4% 的天然气，是从大陆架地区开采的，它们绝大部分以沉积物的形式存在，并扩展到海岸。估计 1980 年左右，产量将增加到 38%。

人们不太熟悉的比较稀有的矿藏，是在大陆坡上端部分形成的磷酸盐结核。只在局部地区发现它们，如在南加利福尼亚外海，磷酸盐贮量估计有 1.5 百万吨。虽然还没有进行商业性开采，但它们却代表了磷酸盐的战略性的贮量。

在大洋深部洋底上，已发现了其它矿物结核——锰结核。它含有高达 24% 的锰，而且通常都与其它多种矿物共存。

1964—1966 年期间，在红海发现了一种具有潜在经济价值的新资源：高浓度卤水。由于它含有高百分比的铁、锰、锌和铅等金属，因而在近年来出现开采的光明前景。

三、近海油气

世界近海石油生产,目前每天已达到 10×10^6 桶,预计到 1980 年将增加到 40×10^6 桶。英国在北海的油田,预测具有的生产能力,在 1980 年将达到 $3-4 \times 10^6$ 桶,与目前英国的消耗量 2×10^6 桶相当。

扩大近海开采的巨大期望,指出了人们在未来十年里海洋生产活动设想的规模(见图 1-2)。尽管其它矿藏存在海水中或海下,并且象渔业生产活动也仍有潜力,但是油气生产,将驱使人们在今后的年代里进入海下。

当前近海生产活动,从各方面都要求人们进入海底:

输油管,出油管和贮油罐的连接;

钻井时,井喷防止器(BOP)机架的安装;

建筑物、钻探设备、出油管、立管、各种输油管路和防腐系统的检查维修;

切割和清理作业,回收零件(安装错了的)。

此外,由于人们迫于在更深的水域寻找能源,采取在海底建造完备的油井,同浮动的原油处理设施构成一体的方式,由于经济 and 合理,将会更加普遍。除了上面列举的活动外,下述诸方面的工作,亦需要人们进入海底:

海底油井口的维护保养;

钢缆和出油管内的维护;

集接管路和控制系统的修理;

阀门的操作和更换;

检查;

焊接。

已经采用的海底焊接技术,在克服环境引起的各种问题

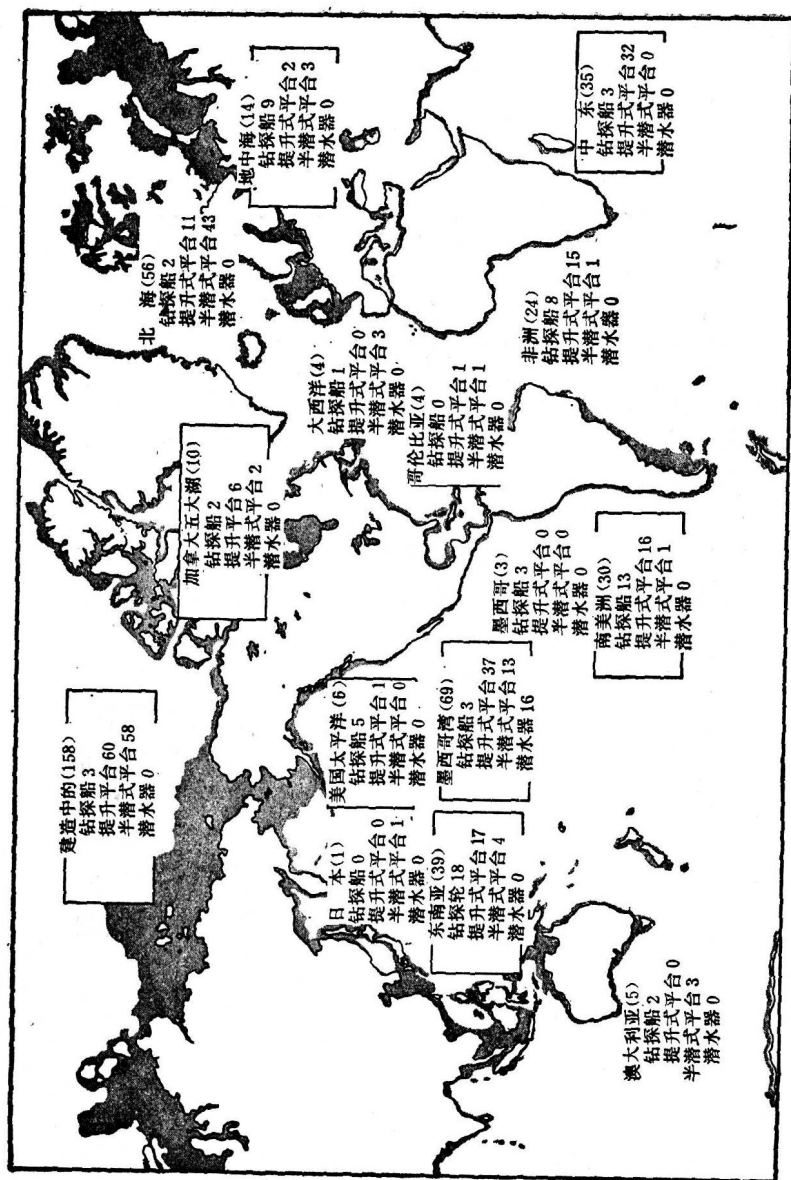


图 1-2 1975 年中期各国活动式钻探装置的位置

方面,是有特殊意义的。例如,在 150—200 英尺水深中,利用潜水员进行的湿焊接技术,已应用好些年了。但这种焊接方法形成的焊接点,不适于承受重负荷。因为:

快速淬火,使熔渣夹在里面;

形成马氏体;

水电解的后果,以新生态形式释放出来的氢气,导致材料脆裂。

问题的解决 为克服焊接中的这些问题,需要提供一个干燥的环境。是否采用这种方法,取决于作业水深和经济价值。在深度适合于潜水员焊接的情况下,用一个罩子将焊接区罩起来,通过惰性气体将罩内海水排出,这样就可以得到一个局部的干燥环境。

用上述方法造成的局部干燥环境,同其周围海水处于同样的压力之下。焊接人员将焊枪伸进罩内进行焊接。为保证操作时能用眼睛控制,罩子要用透明材料制造,同时,要用轻便的手提式焊接工具。

在更深水下,利用潜水员作任何长时间的作业,都是耗费资财和罕见的。目前正在研究一种具有干燥和控制环境的高压舱室,焊接人员在这样的高压舱内,仅承受一个大气压,他可以像在陆地上一样进行作业。

没有一个人可以成为全能的水下工程师。但是需要一支受过多方面训练的队伍,应具备广泛的技艺,以满足水下这一特殊的环境。这就是对水下工程师的要求,这种要求将不断地增加。