

国外海洋石油钻采集输设备参考资料之五

海洋钻井水下工具

全国石油钻采机械行业技术情报网

兰州石油机械研究所

1979年5月

· 国外海洋石油钻采集输设备参考资料之五 ·

海洋钻井水下器具

兰州石油机械研究所编译

兰州石油机械研究所

前 言

遵照伟大领袖和导师毛主席关于“洋为中用”的教导，为了适应当前我国海洋油气勘探与开发的大好形势的需要，全国石油机械行业技术情报网组织了网成员单位：641 海洋研究所、627工程筹备处、华东石油学院、兰州石油机械研究所等四个单位，并邀请了天津大学、第二海洋地质调查大队、上海交通大学、同济大学、一机部情报所等五个非网成员单位共同编译了几种国外海洋石油钻采集输设备参考资料，供从事海洋石油工业的有关人员参考。

由于我们收集的资料不全，水平有限，错误和缺点在所难免，请读者批评指正。

全国石油钻采机械行业技术情报网

1979年5月

内 容 提 要

本资料主要介绍了国外海上浮式钻井水下器具中井口头、防喷器组、防喷器组控制系统、液压连接器、水下安全阀、隔水管等部件的主要结构和性能。本资料可供从事海洋石油工业有关人员参考。

目 录

一、绪言	(1)
二、海底套管吊挂系统	(4)
(一)海底套管吊挂程序	(4)
(二)其它类型海底套管吊挂头	(17)
三、海上浮式钻井水下井口系统	(23)
(一)浮船钻井实例	(23)
(二)井身结构及套管程序	(26)
四、井口头	(31)
(一)临时导向井口盘及其送入工具	(31)
(二)导管、导管头及其送入工具	(35)
1. 30"导管头送入程序	(35)
2. 30"导管头送入工具	(41)
3. 快速销锁接头	(42)
4. $16\frac{3}{4}$ "SG-1 及 HB-3 套管头试压工具	(44)
5. 美国 A—Z 国际工具公司钻井下导管一次完成工序	(45)
(三)导向基架	(45)
(四)套管头	(49)
1. 维特公司 $16\frac{3}{4}$ "HB-3 型具有三个吊挂位置的套管头、护座以及送入和起出工具	(49)
2. 维特公司 $16\frac{3}{4} \times 13\frac{3}{8}$ "HB-3 型套管吊挂头、密封组件、护座(防磨补心)以及送入和起出工具	(58)
3. 维特公司 $16\frac{3}{4} \times 9\frac{5}{8}$ "HB-3 型套管吊挂头及其 $16\frac{3}{4} \times 9\frac{5}{8}$ "直接驱动式送入工具和防磨补心	(65)
4. 维特公司 $16\frac{3}{4} \times 7$ "HB-3 型套管吊挂头及其 $16\frac{3}{4} \times 7$ "直接驱动式送入工具和防磨补心	(68)
5. 维特公司 $16\frac{3}{4}$ "套管吊挂头密封组件起出和重装工具	(70)
6. 维特公司 $16\frac{3}{4}$ "套管挂万能试压工具	(72)
7. 起出套管吊挂头的专用工具	(74)
(五)套管遇卡时采用的应急卡瓦吊挂及密封组件	(77)

1. 喀麦伦应急卡瓦吊挂器和环形密封组件及其安装程序	(78)
2. 全国供应公司卡瓦吊挂器及密封组件	(79)
3. 波纹公司应急吊挂器	(80)
(六) 维特公司通用导向臂	(81)
五、喀麦伦公司水下器具组装程序	(83)
(一) 下入临时导向用的井口盘	(84)
(二) 下30"导管	(85)
(三) 在30"导管头上安装隔水管及天然气分流器	(86)
(四) 钻第一井段(26")	(86)
(五) 下20"套管	(86)
(六) 用组合隔水管送入防喷器组	(88)
(七) 安装套管头防磨补心及钻第二井段($15\frac{1}{2}"$)	(90)
(八) 下 $13\frac{3}{8}"$ 套管	(91)
(九) 密封 $13\frac{3}{8}"$ 套管环形空间及钻第三井段($12\frac{1}{4}"$)	(92)
(十) 处理 $13\frac{3}{8}"$ 套管遇卡事故	(93)
(十一) 下 $9\frac{5}{8}"$ 套管及钻第四井段($8\frac{1}{2}"$)	(94)
(十二) 下7"套管	(96)
(十三) 完井或废井	(97)
(十四) 小结	(98)
(十五) 对天然气分流器的补充说明	(98)
六、海底防喷器组	(99)
(一) 防喷器的结构及其边孔	(99)
(二) 海底防喷器组的发展	(101)
1. 早期的防喷器组	(101)
2. 现代防喷器组	(103)
3. 常用的防喷器组	(104)
(三) 新型防喷器组	(110)
(四) 防喷器组的主要构件	(112)
1. 万能防喷器	(112)
(1) 万能防喷器密封橡胶基本参数的试验确定法	(119)
(2) 万能防喷器外壳体应力状况的测定	(122)
(3) 钻杆接头通过万能防喷器密封橡胶的压力调制器	(124)
(4) 用储能器来调制钻杆接头通过万能防喷器	(127)
2. 闸板式防喷器	(128)
(1) 喀麦伦公司“U”型防喷器	(129)
(2) 美国拉克—雪弗公司“LWS”型闸板防喷器	(134)

(五) 使用海底防喷器组的压井法	(137)
七、海底防喷器组控制系统, 液压连接器以及水下安全阀	(139)
(一) 海底防喷器组控制系统	(139)
1. 直接系统	(139)
2. 间接系统	(140)
(1) 喀麦伦—佩恩全液压海底控制系统	(141)
(2) 喀麦伦公司多路电液控制系统	(156)
(3) 库美控制系统	(160)
(4) 闸板防喷器液缸和其销紧机构程序油路, 连接器和二次密封联锁油路	(171)
(二) 液压连接器	(172)
1. 喀麦伦公司爪式连接器	(173)
2. 全国供应公司自锁式连接器	(175)
3. 维特公司 $16\frac{3}{4}$ “H-4”型连接器	(177)
4. 压井、放喷管线的连接器	(181)
(三) 水下安全阀	(181)
1. 液压安全阀设计计算	(187)
2. 反应时间试验	(188)
3. 密封	(190)
(1) 强迫注入系统	(190)
(2) 自动注入系统	(191)
4. 磨损	(191)
5. 阀门位置指示器	(193)
6. 腐蚀	(193)
7. 故障安全阀的各种结构	(193)
(1) 拉克—雪弗公司海底安全阀	(193)
(2) 压井、放喷管线用故障安全阀	(194)
(3) 木克握依公司海底防喷器组水下安全阀	(196)
八、隔水管	(198)
(一) 隔水管及其附件的结构	(198)
1. 维特公司隔水管	(199)
2. 隔水管接头	(199)
(1) 维特公司组合隔水管接头	(199)
(2) 全国供应公司隔水管接头	(204)
(3) 喀麦伦公司隔水管接头	(204)
(4) 拉克公司深水隔水管接头	(206)
(5) 新型隔水管接头	(208)
3. 隔水管伸缩接头	(209)
(1) 维特公司隔水管伸缩接头	(209)
(2) 喀麦伦公司隔水管伸缩接头	(209)

4. 隔水管挠性接头	(209)
(1) 维特公司 $16\frac{3}{4}$ " 球接头	(213)
(2) 喀麦伦公司球接头	(213)
(3) 里根公司球接头	(217)
(4) 维特公司三球接头	(217)
(5) 维特公司 Breech lock 挠性接头	(219)
5. 天然气分流器	(219)
6. 隔水管悬挂卡盘及其移运提引工具	(223)
7. 隔水管挠性接头偏转角度指示器	(228)
(二) 隔水管的基本计算与设计	(229)
1. 设计分析综述	(230)
2. 设计依据及其它考虑	(237)
3. 需要的浮力及疲劳问题	(240)
4. 隔水管作用力及反作用力的数学方程	(245)
(1) 各国隔水管方程	(246)
(2) 通用形式的隔水管方程	(249)
(3) 隔水管平衡方程式中作用力项——流体动力项	(254)
(4) 隔水管结构的设计与分析	(258)
九、隔水管张紧系统和导向绳张紧系统	(266)
(一) 隔水管张紧系统	(266)
1. 平衡重锤张紧系统	(266)
2. 气动液压缸平衡张紧系统	(267)
3. 装设在隔水管上的浮力型瓦	(269)
(二) 导向绳张紧系统	(270)
(三) 维特公司隔水管张紧系统与导向绳张紧系统	(271)
十、海底井口报废与管材切割法	(277)
(一) 机械切割	(277)
(二) 炸药块爆炸切割	(284)
(三) 环形炸药内部切割	(284)
(四) 环形炸药外部切割	(285)
(五) 内外层炸药切割	(285)
附图 维特公司水下器具组装图	

一、绪 言

当前世界能源的需求与日俱增，海洋钻采技术不断进展，因此，向更深更广阔海域寻找和开发新的油气资源势在必行。

大陆架以外的水深 200 米~3000 米或 5000 米的海域，从石油钻探的角度来讲，通常叫做“深海域”。预计到 1985 年世界全部石油产量的 35% 来至海洋。而在深海域的石油藏量又占整个海洋可能有的藏量的 28%~35%。图 1—1 示出海洋石油大致的分布情况。从目前对大陆架石油的开发和对大陆坡的初步钻探情况判断，今后海洋石油开发将会逐渐向深海域推移。

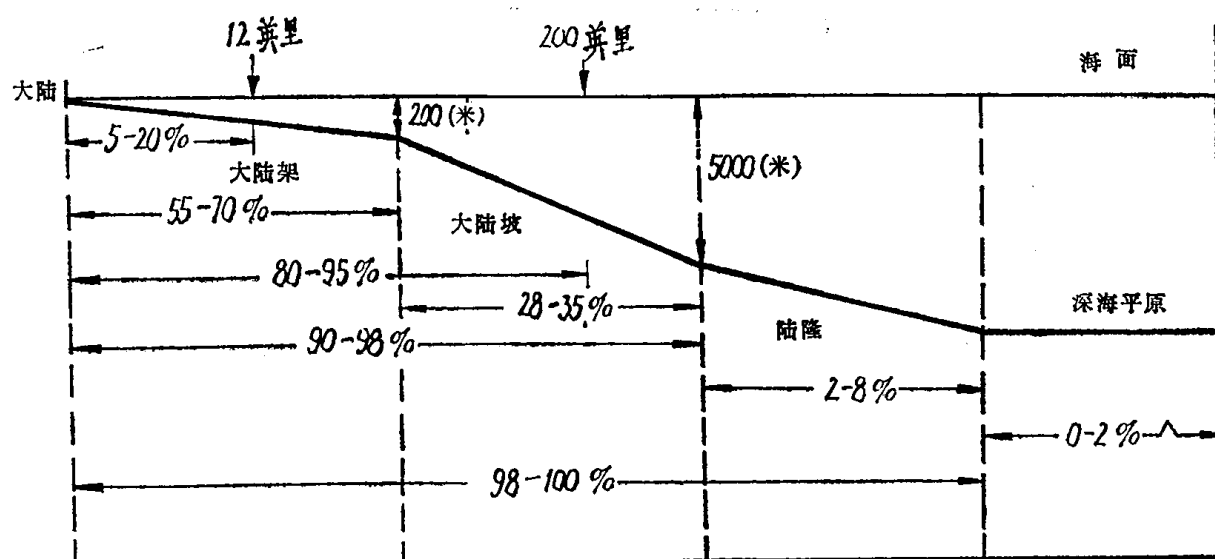


图 1—1 海洋石油大致的分布

最初出现的海上钻井装置是海底支撑式钻井平台（包括固定平台，可沉式平台以及自升式平台），以后出现了浮动式钻井装置（钻井船和半潜式）。

和陆地相比，海上钻井显著特点之一在于使用了各种水下井口系统。共有三种类型的水下井口系统：（1）普通水下井口型，（2）海底套管吊挂井口型（Mud-Line Suspension System）以及（3）浮式水下井口（图 1—2）。

海底支撑式钻井平台使用前两种类型的水下井口系统。当水深范围在 0—30 米时通常使用第一种水下井口装置（图 1—2，1）。从图 1—2，1 中可见，外层海洋导管（或称隔水管）隔开海水，将海底井口延伸至平台甲板上，套管吊挂头以及防喷器等设备均位于水面甲板之上，其它基本类似于陆地。当水深超过 30 米时，一般就使用海底套管头吊挂系统（图 1—2，2）。这种系统的特点是将原来位于甲板上的套管吊挂头安置在海底井口上，整个套管吊挂重量由海底井口承担，从而减轻由于水深增加而引起的平台甲板负荷，并当气

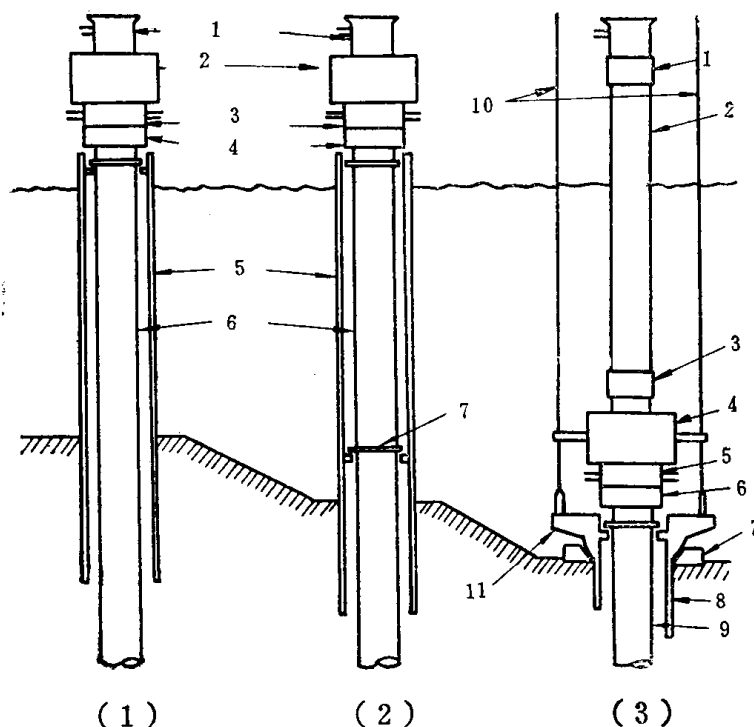


图 1—2 海上钻井各种水下井口系统

- | | | |
|---------------|--------------|-------------|
| (1) 普通水下井口型 | (2) 海底套管头吊挂型 | (3) 浮式水下井口型 |
| 1. 通向平台甲板的延伸管 | 1. 同左 | 1. 伸缩接头 |
| 2. 防喷器组 | 2. 同左 | 2. 隔水管 |
| 3. 四通 | 3. 同左 | 3. 球接头 |
| 4. 平台套管头吊挂 | 4. 平台套管头 | 4. 防喷器组 |
| 5. 隔水管 | 5. 同左 | 5. 四通 |
| 6. 20" 套管 | 6. 同左 | 6. 海底套管头吊挂 |
| | 7. 海底套管头吊挂 | 7. 临时导向井口盘 |
| | | 8. 导管 |
| | | 9. 20" 套管 |
| | | 10. 导向绳 |
| | | 11. 导向基架 |

候变坏时为平台撤离井位创造条件。

半潜式和钻井船钻井时专门使用第三种井口系统，即浮式水下井口型（图 1—2，3）。这种水下井口的特点是套管头吊挂在海底井口中，防喷器等设备直接安置在海底井口之上，并且采用了专门的隔水管系统。1960 年底壳牌公司 (Shell Co) 在墨西哥湾工作的半潜式钻井平台“碧水 1 号” (Blue Water 1) 上首次试用浮式水下井口系统来钻井，在整个钻井过程中不需要潜水员的帮助即能完成全部作业。近年来这种水下井口系统发展很快，钻井船“赛得柯 445 号” (Sedco 445) 于 1973 年年底曾在加蓬海域 610 米水深中应用这种器具打井。1976 年“发现者 534 号” (Discoverer 534) 在泰国 W9-E1 水域使用现代水下器具在 1055 米水深钻探。1977 年埃克松公司又在荷属圭亚那 1170 米水深中钻了井。去年 (1978 年) 国外在刚果 1326 米水深的海域钻井是目前浮式钻井水深的纪录。预计八十年代将向 2000 米以上的水深目标迈进。

通常在设计水下器具时，首先根据海洋环境和钻井条件详细制定出安装水下器具各组成部件的工艺程序，然后方能开始设计各个部件。故本书的前面几章中，比较详细地说明了具有代表性的一般水下器具安装工艺程序。

参 考 资 料

- 1.H.Amann: Erdöl-und Erdgasgewinnung aus grösseren Wassertiefen Entwicklungstendenzen, Aufschluss-und Produktionstechnische Probleme. Erdöl-Erdgas-Zeitschrift, 90.Jg. Januar 1974. S. 14~25
- 2.海洋开发(1969年版)(日文)第152~155页
- 3.海洋开发(1977年 Vol.10 №.1)(日文)第55~56页
- 4.美国“石油工程师”杂志,1978年6月

二、海底套管吊挂系统

如前所述，一般海底支撑式平台在较深水中钻井时采用海底套管吊挂系统。其特点是：
(1)海底油井由位于水面上的防喷器所控制，(2)各层套管头悬挂在海底井口。

目前国外生产海底套管吊挂系统的制造厂家有：美国喀麦伦公司 (Cameron Iron Works, Inc.)，美国全国供应公司 (Armco National Supply)，美国石油中心工具公司 (Oil Center Tool)，美国罗克尔工具公司 (Rucker Acme Tool) 以及美国维特海洋工业公司 (Vetco Offshore Industrie, Inc.)。各公司所生产的套管吊挂系统原理上是相同的，但结构各有特点。现以美国全国供应公司的产品为例来说明海底套管吊挂系统的送入程序及其结构。

(一) 海底套管吊挂程序

现假定所使用的套管程序为：30吋导管，20吋表层套管， $13\frac{3}{8}$ 吋技术套管， $9\frac{5}{8}$ 吋技术套管以及7吋油层套管。如果改变套管程序时，工序仍然不变。

1. 下30吋导管

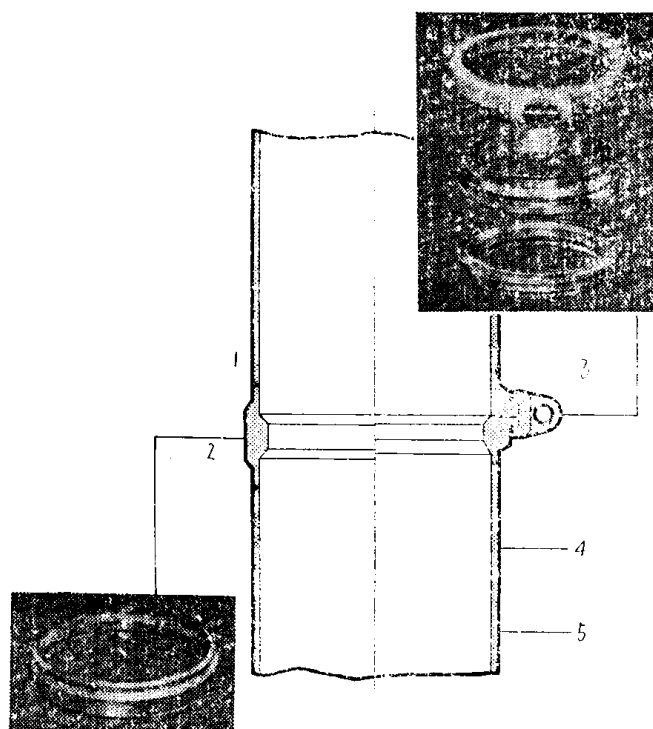


图 2—1 海底井口中的30吋导管和海底接头

1.海底 2.焊接环 3.装配式管接头 4.30吋导管 5.海底

如图 2—1 所示, 30 吋导管可用打桩法, 钻进法或喷射法钻开井孔而下入套管吊挂头, 将导管支承在或悬吊在海底以下的地层中, 并和隔水管相连。图之左方为焊接环式连接。当使用此种连接时, 导管可下入所需之任意深度。如果采用接箍式接头 (见图右方及右上角), 此接头必须高出海底一定距离以便于装卸。不论那种连接方法, 导管总是悬挂在海底以上或接近于海底, 而隔水管延伸到水面以上, 连接在平台甲板上。焊接环式或接箍式接头具有各种尺寸规格以适应于打入海底地层中的各种口径的管子。在这种连接处也可使用液压或机械 (例如螺纹) 连接。

此时可视需要在平台甲板上连接防喷器等装置, 在水面以上来控制井口。

2. 送入 20 吋表层套管

通过 30 吋导管钻出井孔后, 送入 20 吋套管并悬挂于 30 吋导管内台肩上 (图 2—2)。在水面以上此层套管的延伸管法兰和防喷器相联。

表层套管的全部负荷作用于套管吊挂头上。固井时上返水泥通过套管吊挂头外的许多孔而流至吊挂头以上的环形空间。为了冲洗掉吊挂头以上的这些水泥, 可将 20 吋套管的延伸管及其送入接头向右转动二又四分之一转, 以便打开冲洗孔。向左再转回此管时即可关闭冲洗孔。将此管向右旋转三圈半时, 送入接头即能完全脱开。设有卡销防止该管向左旋转。上下套管也可用焊接式连接。

有时可在 20 吋和 30 吋套管之间下入专门用于冲洗的管柱。

3. 送入 $13\frac{3}{8}$ 吋技术套管

通过 20 吋套管钻出井孔后, 送入 $13\frac{3}{8}$ 吋技术套管, 并悬挂在 20 吋套管内的台肩上 (图 2—3)。在平台甲板上截去过长的 $13\frac{3}{8}$ 吋套管, 安装套管顶部密封组件用法兰固紧, 并接上防喷器。

三层管柱的重量此时全悬挂在海底井口上。固井水泥通过套管吊挂头外的许多通孔上返至上部环形空间。将 $13\frac{3}{8}$ 吋延伸管向右旋转七圈后, 即可打开冲洗孔, 冲洗吊挂头上部的残留水泥。向左旋转此管, 即关闭了此种冲洗孔。向右旋转此管 9 圈后, 可将此套管延伸管上的送入接头全部拧卸下来。这里也设有定位卡销。

必要时可在 $13\frac{3}{8}$ 吋及 20 吋套管之间使用专门冲洗用的管柱。

4. 送入 $9\frac{5}{8}$ 吋技术套管

通过 $13\frac{3}{8}$ 吋技术套管钻出下一个井孔后, 送入 $9\frac{5}{8}$ 吋技术套管, 并悬挂在 $13\frac{3}{8}$ 吋套管内的台肩上 (图 2—4)。此层套管吊挂头与前一层套管吊挂头相遇时, 分布在此层套管吊挂头

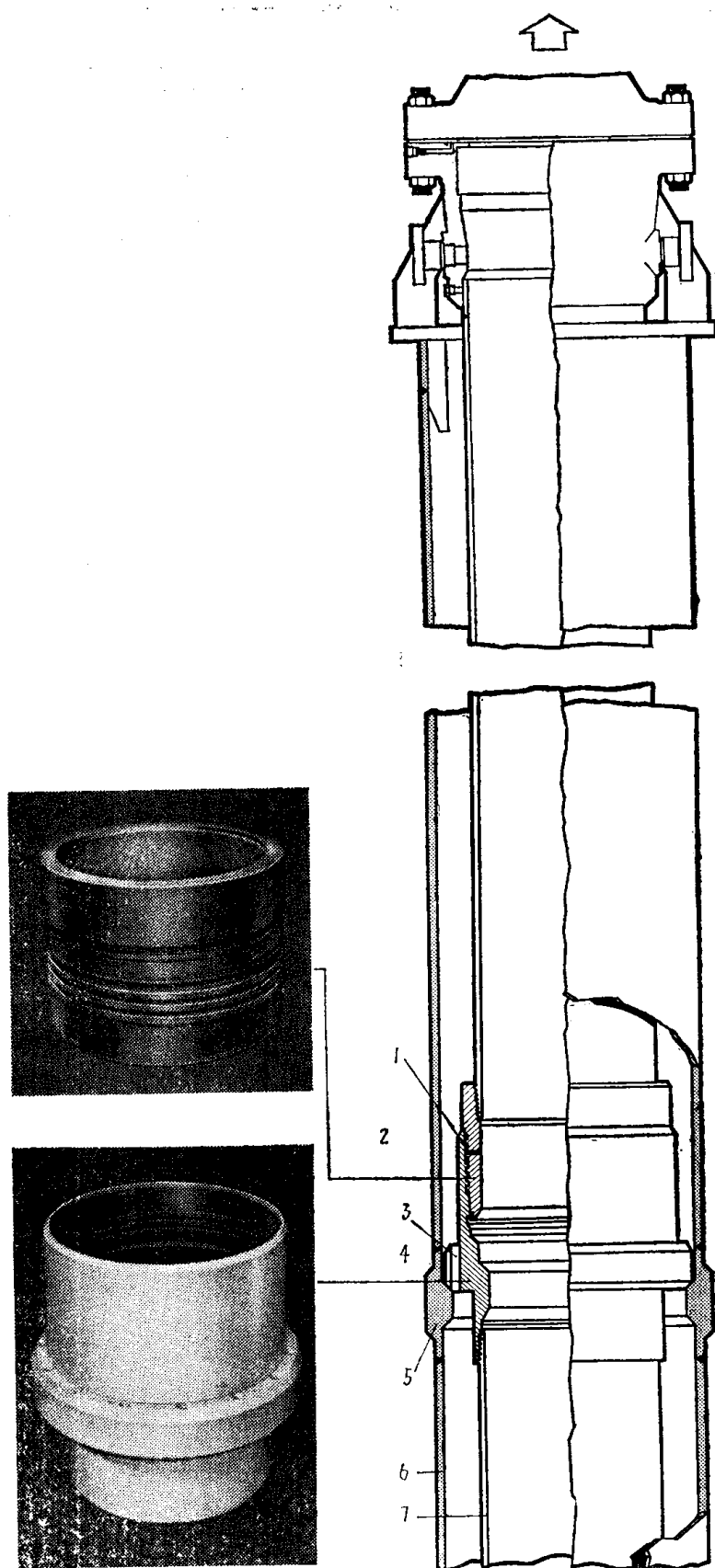


图 2—2 送入20吋套管并悬挂于30吋导管的内台肩上

1. 冲洗孔 2. 20"送入接头 3. 外通孔 4. 20"套管吊挂头 5. 30"焊接环 6. 30"导管 7. 20"套管

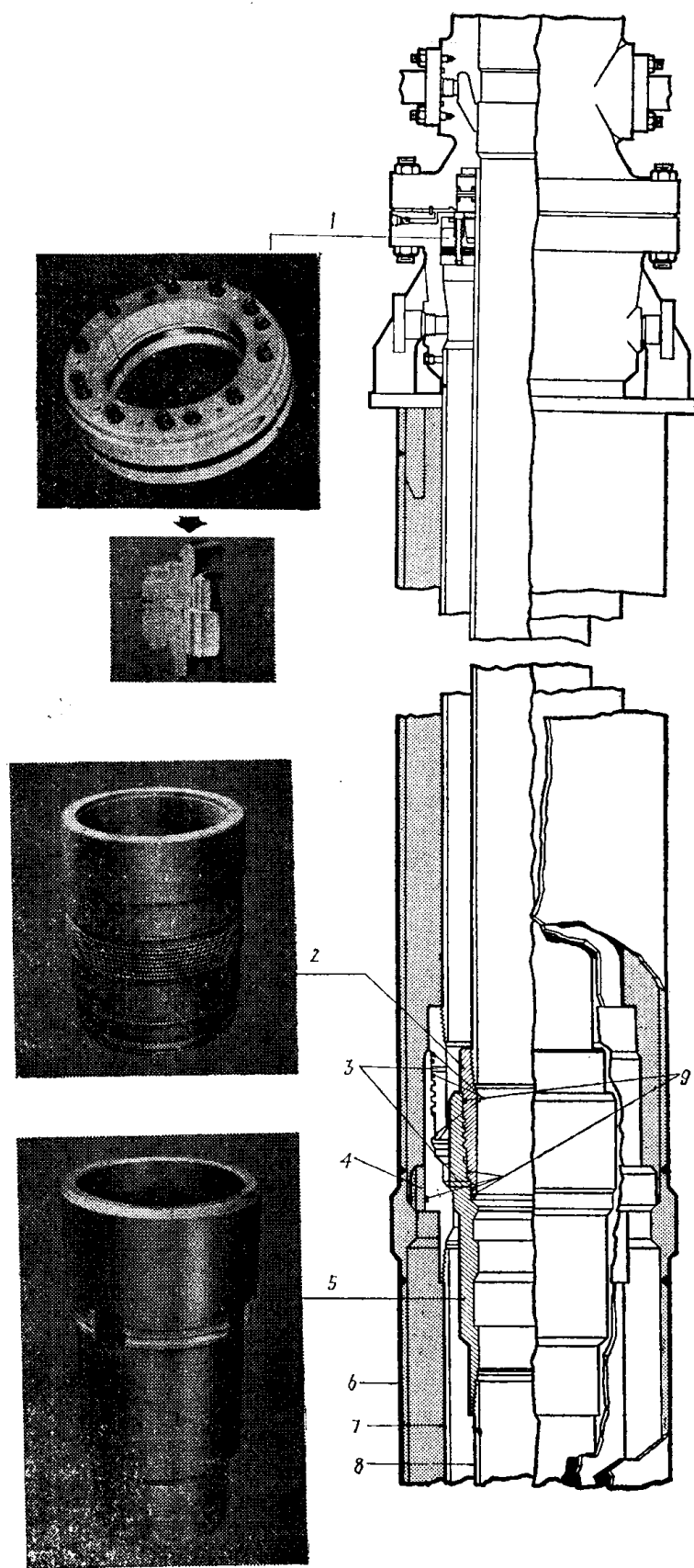


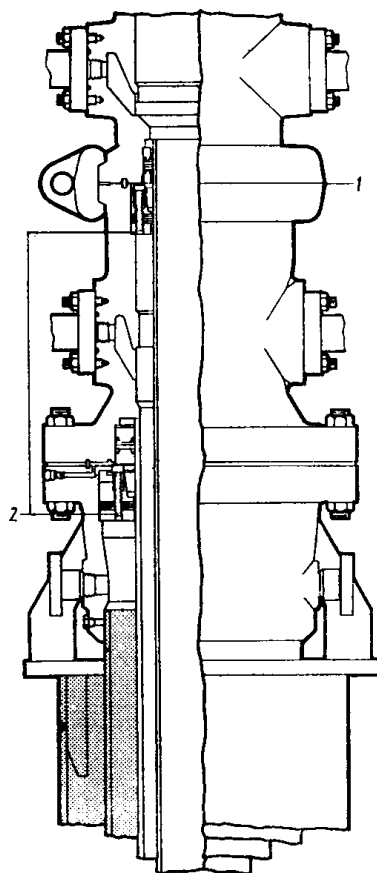
图 2—3 送入 $13\frac{3}{8}$ 吋技术套管，并悬挂在20吋套管内的台肩上

1.密封组件 2. $13\frac{3}{8}$ 吋送入接头 3.冲洗孔 4.外通孔 5. $13\frac{3}{8}$ 吋吊挂头 6.30"导管 7.20"套管 8. $13\frac{3}{8}$ 吋套管 9.密封环

四周外的若干个径向突块由弹簧压入于 $13\frac{3}{8}$ "套管的台肩槽中,于是套管吊挂头就悬挂住了整个 $9\frac{5}{8}$ "套管柱。送入此层套管吊挂头经过防喷器时,吊挂用的弹簧突块用一护套将其压缩在弹簧槽中,以便顺利通过防喷器。此护套通过防喷器后,在甲板以上的井口头中由卡块顶住,断去和套管吊挂头相连的销子,松开用以吊挂在海底井口的弹簧突块,在安装下一个四通管时即可将护套取出。

此延伸管被转动13转后能从吊挂头处卸下。

此时所有四层套管柱的负荷由海底井口所承担。井液通过套管吊挂头的外部通孔从两套管环形空间中上返至甲板。



(下转第9页)

(上接第8页)

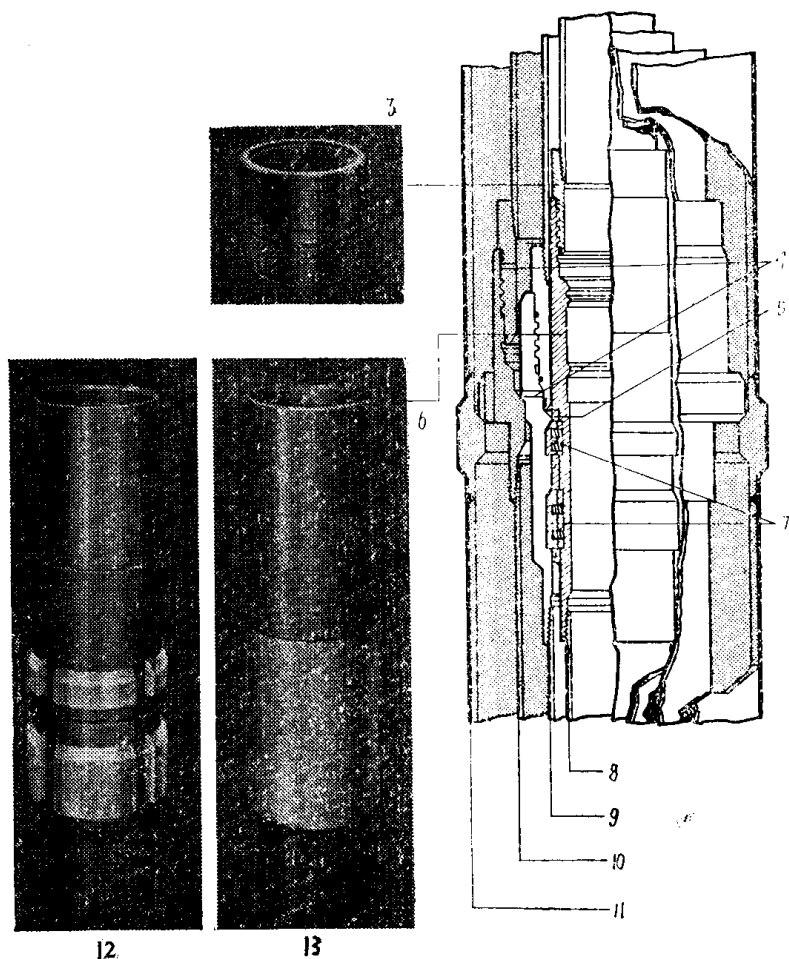


图 2—4 送入 $9\frac{5}{8}$ " 技术套管并吊挂在 $13\frac{3}{8}$ " 技术套管的内台肩上

1. 或用 API 法兰连接 2. 密封组件 3. $9\frac{5}{8}$ " 送入接头 4. 冲洗孔 5. 外通孔 6. $9\frac{5}{8}$ " 吊挂头 7. 弹簧突块
8. $9\frac{5}{8}$ " 套管 9. $13\frac{3}{8}$ " 套管 10. 20" 套管 11. 30" 导管 12. 不带护套的 $9\frac{5}{8}$ " 吊挂头 13. 带护套的 $9\frac{5}{8}$ " 吊挂头

5. 送入 7 吋油层套管

通过 $9\frac{5}{8}$ " 套管钻出下一井段后, 送入 7 吋油层套管, 并悬挂于 $9\frac{5}{8}$ " 套管内的台肩上 (图 2—5)。此层套管吊挂头与前一层次套管吊挂头相遇时, 分布在此层套管吊挂头四周外的若干个径向突块由弹簧压入于 $9\frac{5}{8}$ " 套管内的台肩槽中, 于是套管吊挂头就悬挂住整个 7 吋套管柱。送入此层套管吊挂头经过防喷器时, 吊挂用的弹簧突块用一护套将其压缩在弹簧槽中。当顺利通过防喷器后, 这个护套立即遇到挡块, 将护套与 7 吋套管相连的销子撞断, 护套即遗留在平台上的井口管中, 当连接下一个井口的四通时即可将其取出。

此时所有五层套管柱的负荷完全悬挂在海底井口上。泥浆通过套管间的环形空间而上达至水面上的平台中。