

油井的渦輪鑽進

苏联 姆·特·顧斯曼著

石油工業出版社

內 容 提 要

本書簡略地敘述了渦輪鑽井發展的歷史，較詳細地介紹了多級渦輪鑽的結構；並闡述了渦輪鑽的渦輪的構造和工作原理、渦輪鑽的軸承、渦輪鑽的使用和修理、渦輪鑽進所用的鑽头和鑽桿以及渦輪鑽的鑽井方式及所用設備等。

本書可供鑽井技師、司鑽之用，亦可作石油學校師生的參考書。

М. Т. ГУСМАН

ТУРБИННОЕ БУРЕНИЕ

НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

根据蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社

1952年列寧格勒版翻譯

統一書号: 15037·18

油 井 的 渦 輪 鑽 進

郝 俊 芳 譯

*

石油工業出版社出版(地址:北京六部坑石油工業部十号楼)

北京市書刊出版營業許可証出字第093号

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

850×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 * 印張6 $\frac{2}{16}$ * 125千字 * 定價(8) 1元0角9分

1956年4月北京第1版第1次印刷(1—4,600冊)

目 錄

第一章 渦輪鑽井發展的歷史	4
第二章 多級渦輪鑽的結構	10
多級渦輪鑽結構的發展	10
T 14 M-9 ^{3/4} " 型渦輪鑽	12
渦輪鑽的裝配	17
對渦輪鑽主要零件的要求	20
現代化的渦輪鑽	23
第三章 渦輪鑽的渦輪	32
渦輪的作用原理及對渦輪結構的基本要求	32
基本計算公式	35
渦輪特性	42
渦輪磨損對其特性的影響	48
渦輪的固定	52
第四章 渦輪鑽的軸承	53
軸承磨損的原因	53
軸承功率和轉矩的損耗	56
橡膠軸承的摩擦係數	57
第五章 渦輪鑽的使用和修理	63
渦輪鑽工作前的準備	63
在井場對渦輪鑽工作的校驗	64
渦輪鑽的拆卸	68
備件的挑選和修理	70
轉子輪和定子輪	71
止推軸承	72
樞軸盤板和圓環	72

短 節.....	73
下部軸套.....	73
中部軸套.....	73
現場修 理.....	74
T 14 M-9 ³ / ₄ ''型渦輪鑽的大修.....	75
外殼及大小頭的修 理.....	76
中軸的修 理.....	81
把止推軸承轉移到短節裏去的渦輪鑽修理 (按 T20型).....	83
把外殼和大小頭联接改成錐形絲扣的渦輪鑽修 理.....	84
渦輪鑽修理 廠.....	86
T 12 M-8''型和T19-10''型渦輪鑽的修理.....	90
第六章 渦輪鑽井的鑽 頭	92
對鑽頭的要求.....	92
現代鑽頭的軸承.....	95
鑽頭的齒 形.....	96
牙輪鑽頭的沖 洗.....	98
鑽頭事故的解除.....	100
渦輪鑽井用的取心鑽 頭.....	103
渦輪取心鑽 頭.....	111
第七章 渦輪鑽井所用的鑽 桿	113
工作条件.....	113
水力損 耗.....	114
鑽桿選擇.....	116
第八章 渦輪鑽的鑽井方式	117
泵 量.....	118
鑽 壓.....	119
轉 數.....	120
渦輪鑽的实际鑽井方式.....	121
渦輪鑽在井底工作的研究.....	129
渦輪鑽井技術的基本情况.....	133

在渦輪鑽井中井斜的防止·····	137
第九章 渦輪鑽井的設備 ·····	140
泥漿泵·····	141
空氣包、閘門、凡爾·····	145
方鑽桿和水龍頭·····	147
水龍帶·····	148
泥漿泵管綫·····	150
渦輪鑽井的井場傳動設備·····	150
第十章 用渦輪鑽鑽水泥塞 ·····	152
第十一章 渦輪鑽定向井 ·····	157
定向鑽井的條件和發展·····	157
定向鑽井的方法·····	159
工具的定向·····	163
定向井的剖面·····	167
定向鑽井剖面的設計·····	170
定向鑽井的技術特點·····	172
多眼鑽井和雙眼鑽井·····	173
第十二章 渦輪鑽井的效率 ·····	176

第一章 渦輪鑽井發展的歷史

兩百年以前在薩路卡木斯克鹽礦曾經首先採用了鑽井法以代替挖井法。藉助於和近代鑽桿遠不相似的木鑽桿來從地面上使鑽頭轉動。

這期間內，在該處也進行了頓鑽鑽井：此法是使鑽桿及吊懸在它上面的鑽頭產生上升和下降運動；而當每次下落時即擊打井底。

隨着石油工業的發展就開始了日趨完善的和機械化的鑽井方法。

在石油工業發展的第一階段內頓鑽曾經是最廣泛的鑽井方法。這種方法藉助於地面上的特殊鑽機來使鑽具（鑽桿、大繩）產生上升和下降的運動。隨着鑽井深度的增加，頓鑽的裝備和工具也日趨完善。

但在這種鑽井方法發展的初期就已經肯定了一系列限制其發展的缺點，尤其是不管井的深度如何必須從地面上藉鑽桿或者強度不太大的鑽井大繩來使鑽頭作上升和下降的運動。由於鑽桿折斷或鑽井大繩折斷的事故招致了鑽井長期停工，且有時要使井報廢。

由於鑽井技術的改善，人們就想到利用沖洗井底的辦法鑽井。這種辦法使頓鑽鑽井過程更加複雜了，因而採用了能夠通過沖洗液體的空心鑽桿。

在這種鑽井方法發展的第一階段，由於技術上存在很多缺點，人們就提出了一系列的關於直接在井底帶動鑽頭的建議。1890年巴庫技術工程師 K. Γ. 西木千柯在世界上第一次擬定了渦輪鑽的方案。稍晚一些俄國工程師瓦里斯基發明了曾經實

际应用过的鑽井衝擊器。

瓦里斯基鑽井衝擊器的工作原理(圖 1 a)如下:

泥漿自中空鑽桿進入衝擊器, 經過開着的凡尔進入活塞的溝槽和衝擊器連桿中, 然後泥漿就通過鑽頭而沖洗井底。隨着在凡尔和活塞之間的環形縫隙中液體流速的增加, 在活塞凡尔上的水力負荷也將加大。凡尔在這種負荷之下就關閉起來, 於是通向井底的液體就停止了, 這樣就將引起水擊, 而把衝擊器的活塞及旋接在它上面的鑽頭推向井底。

衝擊之後, 活塞上的壓力就迅速減低, 於是凡尔打開, 而液體又重新自由地進到井底。脫離了水力負荷的活塞, 在安裝在衝擊器外殼裏面的強力彈簧作用之下, 就和鑽頭一起自井底升起來。經過開啓着的凡尔和活塞之間的液體的流速又增加起來, 於是凡尔被關閉, 這樣循環就重覆起來。

為了防止水擊對鑽桿和泵的作用, 在鑽桿上裝有空氣包系統, 以便在一定長度的鑽桿上來消除水擊作用。空氣包是一個充滿着空氣的橡皮囊。

曾經在深度達 300 公尺的鑽井中用瓦里斯基水力衝擊器(圖 1 a)進行過試驗, 証明了它比一般頓鑽的效率。它保證每分鐘鑽頭能衝擊 500—600 次。

但是由於衝擊器的嚴重缺點——其個別零件(空氣包、彈簧、凡尔)不堅牢, 因而便限制了瓦里斯基所提出來的鑽井方法的推廣。

在二十世紀初轉盤鑽代替了頓鑽。

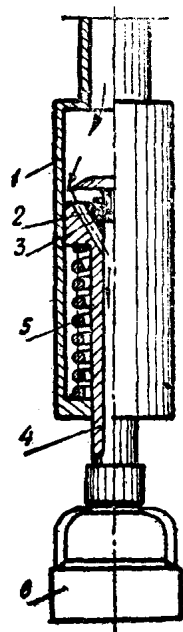


圖 1a 瓦里斯基
鑽井衝擊器
1—外殼; 2—凡尔;
3, 5—彈簧; 4—連
桿; 6—鑽頭。

偉大的十月社会主义革命以後，在苏联，石油鑽井技術有了特別迅速的發展。

按照 C. M. 基洛夫的提議，在巴庫石油礦場，以旋轉鑽井法代替了低效率的頓鑽。由於旋轉鑽井法的推廣，鑽井速度便大大地提高了。但是旋轉鑽井也有一系列的根本上的缺點。

旋轉鑽的基本缺點也和頓鑽一樣，要从地面上藉很長的鑽柱來帶動鑽頭旋轉。在井的深度大，且傳遞到鑽頭上的功率也大時，細長軸狀的鑽柱將承受往往超過許可範圍的大的變形。鑽桿折斷引起了長時間的停工。長鑽柱的旋轉需要消耗很大的功率。

很多年來，人們在技術上尋求着解決將帶動鑽頭的原動機像瓦里斯基衝擊器一樣直接放在井底下。

只是苏联工程師卡別留什尼柯夫在 1923 年找到了對這個問題正確而實際的解決辦法。他提出了一種鑽井原動機不使鑽桿將旋轉運動傳遞給鑽頭，而使鑽桿保持不動，用位於鑽柱下部的被稱作渦輪鑽的渦輪原動機直接帶動鑽頭。

在 1924 年在世界上第一次用卡別留什尼柯夫渦輪鑽鑽井。從這時起就開始了新的石油鑽井法。

卡別留什尼柯夫渦輪鑽(圖 16)是由被泥漿沖流所帶動的單級渦輪組成的。渦輪吊懸在密閉箱內的止推球形軸承上。在渦輪的小軸上旋接有齒輪尾管，它帶着行星齒輪減速器轉動。一般減速器是三層的。它的下層和主軸相連，而主軸底部則旋接着鑽頭。渦輪的轉數為 2000—2500 轉/分，到鑽頭上則降至 15—30 轉/分。齒輪減速器封閉在外殼裏，在外殼裏裝滿機油。

卡別留什尼柯夫渦輪鑽有單級渦輪和三層減速器者、有單級渦輪雙層減速器和單級渦輪一層減速器者。

從 1934 年下半年起，渦輪鑽(由於卡別留什尼柯夫渦輪鑽

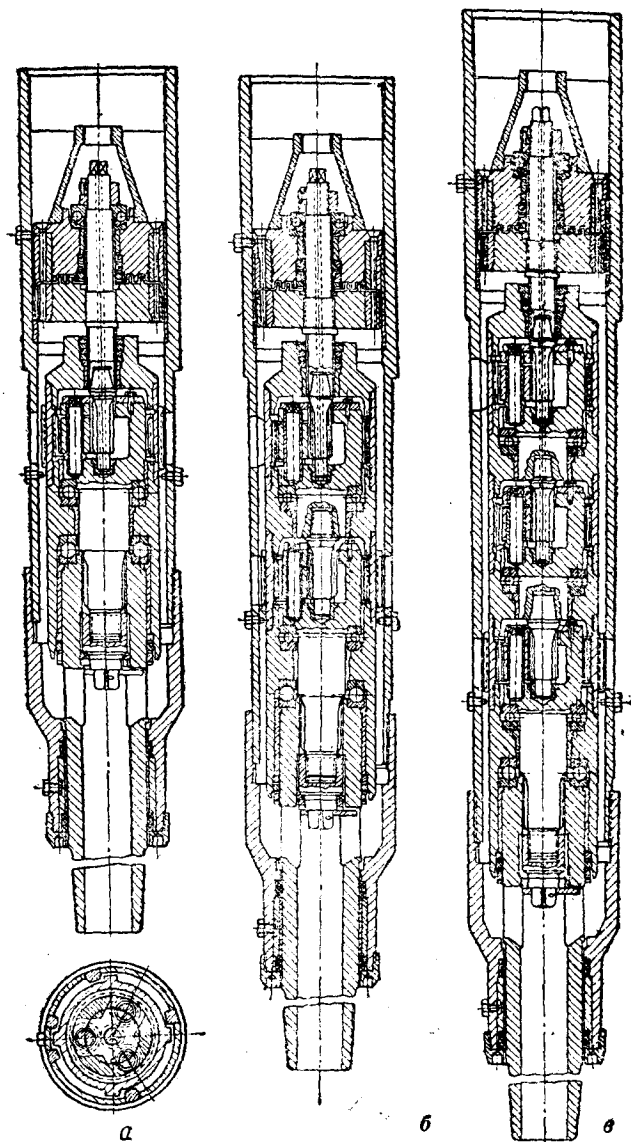


圖 16 卡別留什尼柯夫渦輪鑽

a—帶單級渦輪和一層傳動的渦輪鑽；*б*—帶單級渦輪和雙層傳動的渦輪鑽；*в*—帶單級渦輪和三層傳動的渦輪鑽。

的結構不能滿足增長着的鑽井需要)曾經完全被轉盤鑽井所代替。轉盤鑽井發展的原因是：鑽頭的改進(用硬質合金來加強鑽頭，出現了鑽硬地層用的牙輪鑽頭)、鑽桿質量的改善、以及強力鑽井裝備的出現等。所有这些都使得傳遞給鑽頭的功率大为增加。

卡別留什尼柯夫渦輪鑽的主要缺點是：單級渦輪磨損迅速，因為即使在功率(7—10馬力)很小時，含有磨損性岩屑的泥漿在溝槽中也具有非常高的速度，这样就使單級渦輪很快地磨損；另一方面，由於不能防止帶砂的泥漿侵入，齒傳動部分達到許可應力範圍很快就要損壞。

結果，在用渦輪鑽鑽進時，經過三、四小時的使用之後，由於溝槽的沖毀而渦輪的功率就急劇降低。牙齒減速器的使用時間也在這一範圍內。

增大傳遞到井底的功率，受到了渦輪鑽零件強度的限制。

用卡別留什尼柯夫渦輪鑽鑽井雖然中止了，但是研究渦輪鑽井法的工作並沒有停止。

在1934年根據Л. П. 別里和Г. К. 奧爾忠尼啓則的提議，曾經在巴庫組織了渦輪鑽結構研究處，其任務是創造強力渦輪鑽。

渦輪鑽井處的工程師舒米洛夫、約安尼信、塔給耶夫和顧斯曼在1935—1936年間考慮到了渦輪鑽的一切優點，首先是能傳遞給鑽頭以高的轉數，創造了新型渦輪鑽。於是，第一次在世界上的鑽井實際工作中提出和解決了鑽頭在600轉/分下鑽進的問題。而在以前認為50—100轉/分就是鑽頭轉數的極限了。

所設計的渦輪鑽和卡別留什尼柯夫渦輪鑽不同的地方是：新渦輪鑽沒有減速器。這種渦輪鑽在井底可以產生比卡別留什尼柯夫渦輪鑽高出9—14倍的功率。鑽進所需要的功率是由依

次分佈着的多級渦輪來產生的。由於泥漿流速的減小，所以就消除了卡別留什尼柯夫渦輪鑽的一個主要缺點——渦輪溝槽的沖毀。在多級渦輪鑽溝槽中泥漿的流速已被減低到8—12公尺/秒，以此代替了卡別留什尼柯夫渦輪鑽的50—60公尺/秒。

1935—1936年間用多級渦輪鑽進行了初次鑽井試驗，並且証實了新結構原理的正確性。

製造渦輪鑽的進一步的研究工作主要是在於改善渦輪鑽軸承結構和改善渦輪水力特性。

這一工作在1939—1940年在製造工業用渦輪鑽的過程中完成了。初期的工業渦輪鑽還是用滾動軸承，而以後它便被能够在泥漿潤滑中工作的滑動橡膠軸承所代替了。

從1935年到1942年間曾設計並試驗了14種結構不同的多級渦輪鑽，從而製造了能滿足鑽井需要的T14型渦輪鑽。

多級渦輪鑽在鑽井實際中的推廣是1940—1941年在巴庫開始的。同一時期內也在東方油田中進行了試驗並開始了渦輪鑽井。

在1942—1943年間，在紅卡曼斯克石油托拉斯礦場中全部進行了渦輪鑽井。從1944年起，渦輪鑽井法在各主要石油礦區中都廣泛地使用起來了。在戰後的年代裏，渦輪鑽井已成為巴什基里亞油礦、古比雪夫油礦、莫洛托夫油礦、達哥油礦等許多礦區中的主要鑽井方法，並且在阿塞拜疆油礦和格羅茲內油礦中廣泛地使用起來。

用渦輪鑽鑽定向井的方法大大推動了渦輪鑽井的發展。

在1943年內定向鑽井法在紅卡曼斯克得到了推廣。而在1945—1946年內也在阿塞拜疆、格羅茲內、古比雪夫石油礦廣泛使用起來了。

在1950年渦輪鑽井的數量幾乎已經比1946年增長了11倍。

目前在我們國家中渦輪鑽井已成為石油鑽井的主要方法了。

渦輪鑽的应用使得鑽井的進尺速度增加了好幾倍，並大大地降低了鑽井工作的成本。

很多工程師和技師——革新者施馬涅夫、留比莫夫、布雅諾夫斯基、蓋里伏加特、木拉多夫、魯斯塔木別柯夫、德洛包托夫、阿卡聶馬杜拉、庫帕里雅諾夫、魯柯施金、馬爾金、奧洛文諾夫、波秋卡耶夫等在渦輪鑽井的發展和推廣上獻出了許多創造性的勞動。

第二章 多級渦輪鑽的結構

多級渦輪鑽結構的發展

在圖 2 中表示了 1939—1941 年間所使用過的 T10-9³/₄'' 型多級渦輪鑽的結構。

多級渦輪是渦輪鑽的原動機，它帶動直接接在渦輪中軸上的鑽頭。

中軸上裝有渦輪的轉子輪（工作輪），外殼上裝有渦輪的定子輪（導向輪）。

渦輪中軸有徑向軸承以承擔橫向負荷；有軸向軸承以承擔在鑽進過程中作用在中軸上的軸向負荷。

T10-9³/₄'' 型渦輪鑽具有双向球形止推軸承作為軸向軸承，它和徑向軸承都裝在具有活塞式移動蓋的潤滑箱內，在壓力降的作用下，移動蓋可把潤滑箱內的潤滑油排擠出來，潤滑箱的內腔則用和水龍頭盤根結構相似的盤根密封起來，以防泥漿侵入。

長期使用 T10-9³/₄'' 型渦輪的經驗證明，保證軸承系統的

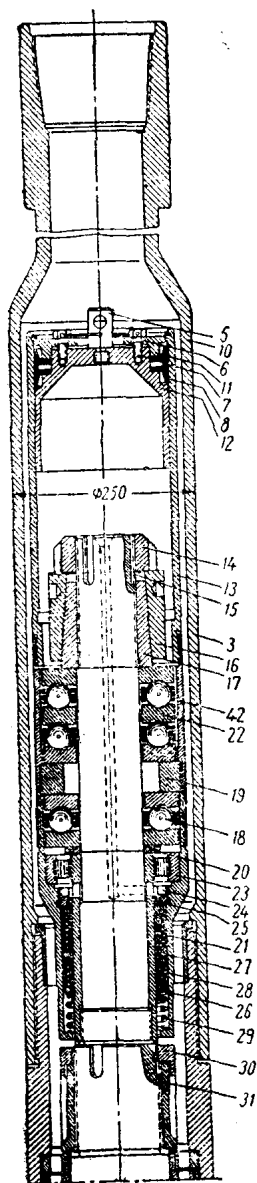


圖 2 T10-93/4'' 渦
輪鑽全圖

- 1—中軸；2—外殼；
3—大小頭；4—短節；
5—塞子；6— $\varnothing=2.6$
公厘， $l=400$ 公厘
的鋼絲；7—螺釘；
8—活塞皮碗；9—下
軸套彈簧；10—潤滑
箱彈簧；11—活塞蓋；
12—活塞；13—潤滑
箱；14—防鬆螺帽；
15—保險墊圈；16—
外帽；17—開縫螺帽；
18—球形軸承；19—
支撐墊圈；20—調節
墊圈；21—軸承外殼；
22—止推軸承；23—
徑向轉子軸承；24—
盤根螺帽；25—上部
軸套；26—底環；27—
盤根中壓環；28—盤
根皮碗；29—盤根彈
簧；30—轉子緊鎖螺
帽；31—轉子螺帽；
32—轉子；33—定子；
34—中間軸承；35—
中間軸承之軸；36—
鍵；37—下軸套；38—
套筒；39—套筒彈簧；
40—外殼；41—螺帽；
42—接箍。

潤滑是困難的，潤滑油在軸承裏，只能保持 7—10 小時。泥漿進入潤滑箱，能很快地使在鑽壓為 10—15 噸和轉數為 500—1000 轉/分下工作着的止推軸承迅速地損壞。

延長軸承使用時間的許多企圖，例如增大滾珠直徑和加入附加墊圈而改變轉數，以及改善軸承殼體的密封等辦法，在實際上都沒有得到顯著的效果，於是渦輪鑽在井底的工作時間就受到了軸向軸承性能的限制。

在 T10-9 $\frac{3}{4}$ " 型渦輪鑽的結構中，下部的徑向軸承改用了橡膠軸承。在以前，由於需要在渦輪鑽的有限直徑範圍內承受較高的軸向負荷，因此認為使用橡膠軸承是不可能的。可是，試驗證明在渦輪鑽工作的條件下最高許可單位壓力可以大大地提高，這就使得換用橡膠軸承的問題得到了解決。

圖 3 所示的 T12-9 $\frac{3}{4}$ " 型渦輪鑽具，是第一種具有橡膠軸承的渦輪鑽，它的軸承直接裝在渦輪的工作部分上。在不動的定子內部表面上用橡膠包被起來，旋轉的轉子則將軸向和徑向的負荷加到定子的橡膠包被物上去。

這種橡膠軸承渦輪鑽在構造上有着一系列的缺點。而最根本的缺點是軸承很快被損壞。為了減少修理工作，把橡膠軸承從渦輪上取下，做成梳狀橡膠軸承而裝在特製的上部支撐構件上，這種止推軸承承受雙向負荷——軸向負荷和作用在軸上部的徑向負荷。

T 14 M 型渦輪鑽是在上述原理的基礎上改變了結構的渦輪鑽具。這種渦輪鑽具一直不斷的出產，並且應用到現在。

T 14 M-9 $\frac{3}{4}$ " 型渦輪鑽

T14M-9 $\frac{3}{4}$ " 型渦輪鑽(圖 4)以大小頭 3 聯接在鑽桿上，其大小頭的下端則和外殼 2 旋接在一起。

自鑽桿中所流下來的工作液——泥漿——經過中軸 1 上部。

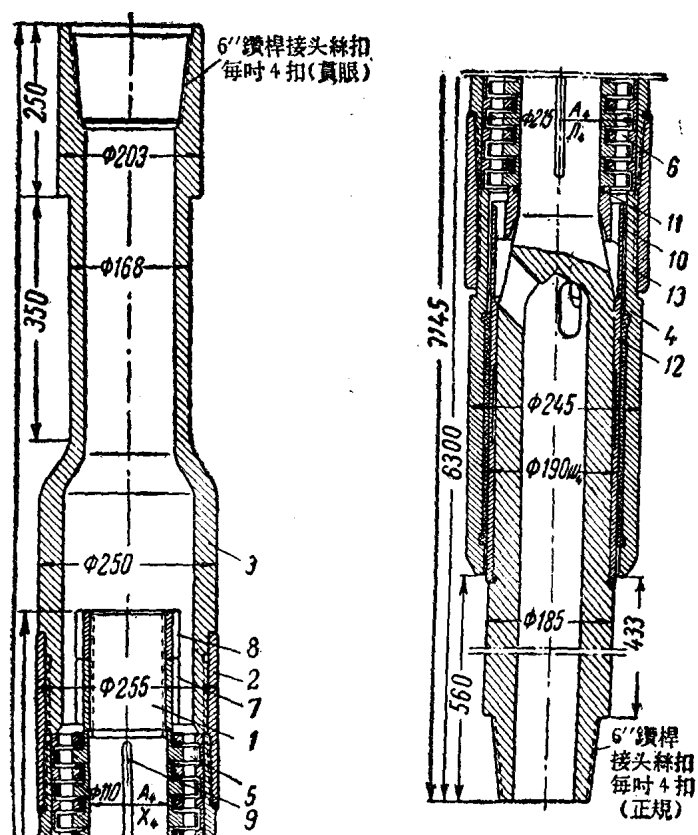


圖 3 T12-9 3/4" 渦輪鑽全圖

1—中軸；2—外殼；3—大小頭；4—短節；5—轉子；6—定子；7—轉子螺帽；8—防鬆螺帽；9—鍵；10—支座；11—密封環；12—軸套；13—28.6×21.6×10 公厘的圓環。

開口而進到將液流導入渦輪級層中的环形空間中去，每一個渦輪級層都包括有定子和轉子。泥漿經過 48 個渦輪級層，進到中部軸承 22 的溝槽中，然後經過下部的 48 個級層再到達中軸下部和短節 4 之間的环形空間。泥漿在該處便進入中軸中心，再經鑽頭水眼而到達井底。鑽頭直接旋接在渦輪鑽的中軸上，但有時在渦輪鑽的中軸上還接有鑽銼。

在泥漿沖流的作用下，在轉子上將產生正轉矩，而在定子上則產生在數值上與正轉矩相等而方向相反的反轉矩。渦輪鑽中軸上的轉矩是由各個級層上數值相等的轉矩加起來的；且在軸的下部其數值達到最大。

定子藉助於短節固定在外殼上，而轉子則通過鍵 14 安裝在中軸上，並藉螺帽 5 將轉子固緊。在短截的內部表面上鑲有橡膠襯蓋（在圖上畫有細綫方格者），它起着下部徑向軸承的作用。

軸向軸承是由三面包有橡膠的止推軸承 7 所組成的八級樞軸。其中上下兩承推面的橡膠，承擔着由上向下及由下向上兩個方向的作用在中軸上的負荷，至於止推軸承內部表面，則起上部徑向軸承的作用。

止推軸承上壓有樞軸盤 8，而盤板是被圓環 9 所分隔起來的。依負荷方向之不同樞軸盤的上承推面或者下承推面承擔壓力。圓環則傳遞作用在中軸上的徑向負荷。同時圓環也和中部及下部軸承的軸套一樣來保護渦輪的中軸，以防止中軸和橡膠接觸的地方磨損。

上緊轉子及止推軸承零件的螺帽上帶有緊鎖螺帽。螺帽的上端為在主軸方向具有 3—4 個開口的圓錐體，並裝有錐形外帽 17 和 21，以使螺帽錐形開口部分的絲扣和中軸的絲扣上緊。外帽藉防鬆螺帽 16 及 24 固定在錐體上。這種多層聯合的結構，可以防止螺帽脫扣，並保證絲扣的長期使用。樞軸和圓環是由樞軸螺帽固定在中軸上的。止推軸承以联接大小頭及外殼的絲扣頂端固定在大小頭裏面。

轉子上所產生的轉矩主要由摩擦轉矩傳到中軸上去。而摩擦轉矩是由轉子螺帽對轉子端部的壓緊力而產生的。在定子上所產生的反力矩用由定子端部和短節之間的壓力所產生的摩擦力矩抵消，用通過轉子系統上緊轉子螺帽的辦法來防止中部和

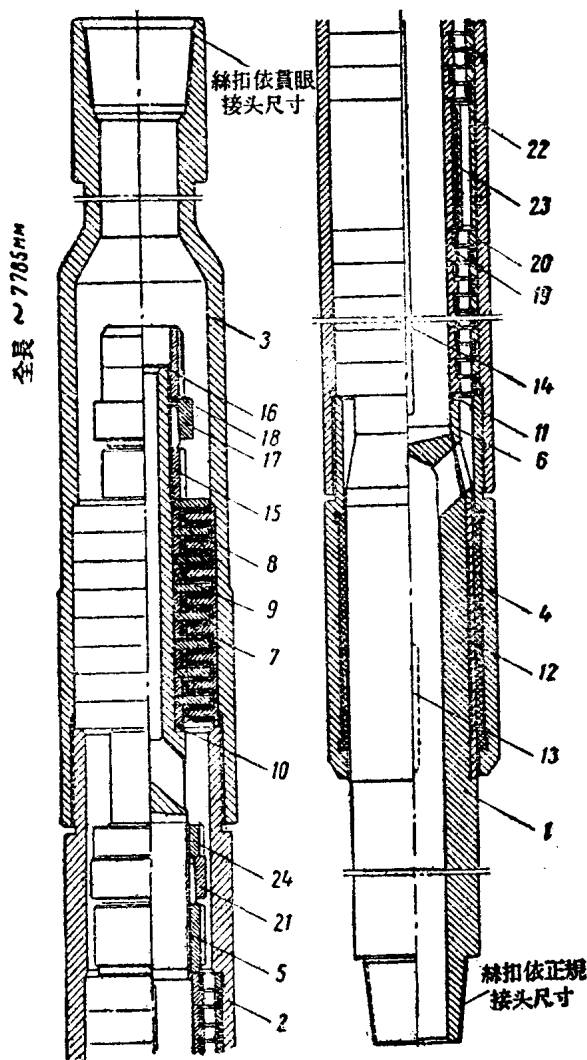


圖 4 T14 M-9 $8\frac{3}{4}$ " 渦輪噴全圖

1—中軸；2—外殼；3—大小頭；4—帶橡膠襯蓋的短節；5—轉子螺帽；6—支座；7—止推軸承；8—樞軸盤；9—樞軸圓環；10—調節環；11—封閉環；12—下部軸套；13—軸套鍵；14—轉子鍵；15—樞軸螺帽；16—樞軸防鬆螺帽；17—樞軸螺帽之外帽；18—防鬆螺帽墊圈；19—轉子輪；20—定子輪；21—轉子螺帽外帽；22—中部軸承；23—中部軸承軸套；24—轉子防鬆螺帽。