



石油工业
技术讲座

鑽井

龔子卿講

石油工業出版社

15.1
20

內 容 提 要

本書主要介紹轉盤鑽井法。書中着重講述了鑽井的設備、工具、仪表、鑽井操作，固井作業，油井完成方法，以及鑽井事故的預防和處理。關於新的鑽井方法，書中也做了簡明的介紹。本書內容淺顯易懂，切合我國現場的實際情況，可作為新參加工作的鑽井工人和一般幹部學習鑽井基本知識的教材，也可供司鑽、副司鑽或初級鑽井技術人員參考。

統一書號：T15037·279

石油工業技術講座

鑽 井

龔 子 卿講

*

石油工業出版社出版（社址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第 083 號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

TE 24
3



出版說明

为了帮助在职职工学习石油工业技术的基本知識，石油工业部机关党委和工会联合举办了“石油工业技术講座”。这个講座按專業分为石油地質、地球物理、鑽井、試油、采油、原油加工、人造石油、机械动力、石油产品儲运、器材供应、生产經濟組織与計划财务等部分，由石油工业部各有关專業部門工程技术人员分別講授。講座的講稿經整理后陸續由我社出版，以供石油工业系統广大职工学习。

由于講稿的編写和整理時間很倉促，可能有一些缺点和錯誤，希望讀者提出意見，以便把講稿修改得更充实、更完备。

石油工业出版社

1957年3月

目 录

第一章 概論	1
第一节 鑽井的用途和井的种类	1
第二节 我国鑽井事業的發展概況	2
第三节 鑽井方法	3
第二章 鑽井設備	7
第一节 井架	7
第二节 絞車	10
第三节 动力机	14
第四节 泥漿循环系統	18
第五节 滑車系統裝置	25
第六节 井口裝置	27
第三章 鑽井工具	30
第一节 鑽井主要工具	30
第二节 鑽井輔助工具	39
第三节 打撈工具	41
第四章 鑽井泥漿	48
第一节 泥漿的用途	49
第二节 泥漿性能	50
第三节 泥漿的分类	53
第四节 配制泥漿用的原料和化学处理剂	54
第五章 鑽井主要仪表	57
第一节 指重表	57
第二节 測斜仪	59

第三节 地層測驗器.....	62
第六章 鑽井.....	66
第一节 鑽井前的准备工作.....	66
第二节 鑽进.....	81
第三节 起下鑽操作.....	91
第四节 固井作業.....	98
第五节 油井完成.....	111
第七章 利用井底發動机的鑽井方法	121
第一节 渦輪鑽井方法.....	121
第二节 电动鑽具鑽井方法.....	130
第八章 新的鑽井方法	133
第一节 空气鑽井方法.....	133
第二节 爆炸鑽井方法.....	134
第三节 震动鑽井方法.....	135
第四节 热力鑽井方法.....	136
第五节 行星鑽井方法.....	136
第九章 鑽井事故和井下复杂情况	137
第一节 鑽井事故.....	137
第二节 鑽井的复杂情况.....	147
第十章 鑽井的安全技术和劳动組織.....	154
第一节 鑽井的安全技术.....	154
第二节 鑽井的防火措施.....	157
第三节 鑽井的劳动組織.....	157

第一章 概 論

第一节 鑽井的用途和井的种类

利用机械設備和工具,从地面向地下鑽鑿圓柱狀的孔眼,这种工作就是鑽井。从一口井来看,井的最上部叫井口,井的最下部叫井底,井眼周圍的圓筒形的側壁叫井壁,井眼的直徑叫井徑,从井口到井底的整个部分叫井身,从井口到井底的距离叫井深。

鑽井在国民經济中的用途是很广泛的。我国地下埋藏着很多有用的矿物,通过鑽井就可以找出这些矿物埋藏的地方和分佈情况。找到的矿藏,如果是液体(例如石油)或气体(例如天然气),就必须鑽井,使它們經過井眼从地下出来。如果是固体(例如煤或鉄矿石),进行地下坑道开采时,在地下工作的人需要新鮮空气,就要利用鑽井把輸送空气的通風管接到矿坑里;已經开采完的地方,應該通过井眼充填砂土或別的东西,因此也要鑽井。水源缺乏的地区,也是利用鑽井来汲取地下的水供給城市居民、工業、农業和运输業使用。

井的种类很多,按照鑽井的性質来分,有油井(鑽探或开采石油用)、气井(鑽探或开采天然气用)、鹽井(汲取鹽滴用)、水井(汲取工、农業或生活用水)等。

按照井的方向分,可分为垂直井、斜向井和水平井等。目前,我国鑽的井以垂直井为最多。

按照鑽井的目的来分,可以分成以下几类:

探井 探井是为了了解地下地層、構造情况和地下矿藏分佈情况而鑽的井。

生产井 生产井是在已經勘探过的地区，知道某一个地方有矿藏，用来开采这个地方地下矿藏的井。有些井虽然不是直接用来开采矿藏，但是是为了提高生产而鑽的井，也属于生产井，例如油矿的注水井和注气井。

生产井兼探井 这种井一方面要达到开采矿藏的目的，另一方面还要达到勘探地質情况的目的，同时兼有生产井和探井的作用。

第二节 我国鑽井事業的發展概況

远在兩千多年以前，在我国四川地区就已經鑽鑿了很多汲取滴水用的鹽井。当时的鑽井方法和以后的頓鑽相似，但設備比較簡單，鑽井的动力是人力，用鑽头来回冲击岩石。鑽头由連接成長条的竹繩下放入井，并由竹彈弓的彈力控制鑽头在井中的升降。井架用圓木制成，保护井壁用的套管也是木制的。用这种方法，在我国古代曾鑽过上万口井，不少井的深度达到一千公尺左右。

我国在鑽井方面虽然有很久的历史，但是由于封建制度的長期束縛，由于帝国主义的压迫和中国反动統治者的腐敗無能，現代化的鑽井技术在我国始終沒有得到广泛的应用，石油鑽井特別落后。直到1907年，我国才利用机械設備鑽成了第一口油井。从1907年到全国解放前的四十多年中，我国石油鑽井只鑽进了几万公尺，鑽的最深的井也不过一千多公尺。

解放以后，石油勘探事業迅速地發展起来了，石油鑽井

的力量不断增大，解放前，我国在石油鑽井方面只有十多部陈旧的鑽机，現在已經有数百部新式鑽机了。解放前，我国只能鑽一千多公尺深的井，現在已經能鑽三千多公尺深的井了。不少鑽井队的鑽井速度接近了世界的先进水平，渦輪鑽井在我国的几个石油探区都已經使用。在苏联專家的帮助下，我国已經使用渦輪鑽具鑽斜向井和双眼井，其他新的鑽井技术也正在研究或試驗。由于鑽井力量的發展和技术的提高，几年来，我們已經找到很多的儲油構造，証实了我国是一个石油資源丰富的国家。

当然，从整个国民經济發展的需要来看，我国石油工業仍然是落后的。为了大力發展石油工業，就必须努力勘探和開發石油矿藏，需要加快鑽井速度。这对于全体石油鑽井工作者來說，是一个既艰巨又光荣的任务。

第三节 鑽井方法

根据鑽头在井底工作方式的不同，鑽井方法大体上可以分成頓鑽鑽井法、旋轉鑽井法以及这两种方法的綜合鑽井法。随着科学技术水平的提高，目前还有一些新的鑽井方法，例如空气鑽井法以及还在研究阶段的爆炸鑽井法、震动鑽井法、热力鑽井法和行星鑽井法等。这些新的鑽井方法我們將在第七、八章簡略地介紹，这里只打算談一談使用較久的頓鑽鑽井法和旋轉鑽井法以及这两种方法的綜合鑽井法。

頓鑽鑽井法 頓鑽鑽井又称冲击鑽井、这是最早的一种鑽井方法。頓鑽鑽井工作是这样进行的：鑽头在井中上下运动，冲击井底岩層，將岩石頓成碎塊，然后用撈砂筒撈出，

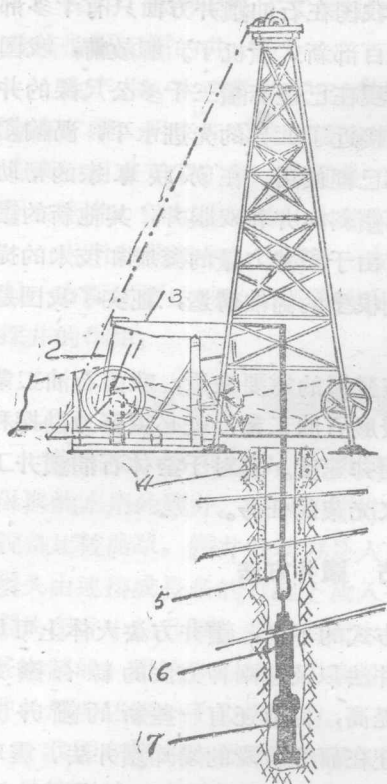


圖 1 繩式頓鑽示意圖

再繼續往下冲击岩層。

这样，井就愈頓愈深。

根据傳动鑽头所使用的工具不同，頓鑽鑽井又可分为繩式頓鑽和桿式頓鑽兩種。

一、繩式頓鑽 繩式頓鑽是通过鋼絲繩帶动鑽头工作的，如圖 1 所示。动力机把曲柄軸 1 傳动旋轉，曲柄和連桿 2 下端連接，曲柄軸的旋轉运动帶动連桿作往复运动，連桿的运动帶动游梁 3 上下摆动，游梁的另一端連接下入井內的鋼絲繩 4，鋼絲繩下端連接活环 5，活环下面連接鑽鉞 6 和鑽头 7。当游梁上下摆动时，就能使井下的鑽头

一上一下不断地冲击井底的岩石。

二、桿式頓鑽 桿式頓鑽是用鑽桿傳动鑽头上下冲击岩石的。用鑽桿比用鋼絲繩笨重得多，操作上不方便，起、下鑽桿又要花費很多時間，因此这种方法現在已經很少使用了。

頓鑽鑽井設備比較簡單，操作容易，鑽井事故較少，每

鑽進一公尺的單位成本較低。由於頓鑽鑽井不需要循環泥漿，鑽進油層時油層不會受到泥漿的侵害，這對於鑽低壓油層是很有利的。頓鑽鑽井也適宜鑽堅硬的地層。

然而頓鑽鑽井也有很多缺點，主要的缺點是鑽井的速度慢。由於頓鑽鑽井不能使用泥漿，就只能靠下套管來保護井壁。這樣，不但多費套管，而且不能有很深的裸眼，因而只能鑽比較淺的井。由於不能用循環泥漿來保護井壁，當鑽到鬆軟地層或鬆散的礫石層時，井壁容易坍塌，影響鑽井速度，容易發生卡鑽事故。由於頓鑽鑽井缺點較多，現在鑽井已經不常使用這種方法了。

旋轉鑽井法 使用旋轉鑽井法鑽井，是使鑽頭在井底旋轉，用鑽柱給鑽頭加壓力，把岩石破壞成碎屑，用循環泥漿把鑽碎的岩屑帶到地面。按照帶動鑽頭的發動機裝置位置的不同，旋轉鑽井法又可分為轉盤鑽井法和使用井底發動機的鑽井法。

一、轉盤鑽井法 使用轉盤鑽井法鑽井，鑽頭是由裝置在地面上的發動機通過轉盤等傳動裝置的帶動在井底旋轉的。這是目前我國已經廣泛應用的鑽井方法。其工作程序如圖2所示：井底的鑽頭1，用絲扣和厚壁鋼管制的鑽銼2連接，鑽銼又同上面的管壁較薄的鑽桿3連接。鑽桿和鑽桿間用接頭4連接。整個鑽柱的最上端是方鑽桿6，方鑽桿通過轉盤5的方補心同水龍頭8連接。水龍頭的外殼不旋轉，里面的中心管和下部的軸能隨着鑽具一起旋轉；水龍頭上部用鵝頸管和水龍帶7連接。

當鑽井工作進行時，動力機13帶動井口的轉盤旋轉，轉盤的旋轉經方鑽桿、鑽桿、鑽銼又帶動鑽頭在井底旋轉，鑽

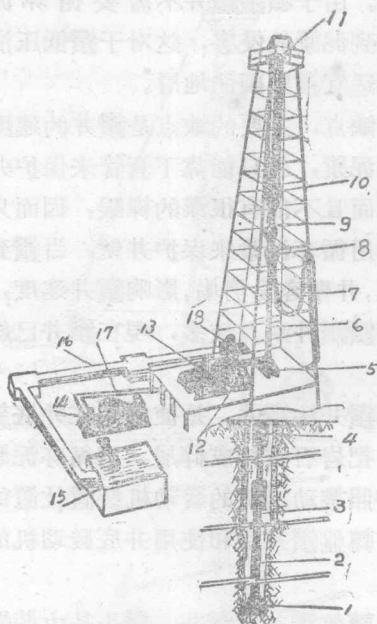


圖 2 轉盤鑽井示意圖

1—鑽頭；2—鑽銼；3—鑽桿；4—接頭；
5—轉盤；6—方鑽桿；7—水龍帶；8—水
龍頭；9—大鉤；10—游動滑車；11—天
車；12—絞車；13—動力機；14—泥漿泵；
15—泥漿池；16—泥漿槽；17—高壓循環管
綫；18—泥漿篩。

硬來選擇鑽頭，鑽頭能在井底連續旋轉，并能連續循環泥漿，沖洗井底，保護井壁。

轉盤鑽井法的最大的缺点是：用裝置在地面的發動機旋轉井內的鑽柱，不但要耗費發動機很大一部分功率，而且經常會發生鑽桿絲扣滑脫和鑽桿折斷等事故。

头上的牙齒將岩石磨碎。在這同時，泥漿泵14把泥漿從泥漿池15吸到泵里，然後經過高壓循環管綫17、水龍帶和水龍頭進入方鑽桿，再經過鑽柱從鑽頭水眼里噴射出來沖洗井底。鑽碎的岩屑經過鑽柱和井壁的環形空間被泥漿帶到地面上。從井底返回的泥漿經過泥漿篩將岩屑分出來，泥漿流入泥漿槽16里面以後，再流回泥漿池。這樣不斷地磨碎岩石，不斷地循環泥漿，井就越鑽越深了。

用轉盤鑽井法鑽井的速度比頓鑽快得多。

因為它根據地層的軟

二、使用井底發動機的鑽井法 使用井底發動機的鑽井方法和鑽盤鑽井法主要不同的地方是：帶動鑽頭在井底旋轉的發動機裝置在井底。在井底裝置水力渦輪機的叫渦輪鑽井法，裝置電動機的叫電動鑽具鑽井法。這兩種方法我們將在六、七章里介紹。

三、綜合鑽井法 這種方法是頓鑽和旋轉鑽井的綜合使用，適合鑽鑿軟、硬岩石之間的地層和鑽滲透率較低的油層。綜合鑽井法在旋轉鑽井法發展的初期使用得較多，因為當時旋轉鑽使用的鑽頭還不能適合於鑽堅硬岩石的要求，還需要用頓鑽鑽硬地層，但以後鑽頭的設計有了改進，旋轉鑽井法已完全有可能鑽各種不同硬度的地層，同時由於採用清水鑽井代替泥漿，用旋轉鑽井也可以鑽滲透率低的儲油層。因此，綜合鑽井法目前也很少使用了。

第二章 鑽井設備

鑽井設備是指用來進行鑽井工作的全套設備，主要是井架、絞車、動力機、泥漿泵、泥漿循環系統、滑車裝置系統、轉盤與井口裝置等。此外，還有機修、通訊、發電、給水等附屬工務設備。

第一節 井 架

井架的用途 井架是用來裝置天車、游動滑車、大鉤等吊昇系統，向井內提昇或下放鑽井工具和套管，以及吊昇其他重物上下鑽台的。在鑽井工作進行中，井架又是懸掛井內

鑽具进行鑽进的支架。

井架的分类 井架根据使用的性質和制造井架时所使用的材料与結構的形式不同，有以下三种分类法：

一、按照井架使用时的性質，可以分为固定式井架与輕便式井架。固定式井架能够承受的負荷較大，但是安裝与拆卸比較費事，适用于鑽比較深的井。輕便式井架能够承受的負荷較小，搬运与安裝比較方便，适用于鑽比較淺的井。

二、按照制造井架所使用材料的不同，可以分为金屬井架与木質井架。木質井架是用木料制成的井架。木質井架制造容易，成本較低，适宜承受冲击的負荷，多用来作为頓鑽鑽机的井架。但木質井架的工作負荷比較小，使用的寿命較短；井架体积比較大，拆裝与搬运时比較笨。金屬井架是用金屬材料制造成的。使用金屬井架的优点是工作时能够承受比較大的負荷，安裝和拆卸都比較方便，使用的寿命比較長，适用于旋轉鑽井。它的缺点是成本比較高，不适用于承受冲击負荷的工作。金屬井架由于使用的金屬材料結構的不同，又可以分为管子井架和角鉄井架。管子井架的大腿是用金屬鋼管組成的。角鉄井架的大腿是用金屬角鉄組成的。

三、按照井架結構的形式，可以分为兩腿井架、三腿井架和四腿井架等。兩腿井架只能用在輕負荷的鑽井工作方面。三腿井架能承受的負荷比兩腿井架大一些，适宜用在中輕負荷的鑽井工作。四腿井架能够承受較大的工作負荷。

井架的構造 井架的組成部分从上到下可以分为天車台、二層平台、鑽台、底座大梁与井架架身等部分，如圖3所示。現將各部分的用途說明如下：

一、天車台 位于井架的最上方，是用来安裝天車的，

四周有走道，走道的外边有欄杆保护。工作时，人在上面走动很方便，也很安全。

二、二層平台 位于井架的中上部位置，起下鑽的时候，是工人在上面操作的地方。二層平台位置的高低是根据井架本身高度和使用的鑽桿立根長度决定的。

三、鑽台 位于井架架身的底部、井架底座的上面，用来安裝絞車、动力机和轉盤等設備，是向井內起下鑽具、下套管与从事其他吊升工作的地方。

四、井架底座大梁 位于井架架身与鑽台的下面，用来支承井架与鑽台上的各項設備。

井架的選擇和使用 井架的選擇在鑽井工作当中是很重要的。因为井架选用得是不是合适与鑽井工作的安全有直接关系。所以在选定井架的时候，應該預計到鑽井的可能深度，鑽井的工作条件与地区的自然条件，还需

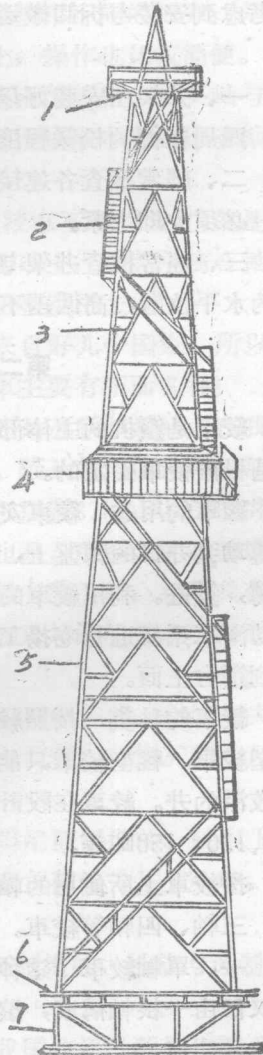


圖 3 井 架

1—天車台；2—扶梯；3—拉筋；4—二層平台；5—井架大腿；6—鑽台；7—底座。

要考虑到安裝与拆卸搬运的方便。使用井架时应注意以下几点：

一、井架在安裝好以后，四周要裝設繃繩，使井架稳固；四周繃繩的松紧程度要一致。

二、經常檢查各連接部分螺栓的松紧情况，發現有松动时，必須立即上紧。

三、經常檢查井架与底座位置的水平情况，必須保持四周的水平位置，高低差不能超过标准。

第二节 絞 車

絞車是鑽机的主体部分。确定鑽机能力与型号的时候，都是根据絞車确定的。

絞車的用途 絞車安裝在鑽台上，动力机的动力經過絞車傳动到井口的轉盤上，使轉盤旋轉，然后帶动井內的鑽具旋轉，鑽进。利用絞車的滾筒上面所纏的鋼絲繩，还能傳动游动滑車系統进行卷揚工作，起下鑽柱、套管与吊昇其他重物到鑽台上面。

絞車的种类 按照絞車負荷的能力，可分为輕型絞車和重型絞車。輕型絞車只能用来鑽較淺的井，重型絞車用来鑽比較深的井。絞車在設計时的負荷能力，有20、40、60、80、100、130、150吨等。

按絞車上所使用的軸的数目不同，可以分为單軸、双軸、三軸、四軸等絞車。

一、單軸絞車 这种絞車多用在輕型鑽机上，絞車的本身仅仅由一根軸構成，滾筒与貓头同時裝設在一根軸上，操作比較簡便。

二、双軸絞車 这种絞車与單軸絞車不同的地方，是滾筒与貓头分別安裝在不同的兩根軸上，操作也比較簡便。

三、三軸絞車 这种絞車大多是由滾筒軸、貓头軸与傳動軸組成。滾筒軸与貓头軸的運轉是由絞車本身的傳動軸來傳動与變更速度的。

四、四軸絞車 这种絞車与三軸絞車不同的地方，就是在原有的滾筒軸、貓头軸与傳動軸的基础上，加裝主离合軸或撈砂滾筒軸。四軸絞車大多使用在重型鑽机上。

我国目前所使用的絞車，因为来自好几个国家，所以在型式上也比較复杂，現在使用的絞車主要有下面几种：

一、烏茲特姆(Y3TM)絞車 它是苏联制造的，在我国使用的比較广泛。絞車上有滾筒軸、貓头軸与傳動軸。額定的負荷能力是130吨，用4½"鑽桿可以鑽3200公尺深的井。

二、貝烏(BY-40)型絞車 它也是苏联制造的。絞車上仅裝有一根軸。它能同时傳動滾筒軸与貓头軸，額定負荷能力是40吨，用4½"鑽桿可以鑽1200公尺深的井。这是我国目前中型鑽机中数量最多的一种。

三、R-3200型絞車 它是羅馬尼亞制造的。它的型式与苏制 Y3TM 型絞車基本相同，用4½"鑽桿可鑽3200公尺深的井。

四、R-2500型絞車 它也是羅馬尼亞制造的。絞車上裝有滾筒軸、貓头軸与傳動軸等。額定負荷能力是150吨，用4½"鑽桿可鑽2500公尺深的井。

五、BU-40型絞車 是羅馬尼亞制造的，性能与苏制BY-40型絞車完全相同。

以上五种型式的絞車，目前在我国使用的数量比較多。

除了这几种以外，还有罗马尼亚制的R-4000型絞車，用 $4\frac{1}{2}$ "鑽桿可以鑽4000公尺深的井；美制75型絞車，用 $4\frac{1}{2}$ "鑽桿可鑽2500公尺深的井。美制50型絞車，用 $4\frac{1}{2}$ "鑽桿可鑽1500公尺深的井；美制30型絞車，用 $4\frac{1}{2}$ "鑽桿可鑽1000公尺深的井。此外，还有苏制BA-40型絞車，用 $4\frac{1}{2}$ "鑽桿可鑽800公尺深的井。

絞車的組成 絞車的式样虽然很复杂，但是它的主要組成部分不外乎架身、滾筒軸、貓头軸、傳动軸、撈砂筒、主离合軸、鏈輪与軸承等，如圖4所示。

一、絞車架身 架身就是絞車的壳体，是用以支承絞車

上各个軸的，它的大小与軸数目的多少有直接关系。

二、滾筒軸

它安裝在絞車的前面，用来傳动纏繞有鋼絲繩的滾筒，以便向井內起下鑽具或下放套管等。

三、貓头軸

安裝在絞車的上方，在它的兩端分別裝有自动貓头与死貓头。利用兩端的貓头可以用来帶動吊鉗摆动，进行

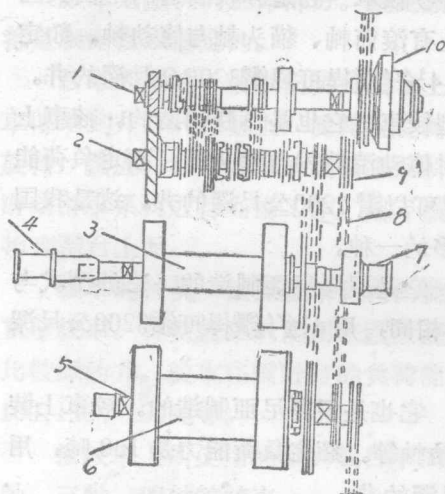


圖4 75型絞車平面組成圖

1—組离合組；2—傳动軸；3—撈砂筒軸；4、7—貓头軸；5—滾筒軸；6—滾筒；8—鏈条；9—鏈輪；10—离合器。