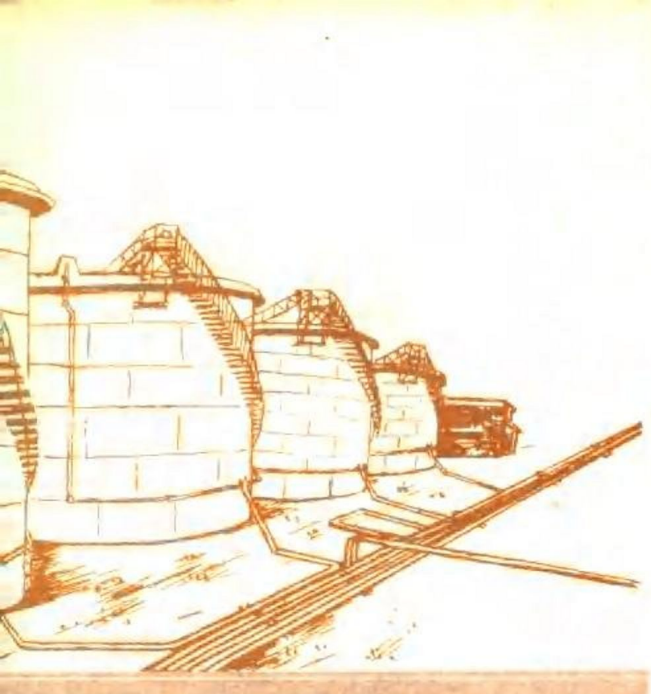




石油职工
继续学习丛书

钻井

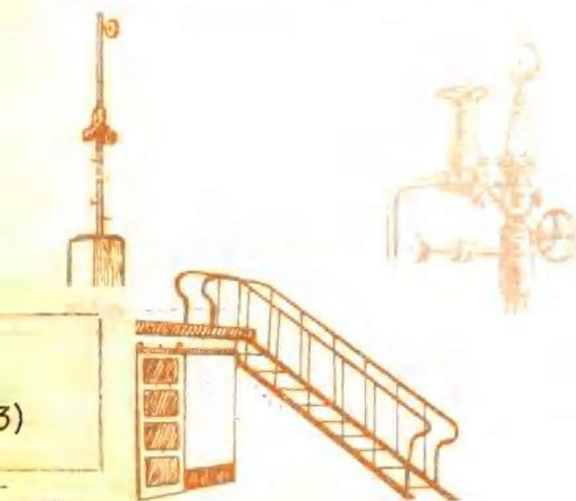
(三)

钻井特殊操作

〔美〕 得克萨斯大学 编



石油工业出版社



TE
3
3:2(3)

石油职工继续学习丛书

钻 井

(三)

钻井特殊操作

(美) 得克萨斯大学 编

李自俊 郝俊芳 刘崇建 景天佑 译

石油工业出版社

A877663

THE UNIVERSITY OF TEXAS
LESSONS IN ROTARY DRILLING
UNIT III
NONROUTINE RIG OPERATIONS
PETROLEUM EXTENTION SERVICE
THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN
1976.

*

石油职工继续学习丛书

钻 井

(三)

钻 井 特 殊 操 作

〔美〕得克萨斯大学编

李自俊 郝俊芳 刘崇建 景天佑译

石油工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

保定新生印刷厂印刷

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $12 \frac{3}{4}$ 插页 字数298千字 印数1—8,000

1981年11月北京第1版 1981年11月北京第1次印刷

书号15037·2239 定价1.10元

内 容 提 要

美国国际钻井承包商协会教育培训部委托得克萨斯大学编写了石油职工学习丛书的钻井部分（原名为《转盘钻井教程》）。其中第一册钻机及其维护保养；第二册钻井基本操作；第三册钻井特殊操作；第四册海洋技术。由于书中所涉及的设备与工艺技术与我国石油钻井现场工作情况比较接近，因此，很适合中等文化水平的石油钻井工人学习参考，也可作为技工学校的教学参考书。

本书是石油职工继续学习丛书钻井部分的第三册，书中共有四章，分别介绍了定向钻井、裸眼打捞、油气井防喷及海底防喷器组和隔水导管装置等方面的内容，为便于读者学习和应用，书中附有较多的图表。

出 版 说 明

美国得克萨斯大学有关部门受美国石油学会和美国国际钻井承包商协会的委托,从六十年代起,陆续编写了一套为刚从事石油工作的新人员学习的丛书,这套书经多次修订再版,已逐步完善,并日益受到石油工作者的重视。据我们目前的了解,这套丛书包括石油钻井、石油和天然气开采、油井的维护和大修、石油储运、海洋操作技术和基础知识方面的内容。这套书适于新工人自学,也可以作为培训技工的教材,有的内容则可作为初学者的入门指导。

我们现将拿到手的部分陆续翻译出版,并统称为《石油职工继续学习丛书》,以供我国石油工作者,特别是石油厂矿工人学习参考用。我们相信,随着我国石油工业的发展,以及与国际间石油技术交流活动的开展和新设备的不断引进,将这套丛书介绍给我国的石油工人,对我们的工作是有一定益处的。

目 录

第一章 定向钻井	1
一、引言	1
二、定向钻井的典型应用	2
三、定向井剖面类型	3
四、定向井的设计和人员	4
五、定向钻井的测斜仪器和造斜工具	4
六、定向井斜井段的钻进	29
七、定向钻井的其它问题	32
复习题	34
第二章 裸眼打捞	37
一、引言	37
二、落物打捞	37
三、钻杆打捞	43
四、打捞已卡钻杆	49
五、粘附卡钻	58
六、打捞钻铤	59
七、打捞钢丝绳	65
八、放弃打捞	67
九、结束语	68
复习题	69
第三章 防喷	71
第一部分 油气井压力控制	74
一、地层压力	74
二、异常高压地层	82
三、井喷的发现	86
四、压制可能来临的井喷	90
第二部分 井口设备和钻井设备	103
一、防喷设备	103
二、防喷器组合	130
三、防喷器试压和防喷练习	136
复习题	140
第四章 海底防喷器组和隔水导管装置	143
一、引言	143
二、海底防喷器组	145
三、海上隔水导管装置	164
四、海底防喷器操纵系统	182
五、阻流器和压井装置	186
附录	190
复习题	195

第一章 定向钻井

一、引言

定向钻井是在井底与井口有一定水平位移时，井身沿设计路线偏斜，钻达目的层的一种技术。

图1—1是使一口井井身偏斜的一份设计。标明垂直剖面的图左，是设计井身的侧视图。图右为井的水平投影图。正北向是在图的上方。设计提出从地表到井深1800.8英尺的那一段是垂直井段，井身保持在一个半径为25英尺的假想圆柱内。从井深1800.8英尺处井身开始偏斜，而假想圆柱的半径增至50英尺。这个大的圆柱延伸到井底附近时，其半径又减至25英尺，从而形成一个直径为50英尺的目的区。这个圆柱是个控制圆柱①，实际井身必须保持在这一圆柱内。1800.8英尺和2700.8英尺之间有井斜各不相同的许多点，定向井工程师把这些点作为导向点，这不仅可以保证井身沿设计路线钻进，而且保证在一定方位井身有足够的井斜角，从而可以钻达目的区。当井身钻达测量井深(MD)为2700.8英尺时，井眼方位应为南偏东20°45'(S20°45'E)，其水平位移为176.7英尺。完钻井深井底的水平位移应为2691.8英尺。需要注意的是，在垂直深度相同的情况下，倾斜井的测量井深比垂直井的大523.1英尺，即9273.1英尺减8750英尺等于523.1英尺。简言之，在垂直深度相同的情况下，倾斜井总是长于垂直井。这就是定向钻井花钱较多的原因之一。

使油井井身偏斜的技术是在二十世纪二十年代末期美国太平洋沿海开始的。以前该地区是通过朝海洋修建栈桥来钻井的。由于栈桥逐渐妨碍船只运输，终于不再允许在港湾内修建栈桥进行钻井。这时加利福尼亚一位有创造才能的承包商，相信他能够把钻机安在岸上而让井眼偏斜以使井底钻到港湾下面。没有请求港湾当局和有关人士的许可，他就这样进行了。尽管他的设想进

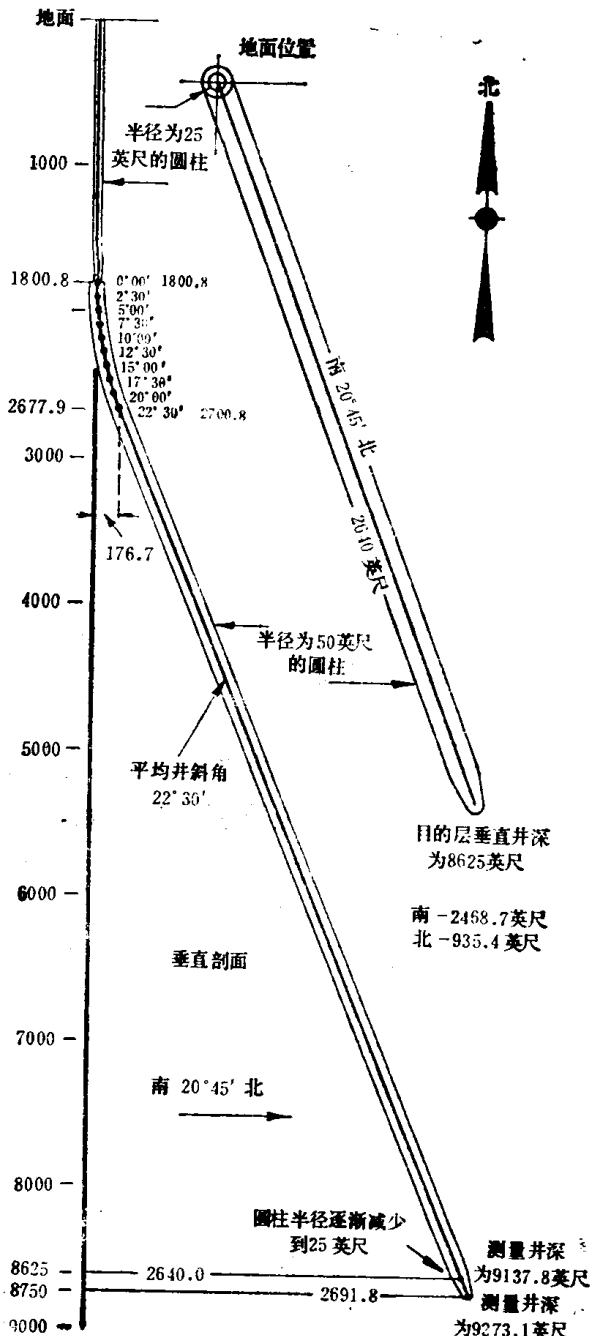


图1—1 定向井设计剖面图

①控制圆柱 (Control cylinder)，国内也有称安全圆柱的。

行得很顺利，但由于没有得到当局对其设计的批准，大多数石油公司和钻井承包商对使井眼偏斜这一点抱着怀疑和冷淡的态度，这一态度直到得克萨斯州的一个新兴小城康洛伊发生井喷前为止。

天气寒冷多雨，生活枯燥无味——在这样的气候里，人们只能在有暖气的屋子里得到温暖和安慰。迈得莱 1 号井已开钻几个星期，当时一切都很正常。就在这寒冷的日子里，这口井的套管发生了高压气漏泄，逸出的高压气体造成了一个可怕的巨坑，吞没了钻机。要是压力不高多好啊，可是高压气体通过上部地层窜到邻近各井周围的地表，这实际上是一种非常坏的情况。很多人认为这口井除了让它喷以外别无它法，人们希望这口井最后能自己转变，并祈求这个愿望快点实现以使大家能回去工作。

这时，在康洛伊一个主要的石油公司中工作的一位聪明年轻的工程师提出在旁边钻一口定向井，使它的井底接近于因井喷而着火的井筒。然后，在高压作用下，将泥浆注入这口定向井使得泥浆能通过地层压入井喷着火井以控制井喷。这一建议获得了批准，设计成功地完成了，并使有关各方都很满意。结果是定向钻井开始被确认为控制猛烈井喷井的一种方法。随即得到钻井公司和承包商的赞成认可。由于具有代表性油田的创造经验，钻井工程师和承包商开始应用定向钻井的原理，而且，无论什么时候，这种技术似乎都是解决特殊问题的最好方法。

二、定向钻井的典型应用

压制井喷是定向钻井一种最引人注目的应用，但是最引人注目的应用并不总是最普通的应用。定向钻井目前最为普通的应用可归纳如图 1—2。

定向钻井发展至今，最常用的一个方面是海洋钻井。由于建立一座单式采油平台，也许需要不少于一百万美元的化费，如每口井建立一座采油平台可能是不合算的。通过应用定向钻井技术，好几口井从一座单式平台开始，然后偏斜，使得各口井按照要求的井距钻入生产层。

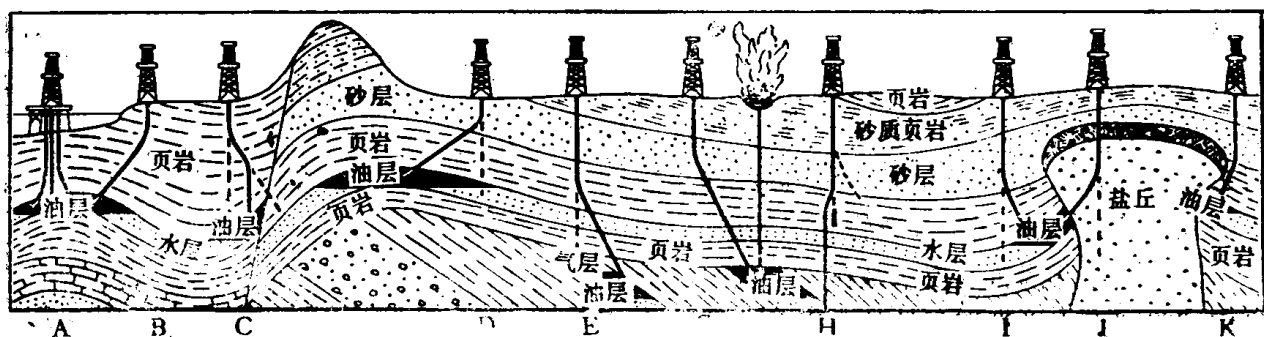


图 1—2 定向钻井应用范围

A—在人工岛上钻丛式井；B—海岸上钻进；C—控制断层；D—井位不能接近的钻探；E—地层圈闭；G—救火钻定向井；H—纠斜和侧钻；I、J、K—盐丘附近钻进

图 1—2 中 B 定向井是从海岸线上开始钻进并偏斜以到达近海生产层。如前所述，这是定向钻井最早的应用之一。

在勘探钻井中（图 1—2 中 C），定向钻井也常用于寻找油水界面或断层面的精确位置。还有，地震中，断层会滑动而剪坏套管，为了消除通过断层井的危险性，可以在断层面的下

盘钻一口定向井。

有时无法在正确的井位上安放钻机，为了解决这一问题，钻机可安放在障碍物旁边，使井眼偏斜地钻达障碍物下面某一位置（图1—2中D）。图上的障碍物是一座小山，其它障碍物也可能是一座城市，一条河流或一片沼泽。

图1—2中E上这口井是首先钻入气顶的，然后回堵，再偏斜钻入油层。如果第一口井进行生产，随着气体的生产将使储层压力降低，这就可能使同一油田的随后一些井在短期内停止自喷。随着这口井偏地钻入地层的含油部分，就可以在不消耗气顶压力的情况下产油。

如前所述的康洛伊油田早先的例子一样，图1—2中G表示了井喷着火井的处理方法。

井下发生某些复杂情况时，可采用定向钻井侧钻。例如，设想井眼应是垂直的，而实际井眼却超过了允许的井斜（图1—2H中的虚线），则在井眼的弯斜部分打上水泥塞回堵，并在该处安置造斜工具以引导钻头在水泥塞附近纠斜。如果部分钻柱断在井内，打捞无效时，可在落鱼顶部打上水泥塞，然后在水泥塞附近使井眼偏斜（图1—2中H的下部）。

定向钻井在盐丘附近有好几种用途。如果钻遇水层（图1—2中I），则只要朝盐丘再偏斜地钻几英尺就可以得到一口有工业价值的油井。图1—2中J上的这口井多少可以确定盐丘的突出程度。如果在应该发现油层的深度时，钻头仍在盐丘内钻进，可以不需要再钻其它井了。只要在现在这口井的底部打上水泥，然后使井眼向已知油层位置偏斜钻进。

在钻过盐层时，要保持井眼直径不变是很困难的。如果使用淡水泥浆钻进，水溶解盐使井眼扩大。即使由于使用饱和盐水泥浆或油基泥浆而使这些问题能减少，但在盐层中下套管还是可能引起套管损坏问题。通过使井眼在盐丘突起的周围及其下部偏斜（图1—2中K），可以消除井眼扩大和套管损坏等问题。

三、定向井剖面类型

经验表明，大多数定向井的剖面是三种基本剖面类型（图1—3）中的一种。选择一种

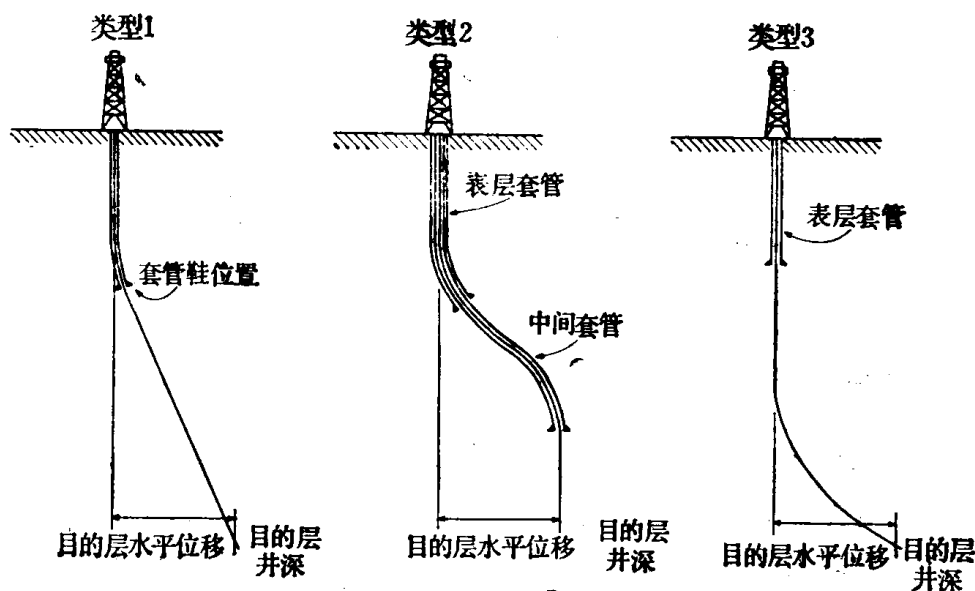


图1—3 定向井剖面的基本类型

特别的剖面类型以满足给定的钻井计划是并不简单的。它包含许多复杂因素，例如需要有关地质构造、泥浆和套管计划、目的区的井距等有用的知识。

剖面类型 1 井身是在井深比较浅处造斜并到初始井斜角，从此开始保持该井斜角尽可能以斜直井段钻达目的层。在井眼达到设计的井斜和方位时，就将表层套管下过造斜井段并固井。一般，剖面类型 1 可以用在两种不同井深的设计中。它可以用在无需下入中间套管的地区和单一油层地区的中深井钻井。也可以用在要求水平位移大的深井。在这些深井中，中间套管超过造斜井段下到所要求的深度。然后，在套管下面保持原来的井斜和方位钻至完钻井深。

剖面类型 2 也是在接近下入表层套管的井深时开始造斜的。在造斜完成后，即下入表层套管固井。然后，沿着偏斜的路线继续钻进，直至达到所希望的水平位移为止，接着井身转向垂直，并下入中间套管。再在垂直井段恢复钻进，以直的井眼钻达完钻井深。这种剖面适用于有气层、盐水层等复杂情况需要下入中间套管的深井。在多生产层的油田采用这种剖面，还可得到更为精确的井底距离。

剖面类型 3 造斜开始于表层套管以下的适当井深处。然后保持不变的井斜角钻达目的层。这种剖面井斜角比较大，井底水平位移较另外两种剖面小，一般在造斜井段不下套管。

四、定向井的设计和人员

在着手钻一口定向井之前，先将所有有关资料，如钻机提升能力、井眼尺寸、泥浆计划、表层套管下入深度、目的层位、钻遇地层以及套管程序等提交一家定向钻井服务公司，以便这家公司能详细地制订一份建议性的定向井设计。所完成的设计或建议说明一种基本的剖面类型，在哪里造斜，造斜工具各次下入时的井斜方位和井斜角的大小（见图 1—1）。如果设计被井的所有者接受，他就雇用一名服务公司的定向井工程师，并向服务公司租用完成定向井工作所需要的造斜工具。在美国，造斜工具和测斜仪器通常是不出售的。这种做法使得服务公司的定向井工程师对该公司的造斜工具和测斜仪器负责并进行保养。井队在定向井工程师的指导下使用这些工具。

五、定向钻井的测斜仪器和造斜工具

1. 井斜测量仪

定向井工程师是用井斜测量仪来确定一口井的井斜角和方位的。这些仪器使得他有可能在定向井钻进过程中进行检查并保证按设计进行。井斜测量仪总成（图 1—4）入井的方法和一般的测斜仪一样（参考《钻井基本操作》第三章钻直井关于用不同方法下入测斜仪的说明）。图 1—4 左边是好几种组合，可以装在仪器筒的顶部下入钻柱内。各种绳帽组合是在用钢丝绳下入和取出仪器时使用的。当仪器是投入钻柱时，为了用装在钢丝绳上的打捞筒取出仪器，采用一种打捞头。另一种情况是正好在换钻头起钻前，把仪器装在仪器筒里投入钻柱内。吸震器和缓冲装置减少了对井下支承座的冲击。

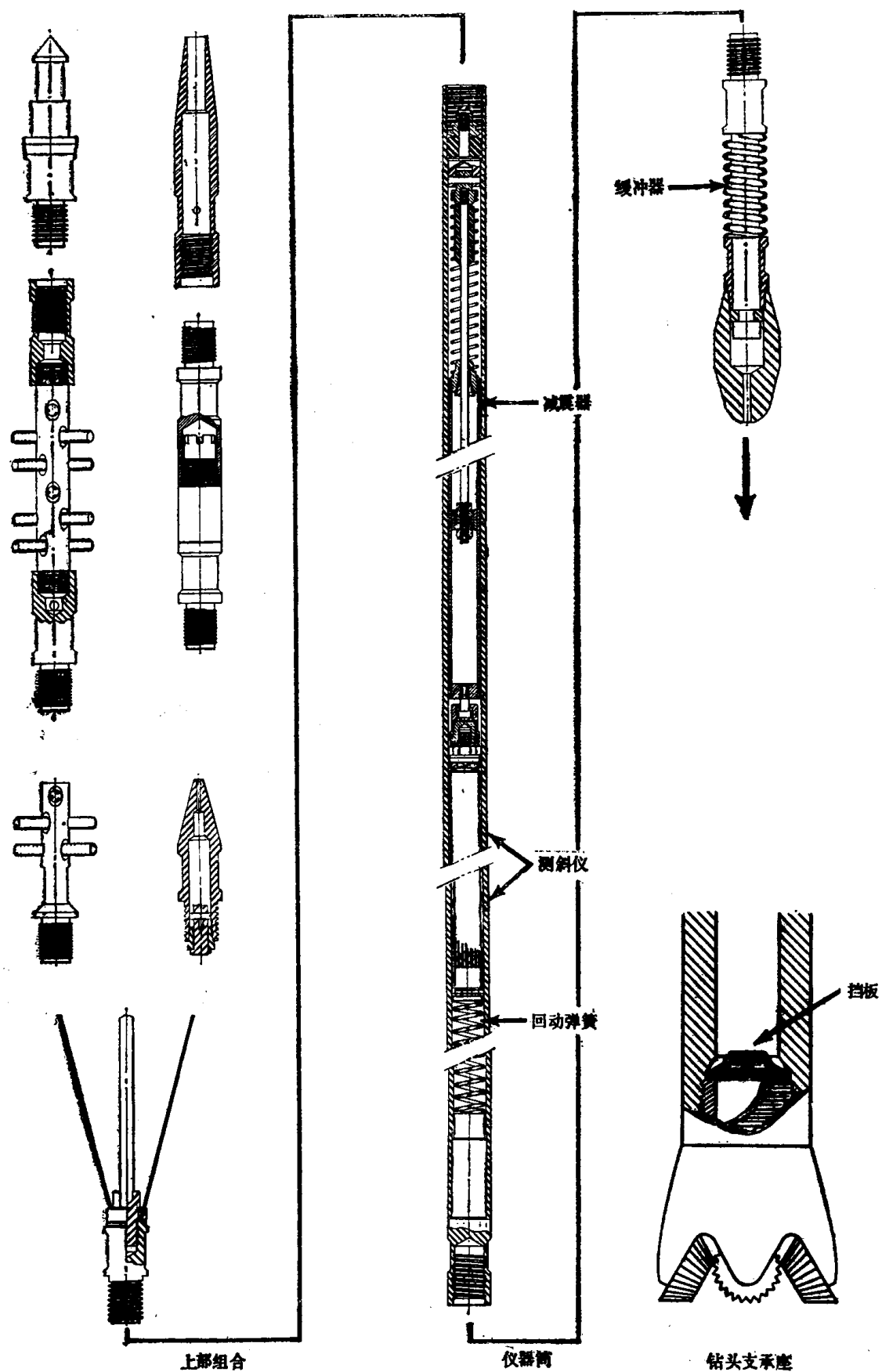


图 1—4 标准井斜测量仪总成

支承座装在一根由蒙乃尔合金(一种镍基合金,主要成分为镍和铜,还有少量其它金属)或不锈钢制成的特殊钻铤内。和一般的钢钻铤不同的是,蒙乃尔合金钻铤和不锈钢钻铤都不容易磁化。然而,一般的钻铤常常由于地磁场而被磁化,从而经常干扰仪器里的磁罗盘,给出错误的读数。

磁力测斜仪基本上是由罗盘、重锤和定时器组成的一套装置,定时器控制有关装置记录数据。单点测斜仪是在单个测点测斜,在一底片上作出单点记录。而多点测斜仪是在起出仪器的过程中进行测斜,可在胶卷上记录多达100个测点的井斜资料。在两种情况下,井斜方位和井斜角的大小都可以由底片或胶卷确定。

测斜是按规定的井深间距进行的。对测斜间距有两种意见。美国太平洋沿海的做法,要求至少每100英尺测量一次(一般为90英尺)。当好几口定向井集中在一处,例如在一座海上平台时,因为必须保持井眼非常精确地沿着设计路线钻进,以避免与邻近井相交,测量间距为30英尺。在得克萨斯州和路易斯安那州的墨西哥湾沿海地区,直井和方向井都采用100~200英尺的测量间距。

单点照相测斜仪 图1—5大致表明了磁力单点测斜仪内,工作部件的一种可能的布置。在这套仪器内,一个透明的磁罗盘漂浮在液体中。液体起缓冲器的作用,并使罗盘定位,使得能记录下井眼的倾斜程度。同时磁罗盘旋转,使其南北线指向地球的磁极。然后井斜角和井斜方位被记录下来。井斜方位的记录是井斜测量仪不同于一般测斜仪的地方。仪器的顶部是一个钟表机构。底部是记录装置,在这种仪器中,还包括有照相设备。

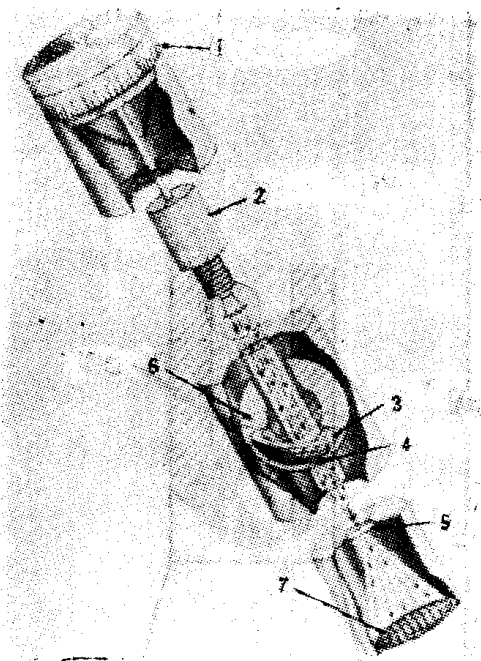


图1—5 单点照相井斜测斜仪示意图

- 1—钟表机构; 2—蓄电池; 3—罗盘;
4—中心圈标志; 5—照相机; 6—液体;
7—照相底片

当在前一测点以下已经钻了规定的井深间距时,就准备和组装好仪器以便下入。将照相底片装入照相机,并按仪器下井到测点前所需时间将钟表机构对表定时。为了使重锤和罗盘在仪器落到底后静止下来,钟表机构定时时应增加一小段时间。然后将照相机和钟表机构装在仪器筒内送入井底。当到达钟表机构上所定的时间时,钟表机构接通蓄电池打开灯光,灯光射过透明的浮动罗盘,将罗盘面内刻有的不透明刻度通过照相机镜头投射到感光底片上。在底片曝光足够长的时间后,钟表机构关掉灯光,就可以从井中起出仪器。

底片在地面经显影和定影处理,以作为永久性记录。图1—6在一个平面上表示了罗盘面内的刻度。在图右下侧的象限内的白色圆圈表示着照相机照相时一块面积在罗盘面上的相对位置,底片显影时出现在底片上。小圆的中心代表井眼中心,其位置指出测点的井斜角为 $35^{\circ}30'$,方位为南偏东 41° ($35^{\circ}30' S41^{\circ}E$)。这种读数称为磁测读数。在大多数情况下,磁测读数与真实读数不同。地图和定向井水平投影图都是根据真实读数绘制的,因此必须将磁测读数校正为真实读数。

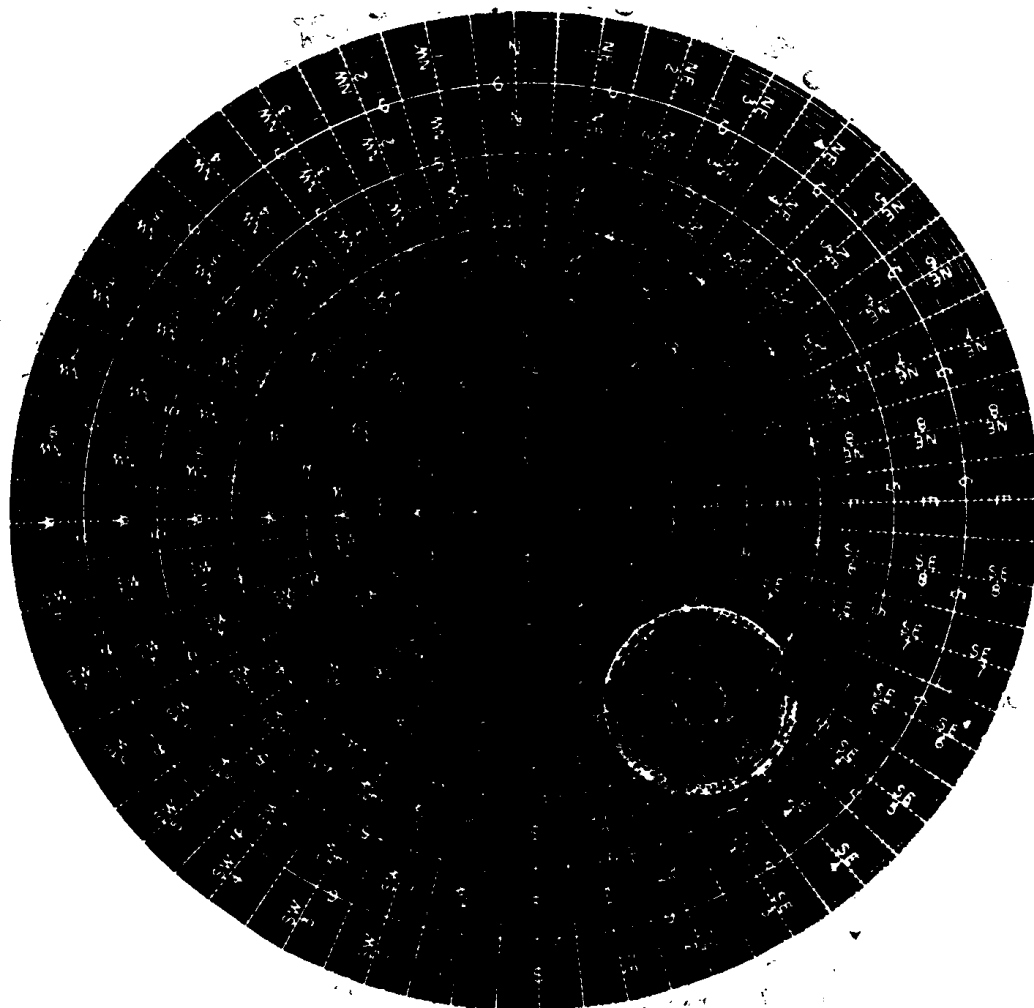


图 1—6 0—70°浮动罗盘

磁力测斜仪所使用的磁罗盘，其指向为地球磁北极，而地球磁北极与地球的地理北极并不重合。在哈得逊湾方向，磁北极在地理北极的南边几百英里；因此要得到真实的方位读数，必须将底片上的方位读数进行校正。

真北极与磁北极读数间的差异称为磁偏角。磁偏角随测点相对于磁北极和地理北极的位置而变化。图 1—7 为等磁偏线图，也就是一张表明每一条曲线上各点的磁偏角均相等的地图。根据该图，如果图 1—6 中的测量是在加利福尼亚州的长滩附近进行的，真北极大约位于磁北极以东 $15^{\circ}15'$ ，因此必须从罗盘的南东象限磁测读数中减去 $15^{\circ}15'$ 以得到真实读数。即测点的真实读数为 $35^{\circ}30' \text{ S}25^{\circ}45' \text{ E}$ 。另外，如果是在马萨诸塞州的波士顿附近进行测量，必须在磁测读数上加上 $15^{\circ}15'$ 以得到真实读数，即真实读数为 $35^{\circ}30' \text{ S}56^{\circ}15' \text{ E}$ 。还需注意的是，如果是在佛罗里达州的杰克逊维尔进行测量，该处磁偏角为 0° ，因此磁测读数和真实读数正好一样。

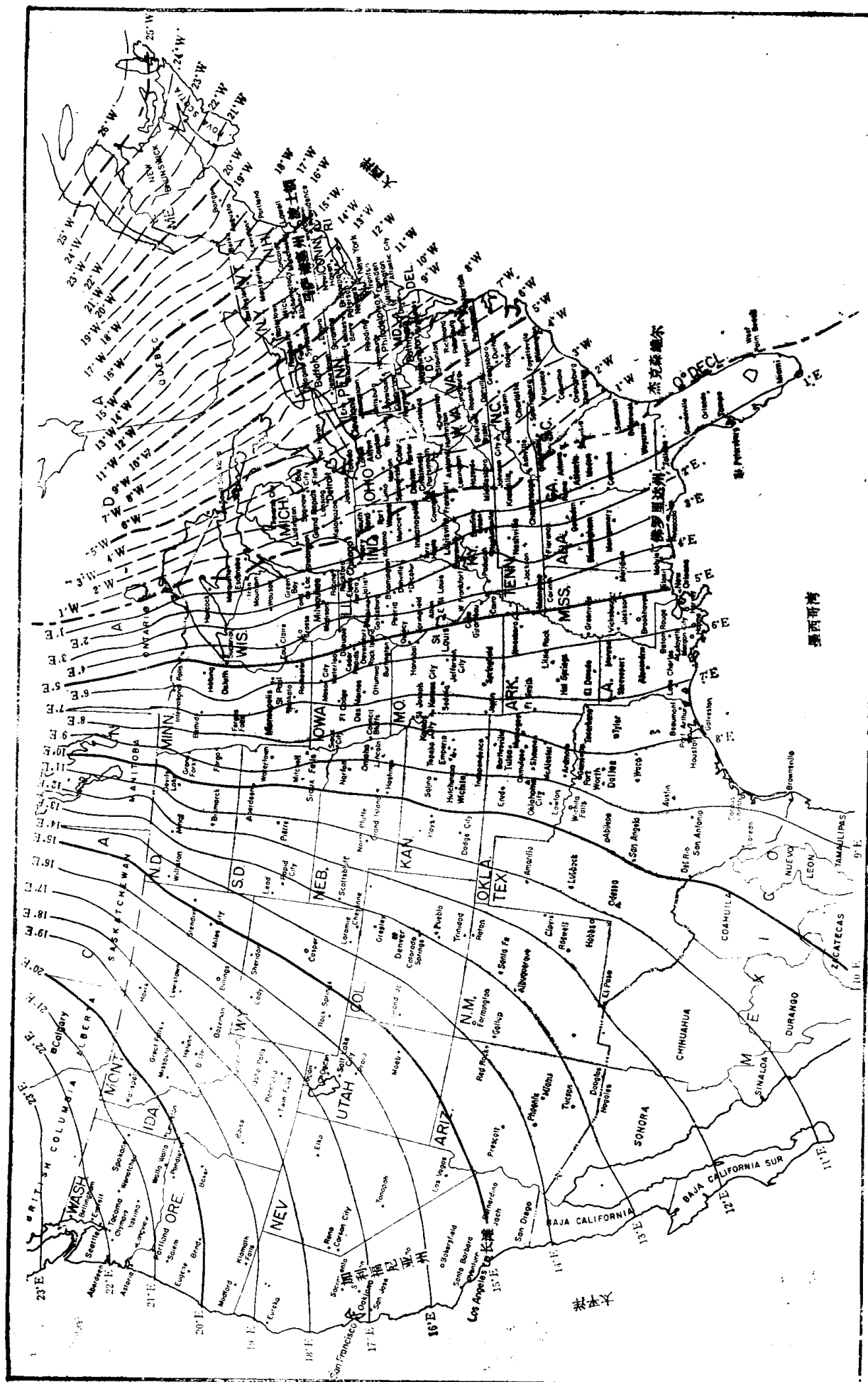


图 1-17 美国磁偏角图

定向井工程师将算得的真实读数画在设计图上，看看井眼是否在所要求的路线上。图1—8表示两口井的设计垂直剖面图和水平投影图。上面画有实际的井身路线。可以注意

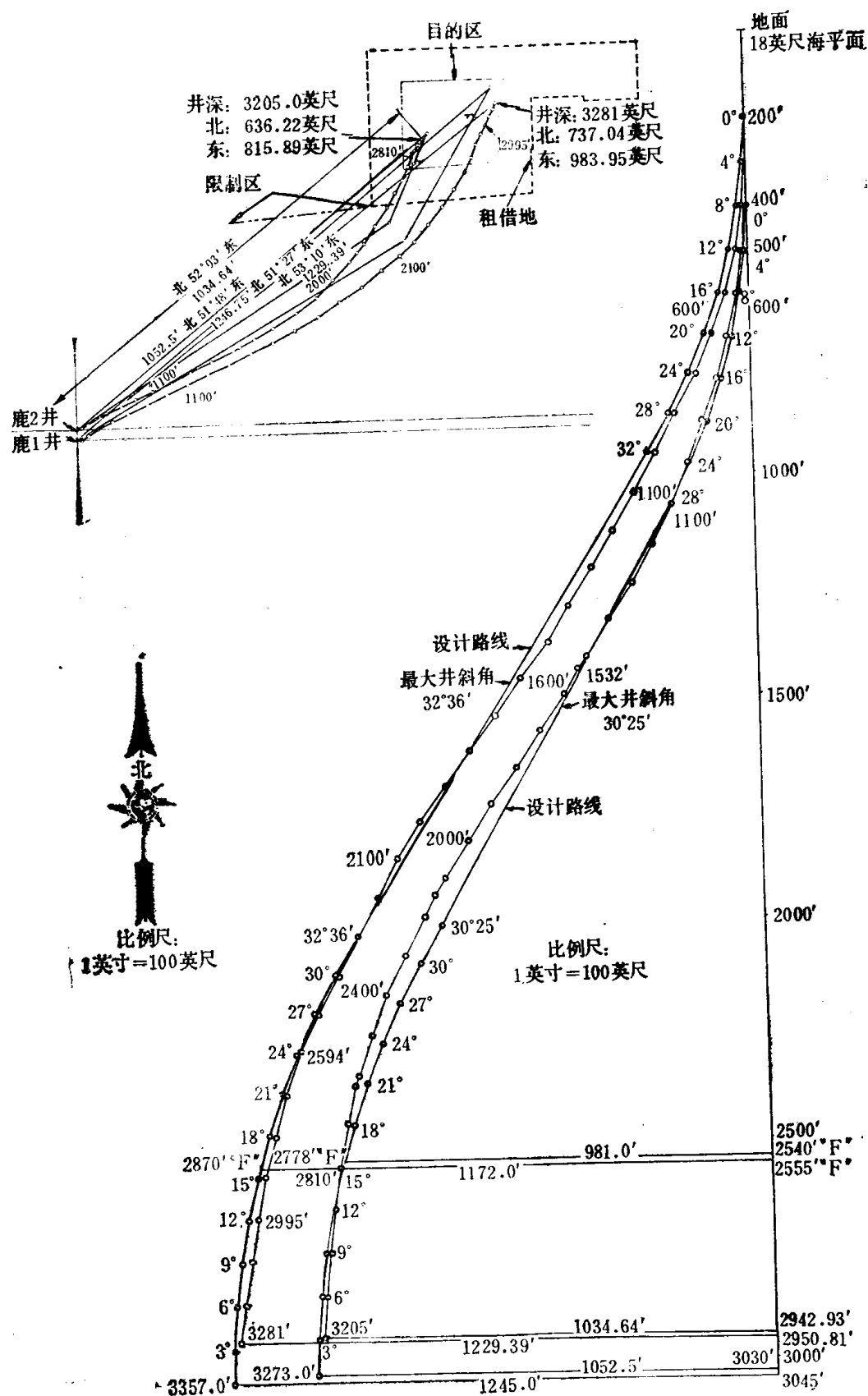


图1—8 画在图上的两口井

到，在垂直剖面图和水平投影图中，两口井都是绕着禁区拐弯以钻达目的层。

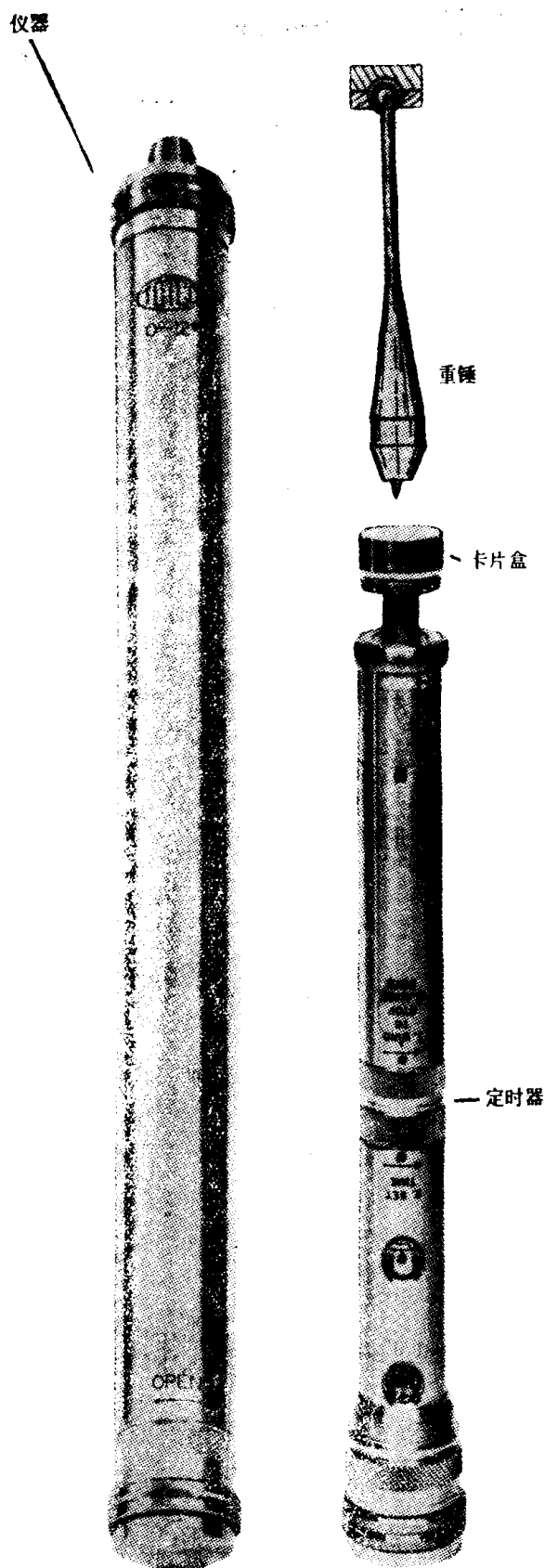


图 1—9 单点机械测斜仪

单点机械测斜仪 这种井斜测量仪并不采用照相机，因此无需在读数前将底片显影，但是必须用读数器来解释资料（图 1—9 和 1—10）。一张带缺口的卡片装在仪器的卡片盒内。卡片缺口和卡片盒中的磁针在同一直线上，因此缺口总是转向地球的磁北极。当仪器下到井内测点位置时，定时钟表机构不是打开灯光，而是把卡片朝着重锤上推，重锤在卡片上冲出一个孔。钟表机构这样进行两次。如果记录时重锤是静止的，卡片上只有一个孔。而如果记录时重锤摆动，卡片上将是两个孔。

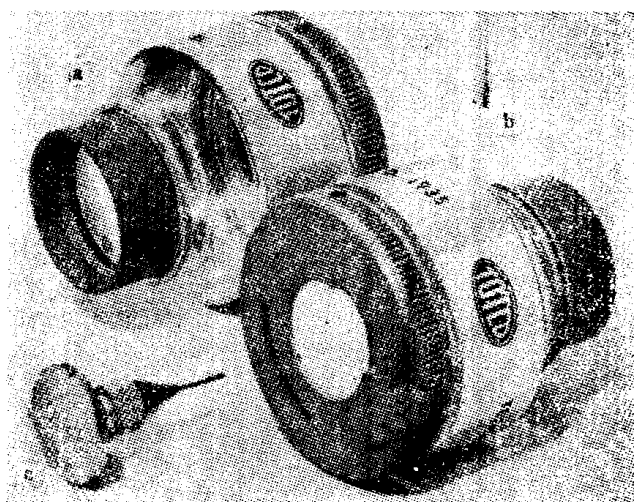


图 1—10 卡片读数器

起出后，将卡片放入读数器（图 1—11）内，使卡片的缺口与读数器凸出部分相互吻合，如同卡片装在卡片盒内一样。通过旋转读数器罗盘，由读数器底面一条细缝来校正磁偏角（在图中情况为北偏左 $16^{\circ}30'$ ）。因此旋转读数器底部的滚花旋钮，使一条细线直接通过卡片上所冲出的孔。这条细线是从卡片中心射向圆周的。然后通过计算从卡片中心到冲孔标记所在的每圈 1° 的圈数，读出井斜角。方位则在读数器的圆周上读出。由于磁偏角已在第一步从读数中校正过了，读出的就是真实读数。图上标出的真实读数为 $7^{\circ} N56^{\circ} E$ 。

多点磁力测斜仪 在用单点测斜仪测量了若干深度以后，定向井工程师通常希望核对这些读数，以便在出现任何错误时，能在继续钻进前予以更正。通常是用一种多点测斜仪进行核对的。多点测斜仪中钟表机构是这样对表定时的，起钻时或用钢丝绳起出仪器时，每隔90英尺（或每隔一立柱）胶卷就卷过一张并曝光一次。图1—12表示了两种

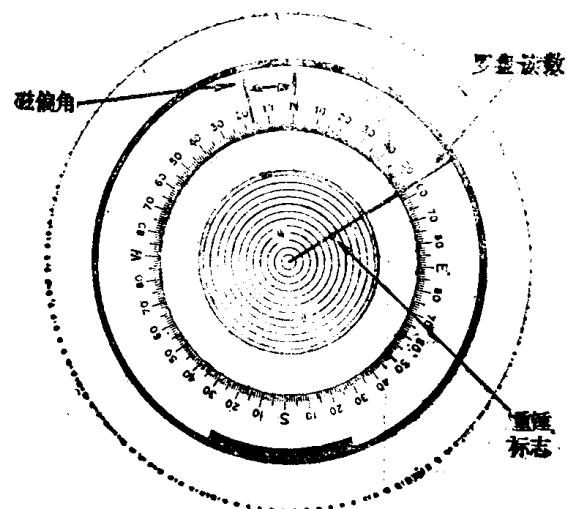


图1—11 读数器中的卡片

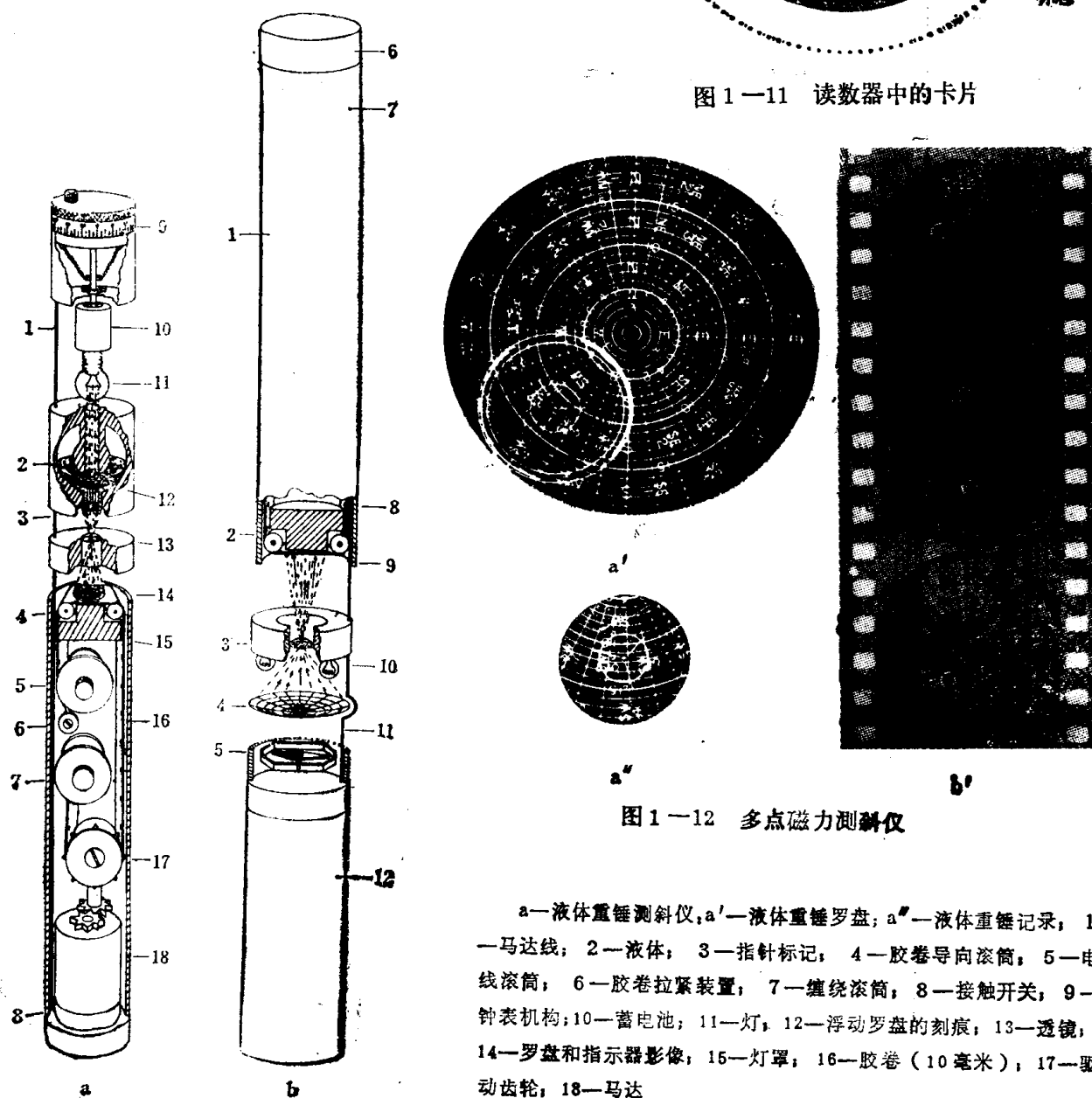


图1—12 多点磁力测斜仪

a—液体重锤测斜仪；a'—液体重锤罗盘；a''—液体重锤记录；1—马达线；2—液体；3—指针标记；4—胶卷导向滚筒；5—电线滚筒；6—胶卷拉紧装置；7—缠绕滚筒；8—接触开关；9—钟表机构；10—蓄电池；11—灯；12—浮动罗盘的刻度；13—透镜；14—罗盘和指示器影像；15—灯罩；16—胶卷（10毫米）；17—驱动齿轮；18—马达

b—球锤测斜仪；b'—球锤记录；1—马达和胶卷；2—灯罩；3—透镜；4—玻璃圆盘和球；5—罗盘；6—钟表机构；7—开关；8—胶卷（35毫米）；9—底片；10—灯泡（3）；11—马达线和灯线；12—蓄电池