

王斌 编著

定向钻井测量仪器

• 石油工业出版社



内 容 提 要

本书全面、详细地介绍了目前常用的四种定向钻井测量仪器，即磁性单点照相测斜仪、磁性多点照相测斜仪、照相陀螺仪和随钻测斜仪。主要介绍仪器的结构原理及其使用和维修方法。全书共分四章，为了读者使用方便，各章均有图表。

本书可供从事定向钻井工作的技术干部和技术工人阅读，也可供从事定向井测量仪器研究工作的技术人员及有关院校师生参考。

定向钻井测量仪器

王 斌 编著

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京海淀区昊海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本16¹/₄印张 7 插页400千字印 1--2,500

1990年8月北京第1版 1990年8月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0428-3/TE·415

定价：4.80 元

前 言

定向钻井测量仪器就好象是定向钻井工作者的眼睛，是控制井眼轨迹必不可少的工具。定向钻井测量仪器和定向井工艺是相辅相成的，二者缺一不可。实践证明，定向钻井技术的发展，主要依赖于发展先进的测量仪器和先进的井下工具。正如人们想从地球到月球，不仅是画一条曲线把地球和月球连接起来，而更重要、更长期、更艰巨的研究对象是载体，是能自动控制轨迹的飞行器一样，定向钻井技术更重要的是研究仪器和工具。只要有先进的仪器和工具，具备钻井条件的钻井队就可以钻好定向井；反之，没有先进的仪器和先进的井下工具，即便是有经验的定向钻井专家，也难以打出高质量的定向井来。

定向钻井测量仪器的工作原理同航天、航空技术理论有着紧密的联系。航天、航空技术研究的是上天，研究定向钻井仪器是为了入地，两者的研究目的都是要进行轨迹控制。所以，我们要把航天、航空有关技术作为我们的理论基础。

由于定向钻井测量仪器出现的时间并不长，所以，迄今还没有现成的正规书籍和资料可供参考。不论是从事定向钻井工作的技术干部，还是从事这方面工作的技术工人，都迫切需要有一本专门介绍定向钻井测量仪器的书籍。因此，在本书的写作过程中，作者力求让内容结合实际，深入浅出。由于参考资料不足，加之作者水平有限，本书难免有错误或不妥之处，敬请读者批评指正。金华、张旭伟同志参加了本书书稿的整理工作，在此谨致谢意。

编著者 1988 年

目 录

第一章 单点照相测斜仪	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 单点照相测斜仪的结构和原理.....	(1)
第三节 单点照相测斜仪的使用.....	(13)
第四节 单点照相测斜仪的维修.....	(18)
第二章 磁多点照相测斜仪	(26)
第一节 概述.....	(26)
第二节 磁多点照相测斜仪的结构和原理.....	(27)
第三节 多点照相测斜仪的使用.....	(35)
第四节 数据处理.....	(53)
第五节 多点照相测斜仪的调校与维修.....	(65)
第三章 水平照相陀螺仪	(72)
第一节 概述.....	(72)
第二节 两自由度陀螺基本知识.....	(73)
第三节 测井陀螺仪的结构和原理.....	(78)
第四节 陀螺仪的使用.....	(93)
第五节 陀螺仪的维修.....	(108)
第四章 随钻测斜仪器	(129)
第一节 概述.....	(129)
第二节 随钻测斜仪的结构和原理.....	(130)
第三节 随钻测斜仪的使用.....	(215)
第四节 随钻测斜仪的调校与维修.....	(246)

第一章 单点照相测斜仪

第一节 概 述

单点照相测斜仪是目前我国石油定向钻井工程中用得最普遍的一种仪器。它具有结构简单、操作方便、价格低廉等优点。在未下套管的裸眼井中，用它与非磁性钻铤组合在一起，可以把在某一深度的井斜角、方位角和工具面角参数记录在胶片上，作为永久性的资料。而且，这种胶片阅读方便、容易保存。

单点照相测斜仪的技术指标见表 1-1。

表 1-1 单点照相测斜仪技术指标

罗盘类型	校验条件	容差
2°罗盘	倾角为 2°	± 2'
6°罗盘	倾角为 6°	± 3'
20°罗盘	倾角 20°	± 8'
A 90°罗盘	倾角为45°	± 8'
B 90°罗盘	倾角为45°	± 8'
A130°罗盘	倾角为45°或110°	±10'
B120°罗盘	倾角为40°或100°	±10'
180°罗盘	倾角为 40°	±10'

注：工作环境温度为 0~125°C。

第二节 单点照相测斜仪的结构和原理

单点照相测斜仪由定时器（钟表机构或电子计时器）、电池筒（包括电池）、照相机总成和测量短节四部分组成。把它们按图 1-1 所示组装起来，装入仪器外筒内，就构成了完整的单点仪器。在未下套管的裸眼井中，把仪器从钻杆里下入，直至下到无磁钻铤里。当到达预置的时间时，它就把井眼的井斜、方位和工具面角记录在胶片上了。下面分别叙述各部分的结构和原理。

一、定时器

1. 钟表机构

单点照相测斜仪的钟表机构如图 1-2 所示。它的结构和原理与洗衣机、电风扇等家用电器的定时器相似。当我们通过转动定时轮，使其对准我们所期望的照相时间时，定时轮将受机械发条力的作用在钟表齿轮系统的控制下往回运动。当定时轮上的 O 标志对准保护筒

上的 ON 标志时，固定在定时轮上的接触销与钟表系统的触点接触，使电池的正极在此与外壳接通，开始照相。大约 76 秒钟后，接触销离开触点，断开照相光源。大约 40 秒钟之后，定时轮停止。

2. 电子计时器

如图 1-3 所示，单点照相测斜仪的电子计时器由振荡器、分频器、十进计数器和控制门等组成。测井前，我们选定照相等候时间，即由选择开关 SW_2 和 SW_3 置入分和十分时间。当按下手控启动开关 SW_1 时，计时器开始计数，到达预定时间时，开始照相。照相时间为 7.5 秒，然后停止计时。下面分别介绍各部分的原理。

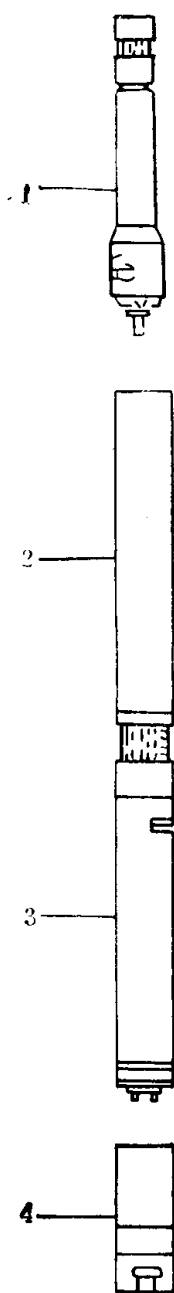
69.905 千赫兹振荡器由石英晶体和一个具有振荡单元的 14 级连续二进制计数器构成，如图 1-4 所示。晶体的固有频率是 4.474 兆赫兹。经 CD4060 进行 6 级 2 分频率之后，由 4 脚输出频率 69.905 千赫兹的方波。

分钟产生电路由两个 CD4020 芯片构成。CD4020 是一个由 14 级的主从触发器构成的二进制环形计数器，见图 1-5。U₁ 由它的 Q₈ 输出，即对 69.905 千赫兹进行了 8 级二分频，其输出波为频率 273 赫兹、脉宽 3.66 毫秒、幅度 4 伏左右的正方波。U₂ 由它的 Q₁₄ 输出，即进行了 14 级二分频，其输出脉冲的周期为 1 分钟。

时间选择电路由两个十进制计数器芯片 CD4017AD 构成。U₄ 构成 0~9 分钟输出，其 Q₀~Q₉ 分别接到波段开关 SW_2 的 0~9 触点，为操作者提供分选择。U₅ 构成 10~90 分钟的时间输出，其 Q₀~Q₉ 分别接到波段开关 SW_3 的 0~9 触点，为操作者提供 10 分选择。

控制门由 U₃ 中的两个与非门构成。U₃ 是一个 CD 4023 芯片，它是一个三输入端的三与非门。控制门占用了由脚 10、11、12、13 和脚 3、4、5、6 构成的两个与非门，这里把它们标为 U₃₁ 和 U₃₂。当开始启动而尚未到达预置时间时，U₃₁ 的 11 脚和 12 脚中总有 1 个以上的输入为低电平，它的输出为高电平。同时，U₃₂ 的输入 4 脚和 3 脚中也总有一个以上的输入是低电平，使得 U₃₂ 的输出也为高电平，从而使

图 1-1 单点照相测斜仪的组装图



U₃₁ 的输入 11 脚和 12 脚为高电平，但此时的 13 脚处于低电平，U₃₁ 仍然输出高电平。U₃₂ 的输入 5 脚由 U₃₁ 使其为高，4 脚和 3

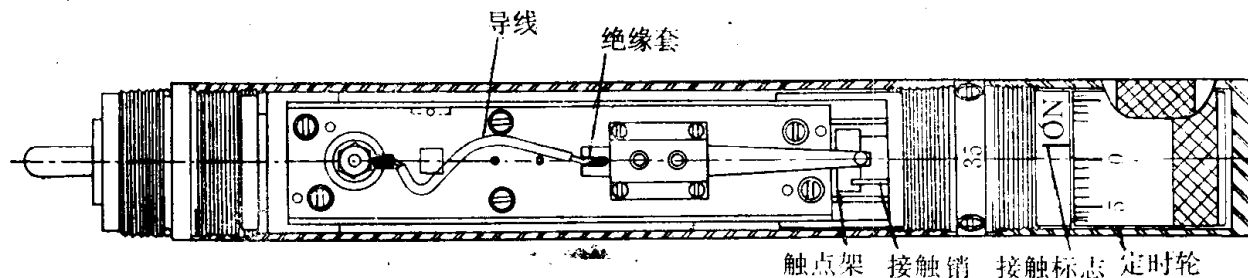


图 1-2 单点测斜仪的机械钟

1—钟表机构；2—电池筒；3—照相机构；4—测量短节

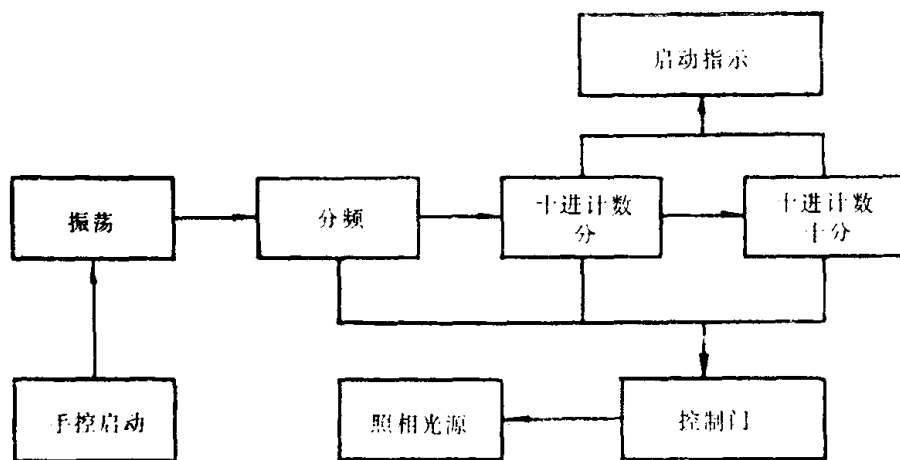


图 1-3 电子计时器原理方框图

脚经开关 SW_2 和 SW_3 接入高电平。所以， U_{32} 输出为低，从而使得 Q_5 、 Q_3 和 Q_2 导通，电流从电池的正极经 Q_2 和光源灯到地，照相。经过 7.5 秒钟之后， U_2 的 Q_{12} 输出高电平，加到 U_{31} 的 13 脚，从而使 U_{31} 的三个输入端全为高，由其 10 脚输出低电平加到 U_{32} 的输入端 5 脚，使 U_{32} 跃变为高电平，迫使 Q_5 、 Q_3 和 Q_2 截止，停止照相。

手控启动电路由手控开关 SW_1 、电容 C_2 、二极管 D_6 、 D_8 和计数器 U_1 等组成。当按下开关 SW_1 时，电源 V_{DD} 经手控开关接通各计数器芯片的复位端，使各计数器的输出全为 0。当 U_1 的 14 脚为 0 时， Q_1 导通，为振荡器电路接通电源，振荡器开始振荡，各计数器参加计数。

振荡器关断电路由 U_1 、 U_{31} 、二极管 D_6 、 D_8 和晶体管 Q_4 等组成。当按下开关 SW_1 时， U_1 的各个触发器置“0”。但是，与此同时， Q_4 处于正向偏置，导通，经 D_8 给 U_1 的 Q_9 一个负变沿，使 Q_{10} 这个触器的输出虽然为“0”，但它的主触发器已经计“1”。根据前面的分析已经知道，无论是照相前，还是照相中， U_{31} 的输出都保持为高电平，这个高电平经 R_5 、 D_6 加到 U_1 的 Q_9 端，使其保持为 1 状态。这样，在计数过程中， U_1 由 Q_8 向 U_2 进位，而 Q_9 与 Q_{10} 触发器由这个高电平锁住，不参加计数。当照相完毕时， U_{31} 输出跳变成低电平，这个低电平加到 Q_9 端，即又向 Q_{10} 送入 1，使 Q_{10} 翻转为高电平，晶体管 Q_4 处于反偏，截断振荡器的电源，停止振荡。在没有操作者按下 SW_1 开关之前，它将不再有机会复 0，晶体管也就不会再导通，也就不会再振荡和照相。

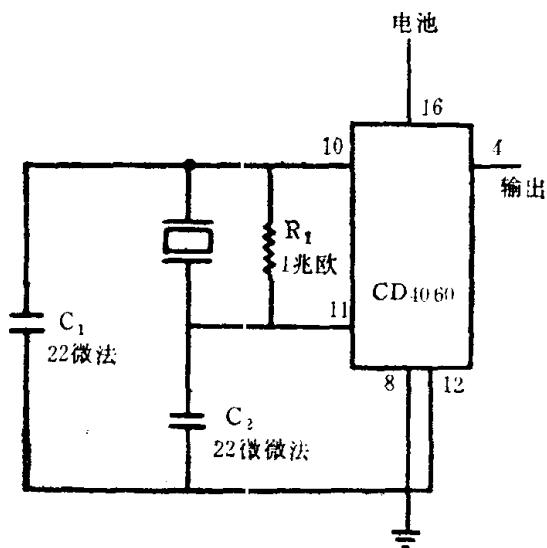


图 1-4 振荡器原理图

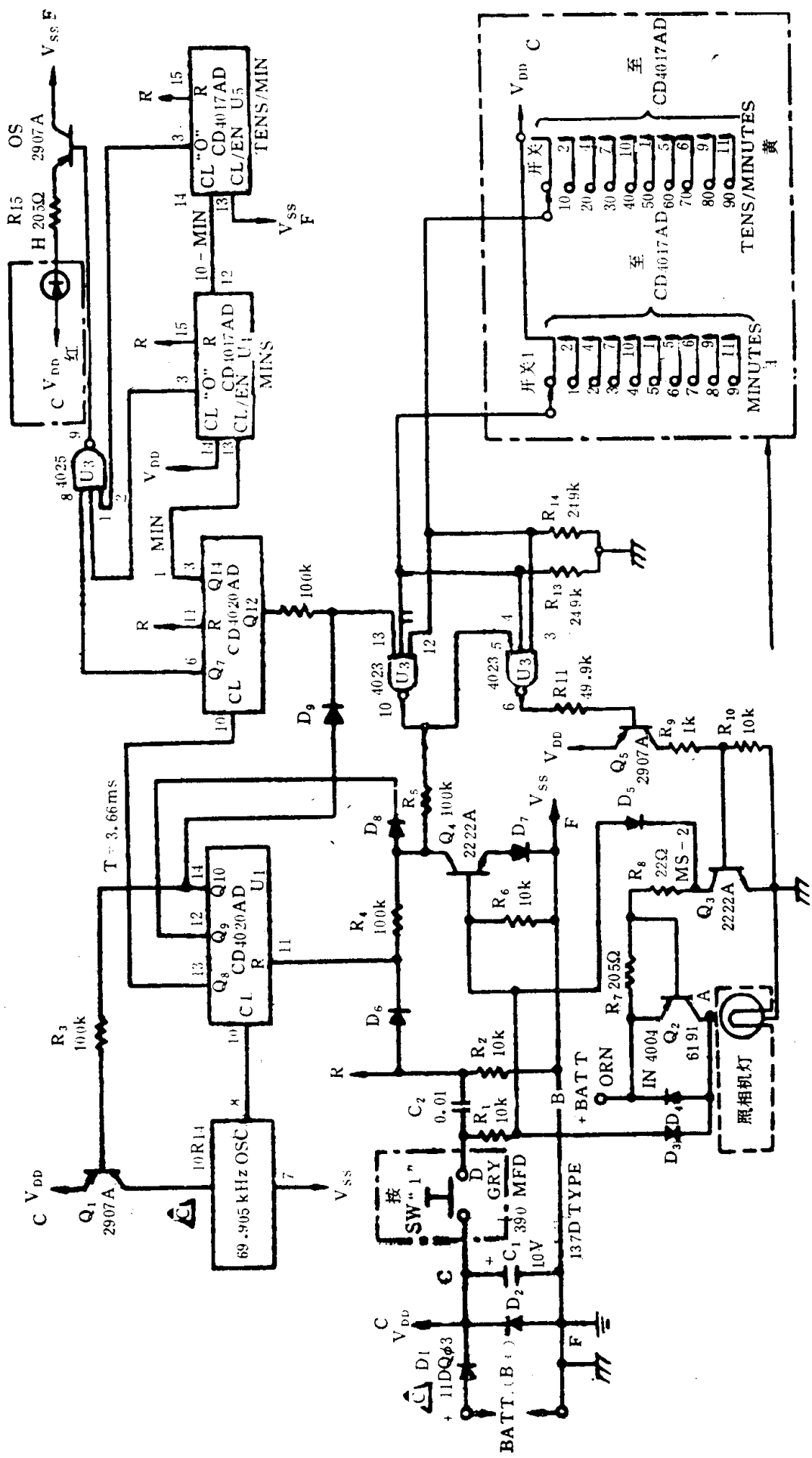


图 1-5 单点测斜仪电子计时器电路原理图

启动显示电路由 U_{3s} 、晶体管 Q_6 、电阻 R_{1s} 和发光二极管组成。 U_{3s} 的 3 个输入端 8 脚、1 脚和 2 脚分别接 U_2 的 6 脚 (Q_7)、 U_4 的 3 脚 (“0”) 和 U_5 的 3 脚 (“0”)。当按下 SW_1 时, 各计数器的输出都被复位为 0, 因此 U_{3s} 的 1 脚、2 脚都为高电平, 8 脚为 0, 输出为 1, 晶体管 Q_6 截止, 发光二极管不亮。468 毫秒后, U_2 的 Q_7 输出变成高电平, 使 U_{3s} 的三个输入端全为高, 输出为低, 晶体管 Q_6 导通, 发光二极管亮。当发光二极管亮 468 毫秒之后, U_{3s} 的 8 脚又为低电平, 晶体管 Q_6 截止, 发光二极管灭。当计数到 1 分钟时, U_4 的 “0” 端变成低电平输出, 使 U_{3s} 的输入端 1 脚为低电平, 截断发光二极管的电源。从 1 分钟到 9 分钟, U_4 的 “0” 端保持低电平, 截断发光二极管的电源。当计数到 10 分钟时, U_4 的 “0” 端虽然变成高电平, 但与此同时, U_5 的 “0” 端跳变成低电平。从 10 分钟到 90 分钟, U_5 的 “0” 端保持低电平不变。所以, 发光二极管只有在开始启动后的 1 分钟内闪烁。

3. 蒙乃尔传感器

如图 1-6 所示, 蒙乃尔传感器由参考振荡器、测量振荡器、频率合成电路 (混频器)、整形放大电路、计数控制门、分频及延迟电路、曝光时间选择和时基振荡器等组成。参考振荡器的频率由那级电路中的 RC 决定。测量振荡器的频率除了那级的 RC 参数之外, 测量线圈的电感量也是决定性的因素。当测量线圈周围的金属物体发生变化时, 线圈的电感量也将随之变化, 从而使测量振荡器的输出频率产生变化。蒙乃尔传感器的基本原理就是, 利用测井过程中测量线圈的环境金属 (钢钻杆和蒙乃尔钻铤) 不同而引起的测量振荡器的输出频率不同, 去控制单点照相测斜仪的光源系统, 使仪器只有在进入蒙乃尔钻铤之后才照相。

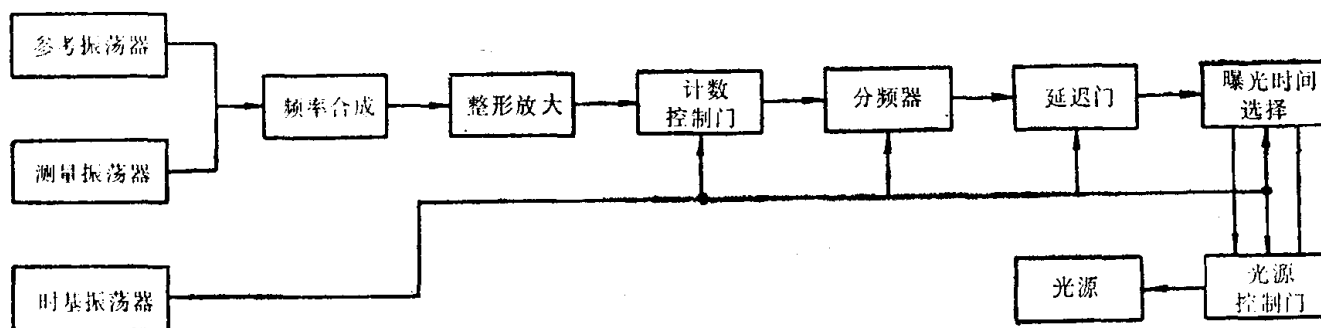


图 1-6 蒙乃尔传感器的原理框图

蒙乃尔传感器与单点电子计时器相比, 具有两个显著的优点: 一是没有经过钻具的预置时间, 它不可能因为仪器在下井时间超过预置时间而引起误照相; 二是它不可能在普通钻具中照相, 从而增加了测井参数的可靠性。以下介绍蒙乃尔传感器各部分的工作原理, 见插页图 1-7。

参考振荡器由 U_1 CD4069 的两个与非门、电阻 R_2 及 R_3 和电容器 C_1 等构成。它的输出频率由电阻 R_2 、 R_3 和电容器 C_1 决定。由 5、6 脚组成的那个与非门在这里起一个整形和反相的作用。工作时, 通过调节电位器 R_2 , 使测试点 TP_1 的频率为 400 赫兹左右。

测量振荡器由晶体管 Q_2 , 电阻 R_{10} 、 R_9 、 R_8 , 电容 C_4 , 以及测量线圈组成。电阻 R_8 是该级的温度补偿电阻。该振荡器的输出频率由 R_{10} 、 R_9 、 R_8 、 C_4 和测量线圈的电感

量决定。当这些电阻、电容值和线圈的匝数确定之后，其输出频率的变化完全取决于线圈周围的金属物质。晶体管 Q_2 除了充当测量振荡器的振荡管之外，在这里还起混频管的作用。参考振荡器的输出信号，经晶体管 Q_1 构成的射极输出器输入到 Q_2 的基极，与测量振荡器产生的信号混频，混频后的信号经电阻 R_{13} 耦合到下一级。在进行仪器调校时，通过调节 R_2 和 R_{10} ，使 TP_2 测试点的波形如图 1-8 所示。在图 1-8 中，a 的波形是在测量线圈未装进保护筒时的波形 (TP_2)；b 是把测量线圈装进保护筒后，从测试点 TP_2 用示波器观察到的波形；c 是把测量线圈放进校验环后，从 TP_2 测试点观察到的波形。

整形电路由晶体管 Q_3 、 Q_4 和电阻 R_{17} 、 R_{15} 、 R_{16} 、 R_{18} 等组成。 R_{15} 和 R_{16} 对电源分压后加到晶体管 Q_3 的发射极，为 Q_3 提供一个阈值，阻塞低于 1.2 伏的信号，从 Q_4 集电极输出幅度为 4 伏左右的矩形脉冲信号。调校仪器时，把测量线圈随同保护筒放进校验环，从测试点 TP_3 观察到的波形应该象图 1-8 中 d 所示的那样。

整流滤波电路由晶体管 CR_2 、电阻 R_{19} 、电容 C_5 等组成。由这一级把前一级送来的脉冲信号整流成直流输出。调校时，当测量线圈随保护筒放进校验环时，在测试点 TP_4 观察到的应是图 1-7 中 e 所示的波形。经电容滤波后的波形应该更平直。

时基振荡器由 U_1 CD4069、电阻 R_5 和 R_6 和电容器 C_1 、 C_2 等组成。它的输出频率由 R_5 、 R_6 和两个并联电容 C_1 、 C_2 决定。在调校仪器时，通过调整 R_6 ，使其在 TP_5 测试点用数字频率计测量到的频率为 3.2 赫兹/秒。此信号经 U_1 的 8、9 脚构成的反向器，整形成矩形脉冲，送到计数控制门计数器等，作为它们的基准时间。

由 U_2 D 型触发器构成计数门。它的作用是在仪器进入测量钻铤之前输出低电平，使分频器、延迟计数器和曝光选择级的 LD 端为低电平，禁止计数；而当仪器进入测量钻铤之后，输出高电平，使分频器、延迟计数器和曝光选择级的 LD 端为高电平，从而把计数控制权移交给其它级。

U_3 、 U_4 和 U_5 都是一种 CMOS 集成电路，它是一种同步的、可编程（预置）的四位二进制计数器。当它的两个恢复操作输入端 PE 和 TE、清零端 CLEAR 和负载端 LD 都为高电平时，可以计数，并且响应时钟脉冲的前沿。它的清除功能是同步的。当 CLEAR 输入的是低电平时，在时序脉冲的前沿到来时，所有的输出都被清除。

分频器 U_3 的 PE 和 TE 接高电平，编程输入端全接低电平，也就是说都不预置。所以，分频器实际上是一个除 16 电路，其作用是在仪器进入测量钻铤后，把时基脉冲变成 5 秒的输出。

由 U_5 构成延迟计数器。它的编程输入端接到波段开关 J_1 上，我们可以通过这个开关，来选择仪器进入测量钻铤之后，需要多少时间才照相。它的输出端 15 脚可选择的输出为 10 秒、20 秒、40 秒、80 秒和 160 秒。

由 U_4 构成曝光时间选择。它的工作情况与 U_5 完全相同，只是它的 EP 端受 U_5 控制，也就是说，只有当 U_5 到达预定的延迟时间而向 U_6 进位时，使 U_5 置“1”， U_4 的 EP 端才为高电平，开始计数。

U_6 构成照相控制门。当 U_5 计数到预期的延迟照相时间时，输出的高电平使 U_6 的 J 端为高，Q 输出为高。这个高电平除输出到 U_4 的 EP 端使其开始计数外，还使晶体管 Q_5 导通， Q_6 导通， Q_7 也导通，从而接通照相光源，照相。当 U_4 计数到预置的曝光时间时，其 15 脚输出高电平，并加到 U_6 的 K 端，使触发器 U_6 翻转， U_6 的 Q 跃变

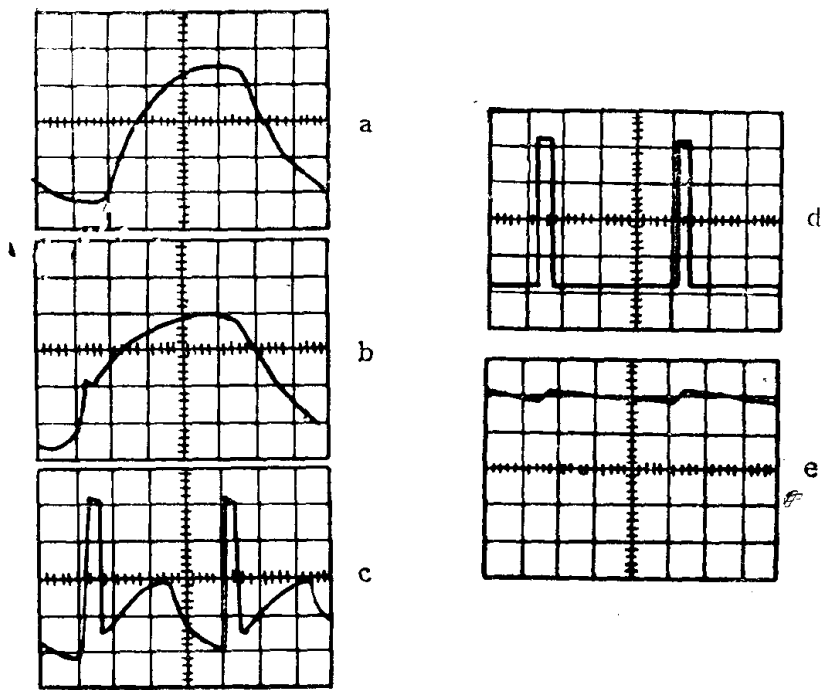


图 1-8 蒙乃尔传感器的调试波形

a—测量线圈在保护筒外，在测试点 TP₂ 测量到的波形；b—测量线圈在保护筒内，在测试点 TP₂ 测量到的波形；c—测量线圈随保护筒在校验环内，在测试点 TP₂ 测量到的波形；d—在 c 情况下，在测试点 TP₃ 测量到的波形；e—在情况 c 下，在测试点 TP₄ 测量到的波形

成低电平，从而使晶体管 Q₅ 截止，Q₆ 截止，Q₇ 也截止，照相光源被截断，照相结束。

U₆₂ 是 CD4027 的另一个 JK 触发器，其作用是为 3 个 14163 可编程二进制计数器提供清零信号。它的 K 端和 S 端处于常低状态。在仪器未进入测量钻铤之前，U₂ 的 \overline{Q} 输出的高电平加到 U₆₂ 的清零端，使得 U₆₂ 的 \overline{Q} 输出的是高电平，并使 U₃、U₅、U₄ 的 CLR 端处于高电平和可计数状态。当照相结束时，由 U₄ 输出的高电平加到 U₆₂ 的 J 端，待下一个时钟脉冲的前沿到达时， \overline{Q} 跳变为低电平，迫使 U₃、U₄ 和 U₅ 在下一脉冲的前沿全部清零。

二、电池筒

如图 1-9 所示，电池筒是用不锈钢或铝合金材料做成的圆筒，可以容纳 3 节二号电池。组装时，正极朝上，上端与钟机部分相连，下端直接连接照相机。

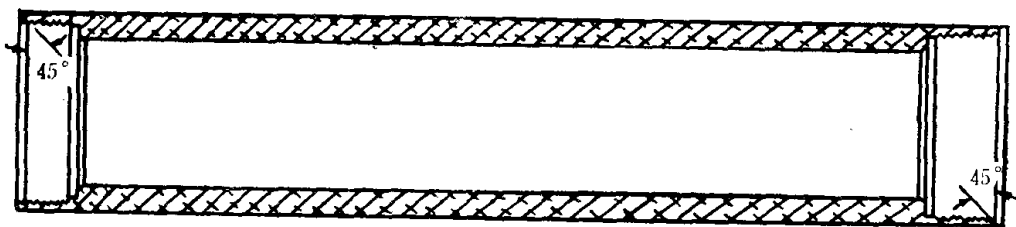


图 1-9 单点照相测斜仪电池筒

三、照相机机构总成

照相机机构总成由底片盒、连接筒、镜头和光源三部分组成。它们的作用是：（1）装卸圆形记录底片。（2）为光源灯提供通路。（3）当计时器开关闭合时，接通光源灯电源，把仪器此时的物理姿态参数映象在胶片上。下面介绍各部分的结构和原理。

1. 底片盒

底片盒如图 1-10 所示。当旋转底片盒的旋钮，使底片盒旋钮上的 OPEN 对准箭头时，旋钮压缩弹簧，使活塞式接头向底片盒方向收缩，此时底片盒窗口打开。当旋转底片盒旋钮，使 LOADED 对准箭头时，弹簧伸开，使活塞式接头向连接筒方向推进，堵住底片盒的窗口。当底片盒窗口被堵住时，为了使我们在不打开窗口的情况下就能判断是否已经装

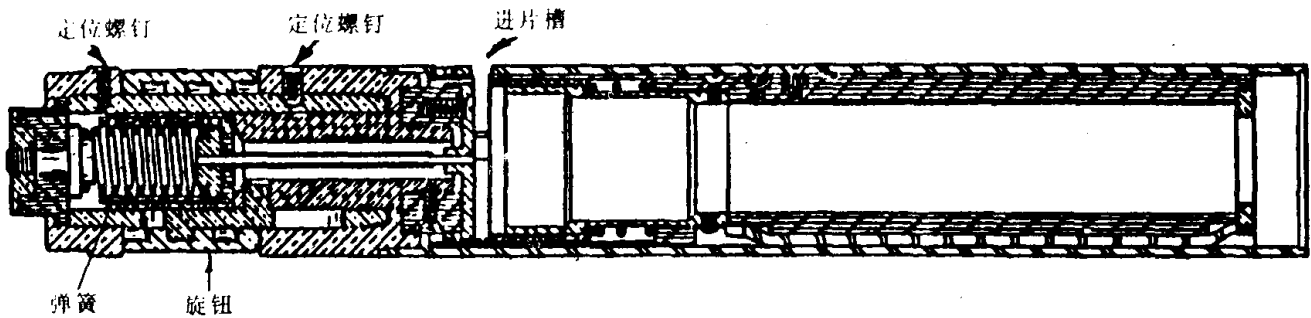


图 1-10 单点照相测斜仪底片盒

好底片，在装片盒旋钮上设置了一个空档 EMPTY。如果没有装片，我们还可以继续旋转底片盒旋钮，直到 EMPTY 对准箭头为止。但是，如果已经装好底片，由于底片有一定的厚度，当 LOADED 对准箭头时，接触帽就已经顶住底片了，无法向前旋进。这样就不难判断是否已加底片了。

2. 连接筒

连接筒如图 1-11 所示，它把底片盒和镜头及光源两部分连接起来，同时也为光源灯提供电流通路。

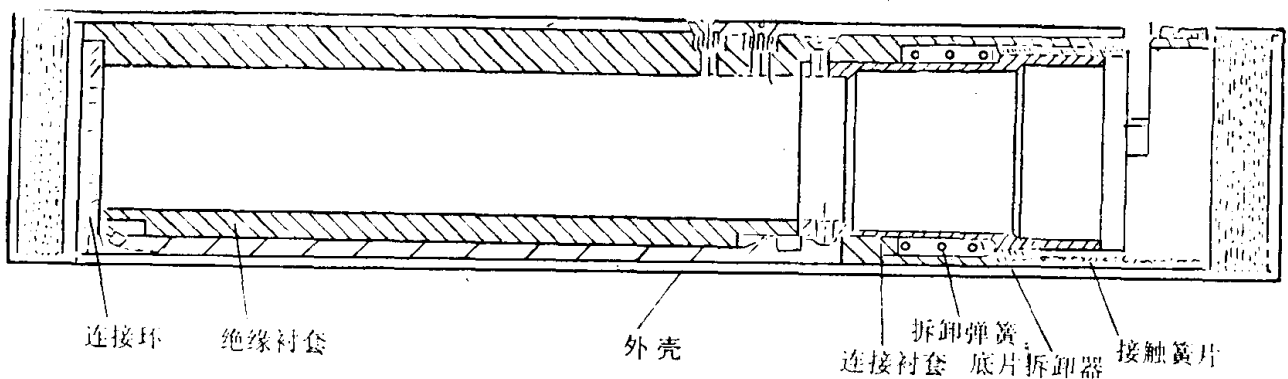


图 1-11 连接筒组成

3. 凸透镜和光源灯

凸透镜和光源灯如图 1-12 所示。当定时器接通时，光源灯亮。此时，测量短节的罗盘经凸透镜成象在底片上，使底片曝光。在外壳上还装有一个红光滤色镜。检查仪器时，可以在这里看到到达照相时间时光源灯是否亮了。

四、测量短节

1. 0~20° 的测量短节

0~20° 的测量短节如图 1-13 所示。它主要由测锤总成、阻尼油、倾角刻度盘、罗盘和轴尖，以及波纹管等组成。测锤用一根很细的金属丝吊在一根与仪器轴线垂直的金属丝上，可以自由摆动。但是，只要仪器静止下来，测锤将在重力的作用下总是指向地心。倾角刻度盘是如图 1-14 所示的 20 个同心圆，从中心的圆点到第 20 个同心圆分别对应仪器倾角 0° 到 20°。罗盘刻度盘面与倾角刻度盘在同一个平面上，而且两者的圆心重合，罗盘的刻度在最外面的一个环上。把这个环 72 等分，每等分为 5°。圆环的下面平行地固定了两根条型磁针，它们的极性指向同一方向，罗盘面上的 0°N 和 180°S 与下面磁针的南、北磁极相同。整个罗盘面支承在一根很尖的轴尖上，使它可以自由地绕轴尖旋转。

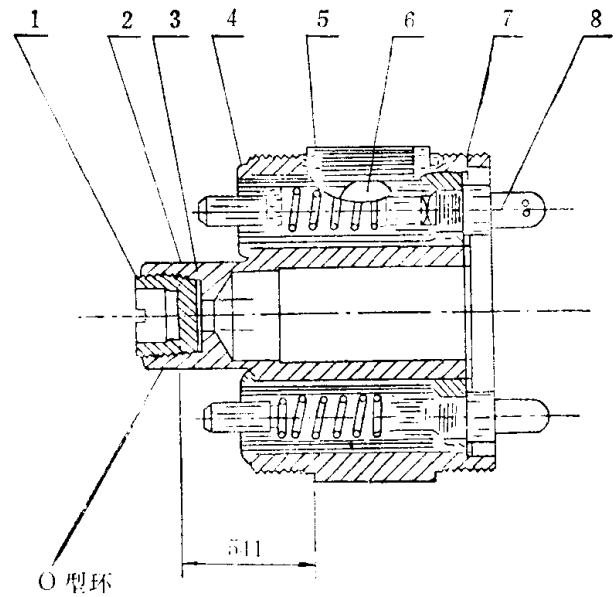


图 1-12 单点照相测斜仪镜头和灯座总成

- 1—镜头螺母；2—凸透镜；3—镜头垫片；
- 4—灯座总成；5—主体；6—红光滤色镜；
- 7—光源反射器；8—光源灯

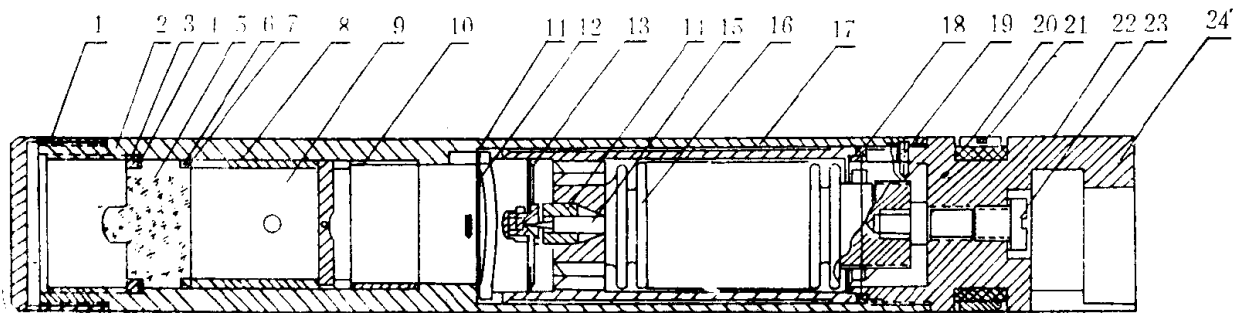


图 1-13 单点照相测斜仪 0~20° 测量短节的原理图

- 1—护帽；2—外壳；3—压紧螺母；4—纸垫片；5—凸透镜；6—垫圈；7—垫圈；8—测锤总成；9—阻尼液；
- 10—垫环；11—垫片；12—倾角刻度盘；13—罗盘；14—卡头；15—轴尖；16—波纹管；17—罗盘管；
- 18—密封圈；19—沉头螺钉；20—扶正环；21—卡簧；22—垫圈；23—螺钉；24—底盘

当仪器静止在某一测量点时，罗盘面在阻尼液的作用下很快静止下来，并保持在水平面。同时，罗盘面下边的磁针在地磁场的作用下，使罗盘面上刻度的 N 和 S 对准地磁场的南、北极，并使罗盘面上刻度的 W 和 E 对准地磁场的东和西。为什么罗盘面上的刻度与实际的地磁场方向相反呢？这并不是由于小孔成象的缘故，而是由于井眼的倾斜方向是井眼高边的指向，而测量仪器中测锤的指向总是在低边，两者正好是相反的。所以，在仪器的罗盘上刻度时，人为地让

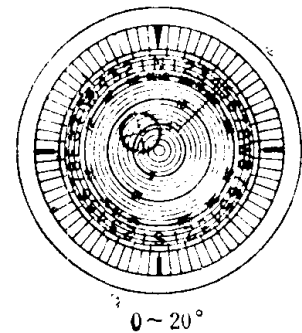


图 1-14 测量胶片

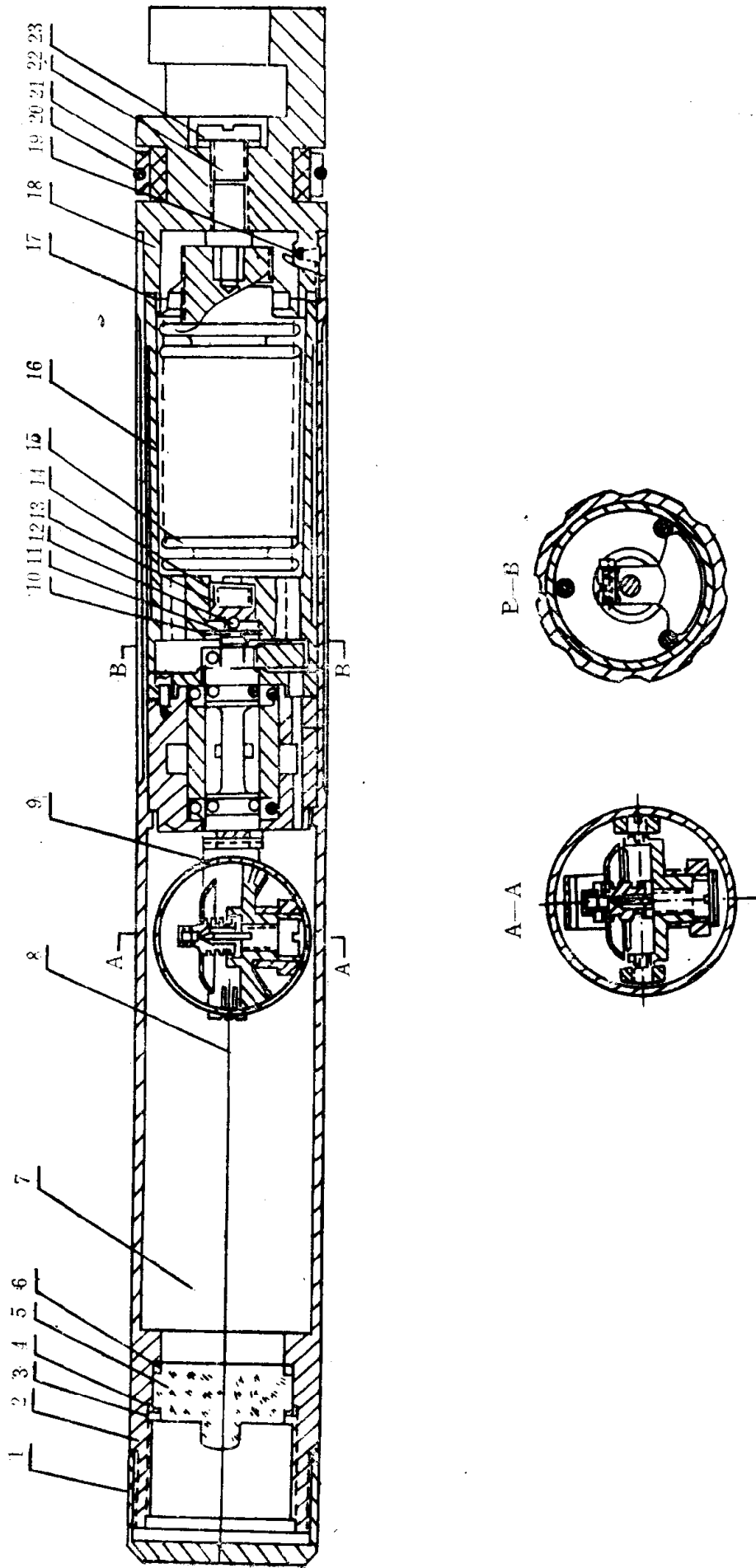


图 1-15 测量短节的原理图

- 1—护帽; 2—外壳; 3—螺母; 4—纸垫片; 5—凸透镜; 6—垫圈; 7—阻尼液; 8—定位针; 9—框架部分; 10—挡圈; 11—压片;
 12—钢珠; 13—弹簧罩; 14—弹簧; 15—波纹管; 16—导套; 17—密封圈; 18—底盖; 19—沉头螺钉; 20—卡簧; 21—扶正胶圈;
 22—螺钉; 23—垫圈

它与实际地磁场方向相反。这样，胶片上成象的井眼倾斜方向就与实际的井斜方位一致了。

当仪器垂直或者说倾角为 0 时，测锤的十字交叉点投影在罗盘刻度盘的圆心上，此时的方位无法确定，也无意义。当仪器倾斜一定角度时，方位就有意义。例如，仪器的倾角为 15.5° ，倾斜的方向为 $N45^\circ W$ ，那么，测锤的十字交叉线将投影在倾角刻度环的第 15 和 16 个圆的中间，并且落在实际地磁方向的 $S45^\circ E$ 那条线上。由于预先刻度时罗盘上的刻度与实际地磁方向相反，所以，胶片上读出的方位仍然是 $N45^\circ W$ 。

2. $15\sim 90^\circ$ 测量短节

如图 1-15 所示， $15\sim 90^\circ$ 的测量短节除了框架和定位针之外，其余各部分都与 $0\sim 20^\circ$ 的测量短节相同。定位针与弯接头上的划线平行，用它来确定工具面角。图 1-15 是它的框架图。从图中可以看出，罗盘总成由罗盘刻度环、重锤和倾角刻度环构成。由 6~17 构成转动轴承。罗盘刻度盘与 $0\sim 20^\circ$ 的罗盘的差别是，其刻度在一个球面边沿上，而不在一个平面圆环上。倾角刻度环如图 1-16 所示，它是由螺钉 4 固定在重锤上的一个环形带。它的中间有一条基线，

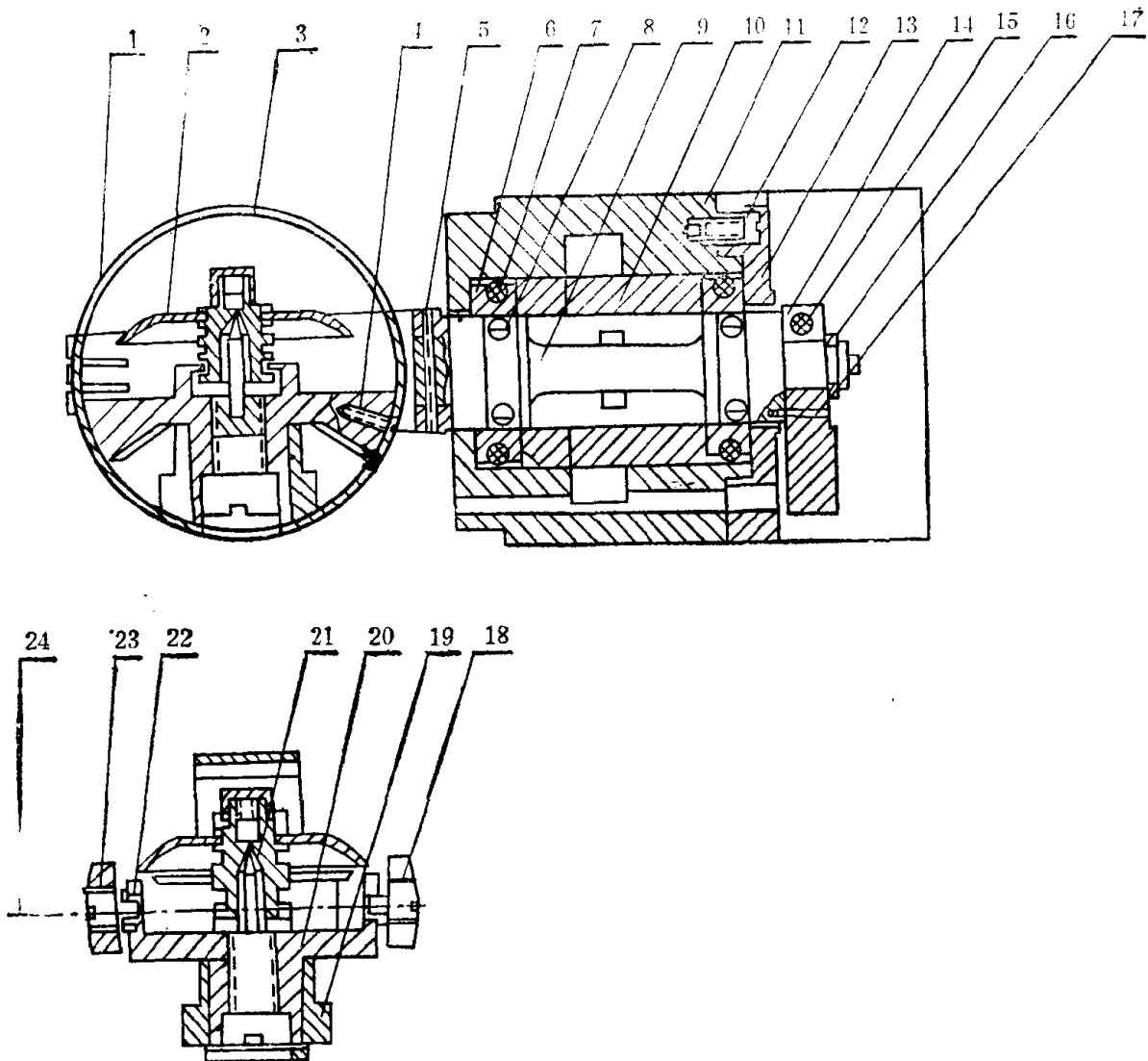


图 1-16 测量短节的框架

- 1—标线；2—罗盘刻度盘；3—倾角刻度环；4—螺钉；5—圆柱销；6—轴承外圈；7—密封圈；8—钢珠；
9—轴；10—中间套；11—套筒；12—螺钉；13—法兰；14—重块；15—螺钉；16—挡圈；17—圆柱销；
18—U 型架；19—重锤；20—十字盘；21—轴尖；22—轴套；23—支撑螺钉；24—测线

基线的左侧从 1 到 9，分别对应于倾角的 $0\sim 90^\circ$ ，基线的右边相对于左边的每一个刻度段 4 等分，于是它的每一个刻度间隔就是 2.5° 了。转动轴承可以绕仪器轴线旋转，它的 U 型组件通过支撑螺钉支撑整个罗盘总成，形成一体。C、D 两个支撑钉上拉了一条金属细线，我们把它叫做测线。

综上所述，测量短节实际上是一个二自由度的罗盘。当仪器在某一测点静止时，一方面框架在重锤的作用下，转动轴承绕仪器的轴线转动，使 U 型架平面与倾斜度所确定的平面垂直；另一方面，罗盘总成受重锤的作用，使罗盘始终保持水平，与此同时，倾角刻度环带随重锤转动了一个角度。此时，测线在倾角刻度环上的投影指示出仪器的倾斜角；倾角刻度环上的基线投影到罗盘球面，与罗盘刻度的交点指示出仪器的倾斜方向。它的成象原理与 $0\sim 20^\circ$ 的罗盘完全相同。

Sperry-Sun 公司的单点照相测斜仪采用浮子式的结构，它的罗盘和测角机构，无论是多少度的，都是用液体浮子做的。液体浮子是一个半球体，在球截面的平面上平行地固定了两根条形磁铁，在球心吊了一个重锤。它的方位刻度在球面的边缘，其倾角刻度是当截面平行于水平面时，以重力线与球面的交点为圆心，在球面上画的同心圆。这种罗盘的显著优点是抗震性好，而且任何时候球截面都与水平面平行，所以，它可以达到很高的精度。

五、单点仪器的辅助设备

1. 装片盒

单点仪器的装片盒如图 1-17 所示。值得注意的是：(1) 储片筒箭头指的那端才是盖

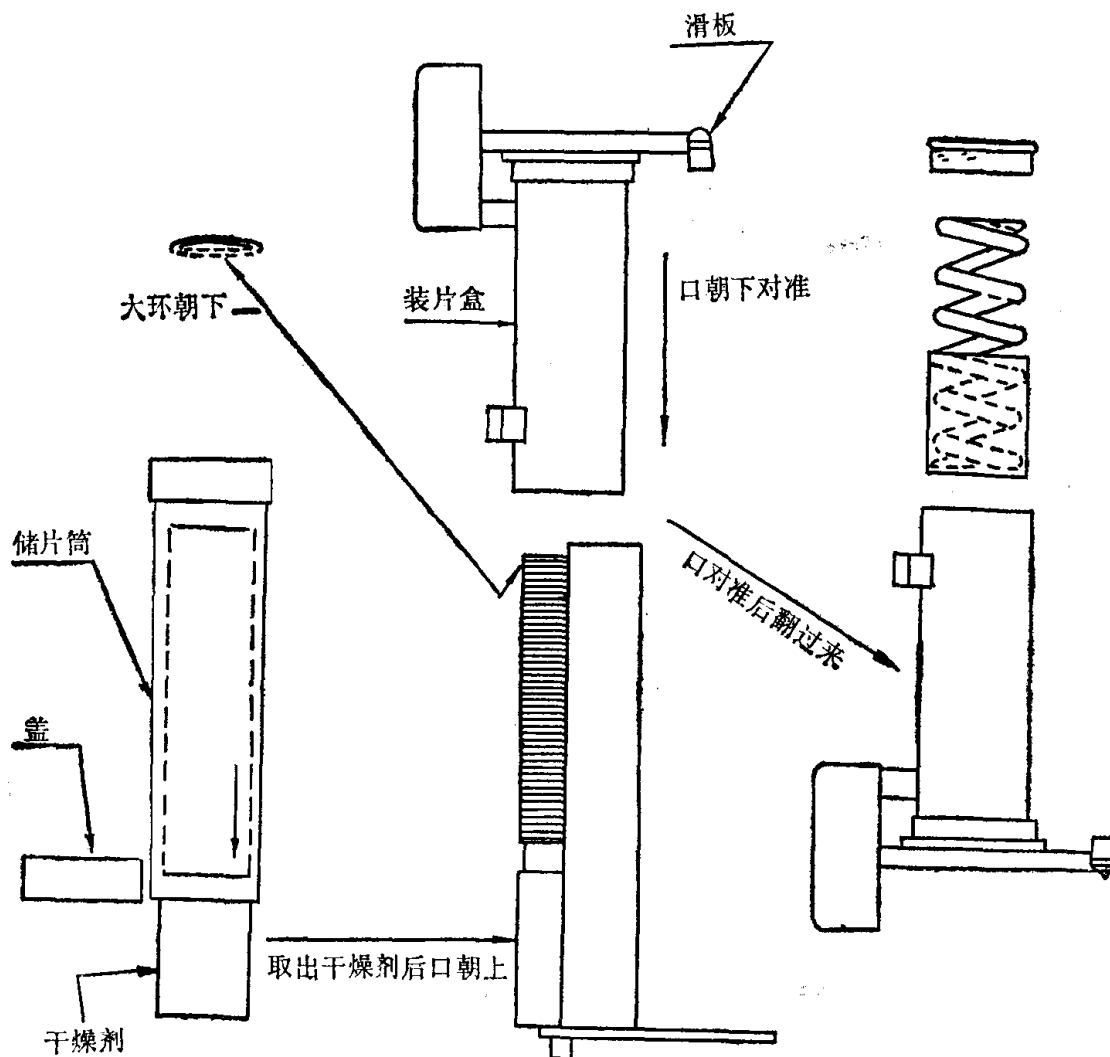


图 1-17 单点装片盒

子；(2)在底片周围有一个黄铜圆环，装片时必须将它开口大的那面朝下装。胶片装好后，胶片在弹簧的作用下顶着出片口。由于出片口间隙调整合适，每推一次推片板，便可推出一片。

2. 显影和定影罐

单点显、定影罐如图 1-18 所示。每次用完它们以后，一定要用水洗干净。

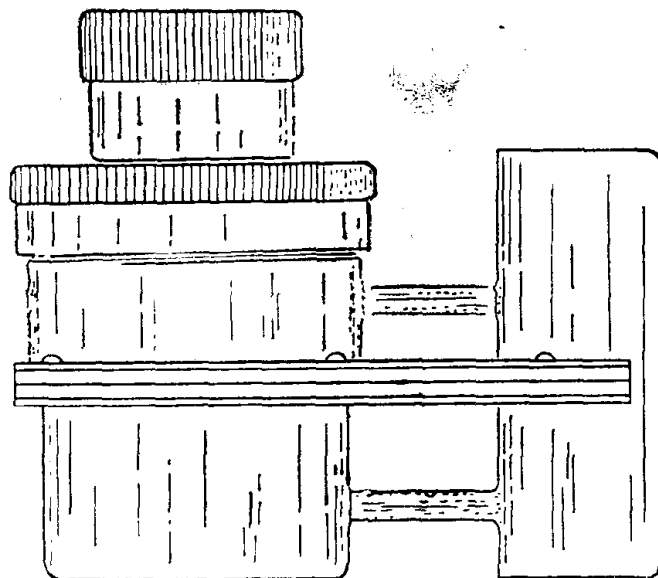


图 1-18 单点仪器的显、定影罐

第三节 单点照相测斜仪的使用

一、仪器的操作

1. 单点仪器的组装程序

如图 1-19 所示，按以下程序组装。

(1)把记录支架、框架和罗盘的编号记录下来，并同时记录备件的编号。

(2)退出单点支架的定位钉，直到把黄铜挡板从上面拨出来为止。如果这个螺钉坏了或出现了滑扣，则应该换掉。

(3)把整个单点仪器拉出单点支架。

(4)根据预计的造斜率，选择合适的罗盘。当倾角不超过 20° (如 $0^\circ \sim 15^\circ$) 时，选用 20° 罗盘，因为在 20° 范围内， 20° 的罗盘好读一些，也准确些。当倾角大于 20° 时，选用 90° 罗盘。值得说明的是，要在预计倾角不超过 15° 时，才选用 20° 的罗盘，留 5° 的保险系数，因为钻井中超过预计角度是常有的事情。

(5)从框架上取出罗盘，肉眼检查有无损坏。要确保浮子有阻尼，又能自由运动。在使用非浮子式罗盘时，要特别小心地检查罗盘是否能自由运动。有时因搬运时的震动，或使用时间太长，轴尖磨损太大容易造成转动不灵活。

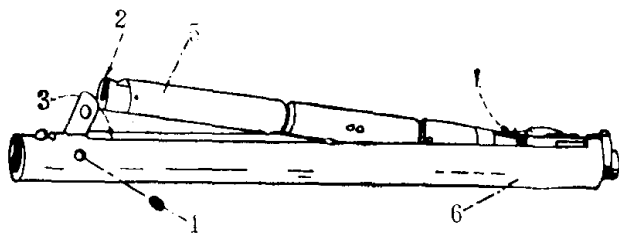


图 1-19 单点仪器的组装

1—框架；2—T型切口；3—黄铜挡板；
4—支架定位钉；5—测量短节；6—支架