

CLS3700 系列测井系统丛书
主 编:张礼维
副主编:汉泽西
主 审:胡昌旭

CLS 数控测井系统 电法测井仪器



薛晓书 覃彪 编

西安电子科技大学出版社



CLS 数控测井系统电法测井仪器

薛晓书 覃彪 编

西安电子科技大学出版社

1996

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本书主要介绍引进的 CLS 3700 数控测井系统配置的电法测井仪器。

本书在阐明方法原理的基础上,讨论了双侧向、微电极/微侧向和双感应/八侧向等三种测井仪器的工作原理,并对这些仪器的主要电路作了介绍和分析。

本书可作为油田测井工程技术人员的培训教材,亦可供石油高等院校电子仪器及测量技术、地球物理测井等专业学生参考。

CLS 3700 系列测井系统丛书

CLS 数控测井系统电法测井仪器

薛晓书 覃 彪 编

责任编辑 谭玉瓦

西安电子科技大学出版社出版发行

西安电子科技大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 4 6/16 插页 3 字数 111 千字

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷 印数 1 - 600

ISBN 7 - 5606 - 0418 - 8/TP·0172

定价: 10.50 元

CLS3700 系列测井系统丛书

主 编：张礼维

副主编：汉泽西

主 审：胡昌旭

序

编写这套丛书的设想是 1991 年提出的，初意是将我国测井界十余年来在引进制造、使用、维修 CLS 3700 数控测井仪所做出的成果予以提炼，以供借鉴，使从事测井仪器的科技工作者和石油院校相关专业的师生有一部较完善、更贴近我国国情的参考书。

1992 年 4 月，我们向中国石油天然气总公司勘探局呈交的《关于申报合作消化吸收 3700 数控测井仪的报告》，旨在“与西安石油勘探仪器总厂及有关油田合作，在消化吸收该引进技术的基础上，编写出较高质量的中文培训教材，以期提高油田使用水平、厂家生产水平和高校教学水平”。1992 年 11 月，该报告得到了总公司勘探局的批准，同意立项，并拨专款予以支持。

随后，我们以西安石油学院石油勘探仪器及自动化系测井仪器教研室为主体，组成了 15 人的写作班子，与西安石油勘探仪器总厂对口的测井仪器专家们联合组成编写小组，在全面消化资料的基础上，精心编写书稿，历经三个春秋，终于与读者见面了。

在这套丛书的编写过程中，老教授、老专家带领一批年青教师勤奋钻研、勇挑重担。一批得高望重的学者专家，如国家级有突出贡献的测井专家、教授级高工杨焕成、地矿部著名学者尉中良教授等分别审校了各有关分册，对提高这套丛书的水平起到了重要作用。

这套丛书的问世，是厂校联合办学的一次有益尝试，今后这样的合作会更加紧密和深入。

本书仍存在一些不足之处，有待广大读者批评、指正。

张礼维

1995.4

前 言

近十年来,我国广大油田陆续引进了数十套 CLS 3700 数控测井系统,西安石油勘探仪器总厂并引进了该测井系统的生产线。

为了便于现场测井技术人员的培训、自学和参考,本书力求在阐明基本原理的基础上,介绍了双侧向、微电极/微侧向和双感应/八侧向等三种仪器的特点,讨论了仪器的工作原理,对主要电路进行了分析。本书对于仪器刻度原理和方法没有做过多的阐述,因为这方面的内容不少书有非常详尽的说明。本书亦可作为石油高校电子仪器及测量技术专业,地球物理测井专业学生的参考书。

本书第一、二章由薛晓书同志编写,第三章由薛晓书和覃彪同志共同编写。在编写过程中,得到了西安石油勘探仪器总厂工程技术人员的热忱帮助,并由西安石油勘探仪器总厂高级工程师主审了全书。在此,特向给予我们热情帮助和大力支持的所有同志,表示衷心的感谢!

由于没有引进测井仪器的专利资料,加上我们的水平有限,编写时间仓促,因此不少分析和探讨都属于编者的一些见解,不妥和谬误之处在所难免,欢迎批评指正。

编 者

1995. 3. 25

目 录

序

前言

第一章 1229EB 双侧向测井仪	1
一、普通电阻率测井	1
二、聚焦式电阻率测井法的测量原理	3
三、双侧向测井	5
四、1229EB 双侧向测井仪一般描述	7
五、1229EB 双侧向工作原理及信号流程	8
六、1229EB 双侧向主要电路分析.....	14
七、电极刻度器和测试盒	24
八、双侧向的线性检测步骤	25
第二章 3104XA 微侧向/微电极测井仪	28
一、微电阻率测井的一般概念	28
二、3104 XA 测井仪的一般描述	30
三、3104 XA 测井仪信号流程	32
四、3104 XA 测井仪主要电路说明	36
第三章 1503 双感应/八侧向测井仪	45
一、感应测井仪原理及几何因子理论	45
二、线圈系特性	48
三、1503 测井仪的一般描述.....	51
四、1503 双感应部分工作原理及电路分析.....	52
五、1503 八侧向部分工作原理及电路分析.....	56
主要参考文献	60
编后语	61
附图 1 1229EB 双侧向电路原理图	
附图 2 3104XA 微侧向/微电极电路原理图	
附图 3 1503I/L 发射电路和前置放大器	
附图 4 1503 双感应部分原理图	
附图 5 1503 八侧向部分原理图	

第一章 1229EB 双侧向测井仪

一、普通电阻率测井

在油田勘探和开发中，人们发现，不仅不同的岩石具有不同的电阻率，而且相同的岩石，由于孔隙中所含液体的性质不同，电阻率也有很大的差别。例如，同样的渗透性砂岩，当孔隙中充满石油时，电阻率就比充满水时大很多。普通电阻率测井，就是用普通的电极系放到井下，测量电阻率随着地层深度变化的曲线。利用这种曲线，可以研究井所穿过的地质剖面。在一定的地质条件下，还可以用它来划分岩性，判断油水层。

1. 地层电阻率的测量原理

为了测量某一电阻的阻值 R ，我们可以应用一个电源给该电阻供电，测量流过该电阻的电流 I 和电阻两端的电压降 U ，根据欧姆定律即可求出该电阻的阻值

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-1)$$

测量地层电阻率可以采用与此类似的方法。普通电阻率法是这样做的，在介质中设置一个供电电极 A ，回流电极 B 放在距电极 A 无限远的地方，在距电极 A 一定距离处放置一对测量电极 M 、 N ，进行电位差测量，见图 1-1。

假定电极为点电极，介质是均匀无限的，介质电阻率为 ρ ，那么，从电极 A 流出的电流则呈辐射状向四面八方均匀散开。等电位面是以 A 为球心的球面。如果测量电极 M 、 N 与供电电极 A 的距离分别为 \overline{AM} 、 \overline{AN} ，则 M 点的电位为

$$V_M = \frac{\rho I}{4\pi \overline{AM}} \quad (1-2)$$

N 点的电位为

$$V_N = \frac{\rho I}{4\pi \overline{AN}} \quad (1-3)$$

式中， I 为电极 A 流出的电流强度。由上两式可得 M 、 N 两点间的电位差 U

$$U = V_M - V_N = \frac{\overline{MN}}{4\pi \overline{AM} \overline{AN}} \rho I \quad (1-4)$$

由此可得电阻率

$$\rho = \frac{4\pi \overline{AM} \overline{AN}}{\overline{MN}} \cdot \frac{U}{I} \quad (1-5)$$

式中 \overline{MN} 为电极 M 、 N 两点间的距离。令

$$K = \frac{4\pi \overline{AM} \overline{AN}}{\overline{MN}} \quad (1-6)$$

则式(1-5)可写成

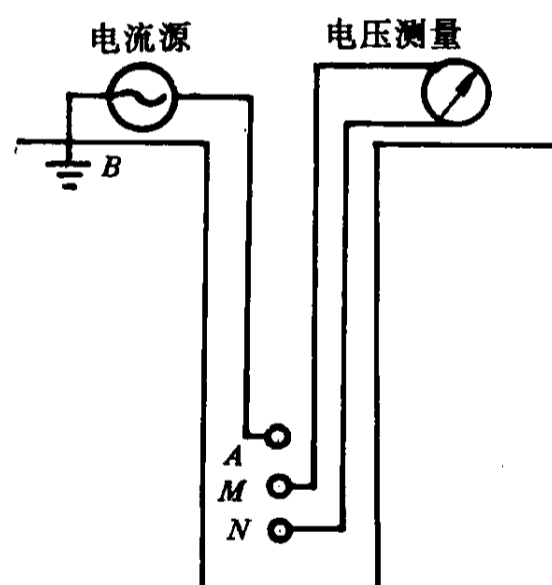


图 1-1 普通电阻率测井法示意图

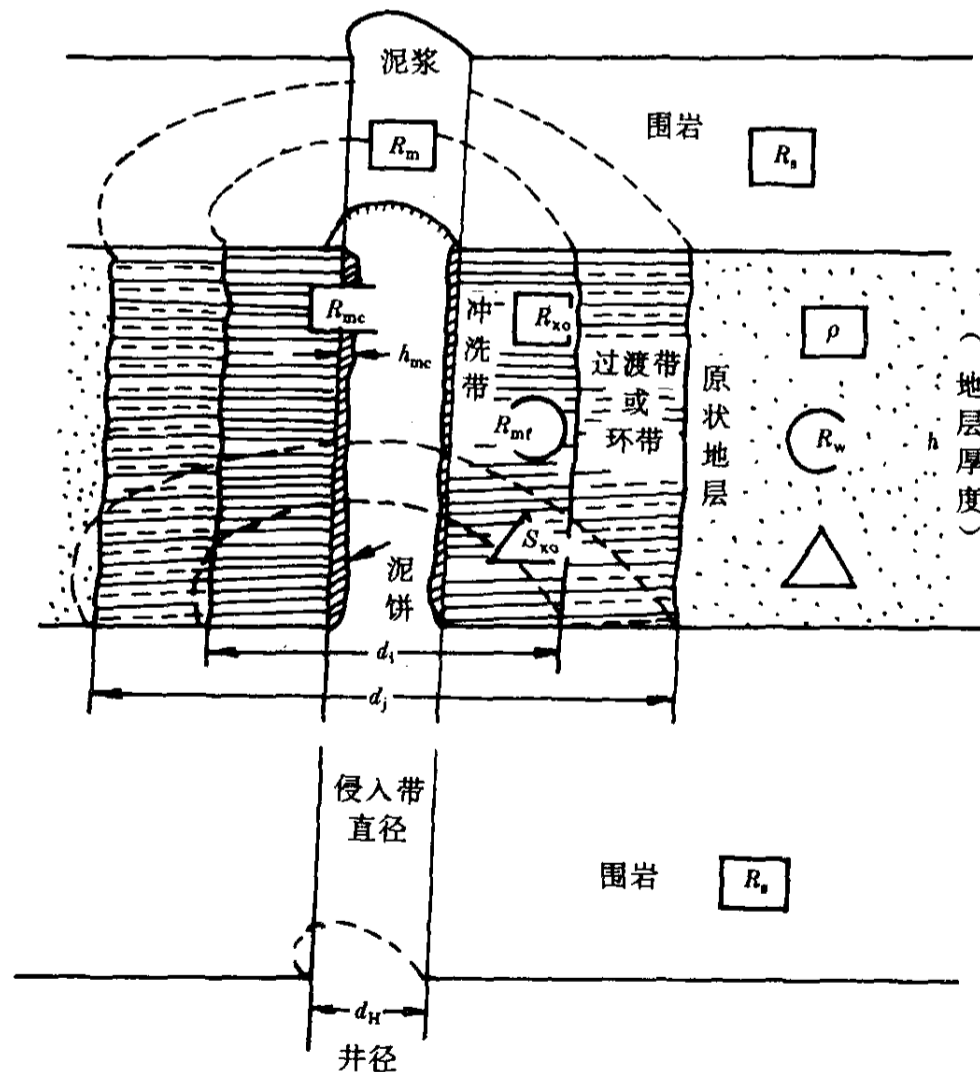
$$\rho = K \frac{U}{I} \quad (1-7)$$

式中, K 称为电极系常数。式(1-7)表明, 普通电阻率测井法是依据欧姆定律来测量介质(地层)的电阻率的。式(1-7)是电阻率测井法的基本公式。

供电电极 A 、 B 和测量电极 M 、 N 的组合称为电极系。由式(1-5)可以看出, 电阻率与 M 、 N 之间的电位梯度有线性关系, 因此, 这种电极系称为梯度电极系。 M 与 N 的中点为电极系的深度记录点。如果把 N 电极移至“无限远”处, 则可由式(1-2)计算出电阻率。这时, 电阻率与 M 点的电位有线性关系。这种结构的电极系叫电位电极系。 A 与 M 的中点为电位电极系的深度记录点。根据互换原理, 供电电极 A 、 B 与测量电极 M 、 N 互易位置, 所测的电阻率其值不变。

2. 视电阻率

在实际测井时, 电极系不是放在无限均匀的介质中, 而是下到有泥浆的井筒中, 这就遇到了非常复杂的情况, 见图 1-2。例如, 井中的地层有厚有薄, 电阻率有高有低, 井径也会有变化, 甚至在渗透性地层处, 还会形成泥饼、泥浆滤液侵入带等等。在复杂的地质条件下, 供电电流在井下形成的电场, 可能也是很复杂的。但是, 无论情况多么复杂, 只要电极系下到井里, A 、 B 电极供出一个适当的井下电流 I , 在 M 、 N 电极上测出相应的电位差 ΔV , 就不难按照前面所推导的式(1-7), 计算出这种复杂情况下的“电阻率”。



ρ —地层电阻率; R_w —地层水电阻率; S_w —地层含水饱和度; R_{xo} —冲洗带电阻率;
 R_{mt} —泥浆滤液电阻率; S_{xo} —冲洗带含水饱和度; d_i —冲洗带直径; R_s —围岩电阻率;
 R_{mc} —泥饼电阻率; R_m —泥浆电阻率; h_{mc} —泥饼厚度

图 1-2 实际的地层介质

这个“电阻率”和地层的真电阻率是有区别的，因为它不仅和地层真电阻率有关，而且还和地层厚度、井径大小、泥浆电阻率以及电极系的 K 值等等因素有关。所以，这个“电阻率”是井下许多因素的综合反映。为了有所区别，我们就把这个用式(1-7)计算出来的“电阻率”，叫做视电阻率。

普通电阻率测井时，电极系被置于井眼内，以井内泥浆作为导电媒介。所以，普通电阻率测井对泥浆有一定要求，一般适用于淡水泥浆。在盐水泥浆中，由于泥浆电阻率极低，测出的视电阻率曲线没有什么变化，几乎是一条直线。在油基泥浆井中，由于电极与油基泥浆的电接触条件恶劣，也无法进行电阻率测井。同样，在没有泥浆或水的干井中，也不能进行普通电阻率测井。

二、聚焦式电阻率测井法的测量原理

普通电阻率测井法的主要缺点是测量电流的一部分沿井筒分流，即测量电流不能全部流进地层；另外它也不能深入地层很远，所以，测得的视电阻率与地层的真电阻率相差甚远。聚焦式电阻率测井法是针对这一问题，对普通电阻率测井的电极系加以改进而发展的一种新方法。

聚焦式电阻率测井也叫侧向测井。它包括三侧向、七侧向、双侧向、微侧向、邻近侧向、球形聚焦和微球形聚焦等方法。这些方法中，电极系的结构、形状和尺寸不同，其探测特性也不同。下面我们以七侧向为例，对聚焦式电阻率测井法的测量原理加以说明。

七侧向测井的电极系示于图 1-3，其中 A_0 是主电极， M_1 、 M_2 与 N_1 、 N_2 是两对监督电极， A_1 、 A_2 是一对聚焦电极(也叫屏蔽电极)。这三对电极以主电极 A_0 为中心对称排列，每对电极用短路线连接，使其具有相同的电位。回流电极 B 和参考电极 N 放在“无限远”处。这种电极系结构相当于在梯度电极系的上下附加了一对供电电极。在各向同性的均匀介质中，七侧向的电流线如图 1-3 中的实线所示，虚线表示等电位面，斜影线表示主电流层。

在电阻率为 ρ 的均匀介质中，如果只有一个主电极 A_0 ，所通电流为 I_0 ，则从 A_0 电极流出的电流应均匀地分布，即电流线为辐射状，而等电位面是以 A_0 为球心的球面。由于监督电极 M_1 、 M_2 离 A_0 较近，所以其电位比 N_1 、 N_2 处的电位高一些。在主电极两侧加上聚焦电极 A_1 、 A_2 ，并提供与 A_0 同极性的屏蔽电流，随着屏蔽电流强度的增加，监督电极 N_1N_2 和 M_1M_2 的电位都会升高。由于 N_1 、 N_2 离 A_1A_2 较近，因此 N_1N_2 处的电位升得更快一些。当屏蔽电流强度达到某一数值时，两对监督电极 M_1M_2 和 N_1N_2 可能出现相同的电位。由于等电位面之间不可能有电流流过，因此，可以认为，主电极 A_0 流出的电流，不能穿过 M_1N_1 和 M_2N_2 ，而只能从侧向流入地层，或者说，主电极 A_0 发出的电流线被压缩成“饼状”分布了， I_0 的这种状态称为聚焦状态。

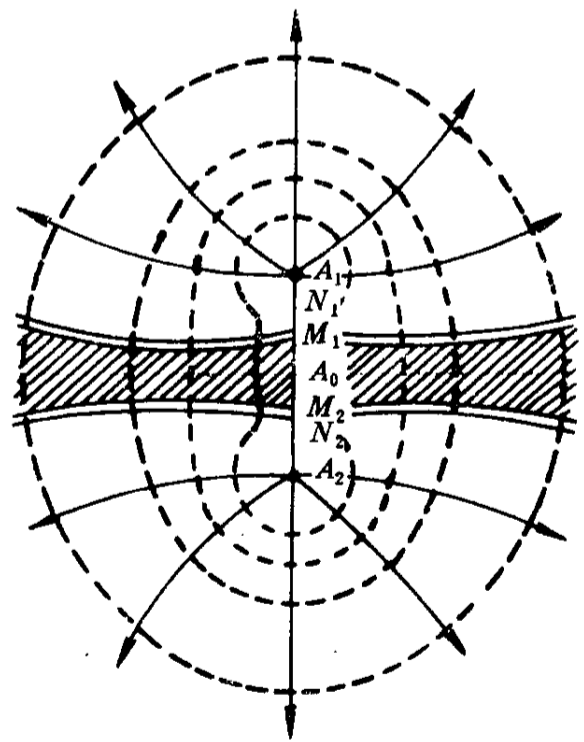


图 1-3 七侧向电极系及其电流线分布

在均匀介质中，七侧向电极系确定后，只要主电流 I_0 和屏蔽电流 I 满足一定的比例关

系,就可使两对监督电极之间的电位差为零,而使 I_0 处于聚焦状态。在测井过程中,由于电极系处在非均匀介质中,因此,要想保持两对监督电极之间的电位差等于或接近于零,使 I_0 处于聚焦状态,则必须有一套自动调节主电流或屏流的装置。

在一般的侧向测井仪器中,是用监督电极之间的电位差来调节主电流(或屏流)的。如果监督电极有电位差存在,这个电位差通过电子线路来调节主电流(或屏流)变化,而变化的趋势又反过来使监督电极的电位差减小,这个反馈式调节过程,最终使监督电极的电位差接近于零。而使主电流处于或近似处于聚焦状态。实践证明,对低阻围岩和高阻薄层,主电流 I_0 基本保持聚焦状态。主电流层厚度相当于 $\overline{M_1N_1}$ 的中点与 $\overline{M_2N_2}$ 的中点之间的距离。由于聚焦的作用,聚焦式电阻率测井方法大大地减小了泥浆的分流作用和低阻围岩的影响。与普通电阻率测井法相比较,它所测的视电阻率将更加接近地层的真电阻率。

下面推导用七侧向测井方法确定地层电阻率的公式。假定,介质是均匀无限的,电阻率为 ρ ,电极为点状,主电流为 I_0 ,屏流为 I_1 。根据电场叠加原理,监督电极的电位为

$$V_{M_1} = \frac{\rho I_0}{4\pi A_0 M_1} + \frac{\rho I_1}{4\pi A_1 M_1} + \frac{\rho I_1}{4\pi A_2 M_1}$$

令屏主流比(屏流与主电流之比) $n=I_1/I_0$,则有

$$V_{M_1} = \frac{\rho I_0}{4\pi} \left[\frac{1}{A_0 M_1} + n \left(\frac{1}{A_1 M_1} + \frac{1}{A_2 M_1} \right) \right] \quad (1-8)$$

同理,有

$$V_{N_1} = \frac{\rho I_0}{4\pi} \left[\frac{1}{A_0 N_1} + n \left(\frac{1}{A_1 N_1} + \frac{1}{A_2 N_1} \right) \right] \quad (1-9)$$

式中, $\overline{A_0 M_1}$ 、 $\overline{A_1 M_1}$ 、 $\overline{A_2 M_1}$ 、 $\overline{A_0 N_1}$ 、 $\overline{A_1 N_1}$ 、 $\overline{A_2 N_1}$ 分别为电极 M_1 、 N_1 与其相应供电电极之间的距离。

当 I_0 达到聚焦状态时,有 $V_{M_1}=V_{N_1}$,根据式(1-8)、式(1-9)可得

$$n = \frac{\overline{A_1 M_1} \overline{A_1 N_1} \overline{A_2 M_1} \overline{A_2 N_1}}{\overline{A_0 M_1} \overline{A_0 N_1} (\overline{A_2 M_1} \overline{A_2 N_1} - \overline{A_1 M_1} \overline{A_1 N_1})} \quad (1-10)$$

由式(1-10)可看出,在均匀介质条件下,对确定的电极系,当主电流 I_0 达到聚焦状态时,屏主流比 n 有确定的数值。

在七侧向电极系中,参考电极 N 在“无限远”处,这样,主电极 A_0 与参考电极的电位差 U_0 将由主电极的电位来决定,而主电流 I_0 处于聚焦状态时,主电极的电位与监督电极的电位在均匀介质条件下是相等的,因而有

$$U_0 = V_{M_1} = \frac{\rho I_0}{4\pi} \left(\frac{1}{A_0 M_1} + \frac{n}{A_1 M_1} + \frac{n}{A_2 M_1} \right) \quad (1-11)$$

将式(1-10)代入式(1-11),并利用七侧向电极系的对称关系进行代换,可得均匀介质的电阻率 ρ 为

$$\rho = \frac{4\pi \overline{A_0 M_1} \overline{A_0 N_1} (\overline{A_0 M_1} + \overline{A_0 N_1})}{A_0 A_1^2 + \overline{A_0 M_1} \overline{A_0 N_1}} \cdot \frac{U_0}{I_0}$$

令电极系常数 K

$$K = \frac{4\pi \overline{A_0 M_1} \overline{A_0 N_1} (\overline{A_0 M_1} + \overline{A_0 N_1})}{A_0 A_1^2 + \overline{A_0 M_1} \overline{A_0 N_1}} \quad (1-12)$$

则有

$$\rho = K \frac{U_0}{I_0} \quad (1-13)$$

式(1-13)即为七侧向测井求得地层电阻率的基本公式。式(1-13)与式(1-7)相比较,可以看出二者在形式上是一样的。二者测量地层电阻率的基本原理没有变,都是基于欧姆定律。但聚焦电极系当主电流 I_0 处于聚焦状态时,主电流 I_0 侧向流入地层,而不沿井筒分流,这样测得的地层的视电阻率要比普通电阻率测井所测的地层视电阻率更加接近地层真电阻率。

对于聚焦电极系,在均匀介质条件下,屏主流比 n 满足式(1-10),主电流 I_0 即处于聚焦状态。在实际测井时,聚焦电极系周围环境并非无限均匀介质,因此,屏主流比 n 满足式(1-10)并不能使 I_0 达到聚焦状态,而必须随环境不同而实时调节屏主流比 n ,才能使主电流 I_0 处于聚焦状态或近似的聚焦状态。

式(1-12)给出的电极系常数 K 是在理想条件下计算得到的,它只与电极系的结构参数有关。实际使用时, K 值尚需经实验修正。有时,把电极系放到已知电阻率的介质中进行测量(例如大水池),根据所测得的等效电阻 $R_0 = U_0/I_0$ 来确定 K 值

$$K = \frac{\rho}{R_0} \quad (1-14)$$

在七侧向测井仪器中,一般用四个参数来表示七侧向电极系的结构尺寸和特性。这四个参数是:电极系长度 L_0 ,电极系距离 L ,分布比 S 和聚焦参数 q 。电极系长度 L_0 为 A_1 、 A_2 之间的距离,即 $\overline{A_1A_2}$;电极系距离 L 为上监督电极的中点与下监督电极中点之间的距离,也可用 $\overline{O_1O_2}$ 表示;分布比 S 为电极系长度与电极系距离之比,即 L_0/L 或 $\overline{A_1A_2}/\overline{O_1O_2}$;聚焦参数 q 为电极系长度与电极系距离之差与电极系距离之比,即 $(L_0-L)/L = S-1$ 。电极系的结构不同,不仅电极系常数 K 值不同,而且具有不同的探测特性。电极系距离主要决定分层能力,电极系长度主要决定“探测深度”。 $\overline{A_1A_2}$ 较大,则“探测深度”较大,但邻层的高阻屏蔽影响也较大。分布比 S 对主电流层的形状有较大的影响, S 过大,不仅要求屏主流比大,而且影响因素的关系复杂, S 过小,主电流发散太快,也不理想。一般认为 S 小于 3~3.5 为宜。

以上,我们分析了七侧向测井的测量原理。其它聚焦式电阻率测井法的测量原理与七侧向类同,且最终推导出的求得地层电阻率的基本公式与式(1-13)形式相同,仅电极系常数 K 值不同而已。这里不再叙述。

三、双侧向测井

双侧向测井是在三侧向和七侧向测井的基础上发展起来的,具有较好的聚焦特性,并可以同时测量深、浅两种探测深度的电阻率曲线。目前,双侧向测井已完全取代了三侧向和七侧向测井,是油田广泛使用的一种聚焦式电阻率测井方式。

双侧向的电极系如图 1-4 所示。双侧向电极系有 9 个电极。主电极 A_0 位于中央,在 A_0 上下对称排列 4 对电极,每对电极分别用短路线连接。电极 M_1 、 M'_1 和 N_1 、 N'_1 为两对监督电极,电极 A_1 、 A'_1 和 A_2 、 A'_2 为两对聚焦电极(也称屏蔽电极)。深侧向的回流电极 B 和测量参考电极 N 在“无限远处”。

进行深探测时,屏蔽电极 A_1 与 A_2 (A'_1 和 A'_2) 保持等电位,屏流 I_1 与主电流 I_0 为同极

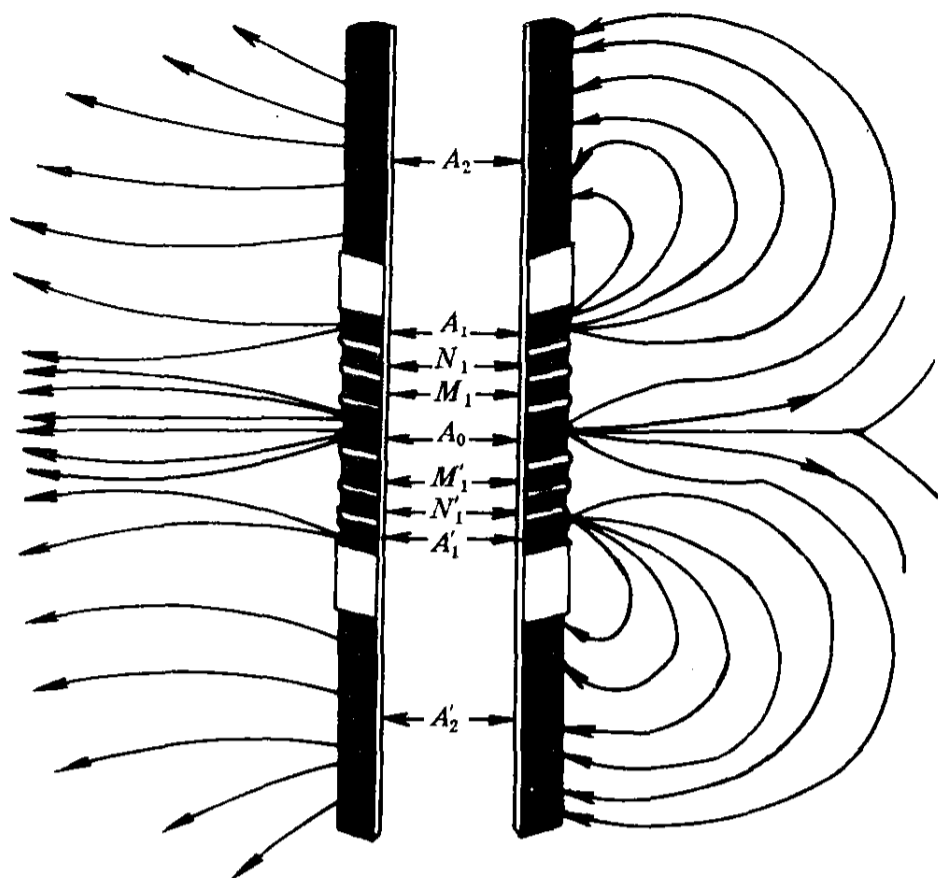


图 1-4 双侧向电极系及电流线分布

性。由于屏蔽电极 A_2 、 A_2' 较长，加强了屏流对主电流的聚焦作用，因此主电流层进入地层深处后才逐渐发散，如图 1-4 左边所示。由于探测深度深，它所测的视电阻率接近地层的真电阻率。

进行浅探测时，电极 A_2 、 A_2' 起回流电极的作用，即电极 A_1 与 A_2 (A_1' 和 A_2') 为反极性，削弱了屏流对主电流的聚焦作用，主电流层进入地层不远的地方就发散了，如图 1-4 右边所示。由于探测深度浅，所测得的视电阻率受侵入带的影响较大。

在老式的双侧向仪器中，一般采用恒定主电流的测量方案，即在测井过程中，始终保持主电流恒定不变，调节屏流使主电流达到聚焦状态。测量监督电极与参考电极的电位差，通过公式求得地层的视电阻率。采用这种测量方案时，为了保证测量精度，要求主电流 I_0 的稳定度较高，同时，在主电流恒定的条件下，完全靠调节屏流来使主电流达到聚焦状态，这要求屏流的变化范围大。如果屏流有限，则所测的视电阻率的范围较小。目前使用的双侧向仪器中，并没有采用恒定主电流的工作方式，而是采用了求商的工作方式，即主电流 I_0 随地层电阻率变化的条件下，分别测出 I_0 和 U_0 ，通过除法运算来得到视电阻率。采用此种工作方式，如果参数选择适当，可获得较大的测量动态范围和较高的测量精度。引进的 DLT 型双侧向测井仪，采用了恒功率的工作方式，即在测井过程中保持主电流源的功率恒定，使仪器获得了较大的测量动态范围和较高的测量精度。

如何实现同时测量深、浅两条双侧向测井曲线呢？引进的双侧向测井仪中，采用了“时分”或“频分”方式来达到此目的。

“时分”方式其原理比较简单，即按照一定的时间间隔，交替地接通深、浅双侧向电路，并把相应的测量信号交替地送到深、浅两个记录道进行记录，以实现“同时”测量深、浅两条双侧向测井曲线的目的。在引进的某型双侧向测井仪中，是通过控制水银湿簧管继电器的动作，完成“时分”的功能的。在测井过程中，下井仪器不仅要承受剧烈的温度变化，而且要承受震动的冲撞，这些不利因素容易影响水银湿簧管的功能。同时用继电器切换深、

浅探测状态时，有可能引起复杂的交流干扰，特别是低频分量的干扰，很难消除。

所谓“频分”方式，就是深、浅探测分别选用不同频率的探测信号，通过各自电路的处理，实现同时测量深、浅两条双侧向测井曲线的方式。为确保不同频率的信号分开，深、浅侧向选择的频率一般相差 4~8 倍。例如，1229EB 双侧向测井仪，深、浅测量的探测信号的频率分别为 32 Hz、128 Hz。

目前，我国油田广泛使用双侧向测井仪，因为，同三侧向、七侧向测井仪相比较，双侧向测井仪的综合特性最佳。双侧向测井仪通常和微球形聚焦测井仪(或者与微侧向、邻近测向测井仪)组合下井测量，同时获得深、中、浅三种探测深度的地层电阻率曲线，为地层特性的分析解释提供测井数据。为此，分析研究双侧向测井仪是有现实意义的。

四、1229EB 双侧向测井仪一般描述

1. 一般描述

我国引进生产的 3700 数控测井系统中，配置了 1229 双侧向测井仪。1229 双侧向是在原 1225 双侧向的基础上改进而成的。由于采用了成熟的设计和新的电气元件，因而增强了工作能力，同时还保持了原来的结构尺寸和大小，见图 1-5、图 1-6。

1229 双侧向可以同时测量深、浅两种探测深度的视电阻率曲线。与 1225 采用“时分”方式比较，1229 双侧向采用了“频分”的方式，即深、浅侧向分别采用了 32 Hz、128 Hz 的探测信号，并通过相应的电路来处理，避免了采用“时分”方式时，因继电器频繁切换深、浅侧向而引入的低频干扰。1229 双侧向主电流电路的主电流放大器是一个专门设计的集成电路，该电路具有固定的增益、相位特性和频率响应。该电路的引入，使得主电流的调节更加稳定、可靠。1229 双侧向采用求商式的测量原理，同时测量主电流强度和监督电极电位，通过除法运算得到视电阻率。1229 双侧向采用了先屏流后主流的设计，即由屏流源首先发送屏流，然后由监控回路产生主电流，相对于先主流后屏流，这种方式可以降低对监控回路增益的要求。1229 双侧向的深、浅侧向屏流源均受深侧向电压的控制，这样的设计，扩展了测量的动态范围。由于这些新的设计思想的引入和采用新的电气元件，而使 1229 双侧向的性能较 1225 双侧向有了很大的提高。

1229 双侧向可以和 1309 伽马测井仪组合测井，也可与微测向、伽马测井仪组合测井。测井信息通过 PCM 传输器送至地面。新型的 1229 双侧向还有一个特点是在电子仪的顶端设置了一个开关。这个开关是为了和 3502 或 3503(3506)PCM 相配合使用的。这个开关的设置，可以使 1229 双侧向方便地与新、旧 PCM 相组合，而仅需将开关换一个档位。

2. 一般技术说明

长度	18 英尺 1 英寸	(5.512 m)
直径	3 $\frac{5}{8}$ 英寸	(9.2 cm)
重量	278 磅	(126 kg)
最高温度	350 °F	(177 °C)
最小裸眼井尺寸	5 $\frac{1}{2}$ 英寸	(14 cm)
测速	50 英寸/min~60 英寸/min	(18 m/min)
最大压力	20 000 磅/英寸 ²	(137.9 MPa)
记录	照像、磁带	

电缆
信号传输

七芯
PCM

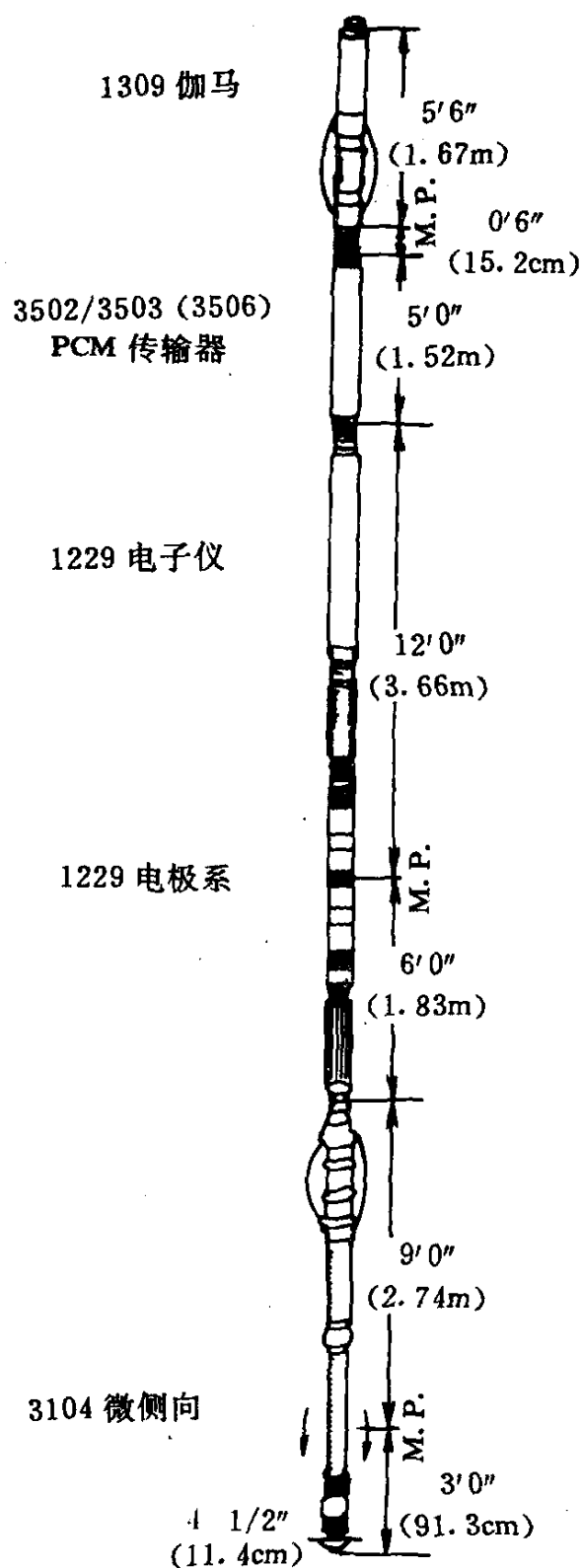


图 1-5 双侧向—微侧向—伽马测井仪组合图

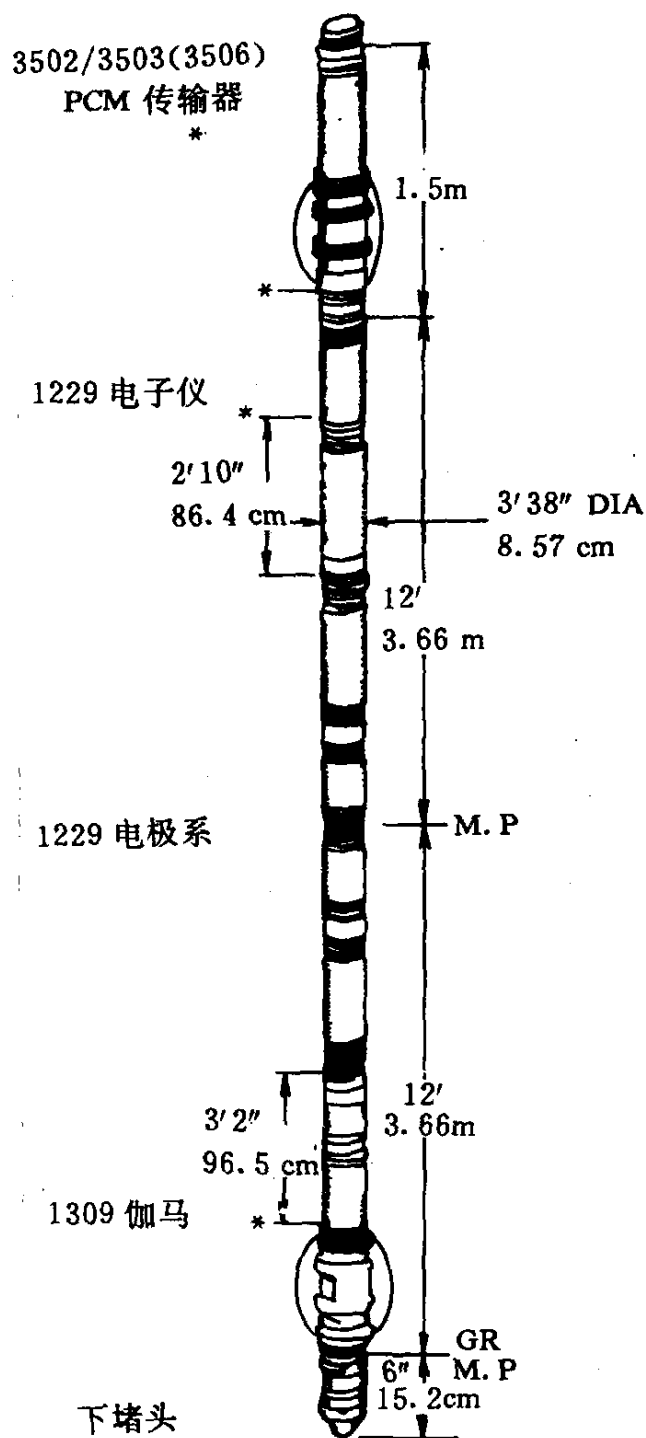


图 1-6 双侧向伽马测井仪组合图

五、1229EB 双侧向工作原理及信号流程

1. 仪器工作原理

1229 双侧向的电路原理框图示于图 1-7。

1229 双侧向电路主要由浅侧向屏流源(浅参考)、深侧向屏流源(深参考)、监控回路(主电流电路)、电压检测、电流检测、直流电源、控制信号发生器等几部分组成。浅侧向屏流源的输出电路是一个电压源。这个电压源将给电极系的 4 号电极和 5 号电极供电。浅屏流源的输出阻抗很小,那么对于 32 Hz 的深屏流信号,4 号电极和 5 号电极可视为是短路

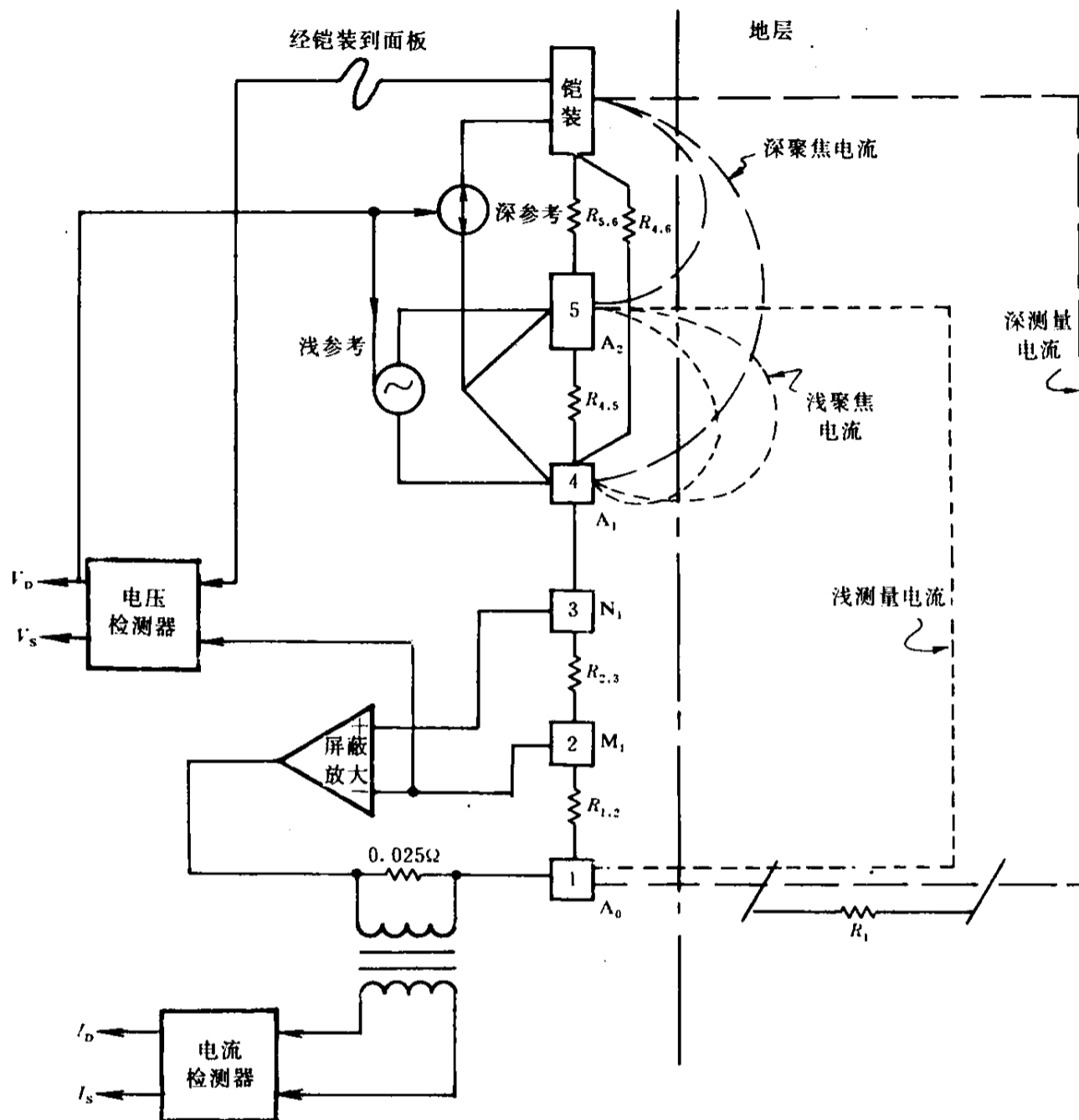


图 1-7 1229 双侧向电路原理框图

的。对于 128 Hz 的浅屏流信号而言，4 号和 5 号电极电位不等。那么，在 4 号和 5 号电极之间将流动一个 128 Hz 的浅聚焦电流(浅屏流)。与此同时，深屏流源的输出电路是一个电流源，它提供的电流将供给铠装(深侧向的回流电极，同时也是电压检测电路的电位参考电极)和 4 号及 5 号电极。电流源在铠装和 4 号及 5 号电极之间提供一个很高的内部阻抗。32 Hz 的深聚焦电流将在铠装和 4 号及 5 号电极间流动。测量电流由主电流电路(监控回路)提供。输入到主电流放大器的信号是一个很小的电压信号(2 号电极与 3 号电极之间的电压)，这个电压信号是 32 Hz 和 128 Hz 的混合信号，主电流放大器的输出连接到 1 号电极。这样，深测量主电流的路径在 1 号电极和铠装之间，而浅测量电流在 1 号电极和 5 号电极之间。还应注意的是深侧向屏流源(电流源)、浅侧向屏流源(电压源)是受深侧向电压控制的。

在测井过程中，深侧向电压是随地层电阻率的变化而变化的，由于深、浅侧向屏流受