

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101344217 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 29

(21) 申请号 200810119164. 0

CN 2550377 Y, 2003. 05. 14, 全文.

(22) 申请日 2008. 08. 28

US 4874487 , 1989. 10. 17, 全文.

(73) 专利权人 中国石油大学 (北京)

审查员 胡静

地址 102249 北京市昌平区府学路 18 号中
国石油大学 260 信箱

(72) 发明人 梁志珊

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理
有限公司 11205

代理人 曲鹏

(51) Int. Cl.

F17D 5/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2004-250779 A, 2004. 09. 09, 全文.

CN 1456879 A, 2003. 11. 19, 说明书具体实施
方式部分、附图 1-3.

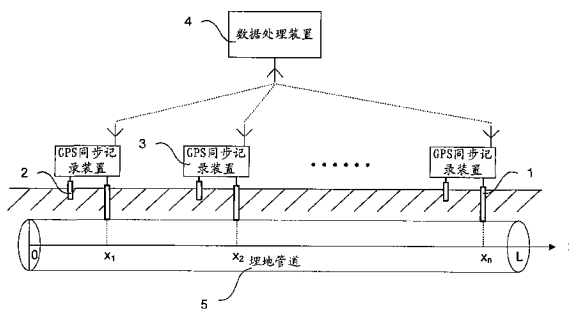
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装
置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置及方法。测量装置包括：数个管道测试桩、数个参比电极、数个 GPS 同步记录装置和一个数据处理装置，数个管道测试桩和数个参比电极用于获得数个测量点处的管地瞬时电位，数个 GPS 同步记录装置用于记录管地瞬时电位数据，一个数据处理装置用于根据所述管地瞬时电位数据获得地表电场强度、管道参数、地磁感应电流和管地电位，以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布。本发明可以得到准确的地磁感应电流和管地电位以及其时间和空间分布，具有多功能、高精度等优点。



1. 一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置,其特征在于,包括:

数个管道测试桩和数个参比电极,数个管道测试桩和数个参比电极分别设置在数个测量点,每个管道测试桩的一端与埋地管道连接,另一端伸出地面,每个参比电极的一端埋设在土壤中,另一端伸出地面,用于获得数个测量点处的管地瞬时电位;

数个 GPS 同步记录装置,分别设置在数个测量点,每个 GPS 同步记录装置分别与每个测量点处的所述管道测试桩和参比电极连接,用于记录具有时标的管地瞬时电位数据;

一个数据处理装置,分别与数个 GPS 同步记录装置通信连接,接收每个 GPS 同步记录装置发送的管地瞬时电位数据,根据所述管地瞬时电位数据获得地表电场强度、管道参数、地磁感应电流和管地电位,以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布;

其中,所述 GPS 同步记录装置包括:

信号处理模块,分别与所述管道测试桩和参比电极连接,用于从管道测试桩和参比电极获得管地瞬时电位,并处理;

AD 数据采集模块,与所述信号处理模块连接,用于从所述信号处理模块采集经过处理的数据;

中心处理模块,与所述 AD 数据采集模块连接,用于记录经过处理的管地瞬时电位数据和同步时间,并控制各模块运行;

GPS 天线,通过 GPS 模块与所述中心处理模块连接,用于向中心处理模块提供同步启动时间,使中心处理模块控制 AD 数据采集模块按照设定的同步启动时间进行数据采集和记录;

通信天线,通过通信模块与所述中心处理模块连接,用于向中心处理模块发送所述数据处理装置的请求,将管地瞬时电位数据向所述数据处理装置发送。

2. 根据权利要求 1 所述的埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置,其特征在于,所述数据处理装置包括:

天线通信模块,分别与数个 GPS 同步记录装置通信连接,向每个 GPS 同步记录装置发送数据请求,并从每个 GPS 同步记录装置接收管地瞬时电位数据;

数据计算模块,用于根据所述管地瞬时电位数据获得地表电场强度、管道参数、地磁感应电流和管地电位,以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布;

存储模块,用于存储所述地磁感应电流和管地电位数据;

显示模块,用于显示所述地磁感应电流和管地电位数据;

中心控制模块,分别与所述天线通信模块、数据计算模块、存储模块和显示模块连接,用于控制各模块的工作。

3. 根据权利要求 2 所述的埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置,其特征在于,所述数据处理装置还包括:

数据查询模块,与所述中心控制模块连接,用于数据查询处理;

报警模块,与所述中心控制模块连接,用于报警处理。

埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及埋地管道系统监测领域,特别是一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置及方法。

背景技术

[0002] 太阳黑子、耀斑和日冕等一系列太阳活动会产生磁暴,磁暴干扰地磁场的变化。由电磁感应原理可知,埋地管道(埋地导体中的一种)会产生感应电流,即地磁感应电流(简称 GIC)。由于太阳风流动的方向较固定(多为东-西向),因此由地磁暴引起的埋地管道的地磁感应电流具有较强的方向性,一般而言,东-西走向的埋地管道线路中可能产生较大的地磁感应电流。该地磁感应电流的存在加大了杂散电流对埋地管道阴极保护的干扰,并且破坏了埋地管道防腐阴极保护负电位,严重地影响了阴极保护的效果,甚至还会导致阴极保护失效。

[0003] 另外,由于人口密度、土地资源、电力行业和石化行业对传输路径的择优原则相近等原因,使得高压输电线与埋地管道长距离平行建设的情况时有发生。当高压输电线与埋地管道平行时,由于高压输电线产生的交变电磁场的影响,在埋地管道上将会感应出交流电压和电流,引起管道腐蚀。目前高压输电线对埋地管道腐蚀的机理和防护是一直未能很好解决的问题。研究表明,高压输电线对埋地管道的影响与空间天气对埋地管道的影响具有相同的特性,因此为了对管道腐蚀和管道维护进行进一步的分析和研究,埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量极为重要,是研究管道腐蚀保护的重要参数。

[0004] 目前,还没有专门测量埋地管道地磁感应电流和管地电位的装置和方法,只是现有埋地管道阴极保护测量装置中采用两种方式测量埋地管道中的电流:软测量方法和一般测量方法。软测量方法是根据线电流理论及 Biot-Savart 定律: $I = 2\pi RB/\mu$,其中, I 为线电流, R 为电流到测量点的距离, B 为磁感应强度, μ 为磁导率。通过在对埋地管道正上方的地面上测量管道电流产生的磁感应强度 B 、埋地管道中轴线到测量点的距离 R 和空气中的磁导率 μ (磁导率 μ 假定为真空磁导率 μ_0),就可计算出埋地管道中的电流。一般测量方法是利用阴极保护评价中使用的常规电位降法,利用欧姆定律测量管道电流,通过在长度已知的管道上,在有两个测试桩的地方测量该管段上的电位降和该管段的电阻,利用欧姆定律就可求得管道中流动的电流。

[0005] 在软测量方法中,应该考虑三个因素:磁感应强度 B 的测量、磁导率 μ 的测量和电流到测量点距离 R 的测量。对于磁感应强度 B 的测量,目前在国外的杂散电流测绘仪中应用的高灵敏磁感应强度感应器只能感应 0.1Hz 以上频率范围的磁感应强度,例如目前普遍用于管道电流测量的杂散电流测绘仪 SCM(英国雷迪公司制造,其说明书见网站 www.radiodetection.com),其响应频率范围为 0.1Hz ~ 80Hz。而磁暴发生时,产生地磁感应电流的频率在 0.001 ~ 1Hz 之间(参见 Antti Pulkkinen, Geomagnetic Induction During Highly Disturbed Space Weather Conditions: Studies Of Ground Effects, Finnish Meteorological Institute Contributions No. 42, pp10, Aug, 2003),所以现有的

杂散电流测绘仪不能用于管道地磁感应电流和管地电位的测量。虽然有些大型高精度的磁感应设备能实现此频率范围段的电流测量,但是性能价格比太低,无法在实际生产中应用。对于磁导率 μ 的测量,因为管道电流产生的磁场要穿过土壤,因此实际的磁导率 μ 与真空磁导率 μ_0 有差别,应该利用土壤和空气的混合磁导率,但是混合磁导率的测量又是一个尚未克服的难题。对于电流到测量点距离 R 的测量,由于埋地管道并不是线电流理论中的导线,管道与磁场强度测量点的距离相对较近,所以测量中就不能简单地将圆环形管道作为理想导线进行分析求解。由此可见,利用软测量方法尚不能获得准确的电流。

[0006] 在一般测量方法中,虽然可以测出管道中流动的电流,但却忽略了磁暴发生时在管道上产生的等效电场强度 E_0 ,而电场强度 E_0 是求解管道地磁感应电流和管地电位必须考虑的核心内容,所以一般测量方法也不能获得准确的电流。

[0007] 综上所述,现有技术的测量方法都不能用来准确地测量埋地管道的地磁感应电流和管地电位。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置及方法,有效解决现有技术不能准确地测量埋地管道的地磁感应电流和管地电位等技术缺陷。

[0009] 为了实现上述目的,本发明提供了一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置,包括:

[0010] 数个管道测试桩和数个参比电极,数个管道测试桩和数个参比电极分别设置在数个测量点,每个管道测试桩的一端与埋地管道连接,另一端伸出地面,每个参比电极的一端埋设在土壤中,另一端伸出地面,用于获得数个测量点处的管地瞬时电位;

[0011] 数个 GPS 同步记录装置,分别设置在数个测量点,每个 GPS 同步记录装置分别与每个测量点处的所述管道测试桩和参比电极连接,用于记录具有时标的管地瞬时电位数据;

[0012] 一个数据处理装置,分别与数个 GPS 同步记录装置通信连接,接收每个 GPS 同步记录装置发送的管地瞬时电位数据,根据所述管地瞬时电位数据获得地表电场强度、管道参数、地磁感应电流和管地电位,以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布。

[0013] 所述 GPS 同步记录装置包括:

[0014] 信号处理模块,分别与所述管道测试桩和参比电极连接,用于从管道测试桩和参比电极获得管地瞬时电位,并处理;

[0015] AD 数据采集模块,与所述信号处理模块连接,用于从所述信号处理模块采集经过处理的数据;

[0016] 中心处理模块,与所述 AD 数据采集模块连接,用于记录经过处理的管地瞬时电位数据和同步时间,并控制各模块运行;

[0017] GPS 天线,通过 GPS 模块与所述中心处理模块连接,用于向中心处理模块提供同步启动时间,使中心处理模块控制 AD 数据采集模块按照设定的同步启动时间进行数据采集和记录;

[0018] 通信天线,通过通信模块与所述中心处理模块连接,用于向中心处理模块发送所述数据处理装置的请求,将管地瞬时电位数据向所述数据处理装置发送。

[0019] 所述数据处理装置包括：

[0020] 天线通信模块，分别与数个 GPS 同步记录装置通信连接，向每个 GPS 同步记录装置发送数据请求，并从每个 GPS 同步记录装置接收管地瞬时电位数据；

[0021] 数据计算模块，用于根据所述管地瞬时电位数据获得地表电场强度、管道参数、地磁感应电流和管地电位，以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布；

[0022] 存储模块，用于存储所述地磁感应电流和管地电位数据；

[0023] 显示模块，用于显示所述地磁感应电流和管地电位数据；

[0024] 中心控制模块，分别与所述天线通信模块、数据计算模块、存储模块和显示模块连接，用于控制各模块的工作。

[0025] 所述数据处理装置还包括：

[0026] 数据查询模块，与所述中心控制模块连接，用于数据查询处理；

[0027] 报警模块，与所述中心控制模块连接，用于报警处理。

[0028] 为了实现上述目的，本发明还提供了一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量方法，包括：

[0029] 步骤 1、测量数个测量点处埋地管道的管地瞬时电位；

[0030] 步骤 2、根据数个测量点处同一时刻的管地瞬时电位获得地表电场强度和管道参数；

[0031] 步骤 3、根据所述地表电场强度和管道参数获得埋地管道的地磁感应电流和管地电位，以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布。

[0032] 所述步骤 1 具体为：通过设置在数个测量点的管道测试桩和参比电极测量数个测量点处的管地瞬时电位。

[0033] 本发明提供了一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置及方法，通过将 DSTL 理论应用于埋地管道的地磁感应电流和管地电位测量中，因此不仅克服了现有技术测量管道电流需要测量地磁感应强度的技术缺陷，而且采用 GPS 同步测量装置记录的管地瞬时电位可以获得准确的现场管道参数和地面电场强度，进而得到准确的地磁感应电流和管地电位以及其时间和空间分布，对于埋地管道存在弯管、分支等各种类型都可实现测量，不仅可用于由地磁暴在埋地管道引发的地磁感应电流和管地电位的测量，也可用于由交流高压输电线在埋地管道引发的地磁感应电流和管地电位的测量，具有多功能、高精度等优点。通过测得的地磁感应电流和管地电位的时空分布可以评估由空间天气引起的管道腐蚀和人身安全，可以评估由空间天气对管道辅助设备（如阴极保护和仪表等）的影响。由于本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置所测量出的地磁感应电流和管地电位是分析地磁感应电流对埋地管道安全运行影响的重要依据，因此本发明意义重大，应用价值高。

[0034] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0035] 图 1 为本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置的结构示意图；

- [0036] 图 2 为本发明 GPS 同步记录装置的结构示意图；
- [0037] 图 3 为本发明数据处理装置的结构示意图；
- [0038] 图 4 为本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量方法的流程图。
- [0039] 附图标记说明：
- [0040] 1—管道测试桩； 2—参比电极； 3—GPS 同步记录装置；
- [0041] 4—数据处理装置； 5—埋地管道； 31—信号处理模块；
- [0042] 32—AD 数据采集模块； 33—中心处理模块； 34—GPS 模块；
- [0043] 35—GPS 天线； 36—通信模块； 37—通信天线；
- [0044] 41—天线通信模块； 42—数据计算模块； 43—存储模块；
- [0045] 44—中心控制模块； 45—显示模块； 46—数据查询模块；
- [0046] 47—报警模块。

具体实施方式

[0047] 图 1 为本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置的结构示意图。如图 1 所示,本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置包括数个管道测试桩 1、数个参比电极 2、数个 GPS 同步记录装置 3 和一个数据处理装置 4,其中每个管道测试桩 1、参比电极 2 和 GPS 同步记录装置 3 作为一个组件设置在每个测量点处。具体地,对于每个测量点,一个管道测试桩 1 的一端与埋地管道 5 连接,另一端伸出地面,一个参比电极 2 的一端埋在土壤中,另一端伸出地面,管道测试桩 1 和参比电极 2 用于共同获得某一刻该测量点处的管地瞬时电位;一个 GPS 同步记录装置 3 分别与该测量点处伸出地面的管道测试桩 1 和参比电极 2 的另一端连接,从管道测试桩 1 和参比电极 2 获得该测量点处的管地瞬时电位,并且记录具有时标的管地瞬时电位数据,并通过天线向数据处理装置 4 发送;数据处理装置 4 分别与数个 GPS 同步记录装置 3 通信连接,接收每个 GPS 同步记录装置 3 发送的管地瞬时电位数据,获得地表电场强度、埋地管道的管道参数、地磁感应电流和管地电位,以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布(即同一时刻随管道距离变化的空间分布)。

[0048] 图 2 为本发明 GPS 同步记录装置的结构示意图。如图 2 所示,本发明 GPS 同步记录装置包括信号处理模块 31、AD 数据采集模块 32、中心处理模块 33、GPS 模块 34、GPS 天线 35、通信模块 36 和通信天线 37,其中,信号处理模块 31 分别与管道测试桩 1 和参比电极 2 连接,用于从管道测试桩 1 和参比电极 2 获得管地瞬时电位,并处理;AD 数据采集模块 32 与信号处理模块 31 连接,用于从信号处理模块 31 采集经过处理的数据;中心处理模块 33 与 AD 数据采集模块 32 连接,用于记录经过处理的管地瞬时电位数据和同步时间,并控制各模块的运行;GPS 天线 35 通过 GPS 模块 34 与中心处理模块 33 连接,用于向中心处理模块 33 提供同步启动时间,使中心处理模块 33 控制 AD 数据采集模块 32 按照设定的同步启动时间进行数据采集和记录;通信天线 37 通过通信模块 36 与中心处理模块 33 连接,用于向中心处理模块 33 发送数据处理装置 4 的请求,中心处理模块 33 将管地瞬时电位数据通过通信模块 36 和通信天线 37 向数据处理装置 4 发送。

[0049] 图 3 为本发明数据处理装置的结构示意图。如图 3 所示,本发明数据处理装置包括天线通信模块 41、数据计算模块 42、存储模块 43、中心控制模块 44 和显示模块 45,其中,

天线通信模块 41 与中心控制模块 44 连接,用于根据中心控制模块 44 的指令向每个 GPS 同步记录装置 3 发送数据请求,并从每个 GPS 同步记录装置 3 接收管地瞬时电位数据向中心控制模块 44 发送;数据计算模块 42 与中心控制模块 44 连接,用于对中心控制模块 44 接收到的管地瞬时电位数据进行计算,获得地表电场强度、管道参数、地磁感应电流和管地电位,以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布,并将地磁感应电流和管地电位数据发送给中心控制模块 44;存储模块 43 与中心控制模块 44 连接,用于存储地磁感应电流和管地电位数据;显示模块 45 与中心控制模块 44 连接,用于显示地磁感应电流和管地电位数据。此外,本发明数据处理装置还包括与中心控制模块 44 连接的数据查询模块 46 和报警模块 47,用于数据查询处理和报警处理;中心控制模块 44 用于控制天线通信模块 41、数据计算模块 42、存储模块 43、显示模块 45、数据查询模块 46 和报警模块 47 工作。

[0050] 下面以 n 台 GPS 同步记录装置的工作过程为例进一步说明本发明的技术方案。当磁暴发生时,地磁场受到干扰,于是在埋地管道地表面上产生电场强度,由此在埋地管道上引起感应电流和管地电位。在一定范围内假定在单位长度管道上产生的等效电场强度为 $E_0(x)$ 且大小相等和方向处处相同,即 $E_0(x) = E_0$ 。对于埋地管道是一段完整的或者两端带有绝缘法兰的管道,选取其一端作为坐标的原点,坐标原点为管道初始位置 $x = 0$, $x = L$ 为终点 (L 即为管道长度),在管道上 n 个测量点处分别安装 n 个管道测试桩和参比电极,每个测量点离原点距离为 x ,即 x_1, x_2, \dots, x_n 分别表示安装在管道上 n 个测量点(坐标点)处的 n 台 GPS 同步记录装置,每台 GPS 同步记录装置分别与各测量点处的管道测试桩和参比电极连接,分别记录下该测量点的管地瞬时电位和时间,将所记录的数据利用无线通讯方式传输给数据处理装置,数据处理装置利用分布电源传输线理论(Distributed Source Transmission Line 简称 DSTL)进行分析和处理,实现埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量。

[0051] 根据戴维南理论和 DSTL 理论,可得出管道数学模型的数学解析式为:

$$[0052] \quad \frac{d^2 I(x)}{dx^2} - \gamma^2 I(x) = -Y E_0(x) \quad (1)$$

$$[0053] \quad U(x) = -Y^{-1} \frac{dI}{dx} \quad (2)$$

[0054] 对解析式 (1) 和 (2) 进行求解,电压和电流的解分别如下:

$$[0055] \quad U(x) = \frac{E_0}{\gamma} (A e^{-\gamma x} - B e^{-\gamma(L-x)}) \quad (3)$$

$$[0056] \quad I(x) = \frac{E_0}{\gamma Z_0} (1 + A e^{-\gamma x} + B e^{-\gamma(L-x)}) \quad (4)$$

[0057] 其中,

$$[0058] \quad A = \frac{(Z_1 - Z_0)(Z_2 + Z_0 \frac{\gamma}{E_0} U_2) - (Z_0 + Z_2)(Z_1 - Z_0 \frac{\gamma}{E_0} U_1) e^{\gamma L}}{(Z_0 + Z_1)(Z_0 + Z_2) e^{\gamma L} - (Z_1 - Z_0)(Z_2 - Z_0) e^{-\gamma L}} \quad (5)$$

$$[0059] \quad B = \frac{(Z_2 - Z_0)(Z_1 - Z_0 \frac{\gamma}{E_0} U_1) - (Z_0 + Z_1)(Z_2 + Z_0 \frac{\gamma}{E_0} U_2) e^{\gamma L}}{(Z_0 + Z_1)(Z_0 + Z_2) e^{\gamma L} - (Z_1 - Z_0)(Z_2 - Z_0) e^{-\gamma L}} \quad (6)$$

[0060] $\gamma = \sqrt{ZY}$ 是传播常数, $Z_0 = \sqrt{Z/Y}$ 是特征阻抗, Z 表示单位长度管道的等效阻抗, Y 表示单位管道涂层的导纳, 单位长度管道的等效阻抗 Z 和单位管道涂层的导纳 Y 属于管道参数, $E_0(x)$ 是发生磁暴时在单位长度管道上的等效电场强度, U_1 、 U_2 、 Z_1 和 Z_2 是边界条件。对于一段管道, 其边界条件为: $U_1 = U_2 = 0$, $Z_1 = Z_2 \rightarrow \infty$ 。利用特征阻抗 Z_0 、传播常数 γ 、电场强度 E_0 及边界条件 U_1 、 U_2 、 Z_1 和 Z_2 可求解出式 (5) 的 A 和式 (6) 的 B, 将 A 和 B 代入式 (3) 和 (4) 可求解出电压 $U(x)$ 和电流 $I(x)$ 。

[0061] 在求解地磁感应电流和管地电位过程中要用到测量时刻的管道参数, 随着埋地管道使用时期的增加, 埋地管道的参数初始标称值已发生变化, 为了获得准确的埋地管道地磁感应电流和管地电位分布, 本发明不采用管道参数的初始标称值 (管道出厂时的测量参数), 而是在管道上 n 个测量点分别安装 n 个管道测试桩、参比电极和 GPS 同步记录装置, 每个测量点离原点距离为 x , 即 n 个测量点的坐标点分别为 x_1 、 x_2 、.....、 x_n , n 台 GPS 同步记录装置在同一时刻测得的管地瞬时电位分别为 $U(x_1)$ 、 $U(x_2)$ 、.....、 $U(x_n)$, 通过式 (3) 就可以得到 n 个函数关系式

$$[0062] \quad U(x_1) = f(x_1, Z_0, \gamma, E_0) \quad (7-1)$$

$$[0063] \quad U(x_2) = f(x_2, Z_0, \gamma, E_0) \quad (7-2)$$

$$[0064] \quad U(x_3) = f(x_3, Z_0, \gamma, E_0) \quad (7-3)$$

[0065]

$$[0066] \quad U(x_n) = f(x_n, Z_0, \gamma, E_0) \quad (7-n)$$

[0067] 利用 n 台 GPS 同步记录装置的数据, 通过管地电压方程 (7-1)、(7-2)... (7-n), 即可通过已有技术中的最小二乘法和极大似然法等系统辨识方法求解准确的特征阻抗 Z_0 、传播常数 γ 、电场强度 E_0 。也可以利用 3 台本发明 GPS 同步记录装置的数据通过求解非线性管地电压方程组 (7-1)、(7-2) 和 (7-3), 同时得到管道参数和地表面电场强度 E_0 。

[0068] 由计算得到的管道参数和地表面电场强度 E_0 求得此时此刻的管道电流 $I(x)$, 即 x 点处管道的地磁感应电流 (GIC) 和管地电位。进一步地, 由此可求得地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和同一时刻随管道距离变化的空间分布。前述虽然只说明了一段完整的或者两端带有绝缘法兰埋地管道测量磁感应电流和管地电位的情况, 本发明技术方案对于一段弯管管道或一段带分支点的管道情况也同样适用。

[0069] 在实际使用中, 本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置工作流程为: GPS 同步记录装置上电后, 数据处理装置启动, GPS 同步记录装置中的 GPS 按照设定好的同步启动时间进行数据采集和记录, 如有数据处理装置请求数据传送, 则执行相关的传送处理。数据处理装置控制 GPS 同步记录装置的数据记录与传送, 并且对接收到的数据进行实时处理, 即利用采集的某一时刻的同步数据, 计算特征阻抗 Z_0 、传播常数 γ 、电场强度 E_0 等参数, 由管道参数和地表电场强度进而求得某时刻 x 点处管道的地磁感应电流和管地电位, 并且显示和存储。通过多次的多点测量可进一步求得地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和同一时刻随管道距离变化的空间分布。实际使用中, GPS 同步记录装置与数据处理装置既可以利用无线通讯方式实时采集数据并在线计算地磁感应电流和管地电位, 也可以是 GPS 同步记录装置采集数据并存储成带时标的文件, 离线计算地磁感应电流和管地电位。

[0070] 本发明提供了一种埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置, 通过将 DSTL

理论应用于埋地管道的地磁感应电流和管地电位测量中,因此不仅克服了现有技术测量管道电流需要测量地磁感应强度的技术缺陷,而且采用 GPS 同步测量装置记录的管地瞬时电位可以获得准确的现场管道参数和地面电场强度,进而得到准确的地磁感应电流和管地电位以及其时间和空间分布,对于埋地管道存在弯管、分支等各种类型都可实现测量,不仅可用于由地磁暴在埋地管道引发的地磁感应电流和管地电位的测量,也可用于由交流高压输电线在埋地管道引发的地磁感应电流和管地电位的测量,具有多功能、高精度等优点。通过测得的地磁感应电流和管地电位的时空分布可以评估由空间天气引起的管道腐蚀和人身安全,可以评估由空间天气对管道辅助设备(如阴极保护和仪表等)的影响。由于本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置所测量出的地磁感应电流和管地电位是分析地磁感应电流对埋地管道安全运行影响的重要依据,因此本发明意义重大,应用价值高。

[0071] 图 4 为本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量方法的流程图,具体包括:

[0072] 步骤 1、测量数个测量点埋地管道的管地瞬时电位;

[0073] 步骤 2、根据数个测量点处同一时刻的管地瞬时电位获得地表电场强度和管道参数;

[0074] 步骤 3、根据所述地表电场强度和管道参数获得埋地管道的地磁感应电流和管地电位,以及地磁感应电流和管地电位在同一地点不同时刻的时间分布和在同一时刻不同地点的空间分布。

[0075] 所述步骤 1 具体为:通过设置在数个测量点的管道测试桩和参比电极测量数个测量点埋地管道的管地瞬时电位。

[0076] 所述步骤 2 具体为:通过在同一时刻测得的 n 个测量点的管地瞬时电位 $U(x_1)$ 、 $U(x_2)$ 、……、 $U(x_n)$,可以得到 n 个管地电压方程 (7-1)、(7-2)、(7-3)、……、(7-n),通过上述管地电压方程求解准确的特征阻抗 Z_0 、传播常数 γ 、电场强度 E_0 ,可同时得到管道参数和地表面电场强度 E_0 。

[0077] 所述步骤 3 具体为:由戴维南理论和 DSTL 理论获得管道数学模型数学解析式 (1) 和数学解析式 (2),根据地表电场强度和管道参数,通过管地电位数学解析式 (3) 和地磁感应电流数学解析式 (4) 获得埋地管道的管地电位和地磁感应电流。

[0078] 本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量方法可以采用前述本发明埋地管道地磁感应电流和管地电位的测量装置来实现,相关内容已经详细说明,这里不再赘述。

[0079] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围。

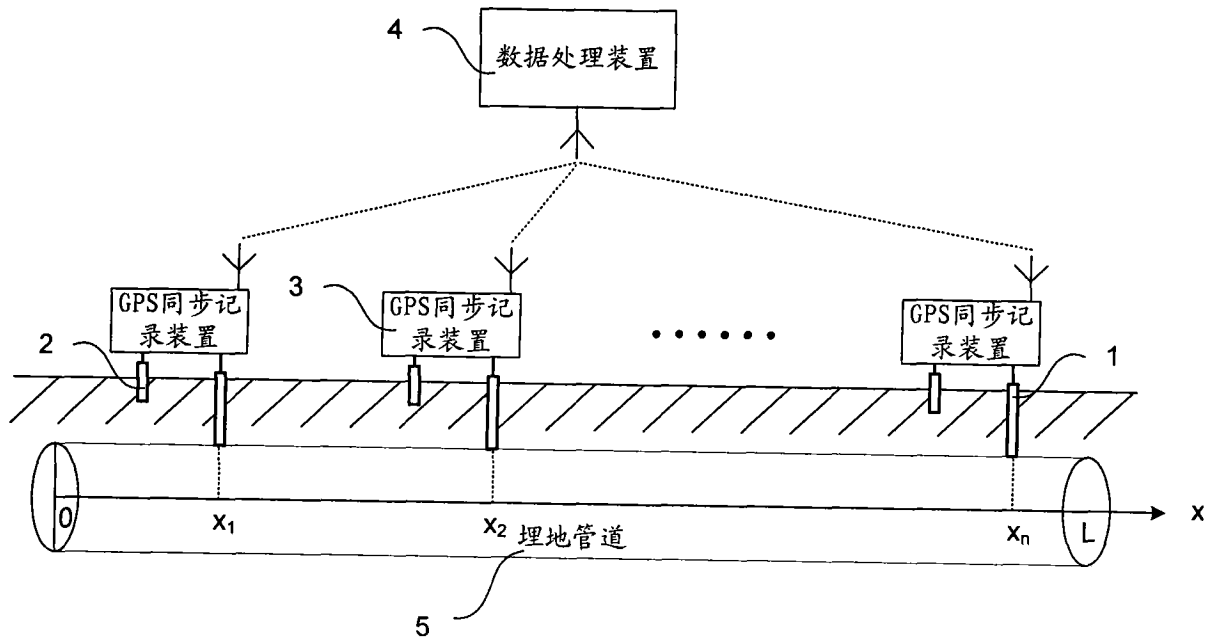


图 1

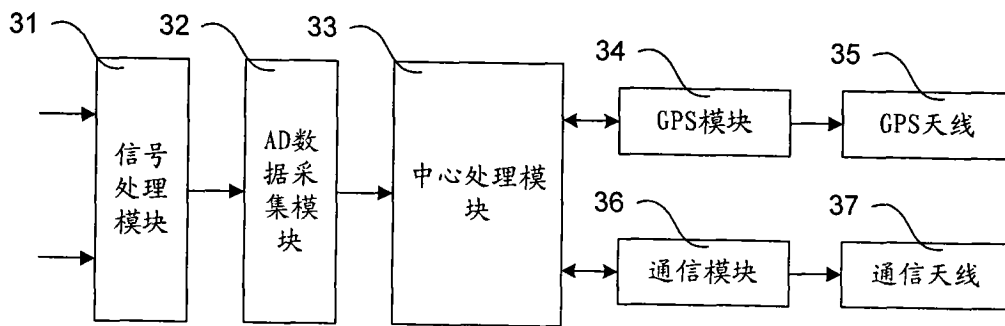


图 2

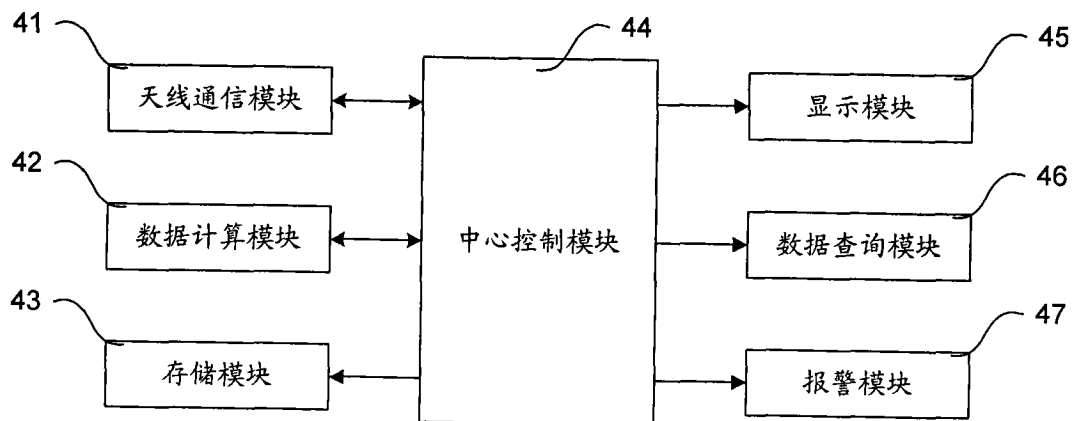


图 3

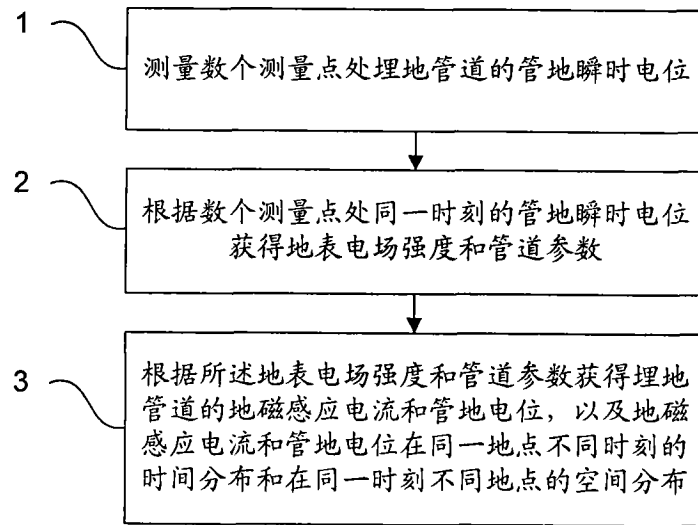


图 4