



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102830050 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 06

(21) 申请号 201210189092. 3

(22) 申请日 2012. 06. 08

(73) 专利权人 河海大学

地址 211100 江苏省南京市江宁开发区佛城西
西路 8 号

(72) 发明人 周志芳 王锦国 黄勇 赵燕容
吴蓉 傅志敏 窦智 崔子腾

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

页及图 1.

CN 224835 Y, 1997. 02. 26, 全文.

EP 2113794 A1, 2009. 11. 04, 全文.

CN 101694163 A, 2010. 04. 14, 全文.

周玉新 等. 基于单个裂隙的单元等效
渗透系数张量. 《金属矿山》. 2005, (第 11
期), 37-39, 62.

周志芳 等. 岩土体渗透参数现场快速测试
系统开发. 《岩石力学与工程学报》. 2008, 第 27
卷 (第 6 期), 1292-1296.

审查员 刘文颖

(51) Int. Cl.

G01N 15/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1710425 A, 2005. 12. 21, 说明书第 1-2 页
及图 1-2.

CN 88200393 U, 1988. 11. 23, 说明书第 2-3

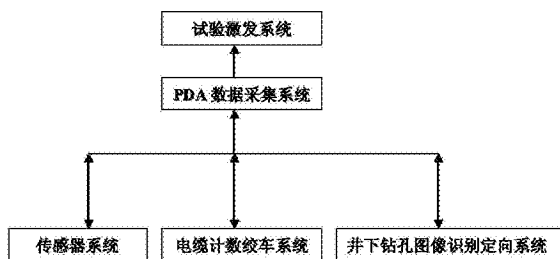
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验
系统

(57) 摘要

本发明公开了提供了一种确定裂隙岩体渗透
系数张量的振荡试验系统,包括:井下钻孔图像
识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系
统、传感器系统、PDA 数据采集系统和计算机;所
述井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系
统、试验激发系统、传感器系统的输出/入端分别
与 PDA 数据采集系统的输入/出端对应相接;本
发明所述系统能够在井下钻孔图像识别定向系
统和电缆计数绞车系统获得裂隙图像和位置深度
数据,从而得到裂隙岩体裂隙产状,然后利用试
验激发系统激发钻孔中选定的橡胶膨胀栓塞封
闭的试验段中水头产生振荡变化,将传感器采
集的信号传输给 PDA 数据采集系统并实时记录
水头随时间变化规律,利用裂隙介质水动力学
和振荡试验原理,能现场快速完成测试、处理
数据并得到裂隙岩体的渗透系数张量。



CN 102830050 B

1. 一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,其特征在于:包括:井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统和 PDA 数据采集系统;

所述井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统分别与 PDA 数据采集系统对应相接;所述电缆计数绞车系统和井下钻孔图像识别定向系统获得的数据传输给 PDA 数据采集系统后,PDA 数据采集系统控制试验激发系统工作,并将传感器系统测量到的外部环境数据进行采集和存储;

所述井下钻孔图像识别定向系统包括:带云台的摄像头、电子指南针、图像识别定向系统数据处理传输模块;所述带云台的摄像头和电子指南针分别与图像识别定向系统数据处理传输模块对应相接;图像识别定向系统数据处理传输模块与 PDA 数据采集系统对应相接;

所述电缆计数绞车系统的结构包括:数据传输接口、底座、低速电机、支架、光敏三极管、发光二极管、透光孔、电缆、压线盘、光电码盘;

所述电缆计数绞车系统中低速电机和支架固定于底座上,光电码盘与低速电机的转子连接,光敏三极管和发光二极管固定在支架上,电缆上端与 PDA 数据采集系统相连,然后穿过压线盘和光电码盘之间,由低速电机带动电缆往下运动,电缆下端与井下钻孔图像识别定向系统相连;在光电码盘上面有八个透光孔,在光电码盘的左侧的固定支架有发光二极管,在光电码盘的右侧的固定支架上面有光敏三极管,发光二极管和光敏三极管在同一个轴心上面,光敏三极管与数据传输接口相连,并将光电码盘的转速数据通过数据传输接口上传给上位机 PDA;

所述试验激发系统包括:气泵、软质气管、压力释放阀、进气阀、压力调节阀、密封腔体;

所述试验激发系统中的气泵与软质气管一端相连接,软质气管另一端与密封腔体一侧的压力调节阀相连接,控制进气压力,压力调节阀后端安装进气阀,密封腔体另一侧安装以控制气压瞬时释放的压力释放阀。

2. 根据权利要求 1 所述的一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,其特征在于:所述传感器系统包括:压力传感器、温度采集器和传感器系统数据处理传输模块;所述压力传感器和温度采集器分别与传感器系统数据处理传输模块对应相接;传感器系统数据处理传输模块与 PDA 数据采集系统对应相接。

3. 根据权利要求 1 所述的一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,其特征在于:该系统采用的测试频率为 1-10Hz。

4. 根据权利要求 1-3 任一权利要求所述的一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,其特征在于:所述 PDA 数据采集系统包括:带有显示器的主机。

5. 根据权利要求 1 所述的一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,其特征在于:所述的 PDA 数据采集系统与外部计算机或存储器连接。

6. 一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验方法,其特征在于:该方法的具体步骤如下:

(1) 选择试验场地,钻孔,并详细登记钻孔岩性和裂隙的发育情况;

(2) 安装振荡试验系统:将井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统和 PDA 数据采集系统进行组装;

(3) 启动振荡试验系统；

(4) 调试并校准井下钻孔图像识别定向系统中的电子指南针工作,确保电子指南针工作正常,并校准井下钻孔图像识别定向系统中的摄像头,使摄像头所对的方向调整到所在地的正北方向；

(5) 校准电缆计数绞车系统中光脉冲深度计数器的脉冲距离,使脉冲距离与光脉冲深度计数器相邻光脉冲之间的电缆长度相等；

(6) 所述井下钻孔图像识别定向系统发现钻孔中的裂隙,并确定裂隙的方位；井下钻孔图像识别定向系统将裂隙的方位数据送至 PDA 数据采集系统；所述电缆计数绞车系统通过光脉冲深度计数器确定裂隙的位置深度,并送至 PDA 数据采集系统；PDA 数据采集系统根据裂隙的方位数据和位置深度数据,确定有裂隙存在的钻孔段为试验段,同时计算出试验段内裂隙的产状；

裂隙产状的具体计算方法为：

所述井下钻孔图像识别定向系统利用摄像头在钻孔中发现裂隙后,通过指南针确定某条裂隙上三个点的方位,再通过电缆计数绞车系统分别确定三个点的深度,根据三点确定一个面的几何原理自动计算裂隙的产状,具体计算方法如下：

已知钻孔半径为 r , 则 1 坐标为 $(r \cos \alpha_1, r \sin \alpha_1, c_1)$, 2 坐标为 $(r \cos \alpha_2, r \sin \alpha_2, c_2)$,

3 坐标为 $(r \cos \alpha_3, r \sin \alpha_3, c_3)$, 那么 $\cos \alpha = \frac{\begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix}}{\sqrt{\begin{vmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} z_1 & x_1 \\ z_2 & x_2 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix}^2}}$, 其中

$$x_1 = r \cos \alpha_1 - r \cos \alpha_2; y_1 = r \sin \alpha_1 - r \sin \alpha_2; z_1 = c_1 - c_2;$$

$$x_2 = r \cos \alpha_1 - r \cos \alpha_3; y_2 = r \sin \alpha_1 - r \sin \alpha_3; z_2 = c_1 - c_3;$$

$$\cos \beta = \frac{A}{R}, \quad \sin \beta = \frac{B}{R}$$

$$\text{其中, } A = \frac{-ac}{a^2 + b^2} (c_3 - c_1), \quad B = \frac{-bc}{a^2 + b^2} (c_3 - c_1), \quad R = \sqrt{A^2 + B^2},$$

$$a = \begin{vmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \end{vmatrix}, \quad b = \begin{vmatrix} z_1 & x_1 \\ z_2 & x_2 \end{vmatrix}, \quad c = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix};$$

式中： $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 分别为 1, 2, 3 的方位角； c_1, c_2, c_3 分别为 1, 2, 3 的深度； c_0 为与 c_1, c_2, c_3 不等的任意深度值； α 为裂隙面的倾角； β 为裂隙面的倾向；

(7) 确定试验段后,所述 PDA 数据采集系统控制试验激发系统激发钻孔中选定的橡胶膨胀栓塞封闭试验段中水头产生振荡变化；关闭压力释放阀,打开气泵充气阀和密封装置进气阀,缓慢开放压力调节阀,对钻孔中试验段内的水加压,使其产生的一定的降深；

(8) 观察传感器系统中各传感器的读数,当各传感器读数稳定时关闭试验激发系统中的进气阀；

(9) 迅速打开压力释放阀使钻孔试验段内水产生振荡,在打开压力释放阀的同时传感器系统开始工作,检测试验段内水环境数据,PDA 数据采集系统实时采集传感器系统中检测到的水环境数据；

(10) 当钻孔中水头被激发后从最大水位降深位置恢复至初始水位状态时结束测试，PDA 数据采集系统保存采集到的测试数据。

一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及水文地质领域的振荡试验系统,特别是涉及一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统及其试验方法。

背景技术

[0002] 许多工程建设和学科领域的科学研究都涉及到岩体的渗透性,例如,水利、土木工程建设、石油开采与地下储存、核废料处理、环境污染等都与岩体的渗透性有关。尤其是非均质各向异性裂隙岩体的渗透性是大坝坝基、边坡、隧洞等工程设计、施工、运行中必须掌握的重要参数。同时,研究工程结构、地基和地下水的相互作用,以及应力场、温度场、渗流场和化学场的耦合作用,也都必须定量确定岩体的渗透性。

[0003] 但是,迄今为止,国内外测定岩体渗透性参数主要方法有抽水试验法、压水试验法、注水试验法和水位恢复法等。确定各向异性裂隙岩体渗透系数张量的试验方法主要有交叉孔试验法和三段压水试验法。其中,基于井流传导方程的抽水试验法虽然理论完善,但对水文地质条件要求苛刻、费事费时、试验成本高;而在诸如石油开采、核废料处理以及地震地下水观测中,所涉及的含水层几乎都是埋深大、渗透性微弱,做抽水试验非常困难。其余一些方法要么理论上不完善、精度差,要么费事费时、成本高,试验实际应用困难,均无法取代抽水试验。因此有必要探求一种既理论严密,又应用快速方便、经济、可靠的确定各向异性裂隙岩体渗透性参数的现场测试方法。

[0004] 当钻孔揭露一条或多条裂隙时,裂隙对钻孔中水位振荡的影响与裂隙的几何特征(产状、迹长、隙宽等)有关,现有的振荡试验系统无法处理这种情况。

发明内容

[0005] 发明目的:本发明的目的是为了解决现有技术中的问题,提供一种能够快速、准确得到各向异性裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统。

[0006] 技术方案:为了实现以上目的,本发明提供了一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,包括:井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统和 PDA 数据采集系统;

[0007] 所述井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统分别与 PDA 数据采集系统对应相接;所述电缆计数绞车系统和井下钻孔图像识别定向系统获得的数据传输给 PDA 数据采集系统后,PDA 数据采集系统控制试验激发系统工作,并将传感器系统测量到的外部环境数据进行采集和存储。

[0008] 本发明利用确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,在获取钻孔中裂隙几何特征信息的基础上,激发钻孔中水头以致产生振荡变化,实时记录水头随时间的变化规律,根据裂隙介质水动力学和振荡试验原理,现场计算得到裂隙岩体的渗透系数张量,快速、准确的得到各向异性裂隙岩体渗透系数张量。

[0009] 本发明中所述井下钻孔图像识别定向系统的作用为:在钻孔中发现裂隙并能确定

裂隙的方位,并将裂隙的方位数据传送至 PDA 数据采集系统中。所述井下钻孔图像识别定向系统包括:带云台的摄像头、电子指南针、图像识别定向系统数据处理传输模块;所述带云台的摄像头和电子指南针分别与图像识别定向系统数据处理传输模块对应相接;图像识别定向系统数据处理传输模块与 PDA 数据采集系统对应相接。

[0010] 本发明中所述电缆计数绞车系统的作用是确定钻孔中井下钻孔图像识别定向系统中的摄像头的位置,同时为计算裂隙产状提供裂隙的位置深度数据;所述电缆计数绞车系统包括:数据传输接口、底座、低速电机、支架、光敏三极管、发光二极管、透光孔、电缆、压线盘、光电码盘;所述电缆计数绞车系统中低速电机和支架固定于底座上,光电码盘与低速电机转子连接,光敏三极管和发光二极管固定在支架上,电缆上端与 PDA 数据采集系统相连,然后穿过压线盘和光电码盘之间,由低速电机带动电缆往下运动,电缆下端与井下钻孔图像识别定向系统相连;在光电码盘上面有八个透光孔,在光电码盘的左侧的固定支架有发光二极管,发光二极管始终处于通电发光状态,在光电码盘的右侧的固定支架上面有光敏三极管,发光二极管和光敏三极管在同一个轴心上面,光敏三极管与数据传输接口相连;当光电码盘随着低速电机旋转时,发光二极管发出的光亮会随着八个透光孔顺序把光信号辐射在光敏三极管上面,光敏三极管中具有光敏特性的 PN 极受到光辐射时,形成光电流,由此产生的光电流由基极进入发射极,从而在集电极回路中得到一个放大了相当于 β 倍的信号电流。放大的信号电流通过数据传输接口接到 PDA 采集系统的数据输入接口,PDA 数据采集系统根据光电码盘每转一圈就可得到八个脉冲,根据总脉冲数、光电码盘的直径和电缆线直径计算得到深度数据。

[0011] 本发明中所述试验激发系统的作用是激发钻孔中选定的橡胶膨胀栓塞封闭试验段中水头产生振荡变化;该试验激发系统包括:气泵、软质气管、密封装置;所述密封装置包括:压力释放阀、进气阀、压力调节阀、密封腔体;所述试验激发系统与所述 PDA 数据采集系统对应相接。所述试验激发系统中的气泵与软质气管一端相连接,软质气管另一端与密封装置一侧的压力调节阀相连接,控制进气压力,压力调节阀后端安装进气阀,密封装置另一侧安装压力释放阀以控制气压瞬时释放。

[0012] 本发明中所述传感器系统的作用是:采集钻孔中水位和温度随时间变化数据,所述传感器系统包括:压力传感器、温度采集器和传感器系统数据处理传输模块;所述压力传感器和温度采集器分别与传感器系统数据处理传输模块对应相接;传感器系统数据处理传输模块与 PDA 数据采集系统对应相接。

[0013] 本发明中所述确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统采用的测试频率为 1-10Hz;压力传感器精度可达到 0.2%。

[0014] 本发明中所述 PDA 数据采集系统为整个系统的控制端,并可显示和存储数据;所述 PDA 数据采集系统包括:带有显示器的主机。

[0015] 本发明中还公开了一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验方法,其特征在于:该方法的具体步骤如下:

[0016] (1) 选择试验场地,钻孔,并详细登记钻孔岩性和裂隙的发育情况;

[0017] (2) 安装振荡试验系统:将井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统和 PDA 数据采集系统进行组装;

[0018] (3) 启动振荡试验系统;

[0019] (4) 调试并校准井下钻孔图像识别定向系统中的电子指南针工作, 确保电子指南针工作正常, 并校准井下钻孔图像识别定向系统中的摄像头, 使摄像头所对的方向调整到所在地的正北方向;

[0020] (5) 校准电缆计数绞车系统中光脉冲深度计数器的脉冲距离, 使脉冲距离与光脉冲深度计数器相邻光脉冲之间的电缆长度相等;

[0021] (6) 所述井下钻孔图像识别定向系统发现钻孔中的裂隙, 并确定裂隙的方位; 井下钻孔图像识别定向系统将裂隙的方位数据送至 PDA 数据采集系统; 所述电缆计数绞车系统通过光脉冲深度计数器确定裂隙的位置深度, 并送至 PDA 数据采集系统; PDA 数据采集系统根据裂隙的方位数据和位置深度数据, 确定有裂隙存在的钻孔段为试验段, 同时计算出试验段内裂隙的产状;

[0022] (7) 确定试验段后, 所述 PDA 数据采集系统控制试验激发系统激发钻孔中选定的橡胶膨胀栓塞封闭试验段中水头产生振荡变化: 关闭压力释放阀, 打开气泵充气阀和密封装置进气阀, 缓慢开放压力调节阀, 对钻孔中试验段内的水加压, 使其产生一定的降深;

[0023] (8) 观察传感器系统中各传感器的读数, 当各传感器读数稳定时关闭试验激发系统中的进气阀;

[0024] (9) 迅速打开压力释放阀, 使钻孔试验段内水产生振荡, 在打开压力释放阀的同时传感器系统开始工作, 检测试验段内水环境数据, PDA 数据采集系统实时采集传感器系统中检测到的水环境数据;

[0025] (10) 当钻孔中水头被激发后从最大水位降深位置恢复至初始水位状态时结束测试, PDA 数据采集系统保存采集到的测试数据。

[0026] 本发明中, 所述步骤(4)中调试并校准电子指南针可采用“硬铁补偿”的方式, “硬铁补偿”是指: 在两分钟内将电子指南针均匀的水平旋转两周, 然后停止, 结束硬铁补偿。在执行硬铁补偿过程中, 一定要将电子指南针旋转两周, 否则电子指南针测得的方位不准。

[0027] 所述步骤(5)中需要校准电缆计数绞车系统中由于电缆半径导致的深度累计误差。

[0028] 有益效果: 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0029] 1、本发明所述的确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统体积小, 重量轻便, 便于携带。

[0030] 2、本发明能实现图像的实时显示, 裂隙几何特征参数的自动计算, 试验自动激发, 水位、温度自动采集, 并且实现了数据的便捷存贮。

[0031] 3、本发明利用裂隙介质水动力学和振荡试验原理, 能现场快速完成测试、处理数据并得到裂隙岩体的渗透系数张量; 可以应用于现场快速检测各向异性裂隙岩体渗透性参数, 也可用于地基基础安全和大体积混凝土安全检测等领域。

附图说明

[0032] 图 1 为本发明的结构框图。

[0033] 图 2 为本发明井下钻孔图像识别定向系统确定裂隙产状原理示意图。

[0034] 图 3 为电缆计数绞车系统结构示意图。

[0035] 图 4 为电缆计数绞车系统的部分结构示意图。

- [0036] 图 5 为电子指南针的工作原理电路图。
- [0037] 图 6 为摄像头的工作原理电路图。
- [0038] 图 7 为微型云台步进电机工作原理电路图。
- [0039] 图 8 为本发明中实施例的结构示意图。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图和具体实施例,进一步阐明本发明,应理解这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围,在阅读本发明之后,本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落于本申请所附权利要求所限定的范围。

[0041] 实施例

[0042] 如图 1 所示的一种确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验系统,包括:井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统、PDA 数据采集系统和计算机;所述井下钻孔图像识别定向系统、电缆计数绞车系统、试验激发系统、传感器系统的输出/入端分别与 PDA 数据采集系统的输入/出端对应相接,所述 PDA 数据采集系统与计算机相连;所述电缆计数绞车系统和井下钻孔图像识别定向系统获得的数据传输给 PDA 数据采集系统后,PDA 数据采集系统控制试验激发系统,传感器系统将测量到的介质的压力、温度数据传输给 PDA 数据采集系统,PDA 数据采集系统的输出端导出数据到计算机,计算机进行分析计算。

[0043] 本实施例中,所述井下钻孔图像识别定向系统包括:带云台的摄像头、电子指南针、图像识别定向系统数据处理传输模块;所述带云台的摄像头和电子指南针分别与图像识别定向系统数据处理传输模块对应相接;图像识别定向系统数据处理传输模块与 PDA 数据采集系统对应相接。

[0044] 本实施例中,所述电缆计数绞车系统的结构包括:数据传输接口 4、底座 5、低速电机 6、支架 7、光敏三极管 8、发光二极管 9、透光孔 10、电缆 11、压线盘 12、光电码盘 13 (如图 3 所示);所述电缆计数绞车系统中低速电机 6 和支架 7 固定于底座 5 上,光电码盘 13 与低速电机 6 的转子连接,光敏三极管 8 和发光二极管 9 固定在支架 7 上,电缆 11 上端与 PDA 数据采集系统 20 相连,然后穿过压线盘 12 和光电码盘 13 之间,由低速电机带动电缆往下运动,电缆 11 下端与井下钻孔图像识别定向系统 14 相连;在光电码盘 13 上面有八个透光孔 10,在光电码盘 13 的左侧的固定支架有发光二极管 9,发光二极管 9 始终处于通电发光状态,在光电码盘 13 的右侧的固定支架上面有光敏三极管 8,发光二极管 9 和光敏三极管 8 在同一个轴心上面,光敏三极管 8 与数据传输接口 4 相连;当光电码盘 13 随着低速电机 6 旋转时,发光二极管 9 发出的光亮会随着八个透光孔 10 顺序把光信号辐射在光敏三极管 8 上面,光敏三极管 8 中具有光敏特性的 PN 极受到光辐射时,形成光电流,由此产生的光电流由基极进入发射极,从而在集电极回路中得到一个放大了相当于 β 倍的信号电流。放大的信号电流通过数据传输接口 4 接到 PDA 采集系统的数据输入接口,PDA 数据采集系统 20 根据光电码盘 13 每转一圈就可得到八个脉冲,根据总脉冲数、光电码盘的直径和电缆线直径计算得到深度数据。

[0045] 所述试验激发系统包括:气泵 27、软质气管 26、压力释放阀 19、进气阀 17、压力调节阀 18、密封腔体 28 (如图 7 所示);所述试验激发系统中的气泵 27 与软质气管 26 一端相

连接,软质气管 26 另一端与密封腔体 28 一侧的压力调节阀 18 相连接,控制进气压力,压力调节阀 18 后端安装进气阀 17,密封腔体 28 另一侧安装以控制气压瞬时释放的压力释放阀 18。

[0046] 所述传感器系统包括:压力传感器、温度采集器和传感器系统数据处理传输模块;所述压力传感器和温度采集器分别与传感器系统数据处理传输模块对应相接;传感器系统数据处理传输模块与 PDA 数据采集系统对应相接。

[0047] 本实施例中,所述井下钻孔图像识别定向系统是利用摄像头在钻孔中发现裂隙后,通过指南针确定某条裂隙上三个点的方位,再通过电缆计数绞车分别确定三个点的深度,根据三点确定一个面的几何原理自动计算裂隙的产状(倾向、倾角),具体计算方法如下:

[0048] 已知钻孔半径为 r , 则 1 坐标为 $(r \cos \alpha_1, r \sin \alpha_1, c_1)$, 2 坐标为 $(r \cos \alpha_2, r \sin \alpha_2, c_2)$,

[0049] 3 坐标为 $(r \cos \alpha_3, r \sin \alpha_3, c_3)$, 那么 $\cos \alpha = \frac{\sqrt{\begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} x_1 & z_1 \\ x_2 & z_2 \\ x_3 & z_3 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \\ y_3 & z_3 \end{vmatrix}^2}}{R}$ 其中

[0050] $x_1 = r \cos \alpha_1 - r \cos \alpha_2; y_1 = r \sin \alpha_1 - r \sin \alpha_2; z_1 = c_1 - c_2;$

[0051] $x_2 = r \cos \alpha_1 - r \cos \alpha_3; y_2 = r \sin \alpha_1 - r \sin \alpha_3; z_2 = c_1 - c_3.$

[0052] $\cos \beta = \frac{A}{R} \quad \sin \beta = \frac{B}{R}$

[0053] 其中, $A = \frac{-bc}{a^2 + b^2} (c_3 - c_1), B = \frac{-bc}{a^2 + b^2} (c_3 - c_2), R = \sqrt{A^2 + B^2}.$

[0054] $a = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix}, b = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ x_2 & x_3 \end{vmatrix}, c = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix}.$

[0055] 式中: $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 分别为 1, 2, 3 的方位角; c_1, c_2, c_3 分别为 1, 2, 3 的深度; c_0 为与 c_1, c_2, c_3 不等的任意深度值; α 为裂隙面的倾角; β 为裂隙面的倾向

[0056] 本实施例中确定裂隙岩体渗透系数张量的振荡试验方法的具体步骤如下:

[0057] (1) 选择试验场地, 钻孔, 并详细登记钻孔岩性和裂隙 25 的发育情况;

[0058] (2) 安装振荡试验系统: 将井下钻孔图像识别定向系统 14、电缆计数绞车系统 16、试验激发系统、传感器系统 15 和 PDA 数据采集系统 20 进行组装;

[0059] (3) 启动振荡试验系统;

[0060] (4) 调试并校准井下钻孔图像识别定向系统 14 中的电子指南针工作, 确保电子指南针工作正常, 并校准井下钻孔图像识别定向系统 14 中的摄像头, 使摄像头所对的方向调整到所在地的正北方向;

[0061] (5) 校准电缆计数绞车系统 16 中光脉冲深度计数器的脉冲距离, 使脉冲距离与光脉冲深度计数器相邻光脉冲之间的电缆长度相等;

[0062] (6) 所述井下钻孔图像识别定向系统 14 发现钻孔中的裂隙 25, 并确定裂隙 25 的方位; 井下钻孔图像识别定向系统 14 将裂隙的方位数据送至 PDA 数据采集系统 20; 所述电缆计数绞车系统 16 通过光脉冲深度计数器确定裂隙 25 的位置深度, 并送至 PDA 数据采集系统 20; PDA 数据采集系统 20 根据裂隙 25 的方位数据和位置深度数据, 确定有裂隙 25 存

在的钻孔段为试验段,同时计算出试验段内裂隙的产状;

[0063] (7) 确定试验段后,所述 PDA 数据采集系统 20 控制试验激发系统激发钻孔中选定的橡胶膨胀栓塞封闭试验段中水头产生振荡变化:关闭压力释放阀 19,打开气泵充气阀和密封装置进气阀 17,缓慢开放压力调节阀 18,对钻孔中试验段内的水加压,使其产生的一定的降深;

[0064] (8) 观察传感器系统 15 中各传感器的读数,当各传感器读数稳定时关闭试验激发系统中的进气阀 17;

[0065] (9) 迅速打开压力释放阀 19 使钻孔试验段内水产生振荡,在打开压力释放阀 19 的同时传感器系统 15 开始工作,检测试验段内水环境数据,PDA 数据采集系统 20 实时采集传感器系统 15 中检测到的水环境数据;

[0066] (10) 当钻孔中水头被激发后从最大水位降深位置 24 恢复至初始水位状态 23,结束测试,PDA 数据采集系统 20 保存采集到的测试数据。

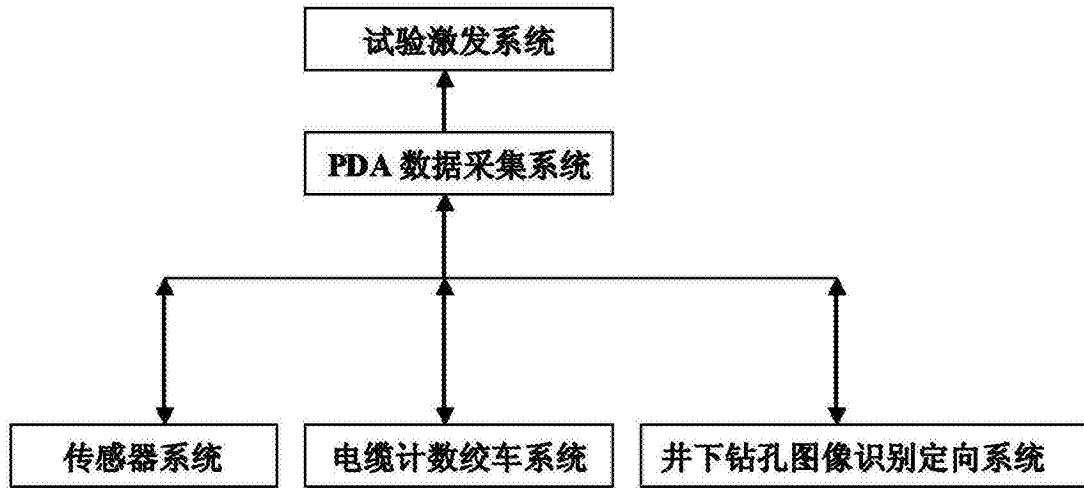


图 1

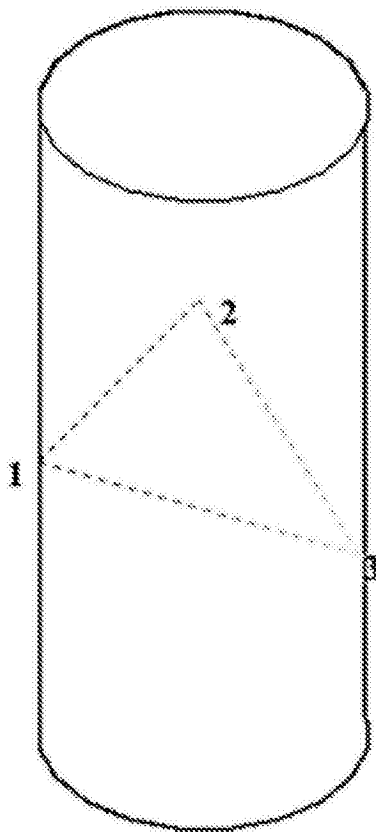


图 2

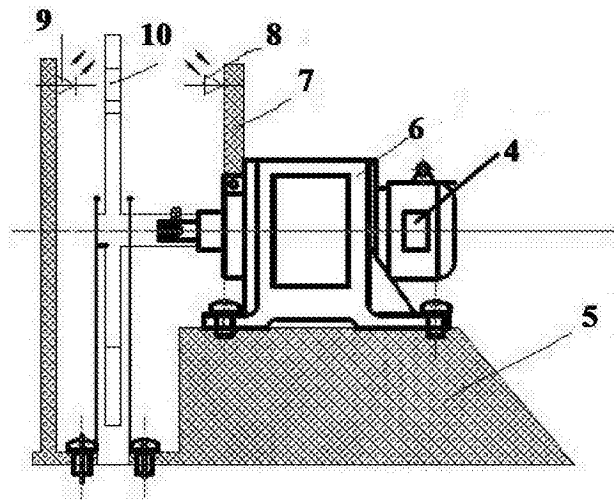


图 3

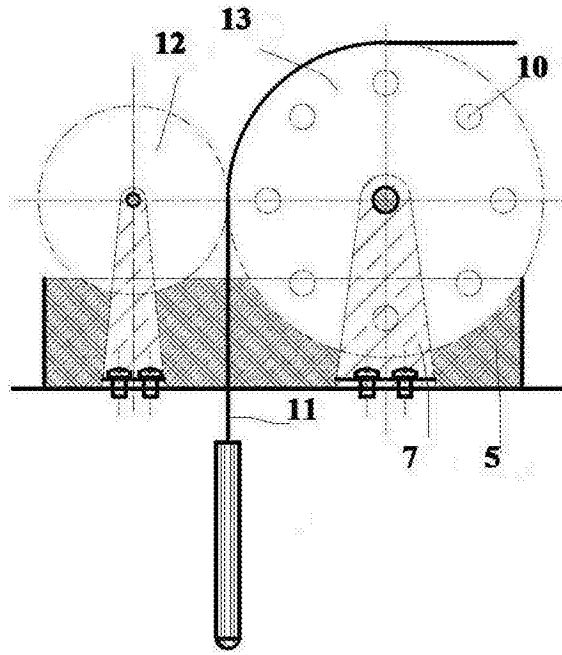


图 4

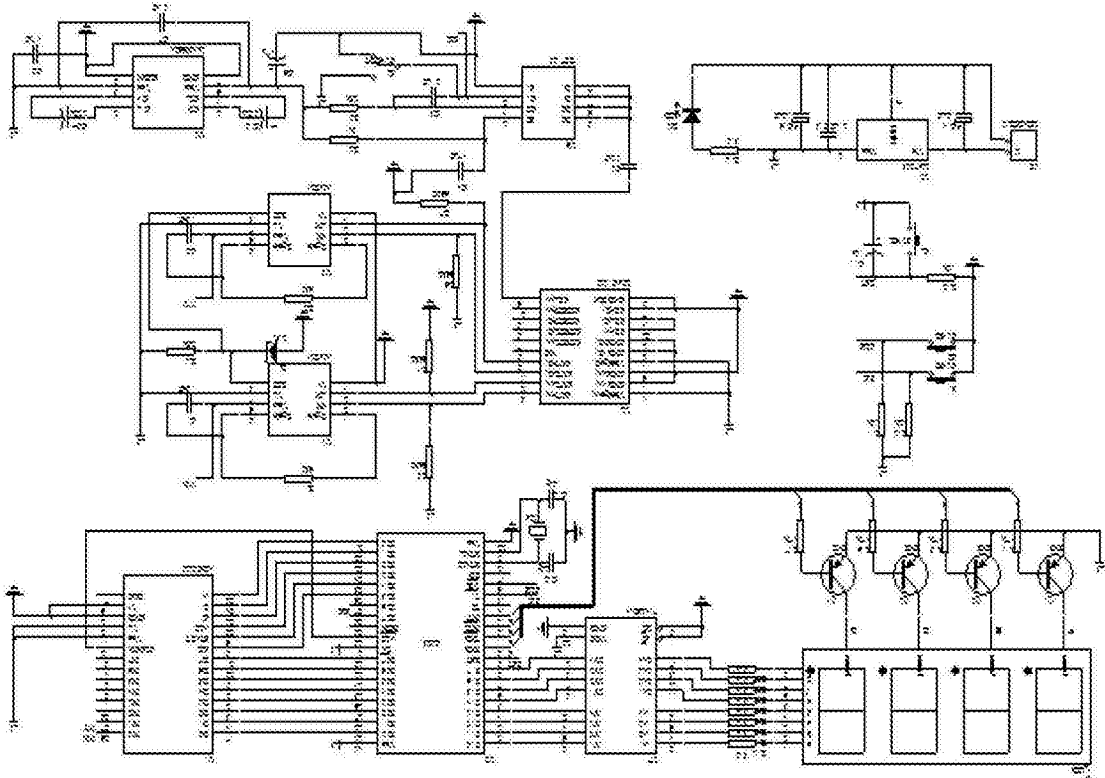


图 5

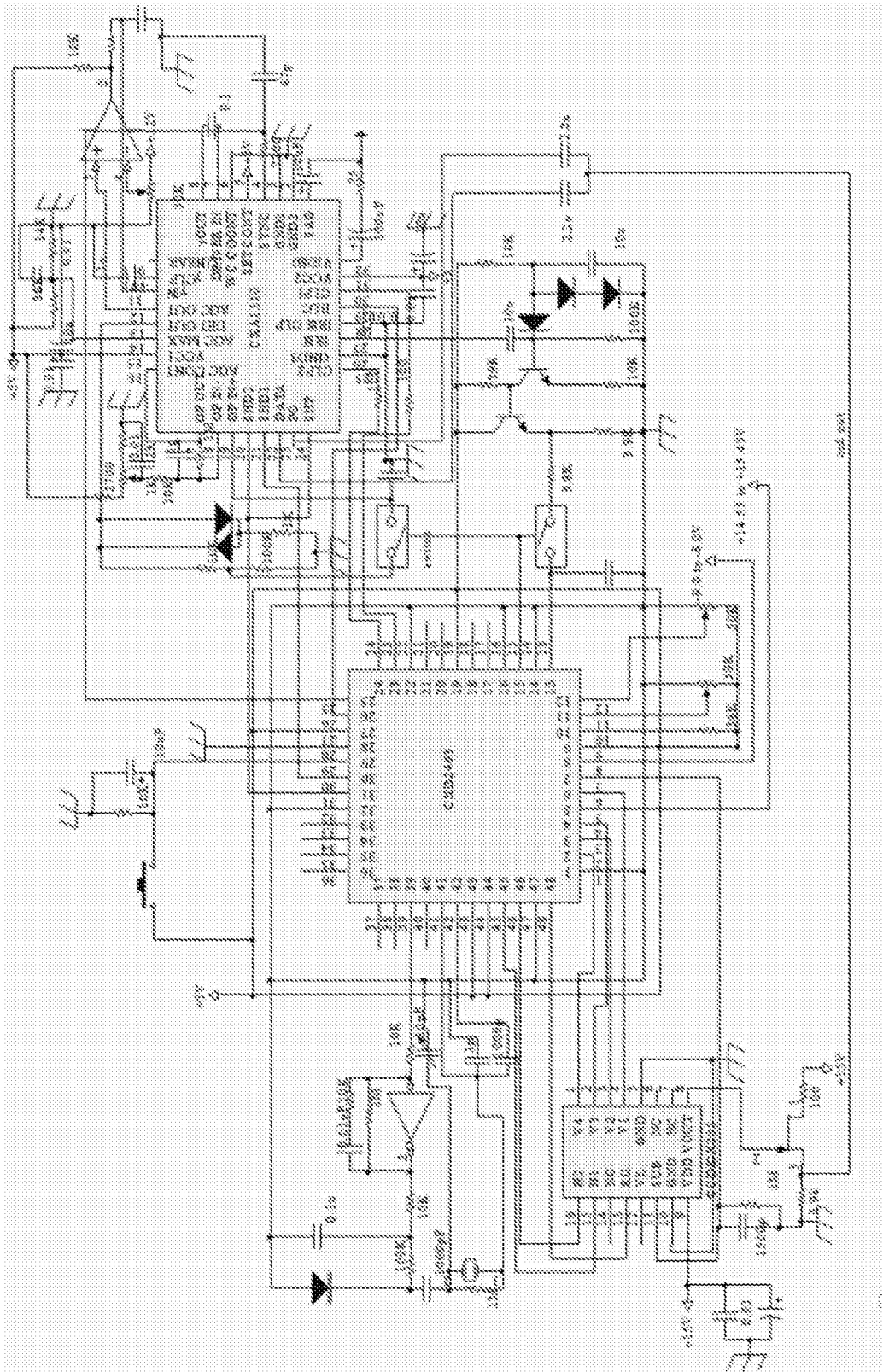


图 6

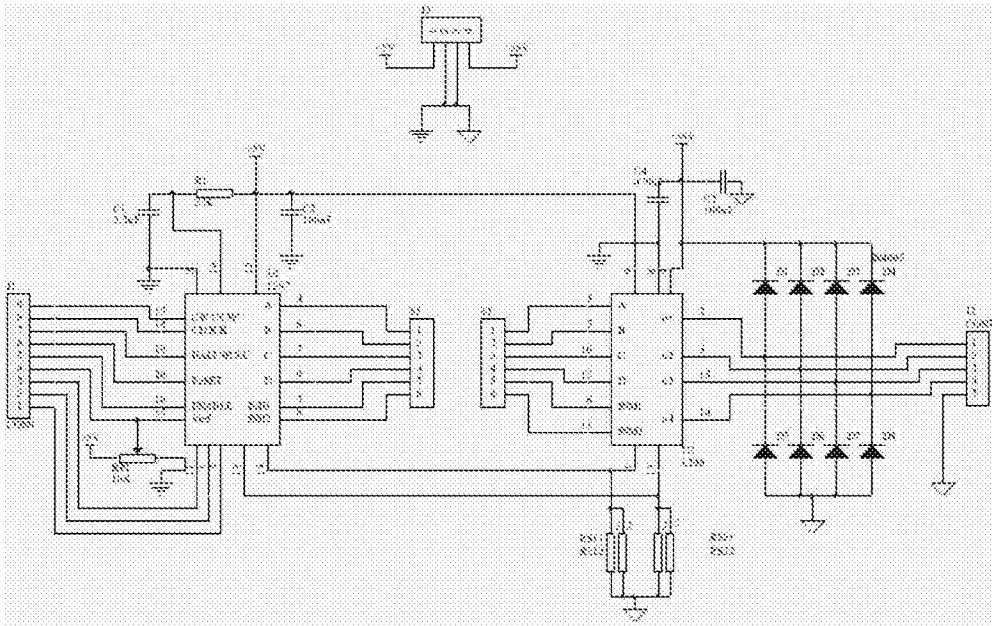


图 7

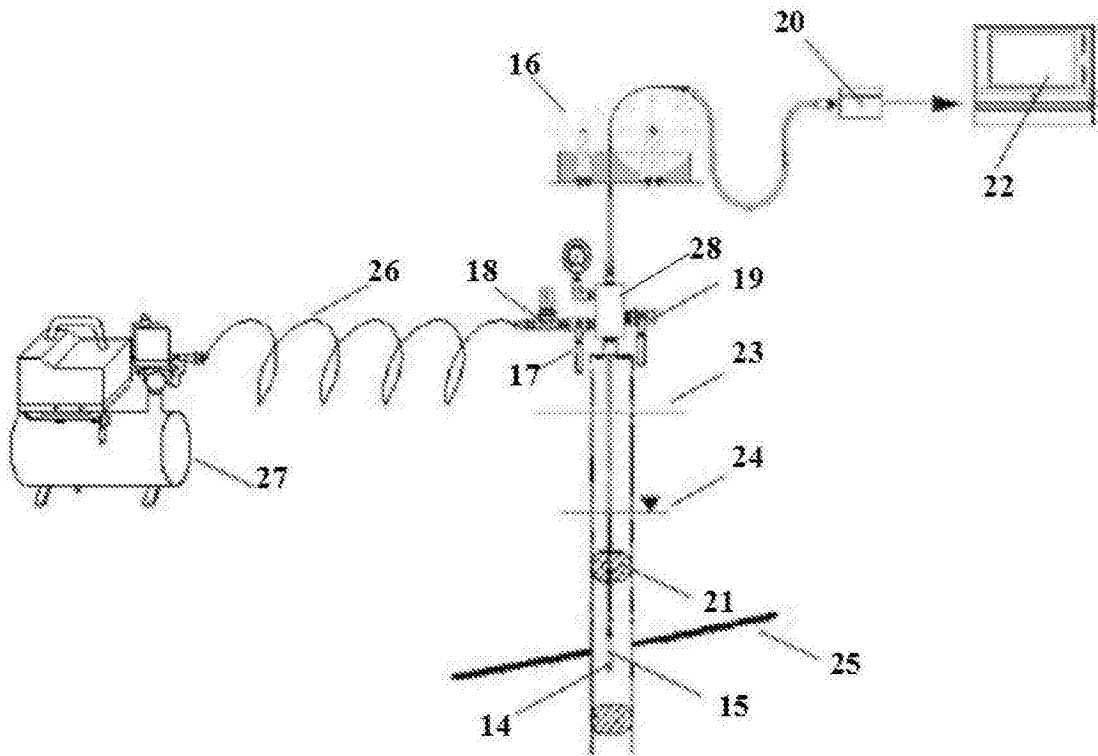


图 8