

小型数字温度巡测仪

陈文华 王耀章 王志祥

水利电力出版社



小型数字温度巡测仪

陈文华 王耀章 王志祥

水利电力出版社

小型数字温度巡测仪

陈文华 王耀章 王志祥

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 9.75印张 255千字 3插页

1987年9月第一版 1987年9月北京第一次印刷

印数0001—6960册 定价2.70元

书号 15143·6288

前 言

上海电力学院（原上海电力专科学校）于1972年试制生产的SXB-40型热电阻数字温度巡测仪（分立元件），在发电厂逐渐普及应用，已成为一种常规仪表。以后又先后试制生产了PMOS中规模集成化的SEX-40型热电偶数字温度巡测仪、SRX系列热电阻数字温度巡测仪和SXJ-60型数字巡回检测装置。以上四种小型数字巡测仪的应用已不限于电厂，在化工、冶金、石油、机械等工业部门也都获得应用。

本书共分四章，分别叙述了这四种小型数字巡测仪的工作原理，并适当介绍了一些巡测仪的调校和故障分析方法，随书附有四种巡测仪的总原理线路图。本书编写力求深入浅出，以讲清原理为主，可供使用、维护巡测仪的技术工人作为自学用书。

本书由上海电力学院的陈文华（第一章、第二章）、王耀章（第三章）、王志祥（第四章）编写，由郭子颖副教授主审。陆楚龙副院长对本书的编写和审阅工作进行了许多具体指导，北京电力科学研究所谢柏曾同志审阅了全稿，提出了修改意见，在此表示衷心感谢。

诚恳地希望广大读者对本书的缺点和错误提出批评和指正。

编著者

1986年5月

目 录

前 言

第一章 SXB-40型热电阻数字温度巡测仪

(分立元件)..... 1

第一节 概述..... 1

一、主要技术性能 二、原理框图

第二节 采样器..... 6

一、干簧继电器和采样方式 二、采样矩阵 三、采样控制电路 四、巡测仪总原理线路图(附总图一)中的采样器

第三节 模数转换器.....21

一、自动平衡电桥式模数转换方案 二、电桥设计计算 三、数模转换网络 四、差动式检零放大器 五、“0~199”计数器和计数脉冲源 六、模数转换器的抗干扰问题 七、巡测仪总原理线路图(附总图一)中的模数转换器

第四节 报警电路.....49

一、数字报警电路 二、灯光记忆电路 三、音响与封铃电路 四、巡测仪总原理线路图(附总图一)中的报警电路

第五节 其它电路和整机简介.....62

一、整机脉冲源 二、分组电路 三、自检电路 四、电源 五、巡测仪总原理线路图(附总图一)中的脉冲源、分组、自 检、电源电路 六、整机工作情况和检查插孔

第六节 仪表的校验和故障分析.....80

一、仪表的校验 二、故障分析

第二章 SRX系列热电阻数字温度巡测仪

(集成电路).....91

第一节 概述.....91

一、主要技术性能 二、原理框图

三、PMOS数字集成电路基本知识	
第二节 节拍发生器和采样器	99
一、节拍发生器 二、采样器	
第三节 0~600℃和0.0~99.9℃量程模数转换器	109
一、电桥 二、数模转换网络 三、检零器	
四、加、减检出电路 五、可逆计数电路	
六、0.0~99.9℃量程的特殊点	
第四节 -199~+199℃量程模数转换器	128
一、电桥和数模转换网络 二、加、减检出电路和选择器	
三、可逆计数器和极性触发器 四、反码电路	
第五节 报警电路	136
一、越限比较器 二、灯光记忆电路 三、自检	
四、音响与封铃电路	
第六节 其它电路	144
一、分组电路 二、电源 三、检查插孔和发光二极管	
第三章 SEX-40型热电偶数字温度巡测仪	151
第一节 概述	151
一、用途 二、特点 三、主要技术性能 四、原理框图	
第二节 采样器	156
一、热电偶的冷端温度补偿 二、切换元件及采样方式	
三、采样矩阵 四、采样控制电路	
第三节 前置放大器与模数转换器	163
一、前置放大器 二、双积分模数转换器	
三、标度变换及非线性校正	
第四节 报警电路	186
一、报警比较器和越限指示电路	
二、限值整定及断偶报警电路 三、灯光记忆电路	
四、音响与封铃电路	
第五节 主控制器及电源	194
一、主脉冲发生器 二、晶体振荡器 三、时序分配电路	
四、电源	
第六节 仪表的调整与故障分析	200

一、调整步骤与要求 二、故障分析

第四章 SXJ-60型数字巡回检测装置.....213

第一节 概述213

一、用途 二、主要技术性能 三、原理框图

四、仪表结构 五、主机布置

第二节 模拟量输入回路220

一、热电阻-电压($R-U$)变换 二、热电偶信号输入

三、电流-电压($I-U$)变换 四、自检信号

五、模拟量输入回路

第三节 脉冲源和采样控制226

一、脉冲源和节拍发生器 二、采样控制

第四节 前置放大器和模数转换器234

一、前置放大器 二、模数转换器

第五节 标度变换251

一、标度变换 二、整定 三、线性化器

四、计数器、选择器和寄存器

第六节 报警控制器266

一、越限比较器 二、越限判别电路 三、声、光报警电路

第七节 数字钟274

一、计数、译码和显示 二、时间校对 三、定时电路

第八节 打印启停控制器277

第九节 数字记录器280

一、记录器结构 二、打印控制器原理

第十节 电源282

一、-24V直流稳压电源 二、浮置电源 三、其他电源

第十一节 调校与维护286

一、调校一般步骤 二、维护

附录一 热电阻的温度-电阻简明对照表.....293

附录二 热电偶的温度-电势简明对照表.....296

附录三 5G600系列PMOS数字集成电路简图

及符号说明298

附总图一、SXB-40型热电阻数字温度巡测仪（分立元件）总原理线路图

附总图二、SRX-40型热电阻数字温度巡测仪（集成电路）总原理线路图

附总图三、SEX-40型热电偶数字温度巡测仪（集成电路）总原理线路图

附总图四、SXJ-60型数字巡回检测装置（集成电路）总原理线路图

第一章 SXB-40型热电阻数字温度巡 测仪（分立元件）

本章主要叙述SXB-40型数字温度巡测仪的电路原理。有关数字巡测的普遍性问题：如采样、模数转换、越限报警、自检等基本概念和基本电路将在本章内介绍，因此这一章也是阅读本书后面几章的基础。

第一节 概 述

一、主要技术性能

1. 仪表的用途和特点

SXB-40型数字温度巡测仪最初是为国产双水内冷发电机检测静子线圈和铁芯温度而研制生产的。目前它不但在发电厂中广为应用，而且在化工、石油、冶金、机械等工业生产中需要多点测温的场所也都得到应用。

本仪表可进行自动巡回数字显示、越限报警以及手动选点数字显示。

SXB-40型仪表具有下列特点：

（1）整机为NPN硅晶体管化，工作可靠，能在较高环境温度下工作。

（2）对串模、共模干扰有优良抑制能力，能在大型发电机等强干扰源场合下使用。

（3）模数转换器使用自动平衡电桥式电路，线路简化，可靠性高。

（4）具有“自检”、“报警试验”等功能，能自动检查仪表的精度和报警可靠性等。

(5) 具有“分组功能”，可同机检测两种热电阻元件，通用性强。

2. 主要技术性能

(1) 检测元件：G分度铜热电阻， 0°C 下的电阻 $R_0=53\Omega$ ； B_{A1} 分度铂热电阻， $R_0=46\Omega$ 。二线制接入（亦可改用 B_{A2} 分度铂热电阻， $R_0=100\Omega$ ）。

(2) 检测点数：共38点（第38、39点为自检点）。

(3) 测量范围： $0\sim199^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 显示和报警精度： $20\sim199^{\circ}\text{C}$ 时 $\pm0.5\%$ ，即 $\pm1^{\circ}\text{C}$ 。附加误差：环境温度高于 30°C 时允许附加 1°C 误差；允许少于10%的测点（少于4点）有附加采样通道不均匀性误差 1°C 。但在任何情况下，总附加误差为 1°C 。

(5) 采样方式：快速[约1点/(2s)]、慢速[约1点/(5s)]、手动选点。

(6) 显示方式：点序——2位数字管显示；温度——3位数字管显示。

(7) 报警方式：音响——某点首次越限，采样停步8s，同时输出音响接点闭合信号；该点连续越限时，自动封铃，无音响输出，也不停步。灯光——不论首次还是连续越限，均在报警光字牌上亮出越限点光字并记忆；复限时自动清灭。

(8) 输出报警音响接点容量：交流220V、7.5A。

(9) 自检：占用最后两点（38、39点）采样通道。正常时“自检—”、“自检+”绿灯均亮，灯灭表示仪表故障。

(10) 报警试验：在“试验”档，以3点/s速度，逐点亮出报警光字牌上全部光字。

(11) 分组：A组规定检测G分度铜电阻，B组规定检测 B_{A1} 分度铂电阻。

分组点序整定：由按键整定，A、B组各占几点或全为一组任选。

限值整定：由按键整定，A、B组可各选一个上限限值，在

5~195℃之间每隔5℃任选。

(12) 使用环境温度: 0~40℃。

(13) 供电电源: 交流 $220 \pm 10\%$ V, $50 \pm 5\%$ Hz。

(14) 耗电: ≤ 30 W。

(15) 重量: 约25kg。

(16) 外形尺寸: 宽×高×深为370×160×500mm。

(17) 安装方式: 面板嵌入式, 开孔尺寸: 宽×高为366×156mm。

(18) 结构: SXB-40型面板布置, 各部件平面布置见图1-1, 图1-2。

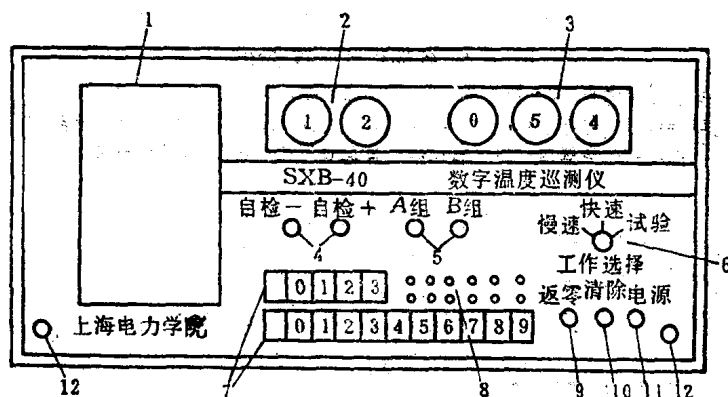


图 1-1 SXB-40型巡回仪面板布置图

1—报警光字牌; 2—点序数字管; 3—温度数字管; 4—自检指示灯; 5—分组指示灯; 6—工作选择波段开关; 7—选点按键; 8—检查插孔; 9—返零按钮; 10—“清除”开关; 11—电源开关; 12—拉手

图1-2中印刷板由下向上: #1“电源”; #2“计数”; #3“模数”; #4“控制”; #5、#6“干簧”; #7“采样”; #8~#11“记忆”。

二、原理框图

仪表由采样器、模数转换器、报警电路三大部分以及其它电

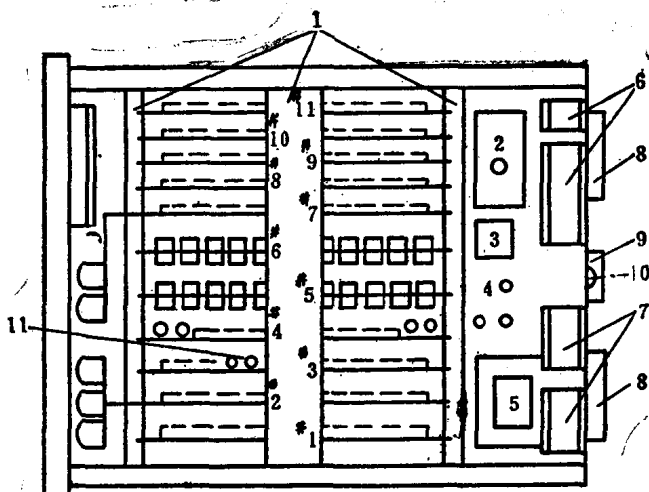


图 1-2 各部件平面布置图

1—印刷板固定夹；2—散热器；3—报警继电器；4—自检标准电阻；5—电源变压器；6—分组按键；7—限值按键；8—20线输入信号插头；9—10线插头；10—熔丝座；11—电位器，自左至右：A组调零，B组调零

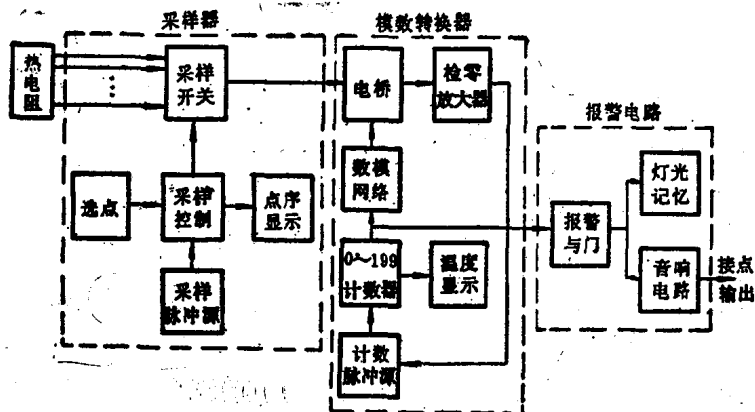


图 1-3 SXB-40型巡测仪原理框图

路组成。整机原理框图见图1-3。

采样器是一个自动切换开关，它将40个被测电阻信号依次接入模数转换器。采样开关为40只干簧继电器。采样控制电路在采

样脉冲触发下从00~39计数，一方面输出驱动信号使40只干簧继电器依次通电吸合，另一方面使数字管同步显示采样点序。选点采样时，由选点按键代替采样控制电路，驱动干簧继电器，实现选点显示。

经采样器采入的电阻信号，送入模数转换器（简称A/D转换器）。该被测电阻和数模网络（D/A转换）输出的标准电阻分别接入电桥的两个桥臂。每次采样后，“0~199”计数器在计数脉冲触发下从000~199计数，计数器的状态变化由数模网络进行数模转换，变为标准电阻的变化。当变化至使电桥平衡时，差动式检零放大器输出信号，使计数脉冲源停振，此时由数字管显示的“0~199”计数器的数字量，即为被测的温度值。

当“0~199”计数器计数到超越设定的报警限值时，报警“与门”开启，输出报警脉冲，进行声光报警。灯光记忆电路由40个受采样器点序符合信号控制的双稳态触发器构成。每个双稳控制报警光字牌上的一个灯，因此报警脉冲来时，便能亮出这个点序的光字并记忆。音响电路是一个单稳态触发器。报警脉冲到来时，动作8s，使报警继电器吸合，其接点可外接闪光报警器或电铃等；音响电路同时还使采样器停步。停步8s后，音响电路自动复归，继续巡测。音响电路还受自动封铃电路控制，使第二次检测在经过越限点时，不再动作，以免每个周期响一次铃。

自检电路占用采样通道第38、39点，每一周期内将低于限值1%和高于限值1%的标准电阻接入模数转换器一次，其测量结果由灯光记忆电路第38、39只双稳控制两只自检绿灯反映出来（报警光字牌内为第0~37点的灯）。如精度偏离或报警电路动作失误，则绿灯熄灭。

分组电路为两组干簧继电器，由采样器的点序信号按分组情况驱动，其接点除切换电桥桥臂电阻以适应检测G分度和 B_{A1} 分度热电阻外，还切换不同的模数转换器数字输出送往数字报警“与门”，实现限值分组。

整机共有四组直流电源。其中，+12V稳压电源为串联型稳

压电路，是仪表的主电源。由稳压管稳压的 -6V 稳压电源，供给各数字电路作为反偏压。不稳压的 $+6\text{V}$ 电源，专供指示灯用。另一不稳压的 $+170\text{V}$ 电源，则专供数字管用。

由工作原理可知，仪表大量使用了脉冲产生、控制、记忆、计数、显示、驱动等数字电路，而这些电路是由一些基本电路如二极管门电路、反相器、双稳、单稳、多谐振荡器、10进制计数器等单独或组合起来构成的。此外仪表还使用了差动放大器、直流稳压电源等线性电路。限于篇幅，本书对这些基本电路不再赘述，仅从应用角度进行分析，读者需要时可自行参阅有关书籍。

第二节 采 样 器

采样器的作用是将40个被测信号以一定的速度和次序送入模数转换器，实现“巡回检测”。

除自动采样外，采样器还能由选点按键实现手动选点采样。此外，采样器还输出下述信号：向报警灯光记忆电路提供点序符合信号；向分组电路提供驱动信号。

一、干簧继电器和采样方式

1. 干簧继电器

在采样速度较低时，干簧继电器是最广泛采用的一种切换元件。

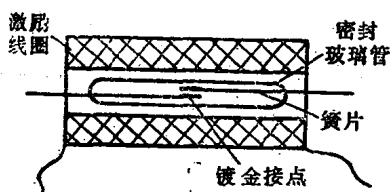


图 1-4 干簧继电器结构

干簧继电器的结构见图 1-4 所示。它由镀金接点和激励线圈组成。镀金接点位于两片高导磁率的铍莫合金簧片一端，并封在固定的玻璃管中。管内

充有保护气体——氮气，以防止接点氧化腐蚀。

干簧继电器的工作原理是：簧片除作为导电接点及引线外，

同时作为导磁体。当线圈通过一定的电流时，产生沿轴向的磁场，簧片被纵向磁化后，产生磁性，因而互相吸合，它的镀金接点就接触。当线圈不通电时，磁场消失，借助簧片本身的弹力使接点分离。

干簧继电器之所以得到广泛应用，是因为它具有一些显著的优点：接点密封，防止了因灰尘进入和氧化造成的接触不良；接点位移小，结构密闭，故寿命长，动作次数大于 10^7 次；接触电阻小 ($<0.07\Omega$)，开路电阻大 ($>1000M\Omega$)，通断特性基本上属理想开关。

SXB-40型仪表的测量信号为电阻，采样开关接通时的接触电阻是和被测热电阻串联的，因此将造成正误差。虽然该误差可在模数转换器中通过调零加以补偿，但各个测点开关接触电阻的不一致性则是无法补偿的。只有采样开关的接触电阻足够小，它们的不一致性的影响才小。因此对于簧继电器接触电阻指标的要求较高。接触电阻的影响可折算成温度读数。如G分度铜电阻在温度变化时其阻值变化的灵敏度为 $0.225\Omega/^\circ\text{C}$ ，若干簧继电器的

接触电阻为 0.07Ω ，则折算成温度读数为 $\frac{0.07\Omega}{0.225\Omega/^\circ\text{C}} = 0.31^\circ\text{C}$ 。

显然，热电阻的灵敏度越高，则接触电阻所占的相对比例就小，其影响就小。 B_{A1} 分度铂电阻的灵敏度约为 $0.18\Omega/^\circ\text{C}$ ； B_{A2} 分度铂电阻的灵敏度较大，约为 $0.39\Omega/^\circ\text{C}$ 。显然，高精度测量以使用 B_{A2} 铂电阻为宜。

SXB-40型仪表采用JAG-2-2HB型(2常开接点)干簧继电器进行被测信号采样，其线圈直流电阻 430Ω ，吸合电流 $\leq 18\text{mA}$ ；采用JAG-2-4HB型(4常开接点)进行分组切换，其线圈直流电阻 320Ω ，吸合电流 $\leq 25\text{mA}$ ，两者的线圈额定工作电压均为直流 12V 。

在脉冲数字系统中都采用电压制，即控制信号都用电位的高低表示，而不用电流的大小表示。因此要把吸合电流折算成吸合电压。吸合电压等于吸合电流和线圈直流电阻的乘积。因此

JAG-2-2HB型的吸合电压为 $18\text{mA} \times 430\Omega = 7.7\text{V}$ ；而 JAG-2-4HB型的吸合电压为 $25\text{mA} \times 320\Omega = 8\text{V}$ 。可见，在控制电路中驱动干簧继电器吸合的条件是在线圈两端加上大于其吸合电压的电压，即要有一定的电压富裕量。

2. 采样方式

(1) 一线采样方式：考虑到本仪表是一种小型专用巡测仪，检测元件全部是热电阻，允许有公共点，因此采用一线采样方式，如图1-5所示。采样开关只切换 $R_{i,0} \sim R_{i,39}$ 的一端，而电阻的另一端连在一起由公共线直接接至模数转换器。这种采样方式的经济性和可靠性是很明显的。为了进一步排除干簧继电器造成的故障，每一采样通道均采用双接点并联。实践证明，一线采样和双接点并联使故障几率大大减小，接触电阻引起的误差减小，因而干簧继电器的维护工作量较小。

(2) 二线采样方式：图1-6所示为二线采样方式。显然其使用元件数增加了一倍，适用于被测信号不允许有公共点的场合，例如用于测试各种不同类型信号的多用巡测。对于专门用于测量热电阻，在要求采用三线制接法以减小线路电阻随温度变化的影响时（本书第二章集成化热电阻巡测仪），也只能采用二线采样方式。

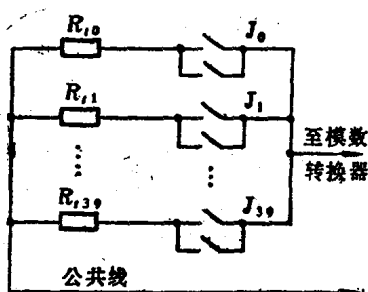


图 1-5 一线采样方式和干簧双接点并联

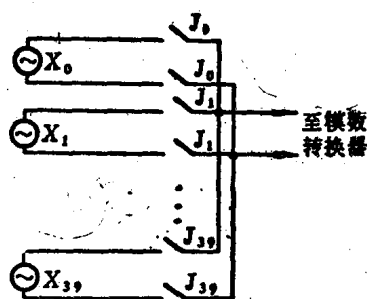


图 1-6 二线采样方式

二、采 样 矩 阵

干簧继电器由三极管开关驱动。为了节省驱动三极管的数量，一般均采用矩阵驱动的方式。图1-7即为40点采样矩阵。图中个位有10根驱动线（0、1、2、…、9），是个位驱动器 $T_0 \sim T_9$ 的集电极输出。当驱动器导通时，输出0V低电位。十位有4根驱动线（ O_e 、 I_e 、 II_e 、 III_e ），是十位射极跟随器 $T_{O_e} \sim T_{III_e}$ 的射极输出。当射极跟随器基极输入高电位时，射极跟随输出高电位（约+10.6V）。整个电路按下述规律工作：先使十位跟随器 T_{O_e} 输出高电位，并使个位驱动器 $T_0 \sim T_9$ 依次导通，干簧继电器线圈 $J_0 \sim J_9$ 便依次通电（电流方向如图所示），使接点依次吸合。然后十位跟随器 T_{I_e} 输出高电位，仍使个位驱动器 $T_0 \sim T_9$ 依次导通，干簧继电器 $J_{10} \sim J_{19}$ 便依次通电吸合。依次类推，使干簧继电器按 $J_0 \sim J_{39}$ 的顺序依次吸合。

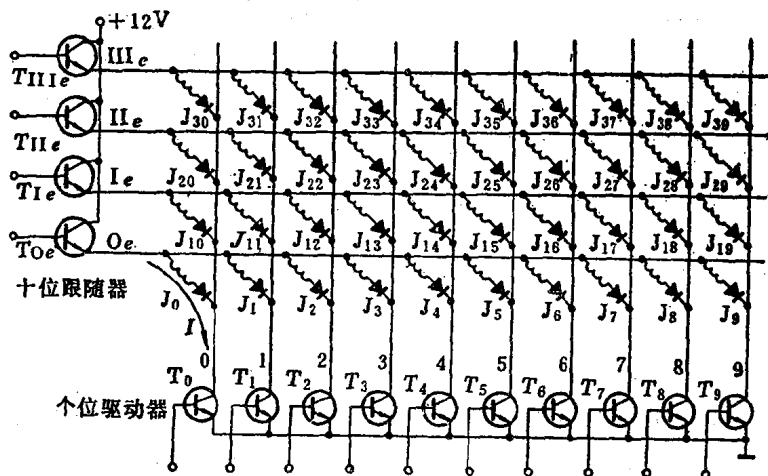


图 1-7 采样矩阵

图1-8中画出了个位驱动器和十位跟随器的输出波形。如采样速度为1点/(2s)，则个位驱动器应依次导通2s，十位跟随器应依次导通20s。

在采样矩阵中串入的二极管，是起隔离作用的，以防止电流串扰，保证任何时候都只有一个干簧线圈通电。