

电压降测量在电气防火检测中的应用*

任长宁¹ 李宏文² 沈金波²

(1. 美国理想工业公司北京代表处 北京 100738;

2. 中国建筑科学研究院建筑防火研究所 北京 100013)

摘要: 建筑电气中的低压配电线路电压降能够表征线路损耗的大小, 通过测量线路电压降, 能获知并评判线路中存在的高阻连接导致的火灾风险, 从而排除事故隐患, 有效防止电气火灾。相比通过红外线测温手段, 测压降是一种更科学、更有效的方法, 更适合建筑电气的防火检查。本文对工程现场线路电压降测量的原理及优缺点进行了分析, 介绍了国际标准及发达国家电气规范中对低压配电线路电压降的相关规定, 并对实际检测中如何运用该方法及如何分析测量结果进行了介绍。

关键词: 消防 电气防火 电压降 测试

1 我国电气火灾现状

近 10 年来, 我国的电气火灾形势持续严重, 电气火灾发生的起数占总起数的比例有些年份甚至超过了 40%, 而且电气火灾往往形成重特大电气火灾。

从近 3 年的统计数据来看, 形势依然相当严峻, 电气火灾在所有统计的火灾原因中仍然占据第一位, 如图 1 所示。

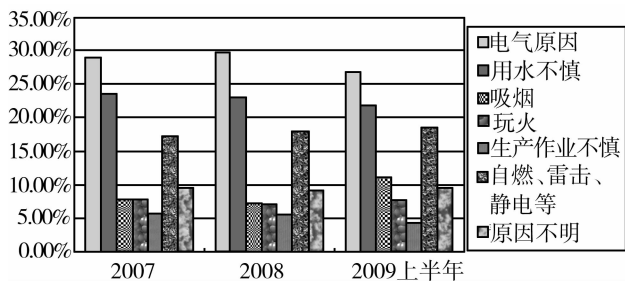


图 1 近 3 年来我国电气火灾统计数据

2 线路故障是电气火灾的主因

从电气火灾起火源的统计数据可以看出^[1], 电气线路引起的火灾比例高达 58.44%, 如图 2 所

示。从起火原因(故障类型)的统计数据可以看出^[1], 65.59%的电气火灾是由短路、过负荷、接触不良、过热、漏电等故障引起的。虽然电气设备和用电器具可能由于运行和使用中的问题出现上述故障从而引发电气火灾, 但电气工程的特点决定了电气线路出现这些问题的概率最大(见图 3)。

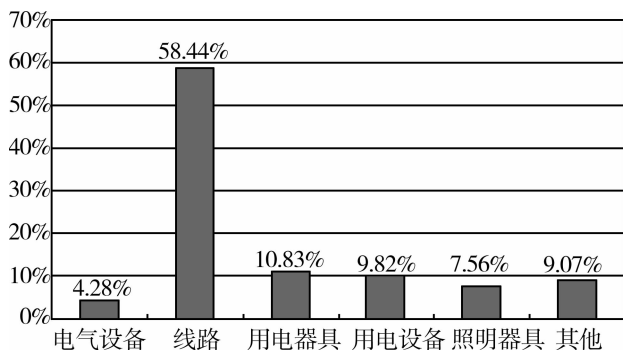


图 2 2003 ~ 2007 年我国重特大电气火灾起火源统计表

根据美国国家消防数据中心 2003 ~ 2005 年的电气火灾统计数据^[2], 电气线路同样是电气火灾最主要的起火源, 所占比例高达 46.8%, 如果将“电源插头线”也计算在内, 则比例高达 58.1%。

可以看出, 不论是在发达国家如美国, 还是在

* 基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目——现代建筑设计与施工关键技术研究(2006BAJ01B03)

作者简介: 任长宁, 男, 研究生, 高级工程师, 从事电气测试与测量仪表研发与技术服务; IEC TC64 专家组成员、国际铜业协会(中国)会员、综合布线工作组成员。

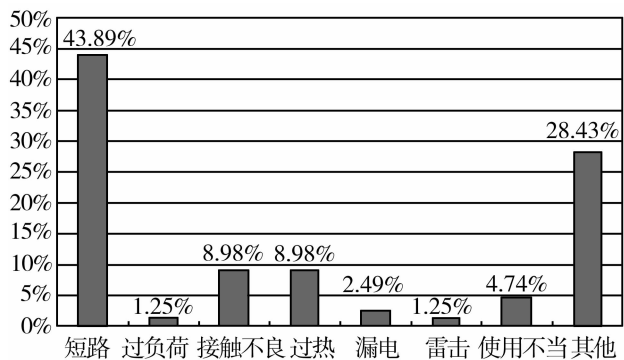


图3 2003 ~ 2007 年我国重特大电气火灾起火原因统计表

我国，电线路都是引发电气火灾最主要的起火源，解决好电气线路的安全问题，则解决了电气火灾问题的大半。

3 电气线路发生故障的机理

3.1 电气发热

导致电气火灾的线路故障虽然多种多样，但归根结底可用两个字概括——发热！电流在导体上的热效应，无论是瞬间释放的，还是缓慢释放的，都遵循基本物理定律： $P = i^2 \cdot r$ ，只要线路中存在电阻 r （包括导电介质电阻），有电流 i （包括负载、谐波、电弧等）流过时就会发热，即所谓“线损”，发热量超过一定限度，就可能成为电气火灾的源头。图4 简单概括了电气线路发热如何形成火灾。

3.2 电气连接

实际工程中，线路不可能仅由完整导线构成，必然出现电气连接，这会使线路电阻高于纯导线电阻，并成为线路电气火灾的主要原因。电气连接的种类如图5 所示。

3.3 高温故障举例

图6 是部分典型的线路高阻引起的高温故障，其中除标注 H、L、G 是导线本身过热外，其余要么属于“导线与设备端子”的高阻固定连接引起过热，要么属于“插头与插座”的高阻活动连接引起过热。

但由于一般检测仪表（如欧姆表）的工作原理决定，无论绝缘电阻还是导体电阻，都要求线路停电后才能测试，因此使得检测导体电阻不具有可操作性。

4 电压降在电气防火检测中的应用

对线损公式 $P = i^2 \cdot r$ 稍加变换即得： $P = i^2 \cdot r$

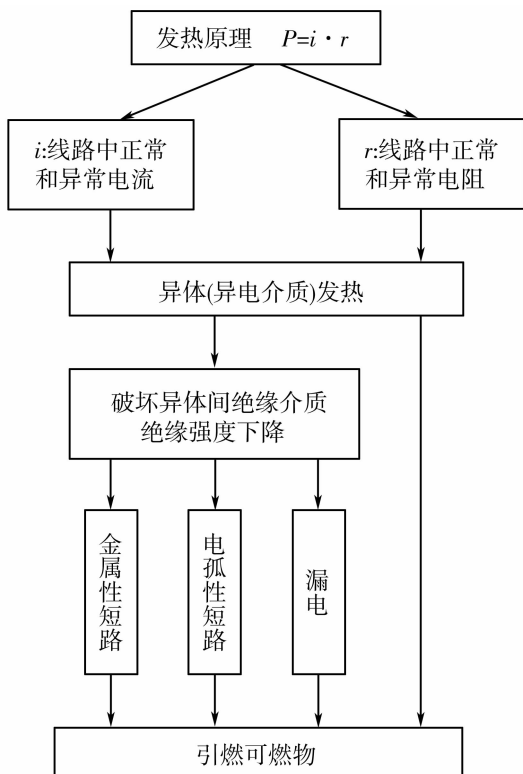


图4 线路故障与火灾间的关系

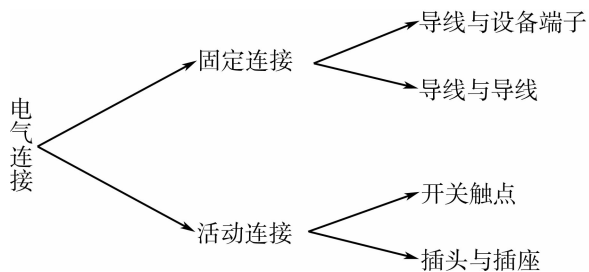


图5 电气连接的种类

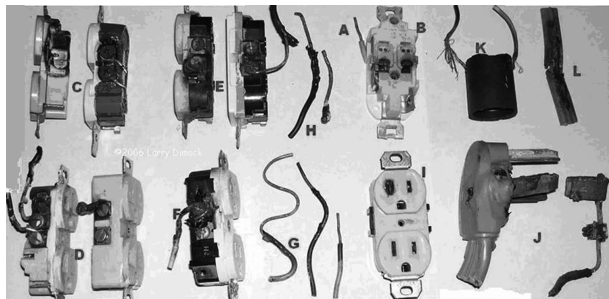


图6 典型的线路高阻连接故障

$= i \cdot r \cdot i = \Delta U \cdot i$ ，其中 ΔU 就是线路上的电压降，即：电源“空载电压”与“带载电压”之差，也可用此差值与标称电压之比的百分数表示。电压降是线路电阻与电流的乘积，更能真实准确地反映线

路电阻与负载电流的综合效应。换言之,过载和高阻都可以反映在电压降指标上,比单纯检测电阻或电流更全面、更简单、更有效,这也解决了前面提到的导体电阻检测难以实现带载检测的问题。

4.1 检测电压降的优势

电压降是电流与电阻和合效应,利用线路电压降指标衡量线路由电流热效应引起的火灾风险,与直接测温、监听电火花引起的超声波、单纯测电流(包括谐波电流)、单纯评估线路电阻等方法相比,具有以下优势:

- (1) 线路无需预热,随时检测;
- (2) 空载线路上可使用假负载或仿真负载,负载状态不影响检测数据;
- (3) 在线路末端检测,整条线路上的任何高阻隐患均能显现;
- (4) 在线路末端检测,不受线路敷设方式限制,适于隐蔽工程;
- (5) 能够确定发热原因——额定电流下压降超标,线路必然存在高阻点;
- (6) 造成串型电弧的高阻点会在电压降检查时显现,线路中出现串联型电弧时,会造成40V压降^[3];
- (7) 检测结果简单,容易判断;
- (8) 检测器具价格相对低廉,易于接受和普及。

单纯的电压降检查也存在不足之处,例如:不能反映线路绝缘性能,无法发现并联型电弧故障隐患、不能反映谐波含量与成分等,这需要其他手段的补充。但是,从上面的分析仍然可以看出,线路电压降指标在电气防火检测中应该受足够的重视。

4.2 NEC 与 IEC 对线路压降的要求

美国国家电气规范(NEC)和IEC60364对线路压降有如下规定:

NEC 210.19A (1) FPN 4 (条文解释)规定:“为加热和照明或两类组合负载供电的分支线路,其最远电源插座处电压降不超过3%,所有供电线路与分支线路最远端插座处电压降之和,不超过5%”。

IEC60364-5-52.525^[4]规定:“正常情况下,建议用户电气装置的进线至设备之间的实际电压降不应大于装置额定电压的4%”。

4.3 “电压降”与“电压偏差”的区别

电压降与电压偏差有本质不同。国家标准

《供电电压偏差》(GB/T 12325-2008)第3.4条规定:“电压偏差,是实际运行电压对系统标称电压的偏差相对值”,二者除了均以“标称电压”作为分母进行计算外,具有以下区别:

- (1) 计算时的分子不同——“电压降”以“空载”与“带载”电压之差作为分子;“电压偏差”则以“标称”与“实际”电压之差作为分子;
- (2) 数值的正负不同——“电压降”只有正值,“电压偏差”即可能为正也可能为负;
- (3) 指标数量不同——同一个测量点,只有一个“电压降”值;同一个测量点,则即有“空载电压偏差”,也有“带载电压偏差”;
- (4) 两者所衡量的对象不同——“电压降”体现线路安全,“电压偏差”则影响用电设备和电器的安全;
- (5) 电压降与电压差之间没有直接关系,“电压降”指标合格,并不代表“电压偏差”也合格,反之亦然。

例1:某220V线路,空载电压231V(偏差+5%,合格),带10A负载后电压为209V(偏差-5%,合格),电压降=231-209=22V(电压降10%,不合格),线损=22V×10A=220W。这种情况下,显然负载在此线路上能正常工作,但线路本身存在火灾隐患。

例2:某220V线路,空载电压238V(偏差+8.2%,不合格),带载235V(偏差+6.8%,不合格),压降1.36%合格。这意味着负载可能工作异常或损坏,但线路本身足够安全。

例3:某220V线路,空载电压219V(偏差-0.45%,合格),带10A负载后电压为214.5V(偏差-2.5%,合格),电压降为2.0%。这意味着负载可正常工作,线路本身也足够安全。

可见,“电压降”与“电压偏差”是完全不同的电气指标、不能互相替代,更不能混淆。

4.4 电压降的现场测量

电压降是电流与电阻的乘积,很显然,无论线路电阻有多大,必须有电流才会产生电压降,因此电压降必须带载测量。

4.4.1 现场测量

在线路工程验收现场,尤其是施工过程中,用电设备往往尚未安装,或是有用电设备并未达到线路设计最大功率,虽然理论上可按图7那样——用大功率电器作负载进行测量,但通过专用仪器(图8)更方

便地实现电压降测量。该仪器通过仿真 5A、8A、10A 三种负载测量线路电压降,避免使用大功率假负载,使测量工作变得简单、快速、安全、有效。



图7 理论上测量线路电压降的方法



图8 交流电路分析仪测量线路电压降

得到电压降数据后,通过简单计算即可得到被测回路的阻抗,实际上,上述仪表已提供此功能,操作者可直接读取线路阻抗数据。

4.4.2 故障定位

以检查插座回路为例,实际检测一般从距配电箱最远的插座开始,如下图9所示,从最右侧由远及近逐一测量每个插座处的电压降。

电压降的测量结果分为以下4种:

- (1) 每个插座处测得的所在回路电压降均正常,说明线路正常;
- (2) 两个插座的读数有明显变化,说明故障

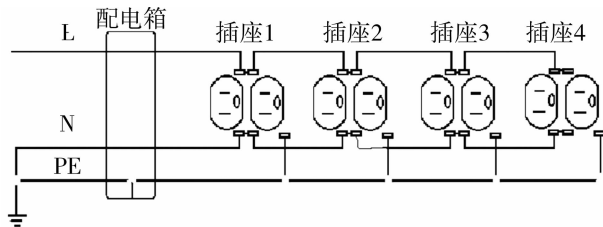


图9 通过插座测量线路电压降

就在这两个插座之间,需检查导线连接情况;

(3) 各插座间的电压降无明显变化,但最远端插座电压降偏大,由远及近,电压降逐渐变小,则说明导线截面偏小,不能满足配电长度或负载用电的要求;

(4) 各插座之间电压降无明显变化,但电压降值始终偏大,则说明问题出在第一个接头处或配电箱处有问题。

5 小结

对低压配电系统来说,因为负荷情况的不同以及电气线路绝缘随着时间推移而出现老化等因素,隐患的发生及发展往往是隐蔽的,通过测量温度很难及时、有效地发现存在的隐患和故障。采用电压降测量则可以提前获知在某种负荷情况下的线路损耗,从而主动、及时、准确的发现存在的问题,做到防患于未然,与现有测温方法相比具有明显的优越性。

参考文献

- [1] 《2003年至2007年国内重特大电气火灾事故的统计分析》[M]. 公安部沈阳消防研究所, 2009, 2
- [2] Residential Building Electrical Fires [M] TFRS Volume 8, Issue 2 / March 2008, U. S. Department of Homeland Security ? U. S. Fire Administration National Fire Data Center, 7
- [3] ELECTRICAL INSTALLATION REQUIREMENTS A Global Perspective [M] By Underwriters Laboratories Inc. Principal Investigator, Paul Duks, April 1999, National Electrical Manufacturers Association, 87
- [4] IEC60364-5-52-2001 Electrical installations of buildings - Part 5-52; Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems [S]