

DB51

四川省地方标准

DB51/T 1598.2—2023

代替 DB51/T 1598.2-2013

低压线路电气火灾原因认定 第2部分：短路

地方标准信息服务平台

2023-08-22 发布

2023-10-01 实施

四川省市场监督管理局 发布

目 次

| | |
|-------------------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 技术要求 | 1 |
| 附录 A（规范性） 低压线路电气火灾短路起火原因认定参考表 | 4 |
| 附录 B（资料性） 低压线路短路电气火灾原理简要分析 | 5 |

地方标准信息服务平台

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

DB51/T 1598《低压线路电气火灾原因认定》分为五个部分：

- 第1部分：必要条件
- 第2部分：短路
- 第3部分：过负荷
- 第4部分：接触不良
- 第5部分：接地漏电

本文件为DB51/T 1598的第2部分。已发布了DB51/T 1598.2—2023《低压线路电气火灾原因认定 第1部分：必要条件》、DB51/T 1598.3—2023《低压线路电气火灾原因认定 第3部分：过负荷》、DB51/T 1598.4—2023《低压线路电气火灾原因认定 第4部分：接触不良》、DB51/T 1598.5—2023《低压线路电气火灾原因认定 第5部分：接地漏电》。

本文件代替DB51/T 1598.2—2013《低压线路电气火灾原因认定导则 第2部分：短路》，与DB51/T 1598.2—2013相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 删除了原标准“2规范性引用文件”中的“GB/T 5907 消防基本术语 第一部分”、“GB/T 14107 消防基本术语 第二部分”、“GB/T 27905.4 火灾痕迹物证检查方法 第4部分：电气线路”等内容。
- 删除了原标准“3术语和定义”中“低压线路”、“线路与线路间短路电气故障痕迹”、“短路火烧熔痕”、“线路接地故障（接地短路）电气故障痕迹”等术语。
- 根据2021版《GB/T 16840.4 电气火灾痕迹物证技术鉴定方法 第4部分：金相分析法》的表述，将原标准“4.2获取线路接地故障（接地短路）或线路与线路间短路电气故障痕迹证据”的内容整合为“确认低压线路短路故障痕迹”（见4.2）；删除了原标准“4.2.2故障点线路金属线芯二次短路熔痕”、“4.2.3故障点线路金属线芯短路火烧熔痕”、将原标准“4.2.1故障点线路金属线芯一次短路熔痕”的表述修改为“短路故障痕迹”（见4.2.1）。
- 将原标准“4.3获取线路短路保护失效证据”中的“4.3.1获取线路接地故障（接地短路）保护失效证据”、“4.3.2获取线路与线路间短路电气故障保护失效证据”简化整合为“确认低压线路未有效进行短路故障保护”（见4.3）；并删除了“等电位联接”。
- 对原标准“4.4获取起火前出现线路接地故障（接地短路）或线路与线路间短路异常征兆证据”整合为“确认起火前出现短路异常征兆”（见4.4）；并增加了“智能电表的记录情况有相应反映”。
- 将原标准“4.5获取起火前线路的供电、用电存在线路接地故障（接地短路）或线路与线路间短路隐患证据”、“4.6获取线路设计、安装、维护不当造成线路接地故障（接地短路）或线路与线路间短路隐患证据”整合为“确认起火前低压线路存在短路隐患”（见4.5）。
- 增加了“排除线路短路（火灾蔓延）可能引发其他故障对原因认定的影响”（见4.6）。
- 删除了原标准表1～表9。
- 增加了“低压线路电气火灾短路起火原因认定参考表”（见附录A）；
- 将原标准“附录A”调整为“附录B”，更名为“低压线路短路电气火灾原理简要分析”，并对内容进行了修改。

本文件由四川省消防救援总队提出、归口并解释。

本文件起草单位：四川省消防救援总队、成都市消防救援支队、绵阳市消防救援支队、德阳市消防救援支队、攀枝花市消防救援支队、乐山市消防救援支队、遂宁市消防救援支队。

本文件主要起草人：马涛、郑效桥、林耀文、梅岩、肖兴东、张学楷、李洋、魏海锋、胡学妮、刘刚、杨雅慧、周毅飞、仲科、王坚、张芷铭、肖茂力、张界宇、屈愿、秦军锋。

本文件为首次发布。

地方标准信息服务平台

低压线路电气火灾原因认定 第2部分：短路

1 范围

本文件规定了认定低压线路电气火灾短路起火原因的技术要求，适用于消防救援机构对低压线路短路电气火灾的调查认定，其他机构可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 16840.1 电气火灾痕迹物证技术鉴定方法 第1部分：宏观法
- GB/T 16840.2 电气火灾痕迹物证技术鉴定方法 第2部分：剩磁检测法
- GB/T 16840.4 电气火灾痕迹物证技术鉴定方法 第4部分：金相分析法
- GB50054 低压配电设计规范
- DB51/T 1598.1 低压线路电气火灾原因认定 第1部分：必要条件

3 术语和定义

GB/T 16840.1、GB 16840.2、GB 16840.4、GB50054、DB51/T 1598.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

线路接地故障 *circuit grounding fault*

低压线路带电导体和接地导体之间意外出现导电通路，造成接地回路电流增大的故障。接地导体包括PE线、PEN线、配电和用电设备的金属外壳、敷线管槽、建筑物金属构件、上下水和采暖、通风等管道以及金属屋面、墙面等。

3.2

低压线路短路电气火灾 *electrical fire caused by short-circuit in low voltage line*

低压线路发生线路接地故障或电位不同的线路导体之间发生短路故障，导致短路回路电流增大，产生高温、电弧、电火花，造成线路绝缘层、周围可燃物燃烧引发的火灾。

注1：低压线路短路电气火灾原理简要分析见附录B。

4 技术要求

4.1 基本要求

参照DB51/T 1598.1的要求，确认发生低压线路电气火灾的必要条件。

4.2 确认低压线路短路故障痕迹

4.2.1 短路故障痕迹

包括但不限于下列痕迹：

- a) 低压线路金属导体一次短路熔痕（熔珠）；
- b) 线路接地故障在接地导体上形成的电气故障痕迹；
- c) 短路故障在铁磁体或故障线路配电设备、保护电器等的铁磁体元件上形成的异常剩磁痕迹。

4.2.2 排除火灾蔓延造成低压线路金属导体一次短路特征熔痕（熔珠）

包括但不限于下列情况：

- a) 线路位于管道、槽盒等封闭空间，由火灾热传导、热辐射等形成的；
- b) 易燃气体、易燃液体爆炸、轰燃等形成的。

4.3 确认低压线路未有效进行短路故障保护

4.3.1 未设置短路保护电器

具体情况包括：

- a) 按照 GB50054 的要求应设置但未设置断路器、熔断器等短路保护电器；
- b) 按照 GB50054 的要求应设置但未设置消除线路接地故障的剩余电流保护电器。

4.3.2 短路保护电器未动作或未正常及时动作

造成该情形的具体原因包括但不限于下列情况：

- a) 设置的断路器、熔断器等短路保护电器不符合 GB50054 的要求；
- b) 设置的消除线路接地故障的剩余电流保护电器不符合 GB50054 的要求；
- c) 短路故障回路阻抗过大。

4.4 确认起火前出现短路异常征兆

具体异常征兆与火灾发生符合时序逻辑关系，包括但不限于下列情况：

- a) 电灯、电视等发光电器突然熄灭或发光暗淡、闪烁；
- b) 电风扇、空调等旋转部件突然停止运行或转速下降；
- c) 线路电流或用电量短时持续性增大；
- d) 通信线路、无线电波受到电磁干扰；
- e) 相关金属构件、用电设备金属外壳发生带电现象；
- f) 出现线路接地故障、线路间短路电弧；
- g) 线路接地故障保护电器、过流保护电器曾频繁动作；
- h) 智能电表的记录情况有相应反映。

4.5 确认起火前低压线路存在短路隐患

具体隐患包括但不限于下列情况：

- a) 线路未按要求穿管保护；
- b) 线路金属导体与固定线路的金属构件距离过近；
- c) 导管、槽盒内布线时摩擦损坏绝缘；
- d) 同一回路的相线、中性线敷设于不同金属导管、槽盒内；
- e) 导管、槽盒内敷设的线路总截面积超过导管、槽盒内截面积的 40%；
- f) 金属槽盒引出部分的线路缺乏防绝缘损坏措施；

- g) 露天及潮湿环境安装的电气设备缺乏防雨、防潮保护措施;
- h) 线路连接点绝缘处理不当;
- i) 使用时间过长;
- j) 长时间受高温、阳光辐射、潮湿、腐蚀、灰尘等影响;
- k) 线路遭碰撞、挤压、磨擦等机械作用;
- l) 线路遭动物啃咬、植物缠绕、霉菌衍生等;
- m) 线路遭受雷击或供电电源过电压;
- n) 线路经常承受小幅度过负荷;
- o) 接触不良造成线路绝缘损坏。

4.6 排除线路短路（火灾蔓延）可能引发其他故障对原因认定的干扰

可能引发其他故障对原因认定的干扰，包括但不限于下列情况：

- a) 当引发过负荷时，短路故障回路出现过负荷故障痕迹和过负荷异常征兆，断路器或熔断器出现过负荷保护的相应状态；
- b) 当引发接触不良时，短路故障回路电气连接点出现接触不良故障痕迹和接触不良异常征兆；
- c) 当引发对地漏电时，如短路故障回路未按要求安装剩余电流保护器，回路出现漏电故障痕迹和漏电异常征兆；如短路故障回路按要求安装有断路器、剩余电流保护组合电器，断路器处于断开状态、剩余电流保护器处于动作状态。

4.7 原因认定

排除了其他原因引发火灾的可能并确认低压线路发生电气火灾必要条件的前提下，按照附录A对低压线路电气火灾短路起火原因做出认定。

地方标准信息服务平台

附录 A

(规范性)

低压线路电气火灾短路起火原因认定参考表

排除了其他原因引发火灾的可能并确认低压线路发生电气火灾必要条件的前提下,低压线路电气火灾短路起火原因认定参考情形见表A.1。

表A.1 低压线路电气火灾短路起火原因认定参考表

| 序号 | 调查情况 | | | | 认定结论 |
|---|-------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|
| | 低压线路 短路故障痕迹 (4.2) | 低压线路未有效 进行短路故障保护 (4.3) | 起火前出现短路 异常征兆 (4.4) | 起火前低压线路 存在短路隐患 (4.5) | |
| 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 认定为 短路 |
| 2 | ○ | ○ | ○ | | |
| 3 | ○ | ○ | | ○ | |
| 4 | ○ | | ○ | ○ | |
| 5 | ○ | ○ | | | |
| 6 | ○ | | ○ | | |
| 7 | ○ | | | ○ | |
| 8 | ○ | | | | |
| 9 | | ○ | ○ | ○ | |
| 10 | | ○ | ○ | | 认定为 电气故障 |
| 11 | | | ○ | ○ | 认定为不能 排除电气故 障 |
| 12 | | ○ | | ○ | |
| 13 | | | ○ | | |
| 14 | | ○ | | | |
| 15 | | | | ○ | |
| 注1: “○”表示调查确认了相应情况; | | | | | |
| 注2: “短路原因认定”应根据4.6排除线路短路(火灾蔓延)可能引发其他故障对原因认定的干扰。 | | | | | |

附录 B

(资料性)

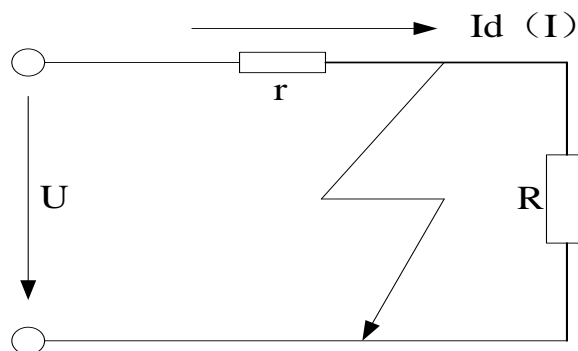
低压线路短路电气火灾原理简要分析

B.1 概述

低压线路短路电气火灾是指低压线路发生线路接地故障或电位不同的线路导体之间发生短路故障，导致短路回路电流增大，产生高温、电弧、电火花，造成线路绝缘层、周围可燃物燃烧引发的火灾。常见的线路短路是指供电线路相线与相线之间或相线与地（或中性线）之间的非正常接触。短路是目前引发低压线路电气火灾最为常见的原因。

B.2 短路形式及短路电流计算

B.2.1 单相短路



U—电源电压(V); R—负载电阻(Ω); r—线路电阻(Ω);

I—正常时回路电流(A); I_d —短路电流(A)

图B.1 单相短路示意图

如图 B.1 所示，正常时回路电流为：

$$I = \frac{U}{r + R} \quad (\text{B.1})$$

当电位不同的导体非正常接触时，由于负载电阻被切除，而供电线路电阻极小，于是形成短路回路。此时：

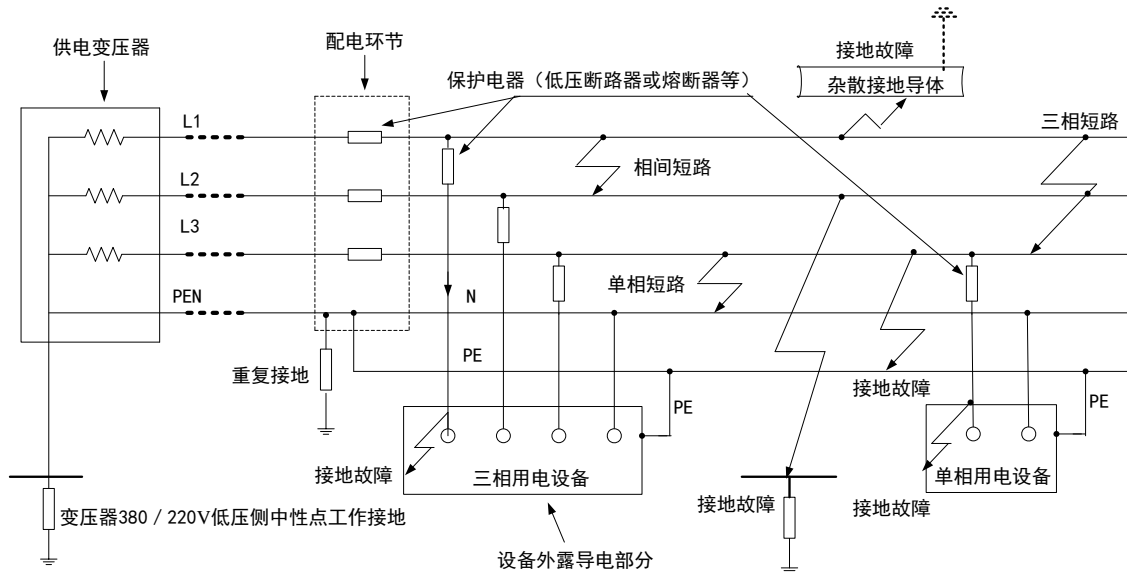
$$I_d = \frac{U}{r} \quad (\text{B.2})$$

因为 $r \ll R$ ，所以又 $I_d \gg I$ 。

一般情况下，短路电流可达线路安全载流量的十几倍至几十倍。同时，因接触点的电阻相对较大，短路电流通过时所产生的高温，往往造成接触点金属熔化。

在低压供电系统中，不同电位导体间非正常接触发生短路的形式有多种，以最为常用的 TN-C-S 系

统为例进行分析，具体形式主要包括如下几种（如图 B.2 所示）：



图B.2 TN-C-S 系统各种短路示意图

B.2.2 三相短路

低压供电系统的三相短路是一种非对称短路，在各种形式的短路中，形成的短路电流最大。其短路电流稳态值 $I_d^{(3)}$ （周期分量）可按下式计算：

$$I_d^{(3)} = \frac{U_p}{\sqrt{3}\sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}} = \frac{U_p}{\sqrt{3}Z_\Sigma} \quad (\text{B.3})$$

U_p ——低压网络平均额定线电压（V），对 380V 网络， $U_p=400\text{V}$ ，对 220V 网络， $U_p=230\text{V}$ 。

R_Σ 、 X_Σ 、 Z_Σ ——分别为短路回路的每相正序总电阻、正序总电抗、正序总阻抗，单位 $\text{m}\Omega$ 。包括供电变压器每相绕组的正序电阻、正序电抗；供电母线每相正序电阻、正序电抗；室外电力电缆每相正序电阻、正序电抗；室内供电线路每相正序电阻、正序电抗；电流互感器一次侧线圈正序电阻、正序电抗；断路器过电流脱扣器线圈正序电阻、正序电抗；隔离器、刀开关、断路器等控制电器触头的正序接触电阻等。

B.2.3 二相短路

二相短路是一种对称短路，其电流的大小与短路点距电源（发电机）的距离有关。一般情况下，远离电源点的二相短路电流稳态值 $I_d^{(2)}$ （周期分量）可以通过三相短路电流稳态值 $I_d^{(3)}$ （周期分量）按下式计算：

$$I_d^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_d^{(3)} = 0.87 I_d^{(3)} \quad (\text{B.4})$$

B.2.4 单相（相零）短路

单相短路也是一种非对称短路，其短路电流 $I_d^{(1)}$ 大小可按相零回路法计算：

$$I_d^{(1)} = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_{XL\Sigma}^2 + X_{XL\Sigma}^2}} = \frac{U_\phi}{Z_{XL\Sigma}} \quad (\text{B.5})$$

U_ϕ ——低压网络平均额定相电压 (V)，对 220V 网络， $U_\phi=230\text{V}$ 。

$R_{XL\Sigma}$ 、 $X_{XL\Sigma}$ 、 $Z_{XL\Sigma}$ ——分别为短路相零回路的总电阻、总电抗、总阻抗，单位 $\text{m}\Omega$ ，与式 (B.3) 所不同的是，总电阻、总电抗由每相的正序、负序、零序电阻、电抗组成。

B.2.5 低压线路接地故障

低压线路接地故障是指低压线路相导体与大地或与地有联系的导电体非正常接触（接近），造成回路电流增大的故障。这种非正常接触（接近）包括相线与电气系统内接地导体（PE线、PEN线、配电和用电设备的金属外壳）之间，以及相线与电气系统外接地导体（接地的金属管槽、建筑物金属构件、上下水和采暖、通风等管道以及金属屋面、水面）之间的非正常接触（接近）。

(1) 当相线与电气系统内接地导体非正常接触（接近）时，线路接地故障电流 I_d 的大小与式 (B.5) 式 $I_d^{(1)}$ 的求法相类似。

(2) 当相线与电气系统外接地导体非正常接触（接近）时，线路接地故障电流 I_d 的大小可由下式求取：

$$I_d = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_{XL\Sigma}^2 + X_{XL\Sigma}^2}} = \frac{U_\phi}{Z_{XL\Sigma}} \quad (\text{B.6})$$

U_ϕ ——低压网络平均额定相电压 (V)，对 220V 网络， $U_\phi=230\text{V}$ 。

$R_{XL\Sigma}$ 、 $X_{XL\Sigma}$ 、 $Z_{XL\Sigma}$ ——分别为短路回路的总电阻、总电抗、总阻抗，单位 Ω 。

其它形式接地系统短路电流大小的求法，可参考 TN-C-S 系统确定。

B.3 不同性质短路火灾危险性分析

B.3.1 分类

按照发生短路时短路故障点不同电位导体之间的接触状态，短路一般又分为金属性短路和电弧性等高阻抗短路。

B.3.2 金属性短路起火

因短路电流高温熔化焊牢、电动力作用弱或不起作用等造成导体间短路故障点接触紧密，形成导通的金属性短路回路，当短路保护达不到要求时，可引发火灾。金属性短路引发火灾的机理有：

(1) 断路器损坏、熔丝被不合格的铜、铝、铁丝代替等原因造成短路保护电器拒动，致使线路发生连续短路，形成多处短路点；甚至短路电流产生的高温造成整条线路沿绝缘层燃烧，整条线芯烧红外露，引起线路沿途可燃物起火。

(2) 断路器整定值过大、熔断器熔体截面过大、线路截面过小、离供电变压器距离过长等原因造成短路电流相对较小，致使短路保护电器动作时间过长，持续的短路电流在故障点或其他接触不良点产生的高温会引起线路绝缘层或附近可燃物起火，甚至可使整条线路沿绝缘层燃烧。

(3) 在短路点形成炽热熔珠喷溅，导致附近的可燃物起火。

B.3.3 电弧性短路起火

短路故障点的导体因未紧密接触而在间隙处（弧隙）发生高阻抗电弧现象，形成电弧性短路。此时故障回路中的电流往往被限制在断路器、熔断器等过流保护电器正常短路保护动作电流以下，致使短路保护不动作或不及时动作，有时虽然过负荷保护动作，但往往无法避免保护动作前的电弧现象。

电弧性短路的火灾危险性在于：首先，电弧的温度高达数千摄氏度，会直接引燃可燃物及普通导线绝缘层；其次，电弧性短路电流会使短路回路中接触不良点产生高温、电弧、电火花，甚至形成过负荷进而引起火灾；再次，电弧性短路产生电弧所需电压低、电流小，电弧容易形成，例如在交流电压 220V 状态下，大气中铜导线断开产生电弧的电流仅为 0.5A，当电压高于 220V 时，产生电弧的电流更小，故国际电工委员会（IEC TC64）和国家标准（GB50054）规定在火灾危险场所内，预防接地电弧起火的剩余电流监测或保护电器的动作电流不宜大于 0.3A。低压线路发生短路时，故障点的接触电压及通过的短路电流通常都超过生弧电压和电流，因此电弧不但容易形成，而且往往持续发生。另外，短路电弧产生后，因电弧电压降大（表现为高阻抗），限制短路电流增大，致使正常安装的短路保护设备不动作或不及时动作，形成持续的高温 and 电弧。

因此，电弧性短路起火的危险性远大于金属性短路起火，实践中，低压线路短路火灾也大多表现为电弧性短路引起。此外，属高阻抗短路性质的“爬电”、“炭化路径短路”起火也值得关注。

B.3.4 低压线路接地故障起火

B.3.4.1 低压线路接地故障发生的几率远高于线路之间短路，因此低压线路接地故障起火的危险性也大于线路之间短路起火的危险性。

（1）无论从机械还是电的作用考虑，线路对地的绝缘水平总是低于线路间的绝缘水平，因而发生线路接地故障的几率也远高于线路间短路的几率。

（2）设备保护线（PE 线）安装、维护不当，容易引发接地电弧。

B.3.4.2 线路接地故障回路有短路阻抗大、电流小的危险

（1）在 TT 系统中相线与用电设备之间发生线路接地故障时，短路电流将通过变压器接地电阻和设备保护接地电阻，如用电设备容量较大，短路保护的断路器、熔断器的额定容量也较大，则短路电流极有可能使其不能及时保护动作，甚至不动作。

（2）电气系统外的接地导体电阻往往较大，当相线与导体发生线路接地故障时，无论 TN 还是 TT 系统，都有可能发生如上所述的情况。同时，相线与电气系统外的接地导体发生线路接地故障时，还会因接触不良产生电弧增加危险。

因此，低压线路接地故障是线路短路故障中最为突出的因素。此外，雷电产生的瞬间过电压、供电系统故障产生的暂态过电压击穿绝缘而形成短路起火也值得关注。