

专用消防电话系统中电话线极限长度的计算

刘浩恺, 王吉鑫, 侯猛

(中铁电气化勘测设计研究院有限公司)

【摘要】在火灾自动报警及联动系统中, 专用消防电话系统是其中不可分割的组成部分。在大型建筑物中, 配电用房、消防风机控制室、消防泵房、气体灭火操作装置旁均设置消防电话分机, 拿起电话可直接与消防控制室通信。同时, 均匀分布在建筑物的火灾手动报警按钮旁也均设置有消防电话插孔, 在紧急情况下插入便携式电话分机即可与消防控制室通话。根据消防电话主机与终端设备的通信原理, 消防电话系统分为总线式和多线式两种, 不同的工作方式对消防电话线路的长度限值也有影响。文章研究了专用消防电话系统中电话线路长度的限制因素, 通过计算给出了各种常用电话线在消防电话系统中应用的极限长度(最大长度)。根据文中笔者给出的工程计算用表, 影响消防专用电话系统通话质量的主要因素是在线间绝缘电阻和线间电容。

【关键词】火灾报警; 消防电话; 电话线; 长度

中图分类号: TU892

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2022.03.034

Calculation of the Limit Length of Telephone Lines in a Dedicated Fire Telephone System

LIU Hao-kai, WANG Ji-xin, HOU Meng

(China Railway Electrification Survey Design & Research Institute Co. Ltd)

【Abstract】In the automatic fire alarm and linkage system, a dedicated fire telephone system is an integral part. In a large building, fire telephone extensions are installed in the power distribution room, the fire fan control room, the fire pump room and the gas fire extinguishing operation devices, so that one can communicate directly with the fire control room by picking up the telephone; At the same time, fire telephone jacks are also installed next to the manual fire alarm buttons evenly distributed in the building, so that one can talk to the fire control room by inserting a portable telephone extension in case of emergency. According to the communication principle of fire telephone host and terminal equipment, fire telephone systems can be divided into two types, bus and multi-line, and their different modes of operation have an impact on the length limits of fire telephone lines. This paper examines the limiting factors for the length of telephone lines in dedicated fire telephone systems and gives the limit lengths (maximum lengths) of various commonly used telephone lines for application in fire telephone systems through calculation. According to the engineering calculation table given by the author, the main factors affecting the call quality of the fire-fighting special telephone system are the interline insulation resistance and interline capacitance.

【Keywords】fire alarm; fire telephone; telephone line; length

1 问题的提出

建筑物的专用消防电话系统是一个独立于普通电话的通信系统, 它由专用的消防电话线路和消防电话产品构成, 为建筑物/建筑群的消防控制室与各个消防设备之间提供通信服务。在一个规模很大的建筑群中单根消防电话线路的长度可能长达3km~4km, 如果线缆选型不当将造成通话质量不清晰, 影响紧急情况下的消防救灾工作开展, 因此有必要对消防电话系统的电话线极限长度进行计算。

2 消防电话产品的技术参数限制

目前, 国内销售的消防电话产品通常均按产品

标准《消防联动控制系统》GB 16806-2006进行检测和制造, 本标准对消防电话总机性能要求中有关电话线路参数的要求为: “在线路条件为环路电阻不大于300Ω(不含话机电阻)、线间绝缘电阻不小于20kΩ、线间电容不大于0.7μF条件下, 消防电话总机和消防电话分机之间应能清晰通过, 无振鸣现象(见表1)。”

表1 消防电话产品清晰通话时对线路的技术参数要求

参数	数值	依据
电话线环路电阻	不大于300Ω	GB 16806-2006《消防联动控制系统》4.7.1.2
线间绝缘电阻	不小于20kΩ	
线间电容	不大于0.7μ	

因此, 在进行设计时, 必须保证电话线路的上述

参数满足产品规范中规定的线路参数最低要求,即可保证清晰的通话质量。

3 影响消防电话线路长度的因素以及计算方法

根据消防电话系统的产品标准,在消防电话主机的性能满足 GB16806-2006 的最低条件下,电话线路长度取决于以下几个参数:线路电阻(与线缆长度、芯线截面、芯线材料有关),线间绝缘电阻(与芯线绝缘材料、线缆长度等因素有关),线间电容(与电话线的长度、芯线绞合系数、填充介质、工作电压等因素有关),如表 2 所示。

表 2 影响消防电话线路长度的因素

参数	计算公式	说明
线路电阻 R_1	$R_1 = 2 \cdot L \cdot \frac{\rho}{s}$	L 为线缆长度; ρ 为线缆芯线导体电阻率; s 为芯线截面积; R 为电缆芯线与地之间的单位长度绝缘电阻; ε 为电缆填充介质的介电常数;
线间绝缘电阻 R_2	$R_2 = L \cdot 1.667 \cdot R$	D 为平行电话线芯线之间的中心距; d 为芯线的直径
线间电容 C_1	$C_1 = L \cdot \frac{\pi \cdot \varepsilon}{\ln \frac{D + \sqrt{D^2 - d^2}}{d}}$	

需要指出的是,影响消防电话线路电阻的因素除了与电话线有关,还有电话分机接线的接触电阻有关,特别是当一路消防电话线路带有多多个电话机或者电话插孔时必须考虑接触电阻。通常每个串联设备的接触电阻可按照 100mΩ 考虑。

消防电话系统分为多线式和总线式两种,多线式消防电话系统中同一路电话线上的设备均被主机认为是一个地址点(1 个位置或区域),而总线式消防电话系统中一路电话线路上的分机可通过编码呼叫的方式分时占用线路。因此需要特别注意的是,总线式消防电话系统中一路电话线可能带有很多设备,在这种情况下就不能忽略串接设备的接触电阻,串接设备的接触电阻 C_k 计算可采用公式:

$$C_k = n \cdot 0.1 \tag{1}$$

式中: n 为单路电话线上串接的电话或电话插孔的数量, 0.1 为每处的接触电阻, Ω。

关于电话线的线间电容,表 2 中给出的公式是按照平行双导线的方式进行计算,如果采用多芯电缆时则可以按照《通信电缆》(郑玉东)中的 3-14 公式计算。消防电话系统通常使用的电话线均为 0.75mm²~2.5mm² 截面的屏蔽控制电缆,不论是芯线

绞接还是平行,其芯线中心间距都非常小,因此可直接采用经验数据,即 PVC 绝缘控制电缆为 0.06μF/km~0.1μF/km 左右, XLPE 绝缘控制电缆为 0.1μF/km~0.2μF/km 左右^[1]。

4 各种电话线参数的计算结果

根据前文所列的方法我们对几种主要的控制电缆在消防电话线路中应用时的参数进行了计算,得出了线缆单位长度线路电阻、单位长度线间绝缘电阻、单位长度线间电容这几个限制参数,如表 3 所示。

根据表 3 计算得到的电话线参数,结合消防电话产品对线路的不同参数要求可以得到各种电话线路的长度限值,如表 4 所示。

5 单路电话线路上有多个电话插孔或分机的情况

当单路电话线路上有多个电话插孔或分机时必须考虑串接设备接触电阻的影响,假设每个串接设备的接触电阻为 0.1Ω,则对不同规格的线缆其减少长度与线路所接设备数量的关系如表 5 所示。

表 5 电话线路长度限值核减量与线路终端数量对应关系

电话线规格参数		每 10 个电话插孔或分机时,线缆长度限值减少
PVC 或 XLPE 绝缘电缆	0.75mm ² 截面铜芯电缆	0.022km
	1.0mm ² 截面铜芯电缆	0.03km
	1.5mm ² 截面铜芯电缆	0.043km
	2.5mm ² 截面铜芯电缆	0.072km

从表 4-5 对比可见,线路上的终端数量主要影响线路电阻,而电话线路长度的主要影响因素是线间绝缘电阻和线间电容,在工程上可以忽略,线路所接终端设备的数量可参考设备厂商的产品说明书。

6 结语

根据本文总结的工程计算用表,影响消防专用电话系统通话质量的因素主要是电话线的线间绝缘和线间电容这两个因素。其中,影响线间电容的主要决定因素是所选用的电话线是聚氯乙烯(PVC)绝缘还是交联聚乙烯(XLPE)绝缘,如果采用 PVC 电缆将严重限制电话线路的长度,因此对规模较大的建

表3 各种电话线参数的计算结果

参数	电话线规格参数		参数	依据
单位长度线路电阻	PVC或XLPE绝缘电缆	0.75mm ² 截面铜芯电缆	45.8667 Ω/km ¹	《工业与民用供配电设计手册》第四版 表17.3-1 (20℃铜电阻率) ²
		1.0mm ² 截面铜芯电缆	34.4 Ω/km ¹	
		1.5mm ² 截面铜芯电缆	22.9333 Ω/km ¹	
		2.5mm ² 截面铜芯电缆	13.76 Ω/km ¹	
单位长度线间绝缘电阻	PVC绝缘电缆	0.75mm ² 截面	18.26 kΩ/km	GB/T 9330.1-2008 表11 (备注:表11中的最小绝缘电阻是电缆绝缘线 芯参数,通过乘以1.66系数转换为线间绝缘 电阻)
		1.0mm ² 截面	16.6 kΩ/km	
		1.5mm ² 截面	16.6 kΩ/km	
		2.5mm ² 截面	14.94 kΩ/km	
	XLPE绝缘电缆	0.75mm ² 截面	1992 kΩ/km	
		1.0mm ² 截面	1826 kΩ/km	
		1.5mm ² 截面	1826 kΩ/km	
		2.5mm ² 截面	1494 kΩ/km	
单位长度线间电容	PVC绝缘电缆	2.5mm ² 截面以下	0.1μF/km	《工业与民用供配电设计手册》第四版 P1105,两芯控制电缆,芯线截面1.5~4mm ² ,线 间电容为0.3μF/km; 根据《通信电缆》(郑玉东)P55-58电缆工作电 容的计算方法,PVC绝缘控制电缆为0.06~ 0.1μF/km左右,XLPE绝缘控制电缆为0.1 ~0.2μF/km左右
	XLPE绝缘电缆	2.5mm ² 截面以下	0.2μF/km	

注1:电话线1km环路电阻对应的芯线长度为2km;

注2:20℃铜电阻率

表4 各种电话线路的长度限值

参数	消防电话产品对线路的参数要求	电话线规格参数		长度限值
线路电阻	不大于300Ω	PVC或XLPE绝缘电缆	0.75mm ² 截面铜芯电缆	6.54 km
			1.0mm ² 截面铜芯电缆	8.72 km
			1.5mm ² 截面铜芯电缆	13.08 km
			2.5mm ² 截面铜芯电缆	21.8 km
线间绝缘电阻	不小于20kΩ	PVC绝缘电缆	0.75mm ² 截面	0.913 km
			1.0mm ² 截面	0.83 km
			1.5mm ² 截面	0.83 km
			2.5mm ² 截面	0.747 km
		XLPE绝缘电缆	0.75mm ² 截面	99.6 km
			1.0mm ² 截面	91.3 km
			1.5mm ² 截面	91.3 km
			2.5mm ² 截面	74.7 km
线间电容	不大于0.7μ	PVC绝缘电缆	2.5mm ² 截面以下	7 km
		XLPE绝缘电缆	2.5mm ² 截面以下	3.5 km

注1:电话线1km环路电阻对应的芯线长度为2km

筑群,为了保证消防电话系统的通话质量,线路应优先选择铜芯交联聚乙烯(XLPE)绝缘控制电缆。同时,由于线间电容的限制,电话线路的长度不宜超过3.5km。

参考文献

[1] 肖飏.对称通信电缆工作电容及缆芯外径的计算[J].电线

电缆.2002(6):26-29.

[2] 《工业与民用供配电设计手册》第四版.

[3] 王成章.火灾自动报警与消防联动系统的应用[J].中国新技术新产品,2021(10):139-141.

[4] 张存福.消防设施联网控制的新型实现方案探索[J].甘肃科技,2020,36(17):13-18. [5]田大春.消防队员无线电话设备配置要求的探讨[J].水上消防,2019(6):33-36.