

# 阻燃及耐热线缆选型探讨

杜胜飞

中核第四研究设计工程有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]** 阻燃及耐热线缆作为现代建筑工程防火体系的重要组成部分, 合理选择线缆阻燃类别可显著提升电气系统运行的安全性和可靠性。此文基于 GB 51348—2019、GB/T 19666—2019、GB 50217—2018 等国家标准及国际规范 (如 IEC 60332), 系统分析阻燃及耐热线缆的技术特性、分类标准及工程应用场景, 为工程设计提供理论支撑与实践参考。

**[关键词]** 阻燃线缆; 耐热线缆; 矿物绝缘电缆; 燃烧性能; 工程防火

DOI: 10.33142/aem.v7i4.16383

中图分类号: TM24

文献标识码: A

## Discussion on the Selection of Flame-retardant and Fire-resistant Cables

DU Shengfei

The Fourth Research and Design Engineering Corporation of CNNC, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** Flame retardant and fire-resistant cables are important components of modern building fire protection systems. Reasonable selection of cable flame retardant categories can significantly improve the safety and reliability of electrical system operation. This article is based on national standards such as GB 51348-2019, GB/T 19666-2019, GB 50217-2018, and international specifications (such as IEC 60332) to systematically analyze the technical characteristics, classification standards, and engineering application scenarios of flame-retardant and fire-resistant cables, providing theoretical support and practical reference for engineering design.

**Keywords:** flame retardant cables; fire resistant cables; mineral insulated cables; combustion performance; engineering fire prevention

### 引言

伴随城市化进程的不断加快, 高层建筑、地下交通及工业设施的电气火灾风险显著增加。据统计, 2024 年电气火灾直接经济损失达 26.3 亿元, 占全国火灾总损失的 42.6%, 是各类火灾中损失占比最高的类型, 其中电缆故障占比高达 60%~80%。盲目选择高阻燃类别电缆无形中增加建设成本, 而错选低阻燃类别则可能引发火灾等造成重大损失。合理选择电缆阻燃类别需综合建筑性质、敷设环境及国家标准, 通过分级防控实现火灾风险最小化。

### 1 阻燃

阻燃电缆的定义为: 在符合相关标准的燃烧试验条件下, 当外部火源撤离后, 该电缆试样的火焰传播范围可控制在限定区域, 并具备自熄灭特性, 从而有效实现火焰抑制与火势蔓延控制的功能。阻燃性能取决于护套材料, 其核心特征表现为通过材料改性技术赋予电缆在受热条件下形成炭化阻隔层, 进而达到延缓燃烧进程和阻断热传递的防火效能。

#### 1.1 阻燃类别

根据 GB/T 19666—2019《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》及 IEC 60332-3-25:2009, 采用 GB/T 18380.11~36—2008《电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验》, 阻燃电缆分为 A、B、C、D 四类, 其中 A 类阻燃性能最高, 依次递减, 详见表 1。

表 1 阻燃电缆分类 (成束阻燃性能要求)

类别	供火温度 (°C)	成束敷设电缆的非金属材料体积 (L/m)	供火时间 (min)	焦化高度 (m)	自熄时间 (h)
A	≥815	≥7	40	≤2.5	≤1
B		≥3.5			
C		≥1.5	20		
D		≥0.5			

注: D 级标准仅适用于外径不大于 12mm 的绝缘电缆。

#### 1.2 阻燃类别的选择

通过对同一路径 (环境) 中敷设的每米成束电缆所含非金属材料总体积进行统计计算, 从而确定相应的阻燃类别。

不同阻燃类别相对应的电缆根数, 依据下式进行计算:

$$N=VS/V$$

式中: N-不同阻燃类别相应的线缆根数;

VS-不同阻燃类别规定每米线缆所含非金属材料容量 (L/m);

V-每米线缆所含非金属材料容量之和 (L/m)。

工程实践中, 配电室配出线缆往往较多, 且截面不尽相同。需要对电缆的非金属材料总体积统计, 需对输配电设备中电缆本体所含非金属组件 (包括绝缘层、护套及填充物等) 的总体积进行计算, 确定电缆需要选用何种阻燃类别, 同时根据电缆在线槽内的占比确定桥架需选用的规格及数量。对于 TN-C-S 系统采用的 4 芯等截面电缆, 以 0.6/1kV 交联聚乙烯绝缘电缆为例: YJV-0.6/1kV

-4×16mm<sup>2</sup> 直径为 20.6mm, 非金属含量: 0.269L/m;  
YJV-0.6/1kV-4×150+1×95mm<sup>2</sup> 直径为 48mm, 非金属含量:  
1.289L/m; (以上基础数据摘录《工业与民用供配电设计  
手册(第四版)附录 C 表 C-3》);

表 2 不同截面电缆阻燃类别选择

电缆规格 (mm <sup>2</sup> )	电缆根数	非金属含量 V (L/m)	阻燃类别
YJV-0.6/1kV-4×16	26~52	7.2~13.9	A
YJV-0.6/1kV-4×16	14~26	3.8~6.9	B
YJV-0.6/1kV-4×16	6~13	1.6~3.5	C
YJV-0.6/1kV-3×150+1×95	6~10	7.7~14.1	A
YJV-0.6/1kV-3×150+1×95	3~5	3.9~6.4	B
YJV-0.6/1kV-3×150+1×95	2	2.6	C

根据上表, 3×150+1×95 电力电缆仅 6 根就达到了 A 级的非金属含量, 随电缆导体截面积的增加, 相同阻燃类别且采用同一路径敷设的条件下, 其允许配置的最大线缆数量将相应减少。尤其当电缆截面较大时, 同路径仅敷设数根电缆就超过了这个规定, 对应的办法仅仅是将其分成数个电缆束或在电缆托盘中设纵向隔板等消措措施。实际工程在阻燃等级选型过程中, 部分电气工程师对该环节存在明显疏漏, 未能给予充分重视。

### 1.3 电缆燃烧性能分级

通过电缆在受火条件下的火焰蔓延、热释放和产烟特性进行主分级, 依据 GB 31247—2014《电缆及光缆燃烧性能分级》, 阻燃级别由原来的 A、B、C、D 级改划分为 A、B1、B2、B3 级。

附加信息包括燃烧滴落物/微粒等级 (d0、d1、d2 三

个级别)、烟气毒性 (t0、t1、t2 三个级别)、和腐蚀性等级 (a1、a2、a3 三个级别) 指标。

### 1.4 阻燃电缆选择容易忽略问题

(1) 在桥架内进行电缆敷设时, 需要充分考虑后续增加线缆的情形, 确保即便在增加线缆后, 仍能够满足相应的阻燃等级要求。基于上述考量, 建议依据近期工程实施过程中非金属材料实际占用体积情况, 预留百分之二十的余量。

(2) 阻燃线缆必须明确标注阻燃等级, 若未进行标注, 则默认为 C 级。

(3) 在同一线缆通道内敷设的电缆, 其阻燃等级应保持一致。

(4) 在选用低烟无卤或无卤型阻燃电缆时, 需特别注意的是此类产品的阻燃等级通常仅达到 C 级标准。当工程应用对阻燃性能提出更高要求时, 建议优先选用配备阻燃隔离层的电缆产品, 或采用辐照交联聚烯烃绝缘及护套结构的特种阻燃电缆解决方案。

(5) 非必要场景避免过度选择 A 级电缆, 可通过改变路径、设置隔板等方式降低阻燃类别从而降低成本。如某项目采用电缆桥架内敷设数量超出标准试样非金属体积限制 (7L/m), 实际阻燃等级为 C 类, 通过增加防火隔板降低电缆成本。

## 2 耐火

耐火线缆是指在规定的实验条件下, 该电缆具备在经火焰灼烧测试的特定时长内维持其正常运行的功能特性。

### 2.1 特性分类

依据 GB/T 19666-2019《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》耐火电缆按耐火特性分为 N、NJ、NS 三种。

表 3 电缆燃烧性能等级判据

燃烧性能等级	说明	试验方法	分级判据
A	不燃电缆	GB/T 14402	总热值 ≤ 2.0MJ/kg <sup>a</sup>
B1	阻燃 1 级电缆	GB/T 31248-2014 (20.5kW 火源) 且	火焰蔓延 ≤ 1.5m; 热释放速率峰值 ≤ 30kW; 受火 1200s 内的热释放总量 ≤ 15MJ; 燃烧增长速率指数 ≤ 150W/s; 产烟速率峰值 ≤ 0.25m <sup>3</sup> /s 受火 1200s 内的产烟总量 ≤ 50m <sup>3</sup>
		GB/T 17651.2 且	烟密度 (最小透光率) ≥ 60%
		GB/T 18380.12	垂直火焰蔓延 ≤ 425mm
B2	阻燃 2 级电缆	GB/T 31248-2014 (20.5kW 火源) 且	火焰蔓延 ≤ 2.5m; 热释放速率峰值 ≤ 60kW; 受火 1200s 内的热释放总量 ≤ 30MJ; 燃烧增长速率指数 ≤ 300W/s; 产烟速率峰值 ≤ 1.5m <sup>3</sup> /s 受火 1200s 内的产烟总量 ≤ 400m <sup>3</sup>
		GB/T 17651.2 且	烟密度 (最小透光率) ≥ 20%
		GB/T 18380.12	垂直火焰蔓延 ≤ 425mm
B3	普通电缆		未达到 B2 级

**表 4 耐火电缆分类**

代号	名称	供电时间+冷却时间 (min)	冲击	喷水	合格指标
N	耐火	90+15	-	-	2A 熔丝不
NJ	耐火+冲击		√	-	熔断
NS	耐火+喷水		-	√	指示灯不熄

## 2.2 应用范围

NJ 类：需在燃烧时承受机械冲击，适用于需抵抗外部机械应力的场景（如隧道、桥梁等）

NS 类：在燃烧后需通过水喷射试验，保障消防喷淋时的线路完整性，适用于高层建筑消防系统。

耐火时间默认 90 分钟，特殊工况（如核电站、化工厂）可与制造商协商延长。

## 3 选择要点

电缆阻燃类别的选择需基于建筑类型、敷设环境及安全需求，科学匹配阻燃等级和附加性能（如烟气毒性、燃烧滴落物等），以最大限度降低火灾风险。耐火电缆必须同时满足阻燃性能（如 A、B、C 类），避免电缆本身成为火势蔓延载体。标准明确耐火电缆的护套及填充材料需通过成束燃烧试验（如 A 类非金属含量 $\leq 7L/m$ ，碳化范围 $\leq 2.5m$ ），且燃烧滴落物需符合 d0-d2 分级。

### 3.1 相关规范要求

GB 51348—2019《民用建筑电气设计标准》13.9.1 条规定：

为防止火灾蔓延，根据建筑物的使用性质、火灾扑救难度等因素选择相应燃烧性能等级的电力电缆、通信电缆和光缆，具体要求如下：

(1) 超 100m 的建筑高度的公共建筑应选择燃烧性能 B1 级及以上、产烟毒性 t0 级、燃烧滴落物/微粒等级为 d0 级的电线和电缆；

(2) 避难层（间）内明敷设的电线及电缆选型应符合下列要求：其燃烧性能等级不应低于 B1 级、产烟毒性等级须达到 t0 级、燃烧滴落物/微粒等级应满足 d0 级标准的电线和 A 级电缆；

(3) 一类高层民用建筑中涉及金融业务场所、省级电力调度中心、省（市）级广播电视发射台站、通信枢纽机房及人员密集型公共活动场所等重要功能区域，其电气线路敷设所采用的电线电缆产品燃烧性能等级应达到的 B1 级难燃标准，同时需满足产烟毒性分级 t1 级、燃烧滴落物/微粒分级 d1 级的技术要求；

(4) 其他一类公共建筑中所使用的电线及电缆，其燃烧性能等级不应低于 B2 级，产烟毒性等级应为 t2 级，且燃烧滴落物/微粒等级不应低于 d2 级；

(5) 长期有人滞留的地下建筑应选择烟气毒性为 t0 级、燃烧滴落物/微粒等级为 d0 级的电线和电缆；

GB 55036—2022《消防设施通用规范》12.0.16 条规定：

火灾自动报警系统的供电线路、消防联动控制线路应

采用燃烧性能不低于 B2 级的耐火铜芯电线电缆，报警总线、消防应急广播和消防专用电话等传输线路应采用燃烧性能不低于 B2 级的铜芯电线电缆。

GB 55037—2022《建筑防火通用规范》10.2.2 条规定：

地铁工程中的地下电力电缆和数据通信线缆、城市综合管廊工程中的电力电缆，应采用燃烧性能不低于 B1 级的电缆或阻燃型电线。

### 3.2 应用举例

高危场所（核电站、油库）：选用 A 类阻燃+无卤低烟（WDZA）电缆，耐火等级 NJ 或 NS，附加指标满足 d0（无滴落）、t0（无毒性）避免高温熔融物引燃设备；

民用建筑：消防电梯与应急照明线路推荐 B1 级阻燃+NS 类耐火，耐火时间与建筑逃生预案匹配；

医疗场所：某医院改造中，手术室供电线路采用 B1 级无卤低烟电缆（WDZA-YJY），透光率 $> 60\%$ ，减少火灾时有毒气体释放。

轨道交通：地铁隧道选用 B1 级耐火电缆，附加 d0 和 t0 指标，防止隧道内火势蔓延。

数据中心：核心机房水平布线采用 B1 级，垂直布线提升至 A 级，确保火灾时数据传输不中断。

## 4 阻燃和耐火线缆的使用误区

### 4.1 混淆阻燃等级与燃烧性能分级标准

GB/T 19666—2019 的阻燃 A、B、C 类与 GB 31247—2014 的 A、B1、B2、B3 燃烧性能横向对应，误认为 B1 级等同于 B 类阻燃。但实际上这两个标准的分级方法和试验条件是完全不同的。GB 31247 侧重单根电缆燃烧特性（如热释放量、烟气毒性），而 GB/T 19666 要求成束敷设阻燃能力，二者需独立验证并叠加满足。

如某商业综合体设计中，设计师要求所有电缆达到 GB 31247 的 B1 级（低烟），但未同步验证其成束阻燃性能是否符合 GB/T 19666 的 A 类（非金属含量 $\leq 7L/m$ ），导致火灾后碳化范围超限，无法抑制火势蔓延。

### 4.2 忽视“低卤”与“无卤”电缆的场景适配性

在密闭空间（如地铁隧道）选用低卤低烟阻燃电缆，导致火灾时释放大量卤酸气体造成人员窒息。

如某地铁项目初期设计采用低卤 ZC 类电缆，后经模拟试验发现烟气透光率仅 30%（标准要求 $\geq 60\%$ ），最终改为无卤 WDZA-YJY 型电缆，烟气毒性指数达到 t0 级，满足逃生通道可视性需求。

### 4.3 耐火电缆选型忽略附加机械或喷水条件

民用建筑消防系统统一选用普通耐火电缆（N 类），未区分 NJ（机械冲击耐火）与 NS（喷水耐火）类别。隧道、桥梁等振动场景需选择 NJ 类耐火电缆，而消防喷淋区域应选用 NS 类（通过水喷射试验）。

如某高层建筑消防水泵线路选用 NS 类电缆（仅满足喷水耐火），但未考虑电缆井内机械振动环境，火灾时电

缆因外力断裂失效,违反 GB/T 19666 中 NJ 类要求(需通过 GB/T 19216.21 机械冲击试验)。

#### 4.4 误将耐火电缆等同于阻燃电缆

误认为耐火电缆(如 NH-YJV)自带阻燃功能,未额外要求阻燃性能,导致火灾时电缆成为火势蔓延载体。

如某数据中心核心机房采用 B1 级耐火电缆,但未通过 GB/T 19666 的成束阻燃试验(A类),火灾时电缆护套燃烧加剧火情。

#### 4.5 忽略电缆标识与检验的强制关联性

仅依据型号前缀(如“ZC-”或“N-”)判断性能,未核查第三方检测报告中的实际参数(如滴落物 d0-d2、毒性 t0-t3)。

如某医院项目采购标注“WDZAN-YJY”电缆,但检测发现烟气毒性为 t2 级(CO 浓度超限),违反 GB 31247 的 t0 级要求,需重新采购。

### 5 结束语

电缆阻燃与耐火类别的科学选型,是构筑电力系统安全防线的核心。在火焰与时间赛跑的生死瞬间,电缆的燃烧特性直接决定了火势蔓延的速度与灾害后果的边界。阻

燃电缆如同“防火墙”,通过非金属材料限容与碳化范围控制,有效阻滞火焰传播路径,为人员疏散赢得黄金时间;而无卤低烟阻燃电缆(WDZA 型)更将烟气透光率提升至 60%以上,在密闭空间中为生命通道保留可视性,避免次生窒息风险。

耐火电缆则是“生命线的守护者”,其核心价值在于火灾中维持关键系统的持续运行;NJ 类电缆在火焰下承受机械冲击,NS 类则通过水喷射试验,保障消防喷淋时线路完整。在火场中维持供电,确保生命保障设备不中断。

唯有将标准规范与工程实践深度融合,方能在安全与经济的天平上找到最优解,让电缆在烈焰中既成为阻燃的盾,亦化作通电的剑。

#### [参考文献]

[1]李伟.建筑电气设计中阻燃耐火电线电缆的应用分析[J].建筑·建材·装饰,2019(9):162.  
[2]刘东海,祁亚东.阻燃和耐火线缆在工程设计中的应用[J].智能建筑与城市信息,2012(6):3.  
作者简介:杜胜飞(1991.7—),男,工程师,中核第四研究设计工程有限公司。