

# 住建部电气标委会专栏 | 刘凯：消防应急灯具的电压等级和工程应用简析

原创 刘凯 建筑电气杂志 1月6日

消防应急照明和疏散指示系统是在火灾等紧急情况下，为人员的安全疏散和灭火救援行动提供必要的照度条件及正确的疏散指示信息的建筑消防系统，对有效保障人员从建、构筑物中安全疏散和消防救援工作的顺利开展，具有重要的辅助作用。作为指导消防应急照明和疏散指示系统工程应用的国家工程技术标准，GB 51309 - 2018《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》（以下简称《技术标准》）于2019年3月1日首次颁布实施。

在《技术标准》颁布实施之前，由于缺少工程技术标准的有效指导，导致消防应急照明和疏散指示系统在工程应用环节出现了一定的问题，其中一个比较突出的问题就是在日常使用过程中或是在消防救援过程中，发生了多起因人员直接或间接接触及消防应急灯具受到电击而引发的人员伤亡事故。作为一种建筑消防系统，消防应急照明和疏散指示系统自身的安全性能尤为重要，为了消除消防应急灯具在工程应用过程中可能存在的电击危险，有效保障建筑内的人员和消防救援人员的生命安全，《技术标准》编制过程中，编制组对多起消防应急灯具引发电击事故的案例进行了深入的调研分析，并参照国内外相关工程技术标准，对消防应急灯具的电压等级及工程应用要求作出了相应的规定。

## 消防应急灯具电击防护的电压阈值

### 国家相关标准对人员电击防护接触电压阈值的规定

国家标准 GB / T 13870. 5 - 2016《电流对人和家畜的效应 第5部分：生理效应的接触电压阈值》中规定了不同工况条件下，会引起心室纤维性颤动的接触电压阈值，其中交流（50 Hz / 60 Hz）接触电压阈值如表1所示，直流接触电压阈值如表2所示。

表 1 心室纤维性颤动的交流 (50 Hz / 60 Hz) 接触电压阈值

Tab. 1 AC (50 Hz / 60 Hz) touch voltage threshold of ventricular fibrillation

心室纤维性颤动 电流阈值 / mA	长持续时间的交流接触电压阈值 / V								
	盐水湿润			水湿润			干燥		
	大接触 面积	中等接触 面积	小接触 面积	大接触 面积	中等接触 面积	小接触 面积	大接触 面积	中等接触 面积	小接触 面积
手到手 100	90	160	257	98	165	260	99	99	260
双手到双脚 40	20	36	94	24	71	149	33	82	149
一只手到臀部 57	27	49	99	31	65	400	34	65	100

表 2 心室纤维性颤动的直流接触电压阈值

Tab. 2 DC touch voltage threshold of ventricular fibrillation

心室纤维性颤动 电流阈值 / mA	长持续时间的直流接触电压阈值 / V								
	盐水湿润			水湿润			干燥		
	大接触 面积	中等接触 面积	小接触 面积	大接触 面积	中等接触 面积	小接触 面积	大接触 面积	中等接触 面积	小接触 面积
手到手 350	263	351	467	264	353	470	264	264	470
双手到双脚 140	68	121	220	75	143	223	87	143	223
一只手到臀部 200	83	126	201	82	127	203	85	127	203

### 《技术标准》对消防应急灯具电击防护电压

消防应急照明和疏散指示系统的功能是为人员的安全疏散和灭火救援行动提供必要的照度条件及正确的疏散指示信息, 根据系统的消防功能, 在建、构筑物火灾发生直至灭火救援结束的全过程中, 消防应急灯具均需保持在有效的工作状态。在灭火及救援过程中, 由于自动喷水灭火系统的启动及消防救援人员利用水介质进行灭火的行为, 均会导致消防应急灯具运行环境发生变化, 正在运行的消防应急灯具可能会被溅水、淋水或直接被水介质冲洗、浸泡。

消防应急灯具在日常使用过程中, 可能会因外壳破损而导致人员直接接触外露的带电部分; 或在灭火救援过程中因火灾或人为因素造成外壳损坏, 而导致人员直接或间接 (通过水介质) 接触外露的带电部分。为了有效防止上述因素导致的电击事故, 消防应急灯具的额定工作电压应低于 GB / T 13870. 5 - 2016 规定的引起心室纤维性颤动的接触电压阈值。

根据 GB / T 13870. 5 - 2016 规定的最不利情况, 即消防应急灯具在被盐水湿润的情况下, 人员双手长时间接触灯具时, 灯具采用交流供电时不会产生心室纤维性颤动的接触电压阈值为 AC 20 V, 灯具采用直流供电时不会产生心室纤维性颤动的接触电压阈值为 DC 68 V。然而, 通过对建、构筑物中设置的消防应急灯具工程应用情况分析可以看出, 灯具可能处于的运行环境比 GB / T 13870. 5 - 2016 规定的最不利情况更加恶劣。因此, 《技术标准》在 GB / T 13870. 5 - 2016 的基础上, 对消防应急灯具电击防护的安全电压作了更加严格的限制, 并结合现有产品的技术水平和工程应用的实际需求, 将消防应急灯具电击防护的安全电压阈值限定为 DC 36 V, 并将主电源和蓄电池电源的额定工作电压均低于 DC 36 V 的灯具界定为 A 型灯具。

## 消防应急灯具的电压等级分类

### 消防应急灯具的电源要求

消防应急照明和疏散指示系统不同于其他消防系统，系统自带后备保障性蓄电池电源，即消防应急灯具的电源由主电源和蓄电池电源组成。根据消防应急灯具蓄电池电源供电方式的不同，消防应急灯具分为自带电源型和集中电源型两个类别。

自带电源型灯具内部设置蓄电池电源，由应急照明配电箱为灯具主电源配电，当应急照明配电箱的主电源断电时，灯具自动转入自带蓄电池电源供电。自带电源型灯具的主电源和蓄电池电源可以采用不同的电压等级。

集中电源型灯具内部不设置蓄电池电源，灯具的主电源和蓄电池电源均由应急照明集中电源提供，灯具的主电源和蓄电池电源在应急照明集中电源内部实现转换后，由同一配电回路为灯具供电。集中电源型灯具的主电源和蓄电池电源的电压等级是相同的，这一点与自带电源型灯具是不同的。

### 消防应急灯具的分类要求

《技术标准》根据消防应急灯具额定工作电压的不同，将消防应急灯具分为 A 型和 B 型灯具，其中：主电源和蓄电池电源工作电压均不大于 DC 36 V 的消防应急灯具为 A 型灯具，主电源或蓄电池电源工作电压大于 DC 36 V 的消防应急灯具为 B 型灯具。灯具的主电源和蓄电池电源有一个大于 DC 36 V 或 AC 36 V 时，灯具即属于 B 型灯具范畴。

### 不同电压等级灯具的供电要求

#### >>>> A 型灯具的供电要求

A 型灯具的主电源和蓄电池电源均采用直流供电，且主电源和蓄电池电源的额定工作电压不应大于 DC 36 V。A 型灯具的供电应满足下述要求。

#### 。 自带电源 A 型灯具的供电要求

为自带电源 A 型灯具配电的应急照明配电箱应为 A 型应急照明配电箱，A 型应急照明配电箱的主电源采用 AC 220 V 供电，在内部进行 AC / DC 转换后采用直流输出为灯具进行分配电，且每个输出回路的额定输出电压不应大于 DC 36 V，目前各厂家生产的 A 型应急照明配电箱的输出电压等级一般采用 DC 36 V 和 DC 24 V 两个规格。自带电源 A 型灯具自带蓄电池均采用直流为灯具供电，蓄电池的电压等级一般与灯具的主电源一致，或低于灯具的主电源。

### 。集中电源 A 型灯具的供电要求

为集中电源 A 型灯具供电的应急照明集中电源应为 A 型应急照明集中电源，A 型应急照明集中的主电源采用 AC 220 V 供电，A 型应急照明集中电源的主电源和蓄电池电源均采用直流输出，且每个输出回路的额定输出电压不应大于 DC 36 V。集中电源的主电源在内部进行 AC / DC 转换后采用直流输出为灯具进行分配电，集中电源的蓄电池组的电压等级与主电源输出的电压等级一致，集中电源的主电源断电后，集中电源自动或受控转入蓄电池电源输出。目前各厂家生产的 A 型应急照明集中电源的输出电压等级一般采用 DC 36 V 和 DC 24 V 两个规格。

### >>>> B 型灯具的供电要求

B 型灯具的蓄电池电源应采用直流供电，主电源可以采用交流也可以采用直流供电。B 型灯具的供电应满足下述要求。

### 。自带电源 B 型灯具的供电要求

为自带电源 B 型灯具配电的应急照明配电箱应为 B 型应急照明配电箱，B 型应急照明配电箱的主电源采用 AC 220 V 供电，一般也采用 AC 220 V 输出为灯具进行分配电。自带电源 B 型灯具自带蓄电池均采用直流为灯具供电，受灯具结构的限制，自带电源 B 型灯具蓄电池的电压等级均不大于 DC 36 V。

### 集中电源 B 型灯具的供电要求

为集中电源 B 型灯具供电的应急照明集中电源应为 B 型应急照明集中电源，B 型应急照明集中的主电源采用 AC 220 V 供电，B 型应急照明集中电源的主电源可以采用直流输出，也可以采用交流输出；B 型应急照明集中电源的蓄电池组采用直流输出，电压等级与主电源一致。目前各厂家生产的 B 型应急照明集中电源一般采用主电源 DC 48 V 输出 / 蓄电池电源 DC 48 V 输出、主电源 AC 220 V 输出 / 蓄电池电源 DC 216 V 输出和主电源 DC 216 V 输出 / 蓄电池电源 DC 216 V 输出几个规格。

## 不同电压等级消防应急灯具的功能要求

《技术标准》中对不同电压等级灯具的功能要求作出了明确规定。

## 系统自动应急启动的控制逻辑和时序要求

《技术标准》中按照消防应急灯具的控制方式不同，将消防应急照明和疏散指示系统分为集中控制型系统和非集中控制型系统。《技术标准》对不同类型的系统在火灾发生时应急启动的控制逻辑和时序作出了明确规定。

### >>>> 集中控制型系统应急启动的控制逻辑和控制时序

集中控制型系统中，应急照明控制器应能采用自动和手动方式控制系统的应急启动。应急照明控制器接收到火灾报警控制器的火灾报警输出信号后应按如下控制逻辑和控制时序控制系统设备应急启动：① 应自动控制系统所有非持续型照明灯具的光源应急点亮，持续型灯具的光源由节电点亮模式转入应急点亮模式；② 控制 B 型集中电源转入蓄电池电源输出、B 型应急照明配电箱切断主电源输出；③ A 型集中电源应保持主电源输出，待接收到其主电源断电信号后，自动转入蓄电池电源输出；A 型应急照明配电箱应保持主电源输出，待接收到其主电源断电信号后，自动切断主电源输出。

集中控制型系统自动应急启动的控制逻辑和时序如图 1 所示。

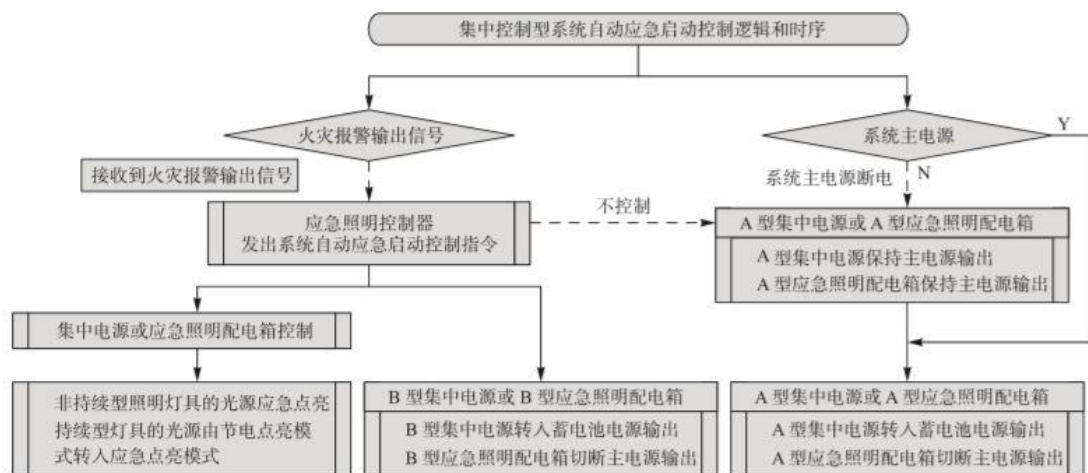


图 1 集中控制型系统自动应急启动控制逻辑和时序示意图

Fig. 1 Schematic diagram of control logic and time sequence of automatic emergency start of centralized control system

### 》》》 非集中控制型系统应急启动的控制逻辑和控制时序

非集中控制型系统中，应能采用手动方式控制系统的应急启动。灯具采用集中电源供电时，应能手动操作集中电源，控制集中电源转入蓄电池电源输出，同时控制其配接的所有非持续型照明灯具的光源应急点亮、持续型灯具的光源由节电点亮模式转入应急点亮模式；灯具采用自带蓄电池供电时，应能手动操作切断应急照明配电箱的主电源输出，同时控制其配接的所有非持续型照明灯具的光源应急点亮、持续型灯具的光源由节电点亮模式转入应急点亮模式。

非集中控制型系统手动应急启动的控制逻辑和时序如图 2 所示。



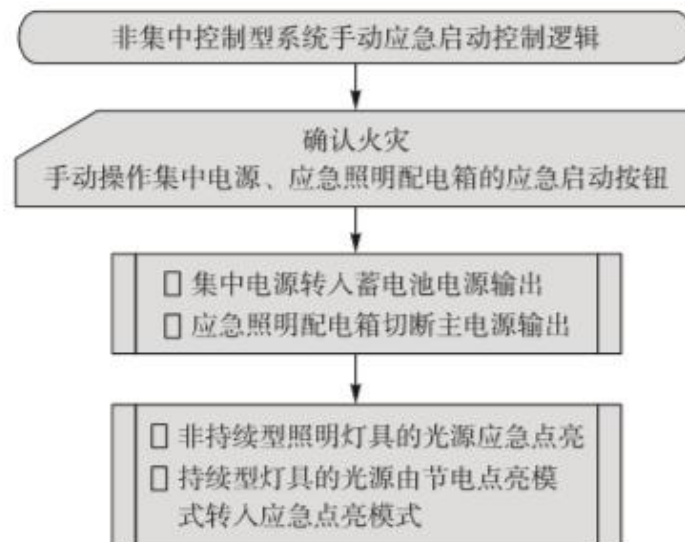


图 2 非集中控制型系统手动应急启动控制逻辑和时序示意图

Fig. 2 Schematic diagram of control logic and time sequence of manual operation emergency start of non-centralized control system

### 不同电压等级灯具电源的控制要求分析

为了有效发挥消防应急照明和疏散指示系统辅助人员安全疏散和消防救援的作用，系统在火灾工况条件下的持续应急时间，即系统设备在蓄电池电源下保持应急工作状态的时间是系统一个关键的性能指标。《技术标准》根据不同类型建、构筑物人员安全疏散的难易程度，规定了不同类型建、构筑物中设置系统的最小持续应急时间指标。

#### 集中控制型系统不同电压等级灯具电源的控制要求

《技术标准》要求采用集中控制型系统适用的场所，多为建筑规模较大的建、构筑物或人员密集场所等人员疏散难度较大的场所。在确保系统不会对人员产生电击危险的前提下，在火灾发生时，为了更加有效地发挥系统辅助疏散和救援的作用，应尽可能地延长系统持续工作的时间。

集中控制型系统中，应急照明控制器可以按照预设逻辑和时序控制系统设备的工作状态，考虑到 A 型灯具不存在电击危险，《技术标准》规定建、构筑物发生火灾时，系统自动应急启动后，A 型灯具保持主电源供电，待主电源断电后，转入后备保障性的蓄电池电源为灯具供电。《技术标准》对集中控制 A 型灯具的控制逻辑要求，可以确保系统在具有固有持续应急时间基础上，能够最大限度地延长系统在火灾时持续工作的时间，从而更有效地辅助人员的安全疏散和灭火救援。

由于 B 型灯具的额定工作电压高于电击防护电压阈值，为了避免灯具对人员产生电气危险，《技术标准》规定建、构筑物发生火灾，系统自动应急启动时，应急照明控制器应控制 B 型灯具转入蓄电池电源供电。

#### 》》》 非集中控制型系统不同电压等级灯具电源的控制要求

《技术标准》规定可采用非集中控制型系统的场所，多为建筑规模比较小，且未设置火灾自动报警系统的非人员密集场所。由于这些场所未设置火灾自动报警系统，发生火灾时无法自动触发系统应急启动；且非集中控制型系统中未设置应急照明控制器，无法按照预设的逻辑和时序控制系统设备的工作状态。基于有效降低灯具电击危险和便于火灾时人员应急处置操作的考虑，《技术标准》中规定建、构筑物发生火灾时，应能手动控制应急照明集中电源转入蓄电池电源输出、应急照明配电箱切断主电源输出，并控制系统灯具的光源应急点亮，即无论采用 A 型灯具还是 B 型灯具，在确认火灾后，均应手动控制灯具转入蓄电池电源供电。

### 不同电压等级灯具的工程应用要求

《技术标准》根据消防应急灯具不同电压等级的分类及功能要求，对不同电压等级灯具的选型和设置要求作出了相应规定。

### 不同设置高度灯具的选型要求

根据 GB / T 16895. 1 - 2008《低压电气装置 第 1 部分：基本原则、一般特性评估和定义》的规定，距地面 2. 5 m 及以下的高度为人的伸臂范围，即在正常情况下人体可能接触到的高度范围。在系统的日常使用过程中，灯具的外壳破损造成带电部分外露时，处于人员伸臂范围内的灯具会对人员造成电击危险，为了有效消除灯具的电击危险，《技术标准》规定设置在距地面 2. 5 m 及以下的消防应急灯具应采用额定工作电压低于电击防护电压阈值的 A 型灯具。

火灾扑救过程中，灭火救援人员一般使用消火栓实施灭火，由于灭火用的水介质具有导电性，这样就会通过消火栓及其水柱形成导电通路，为了避免在火灾扑救过程中发生电击事故，综合考虑现有系统产品的技术水平和工程应用情况等因素，要求距地面 2. 5 ~ 8 m 高度范围内设置的灯具也应采用 A 型灯具。

对于大型体育馆、民航候机楼等高大空间场所，消防应急照明灯具的设置高度一般在 8 m 以上，随着灯具设置高度的增加，如需满足《技术标准》规定的地面水平照度指标要求，必须增大照明灯具的光通量输出，即提高灯具的额定功率。如这些场所中采用 A 型照明灯具，由于灯具的额定工作电压较低，灯具的额定功率过大势必影响灯具配电回路的荷载能力，因此，该类场所宜选择额定工作电压更高的 B 型灯具。由于灯具的设置高度较高，即使救援人员在灭火救援过程中通过水介质与灯具间接接触，发生电击危险的风险也大为降低。基于便于维护的角度考虑，该类场所中一般采用集中电源 B 型灯具，发生火灾时，按照《技术标准》规定的系统应急启动的控制逻辑要求，

集中电源转入蓄电池电源输出，集中电源的蓄电池电源与主电源间有隔离措施，可有效降低灯具对人员的电击危险。

### 未设置消防控制室的住宅建筑灯具的特殊选型要求

按照现行国家标准 GB 50016 - 2014（2018 年版）《建筑设计防火规范》的规定，建筑高度大于 27 m 的住宅建筑应设置消防应急疏散照明。目前，建筑高度大于 27 m 且小于 54 m 的住宅建筑一般未设置火灾自动报警系统，根据《技术标准》的规定，这类住宅建筑可设置非集中控制型系统。这类住宅建筑中，人员对疏散设施和疏散路径比较熟悉，人员的安全疏散相对容易，一般基于降低工程造价的考虑，建设方希望疏散走道和楼梯间内设置的消防应急灯具能够兼作日常照明。

通过上述对不同电压等级消防应急灯具的功能描述可以看出，自带电源 B 型灯具的主电源和蓄电池电源可以采用不同的电压等级。在非火灾状态下可以采用 AC 220 V 的电压等级供电，灯具控制全部光源点亮，输出高光通量以满足日常照明的功能需求；发生火灾时，控制灯具转入电压等级低于电击防护电压阈值的蓄电池电源供电，灯具控制部分光源点亮，输出较低光通量以满足应急照明的功能需求，而且系统应急启动后，消防应急灯具不会给人员造成电击危险。灯具在主电源供电时兼作日常照明，灯具的全部光源点亮时灯具的额定功率大幅增加，由于灯具主电源的额定工作电压高，灯具的配电回路的电流荷载可以满足要求；应急照明的照度指标低于日常照明的照度指标，火灾发生时，尽管灯具转入电压等级较低的蓄电池电源供电，灯具的额定功率也相应下降，灯具配电回路的电流荷载仍然可以满足要求。考虑到上述类别住宅建筑的实际工程需求，并基于自带电源 B 型灯具的上述功能特点及应急启动控制逻辑要求等因素考虑，《技术标准》中允许上述类别住宅建筑的疏散走道和楼梯间采用非集中控制自带电源 B 型消防应急灯具；其他建、构筑物中，设置高度不大于 8 m 的消防应急灯具应严格按照《技术标准》的要求采用 A 型灯具。

由于集中电源型灯具的主电源和蓄电池电源的电压等级一致，系统应急启动后，应急照明集中电源转入蓄电池电源输出时，回路输出电压高于电击防护电压阈值，存在一定的电击危险。因此，上述类别的住宅建筑中不能采用集中电源 B 型消防应急灯具。

### 结语

按照《技术标准》的要求，消防应急疏散标志灯具的设置高度不大于 6 m，因此，除未设置消防控制室的住宅建筑外，其余建、构筑物设置的消防应急疏散标志灯具均采用 A 型灯具。目前，仅有设置高度在 8 m 以上的消防应急照明灯具受现有技术水平的制约，尚需采用 B 型灯具；随着 LED 光源技术的飞速发展，照明灯具的光效不断提高，相信不远的未来 A 型照明灯具可以取代 B 型灯具应用于高大空间场所，也可以兼作日常照明，从而彻底提升系统的电击防护性能。

本文有删减，全文载于《建筑电气》2019 年第 12 期，详文请见杂志。

版权归《建筑电气》所有。



作者：

刘 凯，男，应急管理部沈阳消防研究所，副研究员，企管办主任。