

doi: 10.7690/bgzdh.2024.03.011

火炸药环境电气危险 F0 区照明技术研究

白 蕾, 韩超杰, 高 阁, 卢 鲁

(中国兵器工业试验测试研究院安全环保处, 陕西 华阴 714200)

摘要: 针对现阶段火炸药环境电气危险 F0 区照明方式存在覆盖区域有限、照度不足等问题, 通过对阳光导入照明系统原理和特点进行分析, 运用光纤照明和光导照明技术进行 F0 区光源引入的应用模型, 为 F0 区提供安全性能好、采光效率高、绿色节能的照明方案。应用结果表明: 该方案可解决 F0 区大进深空间和地下空间的采光问题, 提高火炸药生产、储存、搬运、检验等环节作业效率和安全性。

关键词: 火炸药环境; 光纤照明; 光导照明

中图分类号: TJ55 **文献标志码:** A

Research on Lighting Technology for Electrical Hazard F0 Area of Explosive Environment

Bai Lei, Han Chaojie, Gao Ge, Lu Lu

(Safety and Environmental Division, Norinco Group Testing and Research Institute, Huayin 714200, China)

Abstract: Aiming at the problems of limited coverage area and insufficient illumination existing in the lighting mode of electrical hazard F0 area in explosive environment at present, the principle and characteristics of sunlight introduction lighting system are analyzed, and the application model of light source introduction in F0 area is carried out by using optical fiber lighting and light guide lighting technology, which provides a lighting scheme with good safety performance, high lighting efficiency and green energy saving for F0 area. The application results show that the scheme can solve the lighting problem of large depth space and underground space in F0 area, and improve the operation efficiency and safety of production, storage, handling and inspection of explosives.

Keywords: explosives environment; optical fiber lighting; photoconductive illumination

0 引言

我国现有防爆电器的设计、制造、检验均针对普通易燃易爆粉尘, 不适用于国防工业火炸药粉尘场所, 电气照明设备作为生产作业过程中至关重要的防爆电器, 涉及生产、存储、转运等各环节, 在火炸药环境中更应受到严格的使用限制^[1]。火炸药环境电气危险 F0 区工作场所采用隔窗或者壁龛灯投光照明时, 存在某些区域照度不够, 危险品堆垛之间、堆垛后面有阴影, 有照明死角等问题, 影响了工作效率, 增加了生产安全事故发生的可能性。对于划分为 F0 区的地面工作间而言, 室外投光照明安全可靠且易于实现, 但对于距离较长或采光困难的大进深空间和地下空间, 室外投光照明难以满足实际作业需求。特别是存储危险品的覆土库和洞库, 只有一面边墙或洞口能够安装室外照明设备, 投光照明覆盖的区域有限, 对于深度较大、结构较复杂的 U 型或 L 型洞库, 较深和拐弯的地方照度无法满足危险品的存储、搬运、检验等作业要求; 另

外, 当作业人员搬运危险品出库时, 迎面而来的强光会对其视线产生严重干扰, 可能会造成短时间的眩晕, 给生产作业带来不安全因素, 形成事故隐患。

笔者提出安全性能好、采光效率高、绿色节能的阳光导入照明技术, 用于解决目前 F0 区较深区域照度不足对火炸药生产、储存、搬运、检验等作业产生的不利因素, 保障生产作业安全高效进行。

1 《军工燃烧爆炸品工程设计安全规范》简介

《军工燃烧爆炸品工程设计安全规范》(WJ30059—2021)将火炸药环境电气危险区域以工作间为单位划分为 F0、F1 和 F2 区, 并应符合下列规定:

- 1) F0 区是长期存在能形成爆炸危险且危险程度较大的火药、炸药及其粉尘的工作间;
- 2) F1 区是正常运行时可能形成爆炸危险的火药、炸药及其粉尘的工作间;
- 3) F2 区是正常运行时可能形成火灾危险, 而

收稿日期: 2023-11-11; 修回日期: 2023-12-15

作者简介: 白 蕾(1988—), 女, 陕西人, 硕士。

爆炸危险性极小的火药、炸药、氧化剂及其粉尘的工作间，以及在生产过程中火药、炸药处在水中或酸中作业的场所。

根据 IEC 对防爆电气的研究和论述，电气设备可能会通过表面温度过高、设备电气电弧或火花、聚集的静电放电、辐射能量、与设备相关的机械火花、摩擦火花或发热等途径成为危险源。安全规范规定 F0 区不应安装电气设备，该场所的照明应采用隔窗照明或者壁龛灯照明这 2 种室外照明方式，F1 和 F2 区可以安装电气设备，电气设备保护级别、防爆结构、表面温度等选择必须符合标准规范要求，其中门灯及安装在外墙外侧的开关、配电箱应选用特定防爆、防尘、防水等级的产品。

2 阳光导入照明技术原理

光可以看作是一种频率很高的电磁波，一般人眼可以感知的波长在 400~760 nm。由于光在不同介质中的传播速度不同，当光从一种介质射向另一种介质时，传播方向发生改变，在 2 种介质的界面产生反射和折射现象。变化入射光的角度会引起折射光的角度变化，当入射光的角度达到或超过某个角度时，会发生光的全反射，即折射光消失，入射光全部被反射回来。不同物质对相同波长光的折射角度有所不同，相同物质对不同波长光的折射角度也不相同。阳光导入照明即是利用可见光的波长范围，及在传输介质中的折射和反射效应将光能量传递到工作场所并产生照明效果。按照导光介质不同，目前阳光导入照明有光纤照明和光导照明 2 种类型。光纤照明是以光纤为传输介质将光线传播并导入到室内环境，光导照明则是利用光的反射原理，使光在导光管内部多次反射到达导光管底部。

在传统照明中，光源是通过将电能转换为光能来实现的，光与电不可分割，在易燃易爆危险场所引入电能可能带来新的危险源^[1-3]。光导照明和光纤照明只传输光，不产生电气火花和热量，无电磁干扰，必要时可滤除红外、紫外波段的光能，减少红外辐射引起的其他物资升温或影响危险物品的安定性，还可以转弯传输柔性布线，根据不同安装地点加工成各种不同的形状，照明方式多样，在易燃易爆、高温高湿、有毒有害物质场所已得到成功应用，取得了良好效果。因此，在火炸药环境电气危险 F0 区应用阳光导入照明系统，可有效解决现有隔窗和壁龛灯投光照明的一些不足，为 F0 区大进深空间和地下空间提供更加安全、高效、健康的照明，提

高工作效率，降低安全事故发生的可能性。

3 阳光导入照明系统

3.1 光纤照明系统

光纤照明系统采用太阳轨迹追踪，通过光学凸透镜聚焦收集太阳光，通过物理光学原理对太阳光成分进行分离过滤，阻断过量的紫外线、红外线和有害辐射，通过光纤将阳光传递到室内^[4-5]。光纤照明系统一般由聚光装置、传导装置(光纤)和室内照射装置 3 部分构成，如图 1 所示。

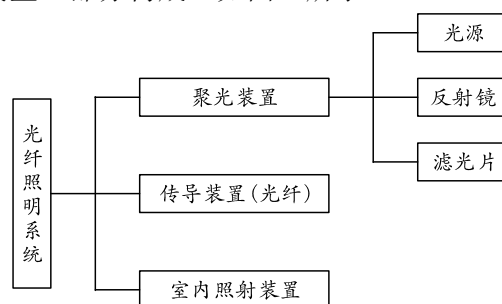


图 1 光纤照明系统组成

1) 聚光装置。

聚光装置是光纤照明系统的主体部分，由光源、反射镜、滤光片等组成，主要完成光能采集、聚焦、导入光纤的功能。当光源照射到反射镜时，光会被强烈地反射回来，形成一束近似的平行光，通过滤光片选择性透射特定波长的光，按照光纤的路径传输到预定位置。为确保生产安全，聚光装置不应安装在易燃易爆危险场所，同时根据实际需求设置不同的滤光片，用以消除红外线、紫外线和其他波段的能量传输，减少引起物资温升或影响危险物品的安定性。

2) 传导装置。

传导装置采用柔韧性强、光通量大的石英光纤或 PMMA 塑料光纤，在外层涂布高反射、耐老化的合成膜，使阳光最大程度地通过光纤到达输出端。光纤根据发光类型可分为体发光和端发光，体发光即光纤本身是发光体，会形成一个柔性光柱，端发光是光束传到端点后利用尾灯进行照明。光纤根据不同结构可分为单股、多股、网状，单股光纤直径范围为 6~20 mm；多股光纤股数一般从几根至上百根且均为端发光，直径范围为 0.5~3 mm；网状光纤由直径较小的体发光光纤组成，能够形成柔性光带。

3) 室内照射装置。

室内照射装置又称末端附件，安装在系统末端

用于将光高效均匀地照射到室内, 达到自然光照明的良好效果, 其工作原理可视为聚光过程的逆过程, 为适应不同类型光纤的发光特点, 末端附件有发光末端附件和非发光末端附件 2 种类型。发光末端附件是一种直射式或反射式类似于灯具的发光附件, 配置于端发光光纤末端, 有各类筒灯型、透镜型(可聚光或发散光)、水下专用型以及地面型可供选择。非发光末端附件是不透明密闭型封套, 配置在体发光光纤终端。

3.2 光导照明系统

光导照明系统主要由集光装置、导光管和漫射装置 3 部分构成, 如图 2 所示。集光装置负责收集室外的自然光, 将其引入系统的内部重新分配, 经过特殊制作的导光装置进行强化和高效传输后, 自然光由系统底部的漫射装置均匀照射到室内任何需要光线的地方, 得到良好的照明效果^[6-7]。

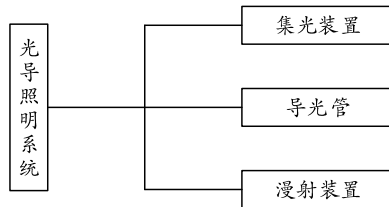


图 2 光导照明系统

1) 集光装置。

集光装置用于收集室外太阳光, 通常设计为透明采光罩, 可根据不同环境要求制作成不同的结构和形状。采光罩一般由 PC 材料注塑成型, 外表面经过抛光处理覆盖耐磨涂层和防紫外线涂层, 可以提高透光率、减少紫外线进入、延缓采光罩老化。采光装置根据采光方式的不同分为被动式和主动式, 被动式采光是将采光罩和光导管连接在一起, 主动式加装了带有传感器和反馈装置的太阳光跟踪采光器, 使采光器的采光方向始终向着太阳, 提高采光效率^[8]。

2) 导光管。

导光管是将收集的太阳光导入室内的管道, 一般采用质量较轻、防火性能好的铝制材料制作。导光管根据使用环境要求制作作为直管和弯管 2 种, 弯管弯曲角度可达 0~90°。在导光管的内壁镀上高反射率的薄膜, 使管内传播的光线经多次反射后损失最小, 反射率达到 98% 以上。

3) 漫射装置。

漫射装置的功能是将自然光重新分配投射到作业区域, 为提高系统整体效率, 避免产生频闪、色

偏、眩光或照度分布不均匀, 需要选择高透射比、散光良好的装置, 目前通常采用 PC 材料制作。

4 阳光导入照明系统的应用

光纤照明和光导照明原理不同, 适用场所也不同。光导照明的光导管直径为 330~750 mm 不等, 光通量大, 一般安装在建筑物顶部, 20 m 以内为较佳传输距离。光纤有体积小、安装位置灵活等优点, 适合长距离传输, 较远为 60 m。对于厂房、工房等场所, 在房顶安装光导照明成本较光纤照明低, 照射面积大, 采光效率高; 但是, 对于覆土库、洞库等大进深空间和地下空间, 光纤照明有安装方式多样、传输距离较长、可柔性布线等优势。利用导光管作为照明系统的主管网, 光纤作为分支, 将 2 种照明方式有效地组合起来, 构成一种光通量大、传输距离远、采光效率高的照明方案, 更好地适应不同场所的照明需求。聚光装置和集光装置一般放置在安全场所, 以自然太阳光为主要光源, 当黄昏、阴天或雨天太阳光亮度不足时, 使用电光源作为补充, 用于给聚光装置和集光装置投射光线。

阳光导入照明系统作为一种安全照明方式, 可解决目前火炸药环境电气危险 F0 区较深区域照明问题, 也可应用在火炸药环境电气危险 F1 和 F2 区以及其他易燃易爆危险场所。阳光导入照明不仅可以作为工作照明, 为工作场所提供充足的照明光线, 也可作为应急照明使用, 当电源异常中断时可为疏散人员、消防救援、保障重要作业和生产不间断运行等提供照明, 还能为工作场所视频监控系统提供照明条件, 提高安全监管能力。

5 结束语

将光纤照明和光导照明应用于火炸药环境电气危险 F0 区, 不但能够获得无频闪、无色偏、无眩光的照明, 使室内环境更加舒适健康, 提高工作效率, 而且能够实现转弯传输柔性布线, 可解决 F0 区易燃易爆危险品工库房、存储库, 特别是 U 型或 L 型洞库的采光问题, 更能够有效减少因电器火花、温升、电磁辐射引发的危险品爆炸等安全事故的发生。今后将进一步分析解决光纤和光导传输衰减技术难题, 增加光线传输距离, 提高发光效率。

参考文献:

- [1] 李春光. 光纤照明技术在军工行业应用研究[J]. 安全与环境学报, 2004(S1): 118-119.