

# 柔性电缆防爆盒结构分析及工程应用

张国兴

(北京赛瑞斯国际工程咨询有限公司河北雄安分公司)

**摘要：**电缆工程施工中，两段电缆连接施工后，常采用电缆防爆盒对电缆的中间接头做外部防护。目前施工通常采用直线扣合式普通电缆防爆盒，在电缆或接头发生弯曲变形的情况下，电缆防爆盒不能适应中间接头的形变，导致电缆防爆盒无法将中间接头做扣合安装，施工改用柔性电缆防爆盒技术方案，较好地实现了电缆防爆盒与中间接头弯曲变形的施工要求。柔性电缆防爆盒在结构上利用凸筋和凹槽间隙相配合的连接方式，实现电缆保护盒的弯曲变形和长度增减，既降低了施工难度，又方便了现场施工。

**关键词：**中间接头；柔性；防爆盒；弯曲变形；扣合；电缆

2024.02.DQGY  
74

## 0 引言

随着城市的发展，供电负荷逐渐增加，架空线路运行电流小、容易漏电等缺点逐渐显现，电缆线路得到市场的认可并广泛应用。在电缆线路工程中，电缆线路的中间接头质量受施工人员的综合素质和环境等因素影响，如中间接头绝缘损坏会导致短路击穿事故，引发火灾。因电缆线路的中间接头一般设置在电缆井内，井内空间相对狭窄，且各电缆之间距离近，一旦发生火灾，将对电缆井内其他电缆线路的运行构成严重的影响，面对以上问题时，施工技术通常要求在电缆中间接头外部安装防爆装置来保障其安全运行。

## 1 电缆中间接头防爆盒功能及技术要求

为了对敷设路线中的电缆进行保护，在DLT 5484—2013《电力电缆隧道设计规程》中，隧道消防规定必须对电缆通道和电缆本身进行阻燃防护以防止延燃。同样，GB 50127《电力工程电缆设计规范》也

明确了对电缆可能引发火灾并导致严重事故的回路、电缆密集区域，以及容易受到外部影响引发火灾的地方，应当设置适当的阻燃隔离，根据工程的重要性、火灾的可能性以及其特性和经济效益等因素，应实施适当的安全措施。电缆中间接头防爆盒简称电缆防爆盒，其功能是防止外来机械性破坏力对电缆中间接头造成伤害，并防止电缆中间接头击穿爆炸引发火灾，冲击力对其他运行的线路或附近的人员造成伤害，保护其他设施或人员，所以电缆防爆盒能较好地应用于电缆井、隧道或其他需要防护电缆的区域。

电缆防爆盒的技术要求如下：

- 1) 电缆防爆盒应将电缆或电缆中间接头扣合在内部，使防爆盒对内对外形成防护层；
- 2) 电缆防爆盒应设置泄压孔，内部应填充一定的灭弧材料，当电缆中间接头发生弧光爆炸，泄压孔上的密封孔塞迅速被压力冲开释放防爆盒内的爆炸冲击波，防爆盒内部的灭弧介质此时与电弧大面积接

触，迅速吸收电弧能量并熄灭电弧；

3) 电缆防爆盒具有阻燃特性，且有良好的耐腐蚀性，它对酸、碱、盐、油等各种腐蚀介质都有特殊的防腐功能，且不会发生锈蚀。满足IV级污秽环境条件下（沿海地区和化工场所及长期直埋地下）使用的技术要求；

4) 电缆防爆盒应具有非常强的抗冲击特点，能有效防止外力的破坏及承受来自壳体内部或外部的超强冲击。

## 2 普通电缆防爆盒结构描述

目前电缆防爆盒主要有普通电缆防爆盒和柔性电缆防爆盒两种。普通电缆防爆盒由于其长期应用，在市场上占据主导地位，其结构如图1所示。制造及主要材质主要有两种：一种是金属板钣金加工制成，另一种是玻璃钢材质浇筑压模制成。普通电缆防爆盒为圆柱形直线扣合式结构，内部有一定的空间，电缆穿过防爆盒后中间接头被防爆盒扣合，防爆盒内填充灭弧材料，用于阻燃灭弧，不同型号的电缆其电缆防爆盒尺寸各异。具体的使用方式是在电缆中间接头施工完毕后，把电缆防爆盒采用对扣的方式将电缆中间接头扣合在防爆盒内部，将防爆盒两侧的固定孔用螺栓紧固，并通过泄压孔对内部进行灭弧材料的填充及密封，形成保护层。这种电缆中间接头防爆盒的优点是安装简单、施工作业时间短。缺点不能适应电缆的弯曲变形和增减一定长度的保护。

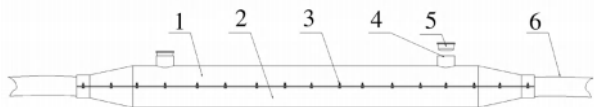


图1 普通电缆防爆盒结构示意图

1—上护罩 2—下护罩 3—紧固螺栓 4—填充孔  
5—密封孔塞 6—电缆

## 3 柔性电缆防爆盒结构描述

柔性电缆防爆盒为市场新生产品，其安装灵活性和保护长度增减便捷性正逐步得到市场的认可。

### 3.1 柔性电缆中间接头防爆盒构成

柔性电缆中间接头防爆盒结构如图2所示，组件材料主要由板厚为1.5~2.0mm的不锈钢板材压模制成。在组件的两侧设置有相对应固定孔用螺栓紧固，包括两个端头护罩，以及位于两个端头护罩中间的扩展护罩，端头护罩由上端头护罩和下端头护罩相互扣合；扩展护罩也是相互扣合；端头护罩与扩展护罩之间或者相邻两个扩展护罩之间通过两个相互扣合的连接扣槽连接；端头护罩一侧的端部以及扩展护罩的两端分别设有凸筋，连接扣槽的两端分别设有凹槽，凹槽和凸筋相互扣合配合完成相互连接和扩展连接，凹槽的宽度是凸筋宽度的2~4倍，目的是使凹槽与凸筋之间有一定的间隙，配合侧边设置的弧形弯曲转向固定孔，实现了防爆盒结构弯曲变形的目的。端头护罩上设置有填充孔，填充孔在电缆中间接头发生击穿事故时为本体的压力释放通道，填充孔上部加盖密封孔塞。

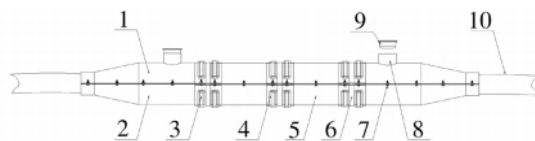
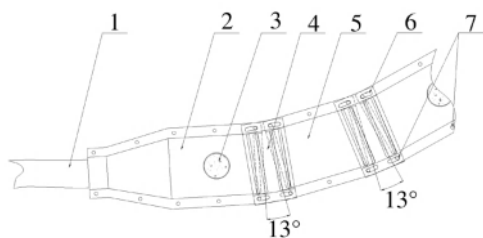


图2 柔性电缆防爆盒结构示意图

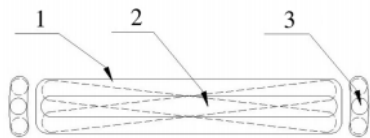
1—上端头护罩 2—下端头护罩 3—凸筋  
4—凹槽 5—扩展护罩 6—连接扣槽 7—紧固螺栓  
8—填充孔 9—密封孔塞 10—电缆

柔性电缆防爆盒通过端头护罩、扩展护罩以及连接扣槽的组合方式，采用凹槽和凸筋相互扣合配合，利用凸筋在凹槽中有一定的活动间隙，实现了连接弯曲变形的技术要求。经产品实测试验验证，直径为200mm的柔性电缆防爆盒，在凸筋宽度为10mm，扣

槽宽度为 35mm 的技术条件下，横向扩展连接偏转角度可达 13°以上，7 节连接扩展即可完成电缆 90°弯曲转向保护，每节扩展护罩为 300mm，施工时其弯曲半径约为 0.7m，有效解决了电缆防爆盒安装弯曲转向困难的问题。其安装弯曲转向示意图如图 3 所示，弯曲转向原理示意图如图 4 所示。



**图 3 柔性电缆防爆盒施工安装弯曲转向示意图**  
1—电缆 2—端头护罩 3—填充孔 4—连接扣槽  
5—扩展护罩 6—弧形转向固定孔 7—紧固固定孔



**图 4 柔性电缆防爆盒弯曲转向原理示意图**  
1—凹槽 2—凸筋 3—固定孔

施工安装中，柔性电缆防爆盒的左右弯曲转向与电缆同轴心有着良好的配合适应性，而在上下弯曲转向配合电缆同轴心不如左右适应性强，主要因为上下端头护罩和扩展护罩两侧的紧固螺栓边条位置影响，现场如上下变形较大则可使边条的机械变形来满足防爆盒与电缆同轴心配合。为了增加柔性电缆防爆盒内部的灭弧能力，施工完毕的防爆盒内应填充阻燃灭弧材料，在电缆有需要较长保护距离的情况下，可在扩展护罩上设置多个填充孔，以满足现场填充灭弧材料的要求。

### 3.2 柔性电缆防爆盒保护机理

柔性电缆防爆盒内部出现击穿事故时，内部物质在巨大的电力作用下，引发剧烈的放热反应，形成高温、高压以及冲击波，进一步造成强烈的破坏力。在事故中心，空气冲击波阵面上的超压可达数个甚至十几个大气压，在这种高压环境下，使得柔性防爆盒体积发生伸直伸长变化，这个过程对于内部压力来说是一个初步的缓冲阶段，然后上部的填充孔在此时作为泄压导向孔，及时释放柔性防爆盒内的热效应和压力效应值，从而降低柔性电缆防爆盒内部的压力。此外，内填充的阻燃灭弧材料能够在防爆盒体积伸直伸长变化和泄压的过程中进行充分的流动，增加降温 and 灭弧效果，同时缩短燃弧时间。

## 4 柔性电缆防爆盒在工程中的应用

某一企业的建筑占地 42018m<sup>2</sup>，新建地下配电室一座，用电负荷等级为一级负荷，内设 3 台 1250kVA 的干式变压器，10kV 电源由电缆引入，分别引自距离配电室 1532m 的 H 变电站 512 线和距离配电室 1810m 的 G 变电站 650 线，电缆型号为 YJV22-8.7/15kV 150mm<sup>2</sup>，电缆的敷设方式为地下电缆保护管引入。

### 4.1 电缆中间接头附件选用

鉴于电源接引点与工程项目的距离较远，为了确保电缆线路的建设质量并保障其安全运行，根据实际施工环境，施工技术主管部门在规划建设计划时，考虑原有电缆井的位置和电缆敷设的难度，将距离配电室 1810m 的 G 变电站由 3 根电缆连接，距离配电室 1532m 的 H 变电站由 2 根电缆连接。根据 GB 50127《电力工程电缆设计规范》规定，电缆线路距离超过电缆制造长度，应采用直通接头，考虑在电缆井内施工，且内部电缆线路较多，防火消防措施不便实施，采用了某品牌 8.7~15kV/150~240mm<sup>2</sup> 冷缩三芯中间接头的电缆附件。

冷缩电缆中间接头附件为高弹性硅胶原料硫化而成，材料具有特定的介电性能，有较强的憎水性，能够满足电缆井或者隧道较大闪湿距离的要求，硅胶附件收缩力恒定，能够随环境温度的变化及电缆运行物理的变化与收缩的电缆绝缘层同呼吸，能够保证收缩密封结合面的介电强度，现场安装无需热源和专业工具，克服了施工动火的不便。根据《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》规定，电缆终端与接头的制作，应由经过培训熟悉工艺的人员进行；电缆终端及接头制作时，应严格遵守制作工艺规程，且安装工程应符合标准中电缆终端和接头应采取加强绝缘、密封防潮、机械保护等措施。冷缩附件施工完毕后，根据技术要求采用电缆防爆盒对中间接头安装保护措施，避免施工电缆部位受到外部机械应力的伤害，或中间电缆接头因施工质量出现击穿事故，引发火灾，波及附近的电缆。

### 4.2 电缆防爆盒的选用

施工过程初始，施工人员采用的是普通电缆防爆盒，其中一组电缆接头在进行保护措施作业时，发现前期没有对电缆进行直线矫正，导致冷缩电缆中间接头附件施工安装后，出现电缆中间接头变形扭曲情况，普通电缆防爆盒的直线式特性，无法同步弯曲配合变形扭曲的电缆中间接头，电缆防爆盒不能有效保护电缆中间接头。施工人员多次尝试矫正电缆，但由于相关工作已完成，无法对电缆施加较大的机械应力，因此在尝试几次之后放弃了电缆中间接头的矫正工作，工程施工存在技术上的困难，无法按照技术要求对该电缆中间接头进行有效的保护操作。

为了保证电缆的安全运行，实现对电缆中间接头施工后的措施防护，经申请技术变更，相关人员对申请会审之后，将普通电缆防爆盒更换为柔性电缆防爆盒，工程施工存在的技术问题得以完好解决。

### 4.3 柔性电缆防爆盒的技术优点

通过以上工程项目的施工，与普通电缆防爆盒相比较，柔性电缆防爆盒具有以下优点：

1) 安装采用分段式的连接方式，横向扩展连接偏转角度大，能较好地适应现场电缆变形和扭曲状态，特别是在空间有限的施工环境中，其便利性能更好地体现；

2) 施工中可以按需求增加或减少扩展护罩和连接扣槽的数量，实现增加或减少保护电缆的长度，安装扩展方式灵活；

3) 在电缆需要较长保护距离的情况下，扩展护罩上可设置多个填充孔，更便于现场阻燃灭弧材料的填充作业；

4) 组件为分段式结构，每一部分的尺寸都相对较小，易于运输及施工安装，各个组件通用性强，便于现场施工作业。

## 5 结束语

在实际施工过程中，普通电缆防爆盒的安装工艺简单，较柔性的防爆盒便捷，如在空间较大的环境中施工，从投资成本和施工作业量来说，采用普通的电缆防爆盒较为合适；但在电缆隧道或空间小的电缆井中施工时，在电缆施工变形扭曲、电缆或中间接头弯曲、电缆保护长度增加或减少的情况下，应采用柔性电缆防爆盒，才能实现对电缆或者中间接头的保护。另柔性电缆防爆盒在连接扩展中的密封防护工艺要求较高，安装时必须严格按技术要求进行，不如普通电缆防爆盒密封防护工艺简单，因连接节数多，连接缝隙也多，故较普通防爆盒的直线式密封方式复杂，作业量有一定增加。目前柔性电缆防爆盒虽然应用较少，但从实际的应用工程施工效果和防护功能上评判，柔性电缆防爆盒的实用效果明显，能够较好地适应敷设电缆的弯曲，保护长度可以随意地增加和减少，而且不影响正常的保护功能，这也是柔性电缆防

爆盒最大的技术优势。综上所述，柔性电缆防爆盒在施工空间狭小、电缆保护长度需增加或减少及有弯曲要求时有很好的应用价值。

### 参考文献

- [1] 焦振, 夏泉. 高压电力电缆线路事故统计与分析 [J]. 供用电, 2011 (4): 64-66.
- [2] 张承信, 李强, 韩夏清. 一种新型电缆防火防爆盒的研制 [J]. 华东电力, 2013 (7): 1526-1528.
- [3] 张国兴, 王亚青, 张军涛. 一种扣合分节式结

构的柔性电缆防爆盒设计 [J]. 轻工科技, 2016 (6): 74, 120.

- [4] 张国兴, 蒋立民, 张昊, 等. 一种电缆中接头扣合分节式防爆盒: 河北, CN204578048U[P]. 2015-08-19.
- [5] GB50168—2018 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范 [S]. 2019.
- [6] DL 5027—2015 电力设备典型消防规程 [S]. 2015.
- [7] DL/T 5484—2013 电力电缆隧道设计规程 [S]. 2014.
- [8] GB 50217—2018 电力工程电缆设计规程 [S]. 2018.
- [9] 朱永志. 对电力电缆应用中若干问题的探讨 [J]. 科技资讯, 2010 (1): 108-110.

(收稿日期: 2023-10-05)