

# 橡胶电缆

橡胶电缆也就是橡胶套电缆，顾名思义就是以各种橡胶或等同性能的热固性弹性体为绝缘与护套基础的电线电缆。

所谓热固性塑料弹性体，就是经过一次加热成型固化以后，其形状就因为分子链内部进行较链而使形状达到稳定（通常这一过程就叫硫化或者交联），再次对其加热也不能让其再次达到粘流状态，进而再次对其进行加工成型的弹性体。

橡胶套电缆因为其自身特有的柔软性，通常大多数都是使用于移动性的电气设备上。

## 二、橡胶套电缆的分类

橡胶套电缆由于其独特的机械性能与物理性能被很多领域的产品所采用，因而其分类众多，比如：通用型、电焊机、电力、船用、矿用、风能，核能等等，其中比较广泛运用的就是移动通用型橡胶套电缆与矿用电缆，本讲座主要结合这两大类的电缆来简单探讨。

### 1、移动通用型橡胶套电缆

适用于交流额定电压 450/750v 及以下的家用电器、电动工具与各种移动式的设备上。主要型号有 YQ(H03RT)轻型、YZ(H05RNH05RR)中型、YC(H07RN)重型之分。（其中括弧外型号部分就是引用标准 GB 5013.4，括弧内的型号部分引用的标准就是 VDE0282.4。）轻型移动通用型橡胶套电缆的电压付级一般 220v，主要作日常生活电气设备装置用。中、重型移动通用型橡胶套电缆的电压付级一般可达 380v，主要作工业电气设备装置用。

YQ 轻型：型号的全称就是移动通用轻型橡胶套软电缆，用于轻型移动电边设备及工具上，具有极好的柔软性，一般不承受外力作用。

YZ 中型：型号的全称就是移动通用中型橡胶套软电缆，用于各种移动设备与工具，具有足够的柔软性，便于移动、弯曲、并能承受一般的机械外力。

YC 重型：型号的全称就是移动通用重型橡胶套软电缆，用于各种移动电器设备上，能承受较大的机械外力，并能承受自身的拖动力量，护套应有很高的弹性与机械强度，还应有一定的柔软性的保证移动与弯曲。

### 2、矿用电缆（引用自标准：MT 818-2009）

矿用电缆的命名。

#### 1)、命名类容

矿用电缆的命名有八个部分组成

第一部分 系列代号用 M 表示；第二部分 使用特性代号；第三部分 结构特征代号；第四部分 材料特征代号（后加—）；第五部分 额定电压 U<sub>0</sub>/U(kv)；第六部分 动力线芯数×标称截面积；第七部分地线芯数×标称截面积；第八部分辅助线芯数×标称截面积。

其中的第一、第二、第三、第四、第五部分构成电缆的型号，第六、第七、第八部分构成电缆的规格。

#### 2)、命名标记的含义

第一部分：大写字母 M表示煤矿用阻燃电缆的系列代号

第二部分：使用特性代号反映电缆所使用的场合环境

代号/使用特性：C/采煤机用；D/低温环境；M/帽灯用线；Y/移动采煤设备用；Z/电钻用。

第三部分：结构特征代号代表电缆的结构特征

代号/结构特征：B/ 编织加强；J/ 带监视线芯；P/ 非金属屏蔽；PT/ 金属屏蔽；Q/ 轻型；R/ 绕包加强。

第四部分：材料特征代号，用大写字母 E 来表示绝缘与护套采用弹性体材料，绝缘与护套都是橡胶材料时，本部分省略。

第五部分：用阿拉伯数字表示额定电压  $U_0/U$ ，单位就是 kv。

第六部分：用阿拉伯数字表示动力线芯数与标称截面积，两者之间用“×”连接，单位就是  $mm^2$

第七部分：用阿拉伯数字表示地线芯数与标称截面积，两者之间用“×”连接，单位就是  $mm^2$

第八部分：用阿拉伯数字表示辅助线芯数与标称截面积，两者之间用“×”连接，单位就是  $mm^2$

第四与第五部分之间用“—”来连接，第六与第七、第八部分之间用“+”来连接。

3)、产品表示方法 产品用型号、规格及标准编号表示。

例如：

a) 采煤机屏蔽橡套软电缆，额定电压 0、66/1、14kV，动力线芯  $3 \times 50$ 、地线芯  $1 \times 10$ 、控制线芯  $4 \times 4$ ，带半导体屏蔽层。

表示为：MCP-Q、66/1、14  $3 \times 50+1 \times 10+4 \times 4$  MT 818、2—2009 10wk

主要用途：额定电压为 0、66/1、14kV 采煤机及类似设备用。

b) 采煤机屏蔽监视编织加强型橡套软电缆，额定电压 0、66/1、14 kV，动力线芯  $3 \times 50$ 、地线芯  $1 \times 25$ 、控制线芯  $3 \times 1、5$ 、监视线芯  $3 \times 1、5$ 、带半导体屏蔽层与编织加强层。

表示为：MCPJB-Q 66/1、14  $3 \times 50+1 \times 25+3 \times 1、5+3 \times 1、5$  MT818、3—2009 u\；

主要用途：额定电压为 0、66/1、14kV 及以下采煤机及类似设备用电缆，可直接拖曳使用。

c) 采煤机金属屏蔽橡套软电缆，额定电压 0、66/1、14kV，动力线芯  $3 \times 70$ 、地线芯  $1 \times 35$ 、辅助线芯  $1 \times 35$ ，带金属屏蔽层。

表示为：MCPTJ-Q 66/1、14  $3 \times 70+1 \times 35+1 \times 35$  MT 818、4—2009

主要用途：额定电压为 0、66/1、14kV 及以下采煤机类似设备用。

d) 煤矿用移动软电缆，额定电压 0、38/0、66 kV，动力线芯  $3 \times 25$ 、地线芯  $1 \times 16$ 。

表示为：MY-Q 38/0、66  $3 \times 25+1 \times 16$  MT 818、5-2009

主要用途：额定电压为 0、38/0、66 kV 各种井下移动采煤设备用。

e) 煤矿用移动金属屏蔽监视型橡套软电缆，额定电压 3、6/6kV，动力线芯  $3 \times 35$ 、地线芯  $3 \times 16/3$ 、监视线芯  $3 \times 2、5$ ，带金属屏蔽层。

表示为：MYPTJ-3 6/6  $3 \times 35+3 \times 16/3+3 \times 2、5$  MT 818、6-2009

主要用途：额定电压为 3、6/6kV 的井下移动变压器及类似高压设备用。

f) 煤矿用移动屏蔽橡套软电缆，额定电压为 3、6/6kV，动力线芯 3×25、地线芯 1×16，带导电屏蔽层。

表示为：MYP-3、6/6 3×25+1×16 MT 818、7-2009

主要用途：额定电压为 3、6/6kV 的井下移动变压器及类似高压设备用。

g) 煤矿用电钻屏蔽橡套电缆，额定电压 0、3/0、5kV，动力线芯 3×4、地线芯 1×4，带导电屏蔽层。

表示为：MZP-0、3/0、5 3×4+1×4 MT 818、8—2009

主要用途：煤矿井下额定电压为 0、3/0、5kV 及以下电钻用。

h) 煤矿用移动轻型橡套软电缆，额定电压 0、3 / 0、5kV，绝缘线芯 3×2、5，不带屏蔽层。

表示为：MYQ-Q 3/0、5 3×2、5 MT 818、9—2009

主要用途：井下巷道照明、运输机连锁、控制与信号设备用。

i) 煤矿用矿工帽灯线，绝缘线芯 2×0、75。

表示为：MM 2×0、75 MT 818、10—2009

主要用途：用于各种酸、碱性矿灯用。

橡套的电缆的主要结构为铜导体、橡皮绝缘层、橡皮护套层。辅助结构有填充、隔离、自承重等。

1、导体的概念：即就是能够让电流顺利通过的金属载体材料。导体必须有良好的导电性能、物理机械性能、工艺性能与防腐性能。就导电性能来说，金属依次为银、铜、金、铝、镍、钢、合金。但就是由于金属银的价格昂贵，所以我们在电缆当中多采用铜丝，一般在 20℃ 铜的电阻率为  $0、0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。我们为了保证导体能够充分的满足电缆应有的性能，在电缆导体中我们多选择无氧铜。氧的含量不大于 0、03%，杂质总含量不大于 0、05%，铜的纯度大于 99、95% 的铜就叫无氧铜。无氧铜无氢脆现象，导电率高，加工性能、焊接性能、耐蚀性能与低温性能都非常的良好。

2、绝缘的概念：所谓绝缘，就是用绝缘物质与材料把带电体包住并封闭起来，以隔离带电体或不同电位的导体，使电流按一定的通路流通。绝缘橡皮必须具有良好的介电性能、较高的绝缘电阻与耐压强度、优良的物理机械性能，并具有一定的可塑性便于加工与柔软性便于安装使用。橡套电缆的绝缘材料早期选用的材料有天然胶 (NR)、丁苯胶 (SBR)、三元乙丙胶 (EPR 或 EPDM) 等。但就是由于新标准规定绝缘材料一定要通过空气弹测试，所以现在企业多用纯三元乙丙胶或者氯化聚乙烯 (CPE) 与三元乙丙胶并用的材料来满足标准的要求。

3、护套的概念：电缆在安装与使用过程中，为了防御外来因素的损伤，在绞合后的绝缘导线的外层包裹了特殊的保护层，这在电缆里通常叫护套层。因为电缆在安装使用的过程中不可避免的会遭受到外力与环境因素的破坏，所以护套层必须具有良好的抗张强度、耐磨、抗撕裂、耐气候、耐防腐等性能，并也要具有一

定的可塑性便于加工与柔软性便于安装使用，橡胶电缆的护套材料早期选用的材料有天然胶 (NR)、丁苯胶 (SBR)、三元乙丙胶 (EPR或 EPDM) 氯丁 (CR)、氯磺化聚乙烯橡胶 (CSM或 CSPE) 氯化聚乙烯 (CPE)等, 现在由于为了满足新标准工艺的规定, 多数企业选用氯磺化聚乙烯橡胶 (CSM或 CSPE与氯化聚乙烯 (CPE)。

除上述橡胶电缆的主要结构之外，在标准规定或允许的范围内，可以对橡胶电缆进行填充 (保持电缆的圆整度，节约材料成本)、隔离 (防止电缆绝缘线芯与线芯、线芯与绝缘之间粘连)、自承重 (添加钢丝、纤维、麻线等，以满足承受铺设使用中电缆的自身重量) 等辅助结构的添加。

综上所述可以瞧出，橡胶电缆如要安全的安装与使用，就必须满足电缆的两大性能: 电气性能与物理机械性能。而要满足这两大性能就必须选择合适的橡胶，进行合理的配比，通过严格的加工，才能达到最终的合格产品。

#### 四、橡胶电缆的制造工艺

##### 1、橡胶、橡皮与橡胶套的区别

在橡胶电缆里一般橡胶指的就是原胶，比如天然、丁苯、乙丙、氯丁等的原胶统称为橡胶，也称生胶。橡皮就是指以橡胶 (生胶) 为主体，经过配比加入各种辅助材料加工后经过压延后的未硫化成品材料。橡胶套就是使用橡皮作为绝缘与护套经过硫化处理后的成品电缆的统称。

##### 2、橡皮的组成

橡皮就是由几大体系组合而成的，除生胶本身外还有几大体系辅助材料，如填充补强体系、硫化体系、防护体系、增塑体系、特殊物质加入剂如颜色，芬芳剂等。

1)、填充补强体系：填充补强的目的就是改进橡胶的定伸应力与抗破坏性能 (如抗张强度、撕裂强度与耐磨性等)，多以滑石粉、碳酸钙、陶土、炭黑等为主要原料。

2)、硫化体系：硫化就是包覆绝缘层或护套层以后的一种处理方法、其目的就是让辅助体系里的硫化体系发生作用，使橡胶永久交联、增加弹性、减少塑性。硫化的名词就是因最早时间就是用硫磺使橡胶交联的故称硫化，沿用至今。因硫分子对于铜丝导体有腐蚀作用，所以现在选用硫化体系中多以无硫或少硫的硫化剂作为主体硫化剂，并针对不同的橡胶选用不同类型与份额的硫化剂 + 促进剂，以达到橡胶合理交联 (硫化) 的目的。

3)、防护体系：橡胶电缆在储存、使用的过程中常受外界种种因素的 (高温、低温、氧、臭氧、反复的机械应力等) 作用，橡胶的分子结构发生变化，从而发生外表发粘、变脆、龟裂、失去光泽与变色以及物理机械性能的变化，逐渐失去优良的使用性能甚至丧失使用价值，这个过程就叫老化。为了阻止橡胶过早的老化，在橡皮加工过程中加入合适与适量的防老剂，抵御外界因素对于橡胶的影响，帮助橡胶电缆在储存、使用中延长老化的时间。

4)、增塑体系：橡皮在加入大量的填充补强物后，其本身的强度增加、硬度加大，而可塑性与流动性减小，这样就造成橡皮在后期工艺难度增加。为了增强橡皮的可塑性与流动性，在橡皮的加工过程中加入适量的化合物或聚合物，通常它们不与橡皮起化学反应，与橡皮的相互作用主要就是在升高温度时的溶胀作用，从而改善橡皮的可塑性与流动性，确保后期加工工艺的正常。

5)、特殊物质加入剂：如为了区分色谱的颜料，为了改善橡胶气味的芬芳剂等。

### 3、橡皮的加工

橡皮就是由生胶塑炼后加入其他的辅助配合体系，经过特殊设备（密炼机、开炼机）在一定的空间里混合、挤压、剪切，以达到各材料分子均匀分布的一个过程。橡皮加工特性除了与配方的本身有关外，还与橡胶的门尼粘度有关，门尼粘度越大，强度越高，加工性能越差，反之则门尼粘度越低，加工性能越好，强度越低。

塑炼：橡胶的塑炼的目的就是改变橡胶的性能，提高胶料的塑性、流动性、黏性与橡胶的加工性能。随着橡胶可塑性的增大，硫化橡皮的机械强度降低，永久变形增大，可塑性增大。一般塑炼好的橡胶在滚筒上拉起薄薄的一层，瞧橡皮的均匀性，不能瞧到生粉，直到透明为止。混炼：就是将橡胶与配合剂在混炼设备上（密炼机、开炼机）混合均匀得到混炼胶与母炼胶的工艺。混炼的均匀度与揉合度直接影响到产品的加工性能与质量性能。橡胶混炼目的就是将已塑炼的胶料与其它配合剂相互混合参与，使配合剂均匀分散在胶料中及配合剂在胶料硫化时，起到各种应有的作用。为使经过混炼后各种配合剂与胶料分散均匀，在加入配合剂的程序、辊距、温度以及混炼时间，必须根据工艺规程要求操作，否则会影响胶料质量与挤出成型，以致造成产品质量事故。检验橡胶的混炼质量除了用一些测试手段以外，还可以用手拉薄橡皮，观瞧到橡皮中就是否有粒状或者块状物质存在，这样就可以基本判断到橡皮的加工均匀度的。

### 4、橡皮加工的设备

加压式捏炼机：顾名思义就是需要一定的压力与温度与时间才能保证胶料的均匀度与揉合度。加压式捏炼机比开炼的动力大好多，从加工方式上来讲，因为胶料就是在密室里不外漏，那么相对的效果与时间都比开炼机要好的多。但就是在加工的过程当中要就是不注意加压与翻转胶料，有时候上半部分就是混炼不到的、但加工安全性没开炼机那么好，易出现烧焦、所以在加工的时候一定要按照工艺文件来执行操作。