

论地铁配电干线的安全运行安全工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/590/2021_2022__E8_AE_BA_E5_9C_B0_E9_93_81_E9_c62_590581.htm [摘要]

地铁配电干线的安全十分重要。文中介绍了地铁配电干线的两种型式，电缆配电和母线槽配电；分析两种配电方式的优缺点；提出了防止母线槽过载的措施；选用母线槽应注意的几个问题。 [关键词] 地铁配电干线 电缆配电 母线槽配电设计防护等级 地铁配电干线的安全运行是十分重要的，因为配电干线相当于人的主动脉，一旦发生故障，会使系统瘫痪，甚至发生爆炸、引起火灾。目前采用的配电干线有两种：母线槽或电缆。在母线槽未推广之前，配电干线都采用电缆。母线槽被人们逐渐认识后，对大容量、高档、重要的建筑的配电干线开始大量采用母线槽了。本文通过多年的调查，在对配电干线的事事故分析的基础上谈一点个人的看法，供读者参考。

1 电缆配电

1.1 影响电缆过载的原因分析

电气火灾中由于电缆过载或短路引起的事故占极大多数，电缆过载或短路由4个原因造成的：电缆本身的质量、施工质量、设计容量、负荷故障。

(1) 电缆质量 在价格激烈竞争的情况下，有些制造厂采取减少电缆截面、用廉价的绝缘材料、减少保护层等办法来获得中标，对这种电缆媒体已多次曝光，但仍未能杜绝。也不要盲目相信进口电缆，上海某极重要的样板工程，采用欧洲进口的电缆，用了不到一年，不得不全部更换。

(2) 施工质量 施工质量和电缆的寿命有极大的关系，上海某大学的埋地电缆发生爆炸，其原因是铠装钢带埋地电缆施工时，钢带吃力使电缆绝缘层受损，加上埋地电缆间

(3) 设计容量 国际铜业协会

和国内的电气专家们在不断宣传电缆的经济截面，即加大电缆的截面，减小电缆的容量，这不仅是节约电能的好方法，而且也是延长电缆寿命的极为有效的措施，但由于涉及到增加初期投资，因此进展速度不快。用户任意加大电缆容量也是常见的现象，通常由于设备的增加，也是不得不为之。把安全工程师站点加入收藏夹

(4) 负荷故障 任何电气设备都有出现故障的可能，当出现短路故障时对电缆的损伤是很大的。以上4个方面容易引起注意，但还有以下2点未能引起重视：

(5) 电缆敷设间距 某厂电缆沟内有100多根电缆，某天一根绝缘已受损的电缆，在负荷发生短路时引起爆炸，结果造成沟内100多根电缆全部烧毁。埋地敷设的电缆施工规程规定：电缆之间要保持至少0.1m的间距，目的是保证一根电缆出现故障时，不殃及相邻的电缆。但此条规定在电缆沟内或桥架内敷设时被忽视了。电缆不仅紧靠在一起敷设，而且相互重叠二至三层。在这种情况下，其中任何一根电缆发生短路爆炸，必然会引起紧挨在一起的其它电缆也遭到同样的结果，短路爆炸。我认为电缆沟或桥架内敷设电力电缆，其间距至少不少于 $1d$ (d 为电缆的外径)。据我调查的结果，几乎所有的电缆沟和桥架内的电缆都是紧挨在一起敷设的，在这种情况下，任何人都不能保证每一根电缆都不发生短路事故；一旦其中一根电缆发生短路事故后，任何人也不能保证不会使周围的电缆遭殃。对如此严峻的情况，设计人员采取的消极方法是：降低电缆的载流量至多只用到70%，但你无法阻止用户因电气设备增加而加大电缆的载流量，甚至用到满负荷。即使用户按设计规定使用电气设备，但在轻负荷工作下的电缆，只要电气设备发生短路故障而在未解除故障前，电缆

也会出现超负荷工作的情况；另一个方法是采用可靠厂家生产的保护装置，一旦发生电缆过载或短路就自动切断电源，这在理论上是成立的，但谁敢保证保护装置的工作一直是可靠的，任何电气设备都有损坏的可能，火灾往往就是在电气装置失效的情况下发生的。(6)交联聚乙烯电缆的水树老化 交联聚乙烯电缆因为绝缘性能好，允许工作温度高，有较好的机械强度而受到欢迎，但许多人不知道水树老化会使电缆绝缘击穿。在电缆制造过程中由外面浸入的极微量的水分在电缆绝缘层中是均匀分布的，但电缆投入使用后，在电场的作用下，受到不均匀电场的吸引，产生极化迁移，逐渐积累而产生局部过饱和状态，形成水树。电缆的绝缘层中只要同时存在水和电场就会产生水树，水树是直径在0.1 μm到几微米充满水的空隙集合。水树和环境湿度也有关，交联聚乙烯电缆在65%以上的湿度环境中通电就可以产生水树。上海电缆研究所的研究证明：有Cl⁻离子、SO₄²⁻离子或NO₃⁻离子，离子的水，比自来水在同等条件下，水树生长速度要快3~4倍。水树的存在直接影响到电缆的寿命。为了降低水树的生长速度，在地下水较高及多雨地区，不宜采取埋地敷设，在南方地区黄梅季节电缆沟内容易结露，因此要有通风措施；电缆的人口处应有堵水措施，避免雨水流入电缆沟内；电缆沟应有防渗漏措施和排水措施，防止电缆沟内积水。由于交联聚乙烯电缆有水树老化现象，因此这种电缆不应长期在潮湿环境中使用，在施工时要严格防止潮气侵入电缆芯内部，锯断的电缆端头要及时密封。配电干线可以采用电缆，但只适用于小容量，电缆数量不多，例如普通的六层以下的住宅楼，若使用在其它场所必须注意上述各问题，才能使电缆配电得到安全

运行的保证。2 母线槽配电 母线槽由于容量大、过载能力强、不会由于故障而引发火灾等优点而受到用户的欢迎，但根据调查结果发生短路爆炸的案例也不少。作为一个电气人员，母线槽的选用必须慎之又慎，不仅要选择结构好的产品，还要对制造厂有所了解。为此我对各种结构的线槽进行了一番研究分析，尤其是对发生短路爆炸的母线槽从多方面进行了解其短路的原因。母线槽运行中发生短路爆炸是用户最担心的事，根据上海有关专家的调查结果，上海已发生多起母线槽短路爆炸事故，有国内产品，也有国外产品。母线槽通电前绝缘测试通常都是合格的，为什么运行时会发生短路爆炸？通常是由于产品设计不合理、加工工艺不符合要求、安装不符合规范三方面原因造成的。

2.1 产品设计不合理

(1) 铝外壳与铜母线之间作刚性固定是造成短路的原因之一 母线槽的外壳和母线，都存在热膨胀现象。金属材料的热膨胀和组成材料的物质有关，母线槽常用的金属材料有钢、铜和铝，这三种材料中，铝的热膨胀系数最大，铜其次，钢最小。采用铝外壳、铜母线，并且两者之间作刚性连接的母线槽，由于热膨胀系数不同，根据计算，连接孔的最大错位可达到 2.1mm ($7.25 \cdot 1 = 2.1$)。此外还应考虑母线槽连接孔的同心度，以五线制母线槽为例，5根母线，加上2块外壳，共有7个孔，孔的同心度偏差，加上热膨胀的差异，就有可能产生母线与穿芯连接螺栓之间的短路。为了避免这种短路情况的出现，设计师在选用这类产品时，对产品的要求：外壳和母线应采用同种金属材料；若用不同材料，则母线和外壳之间不能作刚性固定，只能作滑动固定。

(2) 母线与钢外壳直接接触是造成短路的原因之一 例如采用波状外壳的母线槽，由于外壳呈

波状，因此加强了外壳的刚度，被称为高强母线槽，这种母线槽的母线包裹绝缘层后，直接放入波槽中，母线相互间离开一定的距离，由于这种结构，母线和外壳之间仅靠软性的绝缘层隔离，如果母线表面或外壳表面存在毛刺，母线投入运行后产生的电动力，就会使毛刺顶破绝缘层而造成短路爆炸。

2.2 加工工艺不符合要求

大多数短路爆炸是由于加工工艺不符合要求而产生的。这里略举3例说明之，但并不表示只有这3种情况。

(1)铁屑进入壳体内造成短路 某外资厂，母线槽的机加工和总装处在同一大车间内，这是错误的布局，两者必须分布在两个相互隔离的车间内，才能避免机加工产生的金属屑，由于人员的走动而进入母线槽壳体内。上海某重点工程，母线槽安装前，质量监督人员，打开母线槽外壳，发现壳体内有大量铁屑，而责令工厂返工。事后分析铁屑来源，是由于外壳固定孔，用手枪钻在母线槽装配时直接钻孔而未清除铁屑所致。

(2)母线毛刺造成短路 最典型的母线槽毛刺引发的短路，发生在上海市中心的一座商务楼内，事后检查母线槽的表面有三条小凸痕，原来该厂采用的铜排，轧制时轧棍上的三条凹槽，从而产生三条凸痕，母线槽的连接面由于凸痕的存在，使母线的接触面锐减，母线槽的连接头发热，穿芯螺栓的绝缘层熔化，最后导致母线槽的相间短路。

(3)焊缝突出造成短路 密集型母线槽和高强母线槽，前者母线紧靠在一起，后者母线与外壳紧靠在一起，因此母线的焊缝如果突出，就会发生顶破绝缘层而产生短路。每节(通常为3m)母线槽采用的母线，不应该采用短料接长的方法，但这种现象在某些工厂是存在的。母线槽的弯头、三通或四通免不了要焊接，GBJ14990《电气装置安装工程母线装置施工及

验收规范》第2.4.6条规定：“母线对接焊缝的上部应有2~4mm的加强高度，角焊缝的加强高度应为4mm。”但这一条规定，在密集型母线槽和高强母线槽中无法实现。

2.3 安装不符合规范

母线槽安装不符合规范处很多，本文只讨论与短路有关的内容。

(1)潮气进入壳体内后不能轻易送电 除了树脂浇注全封闭母线槽外，其它母线槽都不能阻止潮气进入，因此母线槽进入现场后必须放在干燥场所，安装时由一个场所搬到另一个场所时，两处的温差不能过大，否则会产生结露。母线槽安装结束到通电往往有一段时间，其间潮气也会进入，因此冒然送电是危险的，送电前必须测量绝缘电阻。

(2)接头部进入安装垃圾 母线槽安装环境往往不是洁净场所，因此安装时必须防止建筑垃圾进入接头内，在接头进行安装封板前，应该用吸尘器进行清扫。

3 防止母线槽过载的措施

综上所述，母线槽运行中发生短路的原因是多方面的，设计、制造、安装的不正确，都有可能使母线槽产生短路。防治是必要的，但最有效的措施是从产品设计上解决。例如杰帝母线(上海)有限公司生产的JDR全封闭树脂浇注母线槽，这种母线槽母线间不是用空气隔离，而是用绝缘性能极佳的树脂隔离，包括接头在内全部用树脂浇注成一体。杰帝母线公司采用的树脂线膨胀系数和铜十分接近，加上这种母线槽无金属外壳，因此不存在因线膨胀不同而产生相间短路或相地之间短路的可能。采用树脂隔离的母线，即使母线上有毛刺，也不可能顶破树脂绝缘层，因此也不存在因毛刺而发生短路的可能。采用树脂母线槽，焊缝完全可以符合GBJ 14990的要求；由于全封闭，潮气不可能进入母线槽内。采用母线槽还有如下好处：例如用钢壳母线槽取代电缆，可消除电缆着火

后会引燃周围可燃物的消防大忌，但在采用母线槽作为配电干线时要注意以下问题：采用空气型或混合型母线槽，如果母线槽因过载或短路，母线的绝缘层着火，也不会引燃母线槽周围的可燃物，但空气型或混合型母线槽存在烟囱效应，高层建筑一旦发生火灾，空气型或混合型母线槽会助长烟气火势的蔓延。采用密集绝缘母线槽可把烟囱效应降得很低，但普通型母线槽不耐火，一旦发生火灾，殃及母线槽会造成停电。韩国地铁火灾造成的重大伤亡事故，主要是停电引起的。普通母线槽不能防水，安装完毕的母线槽，只要其中有一节母线槽进水，母线槽就无法送电，而要在数十节母线槽中找出进水母线槽，拆装的工作量是极大的。钢壳、云母绝缘的耐火型母线槽能耐火，但同样怕水，即使施工中未进水，一旦发生火灾，消防水也会造成耐火母线槽短路而停电，耐火母线槽至少要具有防喷水功能才有实用价值。

4 母线槽的选用

采用什么类型的母线槽，必须慎之又慎，不仅要选择结构好的产品，还要对制造厂有所了解。选用母线槽时从质量和性能角度要考虑如下几点：(1)杜绝母线短路的可能性，确保电源不发生因母线故障而中断；(2)过载能力强；(3)阻燃，更希望具有一定的耐火性能。我对杰帝母线(上海)有限公司生产的JDR树注浇注无外壳全封闭母线槽考察后感到，它具有密集型和双重绝缘母线槽的优点，母线间用绝缘性能十分优良的树脂作为绝缘体，因此它的耐压可达5000V以上；由于母线间隔一定的距离，母线间包括接头全部用树脂浇注，因此即使母线存在毛刺，也不可能顶破树脂绝缘层，不会发生短路；这种母线槽由于无外壳，因此不可能发生相地之间的短路。由于全封闭，符合外壳防护等级IP68要求，潮气

不可能进入母线槽内，这种母线槽允许长期浸在水中，甚至在腐蚀环境中长期使用。这种母线槽采用的树脂还能保证在零下50℃以下时不开裂，这种母线槽采用的树脂还能经受5焦耳以上抗冲击能力，因此无须金属外壳。杰帝母线通过了IEC60331规定的90min燃烧试验，因此JDR树脂浇注母线槽可作为耐火母线槽使用。JDR树脂浇注全封闭母线槽具有耐火、防水、过载能力强、相间不会短路等优点，因此它作为配电干线是较理想的选择。100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com