

某型电雷管绝缘电阻不合格分析

刘云 洪火

江西新余国科科技股份有限公司 江西 新余 338000

【摘要】：某型电雷管在装入引信前进行绝缘电阻检测时，发现1发绝缘电阻不合格问题，测试值为0.1 MΩ，该发电雷管第二天进行绝缘电阻检测时，发现绝缘电阻合格，测试值大于200 MΩ。根据电雷管的结构及工作原理，建立了故障树和机理分析，对导致绝缘电阻不合格的因素进行了分析与列举，并结合工艺操作性、批量生产经验，对电雷管试制生产提出了多种控制措施。经各项试验验证，能有效控制电雷管绝缘电阻值不稳定或不合格，提高了产品的合格率。

【关键词】：电雷管；绝缘电阻；故障分析；多余物

DOI:10.12417/3083-5526.25.04.007

电雷管常用于引信的首发部件，其使命任务是接受外界电能信号作用下，实现爆轰效应，引爆主装炸药。是保证引信内部传爆、传火序列正常作用的基础。电雷管使用时，要求所有传输电流的导线间相互绝缘，并与所用系统地线隔离^[1]。电雷管短路的脚线与壳体（使用时往往与系统地线相连）之间的绝缘电阻就是表征这一性能参数。绝缘电阻是测量产品电介质在被施加直流电压经过一定时间极化过程结束后，流过电介质的泄露电流对应的电阻。一般要求以250V直流电压测量时，应大于2MΩ。作用前进行绝缘电阻测量主要用于探测泄露电流和其他降低安全性的缺陷^[2]。

该电雷管经历了出厂验收的绝缘电阻检测，未出现绝缘电阻不合格，而在装入引信前，进行绝缘电阻检测时发现绝缘电阻不合格现象，本文针对该电雷管绝缘电阻不合格问题，进行了故障树建立、机理分析和试验验证，得到了失效原因，提出了改进措施并进行试验验证。

1 故障问题描述

电雷管主要包括管壳、半导体桥电极塞、起爆药、炸药、导静电环、绝缘套等组成。如图1所示

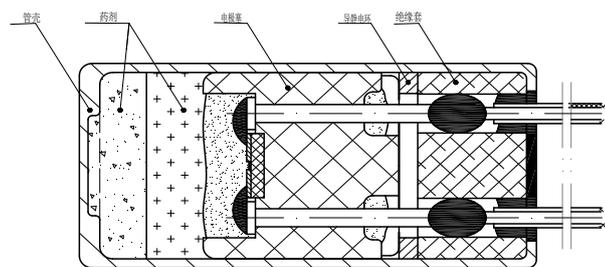


图1 电雷管机构组成示意图

电雷管作用原理：在外界电能信号作用下发火电极发火，起爆敏感装药，继而实现爆轰反应，引爆主装炸药，并以强冲击波的能量方式起爆下一级装药或火工品，最终完成引信起爆传爆序列。

电雷管在装入引信前进行绝缘电阻检测时，发现1发绝缘电阻不合格问题，测试值为0.1MΩ，该发电雷管第二天进行绝

缘电阻检测时，绝缘电阻又合格了，测试值大于200MΩ。

2 故障原因排查及分析

2.1 故障树建立

针对电雷管在装入引信前进行绝缘电阻检测时发现绝缘电阻不合格的故障现象，结合电雷管功能及结构组成进行分析，列出产生故障的所有可能事件，建立该故障的故障树如图2所示

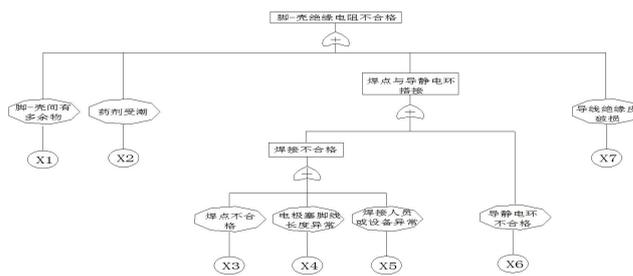


图2 故障树分析图

2.2 产品解剖

为对产品故障进行排查，对产品进行了外观检查、X光无损检测，并对产品进行了解剖。首先在距端面5.5mm处用刀片切开，将起爆药剂部分摘除，再将电极塞部进行径向解剖，经检查，发现在脚线与导静电环空隙处有月牙形多余物，故障件X光无损检测图如图3所示，根据X光无损检测图分析，导致绝缘电阻不合格原因可能为脚-壳间有多余物。最后依次取出导静电环及绝缘套，并测量各零部件尺寸及配合情况。

2.3 底事件分析

故障件使用电子放大镜进行外观检查，未发现导线绝缘皮破损，且导线与壳距离较远，不存在搭接的情况，故可排除底事件“导线绝缘皮破损”。经查，本批产品所使用的药剂均经过水分分析检验合格且开具合格证后使用，此外，电雷管生产时，在符合温湿度要求的生产工房进行。另一方面，药剂受潮可能导致批次产品绝缘电阻均异常，与故障现象不符，故可排除底事件“药剂受潮”。经查，焊接人员持证上岗，有3年以上工作经验，按工艺焊接。焊接设备为智能无铅焊台，在使用

有效期内。故可排除底事件“焊接人员或设备异常”。经X光无损检测,发现脚-壳体间有异物,故障件X光无损检测图如图3所示,可能导致脚线与导静电环搭接,导致绝缘电阻不合格,故不可排除底事件“脚-壳间有多余物”。解剖后,发现脚线-导静电环间有异物,用约300℃的电铬铁可形成熔块,因此判断多余物为锡块。使用电子放大镜发现该故障件焊点与导静电环未搭接。经过故障件实物测量,检测出该发故障件电极塞脚线长度为1.7 mm,满足工艺要求。故障件焊点位置正常,故可排除底事件“电极塞脚线长度异常”。对故障件导静电环尺寸测量,导静电环的尺寸满足图纸要求。故可排除底事件“导静电环不合格”。使用电子放大镜检查焊点,发现焊点外观光洁、平滑、均匀无毛刺,经用通用量具测量焊点最大处直径为 $\Phi 1.03$ mm,大于绝缘套穿线孔尺寸 $\Phi 1.0$ mm,故不可排除底事件“焊点不合格”。



图3 故障件X光检查图

根据故障排查情况及分析结论确认,导致本次电雷管绝缘电阻不合格的原因为焊点过大,装配过程中造成电雷管脚壳间形成多余物,多余物在电雷管脚线与导静电环空隙内形成异常搭接,导致绝缘电阻不合格。

3 故障机理分析

3.1 故障机理

通过故障分析及定位,可确认本次电雷管绝缘电阻不合格质量问题是在生产装配过程中形成锡块的多余物。当焊点较大时,用压合冲将绝缘套(材料为有机玻璃棒 GB/T 7134 的抗拉强度约为 63 MPa)推送到位过程中,绝缘套穿线孔口部将焊点(焊锡点的抗拉强度为 30 MPa~38 MPa,相对较软)刮下月牙形锡块,落入电极塞脚线与导静电环的空隙内,呈自由状态,经用显微镜放大测量其长度尺寸约有 1 mm 左右大小。脚线与导静电环之间间距为 0.275 mm~0.375 mm,锡块长度足够将脚线与导静电环形成搭接。当锡块在空隙内未和脚线与导静电环形成搭接时,测量其绝缘电阻是合格的。但电雷管经过晃动

后,锡块可能将脚线与导静电环形成搭接。因此,此时测量其脚-壳间绝缘电阻是不合格的,甚至显示为 0.1 M Ω ,故最终导致故障产品现象的发生。

3.2 试验验证

为了验证故障的机理和问题定位的准确性,用故障批电雷管剩余的零部件分两组装配 26 发电雷管进行复现验证试验,其中一组电极塞焊点正常焊点直径为(0.8~0.99)mm 装配了 10 发产品,第二组电极塞焊点较大直径为(1.0~1.10) mm 装配了 16 发产品。第一组 10 发产品进行绝缘电阻检测全部合格,第二组 16 发产品进行绝缘电阻检测有 1 发不合格,其余 15 发合格。绝缘电阻检测后,再进行了 X 光检测,第一组 10 发产品,经 X 光检测无多余物。第二组 16 发产品,经 X 光检测,9 发产品有多余物,其中 1 发产品与故障件相似如图 4 所示,与本次故障产品现象一致,故障得到复现。



图4 与故障件相似X光检查图

4 措施与验证

4.1 采取措施

上述机理分析及验证试验表明,电极塞焊点直径大于 $\Phi 1.0$ mm(绝缘套孔直径),用压合冲将绝缘套推送到位过程中,有刮下锡块的风险,锡块可能将脚线与导静电环形成搭接,导致绝缘电阻不合格。因此,采取以下改进措施:

- a) 用 $\Phi 1.0$ mm 样圈 100%检验焊点的大小,控制焊线焊点直径大小适当,不大于 $\Phi 1.0$ mm。在电极塞焊接两根导线后,用 $\Phi 1.0$ mm 样圈,从两根导线端穿过,轻轻推入测试两个焊点的大小,样圈自由通过两个焊点则为合格,取下样圈,电极塞转清洗工序。
- b) 增加绝缘套穿线孔直径的控制,将绝缘套穿线孔直径 $\Phi 1.0$ mm,更改为 $\Phi 1.0+0.1$ 0 mm,同时将绝缘套穿线孔两端面均进行倒角 C0.3,如图 5 所示。
- c) 用显微镜逐一检验焊点的质量,焊点外观应光洁、平滑、均匀、无针眼、拉尖毛刺。

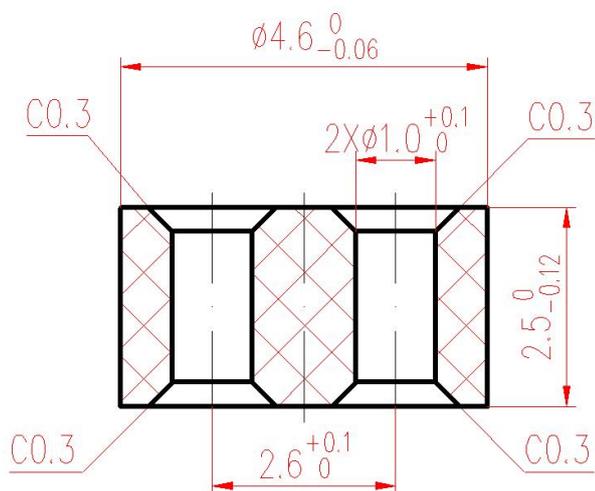


图5 绝缘套更改后图

参考文献:

[1] AIAAS-113-2005 运载火箭和宇宙飞船上使用爆炸系统和爆炸装置的准则.
 [2] GJB5309.6-2004 火工品试验方法,第6部分: 绝缘电阻测定.

4.2 措施有效性验证

为了验证改进措施有效性,按照上述改进措施,生产了30发电雷管,生产完后电雷管进行绝缘电阻测试,30发产品绝缘电阻全部合格,且每发产品绝缘电阻均大于200 MΩ,合格率100%。经X光无损检测,内部无多余物。

6 结论

- (1) 通过故障分析、机理分析及验证试验,得出电雷管绝缘电阻不合格的原因为:在生产装配过程中形成的多余物锡块,锡块与脚线、导静电环异常搭接,导致产品脚-壳间绝缘电阻不合格。
- (2) 控制焊线焊点直径大小,不大于绝缘套穿线孔直径。
- (3) 绝缘套穿线孔两端面均进行倒角C0.3。