

拆接线防人因培训教材



目录

1 引言.....	3
1.1 中国西北航空 TU154 西安空难.....	3
2 背景介绍.....	5
2.1 数据统计.....	5
2.2 必要性.....	7
3 事例分析.....	8
3.1 人因失效.....	8
3.1.1 APG005MT 补偿导线接反导致 1APG002RF 频繁跳闸（D-IOER-1-20040041）..	8
3.1.2 D215 大修发生的绝缘接地事件.....	8
3.2 准备不足.....	9
3.2.1 L4ARE409RC 接线错误导致 ARE244VL 无法关闭.....	9
3.2.2 D1LNE205/207 故障报警触点接线错误造成 D1LNE001AA 报警.....	11
3.3 维修质量.....	12
3.3.1 直流接线未接导致 801 开柜门自动跳闸及母线报警失效.....	12
3.3.2 L1GSS002SN 引发 L1LCA 绝缘低报警.....	13
3.4 职业安全.....	13
3.4.1 L1JPL345VE 电爆喷淋阀误动作喷淋.....	13
3.4.2 L3JPL301TO 接线错误导致 L308 房间消防水误喷淋事件.....	14
3.4.3 D2DEG102MP 信号输出至 PLC 处理器的接线正负极接反.....	15
4 失效场景与预防方法.....	16
4.1 三大问题.....	16
4.2 预防方法.....	19
5 总结.....	25

1 引言

1.1 中国西北航空 TU154 西安空难

1994 年 6 月 6 日 TU154 航班起飞爬升过程中, 飞机开始飘摆, 机组没能发现故障原因, 在处理故障过程中, 飞机姿态变化异常, 飞行员难以控制, 飞机飘摆继续加大, 终于在左坡度急剧下降的过程中, 超过飞机强度极限, 飞机空中解体。**机组 14 人, 旅客 146 人全部遇难。**

经过调查, 此次飞机失事原因竟然源于两个相互插错的小小插头! 维修人员在进行维护更换时, **插口设计不当, 容易引发错插现象, 且未作防插错措施**将倾斜阻尼插头 III7 和航向阻尼插头 III8 接错插口, 并且没有仔细检查核对。结果, 就是这两个小小的插头, 酿成了一起严重的空难! 一架飞机, **160 人的生命**, 就这样在 2884 米的高空灰飞烟灭了……

究其根源, 最终仍是一个责任心的问题。这是一个老生常谈的话题, 但总是有人置之不理, 直到酿成大祸! 飞行无小事, 尤其是民用航空, 动辄几个亿十几个亿的飞机, 和上百名旅客的安全, 都要靠认真、程序、严格、严谨、熟练和高度的责任心来维持! 机务的一次维护, 一次小小的拆接线……都是事关重大啊!



图 1 中国西北航空 TU154 西安空难图片



图 2、中国西北航空 TU154 西安空难

2 背景介绍

2.1 数据统计

大亚湾核电站的安全性和可靠性是靠设计的自动化得以提高,但是维修这些自动化设备的技术,却依靠人的双手和头脑来保持。维修失误是威胁机组安全的一个主要因素,而拆接线失误是典型维修失效模式,拆接线失误更能造成严重的后果;航空器事故、铁路灾难,可能使数百人丧生,石油泄漏等造成长期的环境危害,或化学和核工业上潜在的灾难性事故……查询仪表处的 IOE 事件,拆接线失误占得比例超过了 16% (见表 1),看似简单的拆线、回装工作却占如此高的事件比例,引人反思。

拆接线 IOE 统计表	
编号	标题
D-IOER-1-20040038	接线错误导致 D1GRE 上位机预检信号无法通过
D-IOER-1-20040041	1APG005MT 补偿导线接反导致 1APG002RF 频繁跳闸
D-IOER-1-20060009:	D1LHQ-430-CE 输出端子断裂
D-IOER-1-20090014	D1LNE205207 故障报警触点接线错误造成 D1LNE001AA 报警
D-IOER-2-20050018	GTM 改造过程中 2RCV030UM 接线错误导致 LCC 绝缘报警
D-IOER-2-20090011	D2DEG102MP 信号输出至 PLC 处理器的接线正负极接反
D-IOER-2-20110014	D2LLJ302 远方启动信号线错接
IOER-1-20020032	继电器短路导致 SIP II 组部分 24V 电源丢失
K-IOER-3-20110002	L3JPL301TO 接线错误导致 L308 房间消防水误喷淋事件
K-IOER-4-20120001	L4ARE409RC 接线错误导致 ARE244VL 无法关闭
L-IOER-5-20100013	L1JPL345VE 电爆喷淋阀误动作喷淋
L-IOER-1-2002-049	标识错导致错误地在 1RCV416ID 上工作使 1RCV 除盐床被旁路

表 1 拆接线 IOE 统计表

由历年来涉及到拆接线错误的 IOE 统计结果 (如图 3) 表明, 2007-2008 年拆接线错误控

制比较好，近年来有死灰复燃的趋势。按照人因失误原因分类，拆接线错误引发的人因失误更是占到了 34%（如图 4）。



图 3、历年涉及拆接线 IOE 统计

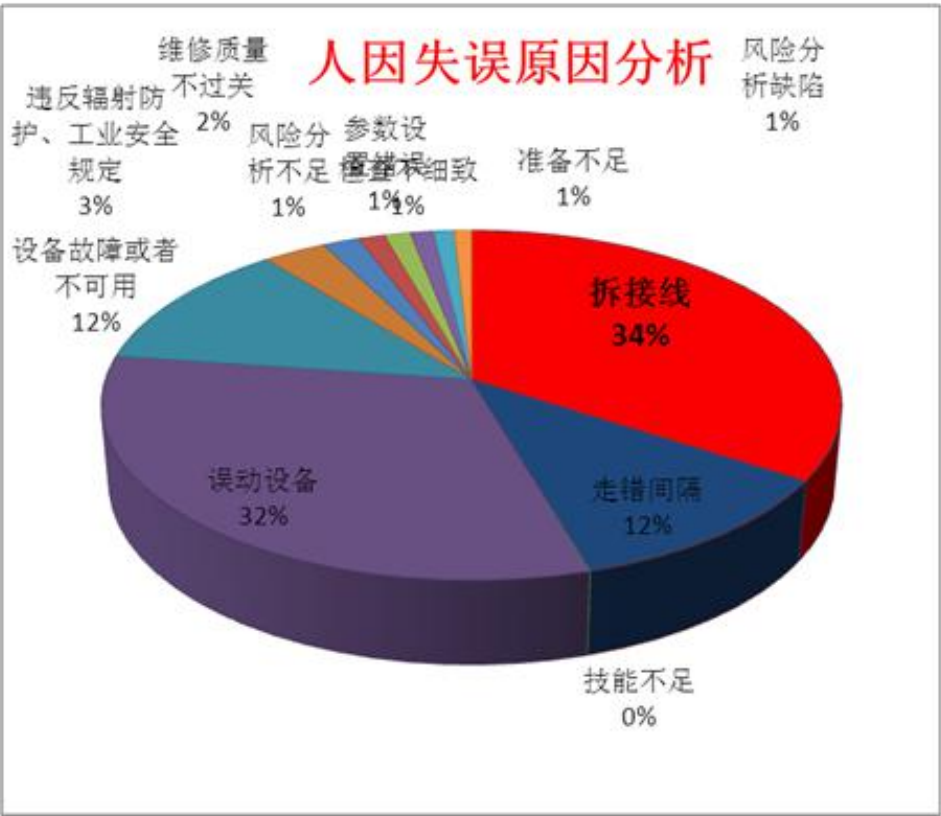


图 4、人因失误原因分析

2.2 必要性

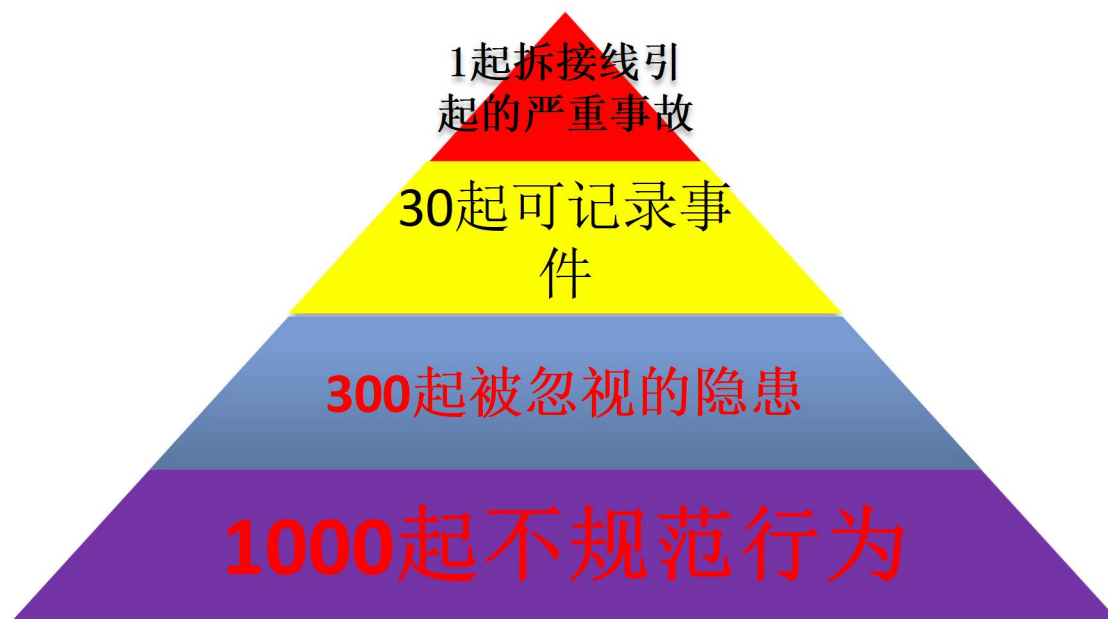


图 5、拆接线错误金字塔

一起严重拆接线事故发生，其背后总会有无数的违规事件和行为。拆接线管理应从金字塔的底层开始，也就是不规范的接线安装、不良拆接线习惯抓起，不断消除设备缺陷、规范人员行为习惯。

随着拆接线人因失误数量的提升，如果每一个工作人员对其重视，必然会大大减少拆接线人因失误的发生频率，因此做此类培训显得尤为重要。

下面通过一些实例来剖析拆接线事件的产生原因、类型，找到预防方法。

3 事例分析

3.1 人因失效

3.1.1 APG005MT 补偿导线接反导致 1APG002RF 频繁跳闸 (D-IOER-1-20040041)

2004 年下半年以来, D1APG 系统频繁出现 APG005ST 温度高保护动作导致 APG002RF 退出运行的故障。查 KIT 历史记录, 每次跳闸时 APG005MT 显示温度均为 160 度左右 (APG005ST 定值是 180 度)。

通过对 005ST 的校验, 验证其动作值为 183.5 度; 检查 005MT 和 005ST 两个测点之间的温差为 0.77 度, 均在要求允许范围内。对流量调节阀 APG088VL 进行检查并校验 APG501CT 均无发现异常。最后校验 APG005MT 探头发现其测量值比实际温度值偏低 20 度。进一步检查发现: 母航空插头内部的 2/3 端接反, 同时 005MT 探头内部两根 10 厘米长的补偿导线安装错位。

由于母航空插头内部的 2/3 端接反, 安装探头时易将补偿导线安装错位。而补偿导线接反会导致探头的输出信号会和实际温度信号有偏差。具体偏差值为负 2 (TA-TB) (TA 为第 1 个接线端子环境温度, TB 为第 2 个接线端子环境温度)。由于在现场 TA 和 TB 的温差为 10 度左右, 故当实际温度已到 180 度时, 005MT 的输出温度仍为 160 度。在 RPE 排水流量发生变化时, 即 005MT 冷却水流量控制回路有扰动信号时, 005MT 所控制冷却水流量阀 088VL 不能完全跟随工况调整, 由于 005MT 的温度输出偏低, 冷却水流量不足, 005ST 温度高产生保护动作。

由于每次更换探头时只更换内部热电偶芯, 不更换该段补偿导线, 因此该缺陷一直存在而未能及时排除。

由以上事例可以看出, 在此次工作中, 维修人员大意导致人因失效, 没有做好有效的拆接线记录, 监护操作者没有做好有效的监护, 工作负责人不可盲目自信, 监护人绝不能形同虚设, 工作负责人和监护人有高度的责任心, 必将产生 1+1>2 的效果。

3.1.2 D215 大修发生的绝缘接地事件

011-11-03 晚 D2LCA004/005AA 报警出现并定住, MIC 经过检查发现 D2APU004UP 下游设备存在接地故障, 经运行同意后断开 D2APU004UP 后绝缘恢复正常。后续经查询图纸、现场确认 D2APU609VV 电动头内部 LCA 48VDC 控制电源线 BYE121 (15) 存在接地故障。会同 MEE 朱 (效勇) 工现场确认 D2APU609VV 电动头已经被拆走, 其相关接线由白色塑料布包裹放置于旁边电缆槽架中, 打开包装后发现处众多接线均独立使用绝缘胶布进行包扎, 但 BYE121 (15) 接线无绝缘包扎, 同铠装电缆壁或地线接触造成接地故障。其结果是停止卸料近 4 个小时。

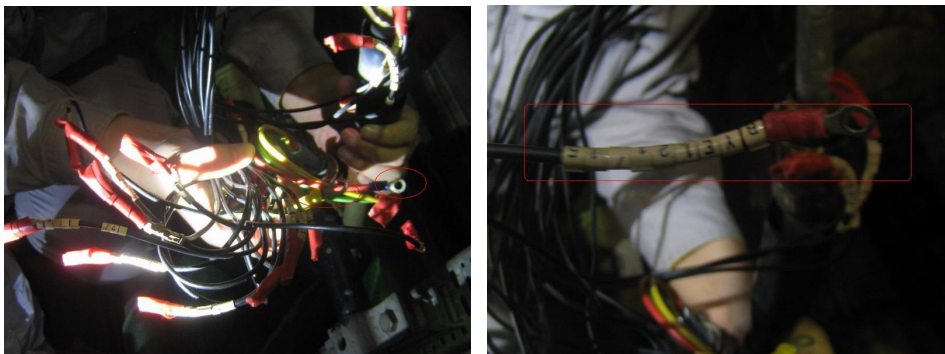


图6 绝缘接地事件

这是一起典型的人因失效事件，现场工作负责人没有做好包扎，拆接线过程控制的规范性要做到有预案，接线标识要清晰，控制好细节，对待重复性的简单工作都要保持认真、严谨工作态度。

3.2 准备不足

3.2.1 L4ARE409RC 接线错误导致 ARE244VL 无法关闭

2012年2月1日，岭澳二期4号机进行L4ARE244VL试验，主控操作员在KIC中操作L4ARE244 VL时，阀门的控制命令已经输出，在KIC中显示与BUP的L4ARE409RC指示一致，但就地阀门未动作

2012年1月10日仪表人员在处理L4ARE409RC指示与KIC不一致问题的时候，未对其接线回路进行仔细研究，RC仅影响指示，不影响L4ARE244VL控制，故认为仅需要对显示回路进行再鉴定。更换RC后，由于接线错误反而使L4ARE409RC指示正确，与KIC一致，仪表人员据此认为故障已经消除，显示回路再鉴定结果合格，没有对L4ARE244VL控制回路进行再鉴定，未能及时发现接线错误的故障。

2012年2月1日，岭澳二期4号机进行L4ARE244VL试验，主控操作员在KIC中操作L4ARE244VL时，阀门的控制命令在KIC中显示与BUP的L4ARE409RC指示一致，但就地阀门未动作。仪表人员检查发现，L4ARE409RC侧的阀门控制命令显示信号的负端与控制偏差指示信号负端接反，导致阀门控制偏差信号通过图3中虚线所示的回路送到了就地阀门去控制阀门开度。在功率大于30%P_n时，控制偏差信号(量程-20%~20%)一直大于20mA，此时阀门全开。操作员在KIC上操作L4ARE244VL阀门时，阀门控制信号经过L4ARE409RC后并没有被送到阀门。如图3中加粗黑线

所示，因阀门控制信号流过RC，所以阀门虽然没动，L4ARE409RC所指示的阀门控制信号会发生变化，且与KIC保持一致。

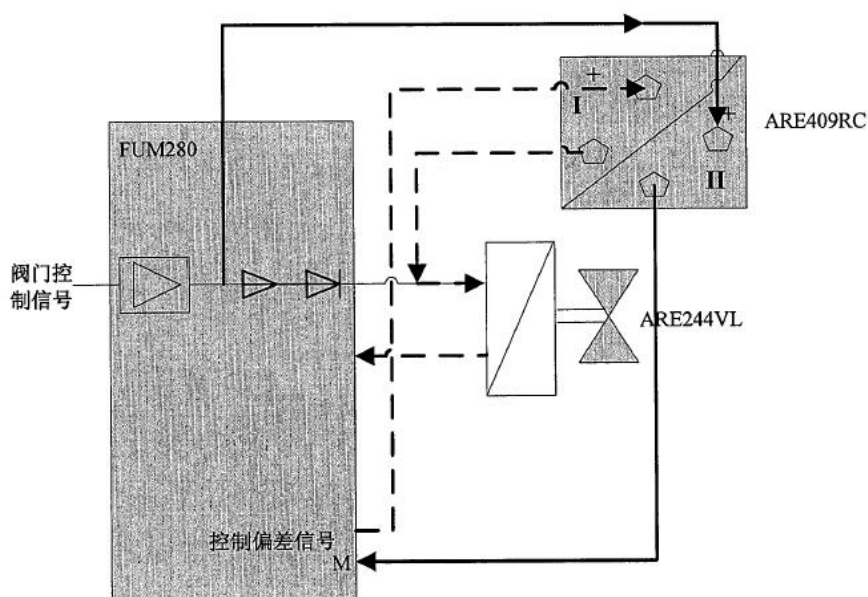


图 7 409RC 原理图



图 8 409RC 正面和背面图片

L4ARE409RC 上有四根接线，分为两组，分别指示阀门控制命令(图 4 中的内圈，图 5 中的 II 区)和控制偏差信号中的外圈，图 5 中的 I 区)，每一组线都为一红一蓝，且四根线都没有线标。2012 年 1 月 10 日仪表人员在更换 4ARE409RC 的过程中，依次拆掉该 RC 上的四根线，做了拆线记录和绝缘包扎，并记录了接线方式。由于没有线标，仪表人员在用于绝缘包扎的胶布上用笔做了临时标识。因 L4ARE409RC 接线无线标，仪表人员在处理 RC 指示偏低的过程中，多次拆接线，在最后一次拆接线的过程中拆接线标识不清晰，导致两组线的负端(都是红线)接反，最终造成 4ARE244VL 无法关闭。

此次事件的根本原因:准备不足导致拆接线控制失效，在最后一次拆接线的过程中拆接线标识不清晰。直接原因是 L4ARE409RC 接线错误。促成因素:1、对 BUP 盘 RC 相关工作风险识别不足以及由此导致的再鉴定不全面;2、L4ARE409RC 接线无线标。目前，现场接线已

经纠正，L4ARE244VL 功能恢复正常，再鉴定结果合格。

针对此次事件，仪表处应升版“仪表计算机处——现场拆接线规范”，对没有线标情况下的拆接线进行规范。进一步识别 BUP 盘有风险并对 RC 相关工作的风险控制方法和再鉴定方法进行培训对同类 BUP 盘设备进行普查，分析后增加线标。

3.2.2 D1LNE205/207 故障报警触点接线错误造成 D1LNE001AA 报警

2009 年 4 月 28 日 15:00，OP0 人员发现主控制室出现 D1LNE-001-AA 报警，表明 D1LNE-001-TB 设备出现异常。主控制室操纵员随即通知 MEE 人员对 D1LNE-001-TB 进行了检查，初步判定是 D1LNE205/207 设备异常。D1LNE205/207 改造负责人在接到通知后立刻赶到了现场，对 D1LNE205/207 进行了独立检查，开关状态为闭合，并对开关下游进行了验电，确认下游带电，于是判定 D1LNE205/207 故障报警触点接线错误。对 D1LNE205/207 进行解体检查后，确认故障报警触点接线接反，处理后重新恢复上电，主控制室报警消失。

该改造的抽屉断路器带有故障报警触点，因此在接线时需要将触点动作信号引出，出线端子为 D、E、F。如图。

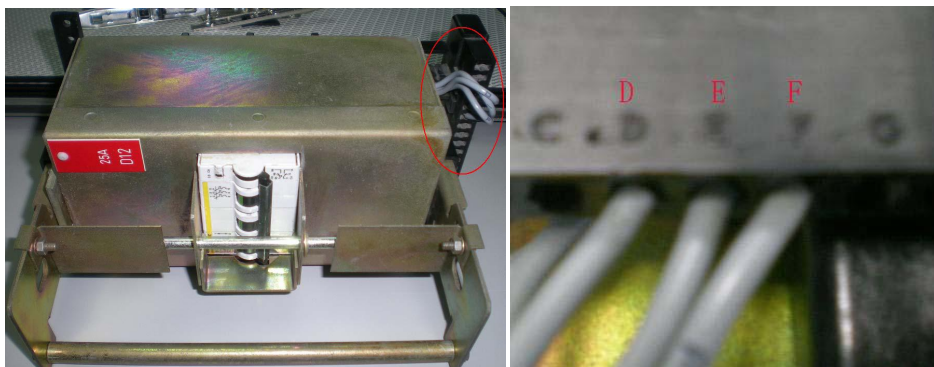


图 9 故障报警点

实际用到的信号出线为 D、F，开关在 trip 状态时 DF 接通，产生逻辑信号并在主控制室报警，其他情况则为 DF 断开而 EF 接通，不产生报警。

造成 D1LNE205/207 故障报警触点接线错误的原因如下：

1) 开关初始状态与产品描述不符，且现场原接线错误，按照原接线线号连接，实际接线错误经过信号验证，开关故障报警触点的标示错误，实际上 95、98 为常闭触点，95、96 为常开触点，现场恢复接线时，将线号为 96 的连线接到断路器故障报警触点的 96 端子，将线号为 98 的连线接到断路器故障报警触点的 98 端子，恰好使得原常闭接点变成常开接点，常开接点变成常闭接点，和初始状态刚好相反。断路器合闸后，引发主控报警。

2) 改造后试验方法不正确，未发现接线错误接线完毕后，只对抽屉开关中断路器故障报警触点 95、96、98 的动作状态进行了检查，功能合格。装上外壳后，未对抽屉开关故障报警触点信号的出线端子 D、E、F 的动作状态进行检查，认为已满足功能要求，因此未检查出接线错误。

本事件中，准备文件本身存在问题，按照原接线线号连接，实际接线错误。故障触点状

态与产品描述不符。而进一步的改造后试验方法不正确，未发现接线错误。

3.3 维修质量

3.3.1 直流接线未接导致 801 开柜门自动跳闸及母线报警失效

2005 年01 月23 日，OP0 在检查现场钥匙情况，当打D2LGA801 (2LKR001TR) 开关柜门时，发现该开关瞬间跳闸，导致2LKR001TB 自动失电，但主控没有出现设计上应有的2LGA002AA 和2LGA003EC 报警。MEE 持票检查时，发现2LGA801仓室内部侧壁端子排001BN-30号接线松动是异常跳闸的根本原因，发现2LGA101仓室顶部001BN-32 号线未接是未触发报警的根本原因，并采取行动纠正了上述故障。

1)MEE 持票(444037)检查异常跳闸原因时，发现2LGA801仓室内部侧壁端子排001BN-30号接线松动是根本原因。2LGA801-001BN-30 号线是开关的125VDC 控制电源的正电源进线，30 号线松动接触不良时导致开关合闸线圈因失去电源而无法保持在合闸位置，最终开关跳闸。

端子松动原因分析：由于从仓室内部侧壁端子排001BN 到柜门上的控制回路的30 号线较短，柜门在打开和关闭过程中，都会使该线受力，多次重复后，导致该线松动，001BN 上的其它端子也有松动现象。

处理措施：紧固001BN 上所有端子，多次打开和关闭柜门试验，端子保持紧固状态，开关不再出现跳闸现象。

2)MEE 持票(444936)检查D2LGA801仓室故障信号未触发主控2LGA002AA 和2LGA003EC 配电盘报警，发现2LGA101仓室顶部001BN-32 号线未接是根本原因(下图)。



图10 机柜内接线

本事件中仅一个机柜中接线松动和未接的线导致了如此严重后果，可以看出拆接线工作不仅要把线回装正确位置，不漏装，装好的线保证质量也是同样重要。拆接线的完成质量就是逻辑量，不是1就是0。拆接线装对位置靠拆接线记录，，装好线还需要工作负责人的责任心和技能水平。

3.3.2L1GSS002SN 引发 L1LCA 绝缘低报警

2008 年3 月11 日17 时:37 分,主控室同时出现L1LCA004AA 绝缘危险报警(绝缘值小于50 千欧)和L1LCA005AA 绝缘临界值(绝缘值低于6.25 千欧),现场检查发现L1LCA 配电盘显示绝缘值为0 千欧,负极对地电压为-0.2V。进一步检查故障原因,确定为L1GSS002SN 负极接线对地绝缘低。就地检查,发现看到L1GSS002SN 电缆用白布包扎好后,放在电缆槽架上,打开包扎的白布,发现负极线的单股铜芯已扎破绝缘胶布,铜芯头露在外面,透过白纱布直接和电缆槽架金属壁接触,造成L1LCA负极死接地。

经确认,清河仪表人员当天持票(813061)检查L1GSS001/002/003/004/005/006SN 的内部接点,并对各SN 进行密封处理。由于在检查过程中发现L1GSS002/004/006SN 节点阻值偏高,清河工作负责人将L1GSS002/004/006SN 接线拆下包扎好(未将L1GSS002SN 电缆从SN 连接头处拆下),将SN 内部接点芯子拆下。清河QC 人员将该三个SN 带回办公室研究讨论处理方案。大约在16 时30 分,通知清河工作负责人可以回装SN 芯子。17 时左右,QH 工作人员在进行电缆连接头密封处理时发现较难处理,于是临时将L1GSS002SN 电缆从连接头处拆下,进行绝缘包扎后放在电缆槽架上,但该SN 电缆线芯为硬铜芯线,由于该SN 电缆较硬,包扎好的电缆头放置在槽架上时受力,造成电缆铜芯末端刺破绝缘胶布,透过包扎的白布直接和电缆槽架接触,导致L1LCA 负极死接地,引发机组随机第一组IO。

分析本次事件,工作失误的主要原因由以下几点:

1、将电缆从SN 中拆下后放置不当,未考虑周边环境可能带来的影响和风险。该电缆比较硬,而且信号线为单股铜芯线,也比较硬。直接放置在金属架上,一旦拆下的接线刺破绝缘胶布后,则线芯直接和槽架接触,出现绝缘问题,反映出工作负责人技能不够。

2、风险意识不够,工作负责人进行该项工作时,没有意识到该工作可能对L1LCA 绝缘造成影响,对SN 的绝缘处理重视程度不够,同时在工作票中没有相应的风险提示。而且针对本次事件,鉴于带电在SN 本体上进行拆接线的工作过程中导致绝缘接地的风险很大,应该在就地CR 箱将SN 接线停电后再在SN 上进行拆线工作。

3、在二核常规岛的非核安全系统中大量使用了核安全系统的48VDC 电源是导致本次绝缘事件的诱因。从长远的角度应该考虑电源系统改造的可行性。

3.4 职业安全

3.4.1L1JPL345VE 电爆喷淋阀误动作喷淋

2011年09月14日11:32,T1LHP006试验结束L1LHA母线切回L1LGB母线供电时主控出现L1JPL003AA(L301-W330房间喷淋动作)和L1JPL009AA(I,1JPL200-201-202CR故障或起火)报警和L1JDT300AA报警,L1JPP001PO自动启动,立即通知现场人员检查,检查发现L1LX301房间的L1JPL345VE电爆喷淋阀动作喷淋。LPO现场检查后,关闭上游隔离阀L1JPL341VE,L301/W330房间消防不可用,机组记I02。

MIC持票检查发现L1JPL201CR柜内的24V备用电池正、负线接反。随后,检查发现L1JPL200CR机柜内24V备用电池接线也存在同样接反问题。查工作历史,确认MIC/QH人员2011年9月6号持票C1241269对L1JPL 200/201/202CR备用电池进行过预防性更换/检查。调查了解工作情况,确认L1JPL200/201CR柜内24V备用电池正、负级接线是此次工作时接反。

L1JPL200/201CR机柜24V备用电池正、负级接线接反,在机柜失电时潜在信号误发,导

致电爆喷淋阀误动作喷淋风险。但在机柜正常供电情况下，不影响JPL的探测及保护(动作)功能，不影响其可用性。

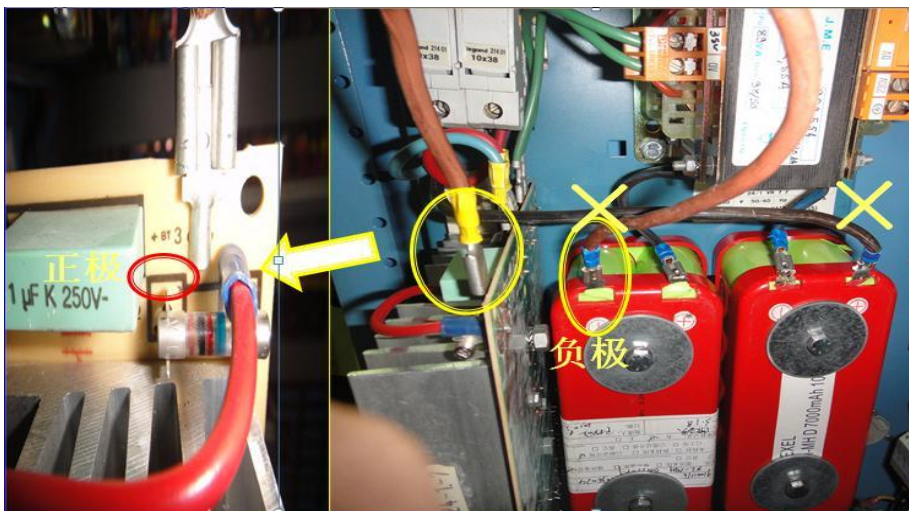


图11 JPL电池接线

调查L1JPL工作历史，20110906，MIC/QH人员曾持票C1241269对L1JPL 200/201/202CR备用电池进行过预防性更换、检查。在该工作中，工作负责人执行指令拆下220vAC主电源保险(F1)、蓄电池备用电源保险(F2/F3)后，发现原旧电池接线直接焊在电池上，考虑到以后换电池的方便，负责人准备将电池接线改为插接。于是将备用电池以及相关接线拆下带回

办公室(负责人认为电池只有两根接线，接线工作相对简单，在拆备用电池接线时没有做拆、接线记录)。在办公室，将电池上的接线焊下，压制好接线鼻子后，重新拿回现场更换安装新电池，并按照规定进行了安装后的电池电压检查(在现场回装备用电池及接线时，负责人根据记忆恢复接线，将三个机柜中两个机柜的备用电池正、负级接线接反)。

本次事件的直接原因为更换L1JPL201CR柜内备用电池时正、负级接线接反，导致柴油机试验断电瞬间板件失电，板件重新带电瞬间偶发输出信号导致L1JPL345VE动作。事件根本原因:负责人盲目自信，不按要求做拆接线记录。负责人拆备用电池接线时没有按要求做拆接线记录，恢复接线时按一记忆接线，导致接线接反。事件促成原因:规程不完善，按照规程执行不能发现备用电池接线问题。新接手系统，存在技能不足。

统计表明，现场出现拆接线失误的大多是简单的拆接线(小于等于4根接线)，工作负责人对于复杂的拆接线没有充足的信心，工作小心谨慎，反而不容易出错。

3.4.2L3JPL301TO 接线错误导致 L308 房间消防水误喷淋事件

2011年01月22日14时，MIC人员持工作票1311949对L3JPL343/344/345/346/347VE(L301房间)，L3JPL348/349VE洪水阀控制回路进行检查。开工前确认L3JPL343/344/345/346/347/348/349E1E上游隔离阀关闭，且电爆管信号线已断开，当执行规程第三步“在3JDT002CR中按301T0”模拟控制信号触发电爆管信号时，301T0按h后301T0/308T0同时触发，导致L308房间的L3JPL313/314/315VE电爆管触发，L308房间消防水喷淋动作。

经调查，MIC本次试验是针对L301/W330房间洪水阀控制回路的检查，MIC人员在开工前，已经确认L301/W330房间消防水隔离:由于L308房间的L3JPL313/314/315VE不在此Z:作内，根据1作指令，无需隔离相应消防水。

进一步核实JPL逻辑图以及DCS组态图，均未发现L3JPL301/308Ta之间存在联动关系，3JPL301Ta控制L301房间的L3JPL343/344/345/346/347VE，而3JPL308T0控制的是L308房间的

L3JPL313/314/315VEa随后检查L3JDT002CR内部接线，发现在3JPL301T0与3JPL308T0之间有一根多余的短接线，导致在按301T0时同时将++24VDC送给308T0，触发L308房间的电爆管动作，导致喷淋误动

本次消防水误喷淋事件的直接原因是:L3JDT002CR内部3JPL301T0/308T0之间存在一根多余短接线，301T0按下后，301T0/308T0同时动作，导致L308房间消防水误喷淋。根本原因是:工程安装调试期间未发现并清除3JPL301/308T0端子排间多余的短接线。促成因素:调试期间L3JPL洪水阀试验验证不全面，相关试验是在现场所有洪水阀的电爆管接线断开后情况下进行，只验证了301T0到其所控制洪水阀(L3JPL343/344/345/346/347VE)的信号通道，而未验证到301T0是否影响其他洪水阀的控制，未能及时发现301T0和308T0端子排间多余的短接线。

3.4.3D2DEG102MP 信号输出至 PLC 处理器的接线正负极接反

2009 年12 月9 日,MRM 人员在D2DEG101GF 制冷机组两年检过程中发现D2DEG102MP 压力传感器故障，申请工作票通知MIC 人员检查。MIC 人员处理D2DEG102MP 故障时，发现新备件无法使用到现场。12 月10 日，经TEN/MRM/MIC 联合检查，发现备件传感器与损坏的传感器的航空插头接线相反，进一步检查发现D2DEG102MP 信号输出至PLC 微机控制柜的接线与图纸不符，正负极接反，导致新备件使用到现场后无信号输出。而现场曾使用过的压力变送器的信号输出线的航空插头因刚好正负极接反，原来的压力传感器在损坏前显示正常，从而使得此问题未曾被发现。

该型号压力变送器为DEG 制冷机组改造后首次使用,按照图纸更正微机控制柜的接线后,新备件可以直接使用到现场。对改造后的所有六台DEG 制冷机微机柜内的所有压力传感器接线进行检查，没有发现类似问题。

本次事件根本原因是厂家制造过程控制失效，造成接线与图纸不符，TEN 出厂验收没有发现缺陷，工作人员现在工作应加强规范性，严格做到按图施工，发现缺陷及时报告。

4 失效场景与预防方法

拆接线工作在核电站仪控人员工作中就如家常便饭，一次典型的拆接线工作无外乎以下几个过程，

- 1、熟读工作指令、风险分析，准备工具备件，确认开工条件
- 2、现场确认端子排位置号（如：BN1），
- 3、确认待拆除线号的位置，并将在线的线芯用绝缘胶布进行包扎屏蔽(见图 1、2、3)；

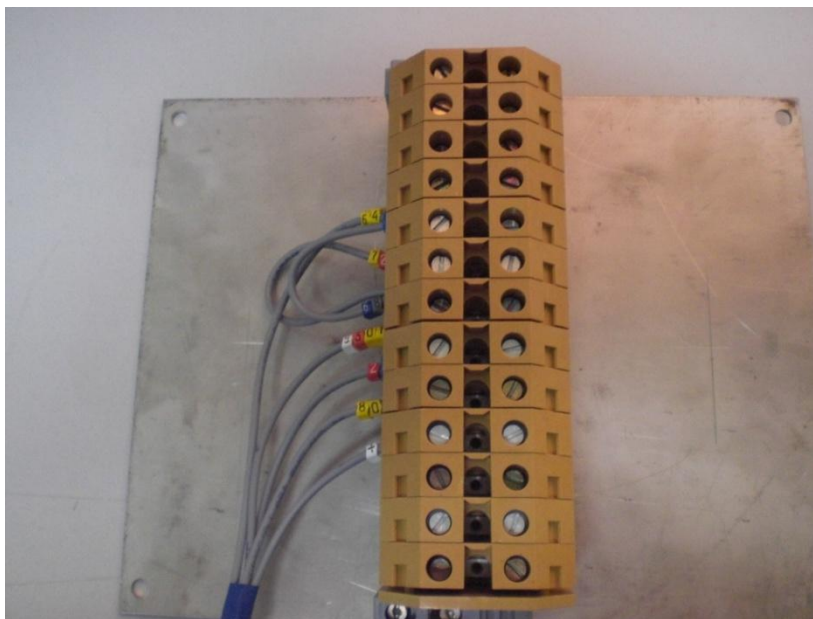


图 1



图 2

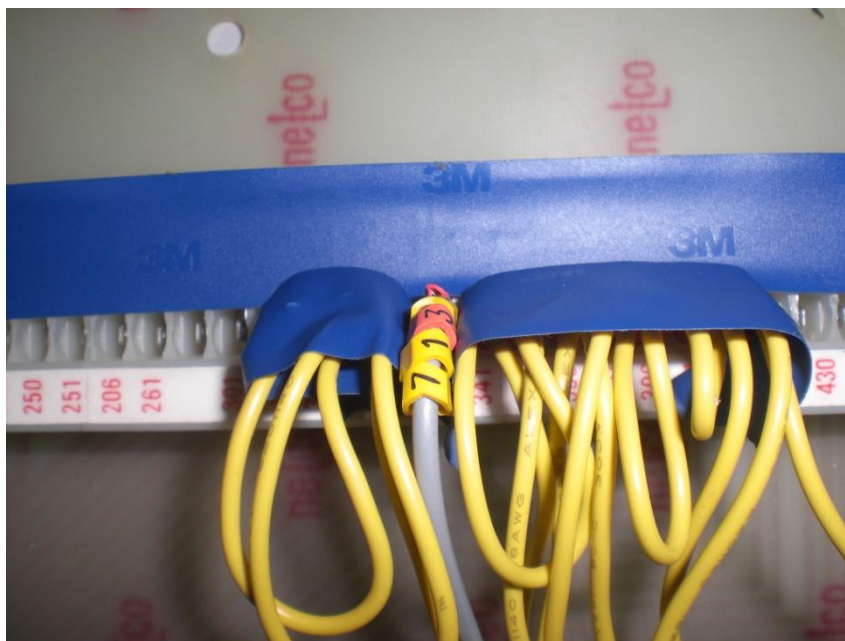


图 3

注意：拆线时如发现单个端子上有很多根线芯，停止工作，反馈准备进行确认——是否环形接线，待确认后再往下执行。

- 4、拆线前对拆线工具进行绝缘包扎，用绝缘胶布对螺丝刀、尖嘴钳等金属工具缠绕确认无误后，方可进行下步工作（见图 4）。



图 4

- 5、按要求填写拆接线记录单，拆线过程中拆一根线，记录一次，待拆完线后进行签字确认。
- 6、拆每一根线前，都必须验电，拆下的线立即用绝缘胶布包扎好，确认无金属部分露出（注意：拆线时动作要轻，精力集中，不能用力拉线，防止接线鼻子因不当操作引起接地与短路，拆下包好的线放置在不影响工作的合适的地方，绝对避免与金属接触，防止线芯接地）。

7、再次确认，所拆下的线号正确无误，双重验证。

当然，上面仅简述了拆线的过程，接线也是一样的，但要特别提醒的几点是：

- 1、在回装接线的过程中，一定要首先判断回装接线的状态（通过验电来判断），然后判断回装接线后下游设备是否动作。
- 2、在回装接线的过程中，务必双重监护，按照拆接线记录单将接线准确的回装至正确的位置。
- 3、在回装完接线后，一定要检查接线是否安装到位、牢固。

三大问题

为何看似简单的拆接线工作，仍然时常出现失效事件。结合上述八起拆接线问题典型案例，我们不难总结出如下三大类失效问题

- 拆接线前不知设备存在缺陷

在核电站众多拆接线工作中，涉及到备件变更、图纸错误及调试遗留问题等陷阱的问题不在少数。若工作负责人在开工前没能认真阅读指令、图纸；拆接线前没有通过捋线、测量信号等方式验证拆接线标牌正确，就很有可能落入陷阱，造成拆接线错误，引发设备故障。例如 D1APG005MT 补偿导线接反问题就是因为新旧备件航空插头接线方式变更未能及时发现引起的 IOE 事件。

- 工作习惯不良造引如隐患

在拆接线工作执行过程中，部分工作人员由于技能水平不足或行为规范不良，造成拆接线错误、接线接触不良的实例也有很多。若工作负责人在拆接线时没有严格按照规范要求拆接一根线做一次记录，监护人确认记录，而是在拆装多根接线后再补做记录，监护人再检查签字，存在拆接线错误未能及时发现或错过问题；又如工作负责人拆线前不进行是否为环形供电分析，造成拆线后下游电源丢失引发设备误动问题；如工作负责人习惯根据经验判断进线、出线，不核实图纸，造成拆线不当问题；还有在回装接线后为进行接线紧固性检查，存在虚接隐患。例如 D2LGA801(2LKR001TR)开关柜门操作引发开关瞬间跳闸事件即为接线虚接，造成震动时接线松脱开跳闸事件。

- 不执行规定严格进行拆接线记录

个别人员在执行拆接线操作中不执行公司管理规定，未进行拆接线记录和绝缘包扎，造成多起拆接线错误和绝缘故障。若工作负责人过于自行，认为一两根接线拆装作业不用进行记录，完全可以记住，属故意违规行为；如工作负责在短时拆线时认为不会触发绝缘故障，未对拆下接线进行绝缘包扎，存在设备电缆带电接地触发绝缘故障风险。如 L1JPL345VE 误喷淋事件即为工作负责人存在侥幸心理，对拆下两个线未作标记，造成正负极回装错误，

引发设备误喷淋故障。

结合失效类型和以往良好的经验反馈，我们特总结如下多条失效模式及其应对方法，具体如下：

4.1 不做拆接线记录或拆接线记录不规范

个别工作人员在执行涉及拆接线的作业时，发现只有一两根线，于是自信心爆棚，认为凭借自己多次执行类似工作的经验，无需做拆接线记录，完全可以凭脑子记住，从而直接进行拆线，结果酿成恶性后果。另有一些工作人员，行为规范不良，在拆接线时没有严格按照规范要求拆接一根线做一次记录，监护人也没有进行确认，而是在拆装多根接线后再补做记录，结果导致拆接线错误。另外，有些工作负责人根据个人喜好，通过画图的方式来做拆接线记录，这样的好处是形象，但一旦回装接线时更换了负责人，将会极易造成误解而引发错误。

预防措施：对于涉及拆接线的作业，不管接线数量多少、拆接难度高低，都要坚决执行 MIC 关于拆接线的管理规定，拆接线作业时，核实一根、拆接一根、记录一根，切不可凭经验、自信心或侥幸心理而故意违规。

4.2 图纸或新备件与现场设备不一致

在核电站众多拆接线工作中，涉及到备件变更、图纸错误及调试遗留问题等陷阱的问题不在少数。若工作负责人在开工前没能认真阅读指令、图纸；拆接线前没有通过捋线、测量信号等方式验证拆接线标牌正确，就很有可能落入陷阱，造成拆接线错误，引发设备故障。例如 D1APG005MT 补偿导线接反问题就是因为新旧备件航空插头接线方式变跟未能及时发现引起的 IOE 事件。

预防措施：开工前，认真阅读指令及图纸，发现问题及时反馈；现场作业时仔细核对图纸与现场接线是否一致，如果不一致立即中止工作，进行反馈、澄清；涉及备件更换的，在新备件领出后一定要核实其电气接口与旧备件是否一致（如航空插头插针位置、接线外皮颜色和触点的对应关系等），如发现不一致，立即中止工作，反馈备件工程师进行澄清，切不可盲目更换；更换新备件后要用可靠的方式进行功能验证。

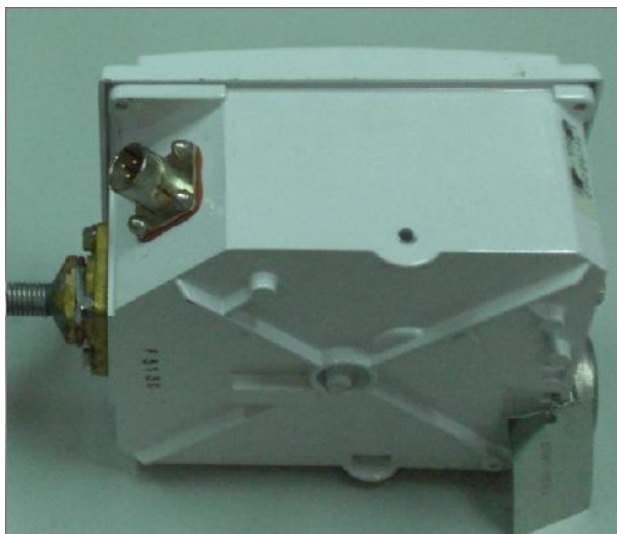


图 4.2 带航空插头备件

4.3 位置较高（较低）或空间狭窄

在涉及到位置较高（较低）或空间狭窄的拆接线工作，监护人可能没有条件进行实时监护，例如位置较高的火警探头底座更换工作、位置较低的 VVP 拆接线工作、空间狭窄的 KCO 机柜内拆接线工作等，这就带来了很大风险，很容易导致拆接线记录错误、拆接线看错行、回装时接错线等问题。

预防措施：对于位置较高（较低）的工作：必须先将其带的联动设备进行闭锁，然后再进行拆线工作，有条件的话拆一根、接一根、核实一根；或者工作负责人先核实接线，做好记录，然后监护人再根据记录进行接线核实，确认记录正确，工作负责人实施拆线工作，回装时，工作负责人回装一根线，监护人核实一根线，直至工作完成，不要怕麻烦。对于空间狭窄的拆接线工作：工作负责人先核对，核对后将要拆、接的线或端子用绝缘胶布标识出来；让出空间，请工作监护人再次核对标识的接线是否是要拆接的接线；核对完再由工作负责人对标识好的接线进行拆、接作业。



图 4.3（1）位置较高



图 4.3（2）空间狭窄

4.4 环形接线及并接线

一般，为了确保供电，同时又节约电缆和保证良好的可维护性，通常会采用诸如：“环

形接线”、母线供电（开架继电器架、SIP 柜供电母线等采用此方式）等接线方式。但是，有些系统，为了节省电缆，或是安装方面考虑，采用了**并接线**的方式，没有形成“环形接线”，这对故障查找和设备维护带来很大的不便并会引入很大的风险。历史上曾发生多次因并接线导致拆错线的事件，如：D2AHP001SN 更换时造成下游失电，出现 2KCO001AA 失电报警；X0LHS017XR 的 14 号接线时，导致下游负荷失电等。

预防措施：对于准备人员，要求拆接并线时注意要确保下游供电正常，否则需做短接线或要求整个回路停电。对于执行人员，现场拆接线时，若所拆端子上有两根或两根以上的线时，要立即停下来，并向准备人员反馈，在确认不会引起下游失电或整个回路停电后再向下执行。

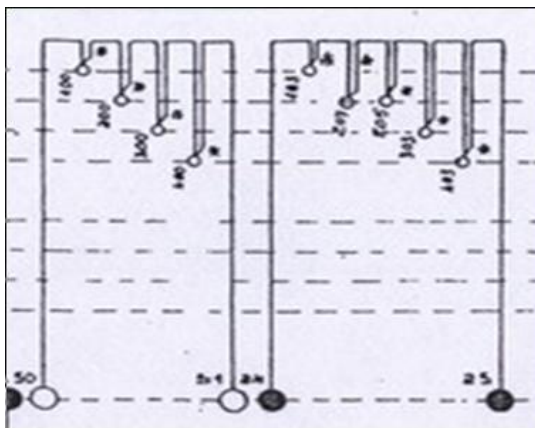


图 4.4（1）环形接线

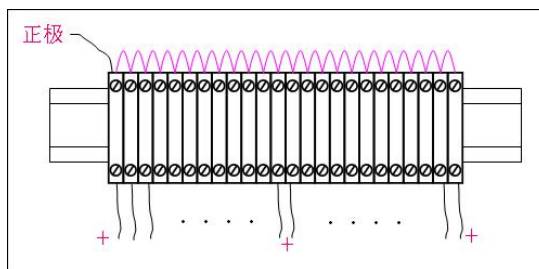


图 4.4（2）并接线

4.5 接线标识缺失或标识不清

在涉及到拆接线的工作中，经常发现一些接线的线号脱落、丢失或模糊不清，这就给拆接线工作带来了极大的风险，如果拆接线记录做的不规范，很有可能造成误解，出现拆接线错误。如：L4ARE409RC 接线错误导致 ARE244VL 无法关闭事件就是这个原因导致的。

预防措施：11.5 米及 15 米机柜内接线，好多是没有线标，我们可以采取：看线缆本身打印的芯线线号，或自己增加临时线号标识（注意可靠性，标识清晰，不能轻易就被擦掉）。

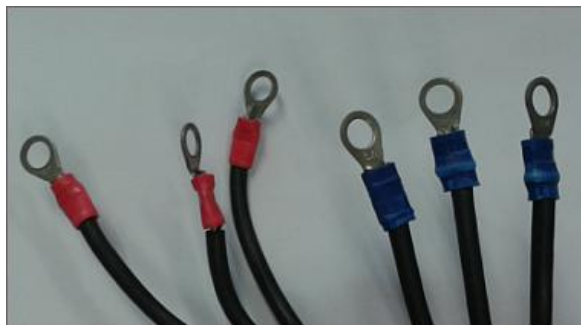


图 4.5 接线无标识

4.6 拆接线前后不验证信号

个别工作负责人在执行涉及拆接线工作时，机械地执行指令，拆前不验电，不验证信号，恢复前也不验证，结果可能由于工作前后系统状态的改变导致接线回装后设备误动。对于我们来说主要是 TCA 工作，需特别注意。RRA 在大修时出现过 TCA 恢复误动的事件。

预防措施：任何涉及拆接线的工作，开工前都要核实系统状态，使用万用表验证将要被的拆接线的信号状态，确认信号状态正确，满足开工条件；接线恢复前，同样需要验证拆下的接线信号状态以及端子状态，确认接线恢复后的系统状态与预期一致。

4.7 同一位置多次重复拆接线

在仪表专业的大修工作中，有许多需要在同一位置进行多次重复拆接线的工作，而我们很多工作人员只在首次执行时进行拆接线的记录，而在后面的再次拆线时，均不做记录，这样做很有可能导致后面回装接线时发生错误。

预防措施：严格执行 MIC 关于拆接线工作的管理规定，每次实施拆接线工作都要重新进行记录，避免发生拆接线错误的事件。

4.8 工作环境恶劣

在日常期间的常规岛或者控制区的红区，由于工作所处的环境存在高温、高噪音、高辐射等外部的因数的影响，工作组成员在执行拆接线工作时，往往会认为拆接线工作影响效率，简单做拆接线记录甚至不做拆接线记录，从而引发错误。

预防措施：规范作业行为，克服在高温、高噪音、高辐射工作环境下的紧张心理情绪，做好拆接线记录，避免引发不必要的错误。

4.9 接线存在强电

仪控设备一般的电压等级为 24/30/48VDC，而常规岛系统普遍使用 125VDC 或 220/380VAC，工作负责人遇到高压时，有时存在侥幸心理，直接进行拆接线工作，往往容易造成人身和设备的损坏。

预防措施：准备人员准备指令时，如涉及强电的拆接线工作，一定要隔离上游电源，确保工作组成员在拆接线过程中的安全，另外，当执行层工作中发现所要的拆装的接线存在强

电时，务必要立即停止工作，汇报协调，重新评估风险。

结合历史事件和拆接线经验，仪表计算处现场拆接线规范，用于指导和规范现场拆接线工作。

仪表计算机处工作负责人(包括日常及大修承包商的工作负责人)在工作现场进行相关拆接

线操作时必须遵守以下规范，日常维修工作按“MIC 行为规范”进行考核；在大修期间

按“大修质量管理规定”进行考核，仪表计算机处的大修管理人员及 QC 检查员将不定期地检查大修作业现场，对违反“仪表计算机处现场拆接线管理规范”的现象进行及时

纠正并发出“违反质量管理规定”通知书。对于重复发生违反“仪表计算机处现场拆接

线管理规范”的单位将发出“停工整改通知书”。

现场拆接线行为规范：

1) 现场拆接线操作必须进行现场监护，工作负责人与工作监护人要双重确认设备位置正确无误。拆接线前应根据工作文件及设备接线图分析相邻端子、接线和设备的风险。

对于存在疑问、图纸不全或者技术细节不清时，必须汇报上级或者科长，组织论证分析。（对于 KRG205AR/CAR001AR 机柜的操作，涉及发电机保护/冷却控制、CEX 凝结水泵保护和汽机保护等，均作为重大风险作业，须分析相邻端子的风险，必要时采取相应的安全措施在工作前退出相关设备或保护。）

2) 拆接线必须对照图纸进行，并仔细核对现场端子位置、线号、线颜色与图纸一致，否则应先发出 NCR，与相关部门评估后再进行拆线工作；对于没有图纸的接线，必须对接线的位置、线号、颜色和连接设备的对应关系进行书面记录。（见附录一记录表格）

3) 拆线和接线工作原则上要求同一个人完成，如果因为特殊原因需换人恢复接线时，新工作负责人必须与原工作负责人进行交接；

4) 拆接线必须使用合适的螺丝刀、尖嘴钳等工具，防止造成接触不良和损坏端子；对于保护系统相关的贯穿件等特殊端子排，必须使用专用工具

5) 拆接线操作必须小心谨慎进行，工作过程中应注意防止误碰其他接线、端子和设备；防止用力过大，造成端子滑丝或破坏性压接、或用力过小造成接触不良；应尽量避免对插拔式端子的拆接线操作，防止造成端子变形而产生接触不良。

6) 交流 220VAC 电源端子拆接线操作，必须在上游断电后进行，禁止带电操作。

7) **拆线前：**工作负责人和监护人须双重验证原始接线位置正确，并唱票记录。（见附录一记录表格）必要时进行电压测量和信号确认（测量信号时应注意防止造成短路和表笔接地），**若发现需拆端子上有两根或两根以上的接线时，必须停下来，确认工作包中是否有关于“环形接线”特别说明，没有则立即联系准备工程师，如果需拆非环形接线**

中间的并线时，必须先做短接线或者电源停盘才能拆下并线。

- 8) 现场拆接线时，如发现接线无标示，应停止工作反馈核实：如线标缺失，则应将标示补齐；如确实为设备内部接线无线标时，工作负责人应对需拆的接线进行临时标识，确认临时标识可靠，并做好记录，然后再进行拆接线工作。拆接线工作全部结束后，拆除相应的临时标示。
- 9) **拆线后：**对拆下的线头应及时包扎好，注意绝缘及防潮保护和固定；对没有线号的线头，须进行标识区分，以利于恢复接线。
- 10) **恢复接线前：**检查线头压线牢固，线芯、线鼻子无缺陷，检查对应端子排无变形。
- 11) **恢复接线过程中：**工作负责人和监护人须双重验证原接线位置正确，并唱票记录。
- 12) **恢复接线后：**监护人必须根据原始记录进行验证和检查，检查接线位置正确，接线牢固。
- 13) **接线完成后：**检查相关指示、电信号、报警正确，条件许可时请运行部门配合操作设备，进行再鉴定检查。
- 14) **拆接线工作中的特别提示：**
- 现场一次仪表的拆线工作一定要验电，在带电的情况下，反馈准备工程师尽可能在就地 CR 箱退电后再拆一次表的内部接线。注意，如在一次表内部有并线或就地 CR 箱内有并线的端子，要慎重分析后才考虑退线（否则有导致下游设备失电风险）！
 - 在拆线后要考虑电缆的绝缘包扎是否有脱落或刺破等失效风险，拆下的电缆头包扎好后要绑扎固定后悬空放置，不能放在任何可能导致接地的金属支架或其它金属物上。所放地方要考虑周围环境影响，以及被其它工作人员的误碰误撞风险。（否则有绝缘风险）
 - 要尽可能减少退线时间，控制退线范围，尽快恢复正常接线。（否则有绝缘风险）

5 总结

每年仪表拆因接线工作出现大量错误，**100%**都是由人因失误引起的。遵守拆接线管理规范，提高自身技能，在做拆接线工作时发扬“一朝被蛇咬十年怕井绳”的精神。减少拆接线造成的影响，最直接有效的方法就是控制每一个不规范行为。就像没有根基的金字塔不可能稳固一样，人因失误失去赖以生存的环境，必将大大减少。