

李金雄 编

携带型短路接地线 应用技术



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

携带型短路接地线 应用技术

李金雄 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书以一种常用的电力安全工具——携带型短路接地线为题材,从专业理论到实际应用,系统地论述了接地线应用技术,深入浅出地讲解了在电力系统发、输、变、配电各专业领域下,接地线技术的使用特点。主要内容共分6章,分别是携带型短路接地线技术基础、临时接地技术、携带型短路接地线使用技术、携带型短路接地线各专业领域的应用、国外携带型短路接地线的技术特点和携带型短路接地线实际案例分析及总结。附录将“安规”中关于接地线部分的内容、技术标准等相关知识纳入本书,供读者学习、查阅。此书对提高基层的接地线实际应用技术、加强接地线防事故能力,有着积极的社会效益和经济效益,也是对我国《电力安全工作规程(接地线部分)》内容的细化、补充和丰富。

本书可作为电力企业职工的安全培训教材,是电力企业安全生产不可缺少的学习资料。

图书在版编目(CIP)数据

携带型短路接地线应用技术 / 李金雄编. —北京:中国电力出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 5083 - 6827 - 6

I. 携… II. 李… III. 接地保护装置 IV. TM774

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 033244 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008年5月第一版 2008年5月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 8.5印张 223千字

印数 0001—3000册 定价 20.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

近年来,随着我国国民经济的飞速发展和电力企业的深化改革,作为国民经济基础行业的电力能源建设,更是处于经济发展的前列。众所周知,电力行业是高危风险产业,许多企业在电力项目建设高速发展的同时,也面临十分严峻、突出的安全问题。加上国家日益重视安全生产和行业内安全工作奖惩力度加大,各电力企业急需提高安全作业水平和员工的安全作业技能,最大限度地减少电网事故、电气设备事故和人身伤亡事故,以实现企业的安全生产,构筑平安、和谐社会。

携带型短路接地线作为电力生产最主要的安全工具之一,是基层工作中必不可少的防护保障工具。由于接地线保护的對象主要是作业人员,接地线使用是否合格、符合要求,直接关系到作业人员的生命安全。因此,携带型短路接地线的实际应用是一门非常关键的安全技术。任何从事电力工作的单位和个人,都必须学会正确、规范地使用接地线,对临时性接地线应用技术应引起足够的重视。

本书是国内第一部专题论述携带型短路接地线应用技术的专业书籍,作为介绍接地线专业技术配套资料,对电力企业基层中如何正确使用接地线可以起到抛砖引玉的作用。电力安全是集科学性、实践性于一体的技术,需要专业知识和工作经验相结合。书中许多接地技术安全措施都是首次提出,如双隔离接地、多组接地线并用和组合、一(单)点接地等,对基层提

高接地防护技术、增强企业和职工安全意识有着重要的意义。

由于编者水平有限，书中若有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008年3月

目 录

前言

第一章 携带型短路接地线技术基础	(1)
第一节 携带型短路接地线概述	(1)
第二节 携带型短路接地线作用与原理	(8)
第三节 携带型短路接地线的管理及规范要求	(13)
第二章 临时接地技术	(16)
第一节 接地技术部分	(16)
第二节 临时性接地极及其应用	(25)
第三节 临时接地方式及连接线夹	(31)
第四节 临时接地应用部分	(40)
第三章 携带型短路接地线使用技术	(52)
第一节 携带型短路接地线应用基础	(52)
第二节 携带型短路接地线使用注意事项	(66)
第三节 携带型短路接地线的布置与计算	(74)
第四节 携带型短路接地线的副作用	(104)
第五节 其他	(106)

第四章 携带型短路接地线各专业领域的应用	(111)
第一节 发电厂携带型短路接地线的确定	(111)
第二节 变电站电气一次设备接地	(125)
第三节 配电线路接地	(132)
第四节 输电线路接地	(135)
第五节 电力电缆上接地线的使用	(141)
第五章 国外携带型短路接地线的技术特点	(144)
第一节 概述与技术参数	(144)
第二节 国外接地线技术其他不同点	(152)
第三节 防范带电地表层的触电	(162)
第六章 携带型短路接地线实际案例分析及总结	(169)
第一节 临时接地相关案例分析	(169)
第二节 携带型短路接地线保护事例及案例小结 ...	(198)
第三节 携带型短路接地线应用总结及新技术	(200)
附录 A 《带电作业用携带型接地和接地短路装置》 中华人民共和国电力行业标准 (DL/T 879—2004) 	(212)
附录 B 《国家电网公司电力安全工作规程》 关于接地线的有关规定	(231)
附录 C 某种接地线的产品类型	(235)
附录 D 钢芯铝绞线导线的电阻及正序电抗	(237)
附录 E 携带型短路接地线热稳定校验工作管理规定 	(240)
附录 F 国家电网公司电力安全工器具管理规定 (试行) 	(243)
参考文献	(263)



携带型短路接地线 技术基础

第一节 携带型短路接地线概述

一、目的及意义

携带型短路接地线（习惯上称为接地线）是电力行业普遍应用的一种专业安全用具，无论是供电企业、发电企业，还是大型的电力用户，都需要用到接地线。在发、输、变、配各电气专业，只要从事高压电气设备的检修工作，现场肯定少不了采用接地线的技术保护措施。接地线的作用就像支引流的分洪渠道，随时排泄可能袭来的危险电流，时刻保护着电气设备上作业人员的安全，因此，接地线被喻为电力职工的生命线。

安全工作是电力生产的头等大事，电网安全工作涉及面广，具有很强的专业技术性和实践经验性。作为电力安全的一种基本工具，接地线对电力安全工作起不可替代作用，对待接地线的每个细节都必须严肃认真。如何提高接地线实际应用的技术防护水平，避免作业人员受到来电伤害，增强职工接地线正确使用的安全意识、方式方法，是现在电力企业普遍存在而又急需解决的问题。

二、工具简介

携带型短路接地线（以下简称接地线）英文名称是：Earthing and short-circuiting Devices，译为：接地短路装置；美文

名称是: Personal protective grounding, 译为: 个人保安接地线。

携带型短路接地线, 就是便于携带、能起短路与连接大地作用的专业金属线。携带型短路接地线的类似称呼还有三相短路接地线、临时性接地线、便携式短路接地线等多种形式。

1989 年, 原国家能源部颁布了携带型短路接地线的使用技术标准, 即 SD 332—1989 《携带型短路接地技术标准》。此技术标准为目前的中华人民共和国电力行业标准所代替, 现行的行业标准命名为 DL/T 879—2004 《带电作业用携带型接地和接地短路装置》^①。

接地线是电气工作中使用频繁的一种安全工器具。当电气设备和电力线路停电检修、检查时, 为了防止突然来电、感应电和剩余电荷的袭击, 确保设备上作业人员的安全, 必须在可能来电的各侧、可能产生感应电、贮存电荷的电气设备上按规定装设接地线, 确保突然来电时能够安全短路, 将电流引入大地。为此, 其连接线缆和连接器件必须是由优质的金属导体制成, 如铜、铝等金属材料, 确保连接电路的自身电阻小, 具有良好的导电性, 最大限度地实现低电阻的电气连接和短路。

在全部停电或部分停电的电气设备上, 只有按规定安装接地线后, 才允许工作人员在电气设备上作业, 否则就必须将设备视为是带电的, 严禁在无接地线保护下作业。

接地线是临时性接地装置, 与固定型接地线相比, 具有使用方便、接地点灵活、安全可靠等优点。接地线外观样式区别主要在铜线缆的粗细、线路端线夹形状和接地端线夹的形状; 用于操作的绝缘棒除长度、直径差别外, 其外观样式基本一致, 均为圆柱体形。几种常用接地线如图 1-1 所示。

① 新标准名称中的“带电作业用”是指行业类别的专业术语, 而非指电力企业的日常带电作业, 带电作业是利用等电位的工作原理, 决不能使用携带型短路接地线。

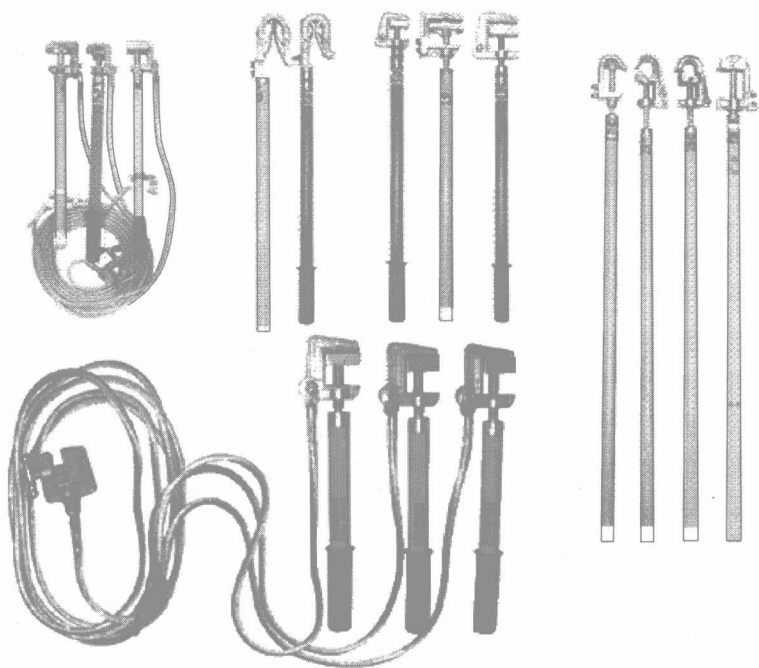


图 1-1 常用接地线

一般接地线正常使用时的环境温度分为 $-25 \sim +55^{\circ}\text{C}$ 和 $-40 \sim +55^{\circ}\text{C}$ 两档，特殊使用环境温度采用特殊工艺另行定制。

三、接地线的组成与结构

接地线主要由两端的连接线夹、接地线操作杆和导体连接线三部分组成。

1. 连接线夹

连接线夹分为线路端线夹和接地端线夹，位于接地线装置的头部和尾部，用于连接导体端子。连接线夹有多种类型，固定方式有弹簧式或旋钮式，线夹接口形式有平口螺旋式、圆口

螺旋式和双舌弹簧式等。多种类型线夹是为了适合作业现场不同种类的电气设备,如铜铝排、电缆和导线等,目的是要紧固导体的金属端子、增加线夹与电气导体相互连接的接触面。导线线夹用抛光铸铜或合金铝材料制作,而接地线夹主要采用铁、铝、合金等材料制作,两者都是用于夹持金属导体端子。

2. 接地线操作杆

接地线操作杆采用专业的高性能绝缘材料制作,用于固定接地线夹,在人体与接地线操作起绝缘安全阻隔作用,消除直接接触或过分靠近尚未接地设备的导体的危险,使工作人员能保持足够的安全距离进行操作。根据所要操作电气设备的电压等级来确定操作棒长度,电压等级越高操作棒越长。接地线的线夹与绝缘操作杆的连接方式分为固定型和可脱卸型两种,并有适用变电母排和架空导线等多种款式,作业人员手持绝缘棒操作,用于安装和拆除接地线。

3. 导体连接线

导体连接线贯穿整个接地线装置,连接接地线上的各个部件,是整个接地线装置最重要的组成部分。导体连接线包括三相短路电缆和接地电缆两部分,缆线均由多股优质铜质软绞线制作,具有很低的电阻值、一定的柔软性和耐高温等特点。TRJ、TRJ-1型接地线物理数据(20℃)如表1-1所示。

表 1-1 TRJ、TRJ-1 型接地线物理数据 (20℃)

标称截面 (mm ²)	股数×根数× 线径 (mm)	线缆外径 (mm)	护层厚度 (mm)	最大外径 (mm)	直流电阻 (Ω/km)	重量 (kg/m)
25	12×7×0.62	7.7	1.0	11.5	0.67	0.238
35	19×7×0.58	8.7	1.0	13.0	0.512	0.323
50	19×7×0.98	10.2	1.0	14.5	0.375	0.444
70	27×7×0.68	12.6	1.2	17	0.262	0.631
95	37×7×0.68	14.3	1.2	18.5	0.195	0.894
120	37×7×0.76	16.0	1.2	20.5	0.153	1.08
150	48×7×0.74	18.1	1.2	22.6	0.134	1.328

导体连接线用于检修的电气设备三相短路和电气接地。三条短路电缆汇集在一点与接地电缆相连，此接点就是连接束或汇流器（夹）。连接束（汇流器）到线路线夹是三条短路电缆，主要通过相间巨大短路电流，起短路保护作用。连接束（汇流器）到接地线夹（接地桩）是一条接地电缆，通过相间短路后的电流。短路电缆和接地电缆的截面积有严格的匹配关系，二者截面积均不得小于 25mm^2 ，其中短路电缆截面积必须大于接地电缆的截面积，短路线缆与接地线缆匹配数据如表 1-2 所示。

表 1-2 短路线缆与接地线缆匹配数据 单位: mm^2

规格序号	1	2	3	4	5	6	7
短路线缆面积数	25	35	50	70	95	120	150
接地线缆相应不小于面积数	25	35	35	35	35	50	50

整个接地线装置还包括连接螺栓、橡胶手柄及塑料护套层等，其中，橡胶手柄必须牢固耐用；接地线缆外层覆盖柔软、耐高温的透明塑料护层，护套应标有接地线截面尺寸和承载短路电流的典型值；配套的坚固螺栓必须镀铬，采用优质的金属防腐处理。

接地线部件图如图 1-2 所示。现将图 1-2 中各部件展开介绍：

图 1-2 中展示的线路端线夹是平口螺旋式，实际使用中还有圆口螺旋式和双舌弹簧式等多种类型（如图 1-1 所示）。

短路电缆由三条多股铜丝线组成，分别从三只线路端线夹引出，图 1-2 中是汇集到连接束，再与接地电缆连接；有的是连到汇流器。

接地电缆是一条多股铜丝线，一端紧固在接地线夹上，另一端通过连接束（汇流器）与短路电缆相连。

接地端线夹，与接地电缆相连。

接地操作杆为圆柱形，有长有短，支撑线路端线夹的绝缘棒。

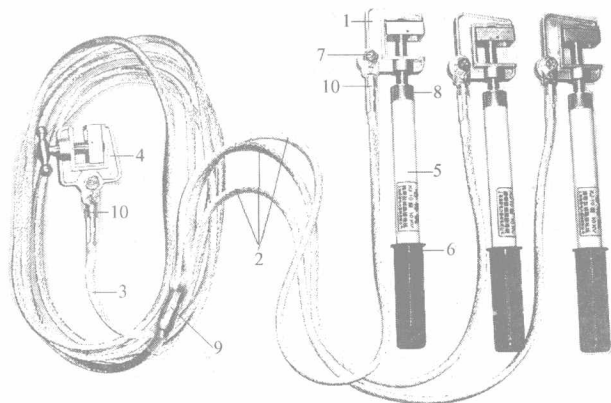


图 1-2 接地线部件图

- 1—线路端线夹；2—短路电缆；3—接地电缆；4—接地端线夹；5—接地操作杆；
6—手柄；7—连接紧固螺栓；8—紧固头；9—连接束；10—线鼻

接地操作杆手柄为图 1-2 中的黑色区域，操作时手不能超过手柄位置。

连接紧固螺栓的作用是将线鼻固定在线夹上。

接地操作棒上紧固头的作用是支撑、紧固线路端线夹。

连接束（汇流器）将短路电缆三线（相）合一接至接地电缆。

多股软铜线上的线鼻为电缆线的接头。

透明塑料护套层吸附在短路电缆接地电缆外层，在图 1-2 中是透明体，无法呈现。

还有另一种分相式接地线，每套三组，每组由线路端线卡、短路线和接地端线卡连接成一体，使用时分组进行操作。电气设备的相间距离相隔较大的，如 110kV 及以上电压等级的线路、发电厂，一般采用分相式接地线。分相式接地线利用杆铁塔本身的金属材料（金属部分必须和线路防雷接地线相连接），使其每相个别接地或三相短路接地。在一定条件下，允许电气设备是个别相接地时，应视其他两相为带电，并采取相应警告和防护措施，防止人员走到其他两相作业。

接地线一般采用三相短路式接地线，特殊情况需要使用分相式接地线时，其接地线接地端应采用“三相合一”式，使之符合“先短路后接地”原则。接地线各零部件特点如表 1-3 所示。

表 1-3 接地线各零部件特点

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
部件名称	线路端线夹	短路电缆	接地电缆	接地端线夹	接地操作杆	操作杆手柄	连接紧固螺栓	棒线夹紧固头	连接束	电缆线鼻	塑料护套层
作用	连接电气设备	使电气三相短路	与大地相接	连接接地极	操作接地线	手持处	电缆线固定在杆上	固定导线线夹	电缆线汇集点	电缆线的接头	电缆线外层防护
工艺	外层面抛光	多股软丝	多股软丝	外层面抛光	轻便	有凹凸圆面	镀铬热镀锌	平面光滑	牢固	平面光滑	无色透明
材料	铸铝合金铜块	红铜软丝线	红铜软丝线	铸铝合金铁块	环氧树脂	橡胶	外表热镀锌	铜块	红铜软线	红铜片	塑料
目的	保持最大接触面	尽量大的短路电流	接成地电位	保持最大接触面	防止电击	便于安全使用	固定线夹用	支撑线夹	提供相间短路点	便于牢固连接	保护铜丝线
防范点	断裂、不平整、弹性不足	断股变色	断股变色	断裂、不平整、不能紧固	外表防粘贴物	防脱落	防松弛、脱落	防断裂、松弛、脱落	防断裂、松弛、脱落	防松弛、脱落、裂痕	防龟裂、破损，字迹消失

当线路杆塔等现场没有接地装置时，为了与大地连接，就要利用特制专用的圆锥形金属棒，构成临时接地体，即临时接地极。金属棒在现场使用一般称为接地桩（针、钎）。另外，接地线的铜丝线外边由透明塑料层（硅橡胶防护层）包裹，透明塑料厚度不得小于 1mm，并要求标上接地线的截面积数值、制造商名称和生产日期，字迹清晰不易消失，方便现场核对使用；接地线的外层护套起保护铜丝线作用，防止铜丝线磨损、碰伤、粘上腐蚀物，延长接地线使用寿命，线缆截面如图 1-3 所示。

接地线必须符合一定机械技术指标，如长度应大于线路挂

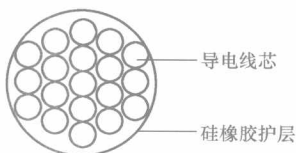


图 1-3 线缆截面

接点高度的 120%，但接地线不能太长，太长会增加自身阻抗，根据使用场所，接地线必须有一个合适的长度裕度。接地线还应该要有抗弯、扭力、张力、拉力强度等要求，具体的各项技术指标要求可详见附录 A。

第二节 携带型短路接地线作用与原理

一、携带型短路接地线作用

停电、验电和挂接地线是电气操作的三大安全技术措施，是电力系统发、输、变、配电各专业设备检修、试验、停电作业时，必备的安全技术步骤。装设接地线就是将电气设备各相间导体点和大地端子点短路相连，主要的作用是：

(1) 将已停电的电气检修设备与地表层实现电气连接，以保持已停电的电气检修设备始终处于安全的地电位。

(2) 电气设备的相间短路，使突然袭来的三相电形成相间短路，减小伤害人体的电量；产生的短路大电流同时启动电气设备的电气二次保护装置等，使开关跳闸快速切断电源，保障检修设备上作业人员的安全。

(3) 通过与地连接，消除设备上的剩余电荷，避免感应电压产生高电位电击，防止人体受到剩余电荷、感应电伤害。

由此可见，采用接地线相间短路和接地的技术，主要是防止作业人员突然来电的攻击，是保证电气作业人员免遭电击危害最有效、最直接和最直观的安全防护措施。

应当注意的是，接地线应当安装在作业人员可视范围内。

二、携带型短路接地线的工作原理

接地线工作原理有以下四点：

(1) 等电位法。接地线示意图如图 1-4 所示。

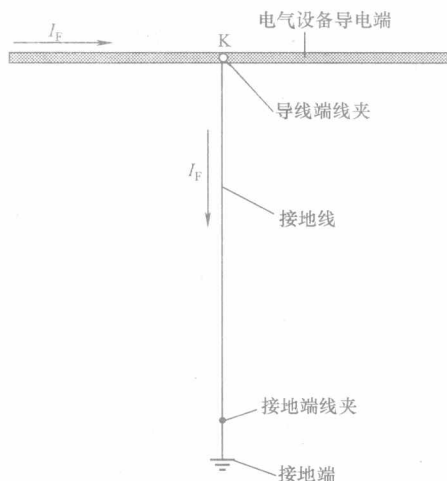


图 1-4 接地线示意图

从图 1-4 中可以看出，设备上接地线挂接处 K 点的电压 $U_K = I_F Z + U_0$ ，其中， U_0 为 K 点对地电位， I_F 为故障电流， Z 是接地回路阻抗的总和，即接地线缆自身阻抗、两端线夹接触阻抗、接地极自身阻抗和接地阻抗之和。总阻抗 Z 越小，电压 U_K 和 U_0 的电位就越相近，人接触电气设备就越安全。当 $Z \approx 0$ 时， $U_K \approx U_0 = 0$ （视大地为零电位），电气设备与大地成等电位；反之， Z 值大， $U_K = I_F Z \neq U_0$ ， U_K 和 U_0 之间存在较高电压降，不能构成等电位，人就会受到事故电压 U_K 的电击，工作所接触的电气设备就不符合安全技术保障条件。可见，阻抗 Z 是衡量接地质量好坏的主要技术指标， $Z \approx 0$ 或 $Z \rightarrow 0$ 是体现接地线作用的必要条件，也是现场安全作业的根本保证。

另外，防止感应电的方法也是采用等电压保护。

(2) 相间短路法。将接地线三条短路线缆分别与电气设备的 A、B、C 三相相连接，构成设备（线路）相间电气短路。当

有对称的三相电袭来时，可使大部分故障电流在电源侧内形成电气短路，零序电量很小（完全对称时三相电量矢量和为： $I_A + I_B + I_C = 0$ ， $U_A + U_B + U_C = 0$ ），被相间短路后的电量很小，减小冲击人体的伤害电量。三相电气短路图如图 1-5 所示。

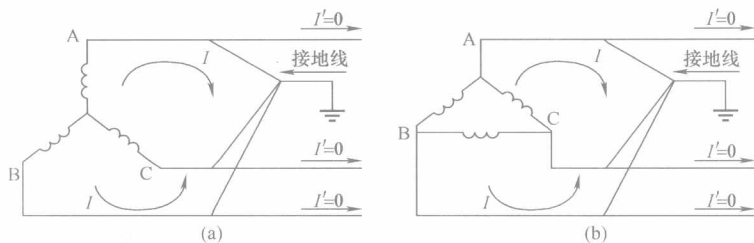


图 1-5 三相电气短路图
(a) 星形接法；(b) 三角形接法

(3) 启动电气保护。高压电气设备及线路上安装多重、各种类继电保护装置，万一有误送的电源进入已装置接地线设备时，由于电气短路，线路上会产生巨大的故障电流，故障电流通过电气设备上配套的电流互感器时，会发出信号给继电保护电路，迅速启动系统保护装置，跳开相应断路器开关，及时切断危险电源，快速解除故障电源对作业人员的威胁。因此，接地线不仅要具备通过大电流能力，而且要能坚持一定的时间，使设备的继电保护有时间作出反应，快速动作完成切断电路，即接地线可承受大电流的时间要大于继电保护动作时间。如图 1-6 所示，当线路 d 发生时，电网系统会产生巨大短路电流，通过电流互感器 TA1、TA2、TA3 反映到二次电

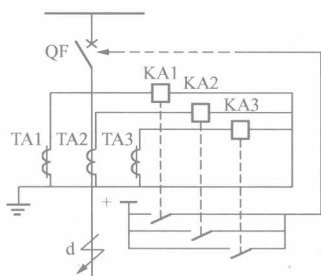


图 1-6 电流保护电路原理
TA1、TA2、TA3—电流互感器
KA1、KA2、KA3—电流继电器
QF—断路器

压。如图 1-6 所示，当线路 d 发生时，电网系统会产生巨大短路电流，通过电流互感器 TA1、TA2、TA3 反映到二次电