

易辉 编

《带电作业工具、装置和 设备预防性试验规程》

(DL/T976-2005)

宣贯读本



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

《带电作业工具、装置和 设备预防性试验规程》

(DL/T976-2005)

宣贯读本

易辉 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《带电作业工具、装置和设备预防性试验规程》(DL/T 976—2005)的配套宣贯读本,包括编制说明、条文解释和附录部分,介绍了该标准的起草、编制背景和规程框架及条文编制的考虑思路。

本书可供配电线路、66kV~750kV 交流架空输电线路、±500kV 直流架空输电线路以及各电压等级变电站运行、维护、管理人员使用,也可供相关人员学习参考。

《带电作业工具、装置和设备预防性试验规程》 (DL/T 976—2005)

宣贯读本

*

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

*

2006年7月第一版 2006年7月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 3.5印张 90千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155083·1437 定价 12.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

目 录

《带电作业工具、装置和设备预防性试验规程》 （DL/T 976—2005）编制说明.....	1
《带电作业工具、装置和设备预防性试验规程》 （DL/T 976—2005）条文解释.....	13
附录	101
附录 1 与《带电作业工具、装置和设备预防性试验规程》 （DL/T 976—2005）相关联的已颁布实施的带电作业标准目录	101
附录 2 IEC/TC 78 带电作业国际标准目录.....	103

《带电作业工具、装置和设备 预防性试验规程》

(DL/T 976—2005)

编 制 说 明

1 概述

2003 年, 国家发展和改革委员会以发改办工业 [2003] 873 号《国家发展改革办公厅关于下达 2003 年行业标准项目补充计划的通知》下达了《带电作业工具、装置和设备预防性试验规程》的标准制定计划。这项计划任务要求本标准于 2004 年完成。2003 年 11 月, 全国带电作业标准化技术委员会组织标委会委员以及电力系统各网省公司从事带电作业管理工作的技术人员, 对本标准的制定原则以及标准的基本框架等问题进行了研讨, 并对标准的制定形成了基本统一的意见。2004 年 3 月, 全国带电作业标准化技术委员会秘书处组织成立了以网省电力公司、供电公司等单位参加的本标准的起草小组。经过近 2 个月的工作, 起草小组提出了本标准的草稿; 经过在小范围的征集意见, 起草小组开会讨论并修改后于 2004 年 7 月形成了征求意见稿; 经过在电力系统广泛地征求意见, 于 2004 年 9 月完成了本标准的送审稿, 本标准在 2004 年 10 月全国带电作业标准化技术委员会年会上审查通过。中华人民共和国国家发展和改革委员会于 2005 年 11 月 28 日审查批准后公布, 本标准于 2006 年 6 月 1 日起开始正式实施。

2 制定原则

2.1 参考和采用先进标准

参考国际上的先进标准, 尤其要加快转化国际电工委员会的标准, 是我国标准制定、修订工作的基本原则。IEC 尽管没有与本标准内容完全相同的标准, 但却有与本标准内容相近的标准, 例如 IEC 61278 Live working – Guidelines for dielectric testing of tools and equipment《带电作业工具、装置和设备试验导则》等标准, 其相关试验原则和试验方法是值得遵循和借鉴的。其中关于短时工频耐压试验和长时间工频耐压试验的原则和耐压时间问题, 一直困扰着我国带电作业专业技术人员。20 世纪 80 年代初, 带电作业专业的专家们, 在“模式口”会议上对长时间工频耐压

值和耐压时间达成共识，即长时间工频耐压时间为 5min。通过 20 余年的生产实践，业内人士普遍感到，原来执行的长时间工频耐压值和耐压时间，将许多绝缘工具“打坏”，而 IEC 中所规定的例行试验所取的耐压值和耐压时间则较为合理。因而，采用 IEC 所提出的例行试验所取的耐压值和耐压时间，作为进行预防性试验所遵循的原则是十分合适的。

2.2 鼓励科技进步

《带电作业工具、装置和设备预防性试验规程》(DL/T 976—2005) 为电力行业标准，不仅要兼顾我国各地和区域性的一些特点，还应考虑到当前各制造厂的生产水平以及电力系统生产实际的需要，因而标准中的主要技术指标应规定一个合适的尺度。随着我国的生产发展以及科技进步，又会有不少制造厂能生产出达到 IEC 标准的质量要求的产品。因而应当鼓励科技进步，肯定先进的生产流程，将质量好的带电作业用绝缘材料和产品引入电力系统；对于那些生产工艺落后、质量较差的带电作业用绝缘材料和产品则应拒之门外。因此，本标准中的技术参数应满足新技术、新产品相应的技术要求，并在此基础上确定预防性试验的相关标准，从而全面引入 IEC 标准中的技术要求。

2.3 规范较为成熟的技术

遵循我国现行的技术经济政策，注意总结我国 50 多年来生产和使用各类带电作业工具、装置和设备的较为成熟的生产实践经验。例如，我国在带电作业领域中所使用的绝缘材料，从起初使用纸质绝缘杆，到后来的酚醛绝缘管，以及现在大量使用的空心绝缘管、泡沫填充绝缘管和实心绝缘棒，而异形管（包括椭圆管）、伸缩管、板材，我国也有使用，但规格品种不够齐全。我国生产的空心管、填充管及实心棒，较 IEC 标准中的规格还齐全。在输电、配电和变电各领域进行带电作业所使用的系列工具、装置和设备，我国已基本形成了系列，因而将规格系列齐全且成熟的产品的试验方法列入标准是合适的。

2.4 与相关标准的一致性

我国的电力国家标准以及电力行业标准，已建立了标准体系表，标准之间的相互引用，构成了完整的标准系列。因此，本标准应与其他相关的电力国家标准、电力行业标准相一致，尤其是技术要求、技术参数、加压方法、加压时间和各个电压等级工具、装置、设备施加的电压值应一致，不应出现矛盾，否则在标准的执行过程中将会出现无所适从的状态。因此，与本标准关系十分密切的电力国家标准 GB/T 18037—2000《带电作业工具基本技术要求与设计导则》、GB/T 19185《交流线路带电作业安全距离计算方法》，电力行业标准 DL/T 867—2004《带电作业绝缘配合导则》、DL/T 878—2004《带电作业用绝缘工具试验导则》等标准，尤其需要协调一致。

3 适用范围与章节安排

3.1 适用范围

本标准适用范围为交、直流高压电气设备上进行带电作业所使用的工具、装置和设备。也就是说，凡在输电、配电和变电各领域进行带电作业所使用的系列工具、防护用具、检测装置等，所进行的预防性试验均应包括在内。

就配电领域而言，从 380V~3000V、6000V、10000V（今后还要考虑 20000V），直到 35000V 所使用的工具、防护用具和装置都应包括在内。

就输电领域而言，500kV 输电线路已运行了 20 余年，我国西北地区的交流 750kV 输电线路已经投产运行，因而输电电压等级应涵盖 66kV、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV，而在近几年还应该延伸到 1000kV 特高压输电电压等级。

我国自 1990 年第 1 条±500kV 葛南直流线路投产以来，天广直流线路、三峡龙政直流线路、天贵直流线路、三广直流线路等都已陆续投产，由于线路维护工作的需要，带电作业用管、棒绝缘材料和作业工具、防护用具实际上已在直流线路上采用，同时，

电力行业标准 DL/T 881—2004 《±500kV 直流输电线路带电作业技术导则》已经正式颁布实施。因此，本标准适用范围如果仅限于交流 10kV~500kV，则使得适用范围与运行生产的实际严重脱节，所以本标准应涵盖交流各个电压等级，同时将±500kV 直流也包括进去。

3.2 章节安排

本标准的章节安排除符合 GB/T 1.1《标准化工作导则第 1 部分：标准化的结构和起草规则》的规定之外，还基于以下的考虑，即将带电作业工具、装置和设备分为绝缘工具、承力工具（金属工具）、防护用具和装置及设备四类。因此，本标准的章节为 1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义、4 总则、5 绝缘工具、6 承力工具（金属工具）、7 防护用具、8 装置及设备共 8 章，主要内容为 5、6、7、8 章。在每一章中一个种类的工具、装置或设备为一节。针对每一类工具、装置或设备的预防性试验，一般分为电气试验及机械试验两类（金属工具不做电气试验）。每类试验首先明确试验项目，然后规定试验周期，进而明确技术要求及试验合格判据。将相应的电气试验方法、机械试验方法及试验合格标志等作为附录。这样的安排层次较为清晰合理，同时也便于试验人员操作。电力生产运行单位以前进行带电作业工具、装置和设备的预防性试验，往往以《电业安全工作规程》为依据，而《电业安全工作规程》中的规定往往较为笼统，加之对工具、装置或设备的机械试验试验值的规定意见不够统一，试验人员又去寻找其他标准，而其他标准的规定又不够具体，使得试验人员无所适从。因此，本标准将所有带电作业工具、装置和设备全部涵盖，每一类工具、装置或设备的预防性试验项目、技术要求、试验周期、试验方法、试验接线等都有详细规定。

4 技术要求的内容

4.1 电气性能要求

按照电力行业标准 DL/T 867—2004《带电作业绝缘配合导

则》，对于适用于配电和输电领域的工具，例如操作杆的电气性能是按电压等级来区分的，即高压范围进行短时工频耐压试验，列在一个表格上；对于超高压范围则进行长时间工频耐压试验和操作冲击试验，其要求列在另一个表格上。如表 0.1、表 0.2 所示。

表 0.1 10kV~220kV 电压等级操作杆的电气性能

额定电压 kV	试验电极间距离 m	1min 工频耐受电压 kV
10	0.40	45
35	0.60	95
66	0.70	175
110	1.00	220
220	1.80	440

表 0.2 330kV~750kV 电压等级操作杆的电气性能

额定电压 kV	试验电极间距离 m	3min 工频耐受电压 kV	操作冲击耐受电压 kV
330	2.80	380	800
500	3.70	580	1050
750	4.70	780	1300
±500	3.20	565 *	950

注：* 为±500kV 直流耐压试验的加压值。

a) 关于工频耐压时间

表 0.2 中，交流电压延伸到 750kV，将直流±500kV 补入表中。尤其是注意了与 DL/T 878—2004《带电作业用绝缘工具试验导则》的协调一致。这里要强调的是，长时间工频耐压的时间，在进行型式试验时仍为 5min；而进行预防性试验时，则从原来规定的 5min 更改为 3min。这样的编排，条理上较为清晰，概念上较容易接受，同时在预防性试验中也比较方便试验人员实际操作。

b) 关于操作冲击水平

这里有一点需要做出解释，交流 750kV 和直流±500kV 的操作波耐压值，在 DL/T 878—2004《带电作业用绝缘工具试验导则》中分别为 1250kV 和 970kV，这两个值与标准操作冲击水平不一致，因此，本标准将操作波的取值靠入标准操作冲击水平，即将 1250kV 改为 1300kV，而将 970kV 改为 950kV。这样的更改，没有原则的差异，而靠入标准操作冲击水平，则注意了与相关国家标准的协调一致性。

c) 关于操作波耐压的合格判据

按照国家标准 GB 311.1—1997《高压输变电设备的绝缘配合》中的有关规定，对复合绝缘的电力设备进行冲击耐受电压试验有两种：

(1) 3/9 次冲击耐受电压试验：对被试设备施加 3 次额定冲击耐受电压，若在非自恢复绝缘上未出现破坏性放电，而仅在自恢复绝缘上发生 1 次破坏性放电，则再追加 9 次冲击，如不再发生破坏性放电，则认为设备通过了试验。

(2) 15 次冲击耐受电压试验：对被试设备施加 15 次额定冲击耐受电压，如在自恢复绝缘中的破坏性放电不超过 2 次，而在非自恢复绝缘上未出现破坏性放电，则认为设备通过了试验。

这项试验说明设备的自恢复绝缘的实际统计耐受电压不低于额定冲击耐受电压。

因带电作业工具、装置和设备直接涉及人身及设备安全，因此其冲击耐压试验的置信度要求要提高，所以，对带电作业工具、装置和设备的冲击耐受电压试验采用 15 次冲击耐受电压试验，这里不是 15 次 2 次的概念，也就是说即使在自恢复绝缘中也不允许发生破坏性放电，哪怕一次也不行。关于冲击耐压试验的置信度的分析，此处不予展开。

d) 关于电气试验的周期

DL 409—1991《电业安全工作规程》第 174 条规定：带电作业工具应定期进行电气试验及机械试验。电气试验试验周期：预

防性试验每年一次，检查性试验每年一次，两次试验间隔半年。

这里应该明确，检查性试验不属于预防性试验的范畴，因此带电作业工具、装置和设备的电气预防性试验周期一般为 12 个月（即 1 年）。这一点，与《电业安全工作规程》完全一致。但是对于防护用具（包括绝缘遮蔽用具、电场屏蔽用具），指屏蔽服装、静电防护服装、绝缘服（披肩）、绝缘袖套、绝缘手套、防机械刺穿手套、绝缘安全帽、绝缘鞋、绝缘毯、绝缘垫、导线软质遮蔽罩、遮蔽罩、绝缘斗臂车等这样一些带电作业工具、装置和设备，其电气预防性试验周期缩短为 6 个月。其原因是，带电作业用防护用具（包括绝缘遮蔽用具、电场屏蔽用具）使用频度一般较高，在使用过程中特别容易发生损坏，且直接涉及人身安全，因此其电气预防性试验周期确定为 6 个月。

4.2 机械性能要求

带电作业工具、装置和设备的机械特性十分重要，在进行每一种带电作业工具、装置和设备的型式试验时已经对机械性能经过了严格的考核。但随着带电作业工具、装置和设备的投入使用，时间越长，机械性能越呈下降趋势。带电作业工具、装置和设备经过使用以后的机械性能还能否满足作业中的需要，这就是对带电作业工具、装置和设备进行机械预防性试验的意义所在。

a) 机械试验的倍数

对于机械试验的倍数，长期以来电力系统的广大技术人员有较大的争议，很多人认为，带电作业工具、装置和设备不是使用损坏的，而是做机械试验做坏了的。大家知道，复合绝缘子出厂时要进行例行机械负荷试验，其值为破坏负荷的 50%。而拉力试验凡超过 50%，例如 70%、80%甚至 100%的绝缘子则不得挂网运行。当然复合绝缘子的安全系数为 2.5 倍，以 100kN 的复合绝缘子为例，其额定负荷应为 40kN，进行 50%破坏负荷试验，也只是其额定负荷的 1.25 倍。这里列表进行比较（表 0.3）。

表 0.3 机械试验倍数比较表

相关标准	型式试验		预防性试验	
	静荷载试验 倍数	动荷载试验 倍数	静荷载试验 倍数	动荷载试验 倍数
DL 409—1991 《电业安全工作 规程》	2.5	1.5	2.5	1.5
DL/T 878—2004 《带电作业用绝缘 工具试验导则》	2.5	1.5	1.2	1.0

从表 0.3 可以看出，DL 409—1991《电业安全工作规程》中对于带电作业工具、装置和设备的机械试验，无论型式试验或预防性试验，其静荷载试验均为 2.5 倍，动荷载试验均为 1.5 倍，这显然十分不合理。2.5 倍的静荷载接近破坏负荷，采用这样的试验值进行带电作业工具、装置和设备的机械预防性试验，根据前面的论述，无疑是对带电作业工具、装置和设备的破坏性试验。而在 DL/T 878—2004《带电作业用绝缘工具试验导则》标准中规定，带电作业工具、装置和设备的机械预防性试验静荷载试验为 1.2 倍，动荷载为 1.0 倍。一般带电作业工具、装置和设备设计的安全系数一般为 1.8~3.0 倍，其平均值约为 2.4 倍，取 1.2 倍是考虑其荷载值不超过破坏值的 50%，这与复合绝缘子的考虑是近似的，即施加这样荷载值的试验，不仅检验了带电作业工具、装置和设备经使用后残存的机械强度，同时这样的试验即使多次反复进行，也不会对带电作业工具、装置和设备造成结构性损坏。动荷载试验取 1.0 倍，也是基于同样的考虑。

b) 机械试验周期

对于机械试验的周期，一般应视带电作业工具、装置和设备使用的频度而定，对于金属工具而言，一般使用频度较高，且在使用中为主要受力元件，因此要随时掌握其残余机械强度，故将

其试验周期定为 12 个月；对于绝缘工具而言，由于其使用频度相对较低，因此其试验周期则一般可相对延长为 24 个月，也可为 12 个月，这要看具体的情况来决定。一般转动工具或动力驱动的装置其试验周期应适当缩短，例如绝缘滑车、带电清扫机，其机械试验周期就定为 12 个月，而带电作业用绝缘斗臂车，为旋转移动和液压传动装置，要求其可靠性更高，故其机械试验周期缩短至 6 个月。

5 结束语

本标准是带电作业技术领域中的一个基础性、通用性的试验方面的技术标准。带电作业工具、装置和设备涉及到人身及设备安全。本标准所提出的技术要求及试验方法在标准起草和编制过程中，已经听取了各方面的意见，并已充实和完善了本标准提出的各种试验方法。为使得带电作业工具、装置和设备通过预防性试验，确实能起到对带电作业工具、装置和设备在使用过程中进行监督和保证安全的作用，我们还希望进一步做一些工作，尽管本标准已经公布实施，但还是希望更广泛地听取各方面的意见，尤其是在执行本标准在试验工作实践中所反映出的意见和建议，以便不断完善本标准，真正做到标准为生产服务。

《带电作业工具、装置和设备 预防性试验规程》

(DL/T 976—2005)

条 文 解 释