

[表带触指]

ML-CUX表带触指在GIL领域的应用

文/史陶比尔（杭州）精密机械电子有限公司 郑成利

表带触指适用于高压电器的各种电连接，其结构多样性和独特性能能够满足客户不同应用工况。表带触指技术应用使用至今已达60年，是大电流、高寿命和严苛工况应用的极佳选择。新型表带触指ML-CUX在2017年推进市场并申请专利，目前该款表带触指已在高压开关、套管及母线等广泛应用。

GIL（Gas Insulated Line）是一种采用SF₆或者混合绝缘气体、高电压及大电流的电力传输设备。主要应用于负荷密度高、大容量输电和大范围互联的城市电网。由于我国GIL发展较晚，在城市上空高压架空线还十分密集，不仅容易受天气影响，线路损耗也非常大。随着城市的现代化发展，城市的架空线将逐步往更加可靠的GIL方向发展，进行入地改造。本次针对GIL的电连接，介绍新型表带触指ML-CUX的应用技术特点和案例。

ML-CUX技术特点

1. 大电流

目前GIL主要应用的电压等级为110~500 kV，其相应的电流等级为2 500~6 300 A。在DL/T 978—2018《气体绝缘金属封闭输电线路技术条件》的4.5.2条款对产品的触头、导体及外壳的温升有严苛的要求，因此对于大电流的传输元器件需要格外注重，表带示意图如图1所示，ML-CUX表带采用两种材料装配而成，并作为不同功能模块。

1) 导电模块。纯铜触指片，且表面镀银，以其优秀的电导率和热导率保证额定电流和短时耐受电流的安全传输。

2) 弹力模块。不锈钢带，以其优秀的机械可靠

性，保证电接触拥有持久、稳定的正压力。



图1 ML-CUX表带示意图

GIL常用插头直径对应ML-CUX表带的额定电流和短时（3 s）耐受电流，见表1。

表1 插头直径与电流对应表

GIL插头直径/ mm	GIL额定 电流/A	GIL短时 耐受电流/ kA（3 s）	1条ML-CUX表带触指方 案额定参数	
			额定电流 /A	短时耐受电流/ kA（3 s）
80	2 500	31.5/40	6 360	90
90	3 150	40/50	7 200	102
120	4 000	50/63	9 720	137
140	5 000	63	11 520	163
180	6 300	63	14 880	210

2. 大容差

GIL一般为长距离、大容量输电线路，用在地面、沟道、隧道、竖井及斜井等类似场所。GIL管道可采用不同形状的母线段（直管段、弯管段、T

形段或交叉段），一般标准长度为10 m及以上。因此不仅在安装过程中需要大的容差来满足装配要求，而且在产品运行过程中也要满足最大约 $\pm 3^\circ$ 的可偏转要求。传统的表带触指在加工和装配精度上都要求比较高，不太适合大容差和大偏转角的应用工况，但是随着ML-CUX表带触指的出现，这些技术难点已解决。在满足额定参数的要求下，ML-CUX可压缩的可靠工作范围高达2.8 mm，如图2所示。因此，ML-CUX基本可以胜任GIL对容差设计的需求。

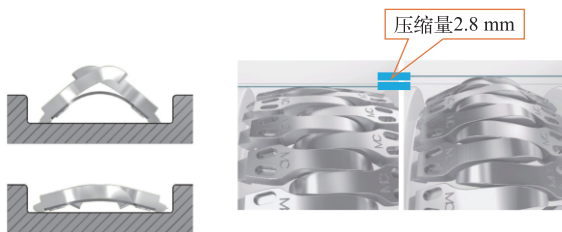


图2 ML-CUX可压量量

3. 高寿命

GIL由于前期投资大，因而要求的设计使用寿命一般为50年。在设计导体连接方式时，不仅要考虑环境温度变化引起的热胀冷缩，还要考虑外部振动等造成导体位移的影响。因此，GIL产品需要对产品的滑动触头进行机械寿命测试。在DL/T 978—2018《气体绝缘金属封闭输电线路技术条件》的6.104条款中，建议可以采用机械化试验装置来模拟带电导体的预期相对运动。一般测试的滑动寿命为10 000~15 000次，总的滑动行程一般在1.5 km以内。ML-CUX表带触指在产品研发过程中，采用了两种不同的有限元分析程序模拟插拔过程，并在实验室进行多次样件机械寿命测试验证，如图3所示。在该过程中，ML-CUX表带触指的材料、结构和制造工艺均进行了优化，性能得到了大幅度的提升。目前ML-CUX表带触指的标称插拔寿命高达1万次，滑动寿命里程高达6.6 km，因此面对GIL的苛刻要求，ML-CUX表带可靠驾驭。

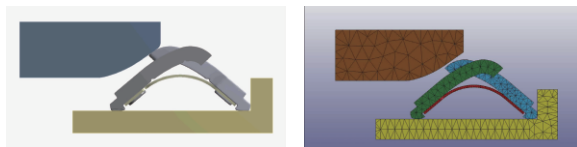


图3 样件机械寿命测试

应用案例

江苏南通滨江片区高压架空线路，随着城市规模扩大和绿色发展的要求，原有线路出现负荷偏重、输电容量有限等问题，必须改迁。滨江GIL管廊工程（220 kV-40 00 A $\times$ 1.1倍）将原先4条220 kV高压电力通道架空杆线，改为距离地面约1.5 m的浅埋式地下管廊，线路总长约30 km，单相最长2.7 km，最短2.1 km，是国内同电压等级下的最长管廊。该管廊的建设路径复杂，对河流、道路等特殊复杂地形采用顶管隧道下沉方式避让，顶管长度约240 m，最大坡度约10°，水平转角、高度转角多达130余处。ML-CUX的大角度补偿单元解决了这些建造难点。应用案例如图4所示。



图4 应用案例

结束语

本文主要介绍了新型表带触指ML-CUX在GIL应用中的技术特点和成功应用案例。ML-CUX表带触指简易的矩形安装槽和便捷的安装方式不仅提高了产品的生产效率，而且还能降低产品的设计成本。同时，ML-CUX表带触指可以根据客户各种配合尺寸进行定制化选型，大大方便了客户对产品结构多样性设计的需求。因此，ML-CUX新型表带触指在GIL领域的应用将会越来越广泛。EA

（收稿日期：2022-05-31）