

# 英国 BRUSH 3.3kV 移动变电站的使用及改造

张纯, 金伟, 张纯宪, 刘海永, 刘传军

(兖矿集团有限公司, 山东 邹城 273500)

**[摘要]** 介绍英国 BRUSH 3.3kV 移动变电站的引进、使用情况、损坏情况、结构特点、原因分析及改造提升。

**[关键词]** 移动变电站; 损坏; 原因分析; 改造提升

**[中图分类号]** TD353

**[文献标识码]** B

**[文章编号]** 1006-6225 (2008) 01-0082-03

Utilization and Reformation of BRUSH 3.3kV Mobile Substation Made in Britain

## 1 使用情况

兖矿集团自 1994 年开始引进英国 BRUSH 3.3kV 移动变电站, 截止到 2003 年共计进口英国 BRUSH 公司 3.3kV 移动变电站 46 台, 其中 1500kVA 移动变电站 18 台、2000kVA 移动变电站 21 台、2500kVA 移动变电站 7 台。

兖矿集团 1994 年引进英国长壁公司工作面刮板输送机、转载机、破碎机各 1 台, 德国豪森克泵站 1 套, 英国 LC33/83.3kV 2 台、TD33/23.3kV 1 台, 英国 BRUSH 公司 1500kVA/3.3kV 移动变电站 2 台, 日本 DR1021023.3kV 电牵引采煤机 1 台。该套设备使用在南屯煤矿综采二队, 正是这套引进设备使该队创出了年产原煤 3.0Mt、3.5Mt 的当时全国最高水平, 并使该队获得了“中华第一队”的光荣称号。

1998 年, 兖矿集团申报了国家“九五”重大科技攻关项目——高产高效综采放顶煤成套装备与工艺研究项目; 2000 年, 兖矿集团申报了国家“十五”重大科技攻关项目——6.0Mt 综采放顶煤成套装备与工艺研究项目。本着国产和引进相接合的原则, 兖矿集团在综放工作面设备配套中先后引进了英国 BRUSH 公司 3.3kV 移动变电站、英国 B&F 公司的 CHP33/8 型负荷中心、英国 MORLEY 公司 3.3kV 电动机、德国 ECKHOFF 公司 SL300 3.3kV 电牵引采煤机。1998~2003 年, 兖矿集团共装备了十余套 3.3kV 重型综采放顶煤设备, 装备了 6 个大型综采煤矿的主力综采队, 使其原煤产量达到了年产 5.0~6.0Mt 的水平。正是这十余套 3.3kV 重型综采放顶煤设备的良好使用, 为兖矿集团年产超 20.0Mt、30.0Mt 和 40.0Mt 大关立下了汗

马功劳, 使兖矿集团的原煤产量和经济效益一直居全国前列。

## 2 损坏情况

随着使用时间的延续和综放工作面装机功率的逐步加大, 移动变电站的负荷也越来越大, 开始出现移动变电站损坏事故。至 2007 年 1 月, 共计损坏英国 BRUSH 2000 kVA/3.3kV 移动变电站 7 台、2500 kVA/3.3kV 移动变电站 1 台。经拆检发现, 2500 kVA/3.3kV 移动变电站的损坏部位为高压引出线曲折处。7 台 2000 kVA/3.3kV 移动变电站损坏部位全部为矩形铁芯外拐角部和矩形低压线圈内拐角部, 严重者矩形低压线圈内拐角部烧毁。损坏情况见图 1 和图 2。

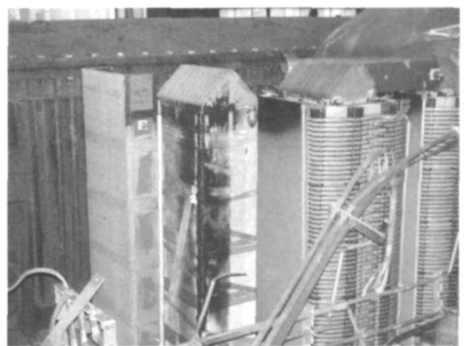


图 1 移动变电站铁芯外拐角部损坏

## 3 结构特点

英国 BRUSH 1500kVA、2000kVA、2500 kVA 移动变电站为三相五柱壳式铁芯, 设计体积小, 容量大, 高低压电压分别为 6000V 和 3400V, 铁芯叠装为矩形, 高压绕组为矩形饼式, 低压绕组为矩形

**[收稿日期]** 2007-08-08

**[作者简介]** 张纯 (1965-), 男, 高级工程师, 兖矿集团首届技术专家, 中国电工技术学会煤炭专业委员会委员, 现任兖矿集团综机管理中心副总工程师。

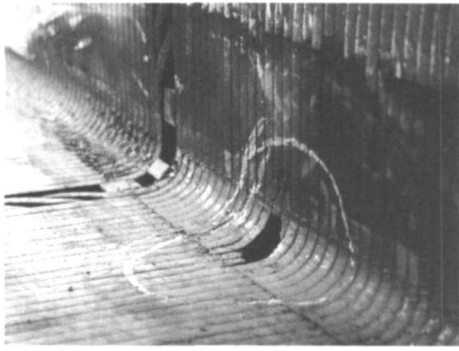


图 2 移动变电站低压线圈内拐角部损坏

筒式，绝缘水平 60kV/20kV，绝缘等级为 C 级。

#### 4 原因分析

经过拆检、分析，确认英国 BRUSH 2000 kVA/3.3kV 移动变电站损坏的主要原因为：

(1) 移动变电站在设计上采用矩形铁芯、矩形线圈结构形式。低压绕组是矩形筒式，虽然采取多根并绕，但每根导线的截面仍然较大，而矩形转角处圆弧太小，绕制时此处易变形，导线所包扎的绝缘层——诺密克纸的柔韧性和弹性较差，所以被变形的导线将绝缘层挣破撕裂，也会造成绕组匝间和层间短路。同时，铁芯尖角处电磁感应集中，磁场强度较大，加速了线圈老化，损坏绝缘，在矩形铁芯尖角处与线圈内拐角处之间容易产生放电，导致匝间短路，电流急剧增加而烧毁铁芯或线圈。这是造成英国移动变电站烧毁的主要原因。

(2) 移动变电站低压绕组 20 根导线并绕，共有 80 个换位点，其换位点均未加强绝缘且换位处没有垫填绝缘材料，支撑不均衡，造成导线受热因无支撑而脱落变形，再加上导线换位引起的绝缘损伤未加补强处理，也易造成匝间短路。

(3) 移动变电站低压绕组与铁柱之间的气道间隙太小，其气道撑条为方形无法固定牢固，在运输颠簸中极易脱落，会造成低压绕组与铁芯柱体接触摩擦，致使低压绕组接地烧毁。

(4) 移动变电站器身体积小、容量大，所以散热性能较差，特别是低压绕组与铁芯的距离很小，只有 15mm，铁耗与低压绕组铜耗产生的热量很难散出，造成低压绕组内绝缘过热老化，致使绝缘击穿，因而造成绕组接地。

(5) 兖州矿区工作面供电采取 6kV 供电等级，采区供电距离长，无功补偿效果差，加之工作面装机功率大，2000kVA 移动变电站均用于驱动  $2 \times 700/350\text{kW}$  工作面刮板输送机双速电动机，造成

启动压降大，特别是重载启动时压降更大，造成 4~5 倍于额定电流的大电流长时处于启动状态，温升急剧增加，加速了绝缘老化和绝缘损坏。

#### 5 改造提升

由于损坏部位全部是低压绕组，所以保持原高压绕组不变。为保证 3 个低压绕组的直流电阻平衡，重新绕制 3 个低压绕组，全部进行更换。所有绝缘材料及绝缘构件均采用聚酰亚胺材质；导线选用 Tu 2 型 I 类软导线，其电气性能均高于原变压器要求。

(1) 器身解体 将高、低压绕组的引出线熔化与器身分离，拆下上夹件，抽出上铁轭。要注意不得损伤螺杆绝缘套管及硅钢片的片间绝缘。从铁芯柱上端螺孔中穿入布带束紧，以防线圈绝缘在提取过程中被刮坏。上铁轭的拆卸应注意其交错配置，记录并注明各段硅钢片尺寸及数量，分类放置，妥善保管好所有配件，以免重装时发生错误和丢失。

(2) 绕制低压绕组 绕制低压绕组是变压器改造提升的关键技术，为确保产品质量，必须对原制造工艺进行技术改造和工艺改进：

a. 合理地加大绕组模具。模具增大后新绕制的低压绕组内径同时也增大，也就加大了绕组与铁芯柱体的电气距离，同时提高了绕组的散热性，延长了绝缘材料的使用寿命。

b. 改善矩形模的几何形状，增加矩形模的直角弧度，尽量减小转角处导线折弯度，可改善导线的形变角及弯曲力，从而减少因导线变形时对绝缘的损伤。

c. 绕制过程中的换位导线全部用与纵绝缘相同的材料补强，因导线换位产生的空隙全部用绝缘板条补充填实，用以防止绕组因短路造成的导线易位和变形，减少匝间短路隐患。

d. 在绕组的棱角处增加 1 层收缩带，每匝 1 翻，交叉翻叠，这样既提高了整个绕组横绝缘的机械强度，又有效地防止损伤绕组的匝间和层间绝缘。绝缘材料如表 1。

(3) 铁芯绝缘处理 对铁芯 4 个棱角进行绝缘加强处理，同时在铁芯 4 个棱角处增加角型撑条，该撑条固定在铁芯与低压绕组之间，此撑条不会因撞击而易位，可使铁芯与绕组始终保持着设计时的安全距离。

(4) 铁芯拉杆套装绝缘套管 全部将铁芯拉杆套装高绝缘强度的绝缘套管，加强绝缘处理。

表 1 绕制低压线圈所用的绝缘材料

部 件	材 料 名 称	规 格 型 号
层间绝缘	聚酰亚胺玻璃漆布	δ 0.15
绝缘垫块	二苯醚玻璃布板、硅胶板	δ 16, φ 10, δ 5
端绝缘、导线夹 撑条、角形衬条	二苯醚玻璃布板	
	聚酰亚胺	FT-310
聚酰亚胺漆	C 级 190 <sup>#</sup>	
有机硅漆管		φ 16
聚酰亚胺薄膜		δ 0.11

## 6 电气试验

根据《煤矿电气试验规程》和《煤矿机电设备检修质量标准》，改造后做下列试验项目。

### 6.1 绝缘性能测定

- (1) 绝缘电阻和吸收比测定；
- (2) 泄漏电流测定；
- (3) 交流耐压试验。

### 6.2 特性试验

- (1) 线圈直流电阻测定；
- (2) 变压比测定；

- (3) 组别或极相组别测定；
- (4) 空载试验；
- (5) 额定电压下冲击合闸试验；
- (6) 短路试验。

## 7 改造提升后使用情况

2006 年 4 月，兖矿集团决定对烧毁的 1 台英国 BRUSH 2000kVA 6/3.3kV 移动变电站进行改造提升，重新绕制低压线圈，在矩形铁芯 4 个尖角处分别增加 L 型绝缘护板，将铁芯拉杆套装高绝缘强度的绝缘套管。改造提升后的移动变电站于 2006 年 6 月用于东滩矿 14309 东综放工作面，驱动 SGZ1000/1400 刮板输送机。截止到目前已用于 2 个综放工作面，状况良好，噪音、温升正常。为了杜绝该类事故的再次发生，公司决定在 2007 年 2 月对所有的英国 BRUSH 3.3kV 移动变电站易损坏部位进行改造，提升质量，并突击更换。

[责任编辑：邹正立]

(上接 28 页)

吊梁。延长输送机尾工作顺序：输送机刮链→拆卸挡煤板、哑铃销→将溜槽断开，上移机尾→铺底链→安装普通槽→下缩对接机尾→接输送机链子→安装哑铃销、挡煤板→输送机试运转。

## 5 应用效果

采用不等长布置工作面，多采出原煤 35.1kt 净增经济效益 192.7 万元。不等长工作面对接，运

用导线定位，并采取针对性措施，确保了对接的最优间距，从而实现了 2 次采面零对接。工作面对接后，对接支架间距 0.1m (工作面正常时相邻两架间距应为 0~0.2m)，实现了零对接，该对接技术上可行，经济上合理，缓解了采掘接替紧张局面。同时，不等长工作面延长零对接的成功，为受地质构造带、薄煤层或无煤带条件影响下综采工作面设计提供了依据，为不等长综采工作面高产高效积累了经验。

[责任编辑：崔德仁]

(上接 33 页)

采空区中间沿倾斜方向铺设可伸缩胶带输送机和抛矸胶带机，在分段回撤采空区及上循环充填挡墙支柱后开始充填。充填由下至上顺序充填，充填结束后，再进行下一个采充循环。

### 3.3 技术创新要点

- (1) 加大抛矸胶带带速，矸石最大抛出距离可达 2m，用抛矸动能使矸石接顶，加强了堆矸密度，提高了充填质量。
- (2) 加大矸石胶带围包角，并提高胶带的防滑度，解决了因提高胶带速度造成的胶带与矸石运行不同步。
- (3) 增加了胶带调高及储带装置，使抛矸可高低调整，长短可控制在 6~10m 范围内。
- (4) 对抛矸机架增加横向滑轨，使之可左右滑动，一次充填宽度可达 7m。

### 3.4 充填效果及经济效益

原生矸石用抛矸胶带充填，由于动能作用，使矸石接顶、压实，充填效果好。充填开采 2 年多来，通过地面监测，无岩层移动、建筑物变形等破坏现象的发生。

## 4 结束语

近年来新矿集团采用产、学、研联合攻关的方式，对建筑物下矸石充填开采进行了研究与实践，取得了大量的研究成果和较好的经济效益。现在矿区 11 个矿井中有 10 个矿井进行了矸石充填建筑物下开采的研究和实践，基本达到了矸石不上井，减少并逐步消灭矸石山的要求。为矿区的可持续发展，环境污染治理创出了路子，该方法对全国类似条件下的煤矿具有广泛的推广价值。

[责任编辑：邹正立]