

# FLUKE 1587：超轻电机的重载测试

## 应用案例

### 绝缘电阻案例研究



**测量工具：**Fluke 1587 绝缘万用表；  
Fluke 375 钳型表

**操作人员：**Ed Dempsey，就职于Value Diamond Tool 公司和Dempsey世界纪录协会

**测试内容：**发动机测试、相电流开合、相电流平衡、绕组温度、定子绕组电阻、电压/电流。

Ed Dempsey 和“白色闪电”在一起，该车是1999年电动车陆地速度纪录的保持者。

产值占世界百分之五的商业机构需要对巴拿马运河河底进行大规模挖掘，对107块重达4.5吨的水泥进行切割，快和准是关键。而要制造世界最快的电动车，速度当然至关重要。

有了定制的轻型400Hz电力发动机，Ed Dempsey 和他创立的公司团队一起，实现了上述两个目标。对于工程技术和维修工作而言，精细的电气测试是必不可少的，正如Dempsey所言：“我们常常把发动机开到其工作极限。”

去年，Value Diamond Tool公司第一次购买了Fluke 1587C 绝缘万用表，很快，1587C成为工作坊里最受欢迎的仪表。

Dempsey是公司的创始人，该公司设计、生产并维修其自有的专业水泥切割设备。设备的核心部分是轻型但功能强大的400 Hz发动机。

此项技术在成千上万的切割项目中得到运用——包括核电站、太空跟踪站和巴拿马运河的开发等。把400Hz发动机成功运用于水泥切割之后，Dempsey转而开发世界最快的电动车。该产品代表了VDT公司精良的电动机技术，同时，Fluke 1587C 绝缘万用表在其日常设计和维修工作中发挥的作用也不言而喻。

### 选择 400Hz的理由

水泥切割锯和切割钻通常使用镶嵌钻石的圆形刀锋、内置圆柱形的钻头或绳锯。此类工具的切割速度是其驱动马力的函数。Dempsey解释说：“如果驱动马力是X，切割速度为每分钟十英尺，那么马力增大到X之后切割速度可提升至每分钟二十英尺。如果切割速度提高，可以节省劳力，同时节省冷却水的用量。

当然，发动机的重量要轻，以便于携带。这样就要求发动机具有最轻的重量、以及高功率运转的能力。

Dempsey切割的核心技术在于设计独特的发动机，其运转速度是400Hz。这一频率和飞机的发动机相同，因为400Hz的发动机所需铜料较少，通常比功率相同的60Hz发动机要轻。因此，水泥切割技术就沿用了航空业采用的发动机。这么做确实减轻了不少重量。一台20马力、60Hz的三相发动机有75磅重，实在不便随身携带！但VDT公司的切割系统采用20马力、400Hz的三相发动机，仅重约30磅。

VDT公司还生产电动发电机和反用换流器，可将60Hz转换成400Hz，还生产汽油柴油引擎发动机，可产生400Hz的电力。引擎发电机用于缺乏现成电源的建筑工地。其它场合，可使用反用换流器或电动发电机，把输入的标准电流转换成400Hz。

### 从生产水泥切割工具到开发电动车

生产切割设备，的确对速度的要求不低。巴拿马运河每年通过的轮船有14,000艘之多，装载约8.5亿吨货物。运河有三套船闸。

Gatun船闸由两套三舱的闸关组成，可将通过的船只从大西洋运到海平面上85英尺的Gatun湖。该船每过十年歇业一段时间，进行整修工作。其中的一次整修过程中，巴拿马运河委员会面临着一个巨大的难题——需要把107块四吨重的水泥从Gatun闸底部钻取出来。计划在每块水泥上钻52个互有重叠的洞，也就是说需要在8天之内完成距离约为33,000线性英尺的钻取工作。正是依靠精良的设备，Dempsey公司才成功完成了任务。

十四台专门的水泥切割机分为两个小组，二十四小时轮班工作。由三台6 kW、400 Hz的发动机/发电机向可移动的4½马力钻机供电，6英寸钻头以每分钟750转的速度运转。水泵不断向钻头喷洒冷却水。

尽管其中发生过断电、暴雨及发现铁轨残片等意外事件，该团队还是在8天后完成了任务。除了外包和设备生产之外，Dempsey先生（七项专利的持有人）曾经是一名赛车好手。被问及如何在水泥切割和赛车之间切换时，Dempsey先生明确表示：“我们通过水泥切割生意来赚钱，然后把钱花在赛车上。”

Dempsey先生在多项赛车项目中成绩斐然，其中包括美国高速汽车协会的直线竞速赛、一级方程式外弦发动汽车赛等。

Dempsey希望通过他的努力，纠正电动车行驶缓慢、不堪一击的形象。因此，他创建了Dempsey世界纪录协会，并集合了一个由业界专家和赞助商组成的团队，目标直指打破电动车每小时行驶15英里的纪录。Dempsey经验丰富，他使用的是轻型高功率的发动机。该团队共同开发了一辆重450磅的流线型电动车，取名“白色闪电”。车子使用的两台 200马力的发动机，由两个400Hz的反用换流器驱动。电源为 6040 C-型可充电电池。该电动车的部件——从轻型发动机到碳纤维合成车体——全部定制。

1999年，该小组成功打破了一级方程式锦标赛电动车的世界纪录，Pat Rummerfield驾驶着“白色闪电”、以每小时45英里的速度在Bonneville盐沼地上行驶。Rummerfield本人也颇富传奇色彩。由于一次交通意外，他四肢瘫痪长达20年之久，经过不屈的努力，终于重回赛车和马拉松赛场。这一次，他驾驶着“白色闪电”创造了新的纪录。

### 工作坊里的另一宠儿

Fluke 375 AC/DC 钳型电表是另一个备受推崇的工具。技术人员使用钳型电表可对电机进行电压消耗和电压平衡测试。Pat Husteth 喜欢用 375 钳型电表进行频率测量。“它在检测发电机的频率稳定性方面非常好用”。倘若发电机没有配备指示器，那么使用钳型电表是非常方便的。我们有许多负载组，有了这款发电机，我们就能观察到频率的变化情况。由于其具有直流电测量功能，所以也可以用来检测电池系统。



### Dempsey工作坊的电气测试

1587C是VDT团队新近采购的，但为该团队的工作作出了不小的贡献。虽然只是不起眼的小工具，绝缘万用表还兼具数字万用表、绝缘测试和温度测试的功能。Dempsey介绍说：“这个小小的仪表，几乎能够实现我们需要的全部功能。我们的车间零零碎碎的仪器什么都有，但这是一台功能完备的测试仪。”

要使重量相同的电动车获得更大功率，不仅仅要提高标准发动机的运转频率。VDT的发动机使用定制带有铜条和机端环的转子，而不是普通铸铝转子。这样大大地增强了机器的工作效率和散热性能。同时，设计师还认真研究了定子绕组的电阻和风扇设计。发动机设计的每一个细节都反复修改，精益求精。

尽管发动机的制作过程繁复，但其测试与普通 60Hz 发动机并无二样。公司使用动力计检查发动机的性能，然后装运。大多数电气和温度测试都是使用1587C完成的，以下是主要的测试内容：

**相电流开合** 测试人员将1587C与钳型夹或 Fluke 375 结合使用。电流不得高于待测发动机标牌上指示的额定电流；

**相电流平衡** 正常情况下，每个相位的电流开合数值应当相等，差值不应超过2%或3%。如果超过该数值，可能造成其中的一个相位温度过高。

**绕组温度** 测试人员使用1587C的热偶测量功能，读取温度。对于任何发电机而言，工作温度都是重要因素，过高的

温度会降低绕组之间的绝缘性能。对VDT公司来说，温度更显得关键，因为他们会把发电机运转到极限。根据经验，发动机中最热的地方是转子上的铜制机端环。测试人员开动发动机，加上负载，待其稳定运行10到15秒之后，关闭发动机并纪录转子机端环的温度。测量结果证明，该温度在生产上规定的标准以下，不会造成绝缘性能的丧失（一般而言，温度在200°C左右）。

**电压/电流曲线** 要保证新发动机具有最高的运转效率，工作人员在发动机以额定机械负载运行时的电流特征。随后根据额定运转电压、改变输入电压，然后测量得到的电流数值。通过观测电流的变化趋势，工作人员得以确定发动机的绕组是否最优、以及电流情况，包括是否存在电流过大、导致机核满载运转，或者仍可增大电流获得更强的磁场。



赛车团队经理Gus F owlie正在对“白色闪电”使用的电池组进行电压测试，该电池组由多块C型镍氢电池组成。

工作人员还对损坏的发动机进行了故障排查和修理工作。借助1587C的绝缘性测试功能，可发现绝缘功能是否正常。测试数据可用于追踪故障模式，并发现工程或流程中可能存在的问题。

无论Dempsey将来从事何种业务，是开发新的水泥切割方案来支付赛车费、还是创造新的电动车速度纪录，Fluke 1587C的三合一功能（万用表、温度和绝缘性能测试），都会为其运营提供完美的保障。

**Fluke. Keeping your world up and running.®**  
福祿克，助您与时代同步！

福禄克中国客户服务中心：4008103435  
联系我们：chinainfo@fluke.com  
英文网址：www.fluke.com 中文网址：www.fluke.com.cn

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| 北京办事处 电话：(010)65123435     | 济南联络处 电话：(0531)86121727    |
| 上海办事处 电话：(021)61286200     | 沈阳联络处 电话：(024)22813668/9/0 |
| 成都办事处 电话：(028)85268810     | 南京联络处 电话：(025)84731286     |
| 西安办事处 电话：(029)88376090     | 乌鲁木齐联络处 电话：(0991)3628551   |
| 深圳办事处 电话：(0755)83680030    | 广州分公司 电话：(020)38795800     |
| 重庆联络处 电话：(023)89061906-120 | 北京维修站 电话：(010)65123435     |
| 武汉联络处 电话：(027)85743386     |                            |