

电 的 鼻 祖

电灯给人以光明，电视给人以欢乐；电气机车载人日行千里，宇宙飞船上也有电在工作。电，既是一种能量形式，又是一种通信手段，因而是现代社会文明的物质基础。

但你可知道，人类利用电竟是从研究青蛙腿的生物电开始的。

当然，证明自然界中存在电的事实却很早。两千多年前，希腊人就懂得用琥珀与毛皮摩擦生电。在现代科学中，“电子”这个词就是从希腊文“琥珀”译过来的。后来，人们又发现用玻璃摩擦绸缎也能生电，并认为这两种方法产生的电“流体”不同。1672年，第一台摩擦电机问世，从此可生产出大量电“流体”。差不多又过了一百年，科学家才懂得把电贮存在莱顿瓶中。这是一种用锡箔或其他金属部分覆盖其内外表面的玻璃瓶，可充当电容器或聚电器。这时，美国著名科学家富兰克林提出，自然界只有一种电“流体”，摩擦使一个物体带的电“流体”过剩，另个物体带的则不足。他还主张，大气电（闪电）和摩擦产生的电相同。法国物理学家库仑证明，带电物体相互吸引或排斥，其作用力与它们之间距离的平方成反比。但在伽伐尼和伏打之前，任何人都没办法产生出连续的电流。

另一方面，关于生物电也早就有了记载。例如，有人叙述过电鳐的“震击”，电鲛和电鳗的专门发电器官。后来又发现，用静电机产生的电来刺激肌肉或其神经，能使肌肉抽动。所以生物学家们开始怀疑“神经流体”或“动物活气”在神经管中流动，并参与肌肉收缩的假定，转而认为所有神经功能可能具有电的性质。意大利产科医生兼解剖学家伽伐尼也持有这种观点，并想用实验来证实电和“神经流体”是一个东西。从1790年开始，他在这方面做了三个实验，证实动物体中存在着生物电，从而取得了科学上的重大突破。从此，人类社会的电气化时代开始了。

一天，伽伐尼及其助手把蛙解剖好，放在有摩擦发电机的桌上做实验。他偶然观察到，在解剖刀尖触着蛙坐骨神经的情况下，只要发电机一打火花，蛙腿就要动弹一下(图3)。如果手持骨质刀柄，便不出现这种反应。若手触刀片，一打火花蛙腿又会抽动。现在看来，这并不证明生物电的存在，而是由静电机、蛙、人和地所成回路中的静电感应所致。但这个实验却促使伽伐尼想知道，大气电是否也引起这类反应。在雷雨天气，



图3 进行生物电研究用的蛙神经肌肉标本

他把与房屋绝缘的铁丝从高处引下来（要用更高的导线避雷），与蛙腿连接在一起，发现每当有闪电时，蛙腿都强烈收缩，而且收缩发生在雷鸣之前。在做这些实验期间，伽伐尼还观察到一个现象：当他把解剖好的蛙用铜丝钩住脊髓，放在吊花盆周围的铁丝网篮中，即使在晴天有时也能观察到蛙腿发生收缩。伽伐尼原以为这是大气电的影响，便着手研究大气电变化与蛙腿收缩之间的关系。但多次观察都毫无结果，在“山穷水尽疑无路”时，将铜钩按下触着铁网，却是“柳暗花明又一村”——蛙腿动弹了。这一下又使伽伐尼受到鼓舞，他试着把各种金属配成对子，将蛙的脊髓与腿肌连起来，发现各种双金属弧引起肌肉收缩强弱有别，但是不导电的玻璃和木头则没有这种作用。于是他认为，连接神经和肌肉的金属把肌肉中的“动物电”放了出来，从而引起肌肉的收缩。在这个过程中，神经和肌肉起莱顿瓶内外导体的作用（图4）。以后我们会看到，这是伽伐尼犯的一个大错误。

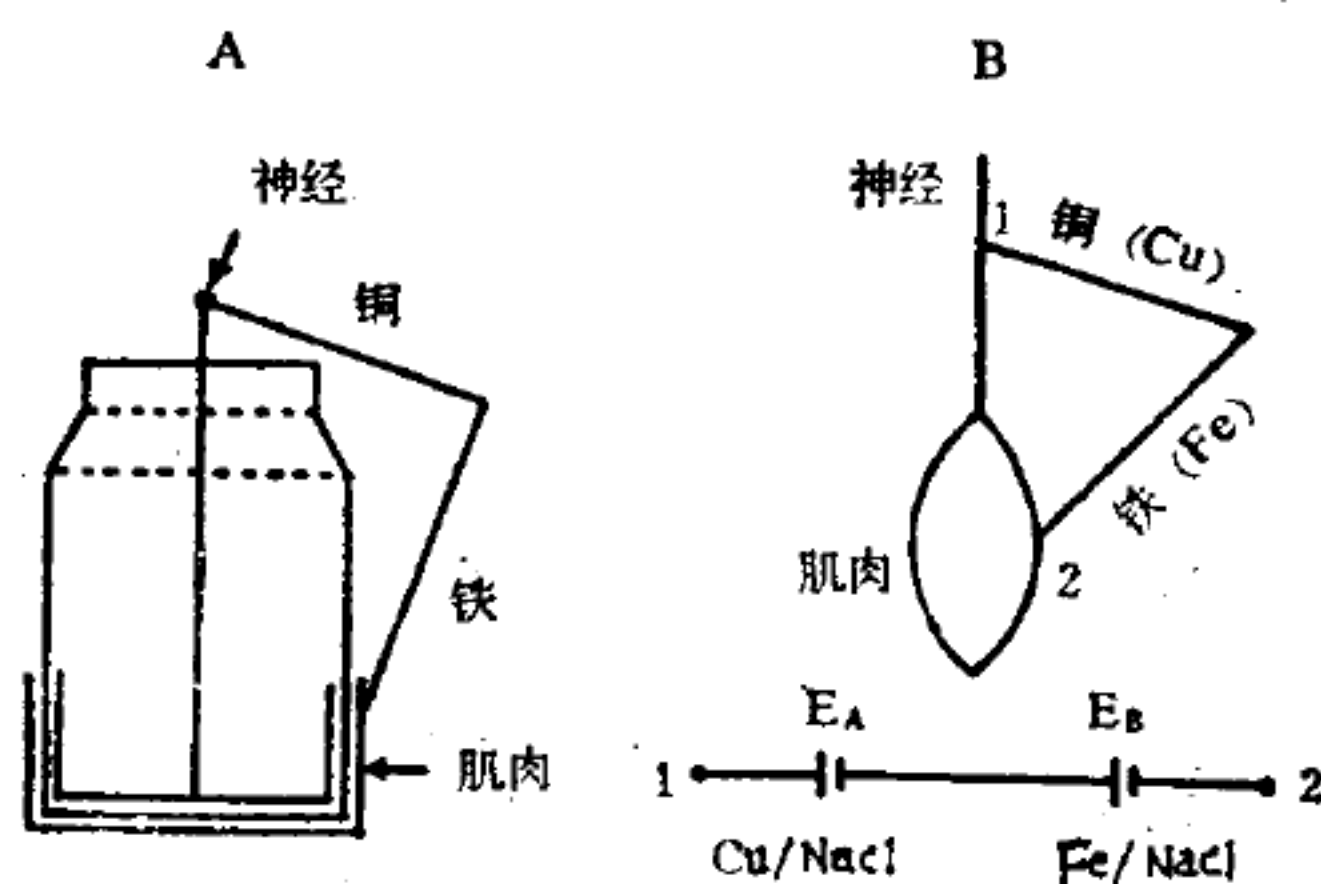


图4 伽伐尼用莱顿瓶解释肌肉收缩（A），实际上肌肉收缩是两个半电池产生的电压刺激所致（B）。

毫无疑问，伽伐尼的实验震动了科学界，一阵“动物电”狂热随之而起。在凡能抓到青蛙的地方，不管是科学家还是门外汉都争相做实验，甚至在群众集会上也把伽伐尼实验表演一番。这确实是青蛙大倒其霉的日子。有位生理学家兼物理学家的意大利人叫伏打，起初他也相信伽伐尼对蛙腿收缩的解释——神经—肌肉莱顿瓶放电，但不久他就有了自己的独特见解。因为他发现肌肉收缩的重要条件是，要有两种金属在一端相连，其余两个自由端接触神经和肌肉；如果只用一种金属把神经与肌肉连接起来，肌肉就不发生收缩。而且他还发现，双金属弧不一定要同时接触神经和肌肉，只接触一条神经的两部分，或两块肌肉，或同一肌肉的两点，也都能引起蛙腿抽动。因此伏打相信，刺激神经的电源仅仅是“两种金属的接触”。他把铜币放在舌头上，将银币置于舌下，每当这两个硬币在舌侧接触时，都产生味道感，这是舌头受电刺激所致。后来，伏打把银板和锌板压在一起构成金属（电极）对，几十对金属板以相同顺序重叠起来，当中夹以电解质溶液（例如硷水或盐水等），这就构成最早的伏打电池。有趣的是，伏打认为他的装置类似电鳐和电鳗的天然电器官，而不象莱顿瓶，因而他将其命名为“人造电器官”。在伏打的银锌电池中，电压可达1.56伏，与目前最好的银锌电池（1.86伏）差不多。但是，伏打认为两种金属接触就能产生电，这种对电池工作原理的解释是错误的。现在我们知道，在电极和电解质界面上产生电动势，它被称为半电池电位；两个半电池电位之间的差，就是伏打电池的电压。用伏打电池可得到连续的电流，从而开辟了应用电的时代。在伽伐尼的第二个实验中，也是由两个半电池的电压刺激了神经。

如果把蛙神经和肌肉的组织液看作0.6%盐溶液，铜和铁电极之间的电位差为450毫伏，足以引起青蛙神经兴奋。

伏打的实验结论是，伽伐尼并没有发现“动物电”，使蛙腿动作的是“金属电”。这一打击对伽伐尼来说确乎非同小可，使他好久翻不过身来。但伽伐尼仍然坚信“动物电”，并着手进行他的第三个实验。在这个实验中，他把蛙的这条腿的坐骨神经搭在那条腿的肌肉上，那条腿的肌肉便产生强烈收缩。不用金属也能引起肌肉收缩，表明生物电确实存在于动物体中。

我们现在知道，活组织的损伤部位相对完好区域呈现负电性，这种电位差叫损伤电位，一般有50毫伏左右。把神经搭在有损伤区和完好区的肌肉上，它就受到损伤电位的刺激，使被其支配的肌肉发生收缩（图5.A）。这是后来由诺伯里证明的。他把蛙的头砍掉，剥皮，然后将蛙脚放在盛有盐水的玻璃杯中，把躯干浸入另一杯盐溶液中；当用湿棉线把两杯溶液连接起来，蛙的肌肉就发生收缩。显然，在这个系统中没有金属导线，所以肌肉的收缩由“动物电”刺激所致。诺伯里还把一些剥制好的青蛙串连起来，即把后面蛙的躯干放在前面蛙的腿上，这就构成了蛙“伏打电池组”。他用当时发明不久的电流计进行的测量表明，串连起来的蛙越多，得到的损伤电池就越大。这是人们首次用物理仪器演示出生物电流的存在。

后来，伽伐尼的同胞麦狄西把活动物的肌肉损伤，将蛙腿神经插入伤口，当神经跨接损伤和完好区域时，它所支配的肌肉就猛烈收缩。他不仅证实了生物电位，而且还做出了重要的新发现——在骨骼肌收缩前有动作电位出现。他的实

验是这样的：把从蛙脊髓到腿肌的神经剥离出来，然后把它搭在用同法剥制的另只蛙的腿肌上；用伏打电池刺激后者的神经，两只蛙的腿便会相继收缩（图5.B）。这表明有电变化在神经和肌肉纤维中传播。这种传播开来的电位表示纤维的

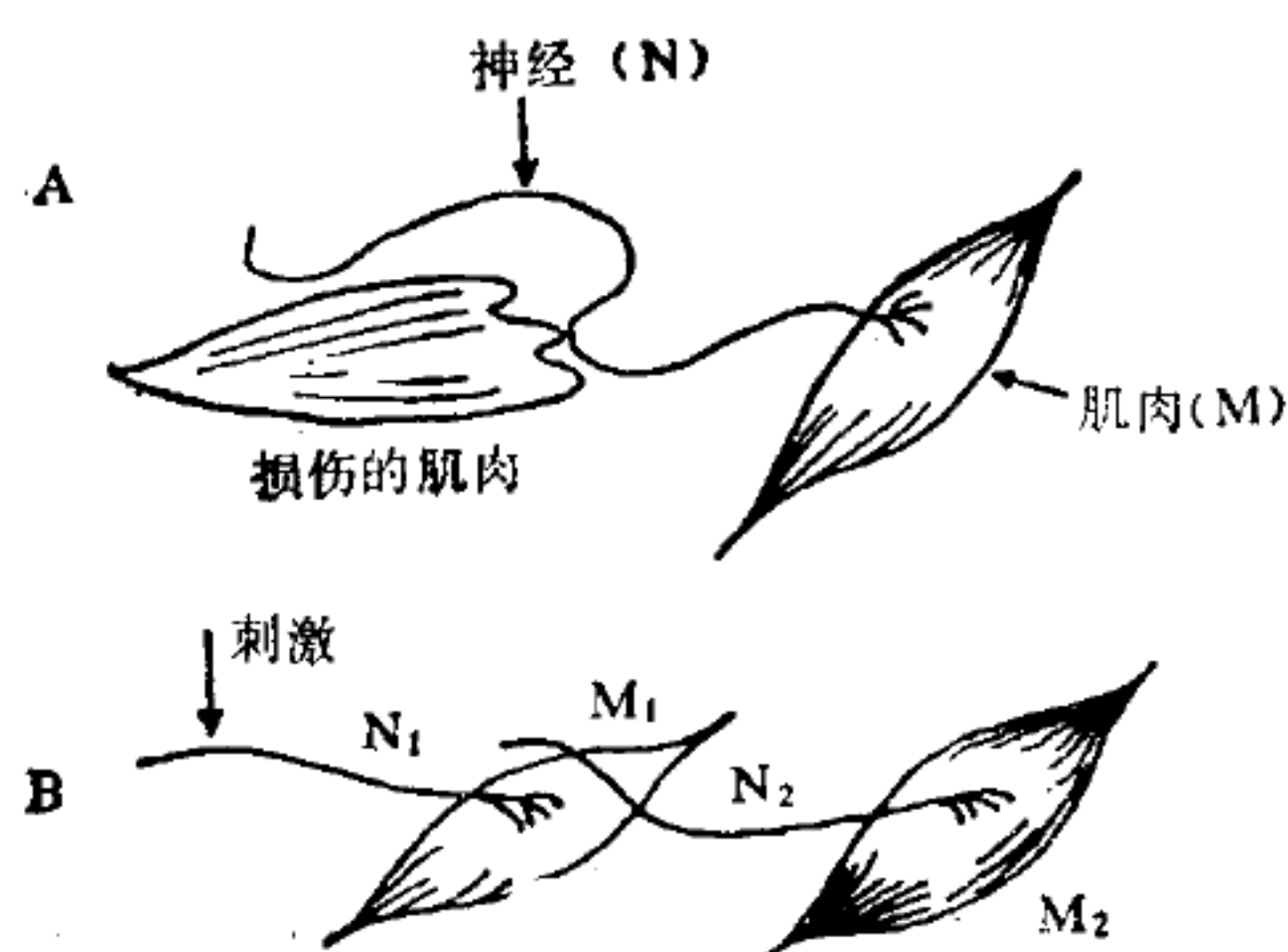


图5 损伤电位(A)和动作电位(B)的证实

活动，故后来被叫做动作电位；有时也称之为峰电位，因其在示波器屏上显示为峰样的偏转。神经纤维的峰电位又叫做神经脉冲，一般幅度为90—100毫伏，传播速度在每秒1—100米之间。如果我们把神经比作人和动物体内的“电报线”，那么神经脉冲就是在其中传递的“莫尔斯电码”。生物通过神经系统了解周围环境情况，并指令身体做出适当反应。这样，它们才能在不断变化着的环境中更好地生存。

自从蛙神经肌肉标本的生物电得到证实后，科学家们又陆续在各种生物的不同器官和组织中发现了生物电现象。可以说，凡有生物的地方就有电的变化。目前，由于电子仪器和微电极技术的发展，记录和分析生物电信号已形成生理学的一个重要分支——电生理学。神经生理学、神经解剖学和

神经化学研究相结合，必将能揭示宇宙间最高级的物质运动形式——人脑的奥秘。大家知道，脑电和心电的记录和分析已广泛应用到临床诊断上，作为判断脑和心脏活动生理或病理状况的指标。肌电控制的假肢已使残废人能料理生活和工作；肌电臂则能为飞行员或宇航员“助一臂之力”，以帮助他们克服巨大的超重负荷。作为人力“放大器”的步行机，在肌电操纵下能完成人力所不及的重物运输。随着宇航和生物电技术的发展，我们将能在地球上用肌电控制远在另一个星球上的机器人，使它维妙维肖地模仿人的四肢动作，如人身临其境那样完成宇宙探险。

说起来也颇有趣，这样的诱人前景竟是从研究蛙类开始的。伽伐尼和伏打为人类进步作出了重大贡献。为了纪念他们，在英语词汇中，电压、电压表、电量计等词都是以伏打开头的；而电流计、电镀、验电器等词则包含了伽伐尼字样。

