

一、历史的回顾

1. 人类历史的开端——火的利用

在古希腊神话中，传说神的后裔普罗密修斯用泥土和水创造了人类，但是，他得罪了万神之王宙斯。宙斯拒绝给人类火种，从而使普罗密修斯创造的人类无法达到文明的境界。

机敏的普罗密修斯并没有被难住。他折了一根木本茴香树枝插到太阳车的火焰里，为人类盗来了火种。

为此，宙斯惩罚了普罗密修斯。宙斯让火神赫维斯托斯和仆人克利托斯（外号强力）、仆人比亚（外号暴力）将普罗密修斯用铁链锁在高加索山的悬崖绝壁上。宙斯还派一只鹫鹰每天去啄食普罗密修斯的肝脏。

直到三万年后，宙斯的儿子赫利克斯经过高加索山看到普罗密修斯时，出于同情之心，射死了鹫鹰，并把普罗密修斯解救出来。

这是一段耐人寻味的故事。神话，是自然力的人格在，是支配着人们日常生活的外部力量在人们头脑中的幻想的反映。希腊神话中这段流传几千年的动人故事，正反映了人类历史是从火的利用开始的，而人类对能源利用的历史，也可以上溯到那个时候。

一九二九年，在北京西南周口店山洞里，发现了五十万

年前的猿人——“北京人”的化石和石器。同时，还在同一地点发现了篝火的灰烬。这些灰烬告诉我们，远在五十万年之前，我们的祖先已经学会使用火和草木燃料。他们用火来取暖、照明、驱赶野兽和煨烤食物。火的利用是人类在认识能源过程中迈出的第一步。

五十万年前的猿人还不会自己生火，火种是从被雷电点着的森林余火中取来的。开始，猿人们对森林遭雷击后着火

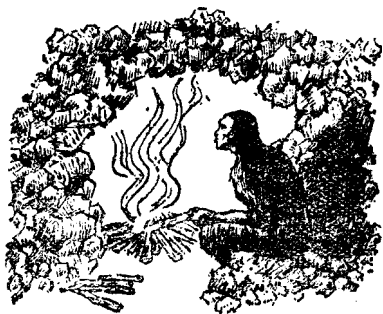


图 1 猿人用火取暖

燃烧这一自然现象感到无比惊恐，他们和野兽一起四处奔逃。继而感到好奇，在林火熄灭后走近观望。有的取被火烧死烤熟的野兽尝尝，发现肉味香美，便与火建立起感情。他们取回火

种，不断添加树枝枯叶，使火种保存下来，用以取暖和照明。

这种有意识地使用火和草木燃料，只有在高度发展了的猿人中才有可能。英国著名生物学家赫胥黎一八六〇年在牛津大学的讲演中，介绍了《珀切斯的巡游记》中一个叫巴特的人的一段经历。故事发生在十六世纪末，巴特作为葡萄牙人的俘虏被流放到安哥拉。在那郁郁葱葱的原始森林里，巴特见到一种被当地人叫作“庞戈”的类人猿。这种类人猿并没有进化到猿人，他们不会说话，和其他兽类一样没有多少智力。他们在当地居民寝居过的地方，围着人们遗下的篝

火，团团坐下，一直坐到篝火熄灭。可见他们不懂得添加薪木。这件事证明，还没有发展到猿人阶段的类人猿是不懂得使用燃料的。直到大约十万年前，我们的祖先方学会利用干枯的木柴长时间互相摩擦，产生火种。这是一个巨大的飞跃。恩格斯在谈到摩擦生火时指出：“摩擦生火在其解放世界人类的作用上，甚至还是超过蒸汽机的。因为摩擦生火第一次使人支配了一种自



图 2 摩擦生火

然力，从而最后把人从动物界分离出来。”（《反杜林论》）而且进一步指出：这是人类历史的开端。

火和草木燃料的利用，大大加速了人类进化的过程。随着社会的发展，人们学会了用火来冶炼矿石、制取青铜器和铁器；用火来焙烧陶器。青铜和铁制的工具和兵器代替了石器，人类历史由石器时代进入青铜器时代、铁器时代，生产力得到了较大的发展，原始公社开始解体，人类社会进入奴隶社会，之后又进入封建社会。

这一段历史，在许多国家古代神话和传说中都有所反映。韩非子在《五蠹》中记载了我国古代燧人氏钻木取火的美好传说：“上古之世，……民食果、蓏、蚌、蛤，腥臊恶臭，而伤害腹胃，民多疾病；有圣人作，钻燧取火，以化腥臊，而民说之，使王天下，号之曰燧人氏。”这些故事和传说，充分反映了火的利用、钻木取火的发明在人类历史上的重要作用。

2. 瓦特和蒸汽机煤的使用

在漫长的奴隶制社会和封建制社会中，人类对能源的认识和利用的进程是十分缓慢的。几千年中，几乎只局限于使用草木燃料及一些自然动力（畜力、风力和水力）。对风力和水力的使用也只是小规模，如帆船、水碓水碾、风车磨坊等。在这中间，也曾有过一些发明创造，例如公元前一二〇

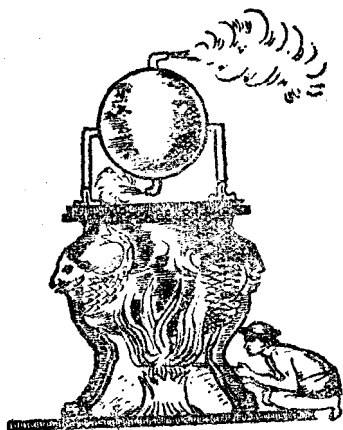


图3 希罗的蒸汽机

年亚历山大城希腊发明家希罗制成一系列用蒸汽带动的装置，可开启神庙的庙门、转动球体，但终因生产力的低下和社会制度的束缚，这些早熟的发明并没能用于生产上。

十八世纪中叶，蒸汽机的发明和煤的大规模开发使用是人类能源利用史上一个十分重要的里程碑。

英国的封建制度于十四世纪便开始解体，资本主义经济在封建社会内逐渐成长发展起来。新兴的资产阶级与封建势力通过反复的较量和斗争，终于在十七世纪末夺取了政权并巩固了它的统治。随着资本主义工商业的发展和海外殖民地的疯狂掠夺，积累了大量的原始资本。已有的能源和动力已远远不能满足资本主义工业迅速发展的需要，社会一旦有了这种急切的需要，就会十倍百倍地促进科学技术的发展和

推广。蒸汽机的利用引起人们的极大重视，在这一点上，瓦特要比希罗幸运得多。

在以往一些发明家传记中，常看到“瓦特看到开水壶盖被蒸汽冲开，于是发明了蒸汽机”的传说和轶闻。这实际上是一种无稽之谈。在历史上任何科学发现和创造，都是社会生产力发展的产物，包含着许多人的共同努力，也包含着发明者本人的辛勤劳动。蒸汽机的发明同样经历了一个随社会生产力发展而由简单到复杂、由低级到高级的发展过程。

早在一六九八年，英国一位名叫萨弗里的军事工程师设计了一个叫“矿工之友”的蒸汽抽水机。它让容器里的水加热沸腾成蒸汽，然后再让它冷却，利用冷却后容器内形成的真空提升矿井中的积水。七年之后，英国铁匠纽康门制成了一台改进了的蒸汽抽水机，它让蒸汽在汽缸中冷却形成真空，然后利用大气和真空的压差推动汽缸内的活塞运动。这种简陋低效的机械一直沿用了六十多年，未得到推广和改进。

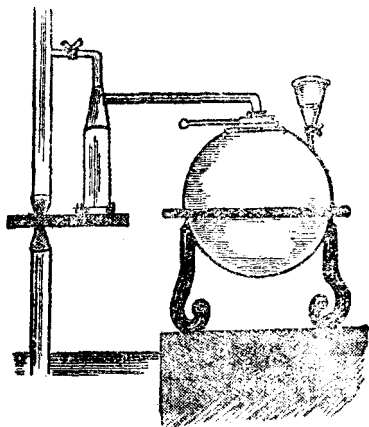


图4 萨弗里的蒸汽抽水机

缸中冷却形成真空，然后利用大气和真空的压差推动汽缸内的活塞运动。这种简陋低效的机械一直沿用了六十多年，未得到推广和改进。

一八六九年，年轻的苏格兰仪表工匠瓦特正在格拉斯哥大学工作，他受命修理该大学一台有毛病的纽康门蒸气抽水机模型。在修理过程中，瓦特发现了纽康门蒸汽抽水机的一



图5 詹姆斯·瓦特 (1736-1819) 了自动调速的离心式配汽调速机构, 使蒸汽机能稳定地工作。瓦特经过十五个寒暑的呕心沥血, 进行三次重大改革, 终于在一七八四年制成了具有

些致命缺点, 并着手改进这台设备。他首先发现蒸汽靠自然冷却效率太低, 于是给蒸汽机增添了一个冷凝蒸汽用的冷凝器。后来又发明了一套机械联动装置, 让汽缸的往复运动变成飞轮的旋转运动, 从而可带动各种转动的工作机械如纺纱机、织布机、车床等。最后, 又发明

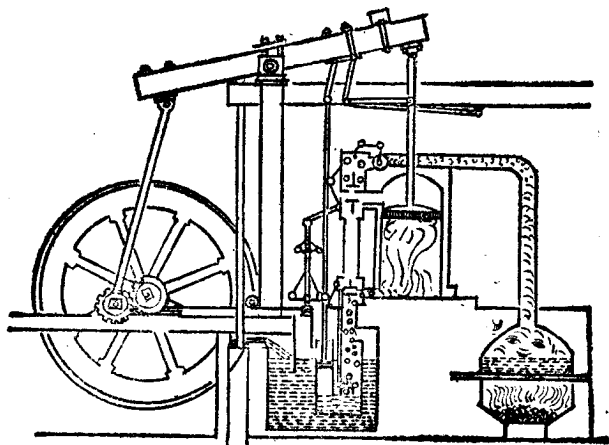
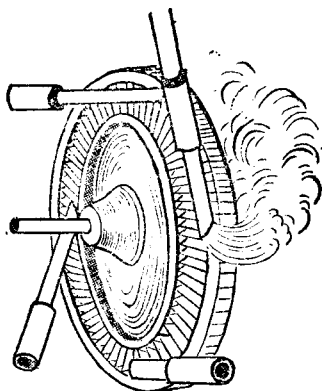


图6 瓦特的蒸汽机

实用价值的蒸汽机。

继瓦特发明蒸汽机后，十九世纪三十年代有人研制了用蒸汽直接使机器转动的蒸汽轮机(又叫蒸汽透平“透平”是涡轮机的音译)。十九世纪末，瑞典工程师拉伐尔和英国人柏生各自独立从事建造和进一步改善蒸汽轮机。他们在涡轮盘上装有许多叶片，让蒸汽通过喷嘴高速冲击叶片，从而使涡轮盘转动。



蒸汽轮机效率比蒸汽机高，单机功率比蒸汽机大，又能直接转动而不需复杂的连动机构。经历了二十世纪的发展和完善阶段，现在，几乎所有的蒸汽电站和蒸汽船舶都采用蒸汽轮机为动力。蒸汽轮机的发明和使用可视为蒸汽机发展的直接结果。

图 7 蒸汽轮机原理

在蒸汽机发明之前，英国的纺纱厂织布厂都是以水力为主要动力。在河边筑道坝，设一水轮。水流冲击水轮转动，水轮轴传动皮带使工作机转动。以水力为动力，工厂受地点、季节和规模的限制，很难发展。蒸汽机的问世，为这些工厂的发展提供了强大的动力。就在一七八四年——瓦特制成第一台实用的蒸汽机的当年，英国就建成第一座采用蒸汽动力的纺纱厂。不久蒸汽机推行到其它工业部门如织布业、冶铁业、机器制造业，很快引起这些部门的技术革新。

蒸汽机的发明对交通运输业一样起着巨大的促进作用。一八〇七年，美国人富尔顿用蒸汽机作为船舶动力代替原先的风帆，制成了第一艘汽船“克莱蒙特”号，引起了造船工业和航海业的一场革命。一八一九年，蒸汽船“萨凡娜”号自美国纽约港出发，用了二十七天横渡了大西洋，到达英国利物浦。在这之前横渡大西洋最快的帆船“五月花”号需用六十四天。到五十年代，曾经风行一时的杨基式快速帆船都收起了漂亮的风帆，让位给汽船了。一八一四年，英国人史蒂文逊造成第一台实用的蒸汽机车，一八二五年英国建成了第一条铁路。此后，铁路就成了陆上交通的有力工具，在欧美大陆迅速修建。到一八六九年，铁路已经横贯整个美国。

与此同时，在冶金工业上，煤代替了木炭成为主要燃料。一七三五年，德尔贝发明了用焦炭代替木炭焙铁铸造，提高了生铁质量。一七八四年，柯尔特发明了用煤锻铁，煤炭的使用得到进一步推广。蒸汽机的发明和推广使用，机器的大量制造，更进一步推动了采煤工业的发展。一七九〇年，英国刚采用蒸汽机时，煤炭年产量仅为七百六十万吨。其后每年几乎增加一千万到八千万吨，到一九一三年英国煤炭年产量激增到二亿八千七百万吨，占世界总产量的四分之一。这一年，煤在世界能源结构中占的比重高达94.8%，成为十九世纪和二十世纪初人类社会最主要的能源。

以蒸汽机的发明为主要标志的工业革命持续了一个多世纪。这场工业革命波及了整个欧洲北美大陆，极大地提高了社会生产力。随着资本主义大机器工业的建立，不但引起了生产技术的改革和生产规模的扩大，也引起了深刻的社会变

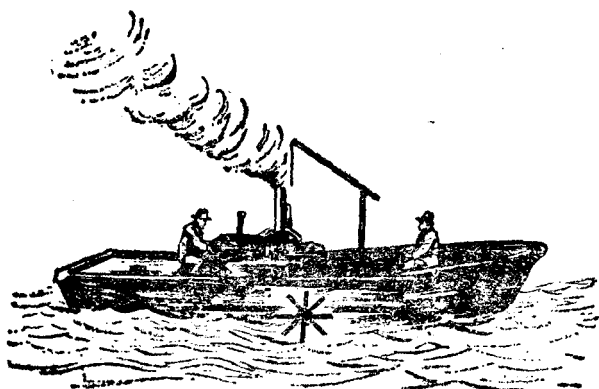


图 8 最早的汽轮

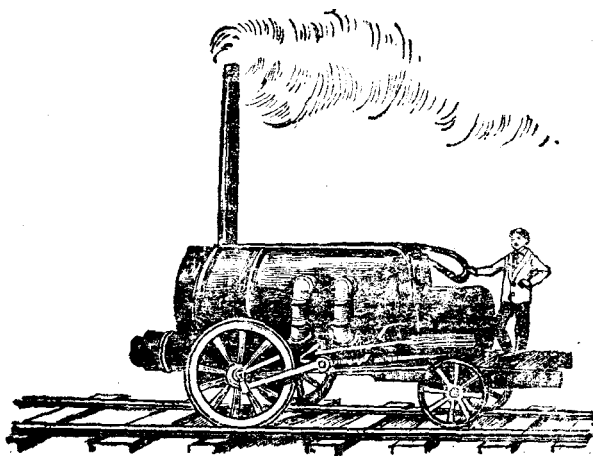


图 9 史蒂文逊的蒸汽机车

革。工厂的广泛建立，形成和壮大了工业无产阶级，它作为一支独立的政治力量登上了历史舞台。这个作用在人类进步史上是难以估量的。

恩格斯在谈到蒸汽机时明确指出：“蒸汽机是第一个真正国际性的发明，而这个事实又证实了一个巨大的历史性的进步。”（《自然辩证法》）恩格斯还说：“自从蒸汽和新机器把旧的手工工场变成大工业之后，在资产阶级支配之下所造成的生产力，以向所未闻的速度与向所未有的规模，往前发展着。”（《反杜林论》）恩格斯的这些论述可以说是这一段历史的最权威的结论。

3. 十九世纪电学的进展

在瓦特的蒸汽机翻天覆地地改变着世界面貌的同时，人们对电的认识也逐步深化，各种电器的发明和应用如雨后春笋般的出现，它不只促进了生产的发展，而且极大地改善了人类的物质文明生活。

大约在公元前六百年，希腊哲学家泰利斯就注意到用毛皮摩擦琥珀后，琥珀可以吸引羽毛、纱线等轻小物体。后来，英国人吉尔伯发现其它有些物体，如用丝绸摩擦玻璃棒也产生类似的现象。吉尔伯把这现象叫做“电”，在英语中“电”（electricity）这一词来源于拉丁文“琥珀”（*electrum*）。

对电的研究开始局限于静电。一七三三年，法国化学家迪弗发现摩擦带电后的琥珀棒和玻璃棒之间互相有引力，而两根带电琥珀棒（或玻璃棒）互相排斥。由此表明，存在着两种性质不同的电，迪弗叫它“玻璃电”（即正电）和“琥珀

电”（即负电）。美国学者富兰克林还发现，当都带电的琥珀和玻璃棒互相接触后，电消失了，达到了中性平衡。

一七四五年，德国人克莱斯特和荷兰人米斯亨布鲁克先后独立制成了叫“莱顿瓶”的电学仪器。它是在玻璃瓶内外表面都贴上锡箔，摩擦产生的电荷可输送积累到内外锡箔上。这实际上是一个原始的电容器。但它可积聚比琥珀棒和玻璃棒多得多的电荷，因而可做电火花放电试验。

在这时，人们对电的认识还是十分肤浅的。不只有各种各样可笑的见解，还有一些绝顶荒谬的热昏胡话。例如，唯心主义的辩证法大师黑格尔认为电是：“物体固有的愤怒、固有的激怒，”是“任何物体在兴奋的时候都会表现出来的”愤怒的自我。”但是，经过很多科学家的长期探索，终于揭开了电的秘密，为电的应用开拓了道路。

在这里应该提到的是富兰克林著名的风筝实验。长期以来，人类对雷电现象惶然莫解。蒙昧时期的人类认为打雷闪电是天神发怒，并臆造了雷公雷母及司雷之神库克罗普斯的神话。自从莱顿瓶发明后，物理学家成功地在实验室中进行了放电试验。人们就自然提出疑问：雷电现象是否和莱顿瓶放电是一回事？一七五二年，富兰克林进行了勇敢的探索。他在雷雨时向云层高高放出一只风筝，风筝上有一段尖头的金属丝，连着一根能导电的丝线。富兰克林把手指靠近挂在丝线下端的金属钥匙，在手指和钥匙之间产生了“啪啪”作响的火花。然后他将丝线联到莱顿瓶上，给瓶充电，获得的电和用其它方法得到的电完全一样。由此富兰克林揭示了雷电的奥秘，认识到雷电无非是云层中的放电现象。在这基础上，

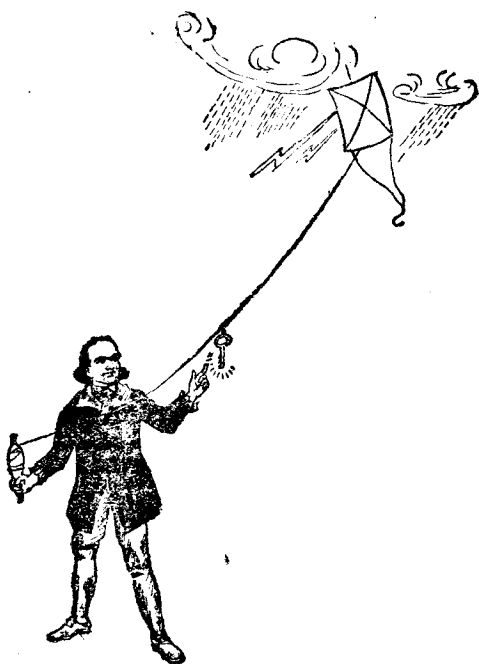


图 10 富兰克林的风筝实验

富兰克林又发明了避雷针，在很高建筑物上树一尖头铁棒，并用导线直接联到地下，使雷电击到建筑物上的电荷迅速通过导线引入地下。

富兰克林进行风筝实验是一种十分勇敢的举动，当后来有些人在重复他的实验时，惨遭雷击，为科学献出了他们的生命。

富兰克林的实验使人们突然对电学发生了浓厚兴趣，电学开始大踏步地向前发展。一七八五年，法国物理学家库仑对静电引力作了定量测量，精确地确定了两个电荷之间相互

作用力的大小，建立了著名的库仑定律。此后，电学研究出现了一个巨大的转折，伽伐尼和伏特的实验使电学研究进入一个新的阶段。

一七八六年，意大利解剖学家兼物理学家伽伐尼在一次解剖青蛙的实验中，偶然发现解剖后的青蛙大腿肌肉在同时接触两种不同金属时，蛙腿突然发生了抽搐，与青蛙大腿肌肉受莱顿瓶放电时的抽搐完全一样。于是他猜测在蛙腿肌肉和神经之间带有相反的电荷，当用金属碰到肌肉时，连通了神经和肌肉，产生了“生物电”，因而引起了肌肉抽搐。这个结论公布后，意大利物理学家伏特马上提出异议，他认为产生电的根源不在肌肉，而在于两种金属的连接。争论导致了进一步的实验。伽伐尼的新实验进一步证实了生物电的存在，伏特也通过实验发明了伏特电池，为电学的发展开拓了一个新的领域。

伏特电池最初是把两片不同的金属插入盐水溶液中，在金属片之间便产生了电流。后来，他用圆形的铜片、浸盐水的纸片、圆形的锌片叠起来，在一八〇〇年制成了“伏特堆”——最早的可连续产生电流的化学电池。伏特电池发明后，动电学的研究和广泛使用使静电学相形见绌。一八二七年德国数学家欧姆研究了电路中电流的阻力，发现电路中电流强度与电压成正比，与电阻成

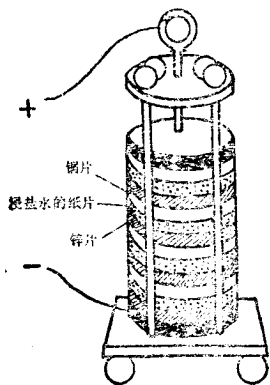


图 11 伏特电池

反比，这就是现在电学中应用最广泛的欧姆定律。人们对电现象的认识日益深化。

然而，伏特电池产生的功率是微小的，由此产生的电能也比较昂贵，只能用于实验室中，不能大规模用于工业生产。电力进入实用阶段是在十九世纪中叶。



图 12 (1791-1867) 迈克尔·法拉第

这个原理制成了第一台“发电机”。到一八四四年，人们开始制造体积庞大而又笨重的发电机给机器提供动力。

这种原始的发电机用永久磁铁提供磁场，不只笨重，功率也有限，有待于进一步改进。一八四五年，英国人惠斯通利用发明家斯特金发明的电磁铁

一八三一年，英国物理学家法拉第发现导线在磁场中运动，切割磁力线时，同样可以得到电流。从而发现了电磁感应，产生感生电流的基本原理。他根据这个原理

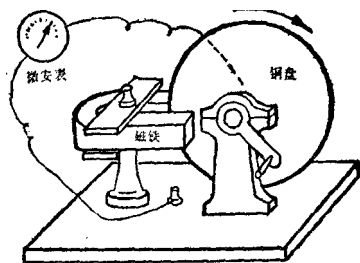


图 13 法拉第的发电机

给发电机提供了强有力的磁场。到六十年代，英国物理学家麦克斯韦用数学方法进一步发展了电磁理论。一八七二年，德国电气工程师黑夫纳——阿尔特纳克设计出了第一台真正高效率的发电机。电力终于可以廉价地大规模地生产了。一个新的工业部门——电力工业诞生了。

与此同时，各种用电设备相继发明并迅速得到推广使用。一八四四年，在美国物理学家亨利帮助下，艺术家莫尔斯制成了第一台实用的电报机。一八七六年，苏格兰人贝尔发明了电话。一八七九年，学徒出身的美国伟大发明家爱迪生经过几百次试验，成功地制成了电灯。在七十年代，亨利还发明了电动机和电源变压器，使电力作为一种工业动力源成了可能。一八七九年，在柏林的博览会上展出了第一辆电力机车。一八八二年，爱迪生在纽约建成第一座发电站……而今，电气几乎伸展到世界每个角落。

电力是一种二次能源，它是由其它能源转化来的，但是它比之其它能源有着十分明显的优点。它可以方便地由各种能源转化而来，也可以方便地根据需要转化为其它各种形式的能，如机械能、热能、化学能等。可以远距离输送，转换效率高，使用控制十分方便，召之即来，挥之即去。这些是其它一切形式的能源都望尘莫及的。因此，电的研究和应用，迅速发展到了社会生产、科学研究和人类生活的各个领域，在人类史上引起了新的伟大技术革命。

就在电力作为一种崭新的能源刚刚问世时，革命导师恩格斯在一七八三年致伯恩斯坦的一封信中，就满腔热情地高度评价了这一新生事物对人类的意义。恩格斯说道：“这确实

是一次巨大的革命。蒸汽机教我们把热变成机械运动，可是电的利用将为我们开辟一条道路，使一切种类的能——热、机械运动、电、磁、光——互相转化，并把它们在工业中加以利用。”对于当时刚发现的高压输送电流，恩格斯接着说：“——这件事还只是处于萌芽状态，——这一发现使工业彻底摆脱了地方条件所规定的几乎是一切界限，并且使极遥远的水力的利用成为可能，如果在最初它只是对城市有利，那末到最后它终将成为消除城乡对立的最强有力的杠杆。”他还进一步预言：“生产力将因此得到极大的发展，以致资产阶级对生产力的管理愈来愈不能胜任。”（《马克思恩格斯选集》第四卷）

革命导师列宁也曾高度评价电的发明和应用。在一九二〇年全俄苏维埃第八次代表大会上，列宁作出了“共产主义就是苏维埃政权加全国电气化”的著名论断。他指出：“只有当国家实现了电气化，为工业、农业和运输业打下了现代大工业的技术基础的时候我们才能得到最后的胜利。”（《列宁选集》第四卷）

4. 内燃机的发明 石油的开发

蒸汽机虽然是一种强有力的动力机械，但它也有自身固有的缺点：体积大、机身重、设备复杂、启动慢、效率低、管理麻烦。能源科学技术的历史同其它自然科学发展的历史一样，总不会停止在一个水平上。人类总是在不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进的。内燃机的发明就是一个明显的例证，它使现代生活又发生了一场革

命，其影响的深度和广度，不亚于电力的发明和应用。

我们知道，蒸汽机是由锅炉产生的蒸汽，引入汽缸内推动活塞做功，燃料在锅炉炉膛内燃烧而不是在汽缸内燃烧，所以蒸汽机属于一种“外燃机”。在这中间，能量进行了一系列的转换和传递：先是煤、油的化学能，燃烧时变为热能。热能使锅炉内水沸腾蒸发，转为蒸汽的内能。蒸汽在汽缸中推动活塞做功，转化为活塞和飞轮运动的机械能。几经转化，因而设备复杂、效率也低。内燃机是让燃料在气缸内燃烧，燃烧时生成的炽热气体膨胀推动气缸内的活塞直接做功。这样，省掉了庞大的锅炉和一套复杂的辅助设备，使整个动力装置结构紧凑、体积小、重量轻，效率也相应地得到提高。而且与蒸汽机相比，启动快，管理简便。内燃机的发明为一些运输工具如汽车、轮船、飞机、拖拉机、火车机车提供了一个颇为理想的动力。

第一台内燃机是在一八六〇年由法国发明家勒努瓦制成的。到一八七六年，德国技师奥托改进了勒努瓦的内燃机，制成了第一台四冲程内燃机，也称奥托内燃机。这种内燃机按吸气、压缩、燃烧、排气四个过程进行工作。活塞在飞轮带动下（在启动时则由电动机带动或由人工摇动）向下移动，进气伐打开，汽缸内吸入空气和液体或气体燃料（汽油、煤气或天然气），这一过程称为吸气冲程。然后活塞在飞轮作用下向上移动，压缩空气燃料混合物，这是压缩冲程。当活塞到达最高点上，电火花点燃了空气燃料混合物使之燃烧，燃烧产生的高温高压气体迅速膨胀推动活塞向下运动，活塞通过连杆推动曲轴转动，这一过程叫燃烧冲程。最后，在飞