物体导电的大统一理论

——兼论常温常压超导材料的制造方法

张宝盈

摘　要：通过对电力系统中的导电、发电、耗电等现象的深入剖析，推定导体传导的是由作为电源的发电机或电池等提供的外源电子，发电现象本质上是制造电子的过程。导体只提供电的通路，不需要也不可能提供载流子。电阻是导体原子的价电子对所传导的外源电子的同号相斥作用导致的。超导的本质，是导体原子的价电子与所传导的外源电子之间由于原子半径缩小而距离增大，达到临界值，超过了同号相斥的有效半径，相斥作用消失，电阻因此骤降为零。即只有当导体原子的价电子对外源电子的排斥力即电阻力降为零时，超导现象才会发生。因此，若要实现常温常压超导，唯一可行的途径就是设法缩小导体原子半径。制造常温常压超导材料的方法就是去除单质元素导体的价电子，或搭配适当的复合材料，使其在常温常压下各个原子半径即缩小至超导临界值。

关键词：常温超导材料；外源电子；电导力；电阻力；原子半径

引言

物体导电理论是一个已经获得了广泛深入研究的问题，尤其在应用层面上得到了广泛普及，影响到了人类生活的方方面面。但其中仍有一些深层次的问题诸如导电的物理机制尚未被充分挖掘出来。

尤为突出的问题是，自从人类发现超导现象以来，一直在致力于实现常温超导的梦想，但令人遗憾的是，现有导电理论却不能对开发常温超导材料作出任何指导。这很可能意味着我们对导电机理的猜测并没有猜对，如果已经掌握了符合事物本来面目的正确的导电理论，那么，运用这种理论对寻找常温超导材料作出指导就是顺理成章的。

一、价电子不自由，无法充当载流子

现有的导电理论按照不同材质的导体分别建立了不同的理论，如金属是自由电子导电，半导体则是自由电子加空穴，液体是离子导电，超导则是库伯对导电等。

但是，不论什么物质导电，都不过是对电能的传导，仅仅是传导介质有差异，为什么导电机制却不是统一的呢？这明显是不合理的。我们是不是可以对现有导电理论作出反思，提出一些合理怀疑，找出一个统一的导电理论呢？以下就是我们对此作出的一些探讨。

（一）最初的发现反映了真相

要弄清物体导电的机理，首先必须明确的一个前提是：导体传导的电流究竟是来自导体以外（电源）的电子还是导体自带的“自由电子”或空穴或离子？这是一个根本性的大前提，如果这个大前提弄错了，必然一错百错。

实际上，早在 1729 年，史蒂芬·戈瑞 (Stephen Gray) 就发现了电传导，电荷可以从一个物体传导至另一个物体。只有一些物质会传导电荷，其中，金属的能力最为优良。从此，科学家不再认为产生电荷的物体与所产生的电荷是不可分离的。（据《头条百科》）很明白，电荷（自由电子）是从其他物体上产生出来的，导体只是一个媒介，一个通道、载体，只是把自由电子从 A 物体传导至 B 物体。导体本身不需要提供自由电子。导体传导的正是产生于其他物体，相对于导体来说是外源的电子，不是导体内的自由电子（价电子）。这个早期的朴素认识是符合事物的本来面目的，而且应该是一个基本常识。

（二）发电机出了难题

但是，当人类发明了发电机后，物体导电问题似乎变得扑朔迷离起来——载流电子的来源成谜。如果说发电机发出来的不是“感应电动势”，而是制造出了电子，恐怕是物理学家们想也不敢想的。而电流的存在又是不争的事实，因此只好在导体中寻找载流子。导体中选无可选，只有原子最外层的电子即价电子“嫌疑”最大，于是便被锁定为唯一的候选者。在“自由电子导电理论”框架中，的确再无其他可

能性。

既然选择价电子充当载流子，就要为它寻找一些理由或者说是借口，什么理由呢？就是价电子的电离能很小，很容易脱离原子核的束缚成为“自由电子”。

但是这个理由是不是很充分呢？如果我们对此作出深入分析，就会发现这个理由并不充分，而且问题多多。

（三）“自由电子导电理论”走入迷途

“自由电子导电理论”指的就是金属导电，就是认为金属原子的价电子脱离了原子核束缚成为自由电子，并在发电机产生的“感应电动势”推动下发生定向移动就形成了电流。

请看一本物理专著中对此作出的猜测性论述：“（以金属钠为例）当钠原子聚集在一起形成金属固体时，两个最近邻钠原子的间距为 0.37nm，而钠原子第三壳层的电子轨道半径为 0.19nm（测量得如此精细，可见核外电子的轨道是精确固定的）。因此，固态金属钠相邻原子的 3s 轨道半径稍有交叠，价电子不只受其母核离子实的吸引，还要受到相邻离子实的作用，所以该价电子很容易从一个离子实运动到相邻的离子实上。进一步引申下去，它又会运动到次近邻、再次近邻的离子实……因此我们说该价电子已不再只属于其原先的母核离子实本身，而且还属于其最近邻、次近邻、再次近邻……乃至属于整个固态金属。由此可见，孤立原子中的价电子，在金属固体中已成为脱离母核而‘自由’运动的电子，正是这些自由电子在电场的作用下传导电流，故又称它们为传导电子。”[1]

这里的中心思想就是认定电的载流子是导体自带的“自由电子”——价电子。显然，这个解释发挥了丰富的想象力：明明是两个钠原子价电子的运行轨道仅有 0.01nm 的轨道重叠，并没有脱离其母核的束缚，仅仅由于与其他原子的价电子轨道发生了微小重叠，实际是又受到了其他原子核的双重甚至多重束缚（吸引）而已。价电子的轨道重叠不仅没有使它变“自由”，反而是“重重受缚”，被束缚得更牢固了，但却被一再“引申”，说它“很容易”运动到相邻的离子实上……“乃至属于整个固态金属”。这样的“引申”有何依据？能测量出来吗？价电子的运动能随便“引申”吗？

除了这个 0.01nm 的轨道重叠有测量依据外，其他的推论都属于某种“艺术夸张、想象”。说钠的价电子除了属于它自己的原子以外还属于其相邻的原子实是有依据的——测量得到的 0.19nm 的价电子轨道半径。但说它“也属于次近邻、再次近邻……乃至属于整个固态金属”就毫无依据，只是想象、夸张，是人为曲解——如果价电子不在其位，跑到其他原子中去了，又怎么能测出 0.19nm 的价电子轨道呢？既然随时都能测到钠的价电子的 0.19nm 轨道，就证明价电子时刻都固定在那个轨道上，并没有跑到其他原子中去。

（四）价电子只是“被自由”了

恒定的价电子轨道表明价电子被原子核牢牢地吸引住了，不可能被发电机产生的“感应电动势”推动作定向移动形成电流。更不足以为数量庞大的电器提供巨大电能。与无数电器消耗的巨大电能相比，导体内的全部价电子所能承载的电能微乎其微，不成比例。

其实任何粒子的运动都是要遵守能量守恒定律的，不赋予价电子额外的能量，它就不可能随意运动到其他原子中去。不获得额外能量，钠的价电子不会超越 0.19nm 的轨道半径向外跨越一分毫。因此人们对微观粒子的运动也绝不可以随便“引申”。

传统理论给出的理由是分子热运动能赋予了价电子能量，但即便价电子受到环境热辐射的激发，可能也只是扩大一点轨道半径，使各原子价电子的轨道重叠更深一丁点，并不会脱离自己的原子而运动到其他原子中去。更不能充当电的载流子。

“自由电子导电理论”一个明显的反例是金属氢导电——氢原子只有 1 个核外电子，如果这个核外电子脱离了原子核的束缚成为自由电子，氢原子就会崩溃解体，不成其为物质了。故氢的价电子万万自由不得，也绝不会自由。金属氢的原子半径缩小后价电子与原子核是“抵近绕行”，不是自由了而是被原子核“抓”得更紧了。可见金属氢导电是“自由电子导电理论”的一个反证。

显然，价电子之所以被“册封”为“自由电子”，只是因为找不到传导电子，思来想去，只有价电子嫌疑最大——电离能最小，于是“赖你没商量”，价电子硬生生地被贴上了“自由电子”的标签。但实际上载流子根本不需要导体来提供。

由此不难看出，认为价电子电离能很小，容易脱离原子核束缚成为自由电子，成为载流子，理由不充分，很牵强，似是而非。价电子并无自由身，也不可能充当载流子。

价电子电离能很小，但并不等于不付出能量就可以直

接电离，可以自由运动。因为价电子电离能低就认为价电子是自由电子，就如同说：“商店里个别商品价格十分低廉，因此我就可以不付钱随便拿走”一样荒唐。

容易电离是一回事，是否真的电离了是另一回事。难道“容易电离就代表已经电离了”吗？显然是不能成立的。再者，同样都是价电子，为什么金属能形成自由电子，非金属就不能形成自由电子呢？原因何在，差别在哪里？难道非金属价电子的电离能比金属大？可见，“金属中存在大量自由电子”是发挥想象力的结果而不是客观存在。

（五）“自由电子导电理论”基于不适当的假定

如果追根溯源，扒一扒“自由电子导电理论”的老底，就可以发现“自由电子导电理论”其实是通过“不正当假设”建立起来的。1900 年，特鲁德提出自由电子导电理论时假定：（1）电子与离子实之间没有相互作用，电子可以自由地在晶格中运动。（2）电子之间没有相互作用，电子可以彼此独立地相对运动。

这样的假定显然是违反基本物理定律的，电子与离子实带有异号电荷，必定相互吸引，不可能没有相互作用。如果电子与离子实之间不存在相互作用，不相互吸引，它们根本不可能聚集在一起，“同号电荷相斥，异号电荷相吸”这样的第一性的物理定律也要失效了，全部的电磁理论就要崩塌。同样，电子与电子之间也不可能没有相互作用，不可能违背基本物理规律。可见，自由电子导电理论建立在了违背物理规律的假定之上，不会带来正确认识。

（六）价电子必须尽忠职守

价电子果真可以随便“擅离职守”、自由活动吗？非也。实际上，一个原子能与外界直接接触的只有价电子，所以价电子的分布往往决定了一种元素的物理、化学性质，其中也包括物质的导电性。价电子在原子中是一个“头等重要的岗位”，承担着体现原子的化学性质，与其他元素发生化学反应的“重大使命”。价电子一旦“脱岗失职”“离家出走”，不在其位，原子就失去了与其他元素化合的功能。比如，铁原子如果失去价电子，就无法与氧原子化合为四氧化三铁或三氧化二铁。故价电子是不能动（被拿掉）、动不得的，它必须随时随地原地待命，才能保证随时随地与其他元素化合。

并没有发现哪块金属因为失去了价电子而无法与其他元素发生化合，说明所有的金属原子都没有失去价电子。导体原子的价电子无论是在导电前还是在导电时抑或导电结束后都保持原位，并未脱离原子核束缚成为自由电子。

价电子只是“被自由”了而已，并没有真正的自由。如果打一个形象的比喻，把原子比作一个瓜（瓜也是由多个原子构成的），价电子就相当于“瓜皮”，“价电子自由论”实质上就是“瓜皮自由论”，这可能吗。价电子可以共有，可以共享，但不可以被自由。

二、导体中的载流子是外源电子

（一）导体只负责导电，不负责提供电子

既然导体的价电子不可动摇，无法充当载流子，那么导体中传导的电子从何而来？不言而喻，在以发电机作为电源的电路中，只有发电机启动后电路中才有电流通过，不正说明了电路中的电子来源于发电机，是发电机“制造”出了电子吗？而在以电池作为电源的电路中，也只有接通了电路，电池中发生了化学反应后电路里才有了电流，不也说明了电路中的电子来源于电池，是电池产生了电子吗？

血管里流动的血液不是血管制造的，同样，电线里流动的电子也不是电线制造的。导体只负责导电，不负责提供电子。制造电子的是发电机和电池。

（二）物体的导电性是指其“外源电荷的通过能力”

我们知道，在不通电状态下，导体并不对外显示电磁效应，但在通电后导体即对外显示显著的电磁效应，如果导电只是“自由”了的价电子的定向移动，则不会对外显示电磁效应，因为电荷总量并未发生变化，电磁场也不会发生强弱变化。实际情况是通电后导体立即显示显著的电磁效应，间接证明了导体传导的是外源电子，是外源电子进入导体后才产生了电磁场。

因此，导体中的电流只能也必须是外源电荷的流动，而不可能是导体原子的价电子定向移动。物体的导电性是指其“外源电荷的通过能力”，而不是其“价电子定向移动能力”。其实电流流过导体与水流流过水管道理是一样的，水管里的水流都是外源的而不是水管自身产生的，导体中的电流也都是外源电荷，而不是导体自身提供的。

由于这个基本前提上的判断失误，使得传统导电理论不可能对导电现象作出正确解读。

（三）价电子越少导电性越好证明不是自由电子导电

显而易见，如果电流传导的不是外源的即发电机发出来的电荷而是导体原子的价电子定向移动形成的话，那么顺理

成章的是，导体原子的价电子越多，导电性就应该越好，因为价电子越多，可以定向移动的电子也越多，当然导电性越好。然而事实却恰恰相反，价电子越少导电性越好——如金属元素价电子通常只有 1–3 个；价电子越多导电性越差——如非金属元素价电子通常有 6–8 个。这也说明自由电子导电理论与价电子的真实分布是矛盾的。

人们通过实验发现，铁、铜、锡等金属熔化成液态后导电性能会下降，若按自由电子导电理论，金属熔化后电离度增大，自由电子增加，理应导电性能更佳，然而事实却截然相反。也表明物体并不是靠自由电子导电的。

三、由电池作为电源的电路中的电子明显是外源电子

（一）电池是生产电子的

最能说明导体中的电流是外源电荷的例子是电池电路。化学电池就是通过化学反应释放出原子中的电子，才使由导体和电器组成的电路中产生电流。比如在由锌板和铜板制成的伏打电池电路中，导线中流动的电子正是外源的由锌板中的锌原子释放出来的电子，而不是导线自身的“自由电子”即价电子定向移动形成的。如果不是锌原子中的电子被释放出来，导线中就不会有电流。

而一旦锌板上的锌原子中可释放的电子消耗殆尽，电荷便不再产生，电流消失，电池就没电了。可见电路中的电荷来自电池中电极物质的化学反应，而不是来自导体中的价电子。电池产生的不是“电动势”而是实实在在的电荷。因此导体中形成电流的流动电荷只能是外源的而不是自带的。

（二）电解池传导的也是导入的外源电子

电池是通过化学反应使电极原子中的电子释放出来进入电路，而电解池、电镀池则是通过导体把外源电子导入以产生电解、电镀作用。在电解池、电镀池中，离子只是在溶液中充当了导体传导电流，而不是其自身流动形成电流。电解池中的“离子导电”传导的也是外源电子，即电解池中的载流子同样是外源电子。就是说，在导电液体中，离子确实起到了传导电流的作用，但传导的仍然是来自电极的外源电子，而不是像传统导电理论认为的那样是离子本身移动形成电流。并不存在传统导电理论认为的那种因离子本身移动形成电流的“离子导电”。一切导电现象都是对外源电子的传导。

1833 年，法拉第研究电解作用时，在归纳了大量电解反应的实验结果后提出关于电解产物的量与通入电量之间关系的规律，即法拉第定律——在电解过程中，任一电极上发生化学反应的物质的量与所通电的电量成正比。很明显，“通入电量”指的就是通入的来自电源的外源电子而不是其他。

四、多种现象表明导体中流动的是外源电子

发电机、电池、静电发生器、莱顿瓶、电容器都可以作为电源，这些电源提供的电子相对于导体来说都是“外源电子”而不是导体内的自由电子。

（一）“真空导电”“气体导电”传导的都是外源电子

在真空管（电子管）中发生的“真空导电”，可以更清楚地看到真空所“传导”的电荷是来自电极发射的外源电子，而不是真空自备的自由电荷。

在电子二极管中，电流中的电荷同样是由灯丝热电子发射所提供的。充气二极管电流中的电荷也是灯丝热电子发射提供的而不是气体的价电子提供的。因此，无论是所谓“真空导电”（真空过电）还是气体导电，传导的都是外源电子。

总之，电路中的电流是外源电子而不是价电子定向移动这一点是确凿无疑的。

（二）电子不具有导电功能

传统导电理论认为导体必须有自由电子才能导电，并把导体内的自由电子指认为载流子，好像自由电子才是承担导电使命的责任者。然而，实际上，只有导体才具有导电功能，电子本身并不具有导电功能，电子的使命并不是传导电流，而是被传导后成为电流。电子是被传导者而不是传导者，传导者是导体。换句话说，电子只能被运载，但没有运载能力，因此不具备导电的功能和能力。但是，传统导电理论却把导电功能强加在了电子身上，把传导者导体的使命按在了被传导者电子的头上，是把承担导电使命的对象弄错了。背离了客观实际，因此导致了导电理论的扭曲。

是“导体导电”不是“自由电子导电”。导体才是用来传导电流的承载者，外源电子在导体中流过就形成电流。导体是导体，电流是电流。两者各自独立，不可互相取代。要把导体与电流各自的角色、功能定位准确，把两者之间的关系捋清了，才能正确认识导电现象。

如上述分析，无论是发电机还是电池作为电源，也不论是金属还是半导体，不论固体还是液体，所传导的都是外源电子，而不是导体自身具有的“自由电子”或“空穴”或离子。导电机制都是统一的，并非不同材质的导体具有不同

的载流子，也不需要不同的导电理论来描述。

由此可以得到新的电导定律：导体只提供导电的通道，不提供载流子。无论是固体（金属或非金属）还是液体、气体、等离子体、真空都是如此。载流子是由电池或发电机提供的外源电子。

五、发电机发出来的究竟是什么

既然导体中传导的电子都是外源电子，那么这些外源电子来自哪里？很明显，电池电路中的电子来自电池，以发电机作为电源的电路中的电子无疑应该来自发电机。难道发电机就是“电子制造机”？

人人都知道发电机是用来发电的，但发电机究竟发出来了什么，对此问题的认识仍然是模糊不清的，其中奥秘并没有被破解。并因此导致了对物体导电的模糊认识。

看似寻常的发电机发电其实大有玄机。虽然人们已经司空见惯，发电机发电却是一个近乎神迹的奇迹：一种看不见的磁感线被导体切割一下，居然发出了威力无比的电！其中大有蹊跷。

（一）令人困惑的“感应电动势”

尽人皆知的是，在发电机中，定子线圈切割磁感线就会发出电流，人们又进一步总结出磁通量发生变化就会发出电流。对此，流行的解释是：发电机转子通过滑环通入一定励磁电流，使转子成为一个旋转磁场，定子线圈做切割磁感线的运动，从而产生感应电动势，通过接线端子引出，接在回路中，便产生了电流。

这个描述性解释是说，发电机切割磁感线产生的只是“感应电动势”，并没有制造出电子。“感应电动势”接入电路中就能产生电流。那么，既然感应电动势能够推动电荷运动形成电流，其与电压（电位差）是什么关系？感应电动势就是电压吗？如果不是，它怎么能推动电子流动？如果是，切割磁感线怎么就能产生电压？

电磁学常识告诉我们，电荷只能被电场力推动而运动，而电场只能由电荷产生。如果发电机切割磁感线只产生感应电动势，不产生电子，也就不会产生电场，又有什么力来推动电子的运动呢？再者，切割磁感线产生感应电动势的机理是什么？难道感应电动势能取代电场力推动电子运动？

“感应电动势”为何物？没有实体，只是一个虚拟的概念。什么是“电动势”呢？全称就是“电子运动的趋势”。但是，既然按照传统理论，发电机并不制造电子，又何来“电子运动的趋势”？没有电子哪来电子运动的趋势？岂不是自相矛盾吗？

（二）“电子运动的趋势”不能被传导、被消耗

毫无疑问，发电机发出来什么，导体就只能传导什么，电器也只能消耗什么。如果说发电机发出来的是“电子运动的趋势”，那么导体就只能传导“电子运动的趋势”，电器也只能消耗“电子运动的趋势”。但是“电子运动的趋势”能被传导、被消耗吗？说不过去。

再说，单从字面上理解，当我们说某个物体或粒子具有某种“运动的趋势”的时候，一般是指这个物体处于静止的状态，处于“将动未动”但“跃跃欲试”的状态而已。但常识告诉我们，只有电场力才能推动电子运动，仅仅是“电子运动的趋势”怎么就能推动电子运动形成电流了呢？

其实这种“电子运动的趋势”是不能做功的，也是无法推动导体价电子运动的。无论何种装置，必须产生电场而不是“感应电动势”才能推动电子运动。

粒子或物体要么静止，要么运动，没有第三种状态。“电子运动的趋势”究竟是怎样的一种状态？似动非动？将动未动？难道在发电机的转子没有转动，也就是没有切割磁感线时，导体原子的价电子都是静止的吗？当发电机转子转动切割磁感线之后，这些价电子才有了运动的趋势？那怎么可能？因为谁都知道，原子中的核外电子总是处于绕核高速运动状态，一个每时每刻都在高速运动的电子哪来什么“运动的趋势”？

（三）只有电场力才能推动电子运动

“感应电动势”这个概念很像是一个文科生写景状物使用的修饰性词语，是对一个无法解释的现象给出的同样无法解释的描述。逻辑不通，与客观实际无法对接。真实的导电机制不是这样的。

电磁学研究表明，只有电荷才能产生电场，只有电场力才能对场中的荷电粒子施加作用力使之运动，也只有电荷运动才能产生磁场。当然，变化的磁场也可以产生电场，但磁场也不能凭空产生，必须起源于运动的电荷。所以，没有电荷，既不会产生电场，也不会产生磁场。因此，非常清楚的事实是：只有电荷才能产生电场，只有电场才有电场力，只有电场力才能形成电压，只有电压才能推动电荷流动形成电流。所以电流只能是被发电机或电池“制造”出来的电子在其自身产生的电场推动下发生流动形成的，而不是“感应

电动势”推动价电子形成的。

“感应电动势”这样的抽象概念本身并不能产生电磁场，只有实体性的电荷才能产生电磁场，形成电压和电流。故发电机切割磁感线必定产生了新的电荷。

我们不妨反过来这样推想：如果没有新增加的电荷哪来推动电子运动的新电场的产生？没有电场哪来电场力？没有电场力哪来电压？没有电压哪来电荷流动？所以电流的形成必须先有新电荷（从无到有）产生，而不是产生什么“电动势”。所以发电机必定发出电子来，才能有电流。

因此对发电机发电的正确表述应该是：由于切割磁感线产生了新的电荷（电子）并产生电场，电场力反过来又驱动了电子的运动并在导体中形成电流。

六、发电机是“电子制造机”

（一）发电机拆解光子制造电子

那么发电机怎样制造出了电子呢？我们不妨根据发电机发电的实际情况作出进一步推理：为什么作为导体的定子线圈磁通量发生变化即磁场量子在导体中运动就会产生电流呢？我们知道，电磁场的场量子是光子，磁感线（光子束）持续不断地冲击导体（定子线圈）便产生了电流。而实验事实已经证明光子在重原子核附近可以转变为正负电子对（证明光子是由正负电子构成的）。也就是说，正是由正负电子构成的光子在定子线圈切割磁感线时靠近了定子物质的原子核而被拆解，从而产生了正负电子，使电路中即刻由无电荷状态转变为有电荷状态，随即产生电场，电场力推动新产生的正负电子流入导体即形成电流。转子一旦停转，这种转变过程即刻停止，正负电荷随即消失。

光子为什么会在重原子核附近转变为正负电子对？首先，光子是由正负电子相互吸引紧密结合在一起的复合粒子，结合得非常牢固。当接近重原子核时，重原子核中的多个质子会对光子中的电子产生强力的吸引作用，而对光子中的正电子则会产生强力排斥作用，如此一吸一斥，就把结合在一起的正负电子“撕裂”拆开了。因此光子在重原子核附近会转变为正负电子对。

这可能就是发电机发电的奥秘所在。光子在重原子核附近转变为正负电子是观测事实而不是猜想，因此上述推理是可以成立的。

发电机发出来的是什么？是电。电是什么？是电荷，是电子。是能点亮灯泡、推动电动机运转的实实在在的电子，不是“电子运动的趋势”。只有电子才能被传导、被消耗。才能为电器提供电能。因此，发电机就是“电子制造机”。

（二）发电机把光子变成了电子

如果单从电压（电位差）的角度来看，电压的形成是因为有自由电荷的存在，没有自由电荷就形不成电压。在发电机转子没有旋转以前导线中是测不到电压的，也就表明其中是不存在自由电荷的。一经切割磁感线马上就可以测到电压，也就是突然产生了自由电荷，这说明导线中的自由电荷是在转子旋转切割磁感线后突然产生的，表明发电机“制造”出了电子。

发电机的奥妙就是把光子变成了电子。发电机切割磁感线的过程，就是光子变电子的过程，就是产生新电荷的过程。发电机切割磁感线产生电子是场变实物的一种表现形式，就是将不带电荷的场粒子（光子）转变成了带电荷的实物粒子——电子、正电子。也可以说是能量变物质。

（三）电流如何通过变压器

导电现象中一个令人困惑的现象是：变压器的输入线圈和输出线圈之间是绝缘的，电子的通路明明中断了，但输出端电流仍在流动。线路虽未接通，电流却照样流动，这是怎么回事呢？

这是电磁感应导致的：当导体中有电流通过时，电流中的电子会等量地吸引周围空间的反电荷（所以人体触电时会被导体紧紧吸住）。变压器中的输入线圈有正负电子通过时，也会吸引周围空间中等量的正负电子，这些被吸引来的正负电子汇集在输出线圈之中，并在这些正负电子产生的电磁场推动下沿回路流动。因此，变压器的输入线圈与输出线圈之间虽然是绝缘的，电流在输出线圈中仍会继续流动。

那么导体周围存在那么多的反电荷吗？根据狄拉克“真空电子海”理论，“真空中是所有负能量的状态，根据泡利不相容原理，每个负能量的状态都有一个电子占据着。真空可以看成填满了所有负能量状态的电子形成的大海，而带有正能量的电子则在这个海面上运动。”[2]

当输入线圈中有正负电子流动时，就会在真空电子海中吸引来等量的正负电子。如果没有输入线圈中的正负电子流也就不会有输出线圈中的正负电子流。电子在变压器中只是“换班”了，由输出端的“新电子”代替了输入端的“原电子”进入电路而已。

七、电器大量消耗电子

按照传统导电理论，导体中的自由电子是不能被消耗的，无论传输多远，也无论通过多少电器，自由电子数必须保持不变，因为自由电子只是导体原子的价电子，如果被消耗，数目减少，那么一旦断电，导体原子就会因为缺少价电子而带正电，这显然不符合事实。而且导体中如果缺少了自由电子（价电子），发电机再转动起来就没有自由电子可以推动，形不成电流了。所以，一个完整电路中的自由电子数必须守恒，不能减少。于是便有了“电荷守恒定律”。

这就是说，虽然发电机在拼命地发电，电荷却一个也没增加，电用完了，电荷一个也没减少。一切的电能，都是导体中的价电子反复循环提供的。神奇的是，在给无数电器提供了超乎想象的巨大电能后，这些价电子都能全身而退，一个不少。那么导体中究竟有多少价电子可以提供呢？无限的吗？

如此一来，发电机就不成其为发电机，而只是一个“推电机”了。

（一）电器消耗电子的证据

如果电路中的自由电子是守恒的，必然导致一个现象，即电路中的电压将处处相等，因为同一种导体如铜线中的自由电子（价电子）应该是均布的。然而众所周知的事实是，供电线路中的电压并不均衡，输电距离越长，通过的电器越多，电压就会越低。这表明电荷在电路中是有消耗的。尤其是比如一部电机初启动时，会消耗更大的电流，叫做启动电流。已知启动电流一般是额定电流的 4–7 倍。所以在一个闭合电路中有一部电机启动时，同一闭合电路中的电灯泡就会发红变暗。如果电动机并不消耗电荷，又怎么会有启动电流，线路中的灯泡又怎么会发红变暗呢？

电器消耗电子的一个直接证据是，早期的电子显像管电视机，是靠电子枪把电子打到显示屏上来显像的，不是有大量的电子脱离了导体，被显像管的电子枪打出去了吗？电子明明脱离了电路，被消耗掉了，它怎么还能“守恒”呢？

毫无疑问的是，一切电器都必定消耗电能，而电荷是电能的载体，没有电荷，电能便无从谈起。电能是不能脱离电荷独立存在的，所以消耗电能必定消耗电荷，只消耗电能不消耗电荷的“好事”并不存在。汽车必须消耗汽油才能做功，才能运行。电动机也必须消耗电子才能做功，才能运行。

很明显，所有电器都会消耗电子，电流强度每通过一个电器之后都会下降，电压也会降低。距离发电机或变压器越远电压也越低。同一个灯泡在用电高峰时灯光是暗淡的，深夜用电低谷时打开则格外明亮，这些现象都证明电器是消耗电子的。

（二）海量电子被消耗

事实上，电器对电子的消耗是极其可观的，一个现代的超级电网中有无数个电器——几乎每一个家庭都有多台空调以及冰箱、彩电、洗衣机、微波炉、电灯等，每一座工厂都有无数台电动机、电灯……而且还要长年累月地消耗，这样多的电器消耗了如此之多的电子，如果不是发电机源源不断地“制造”了海量电子，它们从何而来？如果仅仅依靠导体价电子提供，那么点导线，那么点少的可怜的价电子，怎么能提供这么多电器所消耗的海量电子？如果真的是仅靠导体的价电子提供被消耗的电子，这么点电子在一瞬间就会被消耗一空。由此也可见，发电机中发出来的必定是必须是电子，而不是什么电动势。

给一块电池充电，充进去的是实实在在的电子，不是“电子运动的趋势”。如果发电机发出来的不是电子，而是“电子运动的趋势”，哪来那么多电子给电池充电，给电动机、电灯泡、电视机……提供电能呢？

据国家统计局公布的数据，中国 2020 年全年用电量为 7.51 万亿千瓦时（度），这被消耗掉的 7.51 万亿度电要有多少电子来承载？仅靠导体价电子定向移动能提供如此巨大的电能吗？把电网中的电线全部转变成电子也远远不够用。电器消耗掉的是电子海洋，而导体价电子只有“一瓢饮”。

而且，在消耗了如此巨大的电量后，这些电线居然毫发未损，充分说明导体传导的电子不是价电子提供的，是发电机制造出来的。

电子虽然在电路中被大量消耗，但发电机同时又制造出等量电子，源源不断地供应进来，所以电路中的电子永远不会枯竭。

所谓的“用电量”指的是什么？是消耗电子的量，而不是消耗“电子运动的趋势”的量。用了一度电意味着什么？意味着消耗掉了能产生一度电的能量的电子，而不是消耗掉了能产生一度电的能量的“电子运动的趋势”。

（三）电子是怎样被消耗掉的

那么电子是怎样被消耗掉的呢？在发电机中，光子被转变为电子，在电器中，电子又重新被变回了光子。很明显，

电灯发光、屏幕发光等现象就是电子变为光子。外源的正负电子在导体中流动，由于受到价电子的排斥（电阻）作用而相互靠近时又会复合为光子，并使导体发热，从而把电子消耗掉。

若正负电子流动到电阻高的物体如钨丝中时，负电子受到钨的价电子的排斥而流速变慢，这时候正负电子就有机会相互靠近结合为光子，从而使钨丝发光发热。而电动机运转是发电机的逆过程，也是电子变光子。

光子变电子（发电机发电）的时候吸收了能量——转子旋转的机械能，电子复合转变为光子（电动机用电）的时候释放出能量——转变为转子旋转的机械能。在这些过程中，光子被拆了又合，合了又拆，分分合合，合合分分，循环往复。

八、电阻究竟是怎样产生的

超导体的基本特征是零电阻，因此对电阻本质的认识正确与否至关重要。实现超导的目标就是使电阻消失，如果对电阻本质认识有误，对超导的研究就会迷失方向，误入歧途而变得非常困难。

在明确了导体传导的电流是外源电子后，一个不言自明的问题是：所谓电阻，就是为电流提供通路的导体对外源电子的阻碍作用。谁妨碍了外源电子在导体中的流动，谁就是“制造”电阻的“罪魁祸首”。

（一）电阻产生的物理机制

电阻究竟是怎样产生的？现有理论认为是电流中的自由电子与导体的晶格发生碰撞导致的。但稍加分析就可以发现，这个猜测、假设中描述的撞击对象并不确切（不够精细）：所谓晶格不过是原子周期性排列形成的一种结构，而原子核的外围一般都有多层核外电子，所以电流中的电子如果与晶格发生碰撞，首当其冲的是构成晶格的原子的价电子，故实际上只能撞击到这层价电子——晶格原子最边缘的外层电子。而电子与电子相遇会发生同号相斥且斥力相当，还没有撞上就被斥走弹回了。何况原子不仅有价电子，还有多层核外电子，在若干层核外电子的重重护卫下，外源电子难以“进犯”，只能“绕行”。可见电流中的电子撞击晶格无法“得手”，铁定会受到导体原子的价电子排斥、阻挡。而这个排斥、阻挡之力恰恰就是导体产生电阻的原因所在。

不言而喻，电流只能在导体原子的间隙中流过，能够与外源电子相互接近的只有导体原子的价电子，而价电子与外源电子必然因为同号相斥而产生阻力，阻碍外源电子的流动，这个阻力才是电阻的本原，才是产生电阻的真实物理机制。

要实现零电阻，就必须使这个阻力消失。由此可见，价电子的分布状况就部分决定了导体的导电性能。价电子不但不是电流的载流子，相反，它是阻碍电流通过的“障碍”。

由以上可知，目前对物体导电和超导的理论研究存在两重误区：一个是传统导电理论没有认清导体传导的电子是外源电子，这个大前提弄错了；另一个是对电阻的本质认识有误。如此一来，就使得导电和超导理论研究变得异常复杂、抽象、扭曲、艰涩。找不到方向，得不出正确答案。一旦消除了这两个误区，对导电和超导机理的研究就变得清晰而简单，方向和路径自然显现。

（二）电阻现象得到合理解释

由此就可以理解，为什么价电子越少导电性越好，价电子越多导电性越差：无论是单质还是化合物，当原子的价电子或化合物分子的最外层共享电子达到或接近饱和数——8 个电子时，这 8 个电子对电流中的外源电子的排斥力和阻塞作用就像结成了一张密不透风的网，当外源电子欲进入导体内部（而形成电流）时，由于电子的同号相斥作用以及电子本身的阻塞作用，这张网就会结结实实地把外源电子阻拦于导体之外，这就是绝缘体之所以会绝缘的原因所在。而金属价电子只有一两个两三个，这张由价电子编织而成的阻拦外源电子的“网”就太稀疏了，漏洞太多，阻一而漏万，所以电流在金属中很容易流动，电阻很小，是良导体。当价电子有 4 个左右时，居于良导体和绝缘体的中间位置，这张半疏半密的网既不能把外源电子全部挡住，也不会使它们全部通过，于是就成了导电性能居中的半导体。

为什么导体横截面积越大电阻越小呢？因为外源电荷是在导体的原子间隙之间流过的，同一个间隙里面流过的电子越多，它与导体原子的价电子之间的同性相斥作用力越大，反之亦然。导体横截面积越大，能通过电子的原子间隙越多，单个间隙里面通过的电子越少，受到的导体原子的价电子的同性相斥作用力越小，所以电阻越小。就像同一帮人，走在狭窄的小路上就比较拥挤，走在宽阔的大路上就比较宽松。

为什么导体长度越长电阻越大？因为导体越长，外源电子受到导体原子的价电子的同性相斥作用的次数越多，因此电阻越大。

为什么金属导体温度越高电阻越大？因为温度越高，导体原子的核外电子能量越大，围绕原子核旋转的半径越大，使原子核的电导力越小，且使价电子与电流中的外源电子之间的距离越小，同性相斥的力越大，因而电阻越大。

电流中的外源电子与导体原子的价电子之间的同号相斥作用在特定条件下可以被消除，因此才会有零电阻，会有超导现象。因此，要实现常温常压超导的路径就是设法使电流中的外源电子与导体原子的价电子之间的相斥作用在常温常压下即消失。否则，常温常压超导就不可能实现。

九、物体究竟是怎样导电的

（一）金属氢泄露了物体导电的秘密

我们知道，一切物质都存在气态、液态、固态、等离子态 4 种物态，氢也不例外。气态氢、常压下液态的氢是不导电的。但已发现，液态或固态氢在高压状态下呈现金属电性结合的导电体。由于导电是金属的特性，故称金属氢。氢由绝缘体转变为导体这一特殊现象为我们认识物体导电的本质带来重要启示，提供了一个破解物体导电真实机理的突破口。

同样都是氢原子，同样都是原子核只有一个质子，核外只有一个电子，为什么金属氢能导电而气态、常压下的液态氢却不能导电？氢变为金属氢以后都发生了哪些变化？我们知道，将固态氢施以高压就可以变为金属氢，或者将温度较高的液态氢施以超高压也可以变成金属氢。不言而喻，固态氢被施以高压或稍高温度的液态氢施以超高压的压力下，产生的效果就是氢原子的核外电子绕核旋转的半径被压缩而变小。由此可见金属氢之所以能导电，一方面，正是由于氢原子半径缩小后，当有外源电子流过时，氢原子核（质子）与外源电子相互靠得更近，对外源电子的吸引力（异号电荷相吸）更大了。

原子核因含有质子而带正电，对外源电子具有吸引作用，可以将外源电子拉入导体。我们把导体原子核拉入外源电子的这种吸引力定义为“电导力”，也就是原子核内的质子对外源电子的吸引力。

另一方面，由于外源电子是在导体原子的间隙中流过，只有价电子才有机会与外源电子靠近，而价电子与外源电子因同号而相斥，对外源电子的流动起阻碍作用，我们把价电子对外源电子的阻碍作用定义为“电阻力”，也就是价电子对外源电子的排斥力。

由于原子核在晶体中位置都是相对固定的，当固态氢在高压下仅有的 1 个核外电子（同时也是价电子）旋转半径缩小时，其与外源电子之间的距离就会加大，同号相斥之力则会减小。

一面是氢原子核对外源电子的吸引力加大，一面是氢的核外电子对外源电子的排斥力降低，一旦电导力大过了电阻力，外源电子受到的吸引力大过了受到的排斥力，就可以在金属氢中流动通过，金属氢因而具备了导电能力。其他任何机制都不足以解释金属氢为什么能导电。

可见原子核与价电子一拉一推，相反相成，才能完成对电的传导。

更具体地说，气态氢由于原子半径大，原子核（质子）与外源电子之间距离大，相互吸引力即电导力小，而核外电子因为更靠近外源电子故对外源电子的排斥力即电阻力更大，电阻力大于电导力，故气态氢不导电。

常压下的液态氢原子半径虽然缩小了，原子核（质子）与外源电子之间的距离也减小了，电导力有所增大，但增加的量级不够，仍然小于核外电子对外源电子的排斥力即电阻力，故常压下的液态氢仍然不能导电。

金属氢原子半径进一步缩小，原子核（质子）与外源电子之间的距离也进一步缩小，电导力进一步增大，超过了核外电子对外源电子的排斥力即电阻力，电导力大于电阻力，足以把外源电子吸引到导体中来，故金属氢具备了导电功能。

不难判断，任何物质只要它的电导力大于电阻力，外源电子就可以在其中流过，它就是导体或半导体。反之，它就是绝缘体。如此，一幅简洁明了的物体导电的物理图像便油然展现。这个图像适用于一切物质和一切导电现象，除此之外，并不需要任何其他机理和粒子来描述导电现象。

（二）电导力为什么会大于电阻力

我们知道，质子与电子所带电荷量大小一样，只是符号相反，它们对外源电子的吸引力和排斥力应该是一样的，但是，由于原子核在物体中是相对静止的，位置固定不变，它对外源电子的吸引力（电导力）是恒定不变的，而核外电子由于围绕原子核高速旋转，它与外源电子之间的距离随着它的旋转而忽远忽近，对外源电子的排斥力（电阻力）也忽大忽小。如此一来，当氢原子的核外电子被低温和高压压缩后绕核旋转的半径缩小到临界值，氢原子核对外源电子的吸

引力总体上就会大过核外电子对外源电子的排斥力（氢原子核即质子与外源电子的距离越小吸引力越大），即电导力大过了电阻力，因而金属氢便具备了导电能力。

（三）判断导体、半导体与绝缘体的依据

由此可见，物质的导电能力取决于两个因素：一个是原子核中的质子对外源电子的吸引力即电导力（也就是将外源电子向里拉的力）；一个是原子中的价电子对外源电子的排斥力即电阻力（也就是将外源电子向外推的力）。可以推断，无论任何物质，只要其原子核中的质子对外源电子的吸引力（电导力）大于价电子对外源电子的排斥力（电阻力），该物质就是导体，反之就是绝缘体。电导力略大于电阻力，导电能力参半的物质则是半导体。

这就是说，由于金属原子核大多含有多个质子而价电子只有 1–3 个，金属导体原子核对外源电子向里拉的“电导力”显著大于价电子对外源电子向外推的“电阻力”，所以导电性能优良；而绝缘体由于其价电子数达到或接近饱和数 8 个电子，原子核中的质子对外源电子向里拉的“电导力”显著小于价电子对外源电子向外推的“电阻力”，所以不能导电；半导体原子核对外源电子向里拉的“电导力”略大于价电子对外源电子向外推的“电阻力”，所以导电能力参半。

因此，金属导电性能优良不是因为金属含有“自由电子”，而是因为一是价电子少，对外源电子排斥力即电阻力小（同时对外源电子的阻塞作用也小）；二是原子核质子多或原子半径小，对外源电子的吸引力即电导力强。

由此还可以解释：为什么由非金属元素碳构成的石墨却具有良好的导电性：

我们知道，原子半径一般有三种：自由原子半径、共价半径、范德华半径（实验测得的半径有共价半径、金属半径、范德华半径）。共价半径最小。

同种原子结合时，两原子间的键级越高，其共价半径越短。一般双键约为单键的 85% ~ 90%，叁键约为单键的 75% ~ 80%。[3]

这应该就是石墨为什么具有优良的导电性能的原因所在——碳原子本身是原子半径最小的元素之一，石墨又是碳原子之间以三键联结，达到了最小共价半径。在这个最小共价半径条件下，碳原子核对外源电子的吸引力达到最大，价电子对外源电子的排斥力降到最小，故而使石墨具有了优良的导电性能。

传统理论解释说，石墨之所以能导电，是因为在石墨晶体中，每一个碳原子都与周围 3 个碳原子成键，剩余一个价电子（碳原子共有 4 个价电子）成为自由电子，所以能导电。然而碳原子的 4 个价电子无差别地受到原子核的吸引，为什么剩余的这个价电子会成为自由电子？它是怎样成为自由电子的？没有人能给出解释。其实剩余的价电子并无任何特殊性，受到原子核的吸引力一点不比其他价电子小，没有任何理由成为自由电子。

就同一元素而言，导电性的优劣完全取决于原子半径的大小，就同一化合物而言，导电性的优劣完全取决于共价半径的大小。不同元素之间相比较而言，则是价电子越少导电性越好。

（四）价电子越少电通道越宽敞

另一方面，价电子数量越少，原子之间的空隙就越大（空位越多），外源电子的通路就越“宽敞”，对外源电子的阻塞作用也越小，外源电子易于通过。可以说，只有一个价电子的那些金属原子本身就自带 7 个空位，这 7 个空位都可以为外源电子提供通路。

金属价电子数量稀少，通路宽敞，对外源电子的排斥力和阻塞作用相应也小，故导电性能极佳。绝缘体价电子数目较多，尤其是惰性元素，价电子有 8 个，达到饱和状态，原子之间空隙很小，几乎完全把外源电子的通道封闭了，很难通过。同时价电子的电阻力也很大，所以绝缘体导电性能很差。

（五）导电理论大统一

一切导体包括固体、液体、气体导电都只是为外源电子提供通路。液体导电也是液体给外源电子提供通路，仍然是外源电子的流动形成电流，而不是离子流动形成电流。当电解质溶液通电时，就会发生电解，这时电极放电释放的也是电路带来的外源电子而不是离子。

所以，并不存在不同态的物质（固态、液态、气态等）有不同的载流子这种怪异现象。导体无论是固态还是液态、气态，传导的电流都是外源电子。

通过上述讨论可知，原子核的电导力大小一是取决于质子数的多寡，二是取决于原子半径，原子半径越小电导力越大，反之亦然。价电子对外源电子的排斥力即电阻力的大小同样一是取决于价电子个数多少，二是取决于原子半径，原子半径越小，电阻力越小，反之亦然。

一切物质的导电都服从于这个统一的导电原理，并不存在其他的导电机理。大自然奉行的就是这样的简单法则。要发现大自然的真理，就必须找到那个具有唯一性、统一性的东西。

至此，我们就完成了物体导电理论的大统一。

本文提出的“导体导电理论”具有良好的普适性，一切导电现象都可以由此得到合理解释。但限于篇幅，相关的讨论从略。

十、超导的本质是什么

在导体中，由于原子之间结合得十分牢固，距离很近，并共用价电子，外源电子须在导体价电子轨道的空挡中穿行，会受到价电子的同号相斥作用而产生电阻。

为什么某些导体甚至绝缘体在极低温度下或极高压力下会变成超导体呢？我们知道，固体中的原子核位置是固定不变的，在极低温度下或极高压力下，核外电子轨道缩小（原子半径缩小），原子与原子之间的空隙加大，空隙大到一定程度，相邻原子的价电子不再共用同一轨道，如此便为外源电子让出一个无阻通道。外源电子不必再由价电子之间的空挡穿行，直接从原子之间的空隙中穿过，空隙中没有价电子，不发生同号相斥，故不存在电阻，因而成为超导体。

就是说，按照本文提出的新的导电理论，所谓超导，就是导体的价电子对电流中的外源电子的排斥性消失了。为什么会消失呢？导体原子半径缩小了，价电子与电流中的外源电子之间的同号相斥作用也就是电阻因距离达到临界值而消失了，所以会出现超导。

因此，要实现常温常压超导，就要使导体在常温常压下，原子之间便存在较大空隙，形成一个无阻通道，足以让外源电子在空隙中通过，才能成为没有电阻的超导体。

（一）电荷同号相斥、异号相吸存在有效距离

将两块磁铁相互靠近就会发现，磁铁的异极相吸、同极相斥存在一个有效距离（有效半径），一旦超过这个有效距离（半径），异极不再相吸，同极不再相斥。同理，正负电荷之间的异号相吸、同号相斥也应该存在一个有效距离（有效半径），一旦超过有效距离（半径），同号不再相斥，异号不再相吸。这个有效距离就是一个临界值。因此，发生磁悬浮时，悬浮距离是一个固定值，这是异极相斥的有效距离决定的。

严格说来，有效距离（半径）实为“强效距离（半径）”超出这个强效半径后，作用力骤然减弱但并未完全消失。

磁铁异极相吸在近距内吸力骤然增强现象表明，电磁力平方反比律只是宏观距离上表现出的规律，除此之外，还存在一个“微距强效、长程弱效”的规律。这应该是电磁场中除了平方反比定律之外被遗漏的另一个重要定律。

（二）超导的本质自然显现

超导就是导体电阻变为零的现象。根据我们对电阻本质的揭示可以判定，只有当导体原子的价电子对外源电子的排斥力即电阻力降为零时，超导现象才会发生。无论低温超导还是高温超导，遵循的都是这一原理。

为什么超导体大都在极低温度下才出现超导呢？因为在极低温度下（即极低能量状态下），导体原子的核外电子能量因之降低而绕核旋转的半径缩小（原子半径缩小），电流中的外源电子与导体原子的价电子之间的距离增大，当这个距离增大到临界值，超出了同号相斥的有效半径时，电流中的外源电子与导体的价电子之间的同号相斥作用消失，电阻便骤降为零，所以就出现了超导现象。同理，在超高压力下，导体的原子半径也能缩小到临界值，从而产生超导。

这也是因为原子核在晶体中的位置都是相对固定的，原子半径的缩小才会导致原子间的距离（空隙）加大，外源电子与价电子之间的距离也随之加大。达到临界值时相斥之力消失，故而使电阻下降为零。但如果通入的电流过大，电流本身发生膨胀，外源电子与价电子的距离缩小，排斥力即电阻又会重新产生而使超导瓦解。

正因为如此，目前所有能实现超导的技术手段无一例外地都是使原子半径缩小，如现在使用的超低温和超高压手段，其达到的效果就是都能使原子半径缩小。

据此可以反推：氧化物高温超导材料的超导机理必然也是通过几种元素化合后使各原子之间有了较大空隙，在低温下各原子半径缩小，空隙加大，给外源电子让出了无阻通道，成为了超导体。

实验发现，现有的高温超导材料电阻与温度成直线关系，温度越低电阻越小。完全符合上述原理。在超导状态下，外源电子只受到导体原子核的电导力的吸引，却没有了价电子的电阻力的排斥，因而达到零电阻。

此外，超导体为什么具有完全抗磁性（迈斯纳效应）呢？迈斯纳效应表现为完全排斥外磁场，这是因为超导体由于失去电阻而使电流达到了“全充满”状态，“全充满电流”产

生“全充满磁场”，这种“全充满磁场”充满导体的全部场性空间，不留任何罅隙，故外界磁场无法进入——就像一个瓶子装满了水，再加水就加不进去了一样。

十一、制造常温常压超导材料的途径

目前的常温超导材料的开发基本上还是在黑暗中摸索。但有了正确的导电和超导理论，就能为制造常温常压超导材料照亮前进的道路，指明努力的方向。

（一）使非导体转变为导体与非超导体转变为超导体的规律是统一的

怎样才能制造出常温常压超导材料呢？我们不妨先来总结一下。

使气体氢转变为金属氢的技术手段有两种：一是超低温冷却，一是超高压压缩。两种手段达到的效果是一样的，都是使原子半径缩小。显示出的规律是：同一种元素，只要原子半径缩小，非金属就转变为金属，不导电的绝缘体就转变为导电性良好的导体。

与气体氢转变为金属氢相同，使普通物体转变为超导体的技术手段目前也只有两种：一是超低温冷却，一是超高压压缩。所达到的效果也是一样的：使原子半径缩小。显示出的规律是统一的：原子半径一旦缩小到临界值，即可使普通导体或非导体转变为超导体。

这是因为：在导体中，价电子与外源电子之间由于同号相斥而保持一定距离，一旦这个距离大于临界值，超出了有效半径，相斥作用便会消失。所以当原子半径缩小到某个临界值时，价电子对外源电子的排斥作用消失，于是电阻骤降为零，转变为超导体。

新近报道的由美国科学家完成的室温超导材料——由氢 – 硫 – 碳组成的材料，在巨大的压力下，室温时就能转变成超导体。实验结果最终表明，在达到 267 万个大气压时，化合物在 15° C 时的电阻为零。

为什么要施加那么大的压力才能实现常温超导？因为在那样巨大的压力下材料的原子半径才会缩小到超导临界值。

原子半径缩小后，既能提高原子核对外源电子的吸引力即提高电导力，又可以降低价电子对外源电子的排斥力即降低电阻力。故单质元素其原子半径缩小到超导临界值时会成为超导体。同样，化合物或混合物的各个原子半径缩小至超导临界值时，也都会成为超导体。因此，如何制得原子半径在常温常压下即可达到超导临界值的材料，就是要攻关的目标。

（二）制造常温常压超导体的思路与方法

突破常温常压超导的关键，就在于如何在常温常压条件下保持能实现超导的最小原子半径，以使原子之间保持较大空隙——外源电子的无阻通道。

显然，产生电阻，妨碍外源电子流动的“罪魁祸首”是价电子。如果采用去除了价电子的正离子制成导体，使导体原子之间自然形成空隙，就可能为外源电子提供一个固定的无阻通道，从而实现常温超导。

正离子半径小于原子半径，采用正离子或其组合材料有可能是获得常温常压超导材料的有效途径。因此正离子是常温常压超导材料的重要候选者。尤其是采用在常温常压条件下原子半径较小的材料来制造或合成，是最佳选择。

1、一般原则

使非超导体变成超导体的唯一途径就是缩小其原子半径。对单质超导体而言，原子半径缩小必导致转变温度升高，缩小到临界值，则转变为超导体。对于化合物或混合物超导体而言，其各个原子半径的缩小也必导致转变温度的升高，缩小至临界值则转变为超导体。

缩小单质元素原子半径的手段有两种：超低温和超高压。但在此条件下实现的超导一旦失去低温或高压条件，原子半径就会反弹，超导效应就会丧失。除非去除价电子，否则单质元素不可能实现常温常压超导。相较而言，复合材料的选择面更宽——采用两种或两种以上的元素的正离子进行合理搭配组合，使其各个原子的半径在常温常压下即达到超导临界值，即有望实现常温常压超导。

因此，制造常温常压超导材料需要攻关的目标就是获得在常温常压条件下原子半径达到超导临界值，且能制成可用导体的单质元素的正离子，或在常温常压条件下各个原子的原子半径达到超导临界值的复合材料的正离子。

在这样的超导材料中，导体对外源电子只有原子核中的质子的内向的拉力，没有了价电子的排斥力，故变为没有电阻的超导体。

有了这样具体的目标和路径，实现常温常压超导就会容易得多。

2、材料选择

由上述可知，在常温常压条件下原子半径达到超导临界值的单质材料，或在常温常压下各个原子的半径达到超导

临界值的复合材料都可能成为常温常压超导材料的候选者，它们的共同特征就是原子半径较小。因此，在材料的选择上，应选择原子半径小的元素如铍、硼、碳等作为基底材料加以合理搭配。由于铍储量有限，硼难以制成导线，而碳纤维具有很高的强度，故碳是最有希望的常温常压超导的基底材料。

正四价碳离子半径只有碳原子的 1/5，无疑是常温常压超导材料的首选者。比照在半导体单晶硅中掺杂百万分之一的磷，就可以使电导率提高百万倍的先例，在碳正离子纤维中掺杂微量磷或锂、铍、硼的正离子或原子，并以多键组合，就达到了最小原子半径的极限，在这样的极限条件下，即有可能制得常温常压超导体。

现有实验已表明，用 K（钾）等碱金属掺杂 C60，得到高于 30K 的 Tc。[2,3]

最轻元素氢的正离子——质子，其离子半径无疑是最小的，故掺杂质子也有可能成为制造常温常压超导材料的重要手段。

也可以尝试在铜正离子或铝、铁等其他元素的正离子制成的导体中掺杂质子或锂、铍、铝、镁、镍等的正离子或原子，也不排除获得常温常压超导材料的可能性。当然，这会在材料制造方面带来很大挑战性。

究竟采用什么样的基底材料和掺杂哪些元素的正离子或原子才能制成常温常压超导材料，是需要通过实验来检验的。

考虑到超导材料载入电流后可能会因温度升高而失去超导效应，为了保持常温常压超导材料的稳定性，可以在超导体中掺杂适当比例的具有热缩冷涨性质的元素如锑、铋、镓、硼进行调节，即有可能制得稳定的常温常压超导材料——具有热胀冷缩效应的原子因升温导致的原子半径的增大会被具有热缩冷胀效应的原子因升温导致的原子半径的缩小所抵消，从而保持超导状态。

诚然，上述讨论目前还只是一种推理、猜测，是初步设想。要最终制成常温常压超导材料，还需要在实践中不断摸索。

结论

本文对物体导电和超导电的机理提出了一个具有颠覆性、革命性的全新理论观点，逻辑自洽地揭示了电导、电阻和超导现象的本质——一切导体传导的都是来自电源（电池或发电机）的外源电子。物体的导电性能就是指其外源电子的通过能力。电阻则是导体原子的价电子对外源电子的同号相斥作用而产生的阻力。

只有当导体原子的价电子对外源电子的同号相斥作用力即电阻力降为零时，超导现象才会发生。而电子之间的同号相斥力存在有效半径，超出有效半径相斥之力便会消失。因此，常温常压超导只能靠设法缩小超导体的原子半径来获得。制造常温常压超导材料的技术路径就是使单质或化合物导体的原子半径在常温常压条件下即缩小到超导临界值。

由此给出了制造常温常压超导材料的战略性路径和具体的实施方案，清晰明确地画出了制造常温常压超导材料的路线图。为实现常温常压超导的梦想打开了希望之门，找到了突破方向。有望加快实现常温常压超导的实用性步伐。

这里给出的方法是在认清了物体导电、电阻以及超导的本质以后，有目标、有路径、有选择、有具有可操作性的实用方法的行为。能够做到心中有数，胸有成竹，有的放矢。可以按照新的导电和超导理论去设计、规划、创制常温常压超导材料，有望大大提高成功概率。

参考文献

[1] 严燕来，叶庆好，大学物理拓展与应用，[M] 北京，高等教育出版社，2002，224

[2] 涂涛，郭光灿，真空不空，物理，2018，9

[3] 高胜利，杨奇，化学元素新论，[M] 北京，科学出版社，2019，539

[4] 朱建国，郑文琛等，固体物理学，[M] 北京，科学出版社，2005,234

作者简介：

张宝盈（1957–），男，山东宁阳人。会计师。曾任北京中医药大学期刊编辑。曾在《自然杂志》发表论文 3 篇，并在《四川地震》《高原地震》《生物科学进展》《发明与创新》等多家杂志发表论文数十篇。已出版专著 5 部。