



学生创造思维训练丛书

创造思维训练方案

薛丽 主编

目 录

第一章 创造性思维概述	1
第一节 创造思维的意义	1
第二节 创造性思维的实用价值	4
第三节 创造性思维的类型与特点	21
第二章 学生创造性思维培养	43
第一节 教学生掌握思维创新的方法	43
第二节 与学生研讨成功的经验	73
第三节 创造性思维的误区	90
第三章 学生创造思维训练	99
第一节 开设创造思维训练课	99
第二节 学生创造性思维训练方案	109
附录：创造思维研究	120
创造性思维研究中的几个问题	120
论创造性思维过程中的智力与非智力因素	126
创造性思维的几个心理要素	134
梦与创造性思维	141
关于模糊思维的几个问题	148
论逆向思维	159

第一章 创造性思维概述

第一节 创造思维的意义

创造或创造活动是提供新的、第一次创造的、新颖而具有社会意义的产物的活动。例如新机器的发明、科学中的新发展和文学艺术作品的创作等等，都是不同实践领域中的创造活动。

在创造过程中的思维活动，一方面具有一般思维活动(解决问题)的特点，但又不同于一般的解决问题。因为它不只是依靠现成的表象或有关条件的描述，而是要在现成资料的基础上，进行想象，加以构思，才能解决前人所未解决的问题。因此，创造活动与想象和创造思维有极其密切的联系。

创造性活动和创造思维是人类心理的高级过程，所以它很早就受到研究者的重视。但是，由于过程本身的复杂性，难以进行精确的科学分析，特别是不容易作实验研究，因此，目前这方面的研究成果还是很不充分的。大部分的研究结果是对艺术家、科学家和技术革新者的工作进行分析而获得的。从这些结果中可以看到，不同领域的创造活动有不同的特点，但其基本过程和条件是类似的。

例如，科学创作更多表现为发现事实与规律，它是对客观现象及其规律性的认识和发现。技术创造更多表现为制作新事物，它是应用科学规律来改造客观世界。

技术创造总是创造出具体的东西和机构，因此，一定要形象地解决问题，这是技术创造的基本特点之一。至于艺术，它是现实的形象的反映，它要求艺术家对生活有深刻的体验，有丰富的情感。列夫·托尔斯泰说过：“艺术活动就在于在自身引起曾经体验过的情感，在自身引起这种情感以后，利用活动、线条、色彩、言语描绘的形象，把这种情感表达出来，使别人也体验到这种情感”。

分析研究表明：创造性问题和一般思维问题的解决有类似的几个阶段，即提出问题、明确问题、提出假设和检验假设四个阶段。不过，从整个过程说来，创造活动的进行要缓慢一些，例如，在个别场合，构思的酝酿会拖长到几个月，甚至几年。

创造思维不同于一般思维活动的重要之点是想象特别是创造想象的参与。能够结合以往的经验，在想象中形成创造性的新形象，提出新的假设，是创造活动顺利开展的关键。因此，创造思维研究的重要问题是如何促进这个过程。

新设想的顺利提出是和前一阶段问题是否已经明确和正确理解相联系的。明确问题的性质，就有可能使思维过程有一定的方向，能把问题纳入一定的原则，遵从这些原则构思出解决问题的可能办法。例如某机械厂一位老工人业余创造蜂窝煤机，想到必须把煤粉压成蜂窝砖形，所以制蜂窝煤的机器应当属于压床一类。因之他用一个普通压床为起点，考虑如何把它“改制”成可以压制蜂窝煤的机器，这样他就设计出蜂窝煤压制机。

启发对顺利提出新假设起很大的作用。启发是从其它事物中看出解决问题的途径。起了启发作用的事物，叫做原型。任何事物都可能对启发作用。自然现象、日

常用品、机器、机器设计图、示意图、文字描述、口头提问都可以作为原型。原型启发的事例在创造发明的历史中屡见不鲜。例如，传说我国古代伟大的工程师鲁班是从丝茅草割破手这一事实中获得启发而发明了锯子。在这里，丝茅草都成了有启发作用的原型。某一事物能否起原型启发作用，不单决定于这一事物本身的特点，还要看创造者当时思维活动的状态如何，创造者的思维活动处在一种积极状态而又不过于紧张以致抑制其它思路的时候，常更有利于原型启发发生作用。在一段紧张工作之后适当休息或转换活动，使思路开阔，对创造性假设的提出往往是有利的。

近年来我国心理学工作者曾多次进行利用原型启发促进技术革新的研究。例如，在上海某厂采用示意图的方法启发工人们制成百余副自动化和半自动化的冲模。在北京某厂曾采用立体模型方式，启发工人试制成加工弹簧吊杆的机器，使该机构的加工由手工变为机械加工。这些研究表明原型启发原理可以有效地应用在群众性的创造活动中。

原型之所以具有启发作用，主要因为原型与所要创造的东西有某些共同点或相似点，通过联想，找到解决问题的新方法。

原型固然有启发作用，但有时也限制人的思想的广阔性。而且一般说来，原型越接近要解决的矛盾，它的限制越会成比例地增长。

某厂有一部同时钻 12 孔的钻机，最初创造时利用单孔钻床作原型。结果只是把原型扩大了 12 倍，体积庞大不堪。后来突破了旧原型的限制，改用简单的 12 位相的定位机构，结果制成很适用的机器。

在创造活动过程中，新形象的产生带有突然性，常被称为“灵感”。事实上，灵感是巨大劳动的结果。

灵感是人的全部高度积极的精神力量。灵感跟创造动机和对解决任务的方法的不断寻觅联系着。灵感状态的特征，首先表现为人的注意力完全集中在创造的对象上。在注意力高度集中的时候，意识处于十分清晰和敏锐的状态。这时的思维活动极为活跃，因此，在灵感状态下，工作能有极高的效率。

灵感是有突然性的，但它是在艰苦的劳动之后出现的。柴可夫斯基谈到，只有当积累了大量的观察经验的时候，当作品的构思已经明确，科学家、作家或艺术家完全被沉思所占有时，才可能有灵感。

灵感也是一种顿悟，是过去经验或当前多次尝试失败以后的产物。在关于通过四点一笔作一三角形的实验中，正是在受试者经过多次尝试后，一经提示，抓住问题的关键，使任务立刻得到解决。

创造活动、创造思维是人类的重要活动之一。正是通过人类的不断的创造活动，改造了客观世界，同时改造了人的主观世界，促进了人类文化的发展。

第二节 创造性思维的实用价值

一、昏官清官的思维差别。

中国有出戏叫《十五贯》，说的是有个外号叫油葫芦的人，借了 15 贯钱准备做生意。他借到了钱心里高兴，喝得醉醺醺的，直到深夜才回家。他的年轻的妻子开门晚了，他有点不高兴，就与她开了个玩笑，说已经把她卖了，得了 15 贯钱，明天一早，就要将她送走。妻子一

看，果然有 15 贯钱，便信以为真，乘油葫芦睡着了，悄悄地开门逃回娘家。她出门后，有个小偷娄阿鼠见门开着，乘机溜了进去，一看油葫芦睡着了，旁边有一大串钱，于是偷了钱就要走，油葫芦从睡梦中惊醒，两人发生争斗，娄阿鼠用刀子将油葫芦杀死。而妻子出门后，在回娘家的路上又惊又怕，见有个青年也在赶路，就与他同行，这个青年的口袋里也正好有 15 贯钱。审理这个案子的官便一口咬定，这一对同行的青年男女是杀人凶手。他是这样推论的：小娘子年轻漂亮，一定会被不正派的青年勾引，为了做长久夫妻，就要杀死自己的丈夫；现在，这一对青年一清早在一起行走，一定是奸夫淫妇；男青年的口袋里又正好有 15 贯钱，肯定就是油葫芦借来的 15 贯钱。可以说是人赃俱获，于是就判两人死刑，等秋后处决。

这个官的思想方法是有问题的，因为他把生活中的多种可能只看成一种可能，还把这种可能当成了事实。可能的事情和真实发生了的事情是不同的。就拿这个事例来说吧。年轻美貌怎么可能就一定是不正派的呢？男女两人在一起行走，可能是有暧昧关系，也可能是同路，还有别的可能。男青年的口袋里有 15 贯钱，可能是油葫芦的钱，也可能是偶然的巧合。他根本不去思考各种可能，而是把一男一女一起走路当成杀人的根据，制造了一起大冤狱。思维的片面性，造成的后果是多么可怕啊！

后来，一个叫况钟的官接手这个案子。他很快就发现了原判中的问题：男青年不是当地人，居住的地方很远，很难与女方有交往的机会；因为发生争夺，在油葫芦的床底下留下了一些钱，因此，偷走的钱不足 15 贯，现在男青年身上的钱正好 15 贯，恰恰说明凶手不是他。

经过调查，他终于找出了真正的凶手。

《聊斋志异》上讲过这样一个故事。古代有个美丽的姑娘，有一天在楼上正与邻居的一个女子说话时，看到一个英俊少年，有了爱慕之意。这个妇女看出了她的心思，就主动说，这个青年她认识，她可以从中帮忙。姑娘信以为真，就脱了自己的鞋子作为信物，让她交给那个青年，请他带了鞋子前来相会。这个妇女不但没有把鞋交给那个青年，反而丢失了鞋子，还将此事说给了自己的一个相好的男人听。一个无赖碰巧拾到了这只鞋，又听到了这只鞋子的秘密，就拿了鞋子与那个痴情女子在楼上相会。女子还以为对方就是自己爱慕的人呢！后来，女方的父母发觉女儿房中有异声，就让女儿睡到自己的房中，他们睡在女儿的床上。一天夜里，那个无赖又来到楼上想与姑娘约会，听到房中有两个人的动静，以为女子另有所爱，就拔刀杀了女子的父母。案发后，女子认为，杀人者肯定是自己爱过的那个青年，审判官也认为，凶手是他无疑。于是把这个青年打入大牢，定成死罪。

那个青年大声呼冤。二审时，查出了牵线妇女的相好也知道此事，于是又认为凶手就是那个相好，再一次造成了冤案。直到后来，才找出了真正的凶手。

前两审的冤案，从思维的角度讲，都是由思维的直线性造成的，审案者只往一条路上想。

生活中进入这样的思维误区的例子是很多的。说明遇到问题时要考虑多种可能性，不能只往一种可能上想，更不能把这种可能就当成事实！

二、千万商机系于判断。

汽车在公路上奔驰，如果司机突然刹车，车上的乘

客就会身体前倾。这种现象，叫做惯性。

思考问题的时候，也会有这样的惯性。我们常常会按着过去的经验思维，按照古老的传统模式进行思维。沿着思维的惯性进行思维，这叫做思维的定势。人们常常从固定的角度观察事物、认识事物，这种思考问题的方法借鉴了过去的经验，但是，却可能陷入思维的陷阱，阻塞认识真理的道路。

世界上的事物是很复杂的，是千差万别、千变万化的。因此，不问情况的变化，不考虑事物的发展，只用一种固定的思维方式去认识事物，就会形成思维定势，就会钻进认识的死胡同。

在澳大利亚有个原始人聚居的地方，居民们还过着原始的生活。他们终年赤着脚，在沙地上奔走。英国有家制鞋公司的推销员前往这个地方考察推销鞋子的可能性。推销员一到那里，见没有一个人穿着鞋，人们甚至不知道什么是鞋，感到很扫兴。他向公司汇报说，这里没有一双鞋，这里没有一个人穿鞋，这里不需要哪怕是一双鞋。

这是一种用思维定势思考问题的方法。从常规的思路想问题，没有人穿鞋，当然就不需要鞋，当然鞋子在这里就没有市场。

但是，另一家制鞋公司的推销员到了这里以后，却感到发现了一个鞋子的大市场，显得十分高兴。他向公司汇报说，这里没有一双鞋，这里的人全部赤着脚，这里的人需要大量的鞋，这里将拥有巨大的鞋子市场。

同样的赤脚，一个推销员得出了不需要鞋的结论，另一个推销员却发现了鞋子的大市场。第二个推销员用的思维方法，就是脱离常规的求异性思维。他想：没有

鞋子可以变为有鞋子，不会穿鞋子可以学会穿鞋子；从需要量来说，没有鞋子表明需要最多的鞋子。用这种思维方法，就能有新的发现，常常能别出新裁，走出思想的困境，出现“柳暗花明又一村”的光明境界。

鲁迅先生的思想也很有求异性，从不人云亦云。那个时代的大部分中国人，有一种思维定势，他们总是安于现状，对于任何新的改革、新的事物，都要反对。他们说，从来都是这样的啊，我们的老祖宗也是这样的啊。鲁迅反问说，从来如此，便对吗？这一问就是一种求异性思维，他揭开了从来如此的依据的脆弱性。

生活中也常常会遇到类似的问题。用常规的思路思考，仿佛已经有了一个已成定论的结论，但是，从新的角度看，就可能有一个新的发现。比如说，中国传统常常讲“知足常乐”，但是，有些思维比较创新的人却说，不知足也常乐。他们说，满足于已经取得的成绩，固步自封，沾沾自喜，那是很可悲的；永不满足，不断追求新的进步，那才是生活的真正的乐趣。你们看，求异性思维是会开创一个思想新天地的。

再比如说，人们大都讨厌垃圾，垃圾处理成了环保部门和居民头痛的事情。但是，美国的一位科学家却对垃圾的看法别具一格。他说：“垃圾是放错了位置的财富。”他的看法与常规是不一样的，但是，仔细一想，他的话确实很有道理，代表了一种新的垃圾观：垃圾可以制造肥料，可以发电，可以制造沼气，可以为工业提供原料。化废可以为宝，化害可以为利，这一思想多珍贵啊。

三、妙思奇想决胜千里。

由一事物想到另一事物，由一种观点想到另一

种观点，由一种景象想到另一种景象，由原因想到结果，由结果想到原因，这种思维活动叫做联想。联想能力是一种重要的思维能力，联想能力强的人创造力也比较强。

联想能力的强弱，也是有一定的标准的。一般认为，联想的事物越多，越丰富，联想得越是遥远，越是深刻，越是独特，这个人的联想能力就越强。

联想主要有三种方式。

一种是接近联想，就是在空间上、时间上比较接近的事物之间的联想。例如由西施想到范蠡，想到吴越之战，想到卧薪尝胆，想到无锡的蠡湖，想到苏州的虎丘的剑池，想到伍子胥，想到专诸刺王僚；由鲁迅的《纪念刘和珍君》这篇文章，想到北洋军阀的暴君们枪杀学生的残暴行为，都是接近联想，因为这些故事和人物，在时间和空间上是比较接近的。

另一种叫做相似联想。由昭君想到婵娟，想到杨贵妃；由暴君想到秦始皇，想到隋炀帝，都是相似联想。

还有一种联想是相对联想，就是由一种事物想到相反的事物。比如由炎热想到了寒冷，由高贵想到了丑恶等等。

当然，我们在进行联想的时候，各种方式的联想可以交错在一起，形成一个广阔的联想的网络。

联想能力的培养，就是要有意识地在脑子里由一种事物想一想相似的相近的相反的事物，由此及彼、由远及近地想，这样可以把许多看似无关的事物构成一个网络。

下面是一个真实的联想故事，请你仔细体会一下。

第一次世界大战期间，德军情报部门获悉英国发明了新型的坦克——19型坦克，设计图就在法军统帅部的

高级军官莫尔根将军的保险柜中。如果这种武器投入战场，战局将大大不利于德国，于是，德国派遣了著名女间谍哈丽设法搞到坦克设计图。

哈丽利用自己的美色和交际手腕，认识了莫尔根将军，还住进了将军的家，暗暗地发现了书房里的一幅巨画后面的保险柜，并且了解到门上的锁是密码锁，只要知道了密码，就能找到绝密的图纸。现在，成败的最后的的关键在于找到密码。如果找不到密码，就要一个数字一个数字地开，要试过 100 万次，才有可能找到密码。

期限快要到了，哈丽非常焦急，她想到莫尔根将军和她谈情时对她说过：“我老了，记忆力比从前差多了。”她想：“将军不可能把密码数字记在脑子里，要是这样，如果他万一忘记了密码，那就很难打开密码柜了。因此，密码数字一定会放在什么地方，使将军一见到这个暗示就能记起密码。于是她在书房里四处张望，寻找线索。突然，她看到豪华的书房里有一只古老的挂钟，钟停了，一直没有动过，指针指着 9 点 35 分 15 秒。她想：钟上的数字会不会是密码的暗示呢？它们构成的数字是 93515。但是，密码应该是 6 位数。这组数字并不能打开密码柜，哈丽又想到，9 点也可以看成是 21 点，这样，就构成了一组新的数字 213515。晚上她和将军一起喝酒聊天，但在将军的酒中放进了安眠药。将军沉沉入睡了，她乘机来到密码柜前，输入这组数字，果然，密码柜的门打开了，梦寐以求的资料终于展现在眼前，她迅速地拍到了 19 型坦克的资料。

哈丽从将军的记忆衰退联想到了密码的暗示，从豪华的书房想到了不相称的挂钟，从时间想到了密码数字，从 9 点想到了 21 点，正是充分地运用了联想，才创造了

谍报史上的奇迹。

下面的几则故事，有的缺乏真实的情节，有的缺乏因果的说明，有的只是几个孤立的片段，请你通过联想，合理地填补缺失的情节、因果的叙述。或者把几个片段联想成一个完整的故事。

1、电梯里发生的故事。

第二次世界大战期间，法国被德国占领。法国人民进行了各种形式的斗争。

有一次，巴黎一家旅馆的一部电梯里乘坐着四个客人。一个是纳粹军官，一个是法国抵抗运动的地下组织的成员，一个是漂亮的法国少女，还有一个是法国老妇人。他们彼此并不相识，是偶然乘坐在同一部电梯里的。

突然电梯发生了故障，电灯熄了，电梯停了，电梯里一片漆黑。

此时，只听到一阵接吻的声音，随后是狠狠的一记耳光，不知打在谁的脸上，发出了响亮的声音。过了一会儿，故障排除了，电灯亮了，只见纳粹军官的脸上出现了五道手指印。

老妇人看到德国军官捂着的脸，心想：活该，谁叫你想占姑娘的便宜，幸亏这个姑娘有两手。

姑娘想：这个纳粹分子真是活该，他一定是在黑暗中吻错了人了，他吻了老妇人或者那个法国小伙子，才挨了一记耳光。

纳粹军官想：今天算是倒霉了，我什么也没有干，却无缘无故挨了一记耳光，可能是这个法国小伙子乘着黑暗吻了这个姑娘，她以为是我吻的，失手打了我，看在这个漂亮姑娘的面上，不与他们计较了。

你能设想这究竟是怎么一回事吗？吻声是怎么发出

的?是谁打了谁?

2、“已经感谢过了”。

一次，有一个孩子小超和玩伴在河边玩，不小心滑到了河里，他拼命地划啊、抓啊，但是，由于他不识水性，不一会儿，就渐渐下沉了。同去的孩子惊呆了，他们不会游水，只得在岸上一个劲地喊：“救命啊，救命啊！有人落进河里啦！”。

河边有几个人看着孩子落水，但是，谁也不肯起身相救。

这时，正好有一辆车经过此地，一听见孩子们紧急的呼叫声，车上的一位乘客二话不说，马上脱了衣服跳到冰凉的河水里，把奄奄一息的孩子救了上来。孩子已经昏迷，车上的人对着孩子做了一会儿人工呼吸，落水的孩子渐渐苏醒了过来。这时周围围了一大片人，人们七嘴八舌地议论着这个好人，说，要不是这个见义勇为的人，孩子眼看就没有命了，孩子的父母真不知道该怎么感谢他呢！

但是，这个人对着落水的孩子仔细一看，幽默地对大家说：“一点儿也用不着感谢，已经感谢过了，已经感谢过了。太谢谢啦，太谢谢啦！”。

请你联想一下，这是怎么一回事，为什么要说“太谢谢啦，太谢谢啦”？

3、重逢。

这是一个真实的故事。下面是这个故事中的几个片段，请你发挥你的联想能力，勾画出这个故事的梗概来，并补充细节，尽量优美地描述这个故事。

(1)一天早晨，年轻的矿工温斯带着挖煤的镐头准备下矿。

(2)他走到一个姑娘的窗下,姑娘娜莎马上打开了窗户,她正在为他做一件漂亮的衣服,准备温斯结婚时穿。

(3)温斯下矿以后,这一天,矿下发生了塌方,温斯再也没有上来。

(4)50 年以后,这里重新开矿。打矿井时,挖出了几具尸体,其中一具是温斯的,由于浸在酸性溶液中,尸体没有腐烂。

(5)村里人谁也不认识温斯,只有一位老妇人认得他,她给他穿上了当年为他做的衣服,自言自语道:“我终于等到你啦!”。

四、联想翩翩报深仇。

19 世纪初,法国有一个青年数学家格洛阿。他有一个好朋友叫鲁柏,也是一位数学爱好者,他住在迪、罗威艾大街的一幢公寓里,公寓共有四层,住着几十户人家。鲁柏住在二楼,他的房间号码是 209。

有一天,格洛阿前往迪、罗威艾大街拜访鲁柏。但是,却不见鲁柏的形踪。格洛阿向大楼里看门的女工打听,才知道鲁柏在半个月前莫名其妙地被人害死了,死得很惨。

格洛阿大吃一惊,忙问女工:“鲁柏是怎么死的呢?凶手找到了吗?”。

女工告诉他:“他是被人杀死的。凶手用刀子在他身上捅了几下,抢走了他父母寄来的钱。这个杀人犯真是凶残啊,鲁柏的房间里血流满地。”

格洛阿还听女工说,凶犯还没有找到,案子还没有侦破,警察来过了,但是,还没有找到破案的线索。

女工还告诉他,鲁柏临死的时候,手里拿着一块馅饼。这是出事的前一天她送给他吃的。鲁柏与女工是同

乡，他喜欢吃她做的苹果馅饼。那天她又做了一些，也给他送去了一点儿。没有想到，他腹部被刺破后，手里还拿着一块馅饼。

格洛阿感到眼前一亮。他问女工：“这个凶手是公寓里的，还是外来的？”女工说，犯人肯定是公寓里的，因为这天她在大门口值班，没有看到陌生人进来过；而且，鲁柏的门没有毁坏，肯定是认识鲁柏的某个人进入他的房间后作案的。但是，这幢楼有几十个房间，是谁作的案，也不是很容易查清的。

格洛阿问：“三楼有几个房间？”女工告诉他：“有15个房间。”

格洛阿请女工带他去看看。走到314房间时，他停了下来，问女工：“这一间里住的人是谁？”女工告诉他，这间房里的主人名叫米塞尔，这个人爱赌博，好酗酒，最近他已经搬走了。

格洛阿肯定地说：“这个人就是凶手。”他向警察局讲明了他判断的理由，他说：“鲁柏临死时手里拿着馅饼，此时，馅饼对他已经没有食物上的意义，他拿着它，是要留下关于凶手的一点儿线索。他是个数学家，他熟悉数学。因此，他留下的信息与数学有关。馅饼在英语中读作“pai”，这个读音与圆周率读音一样，圆周率的数字约是3.14，这个数字正是凶手所住的房间的号码。”

原来，米塞尔是个赌徒，他为了偿还赌债，就铤而走险，敲开了鲁柏的门，将他杀害，抢了钱财。聪明的鲁柏在最后关头留下了凶手的信息，机智的格洛阿破译了受害者留下的信息，使凶手受到了严惩，为朋友报了仇。

格洛阿充分发挥了自己的想象力。他把馅饼与圆周

率一起联想，因为它们的读音在英语中是相似的，都读作“pai”；他又把圆周率与房间的号码一起联想，圆周率的大小约是 3.14，使他想到了 314 房间；进一步，他又把这个房间的主人联想起来，这间房的主人平时好赌、好酒，如今又突然失踪，形迹十分可疑。

这种联想，既大胆，又有一定的合理性。没有大胆的联想，就不能作出大胆的发现。我们的知识总是不完整的，我们了解的信息总是有缺憾的，只有大胆地想象，才能越过知识的空白，认识事物之间的联系。

想象力是可以培养的。自己对自己的思维不要作出太多的束缚。夏天的夜晚，当你看到天上的星星和闪亮的流星，看到天上的弯弯的月亮，你可以尽情地想象。你可以想象星星的闪亮是天上的街灯亮了；那一闪而逝的流星，可以想象是神仙们提着灯笼在天上巡游；那弯弯的月亮，可以想象成天上的一只小船，月亮上的迷蒙景象可以想象为月球中的宫殿。达尔文小时候在海滩边上玩，发现了几枚钱币。因为海水的锈蚀，钱币显得相当古老，他就想象这些钱币是恺撒大帝远征时留下的。达尔文后来随着“贝格尔号”航行全球，考察了各地的生物和古代的化石，他把化石与现代生物一起考虑，把生物的各个种类一起考虑，发现了生物进化的规律。他的伟大发现，有他小时候培养起来的丰富的想象力的一份功劳。

五、精思创造的奇迹。

19 世纪末，英国物理学家瑞利做过测定氮气密度的实验。所谓密度，是指单位体积中所含的质量。就是一升气体重多少。一升中的气体重，这种气体的密度就比较大；反之，密度就比较小。