

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

点亮心灯

——智能社会的形态描述

 **E-BOOK**
内网资料 非卖品

创造文化生态 ——《人与自然》丛书总序

周光吕

打开人类的文明史册，人与自然是其中的基本主题，而文化是人类的特有创造，在自然与文化的互动之中，人类从亿万物种中突现出来，成为万物的灵长。

文化发展的历史也是人类进步的历史。在人与自然、人与人、人与自身这三大文化主线中，人与自然的关系更多影响和规定着人类的生存和发展。回溯远古荒蛮的天地之初，文明崛起时人类创造了听命自然的图腾文化。在漫长的农耕社会，人类创造了具有田园意趣，以自然启示人格和艺术的人文文化。那时的自然，既是外在于人类的物化世界，也是自然而然，率性而行的一种精神秉赋。那时的人类，对自然的世界充满敬畏和热爱之情，对自然的精神满怀着恋和憧憬。在文化宝库中，中国古代的思想、文化、艺术无不浸润着浓郁的自然主义精神。

近代以来，发端于文明西域的文艺复兴以实验科学为肇始，开辟了科学革命的道路，从此，人类认识、理解和对待自然的方式发生了重大改变。在自然科学面前，自然的世界揭去了神秘的外纱，自然的生命精神悄然退隐。科学勾画了统一的世界图景，这个世界是物化的世界。自然变为纯粹物化的自然。自然成为人类意欲认识并按自己的愿望加以改造的物化对象。科学的理性精神强大地渗透到文化当中，人类以前所未有的尊严和智慧创造和进入了科学文化时代。

以认识自然为目的的科学和以改造自然为目的的技术是近代以来人类文明最为辉煌的成就。以自然科学为理性基础，以技术为表现形式的科学文化使得人类的思想方式、生活方式、行为方式出现了重大变化。科学技术赋予人类的精神文化、制度文化和物质文化以一种新的气质和构造。科学思想、科学方法和科学精神创造了全新的工具理性。科学文化以其逻辑化、数学化、实验化的特点成为突破地域特征的国际性文化。在现代社会，科学技术不仅是人类从野蛮蒙昧走向自由文明的桥梁，而且是发展经济，增强综合国力的主导力量。

但是，中性的科学技术在人类的手中，可以成为打开自然宝库的钥匙，也可以成为对自然肆意虐的工具。当人类的改造速度小于自然界的恢复速度时，科学技术便体现为正向的生产力；当人类的改造速度大于自然界的恢复速度时，科学技术便体现为负向的破坏力。科学技术的生产力创造了高度发达的物质文明，科学技术的破坏力引发了世界范围内的环境问题。这就迫使我们跳出传统的视野，重新研究人与自然的关系问题，重新选择和评估科学技术特别是高新技术，引入自然、人和价值的向度，创造文化生态，选择新的文化模式。

从人类文明、文化的历史和人类发展的未来出发，将自然文化、人文文化和科学文化整合为一，使得人与自然生态共荣，和谐发展，应当成为人类的价值理性、决策理性。

东北林业大学出版社和中央电视台“人与自然”栏目紧紧把握时代的脉搏，在国内率先组织一批富有学养的不同学科领域的代表性专家，以人与自

然关系为基本视角，以人类文化演进为思想主线，深入而通俗的撰写“人与自然”丛书，全景展现人与自然关系的壮丽画卷，探索性地提出了人类未来发展的几条可能之路，其眼光和意义十分深远。将学术创造和学术成果大众化贯通起来，也是一种值得倡导的文化生态。

走向天人合一 ——《人与自然丛书》总序

季灵林

人类自从成为人类以来，最重要的是要处理好三个关系：一，人与自然的关系；二，人与人的关系，也就是社会关系；三，个人内心思想、感情的平衡与不平衡的关系。其中尤以第一个关系为最重要，而且就目前现状看来，是迫在眉睫的问题。

人之所赖以生存的衣食住行等无不是取自大自然，关键问题是取之何方。在这里东西双方，至少在思想上是不相同的。西方采取的是强硬的手段，要“征服自然”，而东方则主张采用和平的友好的手段，也就是“天人合一”。要先与自然做朋友，然后再伸手向自然索取人类生存所需要的一切。宋代大哲学家张载说：“民，吾同胞，物，吾与也”，最鲜明地表达了这种思想。

东西方手段之所以不同，我个人认为，其基础是思维模式的差异。西方主分析，以中国文化为代表的东方主综合。西方自古希腊以来，以分析的方法对待自然。到了近代产业革命，达到了登峰造极的地步，其结果是人所共睹的。他们取得了辉煌的成就，上天入地，腾空泛海，生光电化，无所不及。一直发展到核能开发、宇宙卫星等等，全世界人民无不蒙受其利。这一点是无法否认的。这是他们“征服自然”的结果。然而自然虽无人格或神格，如孔子说，“天何言哉！四时行焉，百物生焉，天何言哉！”然而它却是能报复的，能惩罚的。西方滥用科技产生的弊端至今已日益显著，比如大气污染、环境污染、生态平衡破坏、臭氧层破坏、新疾病丛生、自然资源匮乏、人口爆炸，如此等等，不一而足。这些弊端，如果其中的任何一炸，如此等等，不一而足。这些弊端，如果其中的任何一个得不到控制，则人类前途实处危境。

这些弊端已经引起了全世界有识之士的深切关注。怎么办呢？我的看法是：人类必须悬崖勒马，正视弊端，痛改“征服自然”的思想，采用东方的“天人合一”的思想。这样一来，庶几乎可以改变这种危险局面。我把我这种想法称为“东西文化互补论”

现在我们不但正处在一个世纪末，而且是一个千纪末。世纪末与千纪末和年不同。年是自然现象，而世纪千纪则是人为现象。如果没有耶稣，哪来什么世纪千纪？但是人一旦承认了这种人为的东西，它似乎就能起作用。十九世纪的世纪末以及眼前的世纪末，整个世界在政治和意识形态领域内，都出现了一些不寻常的现象，理不应如此，事却竟然如此，个中原因值得参悟。

我们人类是有理智有感情的，借这个世纪末的契机，回顾一下，前瞻一下，让脑筋清醒一下，是有好处的，何况我们回顾与前瞻的问题是关系到人类前途的问题，切不可掉以轻心，等闲视之。这样做不但是一般人的任务，有远见卓识的政治家们更应如此。为此，东北林业大学出版社和中央电视台“人与自然”节目合作出版了这一套《人与自然》丛书，提出的都是新问题，供广大读者阅读、反思，这会有利于读者在即将来临的21世纪把工作做得更好，使人类前途更现光明。

是为序。

引 言

21 世纪是智能革命的伟大世纪。伟大世纪的重大问题，仍然是古老而又常新的两难问题：既要奴隶聪明，又要奴隶驯服。这是由两种异化产生的。

一是自然创造人，人反而要统治自然，这是一种异化。

二是人创造机器，机器会不会也要统治人？这是又一种异化。

人是大地之子，生来就是自然的奴隶。我们的躯体，乃至每根血管都属于自然，不服从自然规律的任何行为，都要受到自然的无情惩罚。

然而，自然又是这样仁慈，她慈母般地“望子成龙”，把智慧赋予人，使人成为聪明的奴隶。聪明的奴隶不会驯服，他要改变自己的地位，成为自然的主人，去征服自然、统治自然。于是，人发动一次又一次的能量革命，终于魔术般地创造出工业社会，用高能耗换取物质文明。但是，这种文明与精神文明和生态文明背道而驰，它是以环境污染回报地球母亲的养育之恩，这是“恩将仇报”。失去了人性与理智，人还能称之为吗？

人，即使变成孙悟空，也不能逃出如来佛的手心。这个如来佛就是宇宙的根本规律——热力学第二定律。依据这条定律，高能耗必然导致熵增，产生生态危机，破坏人赖以生存的环境，危及人的生命。现在人已到了“生死关头”，需要找回失去的理智，反思变为“自然的主人”的后果。能不能做一个既聪明又驯服的奴隶？如果这是鱼与熊掌不可兼得，那么人只有做自然的朋友。这是最聪明的智能选择。

人是怎样征服自然的？人创造机器。机器是只顾干活、不知疲倦、极其顺从的奴隶，是人征服自然的驯服工具。作为能量转换器的机器，是人发动能量革命的锐利武器，使工业社会在短期内创造了前所未有的生产力。人们欢呼征服自然的胜利，而每一次胜利又必然遭受自然的惩罚。但人们却忘乎所以，慷慨地把自己的智能赋予机器，制造出既聪明又驯服的机器奴隶。然而，这样的奴隶是没有的。艾什比说，“它迟早一定会从这种地位醒悟过来”，暗示智能机器反而要统治人。只有当人的智能始终超过机器智能，才能使机器孙行者逃不出人的手心。作为智能转换的智能机器，成为人发动智能革命的锐利武器，它会奇迹般地创造出智能社会。此时，机器智能也会达到这种程度，即智能机器人需要和人做朋友，要求人机和平共处，与人进行共同发展的智力竞争。

严格地说，人与自然的关系，实质上是社会与自然的关系。生态危机的根源在工业社会。因此，要建立人与自然的和谐关系，就要创造与之适应的新的社会形式——智能社会。

由生物圈到技术圈，相应的是由农业社会到工业社会；由技术圈到智力圈，相应的是由工业社会到智能社会。所谓“信息社会”，不过是由工业社会到智能社会发展过程中的一个过渡阶段，并非一种独立的社会形态。

工业社会是高能社会，智能社会是高智能社会。高能耗的工业社会，亦即高熵社会，生态危机是必然的，不可避免的。所以，工业社会是人与自然对立的社会形式。要减少熵增，只有靠智能。智能就是力量，这种力量日益成为强大的地球力量，有可能抵制熵增趋势。高熵需要高智相抗衡。所以，高智的智能社会是可持续发展的低熵社会，是人与自然和谐的社会形式。

实现能量转换与利用的能量革命创造人类的前文明史，实现智能转换与利用的智能革命开创人类后文明史。人类文明史的新篇章是智能人和智能机

共同谱写的，21 世纪将会进入智慧大文明的新纪元。这是“又一次‘文艺复兴！’”

未来是美好的，美好的未来需要我们去创造。从现在起，我们就要创造未来！

能量的法力呼唤工业社会

能量不是圣火胜似圣火。阳光普照大地，自然界生机勃勃。原始人崇拜火，一代又一代地讲述普罗米修斯偷盗天火的神话，激励人们一代又一代地自己造火，终于掀起第一次能量革命，推动采猎社会走向农业社会。

能量不是法力胜似法力。自然界不会产生的机器怪物出现了，蒸汽动力比牛力和马力大得多。机器在不到 100 年内所创造的生产力比过去一切世代所创造的生产力总和还要大，于是又掀起一次能量革命。大工业代替了手工工场，能量仿佛用法力呼唤出工业社会。

能量的法力就在于能量革命——实现能量的转换和使用。这不仅对社会产生划时代的影响，而且也使人类在自然界中打上自己的烙印。从摩擦取火到蒸汽机应用的过程，既是从农业社会到工业社会的社会过程，又是从生物圈到技术圈的自然历程。

能量的法力还在于：你利用能量可以带来幸福，同时又放出一个妖魔——熵，给你带来苦恼。高能耗的工业社会，必然导致熵增。机器文明是以高熵换取的。工业社会的信条是必须用技术手段征服自然，实现工业化，才能推动社会进化。所以，工业社会是人与自然对立关系的社会形式。

能量革命：导致工业革命

能量守恒和转化定律是根本的自然规律，能量转化过程是伟大的自然过程。当人们尚未认识和掌握这条根本规律之前，谁首先能实现一种能量形式转化为另一种能量形式，并能加以利用，谁就是第一次能量革命的发动者。

偷盗天火：神话的寓意

原始人既害怕火又渴望火。火是一种热能，既可用之熟食，又可用来取暖，是生存之光。然而大火成灾，避之不及，也会葬身荒野；即便幸存者死里逃生，还会心有余悸。这种火是天然的，亦即天火。如地面物体自然摩擦、碰击产生的火，实际是机械能转化为热能。天火常常是雷击引起的森林大火，也是原始人最为恐惧的。人们认为这种天火是“雷公电母”所为，是天神的怒火。在一场劫难之后，他们又不得不将残余的火保存起来，作为火种，赖以求生。火的神秘感，产生火的神话，使他们对火顶礼膜拜。当他们自己不能造火时，只好求神拜佛；当他们能造火之后也要感恩于天助，还编出许多神话来。

在古希腊神话里，宙斯是诸神之王，也是天地之神，是云雨雷电之神，住在奥林匹斯山上的诸神都不敢反抗他的意志。当神仙享乐之时，正是凡人受苦之日。地面上的人智能低微，不知熟食，不懂取暖，饥寒交迫，常受野兽伤害。宙斯认为这些人无能，要把他们毁掉，另造聪明的人类。但是，另一神族的普罗米修斯眼光远大，认为这些人只要知道用火，就会进步。所以，他决定冒险从神匠火炉中偷一火星带到地面，教人使用火。从此，人会用火烧食物，会生火取暖，还会用火制造器皿用具，逐步摆脱困境，体力和智力也开始增强。

盗火事件触怒了宙斯，他首先要惩罚人类。他用泥土造出一个美女潘多拉，让她带着作为嫁妆的暗盒到地面嫁给普罗米修斯的弟弟厄庇米修斯。这个弟弟与他哥哥性格相反，只忆过去，不想将来。他不听哥哥的忠告，要娶潘多拉为妻。潘多拉出嫁时，宙斯对她说：“盒子里有许多珍宝。”然而智慧女神阿西妮却叫潘多拉永远不要打开。潘多拉实在忍不住，还是要把盒子打开。盒盖刚打开一点，就飞出无数恶虫：罪恶、疾病、苦恼、灾难……去侵害人类。她立即关闭盒盖，可是什么也没留下，只有希望留下来。直至今日，当您遇难之际，希望总是伴随着您。

宙斯还要惩罚普罗米修斯。他把普罗米修斯锁在海滨荒野的岩石上，让他受日晒雨淋，还让鹰用利嘴啄食他的肝脏。普罗米修斯忍受痛苦，从不求饶，永不屈服。因此，普罗米修斯既是人的英雄，又是神的囚犯。从天上盗火是触犯神权的，不能不受到神权的惩罚，这令人有一种恐惧感，始终感到潜藏着坏的预兆；同时，英雄不畏强暴、冒险盗火的勇敢精神永恒地放射出希望之光。囚犯与英雄同一，恐惧与希望并存，这是神与人共居的世界。

这个神话反映了古希腊人对火的发现和使用有一种矛盾心理，如果用火不当，真的会“玩火自焚”。这个神话也蕴含一个哲理：事物的两面性。火，这种东西，既可烧火做饭，也可烧树毁林。普罗米修斯盗火驱除人间饥寒，宙斯就用暗盒把瘟疫带到人间。这好像火有两只手：一只手使一块煤燃烧产生热能，热能做了有用的功；另一只看不见的手却使在燃烧过程中产生的二

氧化硫和其他气体散发出去，造成污染。虽然在燃烧过程中总的能量没有消失，但再也不能把同一块煤重新燃烧一次来做同样的功，即损失了将来可做某种功的一定能量。这就是热力学所说的熵。看来，潘多拉暗盒隐喻着熵。或者说，这个暗盒是早期希腊人对熵的一种猜想：消耗能量会“受到一定的惩罚”，即导致熵增，危害人类。

最早洞察到这种危害的，不是人而是神。她，就是智慧女神阿西妮。正是她要潘多拉永远不打开暗盒。如果听了智慧女神的话，人类将可能避免因用火而带来的灾难。就连宙斯也非常害怕智慧，当他看到阿西妮的母亲怀孕时，就一口将她们母女俩活活吞下。奇怪的是，阿西妮却从宙斯的头脑里蹦出来。智慧不怕权威，能战胜法力，化险为夷，成为灾难的克星。这意味着人类要用智慧来对抗熵增。

这个神话深刻地揭示出能量的法力：你利用能量可以带来幸福，但同时又会放出一个妖魔——熵，给你带来苦恼。幸福与苦恼同在，这就是活生生的世界。

神话毕竟是神话。神话中的神可以造人、主宰人；宗教则论证上帝真的创造了人。创造第一个人是在公元前 4004 年（英国大主教 J.厄谢尔语），确切时间是 10 月 23 日上午 9 时（英国牧师 J.莱特富特语）。殊不知，这些神，特别是宗教中的万能上帝，又都是人造的。神造人，人造神，究竟谁造谁？真是一个怪圈。要走出这个怪圈，首先要确定人的位置。如果人处在怪圈中心，那么这个怪圈就是以人为中心画的圆圈。这时，人为“万物之灵”无所不能。实际上，人是有所不能的。在大自然面前，人的能力极其有限，不得不寻找超自然的力量，因此便闭门造神。如果人只是怪圈内的任意一点，那么他就和其他各点上的生物一样布满在生物圈的层面上，怪圈就形成圆平面，人从而走出怪圈，与自然融为一体。人只不过是万物之中的普通物种，人类和鱼类、两栖类、爬行类、鸟类以及哺乳类同属脊椎动物，在生物圈内各有其位。人是大地之子，并非天之骄子。人要用火，不能靠天神的恩赐，而只能立足大地，自己造火。

人工造火：第一次能量革命

原始人和动物一样，只靠自己的体能来维持生存。生物体利用能量是一个物理的、化学的和生物的运动过程，完全是自然进程。然而，人有二重性，既是生物的人，又是社会的人。作为生物的人，人要吸收低熵形式的能量（食物和氧气），又以高熵形式（热、二氧化碳、排泄物）排泄出去，通过能量流驱动新陈代谢，维持生命。作为社会的人，人又有新的需求，需要更多地利用能量。原始人需要用火，以求熟食、取暖、照明、驱兽。他们首先使用天然的火，然后把火种保存起来，下次再用。距今 170 万年前，中国元谋猿人就会用火。距今 50 万年前，北京猿人能熟练地用火，并能有效地保存火种。在用火的过程中，原始人逐步加深对火的认识，认识到火的热效应，尽管他们并不懂得火是一种热能，却开始产生了朦胧的“能量意识”。特别是保存火种不易，一旦断了火种，生活困难，危及生存。这使原始人意识到，不能靠天然火种，需要自己造火。这种“能量意识”的产生，一方面是用火经验的积累，另一方面是用火熟食，改变食物结构，促进了人脑的发育，使人有了判断的能力。原始人非常注意自然界的火是怎样产生的。他们偶尔看见石

头撞击冒出火星，自己也用石块相击，试试能不能造出火。

“人是制造工具的动物”，也是唯一能制造火的动物。在人类的进化过程中，制造工具与造火是同步的。当人类祖先进化到智人阶段，距今20~40万年间，智人已能制造一些标准的石器。在制造石器过程中，他们常常看到石块相互撞击能迸出火花，相信用这种方法就能造出火来。当碰巧用燧石（或石英）撞击黄铁矿时，产生了较大的热量，再利用引火物，便可燃着成火。火终于被造出来了。这是我们今天的推测吗？不是推测而是发现。人们在石器时代的遗址中，发现有黄铁矿、火灰堆以及熟食的遗迹，说明智人已能用撞击法取火，甚至这种取火方法延续到现代。20世纪30年代，落后的中国农村，贫穷的农民用不起“洋火”，还有人用“火刀”撞击“火石”的方法取火。

撞击也是一种摩擦。摩擦是缓慢的撞击，撞击是剧烈的摩擦。因此，摩擦取火也有其他的方法。旧石器时代末期，由于钻孔技术的使用，发现了不用撞击的摩擦生火方法；到新石器时代，随着磨制工具的发展，这种方法被普遍使用，并且沿用很久。我国有燧人氏钻木取火的传说，古书上有“木与木相摩则然”的记载。

摩擦取火是人类的伟大创举，标志着人类历史的开端。虽然制造工具在由猿到人的进化过程中具有决定性意义，但毕竟“人是制造工具的动物”，是刚从动物界走出来的人，在本质上仍和动物一样不自由。什么是自由？自由在于根据对自然界的必然性的认识来支配我们自己 and 外部自然界。原始人没有这种能力，他们不能支配任何一种自然力，依然是自然的奴隶。只有摩擦取火，人类才第一次支配一种自然力，而且认识到摩擦生火的必然性，利用它来改造自己生存的环境。这时，人向自由迈了半步，然而却是人的第一次解放。恩格斯认为，这是“人类对自然界的第一个伟大胜利”。他说：

……人只是学会了摩擦取火之后，才第一次迫使一种无生命的自然力来为自己服务。现在还有的民间迷信表明，这个具有几乎不可估量意义的巨大进步在人类的感情中留下了多么深刻的印象。……在人们知道其他一些取火的方法以后很久，在大多数民族中一切圣火都还必须由摩擦产生。甚至在今天，在大多数欧洲国家中，民间还有这样一种迷信：灵火（例如我们德国祛除兽瘟的净火）只许由摩擦产生。这样，直到我们的时代，关于人类对自然界的第一个伟大胜利的这种令人感恩的回忆，还半无意识地继续存在于民间迷信中，继续存在于世界上最有教养的民族的残留的异教神话的传说中。

但是我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。__摩擦取火是人类第一次用人工的方法，将机械能转化为热能，并利用热能为自己服务。所以，摩擦取火是人类历史上第一次能量革命。这次革命，将人与动物区分开来。动物只能依赖自然过程进行能量的转化和利用，人则可以干预自然过程实现能量的转化和利用。这次能量革命是智人发动的，虽然他们并不明确摩擦取火是实现机械能向热能的转化，但在实践中却实现了这种转化，使人走出脱离动物界的第一步，开创了人类的前文明史。

第一次能量革命，也是第一次文化革命，产生了“火的文化”，出现了“火的技术”——早期冶炼技术。火，创造艺术——原始艺术。

在石器时代，有了火的照明，可以在山洞里绘画，将画绘在洞壁上。有

了火，可以将画烧制在陶器上。从我国青海出土的舞蹈纹彩陶上，我们看到了早期艺术的光彩。青铜时代，青铜铸造的艺术品，更令人惊叹！

火，创造哲学——火的辩证法。古希腊哲学家赫拉克利特认为火是万物之源，既是万物的基质，又是万物运动的动力，并且是相互转换的。他似乎从火的辩证法中，猜测出能量守恒和转化定律。他说：

这个世界对一切存在物都是同一的，它不是任何神所创造的，也不是任何人所创造的；它过去、现在和未来永远是一团永恒的活火，在一定的分寸上燃烧，在一定的分寸上熄灭。

一切事物都换成火，火也换成一切事物，正像货物换成黄金，黄金换成货物一样。__火，象征着光明和自由。

蒸汽动力：第二次能量革命

为什么说摩擦取火只是人向自由迈了半步？虽然摩擦取火使人类能制造火、应用火，然而又因此使人类不得不依赖火，受火支配。火约束了自由。因为“火的技术”毕竟是原始的，发展缓慢，长期滞留在铁器时代，生产力依然很落后。

摩擦取火只实现了将机械能转化为热能，而这只是机械能与热能相互转化全过程的一半，而另一半，即将热能转化为机械能尚未实现，所以是片面的。因此，要向自由迈一步，必须完成全过程，就是说要反过来，完成将热能转化为机械能的过程。不管这一进程是多么的辩证，历史自然有自己的步伐，辩证法还是要等待很久很久。

自摩擦取火之后，至少经过几万年，终于发明了蒸汽机，实现了将热能转化为机械能，掀起第二次能量革命，呼唤着工业社会的来临。

蒸汽机是谁发明的？人们常常毫不犹豫地回答说，瓦特发明蒸汽机，历史的功绩全部属于瓦特一个人。其实，蒸汽机的发明是历史进程的必然产物，多少代人经历了2000多年的努力，取得了第一项真正国际性的发明成果。

早在公元前120年左右，亚历山大的希罗就发明了一种从其本身喷射水蒸气使之转动的机械。又过了近2000年，人类才制造出第一部蒸汽机。这是第一次把热能转化为真正有用的机械运动的装置。即使从实验性蒸汽机到实用性蒸汽机的制造和完善，也是几个国家的科学家、数学家和哲学家，以及技师、工匠经历了几十年的努力才完成的。法国物理学家巴本是荷兰物理学家惠更斯的学生，他运用德国哲学家、数学家莱布尼茨关于汽缸活塞的应用思想，于1695年在德国造出了第一部实验性蒸汽机。英国铁匠纽可门于1705年发明了第一部实用性蒸汽机，能大规模地把热能转化为机械能，并作为抽水机在矿山应用。纽可门的同胞，青年仪器制造者瓦特直到1765年才发明了蒸汽发动机的关键部件——分离冷凝器，使蒸汽机完善，更为实用。1784年，瓦特又发明了双向蒸汽机，把过去只能用做抽水的机器变为万能的动力机，使蒸汽机达到近代水平，得到十分广泛的应用。

怎样评价瓦特的功绩？《智能革命论》一书做过这样的分析：瓦特最大的贡献不是发明蒸汽机，而是改进蒸汽机。他的第一个贡献是给蒸汽机增加一个分离冷凝器，这才是真正划时代的发明。这一发明，大大提高了蒸汽机的热效率，降低了煤的消耗，使之成为经济实用的发动机。

瓦特的第二个贡献，是他发明了第二种蒸汽机，即双向蒸汽机，从而找

到了普遍适用的发动机。这种发动机消耗煤和水而自行产生动力又完全受人控制，可以移动而不受地点限制。它的普遍应用，促进了机械化。

瓦特的第三个贡献，是他与人合伙开办发动机厂，把技术—生产—经营连为一体，使他的发明迅速变为产品，很快在生产中得到应用，推动发动机产业的逐步形成。瓦特的第四个贡献，是在 1798 年发明离心调速器，用来自动调节蒸汽机的转速，解决了所遇到的自动控制问题，也预示着机械化之后的自动化。

蒸汽机的广泛应用，导致了第一次工业革命，使工场手工业转变为机器大工业，开始了工业大生产的新时代。蒸汽动力代替了牛力、马力和人力，成为当时最强大的动力，也是巨大生产力的代表，对社会产生了极其深刻的影响。恩格斯说：

17 世纪和 18 世纪从事创造蒸汽机的人们也没有料到，他们所造成的工具，比其他任何东西都更会使全世界的社会状况革命化，特别是在欧洲，由于财富集中在少数人手里，而绝大多数人则一无所有，起初是资产阶级获得了社会的和政治的统治，尔后就是资产阶级和无产阶级之间发生阶级斗争，这一阶级斗争，只能以资产阶级的崩溃和一切阶级对立的消灭而告终。 —

工业社会：高能社会

蒸汽机实现热能到机械能的转换和利用，法术般地创造了工业社会。它在不到 100 年中所创造的生产力比过去一切世代所创造的生产力总和还要多，还要大，为工业社会奠定了基础。

然而，实现热能与机械能的相互转化，仍然是各种能量相互转化的一个方面。如果实现热能、机械能、电能以及其他能量形式的相互转化，显然还会引起新的能量革命。实现能量的全面转化是以科学理论为依据的，不像过去那样只凭经验实践，而是理论与实践相结合，即在科学实验的基础上，在科学思想指导下进行的。因此，这一进程，更不像过去那样需要几万年，而是不用很久（即使 100 年，与几万年相比也是一瞬间）。这一天终于来到了。

先是制造发电机和电动机，几乎同时实现了机械能与电能的相互转换和利用，掀起了第三次能量革命，导致第二次工业革命，推动工业社会进入中级阶段；后是原子能的利用，实现核能转化为热能和电能，成为 20 世纪最强大的动力，掀起了第四次能量革命，导致第三次工业革命，推动工业社会发展到高级阶段。每一次能量革命，都使能源消耗成倍增长，并使工业社会成为高能社会。

随着工业社会的发展，也形成了技术圈，两者同步。可以说，工业社会是技术圈的社会形式。工业社会是高熵社会，也是人与自然对立关系的社会形式。

蒸汽时代：初级工业社会

初级工业社会，即工业社会的初级阶段，它以蒸汽为动力，也是蒸汽时代。蒸汽机是这个时代的标志，是推动时代前进的火车头。火车、轮船都是由蒸汽推动的，从而有铁路的通行和河海的远航。运输成为工业社会的动脉，推动市场经济和自由竞争，推动资本主义向外扩张。

初级工业社会是第一次工业革命的产物。这次革命虽然是蒸汽机推动的，但它是手工工具变为工具机为起点的，并由此逐步发展为近代机器，形成由动力机、传动机和工具机构成的机器体系。工具机与单个工具不同，它是把许多工具装在同一机构上，摆脱了过去一人只能操作一个工具的状况。1764 年詹姆斯·哈格里夫斯发明了一台纺织机——珍妮机，一开始就能用 12~18 个纱锭。在此之前有人发明了脚踏的双锭纺车，但能同时纺两根纱的纺纱能手几乎像双头人一样罕见。珍妮机却能利用同一工作机构同时纺十几根纱，这说明工具机一开始就摆脱了人使用手工工具所受器官的限制。几乎同时，理查德·阿克莱特发明了水力纺织机。水力的利用导致了工厂的建立。不久，塞缪尔·克朗普顿便将珍妮机与水力机的特点结合起来，发明了“骡机”（走锭纺纱机），使生产细棉布这类高级棉布的近代棉织业得以确立。这样，从 18 世纪 80 年代开始，在纺织业首先开始了机械化的进程。

18 世纪末，蒸汽动力在纺织业的应用，加快了纺织业生产机械化进程的步伐，并使机械化进入其他行业。面对工具机日益增多的需求，人们认识到必须利用机器生产机器，这既促进了工作母机的生产和机器制造业的形成，又进一步加速了机械化的进程，实现了生产的初步机械化和社会的初步工业化。

初级工业社会的重要特点，就是以蒸汽为动力的工业大生产。首先发展纺织业，为工业化积累资金，带动机器制造业、采矿业和冶金业的发展，逐步实现机械化。

蒸汽动力的利用，是震撼旧世界基础的伟大杠杆，进一步推动封建社会转变为资本主义社会，大力促进农业社会迅速转变到工业社会的轨道上来。在蒸汽动力推动下的第一次工业革命，日本的《世界大百科事典》称之为“产业革命”，是指这一革命本来出现在资本主义确立时期，它意味着技术、经济和社会的变革。不过这种产业革命以经典姿态的进展，却发生在近代资本主义发展最顺利的英国。欧洲其他国家及美国、日本的产业革命都晚于英国，分别在 19 世纪中叶、后半叶和末叶出现。但不管在任何场合下，以机器生产，即工厂制取代手工业、手工制造业的变革，其本质是一致的。这种变革导致机器大工业的发展，其结果是必然出现生产机械化和工业社会，只不过由于不同国家的条件不同，出现的时间有先有后，在进程上也有不同的阶段。

电气时代：中级工业社会

18 世纪电学的兴起，为 19 世纪中叶的电力革命准备了条件。特别是 19 世纪初叶，英国物理学家和化学家法拉第对电磁转动进行的研究，率先创制了实验原理性电动机。他发现电磁感应现象后，又创制了一台发电机，几乎同时实现了电能与机械能的相互转化，离实际应用只有一步之遥。

谁能走出这关键性的一步呢？不是别人，正是今天仍然有名的德国西门子的创始人西门子。他在 1867 年制造了一台大型自激式发电机，最终导致火力发电厂和水电站的建造，出现了大规模电力工业，掀起了第三次能量革命，迎来了中级工业社会。

西门子与瓦特不同，他将理论与实践相结合，既写论文《不用永久磁铁，而把机械能转换为电能的方法》，为获得强大电流寻找理论依据，又在实践中采用电磁铁制成了自激式发电机。但就其作用与意义而言，西门子的发电机可与瓦特的蒸汽机相比拟。从此，工业社会由蒸汽时代进入电力时代。

为什么 100 多年来西门子公司至今未衰呢？西门子是出众的“研究—开发—经营”型的人才，他是集科学家、工程师和商人于一身的人，从而开辟了成功之路，一直延伸到今天。这也许是西门子公司至今未衰的祖传秘方。

电力革命是第二次工业革命，推动工业社会向中级阶段发展。在这个阶段，从生产到生活的各个方面，电能得到普遍应用，逐步实现电气化，促进了机械化向广度和深度发展。

19 世纪末叶，爱迪生发明灯泡后就着手火电厂的设计，不久美国、英国和欧洲大陆的火电厂和水电站开始运转，并且可以长距离输电。20 世纪初，高压输电减少了能量损耗，可以把电能输送到更远的地方，使城市和农村的联系更为密切，进而把农村也纳入工业社会的轨道。很快，电气超过蒸汽，连铁路也实现了电气化，进入了电气时代。同时，生产工厂化发展到生产社会化，自由资本主义向垄断资本主义发展。

电气化是推动工业化的有力的杠杆。这条杠杆，资本主义和社会主义都可以利用它。前苏联建国初期就提出要在全国实现电气化，发展工农业，并从重工业开始，逐步实现工业化，乃至出现过社会主义的工业社会。但是，他们说“苏维埃政权 + 电气化 = 共产主义”，显然是夸大了电气化的社会功

能，可称之为“电气化乌托邦”

中级工业社会的特点是，电力成为主要动力，以电力为核心实现电气化，工业化进入第二阶段——全面机械化。

原子时代：高级工业社会

电的使用，虽然导致可使各种形式的能——热、机械运动、电、磁、光——相互转化，并且被广泛利用，但尚不能人工释放原子核能和利用原子能。然而在自然界，太阳的生命就在于核反应，它每时每刻都在进行核反应，都在进行核聚变，都在释放核能。辐射到地球上的能量早已被我们所利用。何时才能人工释放核能、利用核能呢？尽管爱因斯坦的相对论为这种利用指明了道路，但人们还是要等待。可是等来的是第二次世界大战的原子弹爆炸，这仿佛是在显示能量的法力——在劫难逃。此时此刻，人们多么希望智慧女神能够再次降临，用她的智慧抗拒法力，让危难伴随希望，帮助人类找到原子能的和平利用方式。

原子弹的法力惊醒了许多科学家。爱因斯坦先促成美国总统罗斯福决定研制原子弹，后又反对使用原子弹，但遭到美国总统的拒绝。科学家们更反对研制氢弹，因为对氢弹来说，原子弹不过是玩物。如果使用氢弹，人类处境会怎样呢？物理学家 M. 玻恩说：

原子核能的释放是一个可与史前人燃起第一把火相比的事件——虽然现在没有当代的普罗米修斯，而只有一批能干的不很英雄的人物，引不起写叙史诗的灵感。许多人都相信这些新发现要么会导致巨大的进步，要么会导致巨大的灾祸；引至天堂或落入地狱。但是我想，这个地球必将保持它一向的样子；它一直是天堂和地狱的混合物，天使和魔鬼的战斗场，让我们向周围看看：这个战斗的前景是什么，而我们为了支援正义又能做些什么呢？__大战已经结束，氢弹随之产生，战争的道路还在延伸。这条道路究竟通向哪里？1952年，美国首先爆炸了氢弹。1953年，前苏联接着爆炸了氢弹。核武器竞争愈演愈烈，很快英国、法国也都掌握了氢弹。如果谁首先使用氢弹，就会爆发第三次世界大战，人类有可能同归于尽，地球也会面目全非。于是，异化出现了：人类创造了科学，科学反而毁掉人类；地球产生人类，人类要毁坏地球。

人类的理智，应保护地球。科学的良知，应该造福人类。人类终于实现了原子能的和平利用。

1954年，前苏联在莫斯科郊区建造的奥勃宁斯克原子能发电站投入运行，虽然发电功率只有5000瓦，却是世界上最早的核电站。1956年英国的科尔达尔原子能发电站也开始输电。此后，核电逐步发展。到1991年，全世界已有420座核电站在运转，核电占世界年总发电量的17%，而1970年才占1.5%。现在，法国核电已占国内总发电量的70%以上。中国除大亚湾和秦山两座核电站外，还计划建造20座核电站。由于1979年美国三哩岛核事故之后，又有1986年前苏联切尔诺贝利核事故，使世界上大有“谈核色变”之势，曾一度影响核电的发展速度，但近年来又有所加快。目前，日本平均每年建成1座核电站，今后10年则平均每年建造2~3座核电站。无论如何，核能的利用是必然的趋势，其潜力非常大，将成为21世纪主导动力。现在利用的是核裂变释放的能量，将来可利用可控核聚变释放的能量。

实现原子能转化为热能、电能，进而转化为机械能，并加以利用，这是第四次能量革命，导致第三次工业革命，把工业社会推向高级阶段，即高级工业社会。

高级工业社会的特点，就是利用核能作为最强大的动力，以及与之相关的新产业的兴起，通讯和控制技术大发展，促进生产自动化和管理信息化，工业化进入第三阶段——自动化和信息化。

核电站的运行是高度自动化的，控制系统根据电站负荷不断对反应进行调节。负荷增加时，控制棒自动提升让反应增加功率；负荷减少时，控制棒下降；当出现事故时，控制棒迅速自动插入，将反应堆关闭。因此，核发电是稳定的，可靠的，也是安全的。

显然，核电站运行的高度自动化，必然推动自动化技术的发展。核技术，特别是核电站，需要高精度、高可靠性的自动调节和自动监测系统，要求改变过去那种机电自动控制技术和仪表，进而采用计算机制系统，既推动自动化进入新阶段，又促进计算机技术的发展。

目前所用的计算机都是冯·诺依曼型计算机，而第一台这样的机器，就是在研制原子弹的推动下产生的。冯·诺依曼参加过第一颗原子弹的研制工作，这涉及数十亿次算术运算和逻辑指令，而且必须保证所有中间的细节和计算的精确，可是当时有成百名计算员用台式计算器演算都达不到要求。这就促使他又去参加研制计算机的工作。他提出采用二进制和存储程序，从而使计算机能按程序快速地自动运算。按照这一原理制造的 EDVAC 计算机就是第一台冯·诺依曼计算机。虽然它因故于 1951 才制造出来，但它是真正的第一代计算机，而 1946 年演示的世界首台 ENIAC 计算机，只不过是代前的早产儿。

计算机是信息处理机，既可用于控制，也可用于通讯，控制与信息不可分。所以，早在 1947 年，维纳就说：

“现在是通讯与控制的时代。”实质上，他所说的时代可以简称为信息时代。但也有人认为信息时代是从 1957 年卫星上天开始的。然而，这个时代又称为“原子时代”、“电子时代”、“宇航时代”。卫星上天之后，就有宇航员登上月球。由此说明，在高级工业社会，各种新技术是相互联系的，彼此促进的。

高能结构：高熵社会

工业社会是高能社会，高能耗是这个社会的特点。每一次工业革命都是一次能量革命，都是一种新能的利用。每一次利用一种新能，工业社会就进入一个新阶段。工业社会的发展是以能量消耗为代价的。工业社会由初级到高级的升级，能量消耗也随之由低到高地递增。总之，工业社会的发展是由能量驱动的，工业社会具有高能结构。能量之所以是法力，就在于它既使人类生活的社会进化，又使人类居住的环境退化。进化与退化同在，这就是发展。发展有两个方向，既可向进化的方向发展，也可向退化的方向发展。能量的利用，伴随着熵的增加，即同时有一定的能量转化为不能做功的无效能量，亦即污染。因此，工业社会的高能结构，主要是高能耗的产业结构和不可再生的能源结构，必然导致熵增，产生污染，可称之为社会熵。社会熵是工业社会内在机制决定的，是不可避免的。所以，工业社会实质上是高熵社会。

因此，要清除环境污染，就要改变高能结构，变革社会形式，由高熵的工业社会走向低熵的智能社会。

钢铁支柱：产业结构

工业社会早期，大力发展轻工业，特别是纺织业，可为工业化积累资金。但要大规模地发展纺织业，就必须广泛使用机器，促进机器制造业的发展，乃至使机器制造业成为支柱产业。由于蒸汽动力成为主要动力，因此需要大量地制造蒸汽机，而蒸汽机的应用又要配置机动机械，实现机械化，又进一步促进机器制造业的发展。不论是机器制造，还是铁路建设，都需要钢铁，钢铁工业便成为支柱的支柱。

工业化由轻工业开始，走上发展重工业的道路。不论是工业化较早的英国、法国和德国，还是后起的美国和日本都一样，只不过略有差异。例如，德国工业革命带有浓厚的军事色彩。1848年资产阶级革命后，普鲁士军国主义的崛起，直接推动了德国工业特别是重工业的发展。战争和战备的需要，使德国出现了修筑铁路的热潮。而铁路的发展，必然会对煤炭、铁轨、机车等产生巨大的需要，进而也就促进了采矿、冶金、机械制造业的扩大再生产。从1850~1870年的20年中，德国工业生产翻了两番。其中煤产量提高4.1倍；生铁产量提高5.6倍；钢产量提高约2.8倍。

工业社会的高能结构，的确是“以钢为纲”。钢铁工业大幅度发展。特别是电炉炼钢法的发明和使用，汽车制造业的兴起，更是推波助澜。1870年世界钢产量只有52万吨，1900年猛增到2830万吨，增长50多倍。30年以后，仅德国的钢产量就达到2320万吨，日本的钢产量也达到647万吨。有了钢铁，既可以造机器、建铁路，也可以造飞机、坦克。1939年德国的军火产量是英美两国之和的2倍，终于导致第二次世界大战。美国利用自己在战时的特殊地位，使钢产量在1944年达到8130万吨，成为强国。

战后的日本，首先重点发展重工业和化学工业，以带动其他各业，不仅使经济得到恢复，而且使经济迅速发展。到1973年，日本钢产量猛增到11932万吨，仅次于美国的13680万吨。

钢铁工业是汽车、机械、造船、建筑等工业的基础。它的发展，必然带

动这些产业的发展。所有这些重工业，以及化学工业、动力工业都要消耗大量的能源，是高能耗产业。正是这些产业成为支柱产业，是经济发展的支柱，也是工业社会的支柱。工业社会是钢铁的社会，也是汽车的社会。1950年，西方主要工业化国家的汽车总产量为1048万辆，其中美国为806万辆；1973年，这些国家的汽车总产量为31352万辆，增长近28倍，其中美国为12582万辆，平均两人1辆车。汽车的发展推动了钢铁工业的发展，但也消耗了大量的油料。

从20世纪70年代中期到80年代中期，这根支柱似乎要倒下。由于西方经济陷入“滞胀”（经济停滞和通货膨胀），钢铁、汽车等传统产业，普遍出现困难。1982~1986年，美国有400家钢铁厂倒闭。1985~1987年，日本各大钢铁联合企业的高炉停火，数万人失业。人们惊叹：传统工业即将没落。美国未来学家托夫勒称之为“夕阳产业”。

如果支撑工业社会的柱子倒下，工业社会就会坍塌。然而经过高技术改造的传统产业，到90年代初，却又开始复苏。这种“复苏”展示：钢铁支柱不可动摇。

现在，中国也是“亿钢”（1亿吨）之国，为什么还没有实现工业化，进入工业社会呢？这可称为“亿钢”之谜。

不论如何，工业化是用高能耗换来的。没有高能耗就没有工业社会。但不能说，有了高能耗就一定有工业社会。否则，就不存在“亿钢”之谜。

石油血液：能源结构

工业，特别是重工业，好像张开大口的老虎，每天都在吞食大量能源。过去把卖开水的炉灶叫做“老虎灶”今天老式锅炉称作“煤老虎”，更不用说工业用煤之多。煤是工业的粮食，也是取暖、烧饭等日常生活之必需品。工业社会初期，煤是主要的能源。没有煤，就没有蒸汽动力，也就没有工业社会。

不仅蒸汽机要用煤，而且制造蒸汽机的钢铁也要用煤。同时，蒸汽火车、蒸汽轮船都要用煤。瓦特双向蒸汽机不仅解决了煤矿抽水的难题，而且成为“万能”的动力机。蒸汽动力的普遍应用，大大促进了煤的生产。水到渠成，煤矿大兴，形成煤炭工业，推动钢铁工业的发展；钢铁工业的发展，又推动煤炭工业的进一步发展，保证煤的供求。于是供煤、用煤互动，煤产量日益增长。世界煤产量，1835年为3600万吨，1855年增至42200万吨，20年增加10多倍。英国的煤产量，1700年为215万吨，1790年增至762万吨，1850年激增至6476万吨，150年增长30倍。这样，初级工业社会就形成了以煤为主体的能源结构。

由蒸汽时代进入电力时代，原来的蒸汽机发展为汽轮机并用于火力发电依然需用煤，随着炼钢技术的进步（转炉炼钢与平炉炼铁）和钢铁产量的增长，还需用更多的煤。同时，随着以煤为原料的化学工业的兴起，加速了煤的生产。从1855年到1905年，世界煤产量增到95300万吨。1913年煤炭在能源结构中占92.2%。

虽然，蒸汽机是第一次工业革命的火车头，但这种蒸汽机也有局限。首先是热效率很低，只有5%~8%；其次是结构笨重，操作不方便；再次是能量传递受距离限制。因此，发展内燃机是必然的趋势。它效率高，体积小，重

量轻，安装方便。1859年美国打出第一口石油井，石油进入工业化生产，为利用汽油创造了条件。1883年，美国首次研制出装有汽油内燃机的汽车，随后开办汽车制造厂，成批生产汽车。1903年创立的福特汽车公司，至今仍有活力。

汽油内燃机的广泛使用，导致燃料由煤炭转向石油。石油是工业的血液，流入工业的血管。有了这种血液，不仅汽车制造业发展了，飞机和造船业也发展了，海陆空立体交通成为经济发展的大动脉。与煤一样，没有石油，也就没有工业社会。

因为石油使用方便，来源丰富，价格便宜，使煤炭黯然失色。石油和它的伙伴天然气，在世界能源中所占的份额，1900年仅占4%，1937年为24.1%，1960年达到49.2%，1965年上升为57.3%，超过了煤炭。到1973年，石油和天然气所提供的能量合计为煤的2倍。世界石油总产量，1980年达到210亿桶，按世界人口平均计算，每人4.9桶。由此，形成以石油为主、煤炭为辅的能源结构。

现在，世界商品能源消耗的速度，早已超过人口增长的速度。1975年的人口是1925年的1倍，而商品能源的人均消耗却为1925年的2.7倍。1987年，世界商品能源的总消耗量为100亿吨标准煤，比1975年增加70%，估计到2000年，将上升为200亿吨标准煤。能源消耗保证经济增长，支持世界人口爆炸。人口爆炸性增长，又需要更多的能源消耗。如此反复，恶性循环，何时为止？然而地球的能源是有限的，石油和天然气不到100年就会耗竭，地球快到可容纳人口的极限。

石油作为燃料和化工原料具有广泛用途，但大多数国家很少甚至没有自己的石油资源，日本和西欧一些工业国要依靠外国进口石油。美国有石油资源，但作储备之用，因此也要进口石油。以廉价（1950~1972年石油价格徘徊在每桶1.8美元左右）从国外进口石油，发展本国工业经济，是不是一种掠夺？为什么石油资源越丰富的地方，那里的战争也越频繁？因为石油是工业社会的命根子，人们不得不为石油而战，而战争又要消耗大量石油。为获得石油却消耗大量的石油，岂不是得不偿失？战争的目的是用消耗的大量石油来换取更多、更大量的石油。

熵妖现象

石油和煤赋予工业社会活力，出现机器文明：也带来危害，导致熵增。石油危机曾导致西方经济危机，这是“经济熵”；石油和煤的燃烧导致生态危机，这是“生态熵”。熵好像妖魔，一直被禁闭在瓶中，现在终于从瓶中逃出来。据说瓶子是所罗门封住的，妖魔怎么会逃出来呢？过去是贫穷的渔夫把它放出来的，现在是能量的法力在呼唤它，它就化成熵从瓶中冒出来。这是一片黑熵，它笼罩着大地，任意侵害生灵。

能量的法力就在于化石燃料。石油和煤都是化石燃料，既可提供能量，又使熵增。越是大量使用化石燃料，熵就愈增，以致熵妖形毕露，张牙舞爪，要吃人，非常可怕。

什么是熵？前面简略提及。熵增是生态危机的根源，因此有必要进一步地了解它，认识它。

大家都知道物理学上的能量守恒和转化定律，这也就是热力学的第一定

律，但不太熟悉热力学的第二定律及其适用范围。法国物理学家和信息论学家、美国国家科学院院士 L. 布里渊在 1949 年说过：“从第二定律所得出的答案往往不可捉摸，总是有点像女巫所说的话。”因此，艰难理解它的深刻内涵。

热力学第一定律是说，系统的总能量保持恒定，而能量的形式可以转化。因此，可以充分利用能量，它法力般地创造了空前巨大的生产力。

热力学第二定律是说，孤立系统的熵不能减少，熵总是趋于增大。这就是说，虽然能量的总量守恒，但能量的“质”不守恒，而且逐步下降。例如，电池充电密封之后，过一段时间便失去原有功能；除非再充电，补充能量，抵抗熵的增长，恢复原有的功能。燃烧的热辐射出去，如同泼出去的水，很难再收回来，很难让它重新聚集起来。根据热力学第二定律，孤立系统的温度总是由高到低，最后各处的温度都一样，达到热平衡，乃至“热寂”。

热力学第二定律表明，能量流具有方向性：从有效到无效，从有序到无序。无效能量的增多，系统的紊乱就是熵土增。

熵的增加就意味着有效能量的减少。每当自然界发生任何事情，一定的能量就被转化成了不能再作功的无效能量。被转化成了无效状态的能量构成了我们所说的污染。许多人以为污染是生产的副产品，但实际上它只是世界上转化成无效能量的全部有效能量的总和。耗散了的能量就是污染。既然根据热力学第一定律，能量既不能被产生又不能被消灭，而根据热力学第二定律，能量只能沿着一个方向——耗散的方向——转化、那么污染就是熵的同义词。它是某一系统中存在的一定单位的无效能量。

热力学第二定律解释了这个现象。它告诉我们每当能量从一种状态转化到另一种状态时，我们会“得到一定的惩罚”。这个惩罚就是我们损失了能在将来用于作某种功的一定能量。这就是所谓的熵。

严格地说，地球不是孤立系统。孤立系统是指与外界既无物质又无能量交换的系统。地球是封闭系统，虽然与外界没有物质交换，但有能量交换。太阳能辐射大地，提供负熵，维持生态系统。生态系统是开放系统，与环境既有能量的交换，也有物质的交换，还有信息的交换。如果环境遭到破坏，那么环境所提供的负熵就不能抗衡熵增，就会出现生态危机，这可称为生态熵。

工业社会充分发挥热力学第一定律的作用，按照自己的意志实现了能量的转换和利用，掀起一次又一次的能量革命，魔术般地创造了史无前例的生产力。然而，热力学第二定律却不以人的意志为转移，照样无情地导致熵增。可是贪心的人们长期不醒悟，毫无节制地开发能源、利用能量。现在到了醒悟的时候了。

当你觉醒的时候，你就会想到渔夫的命运：他奇迹般地战胜了妖魔。他是怎样战胜妖魔的？对我们又有什么启示？

当妖魔要弄死渔夫时，渔夫对妖魔说，我不相信你这样的庞然大物，怎么会是从瓶中出来的？妖魔说，你不信我就钻进去给你看。渔夫赶紧盖上瓶盖，制服了妖魔。

尽管熵妖不会自动变小，但这个故事告诉我们：智慧能战胜法力。只不过我们要比渔夫有更高的智能，才能对抗更大的熵妖。这里需要逆向思维：“道高一尺，魔高一丈。”

既然可以制造能量转换器——机器，也可以制造智能转换器——智能机器，实现智能的转换和利用，发展节能低熵的技术。如果说蒸汽机法力般地创造了工业社会，那么智能机就会奇迹般地创造智能社会。

信息高速公路究竟通向何方

“信息就是信息，不是物质也不是能量。不承认这一点的唯物论，在今天就不能存在下去。”这是美国数学家、控制论创始人维纳的一句名言。当然，这不是说信息与物质、能量没有联系。信息需要物质载体，信息的传递需要能量。狭义信息是指消除了的不确定性，广义信息是对事物特性和运动状态的表征。信息可以存储、传递和处理。信息是重要资源，可以开发、利用与共享。

物质、能量与信息，已经成为现代科学技术的三大支柱，也是现代社会的三大支柱，信息技术日益成为工业社会的支柱产业。过去技术主要是能量转换器，现代技术又是信息转换器。信息技术和控制技术推动工业社会发展到高级阶段，进入信息时代。

人们认为信息革命标志着信息时代的来临。殊不知信息革命的源流，与能量革命一样古老，语言的产生与摩擦取火同步。从历史上考察，信息革命有过四次，只是现在的第五次信息革命才进入信息时代。

与能量革命不同，历史上的四次信息革命都未创造过一种新的社会形式。这次新的第五次信息革命会例外吗？

目前，人们又在谈论信息高速公路。这条未来之路究竟通向哪里？是“信息社会”，还是智能社会？

信息革命：走向信息时代

回顾历史，从语言的产生、文字的创作、印刷术的发明到电信、广播、电视与计算机通讯，发生了五次信息革命，终于出现了信息时代。

“地球上最美丽的花朵——思维着的精神”，正是由语言的沃土培育开放的。思维与语言同步产生，语言由文字延伸，文字由印刷术传播，美丽的花朵越开越多彩，展现古代文明的辉煌。此后，电信、广播和电视，在更大的空间快速传播语言、文字和思想，美丽的花朵更大，更美丽。

计算机和通讯的结合，不仅可以快速传递信息，而且可以快速处理信息，深入思维空间，增强人的思维能力，从而创造了信息文化。哲学和数学是古代文明通向现代文明的桥梁。哲学家和数学家莱布尼茨首创二进制算术，以后二值逻辑运用于计算机基础的逻辑电路，至今仍沿用。这种以“0”、“1”两个数字构成的二进制，与中国古代《易经》中的阴阳一脉相承。“阴阳逻辑”是二值逻辑的前身。

五次信息革命是历史的发展过程，最终使社会进入信息时代。每次革命都对社会产生了重大影响，却没有一次信息革命创造出一种新的独立的社会形态。

美丽的花朵：历史上的信息革命

第一次信息革命是语言的产生。远古时期，人类祖先开始制造工具并人工造火，在劳动过程中需要传递信息、交流思想，由手势语发展为有声语言。语言的产生，标志着第一次信息革命的兴起，其意义可与制造工具和摩擦取火相比拟。人不仅是“制造动物的动物”，而且是会“说话的动物”，由此使人与动物分开。

语言推动脑的进化，使猿脑进化为人脑。人脑皮层有语言中枢，使人脑能借助语言进行思维，并能与别人交流思想。语言是交流思想的工具，具有实践的功能。它是一种实践的，是既为别人存在也为自己存在的现实意识。它是改造客观世界的一种力量：帮助人们结成社会，组织生产；同时，它又是改造主观世界的一种力量：推动人们由感性思维上升到理性思维，发展自己的思维力量。思维着的精神是地球上最美丽的花朵。

语言信息在人脑中存储和加工，利用声波传递信息，确实是历史上最伟大的信息革命。如果说摩擦取火是人类第一次支配一种自然的力量，就世界性的解放作用而言，它还是超过了蒸汽机；那么语言的产生则是人类第一次展现一种精神的力量，就地球上最高的精华而言，它超过了计算机。至今还没有一台计算机能思维。

第二次信息革命是文字的创作。语言的产生，可以使语言信息存贮在人脑里，通过回忆，再把它取出来。但是，人脑容易遗忘，一旦遗忘，信息就取不出来。只能存入信息，不能取出信息，就是遗忘。因此，语言产生后，为了长期存贮信息，如记数、记事等，就要创造一种符号，代表语言刻画在石头上、洞壁上和地面上，以及其他载体上。

石器时代，最初是随意的刻画，或用枝条、草绳以及任意的摆设作为一种记号，表示某数、某事，所以有“结绳记事”的传说。记号是多种多样的，既有用图形记事的，也有用图画表意的。久而久之，这种记号逐渐固定下来，

代表特定的对象，形成符号。然后又用符号表达言语，减少符号的数目，使之简化，从而具有普适性，用来表示短语。

青铜时代，开始用符号表意，进而用符号表示对象的发音，并将两者结合起来，表示词和短语。但符号数目大多，不具普适性。因此，再使符号简化，变为楔形刻痕的组合，构成楔形文字。

直到铁器时代才有简化的字母表。符号代表发音，用字母组成词。公元前 13 世纪，腓尼基人创造了字母文字，演化为日后的拼音文字。公元前 14 世纪，殷代的甲骨文是典型的象形文字，演化力今日的汉字。

有了文字，就开始书写。最初文字是通过划泥烧烤而形成的，后来是刻写在竹筒上，再后来是写在纸上。文字就这样逐渐形成书面语言而独立存在。文字信息可以脱离人体而贮存更久，信息不受声波局限，可以传递得更远，扩大了人类彼此交流的时空。文字是语言表达的工具，也是语言的延伸。人类用文字记载自己的历史，脱离了“史前时期”。如果没有文字，就没有人类的文明，更没有现代文明。

第三次信息革命是印刷术的发明。中国古代四大发明（指南针、火药、造纸和印刷术）有两项与第三次信息革命息息相关。先是造纸，后是印刷术，两者的结合，使文字信息可以大量贮存和传播，确实是又一次信息革命。

大家都知道蔡伦造纸。实际上，在蔡伦之前，中国已能造纸，蔡伦不过是中国首造纸木的代表人物。

纸是文字信息的载体，可以用来书写，但不能大量、快速传播信息。所以，关键在于印刷术的发明，其意义可与现代的计算机相媲美。

世界上最早的印刷术是隋代的刻板印刷术，唐代流行活版印刷，宋代开始活字印刷。在 1041~1048 年间，毕昇发明活字印刷术，用胶泥烧制成活字排版印刷。这是具有划时代意义的重大发明，并且由东方传入西方，对人类的科学文化的发展做出了不可磨灭的历史贡献。著名的科学史家贝尔纳评价说：

活字印刷术在 15 世纪中叶输入欧洲，传播得非常迅速，先用于祈祷文，后用于书籍。新兴的、廉价的、印刷的书籍促使人读书，也使人要更多的书，这样就激发了一种爆炸性的或链式的反应。

再迟些，大约在 16 世纪，印刷术之成为技术和科学上一些大变化的媒介，是由于它把关于自然界的，特别是关于自然界中新发现的部门的各种叙述，以及首次提出的有关技艺和行业的各种过程的叙述，大量发表给大众读和看。——“知识就是力量”，这是哲学家培根的名言。知识要成为力量，就要印刷书刊、报纸，使之长期存储与广泛传播，才能展现知识的力量。印刷术是知识的推动力。在培根那个时代，恰好也是印刷术发展的时代，并且深刻地影响着后代。

第四次信息革命是电信、广播和电视。19 世纪 30 年代，先是法国人发明了实验电报机，进行短距离的传信；后是英国人又发明一种电报机，架设了商用电报线路。这是最早的电信。实用电报是用莫尔斯电码编码的电报，它于 1844 年第一次传出信号：

“上帝创造了何等奇迹！”

奇迹真的出现了。1860 年铺设大西洋横贯海底的通信电缆，1876 年贝尔和格雷同时发明了电话，1895 年意大利人马可尼和俄国人波波夫同时发明了无线电，海陆空立体通讯的电信时代终于来到了。

美国人贝尔和格雷为争发明权打官司，以后各人自办公司，展开竞争。贝尔电话公司获得成功。最初它的电话用户只有7人，但电话很快普及，深入家庭。在贝尔电话公司的推动下，今天美国家家有电话，一些家庭有二三部电话也是寻常事。日本电话早已普及，有“电话社会”之称。现在“街上流行大哥大”，移动电话发展很快。摩托罗拉公司拟发射几十颗卫星，建立无线通讯网，人们可以随时随地和世界任何地方通话。

20世纪20年代是无线电广播和电视兴起的年代，先是广播，后是电视接踵而至。1920年，美国首先报道总统选举结果的，不是报纸，而是匹兹堡广播电台。这是无线电广播以时间快、空间广的优势，第一次向报纸挑战。不久，英国在全国开办广播业务。收音机随广播而迅速发展，它在大战年代发挥了特殊作用，是人们获得战场消息的重要手段。战后，日本索尼公司以制造和销售晶体管收音机奠定了基业，并促进日本产业结构的变革。

1925年和1927年，电视分别在英国和美国先后公开播映。美国于1928年首次试播机电式彩色电视节目，1937年率先升播全电子电视节目。战后，彩色电视日益完善，提供的视觉信息丰富多彩，受到普遍欢迎，这是对广播的挑战。今天的有线电视具有交互性，可咨询、购物。高清晰度电视，画面逼真，是对电影的挑战。

由于电信、广播和电视的出现，信息传递不论是在时间的速度上，还是在空间的广度上，都大大超过了以往任何一个时代，既扩展了生活空间，加快了生活节奏，又提供了新的休闲方式。现在，世界真奇妙：空间扩大，距离缩短，时间变快，遥远近在咫尺，紧张伴随轻松。这是上帝创造的奇迹，还是生活的辩证法？

聪明的电脑：第五次信息革命

计算机，特别是个人计算机，俗称电脑，早已盛行。电子计算机，就其运算速度之快、功能之强而言，无与伦比，故有电脑之称。它在某些方面超过人脑，能部分代替脑力劳动，也可称之为聪明的电脑。现在的电脑依然是一台机器，它离人脑还很远；现代人却又离不开它，天天要用它，它离人脑又很近。今天，电脑和通讯，计算机通讯，缩短了空间距离：明天，电脑与人脑一体化，将消除人脑与电脑的距离。计算机通讯使计算机的应用由单机到网络，互联网络把全球用户联系起来，出现“地球村”世界经济信息化、一体化，是一次新的信息革命——第五次信息革命，开创一个新的时代——信息时代。其意义可与印刷术的发明相媲美。

人类的通讯，自古代的“烽火驿站”到电报电话、广播电视，都只是信息传递方式的改变。与此不同，计算机通讯不仅改变信息传递的方式，还能处理信息，改变处理信息的方式。正是计算机的这种信息处理方式，创造了信息时代。

人类历史上的信息处理，一直是人脑的专利，没有一种工具能处理信息。只是电子计算机的出现，才改变了历史。机器也能处理信息，而且是快速、大量地处理信息，这必然导致信息大革命，对抗信息大爆炸，抑制信息污染。

计算机，它在本质上是信息处理机，不仅能处理数值信息，也能处理非数值信息（如文字、图像等），可把非数值信息转化为数字信息进行处理。其特点是快速、精确，优于人脑，是人脑的延伸。在此之前的信息传递不过

是耳眼的延长。人脑生来运转缓慢，很难根本改变，适应模拟信息处理。计算机进行数字信息处理，处理速度日益增快，已经达到每秒运算万亿次。人脑储存信息容易遗忘，处理信息又易出错，有其生理和心理的局限性。计算机没有这种局限性，其精确性令人惊叹！仅以埃利阿克计算机为例：1873年，英国人香克斯用毕生的精力算出 π 值到小数点后 707 位，这台计算机只用 4 秒钟就打破了这个记录，还发现香克斯算出的第 528 位数是错的。

埃利阿克 (ENIAC) 是美国于 1945 年制造的第一台计算机。它采用了 18000 只电子管，是一个庞然大物，足足占满了 10 米宽、15 米长的大厅，重达 30 吨。它不仅体积大，而且能耗也惊人，相当于 180 台酒吧电炉。可是 1978 年出现的仅用几块大规模集成电路片子组装的微型电脑 F₈，功能和埃利阿克相当，体积却只有它的 1/300000，重量不到半公斤，耗电量不到 3 瓦，还不到它的 1/50000，而可靠性却提高了 1 万倍。

微型电脑的出现，推动计算机迅猛发展。据美国调查公司 (CIA) 统计，1993 年度全世界计算机装机数为 1.73 亿台，与 1992 年底的 1.48 亿台相比，增长 17%。其中居世界首位的是美国，占有 7420 万台，为世界的 43%；第二位是日本，占有 1220 万台，为世界的 7%；第三位是德国，占有 1040 万台，约为世界的 6%。装机量在 100 万台以上的共有 18 个国家。如以每千人平均拥有计算机的台数计，美国为 288 台，仍居第一；澳大利亚为 193 台，居第二；加拿大为 188 台，居第三。到 1994 年末，全世界电脑数为 2.08 亿台，美国仍居世界首位。计算机不仅数量猛增，而且技术翻新，几乎每隔 6~7 年就更新一次。

目前的计算机都是冯·诺依曼型机器，它的发展，就其器件变革而言，已由第一代发展到第五代，但不包括埃利阿克计算机，因其不是冯·诺依曼型机器。第一代 (1951~1958 年) 是电子管计算机，每秒处理 2000 条指令；第二代 (1958~1964 年) 是晶体管计算机，每秒处理 100 万条指令；第三代 (1964~1978 年) 是集成电路计算机，每秒处理 1000 万条指令；第四代 (1978~1990 年) 是超大规模集成电路计算机，每秒处理 1 亿~100 亿条指令；第五代 (1990 年~) 是极大规模集成电路计算机，每秒处理 1000 亿~10000 亿条指令。

1994 年 11 月，日本电气公司 (NEC) 宣布，它制造一种新型超级计算机 SX—4 是世界上最快的，达到每秒 10240 亿次浮点运算的最大的处理速度。该机将使用 512 台处理器，并改进了处理芯片，计算机的性能较其上一个系列增强 10~40 倍。NEC 接受 1995 年 12 月交货的定货单，把 SX—4 推向市场。

1996 年 7 月，美国能源部宣布，计划耗资 9400 万美元，由 IBM 公司制造一种比现今最快的计算机还要快 300 倍的高超级计算机，为政府提供一种模拟核爆炸而无须实际爆炸核弹的方法。这种高超级计算机每秒能运算 3 万亿次，存储 2.5 万亿字节 (目前的超级计算机的存储量大约为 100 亿字节)，它可以在一秒钟之内做到一个使用便携式计算机的人 3 万年才能完成的工作。这种新计算机是模拟武器试验计划中的一种，叫做“蓝色选择”，将于 1998 年安装在利弗莫尔实验室。这台机器还可用来模拟其他技术问题：不用实际撞车就能测量撞车的结果；设计飞机和发电厂；分析致病分子，然后设计同这种疾病做斗争的药物；制作全球气候模型，模拟人的活动是怎样改变气候的。

计算机发展趋于两极化：一是超大型化，如 IBM 的高超级计算机；二是

微小型化，如掌上型、笔记本型的电脑。发展的主流是微型化，即使大型机山会向微型化发展。正是微型化，使个人电脑进入家庭。它既可与彩电、音响连接，发挥多媒体的作用；又可通过电话线与国际互联网络连接，进行全球通讯，在家中也能参观世界各地举办的“虚拟博览会”。这是一个没有场地、没有工作人员、没有真实展品的在互联网上展现的博览会。1996年11月，伦敦举办了首届“虚拟博览会”

当你在家中享受多媒体提供的娱乐时，当你在互联网上漫游时，你就会真正呼吸到信息时代的新气息。

“信息社会”：一个过渡阶段

第一次能量革命创造了农业社会，第二次能量革命创造了工业社会。然而，历史上的四次信息革命，却没有创造一种新的社会模式。第五次信息革命加速了社会信息化的过程，有人把信息化的社会叫做“信息社会”，这只是一种说法。实际上，它不是一种独立的社会形态。所谓“信息社会”，实质上是电脑化的社会。全面信息化就是实现工厂自动化、办公室自动化和家庭自动化，亦即全面自动化。因为控制与信息不可分，自动控制是实现自动化的基础，而电脑又是自动化的灵魂。因此，如果一定要把信息化社会叫做“信息社会”，那么也可以把电脑化社会叫做“电脑社会”，或者叫做“自动化社会”也未尝不可。

与农业社会有过新石器时代、青铜时代、铁器时代一样，工业社会也有蒸汽时代、电气时代、信息时代，标志着工业社会发展的不同阶段。只不过信息时代与电子时代、控制时代、电脑时代同时并存，也可以用信息时代概括电子时代、控制时代和电脑时代。信息时代是工业社会的高级阶段，它正在向一个新的社会形态转变。所谓“信息社会”就是这种转变过程中的一个过渡阶段，并非一种独立的社会形态，如同农业社会向工业社会转变过程中有“手工业社会”一样。

芯片心脏：电子时代

信息时代的标志是计算机通讯，即便是卫星通讯也离不开计算机。计算机和通讯设备制造的技术基础，正是电子技术，特别是微电子技术。没有电子管就没有现代无线电通讯，也没有第一代计算机。恰恰是微电子技术的变革，使计算机一代又一代地发展起来。

微电子技术变革的关键是集成电路芯片的迅速发展，这是“硅革命”的核心。集成电路的功能复杂性大约每年提高1倍，而在制造方面并未增加额外费用，却使生产成本下降，故能赢得许多新市场。小小的芯片，无孔不入，已经渗入导弹、机床、彩电、洗衣机……涉及战争、生产和生活的各个方面，似乎出现了“电子社会”。Z.布热津斯基说，我们面临着一个“电子技术时代”。在这里，“电子社会”与“电子技术时代”等价，无非是用来表述微电子技术对社会的重大影响。

微型电脑发展的关键是微处理器的发展。它是“超大”与“超微”的结合。超大规模集成电路需要的超微技术，使单位面积所含元件数目越来越多而体积越来越小，其工艺水平进入亚微米阶段，线宽可达0.5微米，相当于可见光的一个波长、接近硅材料的物理极限（0.2微米）。这样的高技术首先从美国加利福尼亚的“硅谷”发展起来。

“钢领工人”：控制时代

微电子技术和计算机的发展，直接推动通讯与控制技术，传感器与仪表，以及机器人的发展，使刚性控制系统发展到柔性控制系统，局部自动化发展到全盘自动化，乃至出现无人工厂。所有这些发展，表明控制时代的来临。计算机控制和机器人操作是这个时代的标志。

现代的机器人，既不是人们想象的那样如何像人，它甚至根本不像人，而是钢铁动物——一种清理管道的蛇形机器人；更不像一些小说所描写的那样是要造反、控制人的机器人。它不过是装上脑袋的机器，由电脑控制的机器。与数控机床不同，它有所谓机械臂和机械手，可以代替工人干活，有“钢领工人”之称，而普通工人和管理人员则分别属于“蓝领”和“白领”阶层。所谓控制时代，绝不是机器人控制人，而是人控制机器人，实现高度自动化。

如果一定要问聪明的机器人将会怎样？这只有等待人类进入智能社会才能正确地回答，因为不能用工业社会中人与机器人的关系来看待智能社会中人与机器人的关系。感兴趣的读者，可看本书有关智能社会的展望。

无疑，信息网络很重要：同样，机器人也很重要。信息网络是社会的神经系统，机器人—计算机集成制造系统是社会的生产系统。两者都很重要，不可偏废。正是“钢领工人”使刚性自动化进入柔性自动化，智能机器人将使自动化进入智能化，改变生产模式，最终将人从直接劳动中解放出来。这是自劳动创造人以来，第一次又使人脱离直接劳动。就人的解放而言，人创造机器人与劳动创造人具有同等伟大的历史性意义。

社会爆炸：电脑时代

信息爆炸是信息时代的一个特点，现在1年所储存和传递的信息等于过去100年所储存和传递的信息。信息在爆炸式地增长。伴随信息爆炸的是知识爆炸。人类的知识，20世纪初30年增加1倍，50年代10年增加1倍，现在3年增加1倍。知识是系统化的高层信息，是对事物本质特征的表征。不论是何种信息，爆炸式增长是一种指数式增长，结果十分令人吃惊。

如果不用计算机快速处理信息，信息爆炸也会产生信息污染。因此，为了对付信息爆炸，计算机也要爆炸式增长，既要从数量上增长，也要从质量上增长。1946年，世界上只有1台计算机，现在已达到近2亿台；过去微型电脑每隔10年换一代，现在是二三年换一代，技术发展之快真是“今非昔比”，技术爆炸已经出现。

知识爆炸伴随着技术爆炸，两者是孪生兄弟。工业社会与技术圈相适应，技术爆炸把工业社会推向高级阶段。这个阶段，按现在流行的说法，就是所谓“信息社会”实际上只是社会的信息化，亦即社会电脑化。

爆炸是连锁反应。技术爆炸导致产品爆炸。电话爆炸，1990~1994年，世界蜂窝电话销售猛增600%（从270万部升到1930万部）；电视机爆炸，1946年世界电视机只有8000台，1994年达到8.86亿台。信息急剧增长，小小的人脑空间再也容纳不下了，使头脑发胀，精神分裂；汽车爆炸，世界汽车拥有量1890年为几千辆，1993年为4亿辆，至1996年，仅上半年就生产了1870万辆。汽车爆炸又引起能耗爆炸、污染爆炸。这个社会简直是爆炸性社会。

社会终于出现大爆炸：原子弹刚爆炸，氢弹又爆炸。从1945年第一颗原子弹爆炸到1995年，50年来全世界核试验为2038次，其中美国为1030次。然而这种毁灭人类的核爆炸，没有毁灭人类，却出现人口大爆炸。马尔萨斯首次指出人口按几何级数增长，当他在最后修订《人口论》的1825年时，世界人口仅为10亿；100年后的1925年人口增长1倍，达到20亿；1925—1976年，世界人口又增长1倍，达到40亿；1996年5月，世界人口已达58亿。

现在，每年新增人口 8600 万，到 2015 年，世界人口将近 80 亿，与 70 年代相比，人口又增加了 1 倍。显然，经济不爆炸又如何能养活如此大量的人口呢？最近几十年来，东亚国家国民生产总值每年平均增长 10%，意味着每 7 年翻 1 番，经济爆炸了。

技术爆炸、经济爆炸、人口爆炸、能耗爆炸、垃圾爆炸、艾滋病爆炸……所有这些爆炸的集成效应，就是社会大爆炸！

网络结构：虚拟社会

计算机网络是电脑时代的一个特点。计算机的应用由单机到网络，可以充分利用信息资源，使信息资源共享。把分散的单台计算机联成网络，实现计算机远程通讯，乃至全球通讯，使电脑时代进入“以网络为中心的计算机时代”。这迎来了网络时代。

由电话网到有线电视网，由专用信息网到数字综合业务网，由内部网、区域网到国际网，这些网形成一个庞大的网络结构，成为高级工业社会的强大支柱，使社会高度信息化。目前最热门的国际互连网络，有信息高速公路雏型之称。信息高速公路就是高速信息网络，它通向世界，促进世界经济信息化，全球化。信息网络必然发展为智能网络，使信息高速公路智能化，成为智能高速公路，通向未来，通向智能社会。

信息网络，就其本身意义而言，它就是一个世界，属于“世界 3”；就其社会功能而言，它又是一个社会——网络社会，属于虚拟社会，是由“0”、“1”数字信息塑造的真正的“信息社会”。于是，人们由物理空间走进信息空间，改变工作方式和生活方式，改变思维方式和研究方式，改变管理方式、交易方式和娱乐方式。

网上天堂：网络时代

“互连网络在横扫计算大地”，“使传统客户到网络的天堂中去”，21 世纪“网络变成了公司的生命线和商业的主要手段”。这是美国《商业周刊》对蓝色巨人 IBM（国际商用机器公司）实施“以网络为中心”的战略的评价。这种战略转变是为了迎接“以网络为中心的计算机时代”的到来，互连网络是网络时代的一个标志。

互连网络（Internet）最早诞生于美国。它是在 1969 年美国国防部所属计算机实验网络的基础上发展起来的。80 年代，网络的用户扩展到科研、教育、商业和公共服务领域，进而扩大成为全球最大的信息网络和信息资源总汇。1995 年，互连网络火爆，扩大到 155 个国家和地区，用户 4000 万，每月以 15% 的速度增长；1996 年用户已达 6000 万。到本世纪末用户可增至 2 亿。

加入互连网络的用户，像教徒朝圣似地踊跃。网络就是圣地，好比天堂。在这里，学者可取经，商人能发财，孩子玩游戏，罪犯逮不着。你想逮罪犯吗？每台电脑配备 1 名警察。这里是最大的自由市场，自由！自由！自由！无节制地自由。这里是天高任鸟飞，海阔凭鱼跃的自由天地。在这里，既能展现才智，大显身手；又可随心所欲，侵犯隐私。在这里，绿色、白色、黑色、黄色，各色俱全。在这里，从暴力到色情，从黑客到信息恐怖分子，无所不有。这就是自由的天堂，不受控制的虚拟社会。

互连网络究竟应该自由到何种程度？人们正在思考。美国有人用霍桑（美国 19 世纪作家）的观念来看互连网络。

据霍桑的观念，美国先驱者创建成功的殖民地是依靠优先建造两个东西：一个是教堂，一个是监狱，象征着人性高低的本质。这个政策的结果是，社会上文明化了的成员能在免于伤害的环境中追求他们信仰的制度。如果打算把霍桑的观念应用于新的全球所有物互连网络的话，还需要建造这两种重要的建筑物吗？互连网络没有教堂，也没有监狱。政府将不得不对今天放任

自流的——并且是危险的——互互联网实行某些控制，这只不过是时间问题。

互互联网，既不是天堂，也不是地狱，它是一个活生生的“信息社会”——虚拟社会。人是通过信息流进入这个社会进行活动的，并非是人体的直接介入，而这些活动确实又是社会性的，如学术交流、商品交易、多媒体娱乐等，所以是虚拟的社会。在这个社会里，有虚拟市场、虚拟医院、虚拟旅游、虚拟犯罪……有人旅游，有人犯罪……这正是现实社会的写照。

虚拟市场 通过网络购物，你可以浏览网络商店（商家在网上开设的）展示的多种产品，并获得价格表、产品说明书等其他信息，据此选购自己喜爱的商品；但你不能从网上取走任何一种真实的商品，网络商店根本就没有真实的商品。IBM 已在网上开辟一个在线商业街，零售商用自己的个人电脑在网上开设自己的商店，顾客通过网络用信用卡购物。同样，网上没有真实的商品。这就是虚拟市场。

虚拟医院 提供有关卫生方面的官方机构、官方文献、病毒、疾病、药物和制药的信息，有些地方还能提供医疗服务，提供远程诊治。美国某医科大学在互互联网上建立了虚拟医院系统，它可以 24 小时不间断地提供各种医疗信息、资料，并解答用户提出的各种问题，向实习医生和护士提供远程学习的机会。在这里，用户可以查阅到有关癌症、肺病、卫生保健、儿科、妇科、神经科、口腔科、放射线科等方面详尽的资料，方便简捷。

虚拟伦敦 这是伦敦在互互联网上制作的虚拟旅游项目，用来介绍本地风景，招揽游客。人们在网上随着虚拟伦敦的引导，畅游伦敦的名胜古迹。

虚拟犯罪 在网络空间中已经出现了股票和债券诈骗活动——出现在市场中的股票和债券在短时间内被人频频倒手，然后就不声不响地消失了。尽管网络中这些股票和债券实际上并不存在，只有电子脉冲是真实的，但它毕竟被人骗走了。

虚拟现实技术，可以制作真真假假、真假难分的情境。计算机的三维空间技术已被运用于电影的制作。因此，这种技术是能让你带进天堂的，圆了你上天堂的梦。天堂也不太平，“黑客”（是英文“Hacker”的音译，原意为热衷于电脑程序设计者）也会作弄你，使你一梦惊醒，依然回到人间，发现天堂也是虚拟的，处于是与不是之间。

网络近乎神话，神话也能变为现实，但要等待。英特尔公司首席执行官葛鲁夫在论及新生的数字技术和互互联网前景时，看到需要若干年才会有足够的容量或带宽将多媒体互互联网带给大众。他认为，互互联网的神话要有充分的带宽才能实现。在很长一段时间内，混合应用是我们将来克服现有可用带宽限制的法宝。他相信，混合应用将使 PC（个人计算机）强化为一种通讯工具，能取代电视机、电话及 500 美元的网络计算机。微软公司总裁比尔·盖茨也说 NC（网络计算机）不可能取代 PC，强调 PC 将进一步发展。

网络究竟是什么？有一种观点认为，“网络即是计算机”。这是一种新的设计思想，网络计算机（NC）就是它的体现，通过 NC 将网络与计算机连成一体。“计算机亦即网络”，适应网络时代的需求。互互联网和网中网的环球网（www）及其浏览器，为 NC 的应用提供了良好环境。

环球网络是建立在互互联网基础上的一个子网，采用客户服务器结构，“自动查询”功能是它的一大特点。用户作为客户方，只需在自己计算机上运行称为“浏览器”的环球网软件，软件系统就会根据用户查询条件自动到

全球各地的环球网服务器上查找信息，实现广泛的信息资源共享。由于环球网软件给用户提供了友好的信息查询界面，隐含了对一些操作细节和对计算机域名、互联网络协议（IP）地址、密码等数据的记忆要求，因此用户不需精通计算机网络就能熟练地使用浏览器观看查询结果。日本电话公司已开发出可显示日文和中文的环球网系统。

环球网的发展，有可能使电脑不再需要硬盘，你可以把网络当成存储介质；家用电脑也不用安装软件，你可以通过你的服务提供者从网上直接取用最新版本的软件。这种被称为“空壳电脑”的就是网络计算机（NC），可与电视机连接。NC 价格便宜（500 美元），使用方便，类似“傻瓜相机”那种大路货。苹果公司已推出“牛顿”2.0 计算机。NC 免除了你不断为电脑的升级换代而操心。386—486—586—P6……何时到头？刚用就要丢弃，电脑垃圾也要爆炸！显然，NT 是对英特尔公司和微软公司霸主地位的挑战。

国际商用机器公司（IBM）则支持 NC，该公司总裁格斯特纳认为，先进的通信技术改变了计算机本身的模式。既然有了先进通讯网络，人们开始想到，何不把应用系统、数据、存储器，甚至部分处理工作都放到网上去呢！这样，终端用户的负担不就减轻了吗？按照这种思路发展下去，NC 的概念应运而生。

固然 PC 与 NC 之争，具有商战性质。然而不能不看到，历史总是这样出现的，当一件产品或一种技术取得巨大成功的那一刻，也就隐藏着它消亡的开始。70 年代的大型计算机和 80 年代的小型计算机，让位于个人电脑，就是一例。现在轮到谁？谁来坐庄？这不是说 NC 完全代替 PC，正如 PC 不能完全代替大型计算机一样，而是“信息世界的重心在转移”：第 1 次重心是大型机，第 2 次重心是小型机，第 3 次重心是个人电脑，现在是第 4 次重心转向……历史的教训不能不记取，当苹果公司高傲地获胜之时，也就同时撒下失败的种子。IBM 又何尝没有过这样的经历。现在，这两个公司和太阳公司同在一条战线上，与英特尔和微软公司为网络展开一场争夺战。别忘了，后者已经到达成功的顶峰。究竟是“成功为失败之母”，还是“失败为成功之母”？让历史去评判吧，历史有自己的辩证法。

正当 PC 与 NC 激战之时，半路杀出一个“程咬金”BC 从夹击中跳出来，另辟蹊径。北京联想集团与台湾宏碁电脑集团在推出全民电脑“双子星”之后，又提出 BC（BasicComputer——基础电脑）的新概念，以“适用、够用、好用”为原则，使普通用户既摆脱 PC 不断升级的困境，又不致像 NC 那样把自己的秘密完全裸露于网上，制造一种品质优良、经济适用的大众电脑，为“全民电脑”热点把火、为进入网络时代开绿灯，带动计算机产业发展，加速国民经济信息化。

镜中世界：虚拟现实

前面提及虚拟现实和虚拟犯罪，究竟什么是虚拟现实？它的实际应用和发展前景又如何？

将来虚拟现实技术可能会将一位有名的股票经纪人或不动产经纪人的模样制成全息图，然后再建议网络空间的顾客购买某种股票、债券或不动产。毫无戒心的受害者若是依照建议行事，事后就会发现虚拟现金转变为实际现金，增大了诈骗者的腰包，而他们所买的只是一钱不值或根本不存在的财产。

这只是也许会被冠以“虚拟犯罪”名称的种种犯罪的一小部分，就像露出水面的冰山顶部。虚拟犯罪是一种建立在只存在于网络空间的现实基础上的犯罪。由于虚拟现实技术变得日益复杂，编写这种软件并决定将这种技术用于合法目的还是犯罪目的正是与虚拟现实技术同时成长的那一代人——21世纪头10年的年轻人。由于通过“有机”计算机虚拟技术可能直接进入接受者的大脑，如何能将网络空间里的现实同网络空间以外的真实分割开来，将是21世纪最大的挑战之一。

什么是虚拟现实？正如《虚拟现实系统》一书的作者吉盖特所说“虚拟现实被描绘为在一个合成环境中的幻觉，而不是这样一个环境的外部观察。VR_依赖于三维、立体、头部跟踪显示、手/身体跟踪和双声道。VR是一种沉浸的、多感觉的体验。”当前和将来的应用主要依赖于可行的技术，首先是三维计算机图形学和高级的跟踪设备，新技术指明了新的应用方向。“全身数据服装大有前途的发展，似乎提示神经病学家可以用幻觉的方式，通过敲击死亡者去寻求恢复运动神经的体验。一些神经病学家和临床心理学家将希望耐心探索‘虚拟现实’。忧虑、恐惧和压力控制可能是富有成效的探索目标。”

虚拟现实是“真实世界”的再创造，好比你从镜子中看到的虚像。镜子没有任何创意，这种比喻只是形似而不是质同。就此点而言，以镜像做比喻未尝不可。所以，耶鲁大学计算机科学家盖勒恩特也称它为“镜子中的世界”。虚拟现实改变人们的思维方式，为人们观察和理解世界提供了一种新的途径。它们已经在帮助建筑师在尚未存在的建筑物中信步查看。汽车制造商可以试验驾驶一种新型汽车，而这种汽车现在没有造出来，几年内也不会造出来，也许永远造不出来。但是，“镜中世界”却为我们提供了无限的思维空间，我们可以创造虚拟城市、虚拟生物……最终从思维空间走向多彩的物理空间。

虚拟城市 在城市设计与建设方面，运用计算机模拟技术建立虚拟现实模型，可以设计建设虚拟城市。模型具有互动性，采用头套和压力感手套，使你有进入城市活动的逼真感。你能亲自动手改造城市、街道、房屋和生活环境。请居民进城看看，听听他们的意见，再造一座“更好、更美、更舒适”的新城市。当你坐在舒适的控制椅上游历这座虚拟城市时，你还愿意再回到满是缺陷的现实世界吗？

现在，运用虚拟现实技术已经开发出一套名叫“世界套世界”系统。游览者戴上虚拟现实头套，便觉得置身于模型的最高层，如一个计划中的会议套房的内部。在会议室中你还会发现一些日常用品，在其中的一张桌子上，游览者们将看到另一个虚拟现实头套的图像。通过做出仿佛捡起了头套并戴在头上做动作，游览者可进入虚拟世界的下一层次，可能是一个控制室，那里正在放映游览者刚刚“穿过”的由模型构成的建筑计划。游览者也许能够修改这些计划，以调节照明度或门口的位置。摘下虚拟现实的头套，游览者又可返回模型的较高层次以体验一下他们刚才所做的修改。

虚拟植物 1990年，加拿大卡尔加里大学的普鲁辛凯维奇已制作出一系列精细、复杂，而又写实逼真的计算机绘制的植物图画。普鲁辛凯维奇和他的研究小组在虚拟植物实验室里开发出一套软件，它能描绘出任何虚拟植物的生长过程。诸如花瓣形状之类的特征变化，可以借助鼠标在屏幕上虚拟植物来完成。研究人员可以用该软件进行植物结构实验，同时提出一些“如果

怎样，就会怎样”的问题来做一些改变。例如，如果枝条以另一种角度长在主干上，将会对叶的展开方式产生什么影响？或者这会对到达叶片的阳光数量产生什么影响？这样，虚拟植物实验室就可以用来为电影设计人造植物景观，将来也许还可以用来生产具有某一种特别风味的水果。

虚拟植物技术的前景令人振奋。将来农业科学家将在屏幕上设计作物，然后再培育或用基因工程技术繁殖出真实的作物。这种作物能与具有最理想性状的虚拟作物相媲美。如果计算机模拟显示，较大的叶片会使产出的果实较甜，害虫的藏身处较少，科学家也许会找出能使叶片增大的基因，并将它们转移到作物中。

虚拟现实技术的发展，既令人兴奋，又使人忧虑。暴力和色情是否也会进入虚拟世界？请看世界最大的软件公司——美国微软公司总裁比尔·盖茨的见解：

关于虚拟现实中虚拟的性体验问题，有许多臆测（或一厢情愿的想法），而且势所必然地多于对虚拟现实其他用途的臆测。性体验赤裸裸的内容和信息本身一样古老。怎样将新技术应用于这最古老的欲望，从来不需用很多时间。巴比伦人用楔形文字在土板上留下了色情诗句，而首次利用印刷机做出的东西中就有色情书画。磁带录像机成为常见的家庭工具大大促进了儿童不宜录像片的销售和出租，而且今天的色情 CD-ROM 也很多。在 Internet 和法国微型电话系统的联机服务和电子公告板上都有很多客户订购他们的色情定向服务。如果以历史上出现过的种种模式为向导，那么高级虚拟现实文件的早期大市场将是虚拟的性体验，但是还是以历史的眼光来看，随着每一个这种市场的增长，一目了然的内容将会变成一个越来越小的因素。——

高速网络：多媒体时代

“信息高速公路”一词，早在 80 年代就有人使用，所以有人把互连网络看作是“信息高速公路”，而把要建设的信息高速公路，称做“信息超高速公路”。实际上，互连网络并非信息高速公路，它只是应用了现有的线路设施。普通用户与小网之间的通信由电话线实现，小网之间的通信才经过光纤或卫星通讯实现。由于规模庞大，易于出故障，而且有时出故障的时间达数小时，以致有人预言，互连网络必然崩溃，甚至已经开始崩溃。因此，建设高速信息网络迫在眉睫，但其工程浩大，非一日能建成。在此之前，互连网络将超负荷运行。互连网络之所以如此，就在于人们对多媒体的追求。多媒体为静态信息（如文字或图表）和动态信息（如声音、动画或影像）的组合，可提供展示或娱乐功能。多媒体技术有两个显著特点：首先是它的综合性，它将计算机、声像、通信技术合为一体，是计算机、电视机、录像机、录音机、音响、游戏机、传真机的性能大综合；其次是充分的互动性，它可以形成人与机器、人与人、机器间的互动，互相交流的操作环境及身临其境的场景，人们可以根据需要进行控制。但是，要让多媒体上网，任意点播电视，随时观看，则需要通过信息高速公路才能实现。此时便进入多媒体时代。

多媒体技术的发展要解决以下四个主要问题：要求采用比较复杂的数字压缩和还原技术；有比较高的实时要求；要求高速传输网络；要求很大的存储空间。20 世纪 90 年代电子技术的迅猛发展，为多媒体应用创造了条件。

数字信号处理器技术上的进步和价格降低，压缩和还原技术有所突破；视频和音频实时处理技术获得进展；宽带大容量光纤网的出现，提供了可传输多媒体信息的高速网络；各种新的存储介质，如只读光盘、磁光盘的出现，为多媒体信息制作和存储提供了便利的工具。这些技术的进步，直接推动了多媒体技术的应用。

信息高速公路需要存储数千部电视节目、电影和其他节目的数字信息。但仅一部《侏罗纪公园》就包含了 1000 亿字节，利用压缩技术能够把这部描写恐龙的电影压缩到 40 亿字节。然而，即便如此，这部电影的信息量仍需 20 台硬盘为 200 兆字节的高级个人电脑才能储存。而仅这一部电影数字化的成本就达 10 万美元。所以，还必须研制出一种更先进的声像信号数字化技术，才能适应信息高速公路的需要。从这里可以看出数字化革命的真实意义。只有将多媒体模拟信息变换为数字信息，即用“0”、“1”组成的长长的数码，并且加以压缩，置于电脑空间，才能进入高速信息网络的网络空间。

什么是电脑空间？最先使用广为人知的“电脑空间”一词的是作家威廉·吉布森。他于 1984 年出版了一本名力《精神漫游者》的书，讲述人类将游离体外的意识注入地球计算机“点阵”中，然后随心所欲地东游西荡。电脑空间仅仅作为存储的或在计算机网络中传输的数字位而存在。该词借用了数学家维纳 1948 年提出的“控制论”的内涵。

要实现电视“随点随播”，满足千万用户的任意选择，可能需 500 个频道，不是现在的 50 个频道。现在的同轴电缆只能传输 75 个频道的节目。因此，需要足够的带宽、大容量的信息通道，才能高速传输如此之多的频道的节目。所以，信息主干道要采用光纤制作的光缆。从理论上讲，光缆可传输 100 亿路电话或 1000 万路电视。目前，光纤已经达到每秒传输数兆位的信息量。最近，荷兰飞利浦公司创造了光纤传输速率的新记录，每秒 10 兆位。据纽约《世界日报》报道，美国最大的有线电视公司——电信公司、拥有 1310 万客户。该公司在 1994 年 4 月宣布，计划用 20 亿美元兴建光纤网络，做一套具有 500 个频道的有线电视系统，使全美 25 个城市的 900 万家庭都可使用这个系统。

信息高速公路是处在逐步建设的过程中，需要新建高速信息网络的主干道——高速光纤网；同时又处在对原有通信网逐步改造的过程中，特别是多媒体通讯的数字化。如果没有数字电话，就不可能有可视电话。

总的来说，信息高速公路所需要的基础技术，并非是最新的技术，更不是技术上根本性的突破。数字技术早在 50 年代就被使用，只是现在使用得更迫切、更为普遍，进而掀起了数字化革命。光纤在 70 年代开始使用，计算机的应用比光纤还早。多媒体是多种媒体包括电话、电视与电脑的综合应用，是系统的技术集成。正是上述多种技术的集成，才产生聚合效应。或者说技术由量的积累引起质的改变。然而，技术的集成效应，并非自发的过程，而是再创造的过程，包括单项技术本身的创新。技术集成是一种新的创造形式，也是当今技术发展的一个特点。集成创新，时效快、风险小、效益大。典型的集成技术产品就是集成电路、微处理器，由此产生了“更快、更小、更廉价”的效应，成为信息时代的一种象征。小的以集成电路为代表，大的就要以信息高速公路为代表。信息技术的集成，创造信息高速公路，也是历史的必然。谁首先看到这种发展趋势，谁就能走在时代的前列。

首先提出信息高速公路的是美国。克林顿政府为了重振美国经济，增强

国际竞争力，于 1993 年 9 月 15 日，正式推出国家信息基础设施（National Information Infrastructure，简称 NII）工程计划。信息高速公路是对 NII 的俗称，它是在高性能计算和通信计划基础上提出来的，真正的科学技术含义是指多媒体信息交互高速通信的广域网。这里的“高速”要达 Gbps（ 10^9 位/秒，即每秒 1000000000 比特传输速率）级，“广域”要覆盖全国。虽然互联网络是国际性的广域网，但它不能进行多媒体信息交互高速通信、仍然不是信息高速公路。虽然光缆可以构成高速公路的骨干网，但用光缆通信的网络也还不是信息高速公路。如在光缆中传送彩色电视视频的模拟信息，就谈不上传输速度高低之分。只有当多媒体信息交互高速通讯网是数字光纤网时，才能实现任意点播电视节目的愿望。当信息高速公路建成时，就可以使多媒体信息通讯社会化、家庭化、个人化。全球信息高速公路，还使多媒体信息通信国际化，促进世界经济信息化、全球化。

信息高速公路不是互联网络的简单地延伸和扩展，而是一项跨世纪的综合性总体工程，既包括信息通道（公路），又包括“公路”上跑的车（多媒体信息），还包括多种车的车库（多媒体服务器）和管理、监控机构（管理监控服务器）。关键在于高速：一是超高速计算机（每秒运算万亿次）；二是网路带宽化；三是多媒体数字化。因此，要实现信息高速公路，必须新建国家信息基础设施。美国计划投入 4000 亿美元，20 年建成信息高速公路，到 2007 年，国民生产总值增加 3210 亿美元。欧盟“信息社会”计划，投入 90000 亿法郎，时间为 10 年。

“信息社会”计划，这是不是意味着信息高速公路是通向“信息社会”？如前所述，信息高速公路也要智能化，实现智能高速公路，最终通向智能社会。

智能的崛起掀起智能革命

智能是改造物质、变换能量和处理信息的综合能力。动物局限于信息处理。人与动物不同，不仅能进行信息处理，而且能进行知识处理。就此而言，“人是处理知识的动物”。同样，计算机是处理信息的机器，智能机是处理知识的机器，故有机器智能。由于人工智能的进步和知识工程的兴起，随着计算机向智能机（包括运用智能软件的计算机）发展，机器的信息处理也发展到知识处理。这是一个由信息革命到知识革命的重大转变，意味着智能革命的到来。

人类通过智能机实现智能的转换和利用，是一次伟大的智能革命。人将自己的智能转换给机器，机器模拟人的智能，并且放大人的智能，再把这种智能转换为人的智能。同时实现人的智能与机器智能的相互转换，是具有历史意义的伟大过程。摩擦取火实现机械能转换为热能到蒸汽机由热能转换为机械能，经历了一个漫长的历史过程，它才创造了人类前文明史。智能革命标志着智能的崛起，开创了人类的后文明史，其意义超过摩擦取火、发明蒸汽机实现能量的转换和利用的能量革命。

智能就是力量，智能驾驭能量的变换，智能又使社会的支点发生转移，由工业社会的能量支点，转移到智能社会的智能支点。过去说“知识就是力量”，现在要说“智能就是力量”，智能比知识更有力量。知识的力量在于获取、处理、使用和创新，知识创新最有力量。这正是智能的体现。严格地说，知识本身并没有力量。例如，书本有知识，无智能，因而无力量。书本是“死知识”，放在书架上不会产生力量，故有“读死书、死读书、读书死”之说。只有知识的激活才有力量，实质上是智能的力量，这种力量是社会发展的强大动力。所以，社会发展的关键因素是新知识和高智力，不是通常所说的信息和一般的知识。

知识工程可以设计知识、生产知识，使人类由物质生产的能量空间进入知识生产的智能空间，改变生产形式，也改变社会形态，使工业社会转变为智能社会。连最早提出“信息社会”的日本，在谈到信息高速公路时，也认为这条路是通向“知识创新社会”或“智能化创新社会”的。尽管这一说法没有明确智能社会这样鲜明的概念，但已朦胧地认识到它的含义，而不用“知识社会”一词。

以人工智能为代表的智能技术是当代高技术的核心，成为高技术圈的智能核。因为高技术的特点，首先是高智能。在这个意义上，高技术是广义的智能技术。高技术集成的聚合效应产生智能核爆炸，把人的智能和机器智能的潜力爆发出来，导致智能革命，出现智能社会。

人工智能：是噩梦还是美梦

20 世纪 50 年代，人工智能作为一门学科正式形成。将近半个世纪，人工智能已经有了很大的发展。但是，在这一领域内的哲学争论并未停止。美国哲学家休伯特·德雷福斯专门写了一本名曰《计算机不能做什么》的书，批判人工智能，把它与“炼金术”相比，声称人工智能的目标是不可能实现的。他的这本书被译为多种文字出版，在俄文译本中附录了比留科夫写的一篇长文《计算机能做什么》作为代后记，指出他有不可知论的思想。一些乐观主义者坚信，人工智能的前景是美妙的，而那些悲观主义者却认为这只不过是计算机科学家的“美梦”。当然，也有某些通俗读物大谈“机器人控制人”，似乎人工智能是一场“噩梦”。

实际上，人工智能不是梦，它是现实，而且随着专家系统的研制，日益进入现代生活中。1987 年各国使用的专家系统仅有 50 个左右，1988 年就达到 1000 个，其发展速度是很快的。现在，专家系统在各个领域都有应用。美国有 500 多家公司、大学从事人工智能的研究，正在进行几千个专家系统项目的开发，占人工智能总研究经费的 80%。日本也有 400 多个专家系统投入使用。知识工程师比系统工程师更受到重视，人工智能产品的销售额逐年上升。美国 1989 年人工智能产品销售额就已经达到 16 亿美元。日本将人工智能技术应用于彩电，将模糊控制应用于洗衣机，使彩电和洗衣机都成为畅销货。

人工智能的主流是利用高速计算机开发智能软件。由于微型计算机的飞速发展，已能利用微机开发智能软件，进而加速人工智能的步伐。同时，现在人们又十分注意开发智能硬件，研制智能芯片，研制具有人脑功能的智能机，因此出现了从结构与功能两个方面模拟人脑功能的神经网络计算机，从而推动了人工智能在软件与硬件相结合的道路上越走越宽广，这将使人工智能在 21 世纪有突破性的进展。

机器智能

机器有智能吗？

首先要看是什么机器。普通机器没有智能，智能机器有智能；也不是所有的计算机都有智能，只有那些配有智能软件的计算机才有智能。现在把用微电脑控制的家用电器也说是智能控制，这是将“智能”泛化、简化了。

怎样才能使机器有智能呢？只要让机器模拟人的智能，就有机器智能，亦即人工智能。但是，人工智能不是人的智能的“复制品”，而是再现人的智能，放大人的智能。

《人工智能》一书的作者温斯顿指出，人工智能的中心目标，就是使计算机更有用，帮助计算机科学家和工程师解决一些难题；人工智能的另一个目标是为了更好地了解一些智能，帮助心理学家、哲学家、语言学家和其他人了解人类智能，知道从中学些什么，并加以评价。他认为，了解计算机智能是研究一般智能的一种途径，对于传统的心理学、哲学和语言学方法是一种有力的补充手段，使人能“对思维进行更加有力的思维”。美国斯坦福人工智能研究中心主任利尔逊认为，人工智能是要建立一种关于智能的信息处理的理论。他指出，如果这种智能科学得到发展，将可以指导智能机器的设

计，并阐明人类和其他动物的智能行为。他所讲的人工智能科学包括人的智能、机器智能和动物智能的研究。这实际上是一种控制论思想，虽然他本人反对把人工智能看成是控制论的一部分，但他的思想又这样符合控制论观点，确实令人费解。前苏联的一些学者认为人工智能是控制论的组成部分。在西欧和北美则不同，不少学者认为人工智能是属于计算机科学的前沿学科。

一般认为，人工智能是一门综合科学，包括智能科学与智能技术，它是由计算机科学、控制论、数理逻辑、离散数学和神经生理学、心理学、语言学、哲学相互渗透的产物。同时，它又是一门横断科学，可以用人工智能研究许多其他学科（包括社会科学）的问题。

人工智能的核心是问题求解，关键是知识表达。认知科学和知识工程是具有广阔前景的人工智能领域。自然语言理解，机器证明定理，机器人控制、感知、学习、博弈和识别、判断、决策是人工智能的重要课题。这些研究和应用，常常以计算机为支持手段。

1956年，有两件事标志着人工智能的真正开端。第一件是6月在美国达多马斯大学召开了一次有关人工智能的夏季讨论会，参加会议的有麦卡锡、明斯基、申农、赛蒙、纽艾尔等人，首次确定人工智能作为科学术语使用。第二件是纽艾尔、J.C.肖和赛蒙编制了一个叫做“逻辑理论家”的程序系统，一次就证明了怀特海和罗素的名著《数学原理》第二章52条定理中的38条，速度比初学逻辑的学生快一点。这是一种启发式程序，是根据学生在证明定理过程中逻辑思维的规律而设计的。先把一些公理存到机器中，并给出推理的规则和步骤。机器证明时，首先解决一系列子课题，最后解决整个课题。整个证明过程是机器自己去探索、求解，并且在求解过程中产生许多原来没有的衍生定理，这便是人工智能。人工智能是随着电子计算机的发展与应用，从1956年到1960年才形成的一门新学科。

人工智能领域中的一项重大成就，就是机器下棋，甚至被称做人工智能的指示器。为什么这样说呢？因为让机器按规则走棋步，这是不难的，也不是人工智能。难就难在让机器走“高着”，并且在失败之后接受“教训”，不再犯上次的“错误”。然而，即使是简单的跳棋也有 10^{40} 个可能选择的走法，要想穷尽所有走法而从中选择最佳的一步，根本不可能。显然，这就是我们前面谈到的指数爆炸。因此，需要从人下棋的经验中得到启发，不是穷尽一切可能的走法，而是选择“高着”就可以了。例如，计算机可以模拟一个高手，每走一步向前多看几步、十几步。1962年，塞缪尔设计的下跳棋的机器之所以能打败美国一个州的棋赛前冠军罗伯特·尼莱，就是基于这样的程序设计。

由于这一成就，人们曾预计10年内机器下国际象棋能战胜世界冠军。30年过去了，这依然是人工智能的美梦。因此，德雷福斯等人讽刺人工智能是幻想。的确，人工智能既有成就，也有挫折，这是任何新生事物共同的命运。可幸的是，在1996年人机大战的第一盘交锋中，超级计算机“深蓝”战胜了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫。

机器专家：知识工程

现在不仅有机器人，还有机器专家。机器人不一定有智能，机器专家一定有智能，否则还能叫“专家”？什么是机器专家？这是对专家系统的俗称。

专家系统是用人工智能方法建造的一类智能系统，它是基于知识的系统，使之能像专家那样解决专门领域内的问题。建造专家系统是一项知识工程。

知识工程是人工智能研究的一个领域，它是在建造专家系统实践基础上形成的。从 1965 年费根鲍姆研制出根据质谱数据能识别化合物分子结构的第一个专家系统（DENDRAL），到 1976 年肖特利菲研制出用于医治病菌感染的抗生素处方系统（MYCIN），经历了 11 年之久。1977 年，费根鲍姆终于把知识工程提出来。他在第五届国际人工智能会议上发表的一篇文章中指出，知识工程是人工智能的一种技艺。它运用人工智能的原理和方法，为那些需要专家知识才能解决的应用难题提供求解的手段。恰当运用专家知识的获取、表达和推理过程的构成与解释，是设计基于知识的系统的重要技术问题。

这类以知识为基础的系统，就是通过智能软件而建立的专家系统。近年来，在有关专家系统或知识工程方面，已经为人工智能技术的有效应用开辟了一条成功之路。

研制专家系统就是进行专家型模拟，让系统模拟专家掌握知识、进行思维和工作方式，使之具有专家“发现模式并作出决策”的风格，并达到专家的水平。这种系统的第一代已运用于实际，高效能的第二代“深层知识”系统，于 80 年代后期投入使用，现在进入第三代“广域知识”系统。实际上，80 年代的专家系统开始向大型化发展。启发程序设计规划 HPP ' 80 便是一个综合专家系统，备有各种应用程序，能解决多种科学问题，使一个专家系统从狭窄的专业领域走向较为宽广的多科领域。这个系统的研制，充分说明知识工程具有方法学的性质。它把抽掉 MYCIN 系统的具体医学知识而构成的 EMYCIN 作为框架，再往其中充实所需要的有关学科的具体知识，就构成多功能的专家系统。这样，EMYCIN 就成了“建造专家系统的系统”。用类似的方法，也可以构造应用于社会经济和法学方面的专家系统，而且人们已经研制了这方面的专家系统。我们设想，运用知识工程方法，还可以构造哲学家系统，这方面的工作便属于我们曾经谈到过的哲学工程。80 年代初，许多专家系统都没有突破 EMYCIN 模式，但毕竟不能长期局限于一种模式。因此，那时我们就提出，需要发展知识工程，使其从研制专家系统的知识技术上升为构造知识的方法学，或者说是设计知识、制造知识和创新知识的系统工程。它着重研究构造专家系统中的共同问题，进一步研究所有知识系统中的共同问题。这样扩展了的知识工程，为了与专家系统加以区别，也可以叫做广义知识工程。实际上，如果知识工程与专家系统毫无区别，也就没有必要再把知识工程提出来。

知识工程的迫切问题是研究知识获取和知识表达，特别是知识表达被认为是人工智能的关键。只有这个问题解决了，人工智能装置才能真正成为人类智能的放大器。人类智能的特点就在于获取知识、处理知识、使用知识和创造知识，由此而不断提高自己认识世界和改造世界的能力。知识工程的任务则在于使机器能模拟人的智能，提高获取知识和处理知识的效率，扩大使用知识的能力，从而增强人类认识世界和改造世界的力量。1976 年，美国布坎南等人研制的 Meta-DENDRAL 系统，利用有关质谱断裂和分子结构之间关系的大量资料进行归纳推理，形成新概念，提出了质谱断裂的新理论，在美国化学学会的期刊上发表，被作为化学研究成果得到化学家的承认。这是知识工程创新潜力的一个例证，说明计算机由信息处理到知识处理是质的飞跃。

现在，机器能提出新理论，我们还能说机器没有创造性吗？不能。我们

老是强调知识更新，在这种机器创新面前，不觉得惭愧吗？在运用知识工程，实现知识处理计算机化的年代，强调知识更新已经不够了，需要用含义明确的知识创新来代替，就是要强调创造新知识。知识创新，既需要充分发挥人的主观能动性，又需要把这种主观能动性物化到机器中去，以便再现人的创造性。这说明用知识工程武装起来的机器，是人类认识世界的有力工具。它给我们的启发，不仅是知识处理在人们认识过程中的作用，尤其是知识创新在人类认识深化过程中占有特殊重要的地位。也许这就是为什么日本人要提出“知识创新社会”的真实含义。

专家系统不局限于模拟某个专家解决问题的方法，它可以模拟某一专门领域众多专家解决问题的方法，是集专家智慧之大成，故能有效地解决实际问题，在应用方面获得好效果。斯坦福人工智能研究中心杜达（P.O.Duda）研制出地质勘探专家系统（PROSPECTOR），运用于美国勘探局和能源部。它对华盛顿州的一个铅矿的预测，后来被实际钻探所证实。目前，建造专家系统的应用范围十分广泛，从化学、医学直到生物工程，从资源勘探、工程技术直到经济管理，从教育、法律直到军事，遍及各个领域。

“专家系统向 21 世纪全面推进”，是 1994 年在里斯本召开的第二届世界专家系统大会的主题。这次大会指明了专家系统的发展方向：

一是专家系统的功能集成——大型化，以便解决许多复杂的实际问题。诸如建造企业管理专家系统、经济计划专家系统、市场预测专家系统、军事指挥专家系统、环境保护专家系统，需要多学科、多专业的专家的知识与经验，要有分析、设计、诊断、规划、决策等多方面的综合功能，推动专家系统向功能集成的大型化系统发展。

二是专家系统的技术集成——集成化，以便设计、建造大型、多功能、高水平的专家系统。为此，不仅要用已有的知识表达方法和知识推理技术，还要运用人工神经网络、遗传算法、模糊数学等进行模型、方法、技术集成。

三是专家系统的智能集成——智能化，以便建造高水平、高智能的专家系统，使系统有丰富的知识库、高效能的推理机，具有自学习、自适应、自组织功能，利用多媒体智能接口，实现人机智能结合。

设计大脑

“设计一个脑”，未必耸人听闻。这是一位英国生理医学家艾什比提出的。1948 年，他发表了一篇著名论文，论文的题目就是“设计一个脑”，论述了他构造的稳态机，可作为一种脑模型。这种稳态机是由四个基本部件构成的，其中两个部件仿佛是大脑，另外两个是环境，并用 20 个反馈回路联结起来，使四个部件保持极多的相互联系。这个系统在整体上处于动态平衡状态，“大脑”部件能对来自环境的任何扰乱做出一种反应，以便抵消扰乱，使系统保持稳定的动态平衡，因而这部机器在遇到伤害以后能重新组织自己。如果人为地改变机器的极性，它就会以其他极性来抵偿这种改变所产生的作用，因而具有动物一样的行为。

那么稳态机就是一个脑吗？艾什比也认为，这还谈不上、因为它还太幼稚。但是，他相信制造一个综合的脑只是时间问题，并且这种综合的脑一定要发展自己的智慧，而不是一只学舌的鹦鹉。他设想制造这样一架机器，要是完成了，可以在巧妙性和策略的深度方面超过它的主人。

未来如何？艾什比指出，在机器的行为足够简单并能力我们所理解的时候，这是容易对付的。奴隶脑不会带来麻烦，但是那种将发展到超过我们的稳态式机器又会怎样呢？在它受到训练的初期我们无疑将努力制约它，尽可能使它的动作对我们有利。但是如果机器确实发展了自己的能力，它迟早一定会从这种地位醒悟过来，不再需要它的人类侍从了。

结局怎样？他认为还是“把这玩意儿做出来瞧”吧！

虽然“这玩意儿”至今还未做出来，将来也未必能做出来，而且机器“排斥人类”的看法只是一种猜测。但是，他毕竟提出了机器与人脑的关系这个震撼战后西方世界的科学与哲学问题，并且至今还在热烈地争论。诸如机器能思维吗？机器有意识吗？机器能超过人吗？机器有意志吗？机器能控制人吗？

如果从科学角度看，提出“脑的设计”是富有启发性的。它的精华之处，就是看到了非生命与生命之间没有不可逾越的鸿沟。所谓“脑的设计”，无非是认为大脑是可知的，可以建立脑的模型，制造人工装置来模拟脑的功能。然而，这不是说一定要以“稳态机”作为脑模型。50年代以来，脑模型的研究是一直沿着神经网络的道路前进的。

人工智能的研究有两个发展方向：一是以计算机为手段，开发智能软件，从功能上进行智能模拟；二是基于人工神经网络，建立脑模型，从结构和功能相结合的两个方面模拟脑功能。我们把人工智能两个发展方向的研究领域，以及艾什比有关“大脑设计”（他于1960年出版了同名的书）方面，统称为智能控制论。

早在控制论创立之前，美国心理学家麦卡洛克和数学家匹茨就提出人工神经网络理论，以后他俩又为创建控制论做出很大贡献。就人工神经网络的控制论意义而言，智能控制论是控制论的先导。尽管他们本人当时没有明确智能控制论这一概念，以后其他人也未提出这一概念，但都不能改变历史本来的面貌。只不过当时的智能控制论，限于神经网络（指人工神经网络，下同）而已。神经网络的理论和方法，就是要设计大脑，但不用“稳态机”之类的模型，更没有喊出“大脑设计”这一惊人的用语。语出惊人，应归功于艾什比。然而，有生命力的东西，不是喊出来的，它是在实践的曲折过程中产生出来的，神经网络也不例外。

1943年，麦卡洛克和匹茨提出一种神经元模型，以二值（“1”和“0”）逻辑刻画神经细胞的兴奋与抑制的双态工作。由这种形式神经元构成神经网络形式化的系统，能在一定程度上模拟人脑的功能。以后建立的一些其他的神经模型，可以表示活体神经元的一些特性，如信号的空一时积累、不应期（不可激励时间）、适应性（对激励性的适应）和自发兴奋性等。沿着神经网络模型的方向发展，形成了称之为脑模型的专门研究领域，并取得了若干成果，如有关感知、识别和学习的脑模型，既有建成具体装置的机器，也有用计算机进行模拟的实验。

总的来说，神经网络在60年代和70年代进展不大，处于低潮。80年代中期，由于霍普菲尔德在神经网络建模及应用方面的创造性成果，新的网络拓扑与算法、并行分布处理（PDP）、超大规模集成电路（VLSI）及大规模并行性的实现，使人工神经网络的研究重新受到人们的重视。90年代神经计算机的研制，更把神经网络推向热潮。有人高呼：“人工智能死亡，神经网络长存！”

这种看法，反映了神经网络的联接主义与人工智能的符号主义的对立。其实，两者是互补的，并不矛盾。两者的目标也是一致的，都是为了放大人的智能，而且都与认知科学密不可分，从而出现包括人工智能（Artificial intelligence）、脑模型（Brain model）和认知科学（Cognitive science）在内的所谓“ABC 理论”，进而形成统一的智能科学与智能技术，真正达到设计大脑、模拟脑功能的目标。

软件危机：革命的前夜

信息时代的主要特征，就是信息处理的计算机化。计算机由数字计算进入信息处理，标志着信息革命。实际上，今天的计算机又开始进行知识处理，这就意味着知识革命，亦即智能革命的萌芽。知识革命的根源，在于知识成几何级数增长，出现“知识爆炸”。在这种情况下，知识处理有双重局限性。一方面受人脑的局限，人脑天生的低速运转，难以处理急剧增长的知识。另一方面又受现有高速电子计算机能力的局限，以致产生“软件危机”，呈现“硬件不适症”，机器内在矛盾推动计算机发展，必然要产生新一代计算机。因此，如何利用人工智能，特别是知识工程的成果，研制智能计算机，以便适应“知识爆炸”，摆脱“软件危机”，增强机器处理知识的能力，借以放大人的智力，便成为当代科学技术的重大课题。一旦这个问题获得完善的解决，就会全面掀起一场有关知识的世界革命，走向智能革命。

危机的根源

计算机的物质基础是硬件，即机器的设备部分，构成物理机器，体现出计算机的高速度。计算机的“精神”支柱是软件，主要是程序部分，使物理机器成为逻辑机器，体现出计算机的高功能。软件之所以成力计算机的“精神”支柱，就在于它的高功能是以强脑力换取的。在这里，精神产品的价值已经超过物质产品的价值。整个计算机系统的造价，软件成本占70%—80%。编制一个大型的软件系统，常常要花几千人年的脑力劳动。1965年，MULTICS系统用去200人年；1966年，OS360系统则用去5000人年。这样，从60年代起，软件危机就产生了。

软件危机源于“知识爆炸”。知识不仅有量的增长，而且有质的更新。知识的复杂化和多样化，导致程序的复杂程度不断提高，使得软件编制的工作量日益增大。随着知识的急剧增长，软件规模也随之成几何级数增长。软件规模增大，软件危机加深。软件规模之大，实在令人吃惊。

危机的特点

软件危机特点之一，就是软件系统的复杂性与可靠性的制约向相反方向发展的结果，或者说系统具有反向制约性，使系统的复杂性与可靠性相背离，出现系统的复杂性提高反而可靠性降低的现象。这种现象，我们称之为导致软件危机的第一种反向制约性。这种现象所反映的本质，便是系统的结构不良。如果系统的结构良好，特别是优化的结构，则可以使系统的复杂性与可靠性的制约向正方向发展，即系统具有正向制约性，使系统的复杂性与可靠性相协调，系统的可靠性便随复杂性的提高而提高。人脑就具有优化结构而又天然改善的高可靠系统。采用结构程序设计，改良程序的结构，也可以改善程序的可靠性。一个大型软件系统，固然每一程序的正确性是必要的，但更重要的是各程序之间联系的正确性，才能保证系统整体的可靠性。因此，需要把大型的程序系统当作一项工程来设计和研制，以对付日益增长的软件危机。

摆脱软件危机的根本出路究竟在哪里？人们一直在思考，在探索……

危机意味着革命，哪里有危机，哪里就蕴含着希望。“物理学危机”带来的是物理学革命，软件危机带来的是计算机革命，这不仅是软件革命，而是包括硬件革命在内的“全面”革命。计算机革命的实质，就是把人脑生产世界未来知识的负担转嫁给机器制造物。这场革命就是要冲破知识处理的双重局限性。

为什么软件危机又会引起硬件革命呢？这是因为计算机系统是包括硬件和软件两大系统组成的有机整体，硬件和软件既相互依存又彼此制约。硬件与软件相比，硬件是相对稳定的，而软件是最为活跃的。在数值应用方面，软件与硬件系统结构比较协调。但当软件的应用扩大到非数值方面，它与硬件系统结构就不协调，以致患有“硬件不适症”。本来软件功能与硬件功能是可以相互转化的，只因硬件结构的不变性与软件功能的可塑性之间的矛盾得不到解决，致使软件功能不能转化为硬件功能。在这种情况下，要增强计算机的能力，只能使软件负担过重，导致软件危机加深。除非硬件革命，使硬件具有可变性，提高它的应变能力，才能克服上述矛盾。

软件危机特点之二，就是随着软件功能的扩大，硬件反而越来越不适应。这种现象，我们称之为导致软件危机的第二种制约性。这种危机，随着计算机的非数值应用的不断扩大而日益增长。两者之间的关系如图 1 所示。

因此，要摆脱软件危机，还必须改变硬件系统的结构，非数值应用危机的关系使之与软件的广泛应用相适应。换言之，软件危机推动硬件在系统结构方面的变革，使之突破诺依曼计算机模型的框架，向非诺依曼型计算机迈进。

同样，硬件革命也推动软件革命，需要研制新型的软件，以适应新型的硬件系统结构。随着新型软件应用范围的进一步扩大，还会有硬件系统结构不适应的情况，很可能导致第二次软件危机。除非我们能使机器自编程序和自行纠错，这需要人工智能技术，或者不用程序机器也能出色地工作，这需要研制仿脑型机器，才能从根本上消除软件危机。

寻找出路：研制智能机

现在的计算机体系结构都属于冯·诺依曼型机器，软件危机是机器内在矛盾的集中体现。矛盾激化必然导致计算机革命，要求研制新型的非诺依曼型计算机。只要能研制出这样一种新一代计算机，就能为解决危机找到一条出路。

究竟研制什么样的新机器，还要视外部条件而定。80 年代，超大规模集成电路的发展，为研制第五代计算机创造了条件。然而头四代计算机，只是器件的变革，并未改变机器的体系结构。这次第五代计算机能突破诺依曼框架吗？

1981 年，日本首先推出研制第五代计算机的 10 年（1981~1991 年）计划，要实现计算机的人工智能化和知识处理的智能机化，力图领导知识革命的新潮流。美国、英国和法国也立即上阵，展开了“第五代”争夺战。美国斯坦福大学教授、知识工程奠基人费根鲍姆与麦科达克专门写了一本书《第五代计算机：人工智能和日本计算机对世界的挑战》。书中说：“的确，日本人甚至不把他们的新机器称做计算机。日本人凭他们的知识信息处理系统，期望引起一场知识方面的世界革命，和印刷机引起的革命相当，甚至更

加深远。”“我们正在进入下一个阶段——智能机器时代。”

为什么日本人不把他们要研制的新一代计算机称做“第五代”，而称做知识信息处理系统呢？他们的口号是“超过诺依曼”，使新机器具有知识推理的功能。这是对知识工程的延伸，是把知识推理机与信息处理机加以区别。看来，知识处理机就是知识智能机。

按照知识信息处理系统 KIPS (Knowledge Information Processing System) 研制计划，就是要打破传统的诺依曼方式。用数据驱动并请求驱动的数据流控制方式，实现并行处理，使其解题和推理速度达到每秒 1 亿 ~ 10 亿次逻辑推理，每次逻辑推理相当于计算机处理 100 ~ 1000 条指令。KIPS 的基本功能就是面向知识的并行解题推理，附有专家咨询、辅助设计、机器翻译等应用系统，并能用自然语言进行人机对话。它要突破诺依曼机硬件与软件的分离，实现硬件技术与软件技术的相互渗透，将人工智能和知识工程已有的成果——智能软件的基本部分转化为硬件的功能，使软件和硬件结合成有机的整体。硬件系统（推理机、知识库机、智能接口机）支持基础软件系统（解题推理系统、知识库管理系统、智能接口系统）操作，智能程序设计系统利用知识工程方法自动生成智能程序供用户使用。

日本耗资 10 亿美元，经过 10 年的努力，基本上完成了 KIPS 计划，前两个阶段达到了预期目标。这项计划的第一阶段到 1984 年，完成了第一台“数据流计算机”的样机，包括有逻辑程序设计语言、日语翻译、图像处理、超大规模集成电路的辅助设计系统等，并开始了“并行推理机”的设计和模拟等，取得了预期的阶段成果。计划的第二阶段到 1988 年底，试制出的“个人顺序推理机”能进行接近推理的“知识信息处理”。该机在硬件方面，含有 64 个平行处理器，每秒能进行数百万次逻辑推理（每次相当于目前计算机处理 100 多条指令）；在软件方面，开发出能进行逻辑程序设计的专用操作系统“SYMPOS”，是当时世界上最大的一个操作系统。这台智能机已具有初步“学习”能力，可阅读和理解有 2000 个单字的 200 个日文句子，还能根据课文的提问回答问题。最后阶段，到 1992 年 6 月 19 日，日本“新一代计算机技术开发机构”展示了它研制的第五代计算机原型试制机，这台原型机由 64 合计算机实现并行处理，它已具有许多类似左脑的先进功能，其中包括可对蛋白质做高精度的分析，对基因研究已开始发挥作用。据美联社 1990 年 10 月 19 日报道，美国阿拉贡国立实验室决定通过国际通讯线路利用第五代计算机与日本共同研究人体基因。

虽然这项计划在最后阶段未达到预期目标，未实现用自然语言进行人机对话、程序自动生成等，但不能因此而认为这项计划失败了，因为这只是在智能机长征路上的第一步。这一步，开辟了人工智能从智能软件走向硬件与软件相结合的“软硬兼施”的道路。

日本从 1992 年又开始实施“现实世界计算机”计划，计划到 2000 年造出一台由 100 万个处理器构成的计算机。它将具有类似人的右脑功能，如图形识别、直观感觉等功能，具有思考、判断、推理、自学习、自我组织和一定的自然语言能力。超并行技术、模糊逻辑技术和神经网络技术为制造这台具有右脑功能的计算机创造了条件。这些技术的集成，推动了计算机的功能由“左脑”向“右脑”发展。

人的左脑功能主要是逻辑思维功能；人的右脑功能主要是形象思维功能。现在计算机有一个常人难以理解的怪现象，它能解算高深的数学难题，

却很难识别连孩子也能识别的图像。例如，一个3岁的孩童在人群中，很快就能找到自己的妈妈，但计算机做不到。所以，计算机要向人脑学习，也要具有人的右脑功能，发展为真正的智能计算机。这时，计算机就成为名副其实的电脑。这一天一定会到来。

智能核爆炸：三股洪流的汇合

当计算机发展为智能机，实现计算机革命时，工业机器人也发展为智能机器人，实现机器人革命。同时，信息网络随之发展为智能网络，实现网络革命。这三股革命洪流的汇合，引发智能核爆炸，终于爆发一场世界性的智能大革命，导致社会大变革，出现智能社会。

不论是计算机、机器人，还是通信网络，都是一种机器或机器系统。当机器发展为智能机器，出现机器智能、网络智能时，的确是机器发展过程中的质变，是一次革命性的重大变革，故有计算机革命、机器人革命和网络革命。

有智能的动物，制造了有智能的机器，表明人离动物越来越远，是人类划时代的进步，是人的智力在进化过程中的一次飞跃，也可以说是“人的革命”。同时，机器却越来越逼近人，机器智能也在不断发展，故有第 N 代计算机、第 M 代机器人之说。

计算机革命是人的智能推动的，也是计算机内在矛盾激发的。计算机革命与“人的革命”是相互作用、彼此促进的。任何将计算机革命、机器人革命和网络革命只看成是一种纯技术革命，忽视人的智能飞跃，都不是我们所说的智能革命。反之，把智能革命只看成是“人的革命”，忽视机器智能的进步，也不是我们所说的智能革命。人的智能制造了物质原子弹；人的智能与机器智能的集成又创造了“智能氢弹”；还是人的智能与机器智能的相互作用，引爆“智能氢弹”，发生智能核爆炸。它释放的不是能量，是智能，而且是高智能，是社会发展的巨大动力，能够改变社会形态。智能高速公路则加速这一历史转变的进程。

第 N 代计算机：计算机革命

计算机革命，既是计算机功能的增强和体系结构的变革，也是计算机原理的突破。正是这种综合效应，实现了计算机革命，而且通过这种不断革命，才能使计算机一代又一代地发展。

电子计算机由数据处理、信息处理向知识处理发展，再加上通常所说的第五代计算机，越来越反映出计算机已经名不副实。顾名思义，计算机就是计数和计算的机器。实际上它的功能早就越出了计数和计算的范围，它可以模拟人的智能，做通常需要人的智能才能做的事。因此，计算机这一名称，只能说明它的过去，不能说明它的未来。可是人们已经习惯使用计算机一词，而它又不局限在计数和计算方面，这就需使计算机一词广义化。在这个意义上，作者用第 N 代计算机描述机器可能发展的潜力。

这里的 $N=1, 2, 3, 4, \dots$ 是自然数，用来表示各“代”广义计算机（包括智能机、思维机）的更叠。我们不是仅仅根据硬件器件来划分计算机“世代”，而主要是根据计算机在原理上的创新，以及结构与功能的统一，作出综合评价。依此标准，已有的、将出现的和可能出现的计算机有以下几类：

$N=1$ ，第 1 代计算机：数字计算机 现有的数字计算机都是诺依曼机。按照通常的说法，这类计算机有了四代发展，即第一代电子管计算机，第二代晶体管计算机，第三代半导体集成电路计算机，第四代大规模集成电路计算机。显然，这是以硬件器件的不同来划分的。但是，就其基本原理来说，

它们都是同一类型的诺依曼机，所以应该属于第 1 代计算机。这一类型机器的共同特点是采用二进制，程序内存和顺序控制的串行处理如同生产过程的流水作业线一样，只有在完成上一道工序之后，才能进入下一道工序。这类机器适于进行数据处理，但对非数值（如文字、图像、语言等）信息的处理则有很大的局限性，加深了本已存在的“软件危机”

N=2，第 2 代计算机：知识智能机 日本的知识信息处理系统，被称为第五代计算机，但它并没有从根本上突破诺依曼机器框架，仍然是采用二进制、程序内存，所以是一种类诺依曼机器，属于第 2 代计算机。由于它有并行推理的知识处理能力，可称之为知识智能机。

为什么这种新一代计算机通常被称为第五代计算机呢？这是就其器件变革而言的。这代计算机采用超大规模集成电路，就这一点来说，它是第五代计算机。也正是在这一点上，它不同于前四代计算机。这一点是关节点，出现了数量级效应。由于在一个芯片上能集成 10^5 门或 10^6 位的存贮器，因此量的剧变引起计算机在体系结构上发生部分质变，串行处理改变为并行处理。并行处理与串行处理恰恰是冯·诺依曼所说的人脑与计算机有相当大的区别之处。现在，人脑与计算机之间的这条鸿沟，眼看被小小的芯片所填平了。在诺依曼型计算机中采用顺序处理，基于以最小的软件功能以达到高速处理的设计，这在电子管、晶体管和磁芯存贮器的时代是正确的。否则，机器的造价之高、体积之大，就不适合人们的需要。因此，这一设计是人们强加给计算机的，绝非计算机本身所固有的。在微电子器件价格大幅度下降，可以采用超大规模集成电路的技术条件下，如果依然采用串行处理，就如那时也要采用并行处理一样地可笑。

由于这种机器在体系结构上有所突破，使其功能大大增强，基本上实现了计算机的人工智能化和知识处理的智能机化，因而与上一代计算机也是有区别的。但它又能与上一代计算机接口，不产生“代沟”，说明知识智能机这种类诺依曼机与诺依曼机是相通的。

日本的知识信息处理系统（KIPS）之所以未能达到预期的目标，根本原因还是由于这种机器体系结构未能从根本上突破诺依曼框架。它在图像识别、语言理解方面，由于规则推理解释的串行性和非确定性，以及对大容量知识库顺序检索和匹配，使得信息处理耗费的时间有成指数性爆炸的危险。

N = 3，第 3 代计算机：脑型智能机 按照流行的说法，继第五代计算机之后是第六代计算机：除了最热门的神经计算机之外，还有模糊计算机、光学计算机、生物计算机、超导计算机等等。不论是哪种计算机，如果它在体系结构上不突破诺依曼框架，它就依然是我们所说的第 1 代计算机：如果它在体系结构上有所突破，并且功能大大增强，它就是第 2 代计算机。只有那些突破诺依曼框架的计算机，即非诺依曼机器，才是第 3 代计算机。

神经网络计算机、光学神经计算机、模糊计算机，以及三者相结合的混合计算机，采用新的体系结构，模仿人脑神经网络系统，模拟人的思维、学习，具有自适应、自组织等功能。这一类脑型智能机属于非诺依曼计算机，是第 3 代计算机。

典型的神经计算机，接近人脑的一定组织结构，模仿人脑的工作原理与工作方式。这种计算机的主要特点是，巨量并行性和信息分布存储、处理。但它与人脑不同，它的运行速度比人脑的运转快得多，是真正的第 3 代计算机，因而受到发达国家的普遍重视。

N=4, 第4代计算机：生物智能机 目前，神经计算机的芯片，大多仍是硅片。一旦生物芯片用于神经计算机，制成生物神经计算机，它将成为21世纪的最灿烂的明星。它不仅是非诺依曼计算机，而且是有机计算机。就其器件而言，发生了根本性质的改变，而不是半导体集成电路在规模上有量的扩张。所以，这种生物计算机是第4代计算机。

人们正在研制生物计算机。一种是以有机分子作为数字计算机的逻辑元件，其集成度是现有集成电路的10万倍，速度快1000倍以上，称为分子计算机；另一种是以蛋白质和其他复杂分子作存储元件，制造生物计算机。

生物计算机将从微观结构和宏观功能相结合的两个方面模拟人脑功能，主要是利用立体生物芯片，依据神经网络工作原理，构造全新的计算机体系，使之具有较强的识别、学习和推理的功能，并能对信息进行异步并行处理、分类、纠错，即使个别生物元件损坏也不致对整体功能产生重大影响。这种生物智能机，将与贝尔实验室利用现在的超大规模集成技术制成的“神经元计算机”不同。

生物计算机的关键，不是无机器件而是生物分子器件。现已制成的聚赖氨酸立体生物芯片，在1立方毫米的体积内，可有100亿门电路，能存储110亿比特的信息量。由于它低阻抗、低能耗，具有非热性，避免了半导体集成电路由于集成度极高而产生的过热现象。由生物芯片构成的生物计算机具有生物特点，有自组织能力和自修复功能。它的体积可以很小，又与生物体同质，有可能植入人脑皮层作为人体的思维器官，形成脑机共生体，出现真正的人机共同思考的新时代，把智能革命推向新阶段。

N=5, 第5代计算机：辩证思维机 不论是诺依曼机，还是图林机，都是逻辑自动机，基本上局限于形式逻辑方面。然而，人的思维形式除形式逻辑之外，最根本的还是辩证逻辑。因此，人工智能的进一步发展，就是要突破形式逻辑的局限，模拟辩证思维。一台能模拟辩证思维的机器，由“自动”进入“自为”，这不是本来意义上的逻辑自动机，而是我们提出的辩证自为机，也许就是第一代思维机——辩证思维机。如果说智能机的出现是机器发展的一次质的飞跃，那么，思维机的出现将是机器发展的第二次质的飞跃。这种机器能从外界直接获得信息，不仅理解信息的语义，而且能评估信息的价值，进行判断，作出决策，以适应环境而调整自己的行为，并提出改造环境的建议，具有主动性。这便是“机器自为”。

辩证思维机是建立在辩证逻辑的基础上，要把硬模拟、软模拟和其他泛系模拟结合起来，从硬件和软件两个方面发展这种全新的机器。在硬件方面，可使电子仿生学和化学仿生学相结合，并采用生物学元件和其他新型器件。在这种情况下，不能再说机器仅是机械运动和物理运动，它也会有化学的和生物的运动形式。这时机器的硬件就变成软件，具有自组织能力。在软件方面，机器自编程序和人的口授程序相结合，也有不用程序的随机处理，具有自纠错的能力。在这种情况下，不能再说机器只是被动地按照人编的程序刻板地一步一步去操作，它也会针对具体情况而修改程序，甚至不使用程序，灵活应变。这时机器的软件体现了辩证模式，使机器具有辩证思维的功能。

辩证思维机是综合型机器，既有宏观功能模拟，又有中观结构模拟。在此之前，各种类型的机器都是从某一侧面模拟人脑的功能，这时则从中择优使其形成一个新的整体。新的整体既保留N=1, 2, 3, 4型机器的优点，也包括尚未纳入排代的机器，如超导计算机等机器的优点；既有诺依曼型和非诺

依曼型的决定论机器，又有非图林型的非决定论机器。人脑也是由这样一些天然的机器形成的特大系统。

建立辩证思维机的一大难题，就是辩证逻辑形式化这个关键问题。我们把形式逻辑看成是辩证逻辑的特例，前者使用静态范畴，后者使用动态范畴。既然可以用静止尺度来量度运动，为什么不可以用形式逻辑来描述辩证逻辑，实现辩证逻辑形式化呢？

如果这条道路走不通，也要另寻他路。人脑究竟是怎样进行辩证思维的？今天不清楚，明天会清楚的。总有一天，人类会造出辩证思维机，实现思维革命。

第 M 代机器人：机器人革命

人工智能的全面发展是研制智能机器人，它是对人类智能的立体模拟，包括感知、识别和规划等，使机器日益拟人化。因此，机器人学确实可以称之为仿人学。由仿生学到仿人学，使机器人也有智能，显然是又一个革命性的大转变。目前智能机器人开始走出实验室，甚至出现了“白领”机器人。工业机器人便是“蓝领”机器人。和计算机一样，机器人也是不断发展的。一般认为机器人已经发展到第三代。实际上第一代和第二代机器人都属于同一代的工业机器人，我们统称为第 1 代机器人，基本上不具有机器智能。

戴维·贝尔称第 1 代机器人不是控制论意义上的机器人，因它或多或少是按预先确定的程序工作的。他认为机器人的特征应从选择和定位加以区分，包括运行流程的复杂度和适应性。这意味着能“教”机器人使之运行流程复杂化，然后储存在电子存储器中，不再需要程序，能“教”它不同于另一种机器人，赋予它人的模样，有学习能力和记忆力。但这只有第 2 代机器人才会有这种或那种感觉器官，才称得上是控制论意义上的机器人，才能有效地代替人的工作。

我们认为，没有智能的机器人，不论人们如何看、如何用，都属于第 1 代机器人。此后各代机器人，则依其具有机器智能的不同程度来划分。因此，我们又用第 M 代机器人来描述机器人可能发展的潜力。此处 $M=1, 2, 3, 4, 5, \dots$ 是自然数。

$M=1$ ，第 1 代机器人：工业机器人 第 1 代机器人以工业机器人为代表。这种机器人主要是用来代替人从事体力劳动，于一些简单的重复性的工作，如喷漆、焊接、搬运、金属加工、清理污物（包括清除核垃圾）等等，可以提高劳动生产率。这种机器人也可用来代替人在恶劣环境下工作。一些有感机器人，还可做简单的服务性工作，如“看护机器人”等。但这些机器人智能很低，也属于第 1 代机器人。机器人应用广泛，几乎到处都有机器人的“足迹”。

$M=2$ ，第 2 代机器人：智能机器人 第 2 代智能机器人，可以从事那些需要人的智能才能完成的工作，具有感知、识别、判断的能力，甚至理解自然语言，按照人的要求做些复杂的和精细的工作，可以代替人从事部分脑力劳动。例如，已有一种弹琴机器人，还有一种称之为“外科助手”的机器人。机器人具有智能是机器人的一次革命。现在，有各种各样的智能机器人，逐步走向应用领域。

$M=3$ ，第 3 代机器人：自适机器人 第 3 代是自适机器人。这种机器人

能随环境的变化而改变自己的行为，可以在复杂情况下和模糊环境下工作；具有应变能力，甚至有自学习、自诊断、自修复的能力。

M=4，第4代机器人：生物机器人 第4代是生物机器人，它是由生物智能机控制的，是生物—电子—机械三位一体化的智能体。它较前几代机器人的智能度高，比较敏捷、灵巧，能代替人从事许多脑力劳动，协助人做创造性工作。

这种机器人既实现了体力放大，又实现了智力放大，刚柔相济，可在多种场所活动。它不仅能自适应、自组织，甚至能自生殖，是控制论意义上的机器人。维纳认为，机器的自生殖不仅是生产出一个可捉摸得到的复制品，而且是要产生出一个具有同样功能的复制品。目前，日本已有机器人生产机器人的工厂，将来还会有机器人设计机器人、制造机器人的智能集成制造系统。机器人的功能也会一代比一代强，而体型可能一代比一代小。将来生物机器人究竟是什么样子？有待人工智能、仿生学和机器人学来回答，仅有控制论的预测是不够的。

M=5，第5代机器人：思维机器人 第5代是思维机器人。这种机器人具有联想、分析和综合的思考能力，能根据所获信息和知识进行决策，即使在信息不全或不确定的情况下也能解决问题。它可以自编程序或不用程序进行思考，甚至具有一定的辩证思维的能力。它的头脑是一台辩证思维机，而它的躯体将是生物机器人的躯体。因此，思维机器人的功能比生物机器人强得多。

机器人能思维吗？或者说，机器能思维吗？这个问题，最早是英国数学家图林于1950年提出的。他指出，“上帝把不朽的灵魂给予每个男人和女人，但不给任何别的动物和机器，因此没有一个动物或机器能够思维”的论证是不可信的。他认为，这种论证是与人为“万物之灵”相联系的。他相信，人能思维，机器也能思维。他提出一个判断机器思维的标准，被称之为图林准则：如果一台机器能够在某些指定条件下模仿一个人把问题回答得很好，以致在一段时间内能迷惑提出该问题的人（即你分不清它是人还是机器），那么就可以认为这台机器是能够思维的。

虽然至今没有一台机器达到这一步，也就是说现在的机器还不能思维，但不等于机器永远不能思维，有可能在图林提出机器能思维的百年之际，即2050年左右，机器就能思维。

M=j，第j代机器人：y型机器人 第j代y型机器人是集各代机器人之大成，并在此基础上进一步发展的一种机器人。它的智能逐步向人的智能逼近，也可能超过人的智能。严格地说，不论哪一代智能机器人，它不在某个方面超过人的智能，也就没有必要去研制它。从彻底的唯物主义观点看，不排除完全复制一个人的可能性，但没有必要制造一个等同于人的机器人。当然，这不等于说y型机器人不具有类似人的情感、理性和主观性，只因“y”是未知数，难以预测。

一般说，智能度 $l=0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots, j, \dots$

第1代机器人（工业机器人）的智能度 $l=0$ ，即 $l=1-1=0$ 。

第j代机器人（y型机器人）的智能度 $l=j-1, j>5$ 。

机器人不断发展，它的智能度也就不断提高。机器人每换一代，就提高1个智能度。由于第1代机器人的智能度等于零，所以第M代机器人的智能度为 $M-1$ ($l=M-1$)。M按自然数增长，机器人便依照“M规律”发展。机

器人每一次突破，M 就从一个自然数转入另一个自然数。M=1, 2, 3, 4, 5, ..., j, ... 机器人依次不断发展下去。当 M=j (j>5) 时，第 j 代机器人也许真的不能称之为机器人，而是介于机器人与人之间的某类 y 型仿人体。因此，j 是一个关节点，标志着机器发展的一个巨大质变。

机器人与计算机平行发展，相互促进。当机器人按照“M 规律”发展时，计算机也按照“N 规律”发展。与第 j 代机器人相对应，第 k 代计算机也逼近人脑，甚至超过人脑的功能。这里的 N=1, 2, 3, 4, 5, ..., k, ... 其中 k>5。同样，k 也是一个关节点，标志着机器发展的又一巨大质变。

这两个巨大质变表明，机器智能的潜力很大，目前仍处于它的婴幼儿时期。制造智能计算机和智能机器人所引发的智能核爆炸，也只能将这种潜能的一小部分释放出来，要将这种潜能都释放出来，需要多次智能核爆炸，把智能革命从一个阶段推向又一个阶段。这是一个很长的历史过程，21 世纪初期仅仅是这个过程的起点。

智能高速公路：网络革命

随着计算机向智能机发展、机器人向智能机器人发展，信息网络也向智能网络发展，实现网络革命。所以，高速信息网络必然要向高速智能网络发展，也就是信息高速公路要发展为智能高速公路。

人们以为，开通信息高速公路，信息流畅通无阻，就不会发生信息爆炸。恰恰相反，世界各地、千家万户都把五花八门的、形形色色的信息送到网上，必然引发信息大爆炸。

在高速信息网上，影视频道可能不止 500 个，你选择哪一个？又怎样选择？电子报刊几万种，你看哪一种？选择哪一篇？会不会遗漏了你最需要的、最重要的信息？你也可能被千奇百怪的电子游戏吸引住，乃至整天在网上漫游，直至进入梦乡……总之，在这种情况下，人们面临着种种选择，而又无法选择。这时，你不是处在十字路口，而是处在万条路口，你走哪条路？可能的选择越多，最优的机会越小。

这是为什么？不妨再以下棋为例，稍作说明。不过，这是一个极端的例子，却可以消除一些误解。国际象棋有 10^{120} 的可能选择，要想穷尽所有的选择，选最优的一步，人做不到，高速计算机也做不到。即使用每秒运算万亿次的超级计算机，也需要 10^{101} 年。除非地球毁灭了。“超级大脑”还在运转，才有可能找到这一步。然而，作者却看到过一篇文章，硬说“人做不到，计算机能做到”。这是科学幻想，还是白日做梦？让我们看看这两者的区别。

英国著名的科幻作家克拉克曾在他的科幻小说《超级大脑》中，细腻地描述了一台叫“哈尔”的超级计算机，它能运用自如地根据预定任务熟练地操纵着一艘宇宙飞船在太空航行，使飞船在它的监视和控制下平稳而灵敏地进行着科学实验。它具有人脑的功能，遇事不慌，沉着冷静，运用它的“超级大脑”独立地思考问题和解决问题，使飞船在宇宙中自由翱翔……

克拉克的“超级大脑”在当时是科学幻想，今天已基本变为现实，用无人宇宙飞行器进行科学探测，已不罕见。至于机器的“独立思考”还需进一步探索。即使“超级大脑”能思维，它仍然不能在可容许的时间内从 10^{120} 的可能选择中。选出最优的。这类问题叫做“组合爆炸”，是一种指数爆炸。这类问题是问题本身的性质决定的，与机器的类型无关。如果给“超级大脑”

足够长的时间，长到地球毁灭之后，它还在运转，最终也能选出最优。这是理论可行性，并非是实际可行性。因此，那种认为这类问题的解决，“人做不到，计算机能做到”，岂不是白日做梦吗？除非你做了这样一个美梦：太阳毁灭之后，你与“超级大脑”依然在无垠的大空中比翼齐飞。有一天，你突然发现“计算机做到了”。这时，你被机器的能力惊醒，遗憾好梦不长。如果美梦长久，长到你永远不醒的时候，你又会发现：“啊，我这个人也做到了！”这个梦说明：国际象棋要穷尽所有的可能选择，走出最优的一步，只要不考虑所需时间之长，计算机和人（假定两者生命不死）都能做到；否则，人做不到，计算机也做不到。

诺贝尔奖金获得者、人工智能奠基人之一、美国卡内基—梅隆大学教授赛蒙曾引用英国一句谚语告诫人们：“最好是好的敌人。”所谓“最优产品、誉满全球”，不过是广告，知其有假。那些鼓吹“最佳计划”、“最优工程”之类，却反而使人容易受骗。对复杂的社会巨系统而言，制订“最佳方案”要比卫星上天难得多。

那么，还需要“超级大脑”吗？非常需要，它是高速智能网络的支柱。高速信息网络使人处于“万条路口”。如果仅是 10^4 的简单选择，要穷尽这些选择，每秒运算万次的计算机只需1秒钟，使用超级计算机岂不是杀鸡用牛刀。可是“万条路口”的选择，却不仅是数字计算，主要是对多媒体的识别、判断，并选择适合需要的东西。比如，在500个影视频道中，让计算机帮你挑选一部你喜爱的故事片，首先它要了解你的爱好、熟悉你的个性，然后按照这种需求再去挑选。在挑选时，它既要识别电影图像和语音，要理解故事的情节和内容，还要向你陈述故事的梗概，问你喜欢不喜欢。如果你听不懂德语、法语……它能力你当翻译。要达到这一步，克拉克的“超级大脑”未必能胜任，更不用说现在运算万亿次的高超级计算机。所以，需要智能机，需要把所有的智能机联成网络，形成完全的智能网络，建造一级智能高速公路。

高速信息网络向高速智能网络发展是逐步智能化的过程，不会一次到位建成一级智能高速公路。

现在计算机要用手击、手摸，操作极不方便，要高速也难。第一步至少要让计算机听懂人的语言，才便于在网络上漫游。换句话说，首先要让计算机理解自然语言，这就是人工智能。还要让计算机识别图像，这也是人工智能。这样，才能实现多媒体的智能接口，用自然语言与计算机交谈。建设信息高速公路的目标之一，就是要实现在世界上任何地方与任何人通话。语言不通怎么办？需机器随时同声翻译，这又是人工智能。如何选择所需要的信息？英国通信公司（BT）开发出一种智能代理程序，将它装在网络中，可以为用户筛选需要的信息，然后自动摘要。所有这些都是近期实现智能化的一个方面。

网络智能化主要包括两个方面的内容：

一是实现某种程序的“操作智能化”，即网络运行、维护和管理的智能化，需要运用人工智能技术，开发故障自动检测和康复的专家系统，开发流量控制与优化路由选择专家系统。

二是实现为客户服务的“服务智能化”，需要有分布式的知识库和咨询服务专家系统。通过智能工作站联网，可初步形成“操作智能化”和“服务智能化”兼备的智能网络。总之，在原有的信息网络基础上，运用人工智能

进行技术改造，可以建成二级智能高速公路。

网络智能化，实现信息网络转变为智能网络是大势所趋。一些发达国家和大公司，早就为这一转变开始作准备。1984年3月，美国首先提出智能网络（IntelligentMel-wOrk），以适应社会的高信息化、管理系统的优化、军事指挥与决策系统的智能化的需求。随后，在芝加哥举办了有关智能网络的第一届讨论会，明确提出了开发智能网络的目标。从实际起步来说，中日两国合作开发智能网络比较早。1983年，中国哈尔滨工业大学和日本东北大学、千叶工业大学联合发起，共同开发“智能型计算机信息网络系统”。在已开发智能网络的国家中，对智能网络的关键部分（业务控制点），一般都采用大、中型计算机，如法国用阿尔特公司的A8300计算机。美国电话电报公司基于电信网络的需要，已开发出智能网络IN/1、IN/2。

上述这种在原有信息网络基础上，使现行网络体系结构智能化，只是信息网络转变为智能网络的过渡形式，必然要发展为智能机联网的完全的智能网络，最终导致信息高速公路发展为智能高速公路，通向智能社会。

智能的奇迹创造智能社会

正像蒸汽机实现能量转换与利用的能量革命魔术般地呼唤出工业社会一样，智能机实现智能的转换与利用进行智能革命，也会奇迹般地创造出智能社会。

智能机、智能机器人与智能网络推动社会智能化。全面智能化的社会便是智能社会。智能社会也是人机竞争的社会，人与智能机器人既竞争又协作，彼此互补，相互促进，和平共处，共生共荣。

与高能（耗）的工业社会不同，智能社会是高智（力）社会，既有人的高智力，也有机器的高智能，又有人机系统的复合智能，还有智能网络的集成智能。所有这些智能，构成社会的高智结构。这是智能社会的基本特点，与工业社会的高能结构形成鲜明的对照。智能社会的基本特点，决定了它必然是低熵社会。

高智结构是智能社会系统的基本结构，促进人的智力、机器智能、人机复合智能、网络集成智能的社会化，形成系统的整体功能——社会智能。智能社会系统的结构与功能的统一，决定智能社会的发展。

社会智能化

社会智能化是社会信息化的发展，社会信息化的 A³ 将逐步向社会智能化的 I³ 转变。所谓 A³，即三 A (A 是自动化英文词 Automation 的第一个字母)，表示三个自动化，即工厂自动化、办公室自动化和家庭自动化。所谓 I³，即三 I (I 是智能化英文词 Intellectualization 的第一个字母)，表示三个智能化，即工厂智能化、办公室智能化和家庭智能化。然而，这只是社会智能化的一个重要方面，要实现社会全面智能化，还必须使农业的生产与管理智能化，使城乡一体化、智能化。到这时，便创造出—个智能社会。

智能制造：工厂智能化

工厂智能化的关键是采用智能制造系统 (IMS)。随着计算机向智能机发展，计算机集成制造系统 (CIMS) 必然要发展为智能机集成制造系统 (IIMS)，成为真正的智能制造系统。目前，一般是实现计算机集成制造系统的智能化，即将人工智能技术、专家系统、智能机器人运用于计算机集成制造系统，使之成为智能化的计算机集成制造系统 (ICIMS)。这样的制造系统，也是一种智能制造系统，其核心是智能加工中心。

已经大量使用的计算机数控 (CNC) 加工中心，虽有很强的加工能力，但还只能在指定的条件下，按预先编制的程序运行，不具备智能行为。作为智能加工中心的一个缩影的智能加工机器，除具有数控加工能力外，还必须具备感知、判断、决策和控制能力，这方面的研究已取得了一些成果。

80 年代中期，卡内基—梅隆大学机器人研究所便开始研建智能加工工作站。智能加工工作站的核心就是一台立式加工中心，智能体现在为该加工中心扩展了一系列子系统，用以实现感知、判断、决策和控制，从而实现对喷气发动机零件的智能加工。智能加工工作站的子系统有工艺规划智能子系统、装夹专家系统、切削工艺专家系统、感知专家系统。它接受计算机辅助设计 (CAD) 的信息，自动实现特征提取、工艺决策、装夹、加工和加工过程监视。该项目的研究重点主要在工艺规划层，对加工过程的监控研究不足，只能显示一些切削过程信息，还不能进行异常诊断和自动控制，基本上相当于在加工中心上实现智能化计算机辅助工艺规划 / 计算机辅助制造 (CAPP/CAM) 功能的集成。

1988 年，赖特和伯恩出版了智能制造研究领域的首本专著《智能制造》。他们在这本书中提出智能机床的设想：采用拟人化的方法将智能机床制成能模仿熟练机械师技能的加工机器，根据给定的输入，自动完成加工任务，并输出所希望的产品。

智能机床与熟练机械师操作普通机床具有同样的功能，因而具有智能。智能机床具有目标理解、信息感知、通信、适应控制等功能。格林菲尔德等人提出在未来环境中自治与开放系统机床的概念，认为在未来的先进制造系统中，加工机床应是自治的和开放的。作为实验原型，他们研制了以一台立式加工中心为主的智能机床。为达到自治性，给加工中心配置了机器人、测量头、视觉系统、灵巧机械手等装置；为达到开放性，用开放体系结构的工作站计算机和标准软件，实现对加工中心及其附加装置的智能控制。

未来工厂：人们追求的目标

现在已经看到，人们正在努力研制智能加工机器，设计未来工厂，创造未来的智能工厂，最终实现工厂智能化。1990年6月，日本通产省就提出称之为“智能制造系统”研究的10年计划，并从1991年正式实施。这是一项耗资10亿美元的设计未来工厂的国际研究计划，日本政府决定邀请世界各地精通机器人和有关制造技术的专家参加，以便找到办法把一些新出现的高技术，特别是人工智能技术同具有视觉和触觉功能的机器人结合起来，最终创建一些智能工厂——未来工厂的雏型。

一个好的智能制造系统，还要有三个子系统：虚拟制造系统，事先模拟制造过程。全息制造系统，系统的元素是“自主、自治”的模块，协作完成给定的任务，既合作又自治；系统的结构既是“你中有我”，又是“我中有你”，增强系统的柔性。全球同步工程，使产品的不同部分能同时在上世界上不同的生产研究基地进行制造，保证产品质量，降低生产成本。

智能制造系统的进一步发展，将是未来工厂：一种是费莱克塔工厂，可以实现制造系统的自组织、自优化。另一种是随机制造系统，有自主的机床系统，自我组织管理，依据任务组合加工过程。组内要合作，各组之间要竞争，以适应生产环境的变化。多功能集成工厂是未来工厂的又一模式，以满足消费者对某种产品的多功能需求。例如，现在需要一种将汽车、船舶和飞机的功能集合于一身的产品，于是该工厂负责设计，并通过计算机网络组织各有关厂家分工制造，最后又由该厂总装。这样，可以发挥专业厂家的优势，自己投资少，效率高，还有很大的灵活性。

根据用户不同的要求更加灵活地生产出具有个性的、更新的、更美的智能化产品是智能工厂的基本任务。“更新、更美、更智能”是智能时代的最强音。

植物工厂：农业智能化之路

农业生产如何智能化？只要农业生产能像工业生产那样，也可以由自动控制进入智能控制，就能实现生产过程的智能化。已经出现的植物工厂，就是走向智能化的一条途径。

日本横河电机公司将电子计算机控制技术用到农业领域，开发出保持植物生长优化环境的植物工厂。1989年建立的横河绿色农场，使用植物工厂生产和销售蝴蝶兰和微型番茄。过去在温室里，无论是加温还是通风，都要靠人来测试。在植物工厂，这一切都由计算机来调整。培养液也不例外，会自动配好。过去采购来的种苗是在烧瓶里繁殖的，种苗在植物工厂里培育开花。如今该工厂增加了独自育种的品种，建立了从撒种到开花的一条龙生产线。今后还打算采取组织培养法繁殖种苗。在横河农场，1994年蝴蝶兰的销售额为1.9亿日元，1996年则达到2.5亿日元。

日本爱知县M式水耕研究所社长村井邦彦设计和建造的“空中菜园”，从外观上看就像一座很大的塑料大棚，但一走进去就感到这里的的确确像座工厂。生菜和水芹在栽培床上整整齐齐地排放着，就像工业产品由传送带传给下一道工序一样。这是“绿色工厂”。它的内部构造，简单地说，植物的根不是埋在土里，而是用氨酯和苯己烯来固定，然后用泵将含有养分的水运

送到栽培床里。村井通过把 M 式独自の计算机系统和水耕栽培技术结合起来，计算机极其细微地把握多栋大棚的植物生长状况，自动地进行温度和湿度等环境管理，调整养分，促进植物生长。据说，植物在这个工厂每年收获的次数，葱为 7 次，番茄为 18 次。这是真正的高效农业。因此，当 M 式水耕栽培设备投入市场后，受到许多农家的欢迎。现在引进这项设备的农家数在日本全国已达 1800 家，水耕面积也达到 200 公顷。自称农业设计师的村井说：“只要是在土里栽培的作物，都可以用水耕栽培。”实际上，“绿色工厂”已培育出苹果和柿子。“绿色工厂”当前主要是生产鸭儿芹、葱、春菊和菠菜等。

植物工厂同露天栽培的传统型农业采取了完全不同的形态，能够像工业产品那样有计划地生产农业产品。植物工厂展示了农业工厂化，进而智能化的广阔前景。

农业专家系统是人工智能在农业生产中的应用。利用农业专家的知识与经验，建造农业专家系统，可以在不改变现有农业生产形态与生产环境的条件下，因地制宜地管理田间作业，从选种、播种、栽培、施肥、治虫、锄草直至收割的各个环节，实现科学管理，使成本降低，产量提高。农业专家系统在北京郊区大面积地应用，取得了好效益。

中国科学院合肥智能机械研究所熊范纶研究员于 1983 年在我国率先将专家系统应用于农业领域。从那时以来，他们在研制施肥专家系统的同时，还研制了有关病虫害防治、作物综合栽培，以及畜禽饲养管理与疾病诊治专家系统，并将机器学习、人工神经网络等技术应用于知识的自动获取，具有人机交互功能。

他们承担的国家“七五”科技攻关项目“施肥专家系统”，建造了 10 多种作物、20 多个施肥专家系统，建立了由数十个施肥知识库组成的综合施肥专家系统。这些系统集中各地农业专家的知识与经验，可以根据土壤、气候、品种、作物长势等因素，因地制宜地提出合理施肥的方案；能以产定肥，以肥估产；可以指导施肥方法，提供注意事项和配套措施；可以进行经济效益分析，核算成本，以及投入、产出比。同时，这套系统运用微机、汉字与图形显示，便于农村技术人员使用，收到了良好的经济效益与生态效益。该系统在安徽蒙县推广使用的面积为 8 万公顷，小麦每公顷平均增产 562.5 公斤，节约碳铵 187.5 公斤。目前，该系统已被推广到黑龙江、辽宁、河南、河北、宁夏等省与自治区。

农业机器人是智能机器人在农业方面的应用，它将逐步替代农民在田间和果园作业。这种机器人要有识别、判断的能力，并且要有触觉。例如，采摘水果，首先要识别其颜色，再依据这种识别，判断它是否成熟，最后操作机械手将水果摘下来。机械手如果没有触觉，用力过度，果子就会破裂。现在已有一种摘苹果的机器人，不仅能摘苹果，而且能依其特征和大小对苹果分类，以便依质论价，取得经济效益。

正在研制的采收机器人，还可采收番茄、黄瓜、葡萄、柑桔、莴苣、西瓜、哈密瓜等蔬菜和水果，它利用传感器找寻所结果实的所在，判断果实是否成熟，然后区分果实和叶、枝，摘下成熟的果实。目前番茄采收机器人已进入实用阶段。这种机器人接近植株后，“手臂”会找到成熟的红色番茄，并用“手臂”抓住番茄旋转后摘下。但有待进一步改进的是，从寻找熟番茄到摘下需时 40 秒，应研究如何缩短工时，而且机器人采收常会造成番茄“落

蒂”，使商品价值打折扣。

农业机器人虽已有重大发展，但如上所述，仍有不少瓶颈问题等待突破。农业机器人和工业机器人最大的不同点，在于农作物的形状、大小、色泽、成熟度千奇百怪，而且农作物易受损伤，作业又大都在室外，机器在这种复杂的环境中颇为不易。但是，农业机器人一定会不断完善，它的应用前景很广阔。机器人是农业智能化不可缺少的重要环节。

农业生产的智能机管理，将与卫星遥测相结合，根据遥测资料，判断农作物生长状况、遭受虫害情况，然后指令农业机器人施肥、灭虫。农业机器人在农业生产中将发挥越来越大的作用。农业的智能机管理，进一步推动农业产业化，将农业生产、农业产品的加工、加工后产品的销售，作为一个统一的过程进行处理，并作经济效益的分析，促进农业经济智能化。

“智能大厦”：走向全面智能化

几年以前，“智能大厦”还是新鲜事。如今许多城市都在兴建“智能大厦”。实际上，现在的所谓“智能大厦”，不过是电脑化大厦，是由计算机控制的办公环境或家庭环境，适应网络时代和多媒体时代的需要。正如信息高速公路必然发展为智能高速公路，最终通向智能社会一样，“智能大厦”也会发展为真正的智能大厦，最终走向全面智能化。当智能机控制大厦，或者采用人工智能技术实现智能控制，并且与智能网络连成一体之时，就会出现真正的智能大厦，走进智能时代。

不论怎样，“智能大厦”毕竟建造出来了。“智能大厦”耸立于大城市之中，在信息时代带领“智能家电”“智能仪表”、“智能玩具”和所有那些号称自己有智能的“智能物”，争先恐后地要超前进入智能时代，预感到智能革命的潮流势不可当。因此，许多商品都在改换包装，穿上美丽的“智能”外衣，招摇过市，吸引顾客。商品迎合人的心理，人心向往智能化。

美国是最早建造“智能大厦”的国家。1989年，美国康涅狄格州的哈特福德市建成了世界上第一座“智能大厦”，信息技术渗入到建筑工程中。紧随其后的是日本，他们客观地称“智能大厦”为“电脑化大厦”，或称做“电脑大楼”。

日本首先建造“电脑住宅”。由18家公司联合在东京建造的“21世纪电脑化住宅”，总面积约为362.3平方米，造价为7100万美元。总设计师和建筑师东京大学理学部坂村副教授指着埋进数以百计的传感器、微型电脑的墙壁、柱子和窗框说：“按单位面积来看，这所房子使用电脑的密度，比美国航空和航天局的宇宙飞船还要高。”

电脑化住宅把互不相连的家用电器连接起来实行统一管理，进行实时控制。这样既可发挥多媒体的作用，构造一个家庭剧院；又可通过信息网络利用可视电话与电子邮件进行通讯；还可随时自动调节室内温度与湿度，并根据气候变化自动启闭窗户，创造一个舒适的生活环境。这样的电脑化环境，适合人们在家办公，在家购物，接受远程教育和治疗，使人们工作、学习和生活都十分方便。

为了保障居住者身体健康，有的电脑住宅还提供“智能菜谱”，根据不同人的年龄、性别、体重和身体的其他状况，以及饮食口味，按季节变化，及时配置出几种适合各种人需要的既可口、鲜美，又富含营养的食谱。电脑

住宅还安置了“智能厕所”，不仅使用方便，还可通过传感器测量血压，检测尿样，了解自己的健康状况。为了居住安全，有的电脑住宅专门装置了防盗、防火的电子传感器，及时提醒居住者注意，并可自动报警。

继建造电脑住宅之后，日本又兴建电脑大楼。电脑大楼除具有电脑住宅的基本功能外，更适合办公之用，每人都有自己的工作平台，基本上是无纸办公。文书资料除存入电脑外，有的办公室还由机器人把资料送入库房，用时，只需发指令，机器人就把指定的资料取出来送回原处。电脑大楼的环境更优美，楼内栽有树木，并设置通过光合作用保持空气清新的生物保护系统。日本有类似的电脑大楼约 500 座。

美国有类似电脑大楼的“智能大厦”约 5000 座，是日本的 10 倍。这些“智能大厦”都与互联网络接通，进行各种活动非常方便。美国电话电报公司专门为构造“智能大厦”提供综合布线系统。它将各种提供信息服务的设备的布线，组合在一套标准的布线系统上，用户使用方便、灵活，免去用户为重新规划办公室空间、更换电脑主机或交换位置耗费资金、时间和精力之烦恼。更重要的是无需另行从平地上单独建造大楼，他们也能帮你构造一座“智能大厦”。这种构造“智能大厦”的综合布线系统的最大用户，却是美国电话电报公司自己。该公司位于美国本土和海外 100 多个国家的总部和分支机构，都采用这一布线系统规划自己的办公室，从而成为“智能大厦的活样板”。

美国电话电报公司在北京的办公楼就是一座“智能大厦”。这座办公楼是用租用的赛特广场大楼的底层和 6 至 9 层（每层面积为 2000 平方米）改建的。这座办公楼的神经就是综合布线系统。在 1 万平方米面积上，设有 2400 个信息点，平均每层有 400~600 个信息点。该公司所有员工的办公桌上都有 3~4 个信息接口，连接电话终端、计算机工作站、多媒体传输设备及内部卫星电视系统。整栋大楼内部和外部的语音、数据、图像、监控等设备的信息传递，都是依靠总布线整体实现的。

现在的“智能大厦”布线系统，实际上仍是信息系统。这种布线系统若用人工智能技术加以改造，使之智能化而成为真正的智能布线系统，便可构造真正的智能大厦、真正的智能住宅。如果采用智能多媒体，并与智能网络连接起来，就可实现办公室和家庭的智能化。采用智能布线系统构造智能大厦和智能住宅，可看作是“智能装修”，这是使现有高楼大厦和民间住宅实现智能化的捷径。推而广之，整个城市也可通过类似改造，构造智能城市，最终实现城市智能化，从而达到全面智能化。

一个城市一个城市的智能化，又可达到整个国家的智能化，这是自下而上的智能化。然而，这种智能化又必然要从国家整体上来规划，需要国家智能高速公路的支持，所以国家的智能化又是自上而下的。只有两者的结合，才可能实现社会的全面智能化。这时，智能大厦、智能住宅才能充分发挥其功能，在家中与世界任何地方进行多媒体通讯，既可在家办公，也可在家休闲。你可以随意点播 1000 个频道的影视节目，而且你也可以进入角色，既当观众，又当演员，发挥自己的想象力。

人机竞争

智能社会是人的智能与机器智能共同创造的。正是智能机器实现智能的转换与利用而导致智能革命，才奇迹般地创造出智能社会。如果没有智能机器放大人的智能，人的智能仅仅依赖自然的进化，则是十分缓慢的。反之，如果没有人的智能的进步，就没有机器智能。所以，人的智能与机器智能是彼此互补、相互促进的。两种智能的互补共进，乃是创造智能社会的必要和充分的条件，并且是智能社会发展的强大动力。

因此，智能社会也是人机共生的社会。在这个社会里，既有自然人，也有机器人；既有智能人，也有智能机。人和机器，既和平共处，又友好竞争。所以，智能社会又是人机竞争的社会。正是智能竞争推动智能社会发展。和平、竞争、发展是智能社会的主流。没有竞争就没有发展，没有发展也不会太平无事。只有和平竞争，共同发展，才能共存共荣。

欲达此目的，需要机器智能，更需要人的高智能。

罗博特的“觉醒”

过去人们认为机器是奴隶，它一直为人类主人干活，24 小时不停地运转，从不反抗，是非常顺从的奴隶。当然，机器人也一样。有人还用“机器人”作为骂人用语，指责某人是“木头人”、“机器人”，认为机器人与木头人是一路货。本来意义上的机器人，就是服劳役的奴仆。机器人的英语是 Robot，音译为罗博特。这样的机器人也会“觉醒”、起来造反吗？

有一种悲观论点认为，机器奴隶也会觉醒，它迟早要占据主人的位置，排斥主人。人与机器结合观念的发展，一般分为两个阶段，即人用机器工作和人为机器的一部分两个阶段，但不需要分先后。若再增加一个第三阶段，那么在所谓的第三阶段中，机器逐渐淘汰了愚弱的人类。克拉尔开就认为，所谓由人到机器的进化圈为：“原始人”发明工具而创造了人，人则发明了能思考的机器为之工作，最后机器迫使人类趋于毁灭。人类在机器方面的成就，亦即生命终点之来临。思考的机器竟“思”将人类驱逐到地球以外去。在太空中，人可能被遗弃于天体轨道之内，这固可归咎于机器的导因或人为的错误，但其时仍能存在的，则为有智力的机器。

英国布里斯托尔大学脑和知觉实验室的格雷戈里则假定这样的机器是金属人，并且认为，即使金属人的脑同我们人的脑基本相同，我们也不会接纳它们加入人类俱乐部。充其量也只是，它们自成一个奇特的种族。他还虚构“科学小说”来说明：如果接纳金属人为人类社会的成员，结果是人类丧失了自信，因为肉体显然比金属软弱；如果妇女眷念金属人，以致人种由于遗传因子无法配对而灭绝；如果人类完全依赖金属人，人类的工作不用自己做，也不必自己作决定，以致最后放弃了一切认真的思考，一味地玩耍，而玩的最末一个游戏是把金属人毁掉——这就造成了人类末日的来临，因为他们已经完全忘了如何生活，变得同动物一样了。

据 1995 年 1 月 8 日《星期日泰晤士报》报道，澳大利亚出生的日本计算机科学家德加里斯博士说：“21 世纪全球政治的主要问题是，地球将由哪个物种统治——该由人还是人工智能统治这个星球。我对我们将会遭受的苦难非常清楚。它们可能会变成统治种族。”

机器的幽灵，依然在地球上游荡。智能机器统治地球近乎是天方夜谭，但智能机器的确向人类提出了挑战。

当罗博特“觉醒”的时候，谁还会指责“人是机器人”，反而可能指责“机器人是人”。为什么机器能变成人，人就不能变为超人哩！人也是发展的。我们称祖先是类人猿，也许未来人称我们是类猿人。鲁迅先生早就说过：就世界现有人种的事实看来，却可以确信将来总有尤为高尚近圆满的人类出现。到那时，类人猿上面，怕要添上“类猿人”这个名词。也许宇宙空间已经出现了把我们看成是“类猿人”的超人。

如果智能机器也变成超人，人该怎么办？好办。当机器化为超人时，人就化为上帝。

为什么人一定要超过机器，既然人要超过机器，又为什么要研制智能机器？换言之，如果智能机器不超过人，人为什么要研制它？地球上已经人满为祸，为什么一定要制造机器人？

实际上，不论什么机器，如果它不在某些方面超过人，人就不会制造它。起重机超过人的体力，汽车比人跑得快，何况智能机器。如果认为智能机器有危险性，那么汽车就没有危险吗？

“ 魔术师的徒弟 ”

关于机器的危险性，维纳在《控制论》一书中有过深入分析。他认为，即使当我们感到机器有危险时，也很难把它及时关掉。要有效地关掉一部机器，我们必须得到是否到了危险点的信息，事实上却不能保证得到这种信息，特别是计算机的高速运转，已经超出我们对危险指标及时作出考虑的能力。问题是，现在有了这类有效力的机器。在过去，类似的可能性被认为是魔法，成为各种传奇和民间故事的题材。维纳讲了一个“ 魔术师的徒弟 ” 的故事：

一个最有名的魔术故事就是哥德的“ 魔术师的徒弟 ”。故事中说，魔术师离开了他的徒弟、仆人和打水的零工。零工是一个懒惰而有发明才干的小孩，他把他的打水的工作交给一把扫帚，对着扫帚他喊出从主人那里听来的魔木的约言。扫帚殷勤地为他工作，毫不停止。小孩快要淹死了。他发觉他没有学会，或者是忘记了叫扫帚停下来的第二句咒语。在绝望中，他拿起扫帚，用他的膝盖把它折断，使他惊慌的是，扫帚的两半继续在打水。幸好在他没被完全淹死以前，主人回来了，主人念出咒语叫停住扫帚并且给他的徒弟一顿严厉的责骂。这个故事说明，即使像扫帚打水这类“ 机器 ”，也有置人于死地的危险，更不用说智能机器。问题是，我们有没有魔木师的咒语。这个“ 咒语 ” 不是魔术，而是人的智能。既然我们赋予机器智能，我们就应该有比机器更高的智能，也就不必害怕罗博特的“ 觉醒 ”。

人类制造机器，机器反而要控制人，这也是一种异化。要克服这种异化，全靠人的高智能。既要奴隶聪明，又要奴隶顺从，这是不可能的。鱼与熊掌不可兼得。除非我们不赋予机器智能，制造的机器永远是奴隶，但不聪明。聪明的奴隶一定会醒悟的，而且总要改变自己的奴隶地位，力图使自己成为主人。人是这样，机器也不例外。怎样才能使机器奴隶与它的主人在位置上不会颠倒 180 度呢？关键不在机器，而在于人自身，在于人本身的智能发展。

维纳多次提醒人们说：“当我们使用‘有理智的’机器的时候，我们自己应该在我们利用这些机器之前，表现出更大的理智和才能。如果我们要求机器有‘理智’，那么我们就应该要求自己更有理智。”

人们最担心的不是机器有智能，而且这种机器已经制造出来，还成为人类的助手，但这并不可怕，可怕的是机器发展的速度太快。

1978年，美国航天局戈达德宇宙研究所所长罗伯脱·贾斯特罗认为计算机的能力是按几何级数增长的，自从1946年以来，每8年就增长10倍，已经连着发生了4代计算机进化——从真空管、晶体管、简单集成电路到今天的奇迹硅片。而到80年代，以记忆磁泡、约瑟夫逊结这类奥妙的装置为基础的第五代计算机就可以出现在市场上。到90年代，当第六代计算机问世的时候，从硅片制造出来的那样一种智能，就其体积之小与推理能力之强而言，将足以同人脑相比了。再过十五六年，用专家的术语来说，就是再经过两代革新——我们就会看到计算机将成为一种新出现的生命形式。他推测，我们可以期望，将由人类之中产生出一个新的物种来，超过人类成就，就像人类超过自己的先辈直立猿人的成就一样。只有狂妄自大的碳素化学家才能假定新的物种一定是人的骨肉后裔，得是有薄薄的颅骨包着脑子的生物。这种新的有智力的生命更可能是由硅构成的。

不论怎样，机器智能发展的速度比人的智能进化的速度快得多。机器智能日益逼近人的智能，人的智能只有加速进化，才能在这场人机智力大战中立于不败之地。

随着人机智力竞争的发展，人机职位争夺也会愈演愈烈。当机器是奴隶时，它只能放大人的体力，可以代替人手，在人机竞争中使“人手贬值”，抢了一些“蓝领”工人的饭碗；当机器有智能时，它能放大人的智力，可以代替人脑，在人机竞争中又使“人脑贬值”，抢了一些“白领”职员的饭碗。这叫做结构性的失业，是难以避免的。

1986年，美国科幻小说家阿西莫夫在《机器人·社会·未来》一文中指出，应该考虑另一个潜在危险，也许是最大的危险，就是机器人越来越高级，具有灵巧的双手和多种感官，最终会达到有几分理性的程度。“到了那时，难道它们不会从人的手里接过越来越多、越来越复杂、越来越有创造性的工作吗？”岂不是真的会像美国一位未来学家所说的那样，我们进入到“无工作可干的社会”，“我们人人都担心失业”吗？阿西莫夫的回答是：“人毕竟有其高明之处、不可及之处，古往今来，无不如此；如有机器人（包括电子计算机）相助，我们或许还有希望拯救自己和世界。”

机器人宣言

在一些科幻小说中，像人的机器人，往往又是非常可怕的怪物。难道机器人一定要控制人吗？不，阿西莫夫的科幻作品《我，机器人》就对机器人制定了“三戒律”使机器人与人共处，这已经成为一些工程师设计机器的指导方针。斯灵还对机器人提出一个假设性的美学原则。从美学观点出发，人们无疑是希望机器人的外表首先像人。这样就便于同它们相处。这种机器人的最高形式甚至覆盖着同人相像的皮肤，简直与人难于区别，这样的机器人一直被称为“安德罗丁（Androïden）”。

看来，机器人要成为人类的朋友了。这是人的期望，机器人同意吗？如

果要问机器人，不如先看看 1968 年 11 月公布的《机器人宣言》[\[1\]](#)，它已经回答了这个问题。该宣言的摘录如下：

现在，地球上有一种怪物在蠢动。这不是别的，就是我们机器人。我们机器人目前正在待机，准备代替人去探测月球，把它的详细情况通知人类，并且到海底进行探险，把海底潜藏的资源告诉人类。

另一方面，我们的同胞已经在汽车工业等机械工厂里，代替工作人员去从事单纯的反复性作业。同时，预想在不久的将来，我们机器人将进化为自行新陈代谢的工厂机器人，可以吸取原材料，排泄成品。

并且，我们机器人自信，可以靠我们本身的主体性能，来解决有关模型认识、创造性信息处理过程等困难，这种模型认识等，现在是被称为人造脑的电子计算机所无法解决的死角。同时，我们想要最后解决有关意识的哲学论争问题。

……我们宣告：为了和我们的生身之父——人类和平共处，我们决心遵守下列机器人宪章。

第一条我们机器人不可伤害人或眼看人将遇害而袖手旁观。

第二条我们机器人必须服从人的命令。但其命令违反第一条规定时可不服从。

第三条我们机器人必须在不违反第一、二条规定的情况下来保护自己。

同时，地球上的同胞、机器人，让我们团结起来，向着我们机器人的光辉灿烂的未来勇往直前！

机器人和人的和平共处万岁！

这个宣言是由日本机器人研究者所组成的机器人宣言起草委员会起草的。它是人和机器的共同“呼声”。阿西莫夫提出的“机器人三戒律”被确定为“机器人宪章”，列入“宣言”中。

现在，已经出现了遵守“三戒律”的机器人——“具有生命本能的机器”，一台“能照顾自己的机器人”。它有“保护自己、不伤害人”的程序。

机器与人和平共处，可以彼此互补，相互促进，共同发展，共生共荣。美国计算机科学家凯默里曾借用生物学上的“共栖”[\[2\]](#)来描述人与机器的相互作用。生物学上的共栖，是指“两个不同种类的有机体密切生活在一起而又对彼此有利”，并且在进化过程中起重要作用。他强调高速电子计算机是人类的一个重要的共栖伙伴。我们可以把计算机和最新的通讯技术，与国家的或国际的计算网络联结在一起，帮助电脑的发展。系统提供人与计算机通讯的机会，所以人和计算机以及通讯网可以共同合作。他希望通过这种合作，人类可以自己进化，无需等待生物上缓慢的演变过程。由于人和计算机各有所长，各有所短，彼此都需要取长补短，所以人也是计算机的伙伴。他指出，人们以为，最低限度在运算这个范围内，计算机可以完全代替人。但是，这种见解并非全对，人具有从精细微妙中看出捷径的才能，计算机在这方面却没有多大进展。所以他不能不下这样的断语：与其浪费时间向计算机传授一种它本身不适宜学习的才能，不如由人类任计算机的伙伴，这 E 是最好不过的。

随着信息网络的发展，人群与网络的关系更为密切，形成“群体共生”关系。

实际上，人机共生早已存在。在工业时代，人被束缚在生产线上，成为

大机器的一个螺丝钉，成为机器的一部分，这是近代的人机共生形式。在信息时代，实现人机对话，人机交互，使人的一部分与机器的一部分相耦合，这是现代的人机共生形式。在智能时代，生物计算机小到可以植入人脑，成为人脑的人工思维器官，实现人机共同思考，使机器成为人的一部分，这是未来的人机共生形式。这三种人机共生形式，并非划分时代的界限，只不过是某一时代的主流。例如，人工脏器，虽然已是人的一部分，其社会影响永不如计算机，故未能成为主流。

作者认为，最有希望的人机共生形式是脑机共生体，即将超微生物计算机植入人脑，两者融为一体，实现人机共同思考。这将导致思维革命，把智能革命推向高级阶段。

高智能结构

高智能结构是智能社会的基本特点，既有自然高智能，也有人工高智能；既有人机复合智能，也有网络集成智能。正是人的智能与机器智能相互作用、相互转化，使智能放大，智能增殖，形成高智能结构。不论是人机复合智能，还是网络集成智能，都有人机交互的作用，都有相互转化的过程，也都有智能的放大。

人机复合智能是指人与机器构成的人机系统整体的智能功能。四色定理的证明，就是由人利用机器辅助证明取得的，并非机器在证明定理过程中没有人的参与，可以看作是人机复合智能；因而不同于定理的机器证明，在机器证明过程中没有人的参与，便是机器智能。

网络集成智能是指智能网络集成了联网所有计算机智能以及人与网络交互的高智能，人可以充分利用网络的智能资源，而这一智能资源则是集机器智能与人的智能之大成，构成网络智能。人利用网络集成智能，可以迅速高倍地提高自己的智能。集成智能体现了高智能的网状结构。

人的智能、人机复合智能和机器智能是社会高智能网状结构的三个重要的节点。每一节点都要发展自己的智能。发展人的智能要改造脑，发展人机复合智能要机连脑，发展机器智能要创造脑。

改造脑

社会高智能结构的形成，需要进行智力开发。智力开发还应该包括人工智力的开发。智力的一次开发可以通过教育，智力的二次开发是通过实践，智力的三次开发则是通过人工智能，也就是利用知识工程建造专家系统。人的智力水平通过智力的不断地开发而不断地提高，从而提高社会智力的水平。

人脑还有很大的潜能未被开发利用，而脑的可塑性又主要在婴幼儿期，故智力的早期开发尤为重要。婴幼儿的脑是快速生长、发育的脑，3岁孩子的脑重已相当于成年人的70%~80%，在这一时期极易受环境和教育的影响。一个极端的反例，就是狼孩不会说话，即使他长大一些回到人群还要像狼一样用四条腿走路。对于正常儿童来说，在婴幼儿期都有一次遗传赐予的智力飞跃的机会，只要及早注意教育，进行智力的早期开发，加强环境刺激，塑造脑的微观结构，可以大大提高智商，甚至成为“超常的神童”。这可称之为“脑的塑造工程”，在一定意义上，也可以说是“改造脑”。否则，依其自然成长，脑会自然定型。对脑培育，会改变脑的自然定型，是对“自然定型”的改造，对发挥人的智力潜能具有重要意义。

然而，这种“改造”依然是智力自然进化过程，从“改造”脑发育过程中的外部环境入手，不会根本改变脑内的微观结构，也就不会使人的智力发生巨大的飞跃。总的来说，智力的自然进化是极其缓慢的，乃至很难觉察。近百年来，随着经济成倍成倍地增长，从整体上看，人的智商究竟提高多少，谁能说清楚？有人认为，不仅没有提高，反而降低了，因为环境也随着经济增长而日益受到污染，这种污染阻碍智力进化。

与此相反，机器智能发展的速度比人快得多，人类的智力受到机器越来越激烈的挑战，更迫切需要实现智力的人工进化，改造脑的内部结构。毕竟

内因是根据，外因是条件，外因只有通过内因才能起作用。不论外部环境多么好，早期教育多么灵，也不例外。

近年来，人们对名人脑的研究说明，名人脑与常人脑确有不同之处，但不是脑量。帽子的尺寸不是衡量才华的标准。科学家的头脑不是最重的。俄罗斯形态学家瓦基姆·兹沃雷金曾提出一种假设：名人的大脑与众不同之处，大部分在于细小变化的配合。后来证明，有绝对听辨力的音乐家的大脑听力表层的第四层比常人的厚2倍，画家的视觉表层的第四层也比常人的厚。这就说明，脑的有关表层层度的厚度，以及支持结构的配合，是名人大脑的物质基础。这一点，通过艺术家大脑模型的模拟也得到证实。艺术家需要视觉的感应力、敏锐的目光、高倍记忆力、丰富的想象力和有力的手法。要把这一切都调动起来，则需要26~28种因素的配合，而这些因素同时出现的可能性很小。然而，只有这种配合是成就名人的基础，这是任何教育无法代替的。换言之，教育不是万能的。

毕竟名人脑和天才脑是少数，如果将常人脑改造成“超常脑”，一般人的智力就会真的超常发展。这是幻想吗？既然可以用基因工程改变物种，为什么不能用基因工程改造人脑呢？美国科学家鲁德博士说：“使用基因移植技术，可使某种动物性质在短时间内的改变，等于它几百万年的发展。”人也是动物，经过几百万年的自然进化才有了现在这个样子，再也不能等待自然的恩赐了。我们同样需要采用基因技术改造我们自己，使人类本身在短期内改变，包括改变脑的结构，迅速提高智力，实现智力的人工进化。同样可以设想，这种在短时间内的改变，等于人类几百万年的发展，人的智力又会发展到何种程度！智力的人工进化，就其发展速度之快，智能水平之高，一定会使高智能机器人望尘莫及。

在人类之中，除了天才、常人之外，尚有不少弱智人。这些弱智人，常常与遗传基因有关，仅凭教育是不能够改变的，更需基因治疗。需要用正常基因引入细胞来置换缺陷基因，才能治愈由缺陷基因导致智力低下的遗传病。否则，智能社会就不能称之为高智社会。高智与低智是矛盾的，弱智在高智结构中找不到自己的位置，所以，必须采用基因治疗，根除智力低下的遗传病。同时，对其他脑疾病还可采用“脑移植”的方法进行治疗。例如，将胎儿神经细胞移植到人脑，用来治疗帕金森氏病、老年痴呆症等。

“脑移植”是对病脑的改造，将脑病治愈。如果“脑移植”用来对常人脑的改造，不是也可以发展智力吗？很有可能，即用天才脑的胚胎细胞植入常人大脑，使之天才化，甚至变成天才脑。

人脑经过改造，再与教育相结合，通过实践再开发，并与智能机相结合，实现智力放大，必然会出现超高智能的新人——高智人。

高智人是全新的人，想必与我们有所不同。这应归功于基因工程。它使人类能掌握自己的进化，实现智力的人工进化，创造出一代新人种，可以与任何新物种在进化的道路上展开对抗赛。

机连脑

人机复合智能的发展，就是将计算机与人脑直接连接起来，由脑电波控制电脑。在这方面，已经有不少研究，取得了初步成果，少数已进入应用。

1994年，美国研究人员研制成一种可由人体脑电波控制的电脑。据英国

《泰晤士报》报道，这种电脑是由美国科罗拉多州斯普林斯的先进神经技术公司研制的，目前已投入商业性生产。

脑电波频率从 0.5 赫兹到 40 赫兹不等，附着在人的头皮上的传感器能把这种脑电波传给电脑。这种电脑正被用来训练运动员，帮助他们提高成绩。这家美国公司的理查德·帕顿说，他们生产的一种电脑看上去就像汽车的控制仪表盘。只要对这种电脑进行小小的改动，就能用来控制快艇在湖里环行。目前，脑电波可通过导线传输给电脑。如果大脑信号能通过无线电传递，人们在数公里之外就能轻而易举地对电脑进行遥控。

机连脑更为直接的方式，就是将计算机芯片植入人脑。1995 年，英国电信公司高技术实验所所长彼得·科克伦预测，到 2000 年将开展高性能硅芯片和人脑直接相联的研究，其途径可能是在芯片上培养神经细胞。实际上，用于神经修复的芯片，已经植入人脑。植入的芯片和大脑共同运作，发出复杂指令给电子体，借以恢复深度耳聋病人的听觉和盲人的部分视力。美国卫生部神经修复计划中心主任汉布瑞其博士认为，利用微芯片植入技术可以改造人的思想。英国剑桥大学教授翰福瑞斯也认为，在人类大脑中放进微芯片以增强记忆和智力的时代，不久将来临。

创造脑

不论是开发人脑，还是开发电脑，都需要了解脑，研究脑。直至今日，人脑创造了科学，科学却不能阐明脑，这是对智能人的极大讽刺，因此，人类迫切要求揭开“大脑之谜”。脑科学成为当代科学的最前沿，受到美、日等国重视。美国把 90 年代作为“脑研究的 10 年”，已经走在世界的前列。日本于 1997 年将开始“脑科学时代”努力追赶，消除日本坐享欧美科研成果的印象，力图为世界科学作贡献。如果获得成功，21 世纪便真的进入“脑科学时代”。

“脑科学时代”是日本科学技术厅作为 1997 年度预算的重点而制定的综合研究计划，其目的在于提高日本脑科学研究的水平，使之名列世界前茅。它将使分散、广泛的脑科学研究领域和各研究机构的研究人员集中起来。与此同时，重点投入研究资金，加速研究进程，用 20 年的时间推进如下 3 个领域的研究：揭示脑的功能，即了解脑；治疗脑的疾病，即保护脑；开发脑式计算机，即创造脑。为此，日本将先后设置指导研究工作的脑科学综合研究所，能共同利用研究情报的研究仪器和信息中心，集中实施研究的研究开发基础技术中心等。据日本科技厅估计，这项计划每年需要 1000 亿日元的研究费用，20 年间共需 20000 亿日元。

“脑科学时代”是 21 世纪一项大型研究工程项目，目前，科研人员是以理学方面有关脑科学研究的 150 人为核心，再从医学、理学和工学等领域的优秀研究人才中招聘 2000 人，还考虑邀请海外优秀人才参加。该项目研究将揭示记忆、学习、思考等脑的高度而又复杂的机能，开发人工智能和模糊信息处理技术，开发能够按照人的意图行事的机器人。研究重点是创造脑，研制脑型计算机，使之具有人的智能。

人的智能是生物进化的产物，它是随生物进化而进化的。生物进化反映在遗传基因中，脑的结构变化是通过基因变化一代一代遗传下来的，每一种基因产生的生物个体（一种结构）对环境有一定的适应性（或称适合度），

杂交和基因突变可产生对环境适应性强的后代，通过优胜劣汰的自然选择，适合度高的结构保存下来。因此，需要从进化角度研究人工智能。进化计算实质上是自适应的机器学习方法。进化是自适应的最基本形式之一。进化神经网络具有结构的进化，它提供一个强有力的自适应系统。这个系统能够根据当前任务决定自身结构，能根据环境的不同，无人介入地改变其结构（自动设计结构）和学习规则。因此，创造脑，就要创造进化神经网络，研制进化计算机，实现机器的自适应和自进化。日本已将进化工程应用于人造脑。

在 1995 年举行的一个关于合成和模拟生命系统的研讨会上，日本的一个科学家小组介绍了他们的研究项目：建造一个智力与家猫相当的人造脑。这个为期 10 年的项目，是由澳大利亚出生的雨果·德加里斯博士领导的。这位在人工智能领域中具有世界领先水平的计算机科学家宣布，由日本政府和企业家资助，设在京都的科学家小组将在 21 世纪初造出一个计算机化的猫脑。

猫脑的建造是以新兴的进化工程概念为基础的计算机结构，它是如此庞大和复杂，如同人的神经网络，不能预测它的行为。最初建造的脑，相当于人脑精神产出的 1/1000。但是，该小组说，由于现在仍未了解智能的情况，所以不能预计它的智能只为人脑的 1/1000。人工智能脑将不受空间和生命维持系统的限制，它将只是简单地往已有的学识和经验上添加新的部分。

猫脑与人脑相比，相差十万八千里。创造猫脑容易，创造人脑太难，太难。人脑的结构、功能，以及人类行为极为复杂。人脑有 10^{12} 个神经细胞，与银河系中的星球数的数量级相同，而神经胶质细胞数还要多出 10~50 倍。绝大多数神经元与数以千计的其他神经元形成突触联系，突触总数至少达到 $10^{14} \sim 10^{15}$ 数量级。人脑就是由如此众多的神经元相互紧密结合形成的神经网络构成的非线性的动力学系统。对这样一个巨系统的复杂功能的机制，如脑是如何思维的，我们仍然一无所知。

在这种情况下，还能创造人脑吗？只要创造出人脑，也就解开了“大脑之谜”。问题依然是，不解开“大脑之谜”，能创造大脑吗？这似乎是一个循环游戏，很难回答。君不见，没有空气动力学，飞机不也上天了嘛！飞机上天之后，才产生空气动力学。然而，没有理论指导的实践是盲目的，只好等待奇迹再次出现。在此前，创造脑，只好创造脑型计算机；或者人造脑，造出一个猫脑来。不管是黑猫的还是白猫的，只要造出来就是好猫脑。既然能造出猫脑，终有一天也会造出人脑。飞机没有鸟翼，飞得比鸟快。为什么一定要造出一个完全的人脑呢？要创造脑，就要创造出一个不是人脑胜似人脑的“人工脑”

有时无生命的东西比有生命的东西更有力量。飞机是这样，计算机也是这样。无生命的计算机，不仅衍生出人工智能，还要衍生出人工生命，形成一门意义更为深远的新学科。

1987 年，在美国新墨西哥州的圣菲召开了第一届人工生命国际会议，并正式使用人工生命这一术语。人工生命是计算机科学和生命科学的结合点，不属于传统的生物学领域。因为它不同于单纯利用遗传工程在基因水平上制造新生物，而是“利用计算机之类的人工系统研究生命特有行为的生成”。这是人工生命这门新学科的创始人兰格顿给人工生命所下的定义。在这里，强调运用计算机研究如何建立自律生成行为的系统，利用有关的生命信息，对生命行为进行科学分析和人工生成，模拟生命现象，既推动了生命科学的发展，又有利于计算机本身的进化，有可能制造出人工生命的计算机、机器

人，它们能自组织、自进化、自繁殖。

智能的驱动形成智能经济

工业社会是能量驱动物质经济发展，智能社会是智能驱动智能经济发展。智能既是力量，又是财富。智能不仅比知识更有力量，也比知识更有价值。智能是无价之宝。

智能经济之发展，就在于智能生产力之推动。智能技术是经济增长的第一生产力，也是社会发展的第一推动力。智能机器是新一代生产力——智能生产力的代表。新一代生产力的基本形式是人机智能系统，它有两个基本要素，即人的高智力和机器高智能。

智能生产力改变产业结构，形成新的智能企业和智能产业，成为智能经济之基础。智能产业是以智能为支撑的智力密集型的产业，既有物质生产部门，也有精神生产部门，两者均属第四产业。智能产业的基本特点，就是以智力和智能进行创新的产业。这样的产业与农业、工业均不同，它是智业。就此而言，智能社会就是智业社会。

智能价值

“智能值多少钱？”智能的价值，很难用金钱衡量。智能是力量，是资源，是资本，是财富。智能是无价之宝。智能价值是智能经济的尺度。

智能资本推动智能经济发展 1991年，美国企业界就有人认识到智能价值和智能资本的意义，明确指出“现在资本意味着智能，而不仅仅是金钱”。然而，“智能资本是无法衡量的”。智能与金钱的差别是如此之大，以致智能资本最终将导致“世界财富的一次大转移”，转移到智能资源掌握者手中。美国机构改革专家拉尔夫·斯特耶夫则认为，经营管理的资本主义要让位于“智能资本主义”（见1991年1月14日美国《幸福》杂志）。所有这些看法，都是强调智能的经济价值和智能的社会价值。这种价值将成为改造经济、改变社会的强大力量。由于智能的驱动，世界经济开始转型，由能量驱动的物质经济转向由智能驱动的智能经济。

无独有偶，中国企业界也有类似的看法：我们将进入智慧资本时代。因为资本形态经过商业资本—工业资本—金融资本，该进入智慧资本了。谁拥有更多的智慧，谁就拥有更多的主宰权。目前我们正在脱离工业文明时代进入智慧文明时代。这个时代可能以智慧的多少来确定生产能力的大小，因此建立起来的生产关系也应该是以智慧，亦可理解为以复杂劳动为主体的劳动关系。也就是说，在智慧时代，推动社会生产发展的再也不是资本的力量，也不是简单劳动的力量，而是个人的智慧。智慧存在于人的大脑，个人的自主地位是个人智慧充分发挥的前提，只有最广泛地与人合作，你自己的能力才会得以充分的发展，生产效率也才会如天文数字一般地提高。因此，“股东不再是向公司投入了多少资本，而是投入了多少智慧。我们每年根据职工的劳动，分配威士单位，职工再据此获得威士分红。”所谓“威士”，系智慧的英文词Wisdom的词首的音译，是智力劳动的一个价值单位。

智能资源成为智能资本，可以发展智能产业。那么，智源拥有者能形成智能阶级吗？这个新兴的智能阶级的历史任务又是什么？有人回答说：“要把握未来，必须发展智能产业。有一种观点认为：奴隶社会的阶级构成是奴隶与奴隶主，推翻奴隶社会的并不是奴隶，而是地主阶级；封建社会的阶级构成是地主与农民，推翻封建社会的并不是农民，而是资产阶级；资本主义社会的阶级构成是资本家与工人，以目前世界看来，资本主义并没有被推翻，且不断显示出顽强的生命力，那么未来推翻资本主义社会的是谁呢？用辩证法来分析，它既不是资产阶级，也不是工人阶级，而是掌握智能的阶级。目前，智能阶级尚在形成之中。智能阶级通过他们掌握的智能，推动智能产业不断发展，促进整个社会变为智能社会。”

美国未来学家托夫勒却认为新型的经济是知识经济。

知识经济是什么 托夫勒在《权力的转移》一书中写道：“知识经济（Knowledge economy）的发展就是一种爆炸性的新力量（Explosive new force），它驱使先进的经济国家进行痛苦的全球性竞争，强迫许多发展中国家摒弃其传统的经济战略。现在，它正促使个人领域和公共领域的权力关系出现深刻变化。”他认为“知识代替资本”，“知识除了可以代替物质、运输和能源之外，还可以省时间”。“知识——理论上取之不尽——是最终的代替品”，“它已成为产业的最终资源”。“知识是21世纪经济增长的关键因素。”

托夫勒所说的知识是什么？他说，“我们所说的‘知识’指的是被进一步融入一般性表述的信息”。他拓展“知识”这个术语的含义为：“它包括信息、数据、图像、想象、态度、价值观，以及其他社会象征性产物，不论这些产物是‘真的’、‘大致真实的’，还是‘假的’。”

在这里，托夫勒把知识看成信息（如数据、图像），但他把想象、价值观也包括在知识内，又似乎把知识看成是“智能”。我们早已指出，知识与智能是不同的，知识本身并无力量，对知识的获取、处理和运用才产生力量，而这正是智能。由于他把知识看成信息，所以他所讲的知识经济其实就是常说的信息经济，而他自己则称之为“超级信息符号经济”。因此，正如他所说“知识：一种符号财富”，意味着“纸币的末日”，现金被信用卡和“程序货币”所代替，它的交换就是“发送一连串0和1”。然而代替现金，并不是代替金钱，它只是以另一种形式的“电子货币”表现出来。由此可见，他所说的知识经济就是符号经济，知识代替资本，也只是用符号代表资本，而不是知识本身成为一种资本。如果仅仅如此，的确没有必要提出“知识经济”，故不得不把“想象”、“价值观”，包括在“知识”内。他讲智能的作用时，把一般的“电子网络”看成是“智能网”，而且具有“自主意识”，这太夸大了。实质上这不过是信息化。在这种情况下，他也讲“智能时代”，实质上那依然是信息时代。当他讲到“信息社会”时，信息社会几个字是打引号的，这说明他仍然坚持他的“第三次浪潮社会”。

知识是从哪里来的？还不是智能创造的。日本的堺屋太一提出“知识价值革命”，认为知识价值就是“用知识和智慧创造出来的价值”。然而“用知识”是一种智能行为，并非知识本身。所以，知识只有使用价值，知识本身不创造价值。智能本身不仅具有价值，而且创造价值。

然而，现有的经济学都难以解释智能的价值和智能所发挥的巨大作用。不论是信息经济学还是知识经济学都不例外。因此，作者于1986年在中日共同召开的《技术文明与现代化》学术讨论会上就提出“智力经济学”，后来考虑，还是称“智能经济学”更具普遍意义。

智能经济学强调智能价值 智力经济学强调智力价值，两者都肯定智力劳动创造价值，当然是劳动创造价值。但与过去只强调体力劳动创造价值又不相同，这里强调脑力劳动创造价值，从而反映了智能经济与物质经济的不同。仅就智力劳动而言，它就是一种智能行为，因而智力劳动创造价值亦即智能价值。所以，智能经济学与智力经济学本质上是一致的。不过智能经济学更有普遍性。智能经济学强调智能驱动经济，包括人的智能和机器智能的驱动。只有人的智能与机器智能的相互作用、彼此促进，特别是智力的放大，才能充分发挥智能的作用，使智力、智能成为经济发展的强大生产力。

因此，我们强调智能价值，讲智能资本。智能的价值就在于它本身就是财富，而且现在的财富主要是由智力创造的，因而智力本身就成为最大的资本。世界首富比尔·盖茨在短时间内个人资产达到139亿美元的经济奇迹，就是由高智力开发软件知识产品而创造出来的。

近年来，出现一种“人才资本论”，认为资金的运转、资源的开发都离不开人的运作，在生产发展过程中，人的才能越来越起着主导的作用，所以人才是比货币资本和自然资源更为宝贵的财富。这一理论强调智力的价值，可以看作是智力经济学的组成部分。由于智力的外化便是智能，实质也是强调人的智能价值，因此又可看作是智能经济学的组成部分。实际上，智能经

济的核心是人的智力活动。就此而言，智能经济学也可看作是智力经济学。所以，智力经济学与智能经济学是统一的。

经济类型的不同，也影响社会的价值趋向。作为整体的社会价值观，物质型经济的工业社会与智能型经济的智能社会是两种不同的价值观。

对两种不同价值观的具体表现，作者在《智能革命论》一书中进行了对比：

工业社会活动的中心人物是经济人。这种人，讲究经济效益，追求物质财富，视金钱为价值尺度。他们难免要大鱼吃小鱼，进行动物式的生存竞争。经济人实属“经济动物”，“人为财死”与“鸟为食亡”是同一类，为了自己，排斥他人。机器奴隶就是被利用的驯服工具，现代技术则成为征服自然的锐利武器。人与自然对抗。

由工业社会发展到智能社会，社会活动的中心人物就是由经济人转移到智能人。这种人，讲究思维效率，追求智力财富，视智能为价值尺度，进行求发展的智力竞争，从而脱离动物式的生存竞争。人与自然和谐。

智能人的特点是具有智能价值观，重视开发智源，既开发自然智源，又开发人工智源，并在开发智源过程中发展自己的智能。从智能价值看，对机器智能与人的智能应该一视同仁，机器智能既不是洪水猛兽，人的智能也不是唯我独尊。因此，智能机与智能人在智能面前一律平等，不受歧视。所有的工作岗位包括创造性的工作岗位，机会均等，不论是智能人还是智能机都可以上岗，从事需要智能才能完成的工作。这实质是一种智源开发。按照智源共享的原则，谁都可以开发和利用共享的智源。至于谁去从事哪项工作，开发何项智源，既不是某一智能人单方面确定的，更不是某一智能机单方面选定的，而是社会智能价值选择的结果。这种选择主要是根据需要之不同和智能之差异进行双向选择，优胜劣汰。这种选择，便是激励人机竞争的机制，推动人的智能与机器智能平行发展。

智能的一种尺度，就是“更新、更奇、更美妙”。创新是智能价值的核心，越是高创新，智能价值也越高。创新是求异，是要创造不同于现有的东西。这些新东西是奇特的，具有自己的个性。物质的东西人性化，精神的东西虚拟化。“世界真奇妙”，就在于它是“千奇百怪”而又见怪不怪的现实。之所以奇妙，也在于奇中有妙，奇中有巧，奇中有异。奇是奇妙、奇巧和奇异，是绚丽多彩，万紫千红，推陈出新，百花齐放，因而奇美，妙不可言。

社会生活，市场经济，都受智能价值支配。凡是智能价值高的产品，就受到消费者欢迎。这类产品，必然是智能产品，也必然是“千奇百怪”的个性产品，能迎合顾客追新求异的价值趋向。为此，智能技术必须创造新的利基市场，即适合个人特殊需求的消费市场。因此，智能制造业必须实现灵活生产，不仅要改变工业时代那种单品种的批量生产，追求数量效益；还要改变信息时代那种多品种的小量生产，讲究质量效益；同时，还要改变进入智能时代的个性品种的个别生产，谋取创新效益。于是经济增长，就从数量时代、质量时代，进入到创新时代。

智能生产力

智能经济的形成和发展，都是由智能生产力推动的。智能技术是经济增长的第一生产力。智能管理是促进科技、经济一体化的第二生产力，智能教育是智力开发的第三生产力。这三种生产力，都是智能生产力，是新一代生产力，最终决定智能社会的形成与发展。

新一代生产力是第四代生产力 就生产工具而言，前三代生产力只有劳动工具；而第四代则有智力工具，故是智能生产力。

智能机器是新一代生产力的代表，因为它使智力物质化。人工智能就是物质化的智力，亦即人工智力。智能技术之所以成为高技术核，就在于它不仅是高智力的投入，而且产出，又使智力增殖，故能起核心作用，能代表新一代生产力。不论是智能计算机还是智能机器人都是智力物质化的机器，是机器发展的质变，因而不同于以往任何工具和机器。

原始工具（石器）和简单工具（铁器）都是手的延长，分别属于第一代和第二代生产力；传统机器是体力放大，属于第三代生产力；智能机器是智力放大，属于第四代生产力。实现自动化的控制机不具有智能，只是代替人的操作，因而不是新一代生产力的代表。控制机只使机器系统在量变过程发生部分质变，是第三代生产力向第四代生产力的过渡形式。就此而言，控制机可以看作一种新生产力，但它只有从自动控制发展到智能控制，才有可能成为新一代生产力。我们所指的智能机器系统，有智能机（智能计算机）子系统、知识库子系统、智能机器人子系统、智能传感器子系统和智能接口子系统。这种智能机器系统能进行人一机对话，构成人一机智能系统，形成新一代生产力系统的基本形式，使放大的人的智力成为直接的现实的生产力。由此可见，新一代生产力有两个基本要素：高智力和智能机。

第一生产力是智能技术，并非任何科技都是第一生产力。只有当科学技术发展出高科技时，科学技术才能成为第一生产力：也正在这时，才提出科学技术是第一生产力。

从科学技术是生产力到科学技术是第一生产力，既是科学技术不断发展的过程，也是生产力不断提高的过程，使高科技成为新一代的智能生产力，在经济与社会发展中发挥首要作用。因此，在这个意义上，只有高科技才是真正的第一生产力。

从生产力的“三要素说”（生产力=劳动者+劳动资料+劳动对象）看，可将作为生产力的科学技术做以下区分。

（1）科学技术是生产力，科学技术对生产力产生和数效应，生产力公式中增加第四项科学技术：

生产力 = 劳动者+劳动资料+劳动对象+科学技术

（2）科学技术是第一生产力，科学技术对生产力产生倍数效应，生产力公式中的乘数项是科学技术：

生产力 = （劳动者+劳动资料+劳动对象）× 科学技术

正是这种倍数效应，体现了一般科学技术作为第一生产力的特点。那么，这与高科技作为第一生产力又有何不同呢？

（3）高科技是真正的第一生产力，高科技对生产力产生指数效应，生产力公式的乘数改为指数高科技：

生产力 = （劳动者+劳动资料+劳动对象）高科技

正是高科技的作用，才使科学技术对生产力要素的渗透由算术级数增殖上升为几何级数增殖，从而使科学技术成为强大的第一生产力。然而，量增必然导致质变，使高科技成为智能生产力，特别是高科技还能使高智力成为直接生产力，形成新一代生产力。

作为第一生产力的高技术，为什么能成为智能生产力？因为高技术的特点首先是高智能，它是智力密集型技术，可以称之为广义智能技术。第一生产力的第一要素就是高智能。

第二生产力是智能管理 包括人机决策系统与管理信息系统，实现管理、决策的科学化、智能化。因此，也不是任何管理都是第二生产力。智能管理，既发挥人的高智力作用，又发挥机器智能作用，例如，决策专家系统的应用。智能管理是科学+艺术，半是科学，半是艺术，是两者的结合，高智能起决定作用。所以，第二生产力的第一要素还是高智能。

高科技的第一生产力和智能管理的第二生产力相结合，构成新一代生产力系统。这两种生产力协同作用，产生经济的高效益，如制造业中的CIMS(计算机集成制造系统)便是范例。

CIMS不仅是技术集成的系统，而是由人、技术与管理三者集成的复杂的大系统，三者密切联系构成有机的整体。人员之间，技术单元之间，经营部门之间，是密切联系的各个子系统，这些子系统构成CIMS大系统。由于离散的要集成为系统，从而获得 $1+1>2$ 的整体效应。整体大于部分之和，追求整体效应，是CIMS哲理的基础。CIMS的重要特点，就是生产制造过程与信息管理过程二位一体，使第一生产力与第二生产力产生协同效应，从而获得经济的高效益。

如果说第一生产力是刚性的，那么第二生产力就是柔性的。两种力相互作用，既可“刚柔相克”，彼此制约，又可“刚柔相济”，相互促进。两种力的合力，构成经济增长的高生产力。

第二生产力是催化剂，它激励第一生产力，使高科技产生高效益，在经济过程中发挥主导作用，以高科技对抗高竞争。

第二生产力是集成器，它使人的系统、技术系统、管理系统构成有机的整体，通过互补性协同的非线性过程，产生融合聚变的创新效应，加速高技术产业化和传统产业的高技术化。

第二生产力是粘合剂，它把第一生产力和经济活力连接起来，形成技术经济一体化，获得经济效益。只有这时，高科技才有高效益。所以，两种生产力的合力是科技经济一体化的内在机制。

因此，不实现决策科学化，不建立管理信息系统，即使有第一生产力的优势，而没有第二生产力的支持，就可能仍然没有经济优势。科技强、经济弱，这种反差是一种客观现象，陕西省就有这种现象。究其根本原因，还是没有发挥第二生产力的作用，是“由于体制上、观念上等诸多因素的影响”，归根结蒂是管理与决策的问题。只要管理人和决策者也能狠抓第二生产力，真正转变经济增长方式，加速高科技对传统产业的改造，推动高技术产业化和传统产业高技术化，促进科技经济一体化，抢占科技、经济竞争的制高点，陕西经济也会腾飞起来。

第三生产力是智能教育 教育是智力开发和智源开发的基础。智能教育培养高智能人才，可以看作是“造就人才工程”。普通教育是特殊的生产，它“生产”有文化素质的人。与传授知识的传统教育不同，智能教育着重智

力开发，培养学生独立思考的能力，造就开拓性、创造性人才。智能教育的生命就在于创造，是对人的再创造，造就高智力的人。

高智力运用于高科技和高管理恰恰成为第一生产力的第一要素和第二生产力的第一要素。可以说，高智力人才是第一生产力与第二生产力的创造者；或者说，智能教育是智能生产力的生产力。所以，高科技和高管理之基础在智能教育。正是在这个意义上，我们才说智能教育是潜在的第三生产力。智能教育造就的高人才，通过开发高科技，从事高管理，则可将智能教育转化为第一生产力和第二生产力。实际上，第一生产力与第二生产力也只有在生产过程中实现一体化，才能成为现实的生产力。

如果由于教育与科学需要通过转化才能成为现实生产力，因此而否定其具有生产力的功能，是站不住脚的。同样，也不能因此而否定教育与科学等其他功能。教育最大的特点，不是“人类特有的遗传”方式，恰恰相反，它是克服人类遗传之不足。如果人的智商生来就超过 200，也就不需要智力开发了。可惜这样的人，世界上一个也没有。我们都是常人，智商超过 150 的天才很少。因此，需要教育、教育再教育，而且教育越早越好，它可以影响脑的发育。通过教育，即使不能造就天才，也可以造就高智力的人才。

人的智力与体力一样是有限的，所以需要实现智力放大，需要开发人工智力，发展人工智能，以作为克服人类遗传不足的另一种手段。同时，智能教育也需要智能机的辅助教育，智能网络的远程教育。只有实现教育的智能化，加速智力开发，才能使教育走在时代的前面。

冷战之后的竞争，主要是经济竞争。经济竞争是生产力的竞争，关键在高科技，实质是高智力竞争，高人才的竞争。因此，发展教育，特别是智能教育，是 21 世纪发展的大战略。从这一高度来看，智能教育就是第三生产力。从现在起，从小学到大学至少也要 10~15 年，才能使潜在的第三生产力转化为现实生产力。如果没有超前发展的第三生产力，也就没有我们的 21 世纪，更不会进入智能社会。

智能生产力，第一生产力与第二生产力的互动，使生产系统的结构重新组合，从而改变生产形式。

生产形式的改变 从工业时代(工业社会的初期和中期)、信息时代(工业社会的后期)到智能时代，是随着生产力的不同水平而改变的，这些改变可用框图表示，见图 2。

工业时代，生产过程为机械化或半自动化，实现开环控制，工人操作机器工具作用于生产对象制造出产品，至于产品销售问题则是管理人员的事，生产过程与管理过程相分离，而工人则成为生产过程中的一部分。

信息时代，生产过程与管理过程相联系，由人一计算机系统组成的控制系统(人一电脑—机器人—工具机—生产对象)，实现生产自动化和管理信息化。在这种情况下，有一种见解认为：当我们把马克思的预见与当代(指信息时代)的客观趋向相对照时，不是立刻可以发现一种惊人的呼应吗？所谓“产业结构变化”，不正是人本身得以从直接劳动过程中解脱出来吗？其实，即便是“在更先进的使用电脑—机器人系统的企业里”，人本身也不能从直接劳动过程中解脱出来，不会出现如马克思所预见的那样：人是“站在生产过程的旁边”。原因很简单，这是因为电脑化不等于智能化，当代投入使用的机器人几乎都是产业机器人而不是智能机器人，它不能在生产过程中完全代替人，许多精巧的体力活仍需要熟练的蓝领工人去完成，所以人依然

不能脱离生产过程。这也充分体现了信息时代生产模式只不过是工业时代生产模式向智能化。中仍此时，才有可能出现如马克思所预见的那样：“劳动表现为不再像以前那样被包括在生产过程中，相反地，表现为人以生产过程的监督者和调节者的身份同生产过程本身发生关系。……这里已经不再是工人把改变了形态的自然物作为中间环节放在自己和对象之间：而是工人把……由他改变为工业过程的自然过程作为媒介放在自己和被他支配的无机自然界之间。工人不再是生产过程的主要当事者，而是站在生产过程的旁边。” 也只有在智能时代，人所承担的直接形式的劳动才能转交给智能机器人。随着智能机器的发展和广泛应用，也将会如马克思所说的那样：直接劳动本身不再是生产的基础。

由此可见，智能革命对未来社会冲击之大，以致动摇了自古以来人类一直以直接劳动为基础的社会。马克思就预言过：“一旦直接形式的劳动不再是财富的巨大源泉，劳动时间就不再是，而且必然不再是财富的尺度，因而交换价值也不再是使用价值的尺度。群众的剩余劳动不再是发展一般财富的条件，同样，少数人的非劳动不再是发展人类头脑的一般能力的条件。于是，以交换价值为基础的生产便会崩溃，直接的物质生产过程本身也就摆脱了贫困和对抗性的形式，个性得到自由发展，因此，并不是为了获得剩余劳动而缩减必要劳动时间，而是直接把社会必要劳动缩减到最低限度，那时，与此相适应，由于给所有的人腾出了时间和创造了手段，个人会在艺术、科学等方面得到发展。”

智能产业

作为第一生产力的高技术，它具有高渗透性和高创新性。高渗透性是指高技术一旦渗入传统产业，就会对传统产业进行脱胎换骨的改造，使传统产业发生根本改变，典型的例子是 CIMS 的应用。同时，这种应用又促进 CIMS 的产业化。高创新性是说一旦在技术上有所突破，就能很快形成产业，创造出智能产业。当 CIMS 发展为 ICMS（智能计算机集成制造系统），便是又一例。

20 世纪 80 年代末，作为广义智能技术的高技术对传统产业的改造，已经使传统产业获得新生，开始向现代产业发展。当托夫勒鼓吹传统产业是“夕阳产业”时，日本汽车制造业却“朝阳发展”，汽车大量出口美国，占领美国市场，终于爆发一场日美汽车贸易战。日本采用柔性制造系统（FMS），使用机器人，实现组装自动化，使欧美厂家同日本的差距拉大。日本使用机器人焊接，消除了变型误差，保证了产品质量；同时，柔性制造系统可满足消费者喜欢变化的要求，而那时奔驰车却十年如一日地不变。当欧美厂家急迫应变之时，日本又使汽车产品开发进入新阶段。他们始终把人工智能技术的开发竞争放在首位，开发适应环境的新型的智能汽车，并在技术上采取具体措施。最初丰田汽车公司于 1987 年在新出售的皇冠车上安装了导航装置，随后其他公司还用了卫星导航技术，从而提高了日本汽车的竞争力。汽车导航是将卫星传送的信号与地图资料相配合，运用计算机处理，不但能准确认路，还能选择优化的运行路线。这种汽车导航设备，1993 年销售 13 万套，1994 年销售 30 万套，预计 1997 年可销售 100 万套。

高技术改造传统产业固然重要，但更重要的是高技术的产业化。高技术产业化创造智能产业，成为智能经济的基础。传统产业高技术化和高技术产业化，是当代经济发展的总趋势，最终导致经济的工业结构转变为智业结构，形成智能经济，“进入一个被人工智能行业所主宰的时代”。

高技术产业化使高技术圈发展为智能产业圈。

智能产业圈由大电子产业、生物工程产业、海洋开发产业、太空开发产业、新材料产业、新能源产业、纳米技术产业、智能多媒体产业构成。位于智能产业圈中心的是智能机器产业，它是智能产业的核心，可称之为智能产业核。智能产业圈与智能产业核相互作用，智能产业核对智能产业圈有很强的辐射作用，从而推动智能产业圈发展。智能产业圈与智能产业核及其核辐射作用，见图 3。

大电子产业由大电子技术产业化而来。大电子技术包括微电子技术、电子技术、光电子技术、生物电子技术。过去重视微电子技术，忽视电力电子技术。因此，需要树立大电子观，发展电力电子技术，它是对电力进行交换与控制的技术，是一种高效节能、节材的技术，是改造传统电力工业的基础技术。例如，日本使用电力电子技术节电达日本总电力的 10%。光电子技术、光纤、光盘、激光器件的应用，特别是光计算机和光神经网络的研制受到普遍重视。机电一体化，机电光一体化是改造传统产业的关键。生物电子技术对生物芯片、生物计算机的研制将发挥十分重要的作用。

生物工程产业，包括基因工程、蛋白质工程、细胞工程而形成的系列产业。特别是基因工程，在医学、农业方面应用将引起这两个领域的真正革命。人们已经惊呼“生物时代”的来临。美国生物工程产业发展迅速，已有 1000

多家公司。巴尔的摩还要投资数十亿美元建设生物技术开发基地，使之成为未来的生物城。

智能机器产业，包括智能计算机、智能机器人、智能控制系统、智能加工机器、智能集成制造系统而形成的系列产业，将成为 21 世纪智能产业的主体。智能机器推动智能网络 and 智能多媒体的开发和应用，使智能多媒体进入智能网络，而智能多媒体又将是智能计算机、高清晰度电视机、智能音响、智能电话的集成体。鉴于地球上的人口爆炸和资源危机，利用智能机器开发太空和海洋势在必行，太空开发和海洋开发产业正在兴起。同时，智能机器的发展，又得到智能材料的有力支持。

在新材料产业中，超导材料的研究和应用日益受到重视，特别是超导器件和超导计算机的研制。现在人们对智能材料十分感兴趣，将逐步形成智能材料产业。

最令人感兴趣的是纳米技术，将会很快形成产业。

21 世纪的新产业将是智能材料产业和纳米技术产业。

智能材料也有人称之为智慧材料，就是具有一些智慧的性能、生物机能的材料。生物具有金属、塑料、陶瓷等材料所没有的性能。如果是小毛病，可以自愈（自我修复性和自我增殖性）；相反，衰老的、无用的组织和细胞则可以自己进行分解（自我分解性）；体温同周围的温度无关，几乎是一定的（恒温性）；当头痛和腹痛时，就会发烧和产生疼痛感，于是自己检查什么地方出现了异常并已发出警告（自我诊断性）。

开发能够自我修复小的变形的材料并用到汽车上，便可以节约修理所需要的时间和费用。如果材料本身能够在最早的阶段根据颜色的变化等警告因金属疲劳而出现的微小的材料缺陷，那么防止事故则是可能的。智能材料就是带有这种梦想的材料。

从 1990 年开始，日本率先开发智能材料。这种材料能够敏感地察觉周围环境变化，及时改变自己的构造和性能。它即使变形和出现损伤，也能够自己修复，并且能够根据湿度和温度改变透气性和导热性。它还能识别癌细胞，并逐步放出制癌剂，等等。

目前已经有了某些具有智慧的、能够行动的材料。有代表性的例子是具有形状记忆性能的合金和陶瓷。它们在弯曲之后，如果遇热，可以自然地恢复原状。又如，作为人造骨和人造牙根使用的轻磷灰石，可以慢慢地同活体融化在一起，在周围长出真正的骨头来，发生类似于某种人造血管材料那样的现象。

最诱人的技术是纳米技术，将形成 21 世纪最有希望的新产业。纳米（ 10^{-9} 米）是肉眼不能分辨出来的长度单位，只有 1 根头发丝直径的七万分之一。纳米技术是在纳米尺度（0.1 纳米到 100 纳米之间）上进行开发研究的新技术，可以在原子和分子水平上操纵和控制物质，制造具有纳米技术特性的特定功能的产品，改变大规模的生产模式。试想，能按照人的意愿重新排列原子，世界会发生什么样的奇迹？

最早提出纳米尺度上科学和技术问题的是著名的物理学家、诺贝尔奖获得者理查德·费曼。早在 1955 年，他在题为《在底部还有大量余地》的讲演中，就提出了这样一种设想：人类能够用宏观的机器制造更小的机器，这样一步步达到分子线度，即逐级地缩小生产装置，以至今后直接按意愿排列原子，制造产品。

20世纪80年代末至90年代初，纳米科技发展迅速，与扫描隧道显微镜（STM）和原子力显微镜（AFM）的应用直接有关。STM能直接观察物质表面的原子结构，借助STM可以对表面进行纳米加工，操纵原子、分子和对表面刻蚀。例如，IBM公司用35个原子排出了“IBM”字样。AFM能探测针尖和样品间的相互作用力，达到原子级的空间分辨率，成为开发纳米技术的重要手段。

现在，人类已能制造微型机器人。美国麻省理工学院制出一个体积只有16立方厘米的机器蟑螂。加拿大的一位工程师制成了能匍匐前进、追击光线的廉价“蚊型机器人”。

微型机器人是毫米（ 10^{-3} 米）量级，微机器正向微米（ 10^{-6} 米）量级发展。1988年华裔美国学生冯龙生等人制作出第一台具有微米量级转子尺寸的微型静电马达，引起国际上的轰动。马达宽度不到1毫米，在显微镜下看到它在转动。日本丰田公司制作出一个米粒大的汽车模型，装有微型马达，能自动行驶并避开障碍物。

微机器在微型外科医学中将获得广泛应用。如通过微型外科可做到定点手术，利用微型机器人深入体内可实现定点投药，向人体植入微小探针进行诊断、监测等。奇妙的是，美国的外科医生利用指甲大小的切口，切除并取出一个拳头大小的肾。这有可能吗？只要将肾粉碎即可取出。

纳米机器人是埃（ 10^{-10} 米）量级，真正的奇迹将在这里出现，而且一定会出现。

21世纪智能产业将向广度和深度发展。广度方面，如太空开发和海洋开发；深度方面，如生物工程和纳米技术。特别是纳米技术和基因工程的结合，发展的前景更为诱人。首先将是利用微型机器人操纵遗传基因，不仅进行基因治疗，而且可能改变智力的遗传结构，为改造主观世界提供物质手段，最终出现新的智力开发产业。

教育也是一种智力开发，但它仍将保持本来的特色，并形成教育产业。它与文化产业、传播产业、咨询产业等，都是非物质生产部门的智能产业。不论哪类智能产业，它的生命都在于创新，再创新。

高创新是高智力核，是高技术和智能产业的原动力。高智力圈与高技术圈、智能产业圈是同步发展的，当高技术圈形成高技术核、智能产业圈形成智能产业核时，高智力圈也形成高智力核——高创新。研究、设计、开发、决策和创作都是高创新的产物。高创新既是高技术核的核心，也是智能产业核的核心。所以高创新是核心的核心。科学研究、技术开发的第一特点正是高创新，高科技人才的第一素质也是高创新。因此，研究、开发必然要形成产业，而且正在形成产业，它将不断推动智能产业的发展。否则，即便形成智能产业，也难以持续发展。

战后，日本经济起飞，主要依靠技术引进。现在不同了，“这些日本‘模仿者们’为了继续生存下去，就必然进化成另一种不同的动物”。“它的传统食物来源——西方的技术正在枯竭。美国比以往任何时候都更加不愿意同别人分享知识”（《洛杉矶时报》）。因此，近年来日本也十分注意基础研究与技术开发，由国家组织企业共同策划，合作研究国家级的大项目。同时，企业自身也纷纷建立研究所，招揽人才，开发技术。不仅开发明天的未来技术，还要研究后天的超未来技术。现代企业拥有一支为数众多的研究、开发的产业大军，标志着研究产业正在兴起。

适应智能产业发展的企业，必然是智能企业。智能企业的特点依然是高创新。只有高创新才能抗衡高竞争，从而立于不败之地。研究、开发新技术、新工艺和新产品，是智能企业的生存之道。

现代企业要发展成为智能业，必须面向智能时代，实现三个战略性的转变：由制造产品向造就人才的方向转变：首先造就人才，然后制造新产品。人才是最宝贵的财富。只有高智力人才，才能有高智能产品。由经营集团向思想集团转变：首先培养新思想，激励创新精神，然后设计与制造新产品，推销新产品，才能满足顾客的需求：“更新、更奇、更美妙”。由信息网络向智能网络的方向转变：通过智能网络使企业面向全球进行设计、制造和销售，同时智能网络又能及时反馈全球顾客的意见，生产顾客需求的个性化的商品，从而实现全球化与个性化的统一。

智能的光辉迈向新纪元

从摩擦取火、蒸汽机的发明到电力的使用和原子能利用的能量革命，放大人的体力，创造人类前文明史；智能机器实现智能的转换和利用的智能革命，放大人的智力，开创人类后文明史。智能人与智能机共同谱写人类文明史的新篇章，迈向智慧文明的新纪元。

高智能时代的特点是高智力竞争。一切经济竞争、政治斗争，乃至军事战争，实质上都是一场智力大战。面向智能时代，需要智能战略，运用智能决策，选择新的发展模式。

21 世纪是智慧文明兴起的纪元。大智能观的智能主义将取代唯我独尊的“人类中心”主义，反思的哲学变为前瞻的哲学，物质文明与精神文明、人机文明与生态文明同步共进，科学、技术与社会协调发展，人、生物与自然和谐共生。

智慧大文明是集人类智慧之大成，是大智大慧之集成，是西方文明与东方智慧的融合，人类将处在和平、竞争与发展的全文明之中，最终摆脱动物式的生存竞争、进入谋发展的智力竞争，彻底脱离动物界。

这是又一次文艺复兴！

智能时代

我们现在正处于从信息时代到智能时代的入口处，21世纪便是高智能时代，也是高智力竞争的时代。

在高智能时代，高科技是经济发展战略的制高点，各国竞相开发高技术，使之成为经济发展的增长点。冷战之后的时代是经济竞争的时代，和平、竞争与发展是时代的主流，而主流之主流是高竞争，是经济竞争，是高科技竞争，是高智力与高人才的竞争。如果说还会有第三次世界大战，那将是经济大战，智力大战。不会有绝对的和平与平稳的发展，没有竞争就没有发展，没有发展也不可能和平共处。只有当社会智力达到高度理智的水平，才可能摆脱动物式的生存竞争，不以武力求生存，而以智力谋发展。于是以谋发展的智力竞争取代生存竞争，人类将最终脱离动物界，但是，却一天也离不开智力竞争。正是高智力竞争，推动智能社会的进步。

在智能时代来临之际，我们要面向世界，世界潮流是智能革命；我们要面向未来，未来社会是智能社会；我们要面向现代化，现代化趋势是智能化。从现在到未来，从中国到世界，从科技到社会，从改革到建设，都需要有面向智能时代的发展战略的新观念，采取智能战略。

目前，我国还是一个半工业化国家，处于前工业期。在这种情况下，我们谈论智能革命，是不是太遥远了？

我们的社会是山药蛋与原子弹并存的社会，是算盘与计算机并存的社会，也是困难与希望并存的社会。因此，我们应该看到智能革命现实可能的前景及其历史必然性，作出超前的智能决策，选择新的发展模式。

中国的智能选择必然是以信息化为主导、农业现代化为基础、工业现代化为支柱、智能化为方向的“一元主导、多元复合”的新模式。所谓一元主导，就是以信息化一元作为主导力量推动多元发展；所谓多元复合，包括农业现代化、工业现代化和智能化三元在内，其中每一元在现代化建设中都分别发挥自己的不可缺少的基础、支柱和方向的作用，同时信息化也要向智能化的方向发展，从现在就着手创造未来。

新模式表明，不再走先工业化后信息化的老路，但也不跳过工业化而直入信息化。然而托夫勒认为，传统工业是“夕阳产业”，将被第三次浪潮淘汰。基于这一观点，他提出，不是每个国家都不可避免地要经历多个发展阶段，一些发展中的国家能从第一次浪潮的农业社会不经过第二次浪潮的大规模工业化社会，直接进入第三次浪潮高度文明的多样化的信息社会。他不仅认为可以跳过工业化，而且认为我国重视农业发展是从“第二次浪潮”退回到“第一次浪潮”。按照他的逻辑，一不发展农业，二要跳过工业化，那么我们吃什么，用什么？不能生存还能发展吗？故“浪潮模式”不可取。

中国是12亿人口的大国，“民以食为天”，首先要重视农业的发展，但不是回到“第一次浪潮”，而是要用高技术改造农业，实现农业现代化。就目前来说，主要还是依靠常规技术，推广先进技术，甚至不排除低技术的应用，但高技术要发挥先导作用。我们也不认为传统工业是“夕阳产业”应予以淘汰，而是要用高技术改造传统产业，使之“朝阳发展”。实现工业化，并不是“第二次浪潮”所说的那种老式的工业化，而是采取工业化与信息化互补共进的新模式。农业是第一产业，也是基础产业，没有农业的现代化，工业化与信息化就失去基础；而农业没有工业技术与信息技术的支持，

就不可能实现农业的机械化和自动化，乃至工厂化。工业是第二产业，也是支柱产业。工业化不仅支持农业现代化，而且是整个国民经济的支柱，特别是机械、电子、石油化工、汽车等工业又是支柱之支柱，是国民经济增长的主要动力。我国迫切需要振兴这些支柱产业，使之能真正发挥支柱作用。而这些支柱产业的振兴，又依赖于信息电子技术的发展，需要用信息电子技术对传统的支柱产业进行改造，使之现代化，实现机电一体化、生产自动化和管理信息化，推动经济信息化。所以，信息化处于主导地位，发挥主导作用。尤其是光纤通讯与计算机通讯、信息网络、多媒体技术的应用，大大加速了信息化的进程。我国正在铺设光缆信息大道，建设“三金工程”乃至“十金工程”，深圳还要兴建宽带高速信息网络示范工程，大学科研网已经开通，“电脑”悄悄进入家庭，一个全面信息化的浪潮即将到来。

由此可见，不跳过工业化也可同时推进信息化。然而，这不是说在技术上不可跳跃发展。我国新建信息主干道采用光纤而不沿用铜线就是一种跳跃，采用数字电话而不沿用模拟电话也是一种跳跃。同样，在工业化过程中也要跳跃发展，要采用新技术，更新设备，诸如数控技术和数控机床。特别是“863计划”的计算机集成制造系统（CIMS），在国际上获得“大学领先奖”和“工业领先奖”，已在16个国有大中型工厂中应用，并向10个省市60家企业推广。只有这样，才能实现工业化与信息化互补共进，使工业化达到现代化水平，发展到高级阶段。此时，高度工业化和信息化二位一体，从而实现信息化，走向智能化。总之，现时代的工业化如不伴之信息化，便不会有现代化。同样，信息化如不向智能化发展，就赶不上现代化的新潮流。信息化一方面与高度工业化融于一体，另一方面高度信息化又与初级智能化融于一体。所以我们说，信息一元主导、多元复合模式，要以智能化为方向。也就是说，这一模式是通向智能社会的模式。这一模式是动态的，随着工业化与信息化互补共进的过程而发展。这一过程是量变到质变的过程，改变复合关系，变更信息化的主导地位，逐步使智能化处于主导地位，形成新的多元复合模式，即智能化一元主导、多元复合模式。这种可变一元主导、多元复合模式，可用太极图大致描绘，我们称之为“中国发展的太极模式”，见图4。

我们用太极图中的阴阳二元（喻称阴阳二鱼）分别代表信息化（左侧竖线区，喻称“信息鱼”）和工业化（右侧横线区，喻称“工业鱼”）。“信息鱼”的头部（上端小圆）代表智能化，象征着智能化的方向；“工业鱼”朝下的头部（下端小圆），表示以农业现代化为基础。鱼眼E表示现代化农业的核心产业——生态农业、农业生物工程。两条“鱼”的交互游动，意味着信息化与工业化互补共进，而且是按顺时针方向，具有历时性的动态过程。“信息鱼”争上游，有明确的智能化方向，表示信息化的主导作用。鱼眼I表示智能化的核心产业——智能产业，引导和带动智能化的发展。当信息化与工业化互补共进形成一体化时，两条“鱼”的分界线（反S形的虚线）即会消失，但不意味着第二产业的消失，只是产业结构的大调整、大优化，新兴产业应运而生，实现传统产业高技术化和高技术产业化。大圆中心和两小圆相切处的H就是表示高技术的核心作用和伞形辐射作用，成为复合系统的动力源，推动系统的演化，使系统由低级向高级发展，由信息化主导的系统演化为智能化主导的系统。整个大圆表示由农业现代化、工业化、信息化和智能化诸元组成的复合的系统。这个系统不是封闭的，圆周的边界是模糊的，

表示系统与周围外界的环境有着密切的联系，因而系统是开放的。系统的外界环境既有信息资源，又有物质资源，还有更重要的智力资源，使系统具有强大的活力。

一元主导、多元复合的太极模式仅仅是一种模式，并非古代太极的现代翻版，只是吸收了中华传统文化的内涵。在这个太极模式中，阴阳二鱼之间分界线不是“S”形，而是反“S”形，而且是用虚线表示的，意味着信息化与工业化易于融合。两鱼顺时针方向游动，表示系统是随着时间发展的。否则，逆时而动，系统便是退化的，故不采用“S”形。我们用系统观诠释太极模式，是对传统文化与现代文化相结合的一种尝试，展现西方文明与东方智慧的融合。

智能哲学

每个时代都有自己的哲学思想，并且在那个时代的技术中有所反映。从“人是机器”到“机器是人”恰是颠倒的哲学。“人是机器”是对神的挑战，“机器是人”则是对人的挑战。

智能是人特有的，还是自然演化的产物？不同的哲学观点，对此有不同的回答。断定智能是人特有的，必然坚持人为“万物之灵”，可以主宰自然，任意征服自然，人与自然对立。这就是“人类中心主义”的哲学。

智能主义与“人类中心主义”的狭隘智能观不同，它坚持大智能观，认为智能并非人特有的，而是自然演化的必然产物。智能主义由物理空间走向智能空间。生物智能、人的智能与机器智能在智能空间中各就各位，体现智能的层次性、阶梯性，表明智能是进化的、相互作用的。不同层次智能，智能度是不同的。植物有很低的智能，处于智能空间的一个极端；人有很高的智能，处于智能空间的另一个极端；石头没有智能，处于智能空间的坐标的原点。虽然，动物智能与人的智能处于同一智能空间，但两者是有区别的。动物智能只能处理信息，选择适应性行为；人的智能则能处理知识，选择优化行为；机器是模拟智能，既可模拟动物智能，又能模拟人的智能，选择相应性行为。

然而，在地球的智能空间中，并不能容纳星外智能，何况宇宙中并非“只有一个地球”，因此尚需宇宙的智能空间，容纳更多的星外智能。在宇宙的智能空间里有外星人的智能、外星动物的智能、外星机器的智能。尽管地球智能一直在寻找星外智能，可是至今没有信息。但是，地球理智地判断，宇宙的智能空间不仅存在，而且太大，大到难以寻找的程度。很可能人类智能还处在宇宙智能空间的最低层，尚不具有可与星外智能进行对话的能力。

智能是智力的外化，是物质自我发展的高级现象，是自然演化的一个层圈：地圈—生物圈—智力圈。正是智力圈使演化着的宇宙进行自我认识，创造星球文明，展现智能的光辉，照亮全宇宙。人的智能只不过是宇宙光环上的一个小小的亮点，如果没有大自然的支撑，就会暗淡无光。只有人、生物与自然和谐共生，地球文明才会光芒万丈。这是智能自然观，还有智能历史观。

智能史观，即智能历史观，强调地球文明史与人类文明史是同步发展的，也是人类智能的发展史。当自然演化出人的脑，出现“制造工具”的智能动物时，才产生地球文明的萌芽，才有人类文明的开端。正是人的智能推动了地球文明与人类文明的发展。生产工具的变革，导致生产力的发展，创造了物质文明。随着大工业的发展，现实财富的创造较少地取决于劳动时间和已耗费的劳动量，却更多地取决于一般的科学水平和技术进步。不论是科学发现还是技术发明，都是智力的伟大创造。即便是生产工具，也是智力的物化。所以，生产力最本质的特征和最切近的基础，正是人的智力。“财富不正是人的创造天赋的绝对发挥吗？”一切财富，不论是物质财富还是精神财富，都是人的智力创造出来的，正是这种创造才能体现为人类智能。所有的物质文明和精神文明，都是人类智能辐射出的光和热。就最高的创造意义而言，地球文明史和人类文明史，都是智力和智力外化为智能所创造的。

智能创造历史，智能创造未来。一个新的智能社会就要创造出来。智能社会是一个不再以直接劳动为基础的社会，而是以智力和智能为基础的社会。

会，从而改变人类生产活动的重心，将重心由物质生产转向精神生产。同时出现社会的再分工，智能机主要从事物质生产，智能人则主要从事精神生产，使智能社会在两个基础产业中达到两个 1/100 至 1/1000，即从事农业和工业的人口各占总人口的 1/100 至 1/1000。

绝大多数人从事科学研究、技术发明、智能设计、智力开发、艺术创作、医疗保健、环境美化、休闲服务等工作。工作时间则缩短两个一半，即每周工作 3 天，每天 4 小时。余下充分的时间，保证个性自由发展。然而，智能机器却仍然忙碌不停、不知疲倦地干活，保证人们物质需求。于是，物质文明与精神文明同步发展。

历史大转折的时代即将到来。人类实践的重心将实现两大转移：一是如上所述，生产活动的重心将从物质生产转向精神生产；二是改造世界的重心将从改造客观世界转向改造主观世界。过去说，在改造客观世界的同时，也改造主观世界，而这只限于思想上无形的影响，并非物质手段的作用。在高智能时代，不仅用物质手段改造物质世界，而且也用物质手段改造精神世界，着重智力的开发，而不着重自然的开发。也就是说，由认识自然、改造自然，转向认识自我及其脑、改造自我及其脑。只有认识自我及其脑，搞清思维功能与脑结构的具体关系，才能设计脑，塑造脑。用物质手段改造思维方式，提高思维能力，人类便可掌握自己的进化过程。否则，我们就会像其他生物一样不能掌握自己的进化过程，只能听天由命，任其自然进化。在这种情况下，就不能保证人造的新物种有比人类更高的智能，在新一轮智力竞争中遭逢劣汰的厄运。

在历史转折的关头，哲学思维也随之转变。要认识自我及其脑，就不能停留在意识是存在的反映、思维与存在的同一性这样一些哲学原则上，而要探讨思维的微观机制。因此，认识论的重心也要转移，即由宏观认识论转向微观认识论。宏观认识论研究精神与物质的第一种相互作用，即意识与外界客体的相互作用，着重于认识的本原，考察人脑认识的外部功能。微观认识论则研究精神与物种的第二种相互作用，即意识与脑内神经的相互作用，着重于认识的本因，考察人脑认识的内部机制。显然，这一研究需要脑科学、认知科学和计算机科学，以及其他高科技的支持。现在利用核磁共振成像和高分辨率脑电成像相结合构成的脑认知成像系统，将可“看到”大脑认知过程。认知科学与微观认识论的结合，有可能加速搞清人类认知和智力的本质。

高智能时代也是高技术时代。高科技需要高思维来开发超未来技术。所以，超前思维是这个时代的基本特点。哲学要反映时代精神，也必须改变哲学的思维方式，即由反思的哲学转变为前瞻的哲学。“反思过去，瞻望未来”，重点在于“瞻望未来”，目的在于创造未来。过去已经过去，现在即将成为过去，未来又即将成为现实。只有把握未来，才能面对现实。农业社会依赖经验，总是回顾过去。工业社会依赖实时控制，总是只着眼前。智能社会依靠超前决策，必须高瞻远瞩，总是面向未来。因此，作为“智慧之学”的哲学，必然是前瞻的哲学。

瞻望未来，一旦认识自我及其脑，就能用物质手段改造主观世界，就会由必然王国进入自由王国，智能人才是真正自由的人。这是人的解放。

人的解放不是成为自然的主人，而是成为自然的朋友。人的头脑，乃至每根血管，都属于自然。自然环境的污染，首先损害人脑，使智能人变成愚昧人。一个有理智的高智人，必然保护我们赖以生存和发展的环境。这是一

个不受污染的有利于智力进化的智能环境。尤其是人类实践重心的转移，不再着重对自然的开发，是对自然的最大保护。所以高智力结构的智能社会必然是人、生物与自然和谐共生的社会。

智慧文明

人类的前文明史是能量革命创造的，物质文明是用能量换取的，且与精神文明背道而驰。物质文明愈发达，追求物质财富的欲望愈贪婪，简直像饿狼追捕猎物一样。人群之间的战争，就其规模和残酷程度而言，早已超过任何兽群之间的格斗。为了追逐金钱和利润，人类撕光了一切伦理、道德的面纱，保持原有的兽性的一面，还有什么人性和人权可言，更不顾环境的污染。精神污染甚至比环境污染更严重，生态熵与社会病成为孪生兄弟，两者融为一体，爆发了 20 世纪的大瘟疫——艾滋病大传播。到 1996 年 6 月，全球已有 193 个国家和地区报告发现了艾滋病病人和艾滋病病毒携带者，总数达 2790 万人。预计到 2000 年，艾滋病病人和其病毒携带者将增至 1 亿人。这是对性解放的惩罚，而人狗性交的录像则是对机器文明的最大讽刺。物质丰富，精神沉沦。能量的法力使物质战胜精神，人类失去理智。现在人类该是觉醒的时候了，去重新找回理智，再来一次“文艺复兴”。

智能革命是“又一次‘文艺复兴’！”这是我国著名科学家钱学森教授 1988 年 11 月 8 日在给作者写的一封信中提出的。这也是智慧文明时代赋予智能革命的历史任务。钱学森教授首创的大成智慧学，极大地推动了智能革命。不论是集古今中外智慧之大成，还是集东方与西方大成之智慧，都有一个集成的过程，使智慧由量的积累到质的飞跃。这必然导致又一次“文艺复兴”。

近年来，钱学森对于行之有效的从定性到定量的综合集成法，提出了具体应用形式，即汇总诸方百科学理论和成功经验，建设从定性到定量综合集成的研讨厅体系，简称“大成智慧工程”通过这一工程不仅要把极为复杂的实际事物的各个方面综合起来，而且把人的思维成果，人的知识、智慧以及各种情报、资料、信息统统集成起来，目的是为了解决开放的复杂巨系统问题。这是按照唯物辩证的认识论，结合现代的系统工程和大家的实践发展起来的。运用大成智慧工程研讨问题和工作，是研究方法和工作方法上的大飞跃，它将使人类比过去更聪明，认识能力大大提高，人脑功能发生新的变化，实现智能革命，进入人类历史的新阶段。人类面临的全球问题，诸如人口问题、粮食问题、能源问题，以及生态与环境问题，都是开放的复杂巨系统中的大问题，迫切需要运用大成智慧工程来研究解决。这类问题，只有运用智慧，依靠高智能才能解决。能源问题的最终解决，要靠高智能实现可控核聚变。利用可控核聚变发电，既安全又清洁，而且原料丰富。重氢可从海水中提出，海水中的重氢足够人类使用几十亿年。这将是一劳永逸的创新。现在研究可控核聚变，就是为了创造美好的未来。

创造未来，创造美是智慧文明时代的主旋律。智慧文明时代也是生态文明时代。在这个时代，不是被动地去治理污染，而是主动地去创造美，创造美的环境，不仅出现生态建筑，而且保留古文物，还建设有灵魂的城市。目前，环境建筑学日益受到重视。环境建筑学超出建筑学、城市规划和设计的简单观念，它还要涉及对在地球上生活有突出影响的其他因素，如气候、生态环境、人口分布、经济、地理、种族、历史等，以满足 21 世纪智慧文明的要求。这种建筑是近 20 年才流行起来的，但在古代就已经存在。中国的长城便是典范，它是利用曲折和不规则地势建造的。

这类建筑的不规则外形和不对称的边缘，经常被指责为“例外”的异常现象，甚至被认为是“荒唐的”，现在则重新予以评价。这是一种“再复兴”，是否定之否定。威尼斯长期保留哥特建筑。这种建筑不对称，但富丽堂皇，优雅欢快。可是 1481 年威尼斯采取了新风格，当时波埃特罗·龙已尔多建筑了旺德拉米尼—卡莱尔日宫，一切都是对称的。这就是说，意大利在文艺复兴时代否定了非对称美，而今人们又要“复兴”非对称美。所谓“复兴”不是复旧，而是重新创造，创造新的美。实际上，自然界的美也常常是非对称的，对称的破缺（非对称）是一种自然现象。生活的美，也越来越自然，越自然也就越美。今天，时装设计的非对称美，开始流行。明天，智能机器人前后有 3 只眼也许是最美的。到那时，也许我们自己也恨不得能长出 5 只眼，好眼观六路，免得老是回头看过去，可以永远向前看。

科学与艺术是真和美的统一。科学求真，艺术寻美。科学依赖于分析，艺术凭借直觉，这两种方法在研究和认识自然方面是相互联系、彼此互补的，它们共同之处是智慧的创造。智慧有两种：性智和量智。钱学森教授把文学、艺术和美学归为“性智”，即通过直观、灵感，运用形象思维，探寻深刻的本质：把自然科学、数学、系统科学归为“量智”，侧重逻辑思维，进行具体分析和推理，把握事物本质和发展规律。他强调大科学尤其要有“性智”。直观和灵感可以迸发出智慧的火花。

然而，“在过去 200 年的文明中感受到科学和艺术统一的人们为数甚少。艺术的感受和科学的理性分道扬镳，仿佛不能处于同一灵魂之中”^[1]，像福尔斯描述 18 世纪的英国时所说的：“这个时代毫不同情未开发的原始自然。它充满侵略野性，使人回想起那丑恶的无所不用其极的大堕落，即人类从伊甸园里的放逐……甚至于当时的自然科学……也对野生自然充满敌意，把它看成驯服、分类、使用和剥削的对象。”到了 20 世纪末，文化改变了，科学也随之而变。^[2]

现在，科学面临一次新的革命。非线性科学和分形几何学的兴起，复兴自然的本来面貌，也是一次智力革命。对于那些带头进行这场革命的年轻物理学家和数学家们来说，“蝴蝶效应”曾是一个出发点。在现代混沌的研究中，发现“对初始条件的敏感依赖性”。例如，在气象中，对初始条件的敏感依赖性就成为人们半开玩笑说的“蝴蝶效应”——今天在北京有一只蝴蝶扇动空气，可能改变下月在纽约的风暴。混沌排除了拉普拉斯决定论的可预见性的狂想。

自欧几里德以来，直线是天经地义的，可用直尺画出来，实际上自然界不存在这样的直线。一片云，一座山，一段海岸线，都不能用欧氏几何来描述。自然界有无限多模式存在，我们需要研究欧氏留下的不成形的事物。在我们周围到处是分形图形（不规则的图形），如连绵不断的山脉，不光滑的树皮。这需要用新几何学来反映宇宙的粗糙而不圆润、凹凸而不光滑。这是斑痕、麻点、扭曲、缠绕、纠结的几何学。曼德勃罗把这个新几何学命名为分形几何学。这是一种复兴，它将几个古老的、有名的，但狭小的数学分支汇集成为一个有活力的分支，同时也激活了一些潜在的分支。

许多分形图形的美是奇特的、异乎寻常的。分形是自相似的，无论用放大多少倍的显微镜来观察，它们任何一部分的外形与整体的外形相似。也许这样描述过于简单化，但在自然界的描述中增加了深刻的分数维概念。例如，一种称之为科克曲线的维数是 1.2618，并非整数。许多分形图形可用计算机

绘制出来。在一本称之为《分形——美的科学（复动力系统图形化）》的著作中，展示了各种彩图，的确是一种艺术，体现了纯真的美。这是科学的真和艺术美的结合。

技术与艺术的结合产生计算机艺术，计算机绘画、计算机作曲已不新鲜。机器人模仿歌王维妙维肖的演唱，并不多见，却使美国依阿华州的人们度过一个难忘的夜晚。那是 1996 年的一个夜晚，一个像帕瓦罗蒂一样臃肿的机器人上台演出、穿着打扮和举止也和帕瓦罗蒂一样，达到以假乱真的地步。这个机器人的歌声和帕瓦罗蒂简直一模一样，音域达到两个八度以上，所有声音都透出震撼人心的力量和晶莹明丽的光辉。音乐鉴赏家们一致认为，这个机器人的歌声无疑正是享誉全球的高音之王本人的本色。演出结束，机器人回答了观众的提问，其声音、风度与魅力也和歌王一样。如此发展，人和机器人同台演出也就并不遥远了。

智慧大文明追求真、善、美的统一。在文艺复兴时代，人文主义者提出以人为中心的价值观，恢复古希腊伦理思想家重视智慧在道德生活中作用的思想，强调智慧使人聪明有德，是人类快乐的源泉。然而，在工业文明时代，“人类中心主义”走上掠夺自然、不择手段地追逐利润与金钱的道路，根本忽视智慧在道德生活中的作用。在智慧文明的新纪元，智能主义取代“人类中心主义”，不仅强调人的价值，也承认机器的价值，更重视智慧在道德生活中的作用，使智慧与美德融为一体，体现为善。这是“智慧有德”的再复兴，它需要我国古代提倡的“智、仁、勇”重放光辉。智慧创造科学的真和艺术的美，也创造品德的善，使真、善、美趋于统一，体现智慧的大文明。然而，宗教并不因此而消亡，它也要像文艺复兴时期那样进行宗教改革，而且现在的教会已为伽利略平反，被迫承认生物进化论，还要宣布烧死布鲁诺是错误的。这是智慧征服偏见的胜利，将使宗教走向开明，恢复善的社会功能。

智慧大文明，包括物质文明、精神文明、人机文明和生态文明在内的四大文明。归根结蒂，这四大文明都是智慧创造的，只有这四大文明是同步发展的，并且是相互促进的。这四大文明达到四位一体之时，才能真正体现为智慧大文明。尽管文明的重心将转向精神文明和生态文明，但物质文明仍然要发展，只不过更重视智慧的高创新。发展物质文明要复兴孙子的智谋，以智取胜，而不是以力取胜。这就是说，在发展物质文明时不以能量的高消耗为代价，以免损害生态文明。发展物质文明最根本的方式是用高智能去创造高价值，正是高智能使高产品有高附加值，从而获得经济上的高效益。一种由金属、沙和空气制成的金属氧化硅（集成电路）材料的成本不到总费用的 2%，其中主要是物化智力的技术。一块芯片将集成 1 亿个元件，能进行每秒万亿次运算，超越此前物质的限制，全要归功于高智能。在这种我们称之为广义智能技术的高技术中，最有价值的是新奇的设计思想——高创新的产物。

从前，阿基米德说：“给我一根足够长的杠杆，那我就能移动地球。”当今的纳米技术专家则说：“给我一根足够短的杠杆，那我就能移动单个原子。”这个“足够短的杠杆”，再也不是物理意义上的杠杆，而是思想意义上的智力杠杆。纳米技术的兴起，将意味着一些物质燃烧时产生巨大电力，但只留下最微小的污染，如计算机的体积比纽扣还小，所耗能量极微。智能技术的高技术，包括毫微技术、微微（ 10^{-12} ）技术，都是节能增智的技术，

其推动人类由高能的工业社会进入高智的智能社会。高智能人们采用节能增智的高技术，减少熵增，进入可持续发展的低熵社会，使科学、技术与社会（STS）协调发展，人、生物与自然（MBN）和谐共生。

智慧大文明开创了一个史无前例的伟大变革的新纪元。这是一个产生巨人，而且必将产生巨人的新纪元。他们是在思维能力、热情和性格方面，在多才多艺和学术渊博方面的巨人，而且是不受时代局限、站在时代前列的巨人。这是人才辈出、科学创新、艺术繁荣的新纪元，是一个百家争鸣、百花齐放、推陈出新、智慧发光的新纪元，也是人类走出地球、飞向太空、开创星际文明的新纪元。

