

造福人类的是 — 科学 / 毁灭人类的可能也是 — 科学 / 科学放大了战争的威力 /
科学缩小了地球上的距离 /

干预 未来

改变人类历史的魔力

主编：清水岩



干 预 未 来

改变人类历史的魔力

主编：清水岩

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

干预未来：改变人类历史的魔力/清水岩主编. —北京：
煤炭工业出版社，1997.5
ISBN 7-5020-1465-9

I. 干… II. 清… III. ①未来学②科学技术-作用-研究
IV. G303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 07257 号

干 预 未 来

改变人类历史的魔力

主编：清水岩

责任编辑：井光山 陈 钊

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街 21 号)

北京密云春雷印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 850×1168mm 1/32 印张 10%

字数 274 千字 印数 1—10,000

1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

书号 4234 定价 25.60 元

目 录

信息高速：放大灾难？	1
电脑会超过人脑吗？	3
量子计算机会引起一场信息革命吗？	10
电脑时代的新困扰	14
电脑对艺术的冲击	18
计算机带来的另一面	20
计算机真能替代老师吗？	22
电脑：争夺家庭前沿阵地的战斗	23
人机大战 桂冠谁属	29
机器人加入人类	35
计算机发展中的奇才	39
电脑走进人脑	46
计算机通讯网络的诞生	51
警惕网络真凶——“克客”	54
网络里的犯罪	57
中文信息产业“楚歌”四起	58
航空自动化是否走得太远？	60
信息革命与国际贸易	62
未来的梦幻社会	64
真实的虚幻	70
妙用无穷的虚拟技术	75
动物器官植入人体：福兮、祸兮？	80
虚拟足球场	82
9000 万年前食肉类的“巨无霸”	83

寒武纪生物大爆炸	89
寻找中国 UFO	92
地球与彗星和小行星的碰撞	97
地外物体撞击与地球演化	107
寻找另一个地球	115
寻找外星智慧生命	118
进一步揭开太阳的奥秘	126
探测月球和火星的新任务	129
奔向火星	131
孤独的环球飞行	139
走向北极	147
留心你头顶的天空	155
白昼夜景图	163
美国在太空的第一只眼睛	168
世界十大航天发射场	175
航天飞机的升级换代	180
信息战：未来的高科技战争	182
“黑客”参与未来战争	190
电脑时代的战争	193
21 世纪陆战展望	197
21 世纪可能出现的新式武器	201
微型机电武器系统将逞威未来战场	206
数字化部队	215
数字化战争	219
崛起中的非致命武器	223
未来战争中将出现机器人部队	227
未来战略武器——人造地震	229
北约高新技术武器波黑露破绽	230
对付隐形飞机的方法和手段	234
EF2000——21 世纪欧洲战斗机	235

水与战争·····	237
战场魔术师·····	242
深海——地球上最后的边疆·····	248
高科技向海洋进军·····	251
咱们的南沙有多富·····	254
海底埋藏着大量财主·····	257
海洋——取之不竭的医药宝库·····	258
海底的淡水·····	260
未来海洋淘金能手——海藻·····	263
生态失衡酿悲剧·····	264
千姿百态的海洋生物·····	267
海洋与养生·····	269
黄花鱼的悲剧·····	271
拉响海洋污染的警笛·····	280
是该还债的时候了·····	282
21世纪“绿色”产品风靡世界·····	288
未来的厨房用具·····	293
未来100年的建筑·····	295
给建筑以生命·····	301
世纪末的汽车大战·····	308
智能运输系统·····	313
未来的列车·····	315
明天，用磁卡乘火车·····	322

信息高速：放大灾难？

- 一个茶馆中流传的谣言，造成了世界性的巨大恐慌。
- 两个孩子玩的电脑游戏，险些引发核子战争。
- 昨天微不足道的小人物，今天成为超级间谍、飞天大盗。

1995 年底，《工人日报》第一版刊登了一位母亲令人心碎的来信：为了促进学习，她省吃俭用为孩子买了电脑，然而品学兼优的孩子却用它玩黄色游戏，学习成绩大幅下降。

这原本是“扫黄打非”的题材，我们却从中窥视到一个令人心惊的问题：信息的快速传播是否会伴随着社会危害的迅速扩大，从而引起更多的社会负面的效应？

美国未来学家托夫勒在众多著作中一遍又一遍地宣布“现代社会是一个信息社会，一个知识的时代已然来临。

第二次世界大战后，一群与信息有关的新科学和新技术相继破土而出，这就是信息论、控制论、系统论和计算机技术，它对社会生活的各个领域产生了深远影响，特别是微电子技术带来的信息的快速传播给生产方式、劳动性质、人际关系、物质生活、道德观念等方面都带来了明显变化。

1989 年日本新闻界披露了利库路特金融丑闻，致使竹下登首相辞职。如果没有信息的迅速传播，调查也许会停止。

美国一条轨钢机生产流水线，从生产、进仓到买卖全部用计算机控制，只要 80 个管理人员，产生巨大的经济效益。

历时 42 天的海湾战争，更可以说是一场高技术的信息战，各种光电制导武器、20 余颗卫星、电子作战指挥系统发挥了决定性的作用。

正如制造化肥炸药，信息的快速传播也会对人类造成莫大的杀伤力。

一些青少年时常利用互连网络和在线服务程度去传送色情图象或商定与伙伴们的幽会。

据电脑杂志编辑杰克·理查德估计，全美供电脑通信的电脑报告版中有 300 个是鼓吹极端自由主义或为“妄想狂”的团体所占用，由于电脑网络不分国界，信息传送到世界上每一个有联系的角落。理查德指出：“在过去，有这种思想的人处于一隅，但由于通信技术的发展，现在他们随时可走到一起来。”

一些现代朋克们则利用高技术进行恶作剧般的犯罪活动。1994 年《独立报》报道，曾有人破译了英国通讯公司的数据库密码系统，窃走了英国情报机构存放在该公司库里的大量机密情报。包括英国皇室的电话号码、英国秘密防务设施的地址及情况介绍，英国反间谍人员的姓名、住址和背景材料，还是美国设在英国北部的秘密通信以及英国的核战争掩体的机密数据等等，此案震惊英国朝野。信息技术的迅速发展，使得一些微不足道的社会问题骤然变大。

“小行星将会撞击地球”。一个原本只是茶馆中流传的谣言，一旦登上信息高速公路，就造成了世界性的巨大恐慌，多少人为此散财、自杀。

一个势微财薄的小人物，只因为掌握了电脑技术，竟可能窃取国家机密，成为超级间谍，或者偷入银行，当个飞天大盗。还有过报道说美国两个孩子的电脑偶然与军用系统联通，导致美国误认为苏联要发动核战争，而做好战争准备，如果不是决策者明智果断，那么一场核子战争将毁灭人类……

信息技术的发展一方面会带来危害的扩大化，同时由于信息传递的不可追查性，使犯罪行为日趋隐蔽，还容易激发个别人潜在的犯罪欲望。

首都师范大学计算机系的周文业老师介绍，信息社会的代表者 Internet 国际互连网络（即我们所说的信息高速公路）就是一个典型的自由论坛，针对其发生的各种问题，西方社会舆论也曾多次发出呼吁，要求对它进行管理，但是这个问题要在技术上进行

解决还十分困难。由于是数据的高速传递，不可能每个信息都检查，况且还涉及隐私权等种种社会问题。

中国社会科学院的陆建华教授指出：公众的恐慌事件往往是由于某种信息无节制地扩散。

几乎所有的专家和学者都对信息社会的未来持乐观态度。他们相信：这些最终都可以由技术来解决。

陆建华教授说：一种技术的发明，总会带来一些后果例如生物技术的发展，有可能引起人类社会老龄化问题。他说这些问题都可以由技术本身来解决。相信在信息技术提高后，这些都不会成为问题。

北京大学的冀建中老师更强调信息技术给人类生活带来的进步。少数统治者没有技术也可能生活得很好。害怕并不解决问题，无论人们怎样害怕，也是原子弹越造越多，计算机越造越快。

中国科学院计算所的马影林教授不主张因噎废食。在美国60%以上的人在从事信息的创造、分配和处理，只有13%的劳动力从事创造业，在这方面中国还相差很远。只要大力发展自己的信息产业，才能拥有知识，拥有财富。

托夫勒在《未来的冲击》一书中写到：正在到来的新纪元，不论现在看来多么混乱、无序，其中最显著的特征就是知识的急剧膨胀与迅速传播。谁掌握大量信息、知识，谁就能在未来世纪获胜。纷繁复杂的信息社会，需要我们清醒地去面对。

（乔颖）

电脑会超过人脑吗？

当苏珊·波尔加挑战谢军的棋王赛在西班牙展开时，人们的注意力却被吸引到了美国的费城，那里的鏖战更不寻常。当代国际象棋的顶尖高手卡斯帕罗夫和IBM公司耗时6年开发出来的“深蓝”电脑软件之间展开激烈的争夺。卡斯帕罗夫当时32岁，他

自 22 岁夺得世界棋王以来，雄霸棋坛已达 10 年，至今无人超越。“深蓝”开发小组成立于 1989 年，由华裔科学家谭崇仁博士和另外四名研究人员组成，其中许胜雄也是中国人。“深蓝”拜近年电脑信息技术突破之赐，实力强劲无比，它的“脑力”由 250 个能协同做平行运算的中央处理机构成，3 分钟内可以分析推敲 500 亿种不同的棋势。“深蓝”在储存器里把历史上 2000 盘名家对局中的每一步都分析得非常透彻，并且排列齐整，可随时调用。这个软件实质上是无数科研人员积 50 余年辛勤努力的成果，目的是想验证具有人类智慧的机器，能否不靠生物进化而由人们的逻辑思维制造出来。

在卡斯帕罗夫和“深蓝”之间展开的这 6 盘人机对抗赛意义特殊。50 年前，人类历史上第一台有实用价值的电子计算机 ENIAC，就是在费城诞生的。为了纪念这一划时代的科技飞跃，美国计算机协会组织了这场对抗，对胜者重奖 40 万美元（败者获 10 万美元）。当然，双方争夺的远不是这 50 万美元。在这里经受考验的是人类的面子、人的创造精神、想象力和应变功夫能否比电脑快捷精确和它的无休无止的计算更胜一筹？

来自中国台湾省的谭博士在赛前相当乐观，认为“深蓝”将以 4：2 取胜。虽然他们承认卡氏是有史以来最有创意的棋手，但无数次的模拟表明，“深蓝”可以击败任何一位棋王，包括卡氏在内。卡氏也充满自信，他甚至建议胜方囊括所有的 50 万美元奖金。事实上，除了快棋赛之外，卡氏总是能够轻而易举地击败电脑棋手。例如，“深蓝”的前身“沉思”，乃由许胜雄等人在卡耐基·梅隆大学求学时设计，1989 年和卡氏对奕两局，均被卡氏轻取。卡氏虽然语气坚定，可心里却是忐忑不安：6 年以来，“深蓝”的运算能力比“沉思”起码提高了 1000 倍，而且资料库也大得多。心怀不安的不止卡氏，也远不止象棋爱好者，凡对人类智能活动有追求的人都关心比赛的结局。

比赛的结果令人暂时松了一口气：卡氏总算保住了面子，以 4：2 击败“深蓝”。但是，卡氏不得不承认“深蓝”是他所遇到过

的最厉害的对手。当第四局结束双方打成 2 平时，卡氏几乎已萌退意，他说自己完全累垮，已如死人一般。

比赛的第一盘，“深蓝”仅走了三十几步，旁观者还没有醒悟过来时，卡氏已推秤认输。四座皆惊，“深蓝”小组称幸。卡氏离场时一言不发。有人曾预言“深蓝”有破竹之势。不料，次日卡氏连设圈套，送子给“深蓝”吃，电脑终于中计，输了第二局。因为卡氏得了教训，按常规出棋，决非电脑对手，只有装着犯一点小错误来麻痹电脑，使它迟钝，才能造成可乘之机。第三、四局，卡氏受到电脑的纠缠和压力，略有失误，就被电脑逮住，只能勉强求和。至此，“深蓝”小组非常乐观，内行人则大都预断卡氏会赢，因为卡氏似已找到击败电脑的路子：绝不硬碰硬，以免被电脑拖垮。电脑能够穷索记忆中的名局套路，凡在几千个以往对局中已出现过的招数，卡氏就不能故技重演。卡氏只能以愚克刚，假装平庸以松懈电脑的对抗意识，然后在电脑认为是小概率事件而疏忽时占些便宜，逐渐积累这些小优势，直至最终的胜利。果然，卡氏在休整一天后以新战略出战，三天中赢了最后的两局。

卡氏赢了这场世纪对抗赛，人们是否就能得出结论，说电脑的单纯计算无法战胜最优秀的棋手呢？显然不能。“深蓝”的战绩令包括卡氏在内的所有人都心知肚明，电脑下棋最终将胜出人类。短短的 50 年间，电脑已有实力问鼎人类棋王的宝座，以眼下“深蓝”的实力，恐怕只在卡氏一人之下。余下的人均不是它的对手。以目前技术发展的速度，电脑的计算能力不难在今后 5 年中增强 10 倍，届时 37 岁的卡氏能否再挫败电脑，颇成问题。况且电脑非常容易复制，要是 IBM 派出电脑代表队参加团体比赛，则世界冠军队非“深蓝”队莫属。因此，电脑下棋可以凌驾人类，只待假以时日就成。

但是，当我们把话题展开一步，问电脑是否具有像人类一样的智能。不能说卡斯帕罗夫这样卓越的人，即便是普通的人也会作出否定的答案。

早在 50 年代初期，电脑软件的奠基人之一剑桥大学的数学博

士图林，曾为判别电脑能否具备人类智能设计出一套问题，世称“图林测验”。它的基本点是把智能界定为恰当地使用人类语言的能力。假如电脑或任何机器能够理解、诠释和表达语言明示或暗含的意义，那么就可以称作是智慧的。至少在今天，尽管电脑技术的进展令人瞠目结舌，但仍没有一台电脑通得过图林测验。在讨论动物或者机械是否具有语言的能力时，哲学家罗素曾建议做一个简单的测定，如果它们能够理解“我父亲自幼丧父，但努力不懈，终于赢得大家的尊敬”这样一句陈述，就可以算作是具有人类语言能力。电脑要把握这句话所包含的社会背景知识和抽象概念，远比处理微积分计算要复杂得多。专家们都不奢望在可预计的将来，电脑可以达到4岁儿童的阅读理解水平。

电脑对于一些貌似艰难的问题，如下棋和数学计算之类，看来很有办法，但对另一些极为简单的问题，例如由面孔来辨别男女，或是辨别人的表情变化等，却困难重重。大抵说来，凡是电脑善于处理的，都是能够解析成一组规则的事件，一旦把这些规则明定出来，电脑便可照章办事，精确而且有效。要是事件不能简单地归结成规则，或是虽有规则但却含糊，必须依靠主观判断的话，电脑就会大感困惑。这时人脑的优越性就充分地表露出来了。人脑由至少1000万个神经元组成，它们之间的神经通道由环境变化的刺激而随时建立、加强或减弱。新的联想的创造力因此生成，而旧的联系也会受到抑制或被废弃。人脑这种动态的调节能力和电脑大相径庭，是电脑所不可企及的。

50年代末，由于计算机技术的突破及其在军事、商业上的成功应用，使专家们产生了过高的期望，当时一群世界一流的科学家曾预断具有人脑智能的电脑将在20年内出现。这种过高的乐观一再受到现实的挑战，几乎完全破碎，人工智能的研究在60年代末，竟堕入所谓的“黑暗时期”。

经过锲而不舍的研究，特别是对人脑和电脑本质性差异的研究，科学家们终于又找回了一些信心，不少人认为电脑至多只能成为人脑的辅助工具，来支持人的判断和执行人的判断。这种务

实的目标和方向使人工智能研究进入第二春，不妨称之为“复兴期”。从“蜜月期”到“复兴期”走了有近 20 年的弯路，对于这么复杂艰巨的跨世纪科研项目，还是值得人们庆幸的。除了电脑科学家的努力，其他学科的长足进步和交叉支持，贡献也十分巨大。其中对脑神经结构和生理活动及其对思维意识决定性影响的研究居功厥伟。

人脑的思维能力和电脑有着怎样的本质差异呢？

首先是人脑的概念化能力是电脑所不能相比的，人脑具有的丰富文化内涵的价值判断能力是电脑所永远无法企及的。电脑决不可能取代人脑来独立决策，只能在人们对事物作出判断时，以其卓越的计算能力从事一些辅助性工作，比如搜集相关资料并从多个角度进行整理；大致圈定可供选择的方案的范围以节省脑力；在人脑给定的前提假设和约束条件下分析比较，向人脑提供利弊的参考；简单形象地表述问题，如用多媒体手段，帮助人脑把握和理解问题；在集体决策的过程中能够加强人脑间的沟通，帮助形成人际的共识，加快决策的达成；精确地刻划决策的过程，保存决策的结论，以利于它的贯彻，等等。在这种情况下，电脑又成为“人脑之间”强有力的媒体。电脑提供平台和渠道，促进“人脑之间”的相互丰富，可以大力推进人脑的认知水平和潜力。

其次，人脑的想象力和电脑所谓的联想能力是完全不可相提并论的。

人脑能通过经验感受的积累，总结出规则，并依规则行事。一旦环境变了，或是人们自身的需求变了，就会相应地调整甚至舍弃旧的规则，代之以新的规则。这种过程经常发生，具有连续性，特别是既有规则之间新关系的建立更是时时刻刻都在进行着。

人脑为什么能够创造性地建立和重塑思维的规则以及创立规则间的新联系来绕过规则的固有束缚，一直是人们孜孜探索的一个谜。这种神奇的想象力，不但在凡·高或爱因斯坦等天才表现出犹如火山喷射般的绚烂，而且潜藏在每个幼童的大脑中间。有人认为，人脑想象力的飞跃不过是由学得的知识组合而成，比如

赫伯·西豪（诺贝尔奖获得者，著名的人类行为学者，人工智能的公认鼻祖）曾提出人的新颖的联想是以人脑知识库的约5万个单元信息为基础的。但是，这5万个单元信息怎样组合和再组合，却仍然是个谜。我们都知道，一个刚毕业的医生即使把课本上的知识单元背得滚瓜烂熟，其诊断能力比已经淡忘这些单元信息但有多年行医经验的老医生要差得多。

电脑的想象力层次比人脑低得不可胜计。虽然电脑能够储存50~500万个单元信息，但是赖以组合单元信息的依据是编成程序的规则，它的“想象力”完全受制于这些规则。说它能衍生新规则的话，不过是指既有规则的逻辑推延而已。如此，电脑判别、解决问题的能力比起人脑就差得很远。人脑在建立电脑时，要帮助发掘必要的规则，并且明定出来。这是一件很不简单的工作，因为不少规则被人们视为当然，不言自明，连3岁小童都明了，所以容易被忽略。一旦忽略了某条规则，残缺的电脑的判断就不免产生荒唐的结果。因为电脑的单元信息是有序地给定，而不像人脑那样可以有机地学得并能修正的。例如，电脑能在一张储存《大英百科全书》、《四库全书》、《圣经》、《莎士比亚全集》的光盘上轻而易举地检索孔子用过几次“仁”字，但它却需要人脑告诉它怎样才能理解孔子的出生年月。规则必须说明孔子生卒年月虽然不详，但生的年月必须早于死，孔子不能出生一次以上，也不能死一次以上，而且死了之后不能重生等等。所有这些暗含的规则必须事先不折不扣地告诉电脑，否则它无法执行。这也说明电脑不具备突发的联想能力，也不能具备这类能力。因为一旦它被允许具备这类能力的话，万一新建立的规则或联系在逻辑上和既有的系统抵触时，整个电脑便告崩溃。人脑则能够先兼容并蓄，然后逐层逐级地调整发生问题的原有规则及其联系，形成新的认知类型。

电脑的单纯计算速度似乎强于人脑，但这只是一种表面现象。套用下棋时人脑与电脑的思路，人们发觉电脑下围棋的能力远逊于它下西洋棋的水平，当前最佳的软件仍不能胜过一个初段围棋

手。这是为什么呢？围棋的规则其实更为简单，基本的不过四条而已。但纹枰对局 361 个位置以及占据某个位置的意义要在棋下过若干手之后相互撕抗中才能显现，这给电脑构成了几乎不可逾越的困境。电脑用它的运算能力，穷尽一切可能的棋路，然后比较利弊再采用风险最小的战略在此就碰了壁。围棋可供选择且合乎规则的下法太多，而棋势的判断往往要在十几手之后才逐渐明朗，以至电脑要处理的可能选择极大而陷入爆炸性的陷阱。虽然电脑的运算能力可望无限制地增加，但它的思维方式相对人脑却是愚不可及。人脑在下围棋时充分利用其想象力，迅速排除绝大多数合法但不合算的可行方案，在数百上千个方案中选择几个有希望的下法，再思索比较，大大缩小了搜寻范围，一下子跳跃到占上风的位置。人脑的这种判断和决策方法也许不是建立在严格分析精确计算的“科学基础”之上，而强调合理并且合乎经验和创新、推测、尝试的精神，西方称之为“启发思维方式”，充分发挥了人脑的优越性。电脑没有临机推测的想象力，这就注定了电脑在决策中的角色，只能是人脑的辅助工具。

最后，我们简单地谈一下人脑和电脑在学习过程中的能力，我把它形象地称为“忘”的能力。人脑不断学习的过程同时也是不断“非学”的过程。在环境的变化，人自身的变化，以及两者交互作用而来的人物关系的变化，要求随时删汰旧知识旧记忆，人脑的这种“随机应变”的适应能力、忘的能力是电脑没有办法相比的。吸收和淘汰互为依存，是人脑新陈代谢的天赋能力；虽然电脑有不健忘的优点，但是它一旦储存就永远牢记，也阻碍了电脑的学习能力。这种情况在新的信息库管理技术中已引起注意，例如时间序列信息库、定向资料库的管理都要求随学随忘。怎样使电脑做到有选择适时地忘，是信息处理技术的新挑战。

（孙涤）

量子计算机会引起一场 信息革命吗？

亲爱的读者，当你从街头的 ATM 机中取出所需的钱款时；当你用随身携带的移动电话与远隔重洋的亲人畅叙思念之情时；当你在家中的电视机前观看通过卫星传送的世界杯足球赛的决赛时，……你或许会产生出一种感触，计算机给我们带来的变化竟有如此之大。

殊不知，这种变化的得来决定于集成电路技术的发展，从而使构成计算机的两大主要部件——微处理器（CPU 芯片）和存储器发生了前所未有的进步。据消息报道，目前世界上最新的 CPU 芯片已问世（在 200 兆赫下工作的高能奔腾，俗称 686），它的线宽（元器件与联线的最细尺寸）只有 0.35 微米，芯片上集成的晶体管数已达 550 万个。同样，存储器也有着长足的提高，16 兆位的动态随机存储器已大量生产，64 兆位的动态随机存储器将于近期推出（集成了 1.4 千万个元器件，有存储 419 万多个汉字），而 1024 兆位的动态随机存储器也早已试制成功。

随着微电子技术的发展，元器件越来越趋于微型化，人们不禁会问，现有的硅半导体技术能否继续支撑计算机的高速发展？未来的计算机将怎样？

集成电路已趋近极限

自从 1958 年世界上出现第一块半导体平面集成电路至今，微电子技术以世人震惊的速度发展着，元器件的集成度越来越高，其结构特征也越来越趋于微型化，由此而发展的微电子微细加工技术虽已成了提高集成度和半导体存储器密度的关键之一，却是人类迄今为止所能达到的精度最高的加工技术。

众所周知，现有的集成电路的制造过程非常类似于照相制版。

它先将芯片上的电路画在掩膜上（相当于照相用的底片），光源通过掩膜影在涂有感光蚀阻层的硅基片上，在光的作用下，感光层中受光作用的部分将会发生化学变化，经过腐蚀后，硅基片上就会形成和掩膜一样的线路图样，这一过程称为光刻。因此，元器件的线宽与所用光源的波长密切相关。

在光刻中，所采用的光源是波长为 0.365 微米的汞弧灯，它可获得 0.35 微米的线宽。如要想获得 0.25 微米的线宽，就需要采用氩-氟化物紫外线激光作为光源，它的波长约为 0.248 微米。如还要缩小线宽，就要使用波长为 0.193 微米的氩-氟化物激光。目前，1024 兆位的动态随机存储器已达到 0.1 微米的线宽，如还要进一步缩小线宽，就需要波长更短的光源，也就是用 X 射线作为光源，这就会引起一系列的问题。

第一，目前使用的光源是可见光、紫外线，因此掩膜上的线路线宽可比硅片上的线宽粗 4 至 5 倍，图样的大小也可比硅片上的实样大 16 至 25 倍，这就比较容易正确地画出来，然后通过透镜聚焦缩小后，将图样投影在硅片上。如用 X 射线作光源，就无法用透镜聚焦。因此掩膜上的线宽、图样就必须与硅片上的实样相同，要制造如此精细而无缺陷的掩膜，已近乎是不可能的了。第二，对一般光线不透明的材料，对 X 射线却可能是透明的，这又增加了制造掩膜的难度。此外，如何获得可靠的 X 射线光源，也是亟待解决的课题。

权威人士认为，尽管还有着许多的困难，在未来的 10 年中，还有可能实现在每个芯片上集成数十亿个元器件的目的，但微型化已趋近极限。如再要小下去，已超越微电子技术理论的宏观极限。因此要支撑计算机的继续发展，就需要另辟蹊径。

科学家看好量子器件

本世纪初发现的大量实验事实表明，电子与光子一样，不仅具有粒子性，同时还具有波动性，即所谓的波粒两象性。当电子所处的空间较大时（例如一般的集成电路线路），波动的性质可以