

资水东流

范式春梦中的地球工业文明：低熵体的困境和下一
级技术台阶（技术大停滞的第三版）

资水东流 <http://blog.sina.com.cn/u/1011751302> 2015-06-08 10:08:38

烟花爆炸的瞬间绚丽且美，但人眼看到的时候，爆炸已经接近尾声。

全文目录如下

前言

1 文明和技术

1.1 范式粗谈

1.2 人类文明所经历的范式转换

1.3 范式牢笼

1.4 科学和技术之间存在的鸿沟

1.4.1 科学的本质

1.4.2 技术的核心

1.4.3 从瓦特谈起：蒸汽机引发的正反馈

1.4.4 需求不是救命稻草

1.5 科技利益集团

2 科技利益集团鼓吹的范式春梦：所谓的技术大爆炸

2.1 渲染和洗脑

2.2 论文和专利：天文数字后的荒谬

2.3 比特世界和真实世界

2.4 部分和整体

3 范式春梦外的阴影

3.1 人类面临的技术窘境

3.1.1 能源转换技术的停滞

3.1.2 新能源的窘境

3.1.3 农业，医疗和生物技术

3.1.4 信息技术深度上的麻烦

3.1.5 其它方面的技术

3.2 众多的技术噱头

3.2.1 早早败落的太阳能/光伏噱头

3.2.2 经久不衰的人工智能大噱头

3.2.3 神乎其神的量子计算机噱头

3.2.4 牛逼哄哄的纳米材料噱头

3.2.5 近年来的新噱头

3.3 博士民工和生物技术的挫折

3.3.1 生物噱头的缘起和影响

3.3.2 研究范式和问题

4 低熵体的困境和所面临的技术台阶

- 4.1 从热力学第二定律谈起
 - 4.1.1 《道德经》的智慧
 - 4.1.2 负熵流和文明层次的跃进
- 4.2 科技树的主干和分叉
- 4.3 永远的 50 年和可控核聚变
 - 4.3.1 永动机之梦
 - 4.3.2 可控核聚变的难产和噱头
- 4.4 冷静思考:未来不一定会更好
- 5 台阶前的坑: 人类社会的宿命
 - 5.1 耗散结构理论的社会学意义
 - 5.2 大竞争环境的消失
 - 5.3 被全球化抹掉的差异性和人类社会的热力学平衡
 - 5.4 老龄化自锁
 - 5.5 如何填坑?
- 6 台阶的本质: 复杂度魔鬼
 - 6.1 何谓复杂度
 - 6.2 纷繁世界背后的两条规则: 适者生存和资本回报预期
 - 6.3 技术进步和技术革命: 复杂度的变迁
 - 6.3.1 运输/动力系统的演进例子
 - 6.3.2 技术革命的特点和复杂度的变化
 - 6.3.3 正在面临的高复杂度科学魔鬼
 - 6.3.4 源自技术根底的困境
 - 6.4 高复杂度带来的诸多恶果 (more is different)
 - 6.4.1 吾知也有涯和生死竞赛
 - 6.4.2 维护成本
 - 6.4.3 来自社会的负反馈
 - 6.5 简单的数学推导
- 7 寂静星空所隐含的恐怖前景
 - 7.1 大寂静和费米悖论
 - 7.2 细思恐极的三种情景
 - 7.3 宇宙大筛子
 - 7.4 一根小火柴
- 8 反思和总结
 - 8.1 复活节岛的悲剧
 - 8.2 冷静不代表悲观
 - 8.3 研发需要范式革命
 - 8.3.1 从中心极限定理和大数定律说起
 - 8.3.2 现行科研体制的弊端

本文最初是即兴所写, 后来在和网友的互动中, 学习思索了不少观点。第二

版是把第一版的叙述整理一下，使之系统化和条理化。

第二版网址如下 <http://bbs.tianya.cn/post-develop-1503114-1.shtml>

本文的若干观点其实在读博的时候就已经隐隐约约萌发，写过一些小文章，和若干同学有过争辩和交流，工作后，和海内外同事同学商讨过此类问题，不少人在自己领域都感觉到了相似的问题，曾经和不少网友一样怀疑各国政府，尤其是美国政府隐藏了若干高端科技，但 08 年危机后，已经快 7 年了，美国政府宁可改变统计方式来降低失业率数字，也没有推出革命性的创新，所以所谓的黑科技存在概率很小。后来在天涯随意浏览，看到一个帖子，心有所感，在天涯随手而写，在和网友互动中，帖子越写越长。

帖子被很多热心网友转发，有几位好友还反馈了若干转帖地址，没有预想到的是，本人被贴上了很多标签，看了前面的，给我贴上“五毛”，看了中间的，扣一顶“美分”帽子，看了后面的，骂我反科学，是宗教极端分子。除了贴标签外，若干网友的回帖给出了不少真知灼见，在这一年内，和学校诸多同事探讨辩论，关注了不少网友的反馈，越来越感觉到有一些观点需要更加详细地加以说明和拓展。

由于是在网络发表，因此本文没有像学术论文那样严谨，但相关引用网址本人会尽量给出，另外，第一版和第二版中的很多网友回帖，思想深邃，富有洞察力，为了维护叙述风格的统一，他们的很多发言经过修改后，融入到本文之中，在此加以感谢。

本人最初提出技术革命的停滞，只是一种个人观点，并不强求大众认同，一位著名物理学家说过，新观念无法驳倒持有旧观念的人，是通过新生代更愿意接受新观念而最终战胜旧观念。本人相信，时间会给出最终的结果。但在辩论中，本人深深地震惊于网友的几种思维方式，这也是本人写第三版的原因。

第 1 种反驳思维：你在胡说，我们现在处于一个技术大爆炸时代，怎么可能会出现技术革命的停滞？

很多人把技术大爆炸当成了一种不言而喻的真理，如果追问下去，你怎么知道现在是一个技术大爆炸时代？大部分人很茫然，是媒体报导的，是老师说的，是书上看到的，各种回答都有，少部分人会举例，你看 100 年前如何，现在如何，极少数人会引用历史上的案例，比如专利局长例子，比如比尔盖茨的例子，说明不能小看技术进步。

曾经看到过一个“农场主假说”：一个农场里有一群火鸡，农场主每天中午十一点来给它们喂食。火鸡中的一名科学家观察这个现象，一直观察了近一年都没有例外，于是它也发现了自己宇宙中的伟大定律：“每天上午十一点，就有食物降临。”它在感恩节早晨向火鸡们公布了这个定律，但这天上午十一点食物没有降临，农场主进来把它们都捉去杀了。

过去 200 年的技术飞跃，让人类逐渐形成了一种思维范式：技术会不停地快速发展下去。在过去几十年中，这种观念被媒体和科技利益集团不断渲染强化。很多人陷入了某种范式牢笼，根本没有考虑过，这种观点是否正确。技术大爆炸只是对有限岁月的一个简单总结，但在逻辑上，千万不能把技术大爆炸当成是自证

的真理。只要看看工业革命前的历史，就会发现，在人类历史上，文明停滞的时间远远超过工业革命以来的 200 年岁月。

在后面还会详细阐述这种观念是如何形成的，具有什么缺陷。

第 2 种反驳：误把科学当技术。

科学本质上是认知的范式，而技术的核心是实践。

很多网友会举出各种各样的例子，说明 1969 年后，除了 IT 技术，其它领域一样有若干大进步，比如在和几个生物学博士辩论中，他们举了很多生物学上的新发现，但本人很震惊地发现，这些人不停地做实验和发表数据，但做的成果又很难转换到实际中。新闻报导中有很多生物技术的噱头，比如那个“饿死癌细胞”来治疗癌症，但实际稍微懂点数理方面相关知识的人都明白，从牛顿提出第三运动定律，到阿波罗 11 号利用这个原理登月，中间需要克服的技术难关数不胜数。从发现某种生物分子现象，到利用这种规律来治病，目前根本没有实现手段。生物学发表论文很容易，但相关人士就业超级艰难，本质上就是这个原因。若干生物学的大牛对本人猛喷，却忘记了生物学领域长期误导大众，把科学当成了技术，一直在画大饼。

同样，很多搞天文学的人也犯了这个毛病。

后面还会详细讨论这种现象，并对生物学的困境给出个人观点。

第 3 种反驳：被 IT 技术炫花了眼。

IT 技术所特有的噱头是新闻报导追逐的热门，导致很多生活在“比特世界”的人类，忘记了“原子世界”的真实性，极端点，即使人类实现了实时无限数据互连，人类也不可能靠数据生存，人类依旧需要能源和资源。正如彼得·蒂尔所说：“人不是信息，而是血肉之躯。我们作为物质性的存在，比作为信息性的存在更重要。所以，世界各地的照片不重要，如何以更廉价的方式到达那里更重要；发明癌症的治疗方法比发明癌症的诊断工具更重要。”

过去 40 年中，IT 是唯一取得巨大飞跃的技术领域，深深影响了人类社会。很多人沉迷于手机电脑的翻新换代，怎么可能有技术停滞呢？在帖子后面，本人会表明，IT 技术不是人类科技树的主干，只是一个比较大的分叉。即使在过去 40 年内成就惊人，IT 技术在深度上也遇到越来越多的问题。

第 4 种反驳：混淆了技术改进和技术革命。

若干网友在辩论中，承认现今前沿领域有停滞现象，但认为技术的积累最终会解决此问题。

必须指出的是，量变不一定能导致质变。

一般意义上的技术进步是指沿着一条技术道路对现有技术进行深入挖掘，或者是引入外部其他技术来进行外延扩展和改进。

比如手机，从黑白屏到蓝屏，到彩屏，到触摸屏，信息沟通越来越方便，就是一系列典型的技术改进。

电脑技术的更新换代，从单核到双核，从 640K 内存到 4G 内存，软件版本的升级，window95，windows 98，xp，win7，神舟一号，神舟二号，。。。。 发动机材料的改进，

等等，都是属于技术改进范畴。

技术革命是技术范式完全发生变革的结果。从技术轨道来看，单个技术系统的革命实质上是从一种技术系统的发展轨道跳跃到另一种技术系统发展轨道上去，因此技术革命是技术发展史上不连续的重大事件。

技术革命和技术进步不同，意味着一种划时代的新技术的发明，及其所导致的“根本性创新”的出现。所谓根本性创新，是指那种能够导致投资高潮、产业结构发生变革的技术创新。

当人力、畜力、水力、风力等构成的动力系统的发展走到了尽头时，人类发明蒸汽机动力，跨越了数千年来横亘在人类文明前的技术台阶。

当机械式计算系统的发展走到了尽头时，人类发明了电子计算机技术系统，实现了计算技术的革命。

由于国内马列主义教育的长期熏陶，很多人都熟悉一句话，量变导致质变。乍一看，这句话很合理，与日常一些生活经验相吻合。很多人把这句话用在科技进步中，认为技术进步最终会导致技术革命质变，人类社会现在一样处于技术积累中。但实际上，这句话在技术领域适用面很窄。很多情况下反而是质变引领量变。

可以举一个例子：

瓦特改进蒸汽机后，整个 19 世纪，蒸汽机一直在改进，更安全，效率更高，蒸汽机的改进会引起若干附带技术的完善，但如果一直遵循蒸汽机的原理，加热水来产生动力，这样的动力系统存在极限，推重比太低，人类永远也无法推动飞机上天。直到内燃机这个革命性的能量转换器出现，才有可能造出飞机。在内燃机出现后，一系列的技术改进，最终导致了火箭的出现。

技术上的质变，往往指的是技术革命，只有开辟一条全新的技术道路，才能真正的促进技术大进步，跨越技术台阶。

同事劝戒，第三版中的 1.5 和 8.3 这两节最好不要贴出，毕竟本人还要在这个体系中混饭吃，不能开地图炮，得罪太多的人。第二版中有一些简单阐述，有兴趣者可以去看看。

另外，由于天涯论坛特有的马甲刷屏习惯会导致内容零乱，因此，第三版在新浪博客和天涯同时发表，以新浪博客为准。

1 文明和技术

什么叫文明？百度上的解释如下：英文中的文明(Civilization)一词源于拉丁文'Civis'，意思是城市的居民，其本质含义为人民生活于城市和社会集团中的能力。引申后意为一种先进的社会和文化发展状态，以及到达这一状态的过程。对于文明出现的判定标准，主要是城市的出现，文字的产生，国家制度的建立。其中最重要的前提条件是城市的出现，可以说城市是文明的发源地。但所有史书在讲述一个个具体文明时，都会从农业革命开始，因为没有农业革命带来的剩余粮食和负熵流，又何来城市及其有序生活？

因此，所有文明的诞生都可归结于一次技术台阶上的跃进：包括固定太阳能的农业技术，金属冶炼技术，马匹，建筑技术和传播信息的文字技术。在那之后，虽然明面上不是那样显眼，但润物细无声，技术的发展深深地影响了文明的

进程。

正如一位网友所说，一般情况下，某种生物的种群数量和生存资源呈现简单的反比关系。人类的不同之处在于加入了另一个变量技术因素，形成三者互动。在人口和资源呈反比关系的基础上，技术与人口、资源都呈正比关系。每一次重要的综合技术革命，都能带来人口和资源的重大变革，进而引发社会变革。当技术进步遇到瓶颈的时候，经济会恶化，导致社会发展出现阶段性倒退。总而言之，长时间演化之下，技术和所处社会相互耦合，相互影响。当技术趋于停滞时，人类发展的空间也逐步限定。

有学者专门撰文指出“在第一次技术革命与第二次技术革命、第二次技术革命与第三次技术革命之间发生了世界性的经济危机，分别是 1857 年和 1929 年—1933 年发生的经济危机。迄今为止的世界性经济危机都出现在前一次重大革命性技术结束之后和下一次重大革命性技术出现之前。而 08 年的金融危机，至今余波未央，实际上是由第三次技术革命到了衰竭期而造成的”。

本人不是技术决定论者，人类文明的进步，绝对不是取决于技术一个因素。比如，即使在 21 世纪的现代美国，也仍然有大批穷人，更不要说其它国家了。不能奢求用技术来解决贫富分化问题，但技术水平决定了文明的空间。而且必须指出的是，人类社会整体技术水平的提升，最终也会惠及到社会的各个阶层。很简单的一个事实，当今世界上，除开那些战乱地区，其它国家最穷的群体，也比农业社会时期穷人的日子过得要好。

一定的技术水平，会塑造相应的文明规则。以农业社会为例，物质生产上，农业社会靠体力干活，所有文明的家庭传承都是男性主导；社会道德总是和社会现实相匹配，最简单的一个例子，农业社会的低技术水平，决定了婴儿的高死亡率，在这种环境下，宣传计划生育和优生优育就是民族的自杀，生育文化先进的文明肯定会在长期竞争中获胜，比如华夏文明；另外，几千年的农业社会历史，大部分文明都趋于技术停滞，技术条件决定了帝国的疆界有限，疆界之外，统治的收益很小，抵不上成本，只能视为蛮荒之地。最先进的知识分子也难以想象边界之外，还有着同等程度的文明。

物质生产方式，道德规范和思维模型会相互反馈，相互约素，最终会形成一个超稳固的结构，这就是“文明的范式”。

这种文明的范式是一把双刃剑，某些时候起润滑作用，某些时候是社会的牢笼，

1.1 范式粗谈

范式（paradigm）的概念和理论是美国著名科学哲学家托马斯·库恩（Thomas Kuhn）提出并在《科学革命的结构》（The Structure of Scientific Revolutions）（1962）中系统阐述的，它指的是一个共同体成员所共享的信仰、价值、技术等等的集合。是从事某一科学的研究者群体所共同遵从的世界观和行为方式。在库恩看来，范式是一种对本体

论、认识论和方法论的基本承诺，是科学家集团所共同接受的一组假说、理论、准则和方法的总和，这些东西在心理上形成科学家的共同信念。瑞泽尔认为：范式是存在于某一科学论域内关于研究对象的基本意向。它可以用来界定什么应该被研究、什么问题应该被提出、如何对问题进行质疑以及在解释我们获得的答案时该遵循什么样的规则。

范式是一科学领域内获得最广泛共识的单位，我们可以用其来区分不同的科学家共同体或亚共同体。它能够将存在于一科学中的不同范例、理论、方法和工具加以归纳、定义并相互联系起来。

范式概念的提出是科学哲学上的一次革命，在那之后，范式概念被逐渐应用到其它方面。例如，工业人士认为技术创新，从蒸汽机到计算机，可以引起产业结构（范式）的变化；经济学家则运用税收政策来促进公司结构（范式）的合理化；在管理学中还出现了一系列诸如组织范式、开放范式、同步范式、协同范式、参照范式和随机范式等等杂烩新术语；社会学家更是把它奉为至宝，用来描述所谓“社会范式”的变化。

在库恩看来，两种范式之间是不可通约的，“科学革命”的实质，一言以蔽之，就是“范式转换”。

人类历史上有过很多范式和范式革命。最著名的就是地心说和日心说。

希腊哲学家们认为，永恒的、神圣的天体只能相应于其高贵的地位作匀速圆周运动。但天文观察表明，少数天体，如太阳，月亮和一些行星的视运动却并不如此，甚至还描绘出复杂的双纽线轨迹。柏拉图给他的学生们提出了一个任务：怎样用若干个特殊的匀速圆周运动的组合，去解决理想情况与现实的这个矛盾。

最终，托勒密给出了他的解释，他认为，地球处于宇宙中心静止不动。从地球向外依次有月球、水星、金星、太阳、火星、木星和土星，在各自的轨道上绕地球运转。其中，行星的运动要比太阳、月球复杂些：行星在本轮上运动，而本轮又沿均轮绕地运行。这一理论体系符合日常经验，并且能粗略地解释天体运行轨迹，后来和宗教相结合，统治西方一千多年。被绝大部分人奉为万世不易的主臬。

这就是哥白尼之前的西方天文学范式。

地心说在很长时间内被认为是真理，但长期的天文观察表明，一个均轮加上一个本轮，和观测到的实际行星运动轨迹还是有若干差异，于是，一个本轮不够，再叠加一个本轮，还不够精确？再加一个！最终弄出 80 多个本轮，以至于有人哀叹：我若是上帝，绝不会创造出如此复杂的世界。地心说陷入危机之中。

最终，哥白尼提出了日心说这一和地心说截然不同的体系，开启了一个新的范式，而开普勒和牛顿进一步完善了哥白尼的理论。

新的理论简洁明了，而且还可以预测未来星体的运行轨迹。天文学迎来一个全新的阶段。

1.2 人类文明所经历的范式转换

如果把范式概念应用到技术文明上，那么很显然，采集和狩猎是一种范式，农

业文明是另外一种范式。相对于农业文明，工业文明又是一种全然不同的事物。

人类在进化树上迈出至关重要的一步后，在几十万年的时间内，依靠狩猎和采集为生。据估算，一万年前的地球上疏散地分布着一千万原始人类。

http://www.pep.com.cn/lsysh/jszx/jxyj/jxxc/201008/t20100827_805526.htm

那时地球上群体人口的规模很小，不超过 50 人，男人是主要的狩猎者，而女人则主要从事植物采集并靠此提供食物。这类生产活动的性质决定了当时人类社会的主要特征：

- 1 极低的人口密度，由于不能主动利用太阳能，人口数量不能超过由狩猎和采集获得的食物所能承受的界限，据研究，每平方千米只有 4 人左右。

- 2 极度蒙昧，生存压倒一切，没有剩余物资供养额外人员，基本依靠动物性本能活动。

- 3 流动性强，没有定居生活。

一句话概括，根本谈不上任何文明。弱肉强食是部落的最大共识。

但在大约 10000 年前开始，农业，马匹，车轮，冶金，文字所代表的一次技术革命，把人类从蒙昧时代解放出来，对世界的改造远超之前的原始社会。关键技术进步体现在农业上，人类首次能够主动的固定太阳能。新的负熵流使得人类社会能世代繁衍并逐步脱离蛮荒状态，建立起秩序井然的文明。纵观历史，各大农业文明的特点都很相似：

- 1 比较高的人口密度，中国和印度这样的农业文明极致，能够 1 平方公里养活 50 人。

- 2 定居生活，耕地需要固定劳动力。

- 3 金字塔般的秩序，底层农民供养上层统治者和知识分子。

农业革命把人类带到了一个新的技术台阶上，负熵流的大幅增加，意味着文明开始萌芽。在之后的几千年时间内，各个文明的技术龟速前进，并且技术进步呈现出零星点缀状态。由于技术的漏斗效应，在此期间，地理位置不同的各个主要文明（隔绝和半隔绝的美洲文明，撒哈拉以南的非洲文明除外）之间相互扩散技术，最终达到了一种热力学平衡状态，在农业社会中，对于绝大部分人口而言，他们的基本生活方式和数十代前的祖先一样，他们的能源利用水平和前人处在同一水平上，《全球通史》对此加以评论，公元 1500 年的世界和公元前 500 年的世界差别不大。对于工业革命以前的知识分子来说，停滞和一成不变是他们对世界的认知范式。

18 世纪的某次随机扰动和正反馈，超过了一定的阈值，瓦特改良的蒸汽机引发了前所未有的工业革命。农业社会被逐渐改变，新的能源和动力革命让人类文明摆脱了马尔萨斯陷阱，越过了一个至关重要的台阶。短短的 200 多年，全世界起了天翻地覆的变化。绝大部分人现在接受了一个完全不同的范式：文明永恒前进，未来代表美好。

1.3 范式牢笼

一定的技术水平，形成一定的范式。不同范式下，相互看待对方很离经叛道，是超出想象力范围的事物，比如农业社会的大众无法想象工业社会的职业女性可以离开家庭，整天忙碌不停，工业社会的高中女生理解不了农业社会的早婚

早育。

一种范式的树立可能需要花费很长时间，但范式具有自稳性，而跳出范式，付出的不仅仅是时间。人类历史上有无数例子表明，这种范式牢笼往往很坚固，要突破范式牢笼，需要勇气和牺牲。

从大的方面来说，华夏文明近代的屈辱就是一个典型例子。农业社会时期，无论是深度还是广度，华夏文明是最辉煌的文明。不管喜欢与否，华夏文明的核心就是深深根植于农耕社会的儒家思想及其官僚系统，接近 3000 年的熏陶，传统华夏文明已经无法摆脱农耕这种范式，所谓的李约瑟之谜，实际上就代表着华夏文明深处于范式牢笼而不得自脱。即使在一波波的外力干涉下，华夏文明也极不情愿改变自身，行动总是位于屈辱之后，洋务运动，公车上书，清末新政，辛亥革命，五四运动，引入共产主义，历史越来越偏激，最终以“大跃进”，文化大革命和计划生育作为标记符来彻底埋葬传统华夏农耕文明。

在企业层次，柯达公司是固步自封的代表。接近 100 年的时间里，柯达是光学成像技术的引导者和胶卷行业的领先者，柯达曾经造出世界上第一台数码相机，但没有推广。曾经的王者，形成了一套自己的思维方式和利益团体，不愿意改变自己的技术路线，自己给自己编造若干关于数码技术缺点的论文，但新的革命性技术一般都具有一个特点：最初可能很粗糙，但有远大于传统技术的潜力。化学感光胶卷已经到了极限，40 年后，在数码革命的风暴中，柯达宣布破产。

从小的方面来说，本人曾经关注一个现象。在上个世纪 90 年代，VCD 在中国异军突起，作为一种新技术，短短几年间，在中国社会迅速普及，但很奇怪的是，VCD 在美国并没有流行开来。美国人还是喜欢用录像机。究其原因，中国人在 VCD 之前没有经历录像机这个时代，而录像机在美国家庭的拥有率很高，一般家庭，零售商，内容供应商和分销商，几十年来已经对录像机形成了一种使用范式，用起来很方便，维修起来也很方便，不愿意跳到 VCD 这条技术路线上。直到 DVD 这种清晰度远超录像机的产品出现，数字光盘才在美国流行起来。

如果从整体上概括，三次技术革命和随之而来的一系列工业革命，摧毁了农业社会，也塑造了一个新的工业文明范式。

经过两百多年的飞速发展，整个社会潜意识中有一种基本信仰：未来科技是神魔般奇妙，会让我们的生活更好。绝大部分国家的社会规划，资源开发和工业建设都是基于这种信仰。比如现在污染了没关系，以后会有办法解决；现在城市规划让人长期花费大量能源奔波两地，没关系，能源问题以后不是大问题；发达国家人买一双袜子，都是从万里之外运来，没关系，运输成本很低；等等。

绝大部分人很少真正地想过，技术能够一直飞速增长吗？如今这个基于化石能源的高能耗工业文明能够一直持续下去吗？

就人类社会整体而言，实际上已经陷入了一个范式牢笼，这个牢笼由多种因素构成，有社会制约，有资源约束，有体制束缚，更有技术本身的负反馈。

但深处春梦中的大众不愿意醒过来。在 IT 技术耀眼感人的同时，其它领域技术上的停滞现象越来越明显，一个很简单的事实，回头看看四五十年前的社会氛围，那时年轻人梦想着驾驶宇宙飞船征服广袤的星海，现在呢？宅在家中享受淘宝成了时尚。

人类的工业文明是建立在廉价能源基础上的，现在能源技术遇到了大瓶颈，看不到革命性突变的任何苗头，估计很少有人能够想象如果技术大进步突然停滞个百来年，没有找到大规模新层次廉价负熵流的来源，全世界会变成啥样。

但历史上是真实发生过的，前面已经说过，第一轮技术大爆炸把原始社会转变到农业社会，之后整个人类社会在技术上以龟速爬行了数千年才迎来工业革命。

如果真的发生了停滞，人类社会根本就没有做好应对的准备。

喧嚣的背后，阴影在持续扩大。

1.4 科学和技术之间存在的鸿沟

知其然，知其所以然，造其然，利其然。这是个人对从科学到技术创新所要经历的四步骤的归纳。一方面，人类的很多知识，往往都是卡在后两个阶段，无法转换为市场需要的技术。少数知识，比如光伏发电，即使能投入生产，其实也没有达到利其然的地步，背后是大量的政府补贴。另一方面，很多理论上已经划定范围的东西，出于牟利的目的，却又披着耀眼的技术外皮闪亮登场，被若干商业组织兜售给大众，最典型例子就是“水变油”和“技术奇点”。

1.4.1 科学的本质

科学本质上是认知的范式。

康德有句名言，人的理性为自然立法。人类具备有先天综合的能力，即把感性材料综合为相互连接的表象，进而归纳出若干原则，这些原则可以用来解释众多的芜杂现象。当然，现代科学体系一般都遵循奥卡姆剃刀原则，即用最少的来解释最多的。

科学从知其然开始，知其然就是观察世界或通过实验，把众多现象（其中可能彼此看上去是风马牛不相及）总结起来，归纳到同一因果链。

比如牛顿观察到大海潮汐，月亮的运转和地球绕太阳运动，他认识到这背后有一个共同的因素在起作用。

很多科学领域，比如力学，电磁学，热力学，化学，都已经超越了这一阶段。

但生物学的很多分支，还处于这一阶段。

而知其所以然就是科学共同体提出的一套范式，找出内部规律，用相对简洁的规律来解释庞杂的外在现象，如果能够数学化，那就意味着真正的知其所以然。

牛顿提出三大运动定律，万有引力来解释诸多现象，配合微积分，演绎出一个庞大的体系，他的解释很让人信服，实验精度很高。

麦克斯韦在电磁学上作出了类似的贡献，相似的例子还有爱因斯坦，薛定谔，香农等。

比较低层次的有门捷列夫，元素周期表可用于定性解释化学现象，但无法定量。

而生物学在这方面还没有及格，大部分生物领域，找不出较好的方法来简洁描述生物现象。举一个很简单的例子，都知道单眼皮和双眼皮是由基因方面的差异造成的，但如何造成的？DNA 如何根据碱基的不同，操纵物质一步步勾勒出单眼

皮和双眼皮？能用什么数学方程来描述？

在此必须要慎重说明的是，对同一类现象，不同的学者可能会提出完全不同的解释，比如对日升日落现象，就有地心说和日心说两种截然相反的解释体系。在科学史的研究中会发现，无论是新的，还是旧的理论体系，在它们的那些历史时期，都能解决一些实际的问题。但是，它们对相同的观察事实的解释竟没有相似之处。亚里士多德的力学体系与牛顿的体系的关系是这样，牛顿体系同爱因斯坦的体系的关系也是如此。

库恩认为，传统的关于科学本质的进步性质以及知识的不断积累增长的观点，不管怎样的言之成理，却不能说明历史研究中所呈现出来的实际情况！科学知识不是累积的，科学的历史是由那些极具洞察力的新思想推动的，而不是连续积累的效应。如果说“常态科学”是缓慢、连续、稳定和积累的变化，那么“科学革命”或“范式转换”则是极少发生却又极有意义的变化。“婴儿科学”常常是从少部分人那里探索出来的，如伽利略、牛顿、达尔文、爱因斯坦等。“常态科学”只是在科学首创确立以后的“精湛化”。

1.4.2 技术的核心

技术是人类超越于动物的关键所在,核心在于实践。

马克思在《关于费尔巴哈的提纲》的 11 条提纲中的最后一条中说道“哲学家们只是用不同的方式解释世界，而问题在于改变世界”。这话如果套用过来就是，科学解释世界，但对人类更重要的是技术可以改造世界。牛顿的理论最初只能用于象牙塔，而瓦特的蒸汽机是人类社会的一个关键转折点。

纵观历史，人类与其它生物在生物领域的差别并无特殊意义，人类的生物秉性对于后来的人类文明而言，没有起到决定性作用。人和动物的主要差别是技术应用。技术进步是促进人类社会发展的第一动力，承担着人类文明进步的重任。如果没有技术，人类肯定不会发生这么多与其他生物不一样的故事。以技术为基础，生产、商业、军事、政治、科学、道德、文化、文明才有了着力点。

古希腊时期，有着众多的科学理论，但这些科学理论并没有大规模应用到当时的技术上。原因很简单，技术的起源独立于科学。这听起来很不可思议，今天大众已经习惯了“科技”这个词，很多人会想当然的认为技术来源于科学。但实际上，从石器时代制造第一个石头工具开始，技术就开始萌芽了，而科学还在十万八千里外。在人类文明史的绝大部分时间内，技术的改进工作都是由工匠进行的，和科学家无关。很多时候，技术的改进取决于工匠的经验积累。在长期实践中，很多工匠对事物的规律不一定有理论上的认识，但经验会告诉自己，怎么做才能做下去，他们是在实践中来应用规律，而不是理论上阐述规律。直到第一次工业革命开始，科学才和技术慢慢结合起来。

不管理论如何，技术的中心就是流程和结构必须具有可操作性和可重复性。技

术实践的主要步骤是试错，尝试不同的流程和结构组合，找出一条可行的路径。在这里必须强调的是，现代科学对于技术的作用，很大程度上就是减少试错的次数，所谓用理论来知道实践，就是缩小试错的成本和范围。比如，莱特兄弟制造出飞机的时候，工程经验甚于空气动力学，但后来的飞机改进和升级，离不开空气动力学方面的知识。F-22，J-20 这样的飞机，绝对不是靠纯粹试错能够造出来的，肯定是理论和试错并行。

从发展顺序来说，技术可以分为造其然和利其然两步。

造其然，就是主动利用已知规律来造出自然界原本不存在的事物。这一过程本质是人对自然的反馈。早期的典型例子是弓箭，尽管不知道势能和动能这样的概念，但工匠们一样可以根据经验造出把势能转换为动能的弓箭。现代的典型例子是原子弹，氢弹，火箭和宇宙飞船。分领域而言，机械，电子以及电力技术在这方面最成熟，相对不成熟的是化学和材料学，通过化学反应能够得到某种物质，能测出物质的特性，但反过来，预期要求某物质具有若干特性，如何通过一定的步骤，造出这种物质来？

利其然，虽然也是利用规律，但和造其然有很大的差异，很多造其然的行为是不计成本的实验室行为，很多甚至是国家行为，例如二战中的曼哈顿计划和冷战中的阿波罗登月计划。而利其然的核心就是要求技术及其产品在流程和结构上平衡好性能和价格，和所处的社会能够成功互动起来，形成一种正反馈效应，并最终接受市场的检验。

这方面最典型的例子就是流水线生产的汽车。

在福特发明流水线生产技术以前，制造一辆汽车类似现今的飞机制造，一大群人围绕着一辆车干活，一个工人装配某个零部件的时候，几十个工人在旁边看着，生产效率很低下，因此早期的汽车价格很昂贵。福特发明了流水线生产技术：每个工人在流水线上固定生产一种或少数几种产品(零件)，其生产过程是连续的，流水线上各个工作地是按照产品工艺过程的顺序排列的。每个工作地只固定完成一道或少数几道工序，流水线按照统一的节拍进行生产。在流水线生产情况下，汽车的生产效率急剧提高，汽车的生产成本开始下降。汽车售价下跌，销售量增长，销售量增长带动零部件的采购量增长和零部件的价格下降，反过来又降低了生产成本，这样形成了一种正反馈效应，1908 年，福特 T 型车售价是 850 美元，一年销量是 5000 辆，1916 年，T 型车售价是 360 美元，一年销量是 500000 辆左右！

<http://www.emarketing.net.cn/magazine/article.jsp?aid=306>

技术创新要达到“利其然”的地步，往往需要考虑多种因素，要考虑到可实现性，但大众往往被媒体和科技利益集团误导，把技术创新想得很简单，利用大众和政府的这种心理，过去几十年，中国，乃至整个世界都充满了各式各样的科技噱头。

在这方面，尤其以生物学领域最为突出。上个世纪 70 年代开始，生物学领域的研发经费急剧增加，超过了其它领域的总和。由于实践技术迟迟不能突破，一直只能为了论文来发论文，为了经费考虑，生物学界开始有意无意的传播技术噱头。比如，现在很多学校都开设了

生物工程这个专业，但绝大部分其它带工程头衔的专业（如电子工程，动力工程）早就达到了利其然的地步，而生物工程专业的课程设置和培养方案和工程根本不占边，反而和文科专业很类似。生物学领域连“知其所以然”都没有达到，却在大肆渲染“21 世纪是生物学的世纪”，诸如“饿死癌细胞”这样的大饼隔一阵子就画一个。

阿波罗登月年代后的这些噱头，极大地误导社会，使得大部分人认为现今仍然是一个技术爆炸年代。

1.4.3 从瓦特谈起：蒸汽机引发的正反馈

这一小节的内容参考了网友马前卒的帖子，在此表示感谢。

在详细探讨工业革命是如何爆发前，先给大家介绍一个模拟电路概念----迟滞比较器。这个例子说明了不能以连续可逆的观点来看待事物。

一个正向+1v 阈值（可以是其它值）的迟滞比较器有一个输入端，一个输出端，在一定电源电压下，缓慢调节输入电压，从-15v 到+15V，观察输出电压，会发现输出电压从-15v 变化到+15V。由于输入电压是连续变化的，很多人会认为输出电压也是连续变化的。但情况正好相反，仔细观察后发现，输入电压从-15 一直变化到接近+1v（比如,0.99V），输出一直维持在-15v 不变，一旦输入电压开始接近+1v，输出电压急剧变化，输入电压从+0.99v 变到+1.01v，输出猛然从-15v 突变到+15v，之后，输入电压从+1.01 变到+15，输出维持+15v 不变。

从输入输出曲线上会发现，曲线在输入电压+1v 附近是 90 度垂直上升。原因很简单，一旦越过+1v 阈值，电路上会产生一个正反馈效应，这个正反馈效应会使得负者越负，正者越正，输出急剧变化。而且，神奇的是，一旦输入越过+1v 阈值，输出从-15v 变成+15v 后，再反方向把输入电压从+1.01 调回到+0.9v，甚至-0.9v，输出电压保持+15v 不变。这表明，一旦越过某个阈值，电路环境会发生改变，不能想当然地认为事物可逆。

在绝大部分人的心目中，认为工业革命是一种自然而然的变化，时间够了，蒸汽机自然会出现，自然会推动工业文明的到来。但事实是，工业文明的诞生需要越过一个关键的阈值点。

许多教科书上（历史书、物理书）说瓦特是蒸汽机的发明者。这是误传。世界上第一台蒸汽机是由古希腊数学家亚历山大港的希罗（Hero of Alexandria）于 1 世纪发明的汽转球（Aeolipile

），是蒸汽机的雏形。，英国人萨维利（Savery）于 1698 年、纽可门

（Newcomen）于 1705 年各自独立发明了早期的蒸汽机，用于矿井抽水，由于效率太低，也只能在便宜煤炭充足的矿井中抽水。1769 年后，瓦特的一系列革命性改进大幅度提高了蒸汽机的工作效率，让蒸汽机在各个领域的应用成为可能。

蒸汽机的原理并不复杂，英国科学家李约瑟曾提出一个著名论断：蒸汽机=水排+风箱。他想用这一公式说明，没有中国古代技术成就，西方近代革命的心脏——蒸汽机是不可能发明的。从蒸汽机的关键结构看，“风箱”解决了双作式阀门问题，而“水排”则提供了直线运动和圆周运动之间的转换设备。“风箱”是我国宋代发明，尔后传到西方，18 世纪在欧洲普遍应用；而“水排”1900 多年前就在我国出现，《后汉书·杜诗传》中有明确记载。从这个角度看，我国古代先进的技术已经为蒸汽机发明打下了基础，但最早发明“风箱”和“水排”的中

国人却没有制造出蒸汽机。

除了中国之外，纵观历史，古埃及，古巴比伦和古代印度，都有着蒸汽机雏形的历史记载。

工业革命的爆发，需要一系列条件。历史上有很多显赫帝国，西方的罗马帝国，中东的波斯帝国，阿拉伯帝国，华夏的汉唐宋明，甚至于蒙古帝国，其所达到的技术水平，其所能动用的人力

物力，其对于动力的需求，都不比 18 世纪中晚期的英国差。但偏偏各种因素干扰，无数次有意无意的努力，总是离那关键的阈值点差那么一点点。

农业文明的几千年技术交流，英国这个海上帝国的体系容量，使得瓦特的革命性扰动终于在 18 世纪中晚期越过了一个关键的阈值点。

用马前卒的话来概括：

蒸汽机和机床加工的工具可以显著提高矿井的效率（煤、铁的采掘），廉价的煤炭和钢铁通过冶炼工序，又可以反过来提高蒸汽机与机床的产量。另外，机床可以用来制造更多的机床和精密的蒸汽机，蒸汽机也可以提高机床进行金属加工的加工能力。人类历史上第一次有一系列的相关技术通过如此之多的相关工序互相促进，最终形成了一个加工能力和能源采集的正反馈系统。

这个正反馈不断扩大规模，提升加工精度和个人生产效率，将其他部门卷入自升级体系，最终建立了一个大工业体系，为整个经济体系提供稳定的负熵流。

类似现象在之后的 200 多年还有多次，内燃机，免疫技术，电力和计算机都引发过相应的正反馈。当然，正反馈过程不可能无限制持续下去，正如上面提到的迟滞比较器受电压电压的约束，技术革命引发的正反馈会受到各种各样的制约，如资源，市场和道德等等。当一种正反馈过程开始停滞下来的时候，危机开始酝酿。1929 年和 2008 年的经济危机就是典型例子。

就人类文明整体而言，正反馈的过程就是越过技术台阶的过程，90 度垂直的台阶，需要 90 度垂直的正反馈助力。

1.4.4 需求不是救命稻草

科学理论的进展往往吹起美好但空虚的泡泡，技术进步却能带来真正的需求。

2008 爆发金融危机以来，世界经济，尤其是发达国家，已经萎靡不振快 7 年了，而媒体上报导坏消息的时候，往往以“08 年金融危机以来”这样的语句作为展开点。和历史上危机不同的是，本次危机的特点就是拖延时间长，1990 年和 2001 年的经济危机，持续时间都很短，市场反弹很快。从宏观历史看，如果不计 1990—1991 年的轻微衰退和 2001 年由于 911 事件所导致的美国宏观经济增速的短期下滑，自 1979 至 1983 年的美国和西方发达国家的经济衰退到 2008 年以来的这场经济衰退，整个西方世界已经保持了四分之一多个世纪的经济增长。

本来经济危机和经济繁荣应该是循环往复的，但这次经济危机后，似乎看不到经济重新繁荣的征兆。个人认为，此次危机之所以破坏程度深，对中产阶级的打击超过了以往危机，是因为本次危机在反弹阶段和过往危机有本质上的区别。从时间轴上来看，人类可能进入了一个新时代：技术革命（不是科学）的大停滞时期，技术改进还在发生，但看不到革命性质变的苗头。

本次危机后，严格意义上讲，2001 年 IT 泡沫破灭后，西方突然发现，下一个产业突破点，下一个经济增长点在哪儿呢？2001 年 IT 泡沫破灭后，美联储为什么

将联邦利率大幅下调？因为在找

不到新型产业突破点的时候，必须依靠房地产泡沫来推动经济发展，满足资本牟利的需要。当 2008 年次贷危机导致金融崩盘后，房地产泡沫也就一去不再回头，没有了新的投资方向，所以有一个很奇特的现象：美国企业里有着史无前例的充裕现金，国内失业人数一大群，但它们都不愿意投资。

http://epaper.stcn.com/paper/zqsb/html/2011-02/21/content_245467.htm

而媒体上的常规报导都把这归咎于“需求不足”。按照以往经验，只要采用凯恩斯的理论，不停的刺激需求，危机就会过去。这 7 年中，美欧日采用了一切办法来刺激经济，除了行政部门的常规刺激政策，金融部门更是以超出常人想象范围的方式来给市场添加助力。美联储一次又一次的搞量化宽松，加息更是一再拖延；欧洲央行许诺无限制的购买债券；日本干脆以威胁以印钞的方式来撬动市场。但即使在这些史无前例的“救心针”作用下，发达国家的就业市场依旧远远没有恢复到危机前的水平，而民间的抗议示威则是一浪高过一浪，特别是欧洲那些二流发达国家，都快逼近国家破产的地步了。值得注意的是，在西方面临窘境的同时，东方的中国也进入了所谓的“新常态”时期，传统的刺激政策出现边际效用递减现象，以至于有人开始宣称，今年是最后一次看到 7% 的增长率。

因此，凯恩斯的刺激需求理论说明不了当前的窘境，熊彼特的创新衰竭理论反而被越来越多的人所重视。

历史一再表明，最根本的需求扩展，往往是由技术革命带来的。

没有蒸汽机和火车轮船，小农社会满足于自产自销，千里之外的东西与我何干？没有内燃机和飞机，跨国旅行是探险，不是享受。

技术的可能性决定了人类需求的范围。就目前看来，人类所需求且可达到的产品都处于效率改进的阶段，自 25 年前互联网和数字化手机勃兴之后，人类社会没有诞生真正的外拓型产品。

但不知从何开始，有一种说法开始越来越流行，需求决定技术。常常被引用的是马克思的一段话：“社会上一旦有技术的需要,这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进”。

这种观点很具有误导性，因为它在很多情况下是正确的。不过，正如数学中要区分充分条件和必要条件一样，不能想当然地把这句话看成是放诸四海而皆准的真理。

举几个例子，

商用市场对飞机的要求是越快越好，比如现在跨越太平洋需要十几个小时，大部分旅行者希望能把这个时间缩短。但为什么航空公司做不到？挟泰山而超北海，非不为，实不能。

人类现在的技术造不出相应的高性能且各项指标都合格的航空发动机，或者说，有推力大的发动机，但成本太高，耗油量太大，可靠性上不去（比如协和飞机）。过去 40 年，对民用航空发动机的技术改进，只能用龟速形容，导致 50 年前定型的波音飞机现在还占据市场主流。当然，有人会反驳，速度太快不舒服，所以高速飞机没必要。在人类步行 6 公里时速的时候，认为坐在 60 公里时速的火车上很危险，很不舒服，火车 60 公里时速的时候，不敢想象 600 公里时速的东西怎么可能舒服，但后来技术达到了 600 公里时速的飞机很舒服。现在想象 6000 公里时速不舒服，很恐惧，只是因为长期的航空技术停滞，大众习惯了波音飞机 40 年不变，难以想象 10 倍的速度增长。如果技术突然有了大爆炸，让 6000 公里时速飞机的成

本极大降低，舒适度基本不变，大众自然会拥抱新的旅行方式。

另外一个极端例子：绝大部分人类都向往星辰大海，但当前的航天技术，就原理上而言都难以满足这个要求，航天推进技术并没有因为人类的需求而有革命性进展。

那么，需求推动技术增长这一观点适用于什么场合？个人认为，当技术原理发生质变，技术不再是主要障碍，主要阻力来自于市场惯性和相关利益集团时，需求会推动那些眼光敏锐且雄心勃勃的创业者来推动技术的改进和相关产品的普及。

50 多年前，计算机属于国家和大企业的奢侈品，但无数小型机构和组织都渴望一台属于自身的电脑，只不过当时的技术水平决定了电脑价格昂贵，保养困难，使用繁琐。随后爆发的集成电路技术革命，导致 CPU 领域出现了摩尔定律，电脑的性能飞速提升，同时价格急剧降低，现在随便买一台个人电脑，其性能超越了 50 年前最顶尖的大型机，但价格不到（换算成黄金）50 年前大型机的万分之一。

因此，西方的经济疲软和东方的新常态，可能昭示着过去 200 年传统经济增长模式的动力开始衰竭。

2 科技利益集团鼓吹的范式春梦：所谓的技术大爆炸

任何利益团体都喜欢用大话诳人，比如计生委喜欢讨论人口爆炸，石油集团倾向于宣扬石油即将枯竭，那么科技领域喜欢用什么来宣扬自己的重要性？

考虑到现今的科技研发日益依赖政府的财政经费，出于集体利益的诉求，科技利益集团在上个世纪 80 年代开始，提出了“技术大爆炸/科技大爆炸”这个概念。利用印象时间差，辅之以媒体和大学的洗脑，以及科幻文学/电影的渲染，不知不觉之中，技术大爆炸仿佛成了一个不言而喻的真理。即使在一些知识分子云集的区域，比如“知乎”等网站，时常也冒出一些“技术大爆炸在进行”的帖子。虽然很多发帖者所在领域还处在“知其然”地步，远远谈不上“利其然”，但并不妨碍发帖者下意识地维护集团利益。

2.1 渲染和洗脑

洗脑的技巧可圈可点，是大众传媒时代最成功的推广案例。

过去 200 多年的技术跃进，使得任何人都必须承认，18 世纪以前的世界和 20 世纪末的世界截然不同。纵观人类历史，这只能用“技术大爆炸”来形容。所以，技术大爆炸是不容置疑的。与此同时，受利益集团控制的大学，几乎所有的理工科教科书和部分文科教材，在序言里都会出现“科学技术正在飞速发展”类的话语。看看教科书里的内容，都是最近几百年才出现的，有的甚至是最近 40 年才出现的，这难道不是一个证明吗？当然，极少有人会想到，过去的成功并不意味着未来一定会同样复制，归纳的结果无法用演绎来证明。但这不妨碍利益集团以史为例，让大众接受“如今是一个技术大爆炸年代”概念。

另一方面，在过去 40 年，人类在 IT 技术方面的成就相当惊人。在短短的三十年内，无数过去只能为精英所享有的产品和服务迅速普及到大众，如手机，电脑，互联网等等。IT 技术带来的信息化宣告了前苏联基于 20 世纪 20 年代对大工业生产的

认识而提出的“现代化=电气化”政策的破产。不少大公司或者转型，就像 IBM 公司从大型机转向 PC，再从 PC 转向信息服务一样，或者像柯达公司那样破产。所以，技术大爆炸至少在 IT 领域是成立的。虽然部分的成就不能肆意推广到整体，IT 技术的大爆炸掩盖了科技树主干进展的贫瘠无力。但利益集团却喜欢拿 IT 为例子来反复强调这是一个技术大爆炸年代。一个媒体上喜欢引用的典型例子：30 年前的大哥大是那样的笨拙，30 年后的苹果手机是如此灵巧。

对于中国人来说，过去 30 年是消化吸收了西方 300 年的科技成果，30 多年前的中国，大部分地区依旧是延续了几千年的农耕社会，当中国融入世界，对世界技术成果的吸收是采用鲸吞方式，中国社会急剧变革，给普通民众的感觉是技术太神奇，变化太快。对于西方国家来说，阿波罗登月后半半个世纪，除了 IT 技术外，其它技术领域都没有革命性改变，即使是 IT 方面，西方也是采用了近 70 年的时间来发展应用，远没有像中国那样跨越式发展。过去 30 多年的印象让普通中国人对“技术大爆炸”概念是顶礼膜拜，奉之为圭臬。

除了明面上的渲染外，科幻电影/文学以润物细无声的方式在大众的潜意识里植入“神奇未来并不遥远”的信念。

科幻小说是世界上接受程度很广的一种通俗文学形式，科幻电影是好莱坞最重要并持之以碾压全球的一种类型片。在科幻的世界里，人类可以跨越宇宙，扭转时空；癌症是小问题，复活恐龙轻而易举；所谓的神奇纳米材料上则可以作为太空电梯的材料，下则可以构成微型机器人用来潜入人体血管；至于什么人工智能，那是大路货！连“意识上传”都出现了，人工智能这种小瘪三早就过时了。但请注意，所有这类电影/小说都发生在未来，至于未来什么时候，对不起，那是科学家的事，我们是文艺工作者，只负责创作。

那这些作品是怎样创作未来技术的？此类创作的特点就是对技术关键点采用“模糊处理”，简单几句似乎有理的论述就把技术解决了。比如，看到一张纸能被外界用力扭曲，嗯，这个可以扩展开来嘛，空间一样能扭曲，于是所谓的曲率航行就出笼了，具体怎样扭曲空间？找科学家去。

一定程度上，科幻作品激发了青少年对科技的兴趣，对于科技的发展起了正面作用。但正如双刃剑那样，由于科幻创作者无需为技术进步负责，他们魔幻般的创作给了大众一种“技术大爆炸”正在进行的感觉，导致很多人认为技术很容易实现。13 年遇到一个刘慈欣的粉丝，他提出了一种新的能源解决方案：

如果正反物质相互湮灭，释放出来的能量会多得惊人，比核聚变多上几百倍。

我当时反问道：哪里弄来反物质？通过粒子加速器能造出反物质，但造时所花费的能量比获得的能量多得多，这样的能源解决方案有意义吗？

最近看到如下一则新闻：

《回到未来 2》30 年：科幻预言半数成真

2015 年 01 月 03 日 08:28 信息时报 我有话说(5,121 人参与) 收藏本文

信息时报综合报道在 1989 年的科幻影片《回到未来 2》中，马丁和小伙伴布朗博士乘坐时光汽车从 1985 年到 2015 年的未来世界，看到了很多不可思议的场景：飞行汽车、悬浮滑板……

2015 年终于来了，对于世界各地的影迷们来说，可能还有一个问题迫不及待想揭开——《回到未来 2》中关于 2015 年的预言究竟实现了多少呢？

1. 可穿戴技术

是不是觉得有点似曾相识？这不就是戴着谷歌眼镜的马丁坐着吃早餐的样子吗？这个高科技的产品常常被人们误认为是计算机眼罩，不过其实是可以接电话的眼镜。

2.3D 电影（转载者说明，其实也没有实现，电影里是裸眼 3D，电影院需要带特制眼镜）

3. 视频通话

影片中，身处 2015 年的马丁和同事是通过视频通话交流的，跟我们现在视频聊天、网络电话一样的，只是我们视频通话时屏幕没有那么大而已。

4. 微波餐

吃的方面，影片中有一幕是浓缩披萨在一个“水合器盘子”上放置 12 秒后就会变成一个正常大小、可以吃的披萨，这可以说就是早期的微波餐。

虽然有不少预言实现了，不过《回到未来 2》中的场景和发明还是有一些现在未能成为现实。

1. 磁悬浮滑板

影片中的“悬浮滑板”还没真正实现。

2. 飞行汽车

在新世纪，飞行汽车还是没能成为主流交通工具。

3. 自动系鞋带的鞋子

可以自动系鞋带的鞋子和可以自行烘干的衣服：看，不用手的！我们也希望 2015 年可以有。

4. 时空之旅

穿越过去未来进行时空之旅，目前也还没有办法实现。

5. 传真机遍布

影片对于传真机的预言是给了它重大的使命，说传真机会在 2015 年普及。幸好没有……

大学时候看的盗版《回到未来》三部曲，现在想来，30 年来，实现的都是和 IT 技术相关的产品，与能源动力相关的都没有实现。即使是 IT 技术，和人工智能相关的也是进展不大。

能源和动力技术的停滞已经很明显了。

2.2 论文和专利：天文数字后的荒谬

在国观第一版帖子中，很多从事技术工作的朋友回帖中都反映了自身领域的瓶颈和天花板，而另一方面，发现很多朋友（估计是学文科的为主）都对技术的发展充满了乐观态度，认为是如今是一个技术爆炸的年代，因为他们日常所接触的媒体常常出现如下一段话：

目前我们已经进入了科学知识的“爆炸”的时代。1995 年，知识的量每 5 年翻一番，到 2020 年，世界的知识量每 73 天增长一倍。今天已知的科学的信息量相当庞大，科学知识正以史无前例的

速度增长。任何人要跟上它都是不可能的。霍金在 1998 年白宫千年晚会上发表演讲时曾说，如果科学知识仍然以现在的发展速度增长的话，到 2600 年，如果你将新书依次摆放的话，你要以每小时 90 英里（144 公里/小时）的速度行走才能跟上新书出版的速度。即使是世界上最博学、最聪明的科学家也无法记住所有的科学知识，

注意：以上报导由科学界的人提出的，但更多的科技工作者对此保持沉默。

第一次看到类似的报导是在读初中的时候，当时觉得前景太恐怖了，难道自己越学，知识相对越少？感觉像庄子说的：吾生也有涯，而知也无涯，以有涯随无涯，殆已”。但后来随着年龄的增长，尤其是在读博后，开始发现这类报导的奥秘。这类报导你要说错，也没错，但要严格意义上追究起来，却又大错特错。

通常宣扬技术爆炸的人，最喜欢说的就是知识隔几年就翻番，国际上所申请的专利一年抵得上过去 10 年，这种知识的指数式积累会使得技术相应的指数式发展，但正如某位网友指出的，信息和经验不仅有数量上的多寡，还有价值上的高低。上个世纪 80 年代的年收入万元户是人人羡慕的对象，但持续 30 年的通货膨胀让月入万元变成了苦逼的小白领。所谓的知识爆炸，实际上是超级注水牛肉。

首先，知识量如何定义？很难严谨的下定义。勉强拿发表的论文数来比拟，数量的确是在爆炸性增长。但仔细观察，发现论文是越来越水，无论国内外，一篇论文，里面有 10% 的知识属于原创，都已经很不错了。事实上，越来越多的论文，原创比例大幅下降。有时看国外的一本行业顶尖期刊，看完后，感觉里面的 30 多篇论文，大部分有为了论文而论文的嫌疑。

即使很多论文，具备了表面上的原创性，但如果仔细想想，这种知识没有任何用途。

打个浅显的比方吧，如果某位科学家在行业顶尖期刊上第一个发表论文，探讨在木头桌子上用工具刀雕刻玫瑰花，会让桌子看上去比较好看。之前没人考虑过在桌面上雕花，所以第一篇的原创性最高，是对人类知识的一种有益积累。但沿着这条思路下去，有人探讨雕花需要花费的劳动时间和劳动工具相关公式，这也算很强的原创性，但之后，由于谋生和晋升的需要，相关论文会越来越让人目瞪口呆，理论上，可以发表成千上万篇论文来讨论雕花，因为世界上有成千上万种花，每种花都可以写一篇论文，每一篇论文都是原创的。

接下去，会有人来探讨用斧头雕，用菜刀雕，用锥子雕，每一个还振振有词，你用工具刀，不可能在所有的场合都适应，我的工具在某些特俗场合可以用。

更要命的是，还会有人来探讨在床上雕花，在地板上雕花，在椅子上雕花，在皮肤上雕，你能说有朝一日不会出现这种情况？

最后，还会有人来探讨开直升飞机到岩壁上雕，开宇宙飞船到月球上雕。

无穷无尽的组合。一个例子就是国内某位大学做晶体研究的，一年能发表个

几百篇 SCI 论文，奥秘何在？就在于此。

当然，后面的论文不一定能在顶尖期刊上发表，可以发表在其它档次的期刊上。于是，一篇论文带动了一个产业链，至于实际价值如何，内部心知肚明，能忽悠外部拨款者就行了。某位生物学者曾经在知乎网站上透露，某个分子式已经有好几十年时光了，相关研究养活了一大批人，但实际应用为 0。

知识要爆炸了，科技人员的地位自然要提升，经费自然要多多益善，这就是宣扬知识爆炸的最大好处。

专利的奥妙也一样，大家可以去看看苹果公司近几年申请的专利，绝大部分会笑掉人的大牙。

另外，前面一再强调的，很多科技工作者，有意无意地在混淆科学和技术。很多所谓的论文，对于技术工作没有任何指导作用，有的甚至简单地停留在“知其然”地步，离技术所要求的“利其然”标准差远了。但大部分科技工作者成功地游说拨款部门，让他们树立了一种“研发就是发论文”的印象，毕竟论文容易进行数字化考核。而现在科研界有一个显著现象，大部分国内外的科学机构，申报课题和拉经费的目的，都是为了维持一个课题的研究并养活一大群人，毫无疑问，几百万人靠这个过日子呢。考虑到以上因素，在利益集团的推动下，论文数量的指数式增长就不可避免了。

2.3 比特世界和真实世界

过去 40 多年来，半导体技术领域内的摩尔定律给全世界带来了深刻的变化，对于大部分国家而言，每时每刻都有大量的人群沉浸在比特世界之中。在这一个“熵不增”的世界里，每个人似乎都是王者，只要愿意付出金钱，在比特世界里可以无所不能。但过去 40 年，和比特世界的繁荣形成鲜明对比的是，现实世界在很多领域踟蹰不前，甚至于若干领域还有退步。最典型的是航天推进技术，按照 NASA 一位资深工程师的说法，美国已经没有能力（不是金钱）制造土星五号火箭这一级别的巨无霸了。

相对于现实世界的憋屈，比特世界的拥护者信心满满。IT 技术的终极乐观者是雷·库兹维尔及其奇点理论。他认为，人类正在接近一个人工智能超越人脑的时刻，届时人类（身体、头脑、文明）将发生彻底且不可逆转的改变。他认为，这一刻不仅不可避免，而且迫在眉睫。根据他的计算，纯粹的人类文明（“人类纯文明”）的终结是在 2045 年。这一理论得到了不少人的拥护。似乎一个美好的世界即将展开。

抛开库兹维尔的立场（他是比特世界的巨人 google 公司的副总裁）不说，仔细阅读其代表作，似乎感觉到一种浓浓的传销味道，口号，口号，还是口号！如何实现人工智能？作者语焉不详，说到时自然实现。真正深入 IT 技术就会明白，IT 世界的一切突破都是“模拟”，按照 tier 的说法，比特世界重新安排那些已经存在，或者永远不会存在的东西的虚拟映射，人类大脑想不出来的东西，也别指望 IT 技术。更不要说，真实世界是一个熵增的世界，比特世界并不能带来真正的熵减。

美国经济学家罗伯特·戈登提出过一个著名的创新性厕所实验：

假设你需要在 A 选项和 B 选项之间做出选择：A 选项是保留 2002 年以前的电子技术，包括谷歌、亚马逊、维基百科，可以使用自来水和抽水马桶，但不能使用 2002 年之后发明的任何新东西。B 选项则是保留过去 10 年内发明的任何东西，如 Facebook、Twitter 网站和 iPad 平板电脑等，但不能使用自来水和抽水马桶，你必须自己提水进入房间并把废水提出去，即使在雨夜的凌晨 3 点，你也只能走过湿漉泥泞的道路去外面上厕所。你会选哪个选项？

大部分人的选择是确定的，因为人类的血肉之躯生活在真实世界内。

即使考虑到比特世界的喧嚣，也必须指出一个事实：IT 技术发展到现在这个阶段，深度上很难继续做下去，已经开始边际效用递减，诺贝尔经济学奖得主保罗·克鲁格曼 5 月 25 日在《纽约时报》上撰文说，不要高估技术革命的影响，延续了 40 年的数字时代令人失望，新技术带来了许多头条新闻，但其经济上的成就很一般。克鲁格曼写道：“道格拉斯·亚当斯 1979 年在科幻小说《银河系搭车指南》的开头说，地球上的生命太原始了，还认为电子表是一个很巧妙的创意。但那是信息技术革命的初期。自那以后，我们已经有了很大的进步，可 2015 年重大的技术创新还是一个电子表，只不过这个电子表在你坐太久之后，会告诉你该站起来了。”

http://zhuanche.juhangye.com/201506/news_1142787.html

2.4 部分和整体

部分和整体的关系是哲学论上的一个常见问题，部分构成整体还是整体生成部分是争辩了几百年的老话题。经过几百年的发展，人类如今的技术从明面上看是分门别类的，机械，动力，电子，化工，航空等等，当然，每一类可以细分下去，比如电子技术按不同分类标准，还可以分为低频与高频，数字与模拟等。如果把不同技术门类之间综合关联起来，还可以产生大量的复合技术，如机电一体化。

纷繁众多的技术门类，让绝大部分门外汉眼花缭乱，即使是在某一领域的专家，很多情况下对其它相关技术领域也是了解甚少，更不要说还存在“隔行如隔山”的现象。一个机械类的能人，通常不敢去评价基因工程类的技术。在这种心理作用下，各个科技利益子集团卯足了劲地夸大自己领域的进步，因为基本上是零风险。种种合力，给人的感觉就是新闻报导上天天有技术进步，我们所处的时代是一个“技术大爆炸”的年代。

但实际上，部分领域的技术进步和整体上的技术进步是两回事。

首先要指出，某些细分领域的技术进步只是商业化应用推广，不是真正的技术进步。最典型的就是车载 GPS 导航系统，在 GPS 引入汽车之前，每一个司机都必须准备一叠厚厚的交通地图，除了长途司机，一般的私家车主被限制在很小的区域。引入 GPS 导航之后，汽车的活动领域被扩大了，对于私家车主而言，这是一个了不起的技术进步。但 GPS 导航技术很早就成熟了，在汽车之前，飞机和大型轮船早就配备了 GPS，其 GPS 子系统的实现难度甚至大于汽车，在迁移到汽车过程中，GPS 导航技术本身并没有取得大突破。

其次，很多子类领域的技术突破实质上属于“替代型”，不是属于“开拓型”。比如说，飞机的技术突破，让人类活动空间/旅行速度得到了极大地扩充。而 mp3 取代 CD 机，只是数字化媒体的一种替代，mp3 并没有赋予人类新的能力。替代型的技术创新，极易导致零和游戏，而开拓型的创新，往往能够双赢。现今很多所谓的技术创新，叫嚣厉害，但最终反响平平，其原因就在于此。

从人性而言，很容易陷入 subjective validation，遇到一个命题会因为自己的某个信仰和立场而赞同它。比如一个费德勒粉丝会坚定支持“费德勒比纳达尔强”，甚至费德勒输给纳达尔时他也会持有“费德勒在巅峰时期肯定比巅峰时期的纳达尔强”这种观点。一位手机软件开发者向本人发了好几封私信，质疑为什么会有“技术大进步的停滞”。和大部分网友不同，他举例说明了自己领域技术的进步，主频和内核是如何在短短十年内翻番的。很显然，他所在领域的变化的确很快，这赋予了他强大的自信。但问题是，就人类整体而言，手机领域这是诸多技术领域的一小分支，手机领域的革命性进展，反映到整体上，可能带来的进步并不是很大。智能手机说穿了就是一个小型化计算机，并不能完成一些独一无二的任务，可以设想一下，人类如果没有手机，难道就不能开采石油，航天登月？纵观历史，这样的例子还有很多，比如条形码，集装箱，CT 等。

很多子领域的技术进步，在其本身领域内，可能是革命性的创新，但绝大部分子领域，对于人类整体而言，所提供的贡献也比较小，一个领域内翻天覆地的变化，可能只是整体上的一朵小浪花。举一个例子，相对于传统长途电话，IP 电话是革命性的突破。但对于人类社会整体而言，原有电话系统已经能够满足 95% 以上真正有价值的信息交流，新的 IP 电话系统更多的是满足边缘信息交流需求。因此，即使 IP 电话的鼓吹者一再强调其重要性，人类社会从中获取的真实效率改进是微乎其微。但在另一方面，此类鼓吹带给大众的印象就是：技术革命无处不在！

3 范式春梦外的阴影

工业文明 200 多年的成就让大众信心满满，科技上的乐观主义渗透到社会上的每一处。即使是科技工作者，大部分对于横亘在眼前的下一级技术台阶也持“视而不见”的态度。本人很多年前在一个学术论坛偶尔谈到技术可能遇到大麻烦了，很多人批评到，19 世纪末，不少人说物理学的理论大厦已经构建完毕，今后只需要在细节上修修补补就行了，可 20 世纪涌现了相对论和量子论，把人类对世界的认识大大推进了一步。现在说“技术革命的停滞”，不是和当年的情况一样吗？

但经过近 10 年的思索和探讨，个人认为这一次的情况不同于上一次。上一次是认为科学理论已经完美，今后不再需要完善，而这一次的情况却是，即使人类在科学上有越来越多的理论，对世界的了解之处越来越多，但知其所以然不代表就能造其然，想发明的东西越来越多，但最终停留在纸面上的可能性越来越大，人类越来越难以推进技术的跨越。

当然，技术不会马上就停止进步，技术改进目前仍然在进行，但增长的步伐会慢下来。由于新一轮技术革命迟迟难以到达，在以后的岁月里，技术对社会的推动作用，不会像过去一个半世纪那样显著。技术很有可能进入一个“增长的停

滞”时期，至于时间的跨度，如果不是永远的话，也是一段非常长的时期。

事实上，人类社会目前在很多技术领域已经面临窘境，就像深陷泥潭的巨兽，咆哮，挣扎，但被泥沙死死困住。而令人瞠目结舌的是，正如夜路行者喜欢大声吹口哨，上个世纪 80 年代以来，处于困境中的科技利益集团越来越倾向于编织各种技术噱头来维持媒体的注意力。而有意无意中，普罗大众对于科技的印象被集中转移到 IT 上，于是，摩尔定律成了家喻户晓的名词，网络成了新世纪技术进步的代表。

3.1 人类面临的技术窘境

上个世纪 70 年代以来，在媒体的 IT 喧嚣之外，人类在很多技术领域进展甚微。

3.1.1 能源转换技术的停滞

在至关重要的能源转换为动力技术方面，1969 年后，人类的技术进步大幅放缓。

首先导致速度的停滞。在人类的大部分历史中，依靠畜力，人类的最高速度保留在每小时 25 英里。蒸汽机和内燃机出现后，1900 年增加到每小时 100 英里左右。飞机出现后，逐步接近音速，火箭是巅峰，人类迄今为止最高纪录是 2.5 万英里/小时，由 1969 年“阿波罗 10 号”创造。但一切到此为止，上个世纪 70 年代，从伦敦到纽约的飞行时间是 8 个小时，现在仍然是 8 个小时。唯一以 3 个小时飞完这段航程的协和式超音速客机已于 2003 年退役。今天如果有人谈论太空火箭、月球度假或者太阳系载人探险，简直像痴人说梦（以上参考《未来的终结》一文）。

在火箭推进方面，没有任何稍大一点创新，导致太空运输的单位质量成本依旧居高不下。纳粹德国在 40 年代搞出 V1 和 V2 火箭，不到 30 年，土星五号火箭运载阿波罗登月飞船在 1969 造访月球，把人类的空间跨度拉伸了百倍不止，在当时，很多科学家预测 20 世纪末，人类将会在火星登陆。但现在看来，随着航天飞机的落寞，由于推进技术没有革命性的变化，再过 50 年都不大可能。传说中的核动力火箭现在彻底销声匿迹。甚至可以这么说，如果还是基于化学燃料的火箭推进，人类永远被困死在太阳系内。

在航空技术方面，从莱特兄弟木头双翼飞机上天，到喷气式发动机出现，到波音 747 投入服役，总共也就 60 多年的时间，变化只能用日新月异来形容。但从 1970 年开始，航空技术骤然减速，40 多年前开始生产的波音飞机和 B-52 到现在依旧雄风不减。托 IT 技术革命的福，新型飞机更舒适，通讯更便捷，但在载重量和航程方面没有大突破，从侧面说明了航空技术以蜗牛爬的速度在前进。

在个人交通工具方面，还是基于 4 个轮子和内燃机的家用汽车，主体架构没有任何创新。上世纪 80 年代拍的《回到未来》三部曲中，幻想 2015 年应该出现的磁悬浮踏板车都没有一根。

3.1.2 新能源的窘境

二战前的两次技术革命，本质上都是对新能源技术的开发和利用。二战后，人类曾经对核能抱有厚望，但核裂变技术由于其固有缺陷难以担当重任，而核聚变技术遥遥无期（后面还会专门论述可控核聚变的 60 年辛酸历程）。在现今的能源领域，依旧是石油和煤炭的天下。

从上个世纪 70 年代开始，全球每一次能源危机，总是会有人跳出来呼吁新能源。每一次吹嘘新能源的时候，总是说“技术进步很快，发电成本几年内就会与火力发电平齐”。但事实却是：到目前为止，所有光伏技术和风电技术，其发电成本

远超火电，必须依靠政府的大量补贴才能生存。

以美国为例，在第一次石油危机后，1974 年，尼克松号召要在 1980 年实现能源独立，30 年后，奥巴马对未来的展望是到 2020 年实现 1/3 的石油独立。结果最终使得美国能源独立的是页岩油，而不是新能源。清洁科技已经变成“太昂贵”能源的代名词，在硅谷几乎是稳赔不赚的生意。

就像一位网友说过的，任何一项技术要想产业化，必须满足产业化的要求，同时满足多项指标。而现在国内常见的宣传手法是大谈某项指标，避开其它不利指标。以充电电池为例，说某某新电池容量很大，却回避生产成本，或者说，某某电池的充电速度很快，却不谈寿命和可生产性。事实上，经过几百年的发展，在绝大部分行业，除非基础理论有重大突破。一般技术的进步是很缓慢的。很多进步是通过工艺和其它类别技术的引入来实现的。

诸如光伏发电，风电这样的产业，都面临着这样一个问题，其基础理论很早就出现了，但一直没有革命性突破，不能大幅降低发电成本，无法靠自身的力量来推动产业化，只能依靠政府的财政补贴来实现产业化。但政府的财政补贴不可能永远持续下去，如果再没有重大突破，石油的替代品将不可能是清洁昂贵的风能、水能、太阳能，而是脏而便宜的煤炭。

3.1.3 农业，医疗和生物技术

在农业领域，和 20 世纪 50 年代以前不同，在世界很多地区，农业生产变成了一种能源密集型产业，播种，化肥，撒药和收割都依赖于低成本能源。从上世纪 80 年代以来，粮食增产方面，水利，化肥和能源投入所做出的贡献更大，而种子的培育，很大程度上沿用的是老方法，老技术。人类所期盼的基于基因的生物技术并没有重大突破。因此，绿色革命从 1950 年到 1980 年期间粮食收成增加 126%，从 80 年代到现在却只增加了 47%，勉强跟上世界人口增长的步伐。

在医疗技术方面，可能大部分人感觉进步很大，因为人均寿命大幅延长，但网友 q75 所论述的那样，这是是儿童死亡率大幅下降带来的进步，人的生理性寿命（无疾而终）时间并没有延长的迹象，而儿童死亡率大幅下降的技术半个世纪以前就取得了。

很多人对现今医院的先进设施和豪华大楼印象深刻,让人感觉医疗技术很 NB。但在 CT，B 超和分析仪等耀眼设施的背后，其实是 IT 技术的扩散。

人类在疾病治疗技术上进展不大。很多疾病的病因仍然是一头雾水，比如最简单的口腔溃疡，至今没有一个让人信服的结论。从上世纪 50 年代到 2005 年，癌症的死亡率只降低了 5%。尽管数千亿美元花在了研究上，但除去年龄、诊断是否及时等因素外，就癌症的治疗方法而言，2014 年和 1974 年并没有大的区别。1962 年，肯尼迪说，我们要把人类送上月球，6 年后，人类真的实现了登月。1970 年，尼克松向癌症发起“世纪之战”，此后 40 多年间美国联邦政府已经累计为这场战争投入 1000 亿美元，但胜利仍然遥遥无期。

不单是癌症，很多疾病的治疗效果改进都是慢得令人发指。事实上，医学和生物学这些年来的进步，要谢谢 IT 技术的进步和扩散，诸如 CAT 这样的设备，对于医疗技术的改进，要甚于医疗

技术本身的进步。对于医疗技术本身，已经开始有学者提出，技术进步开始变慢

<http://www.thedailybeast.com/articles/2013/05/08/has-medical-innovation-slowed-down.html>

而医疗技术陷入困境的另一个例子是药物开发，从上世纪 50 年代开始，批准投资 10 亿美元研发的新药数量每隔 9 年就会减半，生物技术领域的这一“倒摩尔定律”深刻揭示了药物开发面临的难题。（这里附带说下，中国的发改委造就了无数的“新药”，每次一降价，药品名就多了一个马甲）

在生物学领域，从发现双螺旋结构开始，无数次的宣称要进入“生物学”世纪，要像牛顿力学那样指导工程实践，结果到现在为止，对 DNA 的动力学原理依旧知其然不知其所以然，比如，为什么一个基因的改变会导致高鼻梁和低鼻梁的区别，中间过程是怎样的，牛顿力学中，可以用微分方程来描述相关质点运动问题，但生物学中，快 60 年了，还只能观察表明现象，不能深入揭示内在机理，更不要说利用其中机理，无数次让人失望，搞生物的都只能拼命的发 paper 来申请资金，导致相关杂志 SCI 影响因子奇高。

生物工程描绘了不少美好的前景，但比较滑稽的是，双螺旋结构的发现者，最伟大的科学家沃森 2013 年自我宣布：多少年来的研究，想通过基因序列来治疗癌症和其他疾病，可以说是没价值的。

<http://cppcc.people.com.cn/n/2013/0502/c34948-21341680.html>

半个世纪前，人们曾乐观的宣称到 2000 年能了解大脑的思维特性，而现在人类对大脑的了解，比起 50 年前，没有什么大差别。如果硬说有什么成果的话，就是认识到大脑的复杂性远不能用现在人类的知识来描述。

3.1.4 信息技术深度上的麻烦

在目前火爆的 IT 领域，广度上的拓展让人印象深刻，PC 和手机迅速普及，互联网深深改变了很多事物。但在深度上，开始面临一系列麻烦。

自香农提出他的理论后，通信的基本框架就没有太大的变化，上个世纪 70 年代，爆发过有线到无线，铜线到光纤的革命性突破，在这之后，面对新世纪的通信需求，开始用“基站海”战术来解决问题，现在更是出现了 3G-4G-5G 这样的边际效用递减现象。当然，用量子通信这个概念忽悠一下外行还是有人乐意去做的。

在信号处理领域，神经网络热闹了一阵子，大家觉得前途渺茫都不搞了，然后出现了 SVM 等华而不实的概念，到了新世纪，把神经网络包装一下，披着深度学习的外衣再度出山。

目前所有计算机的鼻祖都是图灵机，事实上，现在最新计算机的工作原理，和 50 年前的计算机没有什么大的差别，上个世纪 80 年代，日本曾经宣称要发展第 5 代“智能”计算机，现在也偃旗息鼓了（大家还记得小时候的动画片《阿童木》

吗？）。越来越多的学者认识到，很多问题不能靠摩尔定律堆叠计算能力来解决。其实有一个大家天天都接触的例子，互联网上现在为了防止机器顶帖和注册，竟然在使用类手写的“验证码”，靠大脑对不规则事物的识别能力来打败计算机的计算能力。

至于外行人推崇备至的量子计算机和生物计算机，业内人士如果申请此类的国家自然科学基金，第一关通过的可能性很小很小。

3.1.5 其它方面的技术

在第一版帖子的回复中，很多专家给出了机械，建筑，材料学和化学化工方面的观点，普遍感觉前沿停滞，大家可以观察一下自己的周围，很多工艺和技术都已经几十年，甚至半个世纪的历史了。

3.2 众多的技术噱头

大约十几年前，上海滩有位富翁叫周正毅，在其资金链出现问题导致被捕前，积极参与多项慈善活动，捐款豪气无比。为什么明明无钱还要捐款？因为这是做给外界看的，表明我很有钱，我没有问题，否则外界知道了真实情况，败落得更快。

当技术发展面临关卡时，科技界人士开始采用同样的策略，制造一个接一个的噱头，吸引媒体和拨款方的注意力。

制造噱头是商家的拿手好戏，到大城市的商业中心随便转一转，诸如“跳楼大卖”，“清仓处理”等口号或标语铺天盖地。当然，喊口号是比较低级的手段，很多人已经具备免疫力了。一片规划中的绿地，一条待整治的臭水沟，就可以把楼盘加上“诗意栖居”的名头，这样的宣传手段，还真能让不少消费者心甘情愿地掏钱。如果加上政府方面的配合，诸如“城市副中心”，“半小时市中心公寓”，“江北CBD”之类的，就更蛊惑人心了，至于所谓的副中心，到底有没有前途，几十年后的事了，除了买单者，谁会去在意？

从20世纪80年代开始，科技界也逐渐沾染上了这股风气。更要命的是，在噱头背后，更多的科技工作者在沉默不语。

3.2.1 早早败落的太阳能/光伏噱头

从上世纪70年代开始，已经爆发了四次石油危机，最近一次发生在21世纪。面对高昂的油价，各大经济体试图通过发展新能源技术来摆脱困境，其中尤以太阳能最具吸引力。

太阳能，一听名字就给人暖洋洋的感觉。所谓万物生长靠太阳，太阳能天生就高端洋气上档次。伴随着石油价格的一路上涨，光伏产业也在全世界（尤其是中国）蓬勃发展起来。

除了高油价，光伏产业的兴起另有几个因素，首先看欧美，一方面，欧美，尤其是欧洲要在道德上装逼，想推动全球温室气体减排并谋取主导地位，光伏产业引起了欧美人的“兴趣”。通过了一系列的法律来推动光伏发电市场的形成，与法律同来的是大量财政补贴。另一方面，光伏器件的生产等于是把中国的廉价能源和环境成本固化下来，让欧美在几十年的时间内缓缓释放，而对于中国，一个词就够了：GDP。我死后哪管洪水滔天。各方合力下，光伏产业大干快上，舆论界也随之起哄，大唱赞歌。

但绝大部分人都有意无意的忽略了两个事实：

（1）光伏产业的技术基础是光电转换，快100多年的历史了。在这么长的时间内，并没有重

大的基础理论突破，使得经济性的电力转换效率达到产业化的要求。经常在一些刊物上看

到报导，说光电转换效率能达到20%，甚至30%。但所有这些报导，如果你深入探究下去，

都是扯淡。打个比方：用黄金做的转换器件，效率能达到30%，但这有实际意义吗？

（2）光伏器件生产过程中的高能耗和高成本。尽管表面打着清洁能源的旗帜，但光伏器件的

生产其实是一个高能耗产业。

两者结合起来，导致光伏收回成本所必需的终端售电价格很高：

<http://guangfu.bjx.com.cn/news/20130516/434557.shtml>

根据资源状况和发电成本测算出适用于各区域的光伏标杆上网电价，分别为一类资源区 0.8 元/kWh，二类资源区 0.9 元/kWh，三类资源区 1.0 元/kWh，四类资源区 1.1 元/kWh。

而水电上网电价不到 0.2 元,火电在 0.3 元左右,没有国家财政补贴,电网公司除非是白痴,否则根本不感兴趣。

依靠欧洲天量财政补贴发展起来的光伏产业，最终被 08 年金融危机打回了原形。欧美 08 年之前可以装逼，但后来的金融危机和欧债危机暴露了欧洲很多国家已经寅吃卯粮，根本不可能再维持原来的巨额光伏补贴，有限的资金和市场要留给本土企业，于是欧洲市场对中国的光伏企业关上了大门。另外，欧洲当年开放市场的前提是中国先买它们的制造设备，欧债危机前，欧洲的光生产线和设备已经把中国塞满了，全球产能都过剩了，自然要卸磨杀驴。于是从 12 年开始，国内光伏产业陷入全面危机，无锡尚德甚至破产，给中国造成了大量银行坏账。

面对市场危机和高成本的指控，光伏发电相关利益团体依然嘴硬，振振有词反驳到：未来随着技术的发展，光伏发电成本价格会大幅下调；即使不下调，现在发电成本高，将来其它能源价格上去了，光伏发电就有竞争优势了。

这种观点利用了人性的一个弱点：健忘性。远期目标能否取得，和现在获利其实关联性不大，但能忽悠则忽悠，光伏的口号从上个世纪 80 年代就开始鼓吹，相关产业链的利益集团一直用快了快了来游说大众。给出两个例子

(1) 最早的如 80 年代初的报导：

安在轿车车顶上的太阳能发电机

【摘要】：正西德的 AEG·特勒丰肯公司在伏克斯瓦根汽车厂生产的帕萨特牌轿车车顶行李架位置上安装了太阳能发电机,功率为 160W,可补充车用发电机,为蓄电池作充电之用,从而能节约汽油消耗 5%。目前正处于试验阶段,制造成本很高,经济性不好。但据该厂专家称,到八十年代后五年内,那时能源价格还要上涨,而太阳能发电机成本则将下降,投资在几年内就能收回。

<http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-SJQC198302017.htm>

30 多年过去了，不知道那些专家是否脸面依旧。

(2) 再看 2007 年的报导：

然而，太阳能的前景是更加光明的。一些公司表示，技术的进步将在今后短短三年内，使太阳能电池板装置价格减半。德意志银行也表示，到 2014 年，算上能源的节约，太阳能发电系统的价格将可以与传统电力相抗衡。

<http://www.chinace.org.cn/display.asp?id=323>

现在到了 2015 年，光伏发电仍然没有任何价格竞争力。

光伏产业链一直刻意回避的一个事实：光伏不是新技术，其基本原理已经出现百来年了。由于期间没有爆发技术革命，一直进行的都是缓慢的技术改进。而且很要命的是，容易改进的地方都已经改进了，剩下的都是难啃的“大老虎”。目前光伏没有任何技术革命的可能性。百来年都没有赶上传统电力的生产效率，难道下面 10 年就能来个大跃进？

另外，光伏利益团体把希望寄托在其他能源价格翻番上。但光伏其实是一个高能耗产业，从生产器件到维护，要耗费不少当期能源，光伏的高成本反映了产业链的高能源凝固度，现在的低能源环境，光伏是高成本，将来石油价格涨到 300 美元一桶，光伏的成本也会相应上升。

个人认为，国家和社会对光伏和风电的策略应该是：在一些传统供电难以企及的地方，可以采用光伏和风力发电。但国家有限的资金不应该像现在一样大力补贴发电，而是应该鼓励研发，期待真正技术革命的到来。在技术临界点后，再来大力投资。

从长远看，如果光伏发电的技术有比较大的突破，光伏发电的比较效益有可能体现出来，但光伏的能源密度太低，光伏的可行性必须建立在高能源成本的基础上，过去 300 年，人类文明的有序度提高，依靠的是引入越来越廉价的负熵流，高能源成本维持不了现在的工业文明。

3.2.2 经久不衰的人工智能大噱头

对于人工智能的恐惧和期盼，最早可以追溯到玛丽·雪莱在 1818 年创作的小说《弗兰肯斯坦》。作家生活在整个西方社会经历深刻历史变化的时期，当时，第一次工业革命方兴未艾，各类科学知识有了很大的发现，人类改造自然的能力空前强大。经过科学理性洗礼的广大民众普遍盲从科学并对科技改变世界抱有各种幻想。当然，随着技术的发展，大众很快就认识到《弗兰肯斯坦》中“造人技术”的荒谬，但“造人”情怀依旧，在那之后，随着计算机时代的到来，面对计算机展现的强大计算能力，人工智能这个概念开始大行其道。而且很有趣的是，这个概念隔上个一二十年就热闹一次。

很小的时候，大概是在 80 年代中期吧，我还在读小学高年级，当时电视新闻里，报纸上都在热烈探讨智能机器人概念。仿佛一夜醒来，智能机器人就要满大街都是，很多专家学者在报导中痛心疾首的高喊，你看日本美国多么多么重视，投了多少钱来搞第五代电脑，再不搞智能机器人，中国就要亡国了。搞出智能机器人，人类就可以从人剥削人，变成人剥削机器了。

后来自己读大学了，开始系统学习 IT 方面的知识，才知道当年那些报导是多么的幼稚，何谓智能？人类大脑是已知的最复杂的组织结构。它有上千亿个神经细胞(神经元)。这个数字相当于整个银河系星星的数目。神经细胞之间通过突触相互联结。即使从数字比照角度讲，假定每个突触有两个状态，那么，人脑中所包含的不同状态总数超过了整个宇宙中的基本粒子(质子和中子)的总数(不超过 2^{1000})。对如此宏伟复杂的结构，人类的认识还处于最原始的阶段，没认清自身的思维模式，就能搞出人工智能？

读研时，数学系一位老师给我们上课，用一句话终结了人类按照冯诺依曼结构搞出人工智能的可能性：有限个零级无穷大，不可能模拟一级无穷大。但就是

这么浅显的道理（在科技界内部），当时竟然没人站出来说明。后来帮一位朋友整理学校内部史料的时候，突然发现，学校在 80 年代，竟然以人工智能的名义，申请了不少国家级项目。成果呢？几篇无人再看的论文。也许，这就是 80 年代制造噱头的目的吧。

进入 21 世纪，金融危机后这几年，人工智能的概念又开始火起来。详细一点的是雷·库兹维尔及其奇点理论，说最早 2029 年实现技术奇点；名人新闻报导也不少，比如霍金：人工智能会导致人类灭亡，比尔·盖茨：人类需要敬畏人工智能的崛起，马斯克称人工智能是人类生存最大威胁。美国最近这几年相关书籍也出版了不少。大肆舆论轰炸和洗脑，让普罗大众感觉人工智能时代就要来了。

但仔细观察，这一轮人工智能热潮背后有不少猫腻。（以下部分内容引用自 <http://www.zhihu.com/question/27864852> 中阿成的回答，在此加以感谢）。

首先看看，那些出版书籍的是什么人，未来学家” Ray Kurzweil，哲学家兼畅销作家 Nick Bostrom，畅销书作家 James Barrat，作家 Carl Shulman 和企业家 Jeremy Howard。虽然上面的部分人曾经做过技术，不过后来都跑去卖概念了。美国是个极端爱好 bullshit 的国家，工业界

金融界文化界很多人吹牛逼是不打草稿的，再加上作家一般都喜欢“语不惊人死不休”，这些人的话可信度要大打折扣。比尔·盖茨等是名人

，甚至可以说是若干技术领域内的牛人，但隔行如隔山，他们并不是人工智能领域内的大牛，前沿大牛，如 MIT 的 Patrick Henry Winston，Stanford 的 Richard Fikes 之类的，绝对不会发表那些惊悚言论。事实上，经过 50 多年的挫折和探索，人工智能领域的口径已经悄悄变化了，强人工智能是科幻，现在一般提及的都是机器学习（machine learning），也就是说，先把弱人工智能实现了再说。

那么，最近为什么很多名人让人们警惕人工智能？知乎上有人给出了如下答案，

1. 舆论造势

为推动他们期望的立法和或行业规则铺垫，这样他们可能实际成为规则制定者。

2. 人工智能的风险

弱人工智能使用越来越广泛，即使没达到强人工智能程度，也已带来潜在问题和风险。

3. 宣传和广告

比如 Elon Musk 是科技圈接受采访最多的企业家之一，在电影里客串，和好莱坞明星一样活跃，为的是影响力和布道。他希望做成的事情需要商界、名流、政府、以及广泛的社会支持，可以说，常常占据舆论头条是他的职责所在。

再补充一点，奇点理论事实上是一场商业策划的核心，完全是为了 google 的商业利益。奇点理论利用了大众的健忘心理。说最早 2029 年实现奇点，但问题是，2029 年时，还有人会记得这个许诺吗？当年宣称 1999 年能登陆火星的专家可不少，事后也没有人去追究他们的责任。

因此，下一次再听到有人谈论人工智能，先搜索一下，看看他是干什么的，如果是作家和商人，那最好小心一点，安利无处不在！

3.2.3 神乎其神的量子计算机噱头

有一个概念，量子计算机的概念，在全世界流行，外国的教授和中国的叫兽，美国的

商业巨头和加拿大的新型公司，西方的畅销书作家和东方的科幻作家，中国的自甘五和毛左，都为鼓吹这个概念而结成了神圣同盟。

在这些鼓吹手背后，常见于网络的言行有：“有了量子计算机，世界上所有的加密系统都不堪一击”，“量子空间传输要实现了”，“率先造出量子计算机，中国崛起！”。在密集信息轰炸下，很多对于量子计算机一知半解，甚至丝毫不懂的人都在大侃特侃量子计算机的优点和实现，仿佛量子计算机明天早上一醒来就会出现似的。一个最让我惊愕的例子就是，我们学校一位研究社会学导师带的硕士研究生向我吹嘘，量子比电子更小，量子计算机比电子计算机能力强多了。在他眼里，量子俨然就是一种基本粒子。

所有技术噱头的共同特点就是：这个东西神通广大，现在虽然没有，如果你给我点投资，不久就会出现。这种技术噱头在二战前肯定没市场，但二战后，各国政府一般都是定期轮替，轮替意味着记忆被刷新，换届就意味着可以开始新的要钱循环。

量子计算机概念上个世纪 70 年代就出现了，我还记得看过一本描述未来的文章，似乎 20 世纪末，量子计算机就要把传统计算机淘汰掉，结果 40 多年来，基本上连一台合格的原型机都没有。上世纪末，本人到隔壁物理系选修了量子计算的一门课程，当时就纳闷，理论上如此神奇，但怎么用硬件实现？博士阶段时，另一个研究约瑟夫效应的同学私下里坦言，难度很大很大，近十年过去了，量子计算机基本停留在纸面上，和经典计算机的摩尔定律形成了鲜明对比。

面对经费被砍的风险，很多科技工作者（国内国外都一样）出于私心，过分强调量子计算的优势和前景，甚至许以几年以后你就可以订购量子电脑的画饼，做了很多误导公众，学术界和官员的宣传。比如国内的那个著名潘教授，用光子实现 Shor 演算法作质因子分解 $15=5\times 3$ 。但稍微想一想，三光子或五光子实验已是困难重重，纠缠脆弱无比，如果数量过多，十光子纠缠此路可通？何况十光子纠缠与几百个光子纠缠完全不是同一类型的难度，潘的最初论文到现在十几年了，似乎没有后续报道说取得重大突破。甚至有人声称已经证明，基于光子纠缠的量子计算机原则上没有可放大性。

欧美杂志或媒体上对于量子计算机的宣传，猛一看了不得，但仔细看看，那些吹喇叭的都是些鼓吹量子计算机近在眼前的要钱激进分子，或者说相关利益链上的人员，背后的最主要目的是借此写申请书时可以向各国政府索要更多的支持。

到了 2013 年，量子计算机概念被打了一剂强心针，加拿大的一家公司：D-Wave 公司宣称他们造出了几百个量子比特的超导量子计算机，全世界都被惊呆，难道春天就要来了？理论上，D-wave 的装置用到了量子隧穿效应，勉强可以算是量子计算机。

但好景不长，D-Wave 公司将一台 D-Wave Two 型的 512 个量子比特的所谓量子计算

机以 1500 万美元卖给 Google 公司，以建立一个开放实验室，供很多科学家在这台机器上做各种验证，以确定声称的量子计算机是否有量子加速能力。

2014 年 1 月 13 日，以美国加州大学的 Martinis 和 Lidar 教授为首的研究组，包括 Google 公司的研究人员，其中 Lidar 教授正是上述实验室的主任，正式宣布：在 503 个量子比特的 D-Wave Two 型的量子计算机上的实验数据表明，没有任何量子加速的证据。

其学术文章在：<http://arxiv.org/abs/1401.2910>

这次科学界对加拿大 D-Wave 所宣称的量子计算机的证据充分的驳斥，从某种意义上也

宣布了其所谓量子计算机比经典计算机没有任何加速优势。

[http://www.newscientist.com/article/dn24882-googles-quantum-computer-flunks-](http://www.newscientist.com/article/dn24882-googles-quantum-computer-flunks-landmark-speed-test.html?cmpid=RSS|NSNS|2012-GLOBAL|online-news)

[landmark-speed-test.html?cmpid=RSS|NSNS|2012-GLOBAL|online-news](http://www.newscientist.com/article/dn24882-googles-quantum-computer-flunks-landmark-speed-test.html?cmpid=RSS|NSNS|2012-GLOBAL|online-news)

事实上，政府被欺骗了多次之后，也慢慢明白了其中的门道。以美国为例，DARPA 现在

对量子计算机没有任何兴趣（美国国防部先进研究项目局，DARPA 是 Defense Advanced Research Projects Agency 的简称，是美国重大科技攻关项目的组织、协调、管理机构和高技术预研工作的技术管理部门，2015 财年 DARPA 预算申请总额为 29.1477 亿美元，较 2014 财年增加了 1.36114 亿美元，大约资助 200 个左右的项目。）

美国 DARPA2015 年度预算日前在其网站发布：

<http://www.darpa.mil/NewsEvents/Budget.aspx>

根据该公开预算文件，原来支持量子计算研究的两个项目被终止：第一个是名为“

Quantum Entanglement Science and Technology”的项目，2014 年度预算仅为 4.65 百万美金，2015 年被终止，无预算。

第二个是名为“Quantum Information Science”的项目，2014 年度预算仅为 1.14 百万美金

，2015 年被终止，无预算。

美国 DARPA 终止量子计算的研究项目，是评估考虑其发展遇到严重瓶颈和预期非常困难，目前不值得继续做较大规模的聚焦性的投入，而只适合于开展自由发散性、摸索性的基础研究。

不过根据该公开预算文件，原来支持量子通信研究的一个项目继续得到支持：

这是名为“Enabling Quantum Technologies”的项目，2014 年度预算为 23.35 百万美金，2015 年度预算为 30.97 百万美金。该项目公布的研究目标有多条，其中之一为“集成原型宏观量子

通信系统进入量子通信试验平台”。美国 DARPA 继续量子通信的研究项目，是评估其发展具有一定的实用性，尚可做一些前瞻性的探索研究。

但请注意，所谓的量子通信，完全是挂羊头卖狗肉，不是科幻作家笔下横跨数百光年都可以实时通信的量子技术，完全是一种通信中的加密技术，换句话说，并不是一种提供全新功能的技术，离科幻爱好者期盼的空间传输更是差了十万八千里。

3.2.4 牛逼哄哄的纳米材料噱头

人类对于微观物质的研究是逐步深入的，随着配套仪器的进步，从毫米级，到微米级，再到纳米级别，一切都是循序渐进，由点到面，由实验室到工厂。物理定律并不因为尺寸的变化而有跳跃式突变。

但从上个世纪 90 年代开始，相关专业的研究人员眼红网络泡沫和生物工程大噱头所带来的好处，心想你们八字没有一撇都能吹，凭什么让我们坚守清贫？你们生物工程能吹 21 世纪是生物学的世纪，我们就拿出资料表明：到 2010 年，纳米技术将成为仅次于芯片制造的世界第二大产业，拥有 14400 亿美元的市场份额。

<http://www.people.com.cn/GB/paper1137/4415/4999999.html>

于是乎，材料子领域开始鼓吹纳米材料的神奇，认为纳米材料会给人类社会带来革命性的变化。纳米材料概念在 20 世纪末甚嚣尘上，炙手可热，无论国内外，一谈高科技，除了 IT 和生物工程外，必谈纳米材料，比如有了纳米材料，就能造太空电梯，有了纳米材料，可以造出无数微米级的机器人，潜入人内脏里，在体内切除肿瘤。（附带说下，这些宣传材料倒是给写科幻小说的提供了不少素材）。2001 年 IT 泡沫破灭的时候，纳米材料的宣传达到了顶峰，大有“舍我其谁”的势头。当时申请自然科学基金，不挂个纳米材料，还真不好拿出手。而各级政府也被忽悠得团团转，2001 年的报道中，据不完全统计，我国有一半的省市将纳米材料列入当地“十五”期间的发展规划。国家还成立了纳米科技指导协调委员会，负责组织协调全国纳米科技的研究开发力量，制定有关规划。国务院批准了“国家纳米科技发展纲要”。

<http://www.people.com.cn/GB/paper1137/4415/4999999.html>

但鼓吹者没有想到的是，很多东西一旦出笼，往往会出乎发起者的控制之外。

天下熙熙，皆为利来；天下攘攘，皆为利往。纳米如此神奇，自然有精明厂家应声而动，于是贴着各式纳米标签的纳米家电、纳米纺织品、纳米卫生洁具，纳米化妆品，纳米车膜，纳米基因等，一个个闪亮登场，纷纷把纳米技术作为新的卖点。在这种情况下，不少普通老百姓上当受骗，纳米概念很快就声名狼藉。

好吧，研究者可以指责商家无耻挂名，但研究者自己又做出了什么成就？在下面的 2001 年报导链接中，科学家预言，纳米时代的到来不太久。美国的一家公司预计在未来 10 年内，纳米技术可能发展到能够大量制造复杂的纳米结构物质的水平，超越“量子效应障碍”的技术，从而达到实用化水平。

<http://www.instrument.com.cn/news/20010515/000221.shtml>

现在是 2015 年，纳米材料虽有应用，远没有当初宣称的那么神奇，大家觉得自己的日常生活有什么被纳米大幅改变的吗？对于相关利益团体而言，科研经费已经到手，当年的狂热谁也不提。

但政府是健忘的，大众是好忽悠的，这不，2014 年又有了新的报导：即将改变世界的 13 大纳米材料技术

<http://tech.qq.com/a/20140516/047576.htm>

报导风格又是老一套，说未来某某年会造出具有某种神奇性质的材料，潜台词是快给我研究经费。

唉，连噱头都造得没有新颖性！

石墨烯是最近几年来冒出的一个新噱头，借助诺贝尔奖的名头，吹得天花乱坠。但好比“正反物质湮灭提供能量”这样的能源解决方案一样，理想是美好的，现实是残酷的，石墨烯远没有吹嘘中那样神奇，好几年前，bbc 的报导中，科学家就提醒大众不要有过高期望。

<http://it.sohu.com/20110607/n309512255.shtml>

但国内外的资本市场能把泥巴吹成金子，石墨烯这个概念让很多企业股价轻易翻番，至于事后如何，不关操盘手的事情。概念吹得太虚，连政府都看不下去了，提醒大众要注意噱头：

<http://lights.ofweek.com/2015-04/ART-220020-8420-28947105.html>

<http://stock.stcn.com/2013/1230/11043729.shtml>

带一点噱头色彩的是 3D 打印，云计算和大数据。

3D 打印很早就出现了，有一定用途，特别是在一些不适合大规模流水线生产的场合，比如飞机上的某些部件和模具制造，3D 打印算是比较大的突破。但离开这些场合，其作用被极度夸大，什么下一次工业革命这样的牛皮都敢吹。人类历史早就证明，规模化生产才是王道。

云计算和大数据就不细说了，IT 行业需要新的噱头来吸引眼球。

3.3 博士民工和生物技术的挫折

上面谈到了很多技术领域的噱头，但就鼓吹力度而言，和生物类噱头一比，都是小巫见大巫。当然，天道循环，有扭曲就有矫正，生物工程/生物技术方面所面临的困境也首屈一指。

前面提到的各种噱头，可能滥用了国家的公共财政经费，可能骗了股民的钱，但对于研究者和学生而言，他们其实是获利的，尤其是学生，从中学到的专业知识并没有白白浪费，绝大部分人总是可以找到和专业相近的工作。但对于生物工程噱头而言，以大时间尺度来看，除了那些卖仪器和试剂的商人，整个相关利益链条上的绝大部分人员都深受其害。生物技术远没有最初宣称的那样取得成功，教授的努力固然落空，而学生，特别是博士生，被彻底民工化（没有贬低民工的意思，只是表明噱头带来的危害）！

3.3.1 生物噱头的缘起和影响

回顾历史，阿波罗登月后，美国感觉很多技术领域难以突破，考虑到双螺旋结构发现后的迅猛进展，美国把生物工程作为下一个技术突破点，在上面投入了巨额经费，从 1970 年代以后，美国 NIH（美国卫生研究院）的经费让 NASA 唯有羡慕嫉妒恨。和现在大众的感觉相反，IT 技术当时并没有现在的地位，IT 技术的进步上个世纪 80 年代开始加速，到上个世纪末的时候达到高潮。在 IT 兴盛的年代，

美国为了抢占未来的制高点，在生物技术上进一步加大了赌注，美国国会甚至通过法律，让 NIH 的经费在世纪之交的短短几年内翻番。美国是世界各国的模仿对象，各国学术界受美国影响，也纷纷游说自己国家政府加大投入，于是，一个超级研发大泡沫被吹起，从美国扩散到全世界。大家可以看看最近几十年的

《science》和《nature》等顶尖学术期刊，大部分都是生物类的文章。在上个世纪八十年代到九十年代，再到新世纪的头十年，生物工程概念炙手可热，无数专家天天在吹嘘 21 世纪是生物工程的世纪，似乎有了生物工程的突破，能源问题，环境问题和粮食问题都能迎刃而解。

但在大噱头背后，有几朵黑云在很长的一段时间后才开始显现。一是论文大泡沫，二是人才大过剩。

生物体系的复杂度远远超过了最初的估计，经过几十年的研发后，生物学还是停留在知其然的地步，离知其所以然差远了，更不要说用来指导实践。生物研发人员往往吹嘘基础研究取得了很大成果，但绝大部分的所谓成果和技术应用是风马牛不相及。借用知乎上一位生物内行人的话：生物行业的许多研究进展除了对科研本身以外，短期内（其实我想说很长时期）几乎没有任何实际意义。无论是什么“某某蛋白解析，有望治愈癌症”、还是什么“某某神经元在某种行为递质释放增加，有望阐明此种行为背后的神经生理机制”，这些研究基本上全是在自己的课题小圈子造成一定的影响，媒体断章取义、望文生义（比如说去年大牛 Susumu 实验室发在《science》的工作，“creating a false memory in the hippocampus”，硬是被吹成了盗梦空间的现实版），对现实生活几乎没有任何影响。

<http://www.zhihu.com/question/22693140>

大家可以关注一下周围生活，现在已经进入 21 世纪 15 年了，基本没有看到生物工程技术的大规模应用。应用无望的情况下，庞大的生物研发团队唯有发表论文来吸引政府的关注。当年读博士的时候，和隔壁一位博导及其博士生来往比较密切，该博导还另有行政兼职，有一次在其桌上看到了一份招聘海外教师的统计资料，当时就发现生物方面来应聘的特别多，尤其是文章的档次很吓人。而该博导告诉我，学校内部有一个默契，生物医学类的影响因子和其它学科，尤其是工程类的要分开算，要知道，IT 类的 IEEE trans.on Info 也就比 2 多一点，有 200 多份生物医学期刊影响因子超过 5，如果一位博士能在 IEEE trans.on Info 上发 1-2 篇论文，应聘基本无问题，如果是生物类的，影响因子在 10 以上的只算初具资格。

2007 年 SCI 的影响因子大于 20 的期刊

CA-CANCER J CLIN（临床肿瘤杂志）

69.026 (1)

NEW ENGL J MED(新英格兰医学杂志)

52.589 (2)

ANNU REV IMMUNOL（免疫学年度评论）

47.981 (3)

REV MOD PHYS（近代物理评论）

38.403 (4)

ANNU REV BIOCHEM（生物化学年度评论）

31.19 (5)

CELL (细胞)

29.887(6)

PHYSIOL REV (生理学评论)

29.6 (7)

NAT REV CANCER (自然·评论: 癌症)

29.19 (8)

NATURE (自然)

28.751 (9)

LANCET (柳叶刀)

28.638 (10)

从这个表单看出, 生物医学类的期刊很牛逼哄哄, 秒杀其它学科。原因很简单, 无法产业化, 只有多发论文, 相互引用多了, 影响因子自然高了。为什么发论文如此积极, 因为这是唯一的谋生手段。其它大部分理工科领域也接受政府资金来搞研发, 但好歹还有市场提供资助, 从业人员可以到社会上去找工作, 而生物技术对政府资金的依赖程度远超其它专业。生物工程主要靠政府养着, 自然需要高影响因子的论文来忽悠政府。前几年, 清华和北大的海归生命科学院院长大声嚷嚷, 说科研经费分配不合理, 实质是这帮论文牛人在抢夺政府蛋糕时处于不利位置。

人多了, 就会出一些奇怪的事。前面说过科技利益集团想尽一切办法来维护自己利益, 而生物方面的科技利益集团更是其中翘楚, 因为绝大部分生物方面的科研资金来自于政府, 政府只要稍微减少资金, 生物科研就很难搞下。整个生物医学科研系统是建立在科研基金会永远不断增长的这个泡沫上。在这个泡沫里, 博士生, 博士后被无节制地培养, 远远超过社会能容得下的数量, 而相当多医学校及其科研人员全部建立在被认为永不枯竭科研经费上。现在这个泡沫的破了, 这个系统性缺陷到了非全面解决不可的地步了。

<http://blog.sciencenet.cn/blog-2374-874127.html>

最近的一个例子, 美国政府这几年削减预算, NIH 过去的预算大概是 NASA 的两倍, 现在也要被砍了, 结果大批生物科学家上街游行。

<http://scitech.people.com.cn/n/2013/0411/c1007-21097988.html>

论文牛逼的背后, 有一个不容忽视的情况: 生物类的博士/博士后大都混的很不如人意。最典型的就是方舟子 (本人只论述事实, 对方舟子没有任何意见), 做了那么多年博士后, 现在竟然靠完全和生物无关的职业谋生。为什么就业难, 因为人才极度过剩!

生物技术研发的特点就是需要大量人手来做实验, NIH 所激发的大泡泡在短期内造就了生物人才, 尤其是博士人才的短缺。美国为了吸引人才, 开出了大量优惠条件, 这些条件对 21 世纪初的中国人极具吸引力。生物好出国成了大众的固定映像, 逐级反馈到中国的教育系统, 就是生物大扩招。

根据笔者个人印象, 从初中开始, “21 世纪的朝阳产业”, “新一轮国际竞争的核心”, “新时代的曼哈顿工程” 等一类的口号不绝于耳, 普罗大众被生物工程这个概念轮番轰炸。在那个时候, 生物工程专业是一个高大上的专业, 顶峰时期, 北京大学生科院招收了全国一半的理科状元。笔者的一位初中同学和一位高中同学, 都被感染得热血沸腾, 跳进了生物工程这个专业。笔者以前也没有关注过生物专业背后的东西, 但 07 年的时候, 同学从美国回来, 聚会的时候, 说了

一句话：“我想把陈章良捅一刀，太坑人了”。谁是陈章良？查了一下，原来是一个海归，担任过北大的生科院院长和副校长，曾经是青年模范代表。此君在 90 年代的时候，在媒体上大肆鼓吹“21 世纪是生物学的世纪”。当时中国的信息闭塞，中学生社会经验又不够，对他们来说，北大副校长是一个耀眼的图腾和偶像。既然偶像这样说，生物工程肯定前途大大的。于是乎，无数中学生选择了生物工程专业。恰逢国家给了扩招政策，生物类博士难就业，加上 SCI 文章的刺激因素，各个高校乐得满足中学生的要求，随即大规模扩充生物类专业。十几年下来，全世界范围内，数以百万计的学士，硕士，博士和博士后都遭遇到了就业难题。

转帖一篇文章：为什么生物类专业这么难就业

<http://bbs.tianya.cn/post-no20-201048-1.shtml>

也许有人会说，本科生当然是这样了，如果是博士生那就不一样了，看一下大约 6 年前厦大博士的就业吧。

<http://bbs.pku.edu.cn/blog/cpread.php?serial=26691>

先说下，想在厦大生物系做个老师，国内的生物博士毕业是绝对不可能的，清华北大的都不行。厦大自己的博士毕业只能留校做个实验员，月薪 4000 不到，能留校做实验员的还是一些比较牛的和导师关系比较好的博士。至于那些不牛的博士，他们看中的是广大的中学校园，很多生物博士为了争夺一两个中学生物老师的职位打的头破血流。当时去四个人应聘两个生物老师职位，其中两个是厦大博士，一个是武大硕士，一个是泉州师范学院（二本），最后得到该职位的是一个博士和那个泉州师范的。

而第三方教育数据咨询与评估机构麦可思研究院公布的《2014 年中国大学生就业报告》中，就业十大红牌专业，竟然有 4 个冠以生物的头衔。

<http://mt.sohu.com/20150728/n417671149.shtml>

就业如此之难，就连行业领军者都看不下去了，知乎上有生物学大牛的帖子（<http://www.zhihu.com/question/28347460>），真诚的指出，赶快转专业吧，否则前途黯淡。一个最简单的事实，美国每年有大约 10000 名生物类博士毕业，但大学只能提供数百个教职岗位，而工业界提供的职位也少得可怜。那众多博士怎么办，只能继续做博士后，最终变成“千老”。单单在美国，就差不多有 10 万生物学博士后靠政府基金养活。

http://pic3.zhimg.com/972f5014c5226f2ed98db3b9e2e04ede_b.jpg

<http://www.biodiscover.com/news/politics/120677.html>

一个专业就业如此之难，如此之普遍，深深衬托出背后的技术困境。

3.3.2 研究范式和问题

生物技术的困境从源头探索的话，可能是研发范式出了问题。

首先，生物技术秉承了物理化学所传承下来的还原论方法。大量的生物学研究往往从单点出发，试图解析每一种蛋白质的结构和功能，或者确定每一片 DNA 序列的功能，希望构建完整的字典来阐明生物的所有谜团。当年人类基因组计划是基于此思想，曾经宣称知道了基因序列就可造出完美婴儿，结果自然失败了。

而现在很多生物学的论文，依旧是宣称某某蛋白在某某过程中起到某某作用，研究方法依然是“敲除基因我们发现 XXX，过表达基因我们发现 XXX”。但生物体是一个极其极其复杂的非线性混沌系统，一个简单的细胞，其复杂度超过航天飞机。在生物体内，绝对不是 A 输入，就能每次输出 C，更不能简单的递推，2A 输入，能输出 2C，而更要命的是，甚至 $1+1=2$ 也不成立，用一位生物学博士的话说，即使身高这个最简单的 phenotype 就已经被证明是几百个 genomic loci 相互作用决定的。还原论方法在物理领域的成功，并不代表在生物领域就能成功。

其次，生物学研发过度依赖于实验，很难看到数理方法的应用。生物研究需要实验，但从很多生物专业人士的抱怨中可以看到，实验往往需要大量的时间和工序，超长的研究周期使得科研项目的风险大大增加，而大量的工序又需要很多人力，因此很多生物学博士被迫从事高强度重复性的实验工作，结果很多博士民工化了。一方面，一个老板必须招收足够多的学生来保持自己有足够的产出。但是，对于 20 个学生来说，老板的职位只有 1 个。而且，PhD 并非一般职员那样可以作为永久职位，所以即使科研界，也无法吸纳更多的人，于是自然面临过剩的人才培养。另一方面，很多实验工作真心不需要前面那么多年的培养，看到过一个例子：“我们实验室一个前台接电话的小姑娘，跟我们做了一段时间实验，现在进技术组了，跟我们从本科学到博士寒窗十年的师兄在实验方面其实没有什么差距了”。这方面的极端是清华那位有名的施一公海归，对学生说不要看文献，会做实验就行了，结果学生虽然发了 Nature，到国外课题组后彻底悲剧了。

不停地做实验和发表数据，但做的成果又很难转换到实际中，这表明生物学还处于最原始阶段，处于数据整理阶段。生物学的哥白尼有了，施莱登，施旺，达尔文和孟德尔；生物学的伽利略也有了，双螺旋结构的发现者，沃森和克里克；但生物学的牛顿和莱布尼茨迟迟不能出现，生物学的瓦特更是不见踪影。面临窘境，生物学研发领域不愿意承认这个现实，往往更倾向于用噱头来麻醉自己。新闻报导中有很多生物技术的噱头，比如那个“饿死癌细胞”来治疗癌症的相关报导，但实际稍微懂点理工科的人都明白，从牛顿提出第三运动定律，到阿波罗 11 号利用这个原理登月，中间需要克服的技术难关数不胜数。

而生物学人才的培养模式也很有值得商榷之处。尝试着看过几本本科生物学方面的教材和一些生物学论文，感觉叙述方法和文科差不多。而很多生物业内人士也表达过相似观点，就是本科阶段的数理方面基础知识学的很少。进入研究生阶段后，生物学研发注重实验，一层层传递下去，最后掌控方向的生物学大牛往往难以具备坚实的数学知识，不能高屋建瓴地指出方向。

说到这里，笔者先来谈谈转基因食品。最近几年转基因食品在国内引发了轩然大波，围绕转基因食品是否安全，正反双方展开了激烈辩论。笔者虽然支持转基因（基于对数百万研发工作者的信任），但对转基因的原理不熟悉，用另外一个技术上的例子来侧面剖析一下转基因。一个显而易见的事实是，绝大部分人从来没有担忧导弹试验的安全性问题。甚至在导弹装载了核弹头的情况下，绝大部分也不去杞人忧天，担心导弹落到自己头上。为什么？因为严格且清晰的计算会表明，导弹发射后，每一秒的轨迹，方位和速度都是可以知道的，甚至导弹如果发射后出现了内部故障，导弹内部的处理措施也会保证弹头的安全性。所有计算和处理措施都是数学上清晰可见，地面实验中可以重复实现。任何一个具备理性思维的成年人，都不会对其产生怀疑。

转基因安全性问题，其根源在于生物技术上的模糊和难以预测性。正如前面提到的，生物学的哥白尼有了，生物学的伽利略有了，但生物学的牛顿迟迟不能出现。牛顿的系统化理论，数学工具以及实验验证是近代科学技术大爆炸的源头。遗憾的是，生物学到现在为止，整体上依然是一门基于实验和经验的科学，大部分相关工作者其实都是做的数据收集和整理工作。无法用理论来指导实践，这是生物技术最大的缺陷所在。比如，有人是白色皮肤，有人是黑色皮肤，生物技术只能告诉我们，这和基因有关。但 DNA 是如何控制相关物质分子，一步一步的构建出不同颜色的皮肤？在这构建过程中，基因的稍许差别是如何被放大，导致皮肤颜色的巨大差别？再复杂一点，人的手是如何被 DNA 依据自身信息造出来的？

生物技术无法用清晰的数学模型来回答上述问题，甚至目前根本没有人试图去解决这个问题。

人类只有苦苦等待下一位牛顿的出现。

4 低熵体的困境和所面临的技术台阶

假设有 A, B 两个商人，A 营业额增长的规律如下：第一天 100 元，之后每天增加 20 元，第二天的增长率有 20%，那么，100 天后，A 的增长率有多少， $20/(100+20*100)$ ，不到 1%，300 天后呢？虽然每天有大约 6000 元入账，但日均增长率接近于 0，基本可以看成停滞不动。B 的规律如下，第一天 100 元，之后每天在前一天的基础上增加 2%，第二天的营业额只有 102 元，看上去很小，比 A 差远了，但 300 天后，B 的当日营业额度在大约 3 万 8000 元左右。

这就是指数式增长相对于算术式增长的威力。

如果再加上一定背景，比如 A, B 两个人都向银行系统贷款，需要在一年内偿还高额的贷款本息，很显然，银行系统更愿意把钱借给 B，因为资本的运行建立在复利基础上。

马尔萨斯在《人口论》中第一次指出，人类的资源当时看来在算术增长，而人口繁衍的规律是指数式增长，虽然很多人骂马尔萨斯冷血无情，但就逻辑叙述而言，马尔萨斯的理论无可辩驳。学过高中数学的都会知道，指数增长肯定会超过算术增长。但之后的 200 多年，即使人口急剧增长，人类社会的生活水平在稳步提高，人类没有陷入马尔萨斯陷阱。

如果从经济学角度考虑，这一悖论在索洛的经济增长模型中得到了解释。索洛模型认为，当外生的技术以固定比率增长时，经济将在平衡增长路径上增长。因此，技术进步是经济增长的主要动力。丹尼森等人通过对美国经济增长的实证分析证实和巩固了索洛的观点。反之，当外生技术水平趋于停滞时，经济将趋于停滞，投资仅能补偿固定资产折旧和装备新工人。

如果从热力学第二定律角度看待问题，这一切都是建立在一系列资源/能源相关技术革命基础上的，人类跨越了一个新的技术台阶，找到了大规模新层次的负熵流，确保了人类社会能够大范围长时间保持在低熵状态。

宏观角度而言，技术是人类文明的基石，技术会把原来看成垃圾的东西变成资源，让人类社会维持有序状态。技术如果遇到天花板，人类发展的空间也逐步限定，闪腾折挪的余地也会越来越小。

古代中国文明就是一个例子。

中国文明就地理隔绝度而言，在亚欧大陆诸多文明中排名第一，虽然和外界有交流，但比地中海区域的文明交流程度差多了。在农业社会的技术停滞情况下，

早期的中国农耕文明，也就是唐朝之前，还能通过空间拓展来摆脱马尔萨斯陷阱。但之后，中国文明陷入了困境，1000多年的治乱循环其实就是文明在遭遇技术停滞后的挣扎和无奈。

对于人类文明来说，在大时间尺度上，技术对新资源和能源的拓展必须符合指数式增长规律，这是资本和文明扩张的需求。因此，08年的金融危机可能代表着一个新时代的到来：低熵体开始放弃增长之路。

4.1 从热力学第二定律谈起

，曾经验证过相对论的世界著名科学家爱丁顿对热力学第二定律做过如下评价“我认为,熵增原则---即热力学第二定律---是自然界所有定律中至高无上的,如果有人指出你所钟爱的宇宙理论与麦克斯韦方程不符---那么麦克斯韦方程就算倒楣,如果发现它与观测相矛盾---那一定是观测的人把事物搞糟了,但是如果你发现你的理论违背了热力学第二定律,我就敢说你没有指望了,你的理论只有丢尽脸,垮台。”

4.1.1 《道德经》的智慧

《道德经》里有一句话：天之道，损有余而补不足。人之道，则不然，损不足以奉有余。很多人简单地将其看成贫富分化问题，但实际上，这句话背后隐晦和热力学第二定律以及现代耗散结构理论相对应。

热力学第二定律有几种表述方式，最能说明本质的是熵表述：随时间进行，一个孤立体系中的熵总是不会减少。什么是熵？熵这个概念是由德国物理学家鲁道夫·克劳修斯所提出的，贴公式比较麻烦，简单点说吧，熵是组成系统的大量微观粒子无序度的量度，系统越无序、越混乱，熵就越大；系统越有序，熵就越小。

热力学第二定律指出：在一个不与外界发生物质和能量交换的孤立系统中，无论其初始条件和历史如何，它的一个状态函数熵会随时间的推移单调地增加，自发的朝着朝着均匀、无序、简单，趋向平衡态的方向演化，直到达到热力学平衡态。这实际上是一种退化的方向。

所以，在无外界干涉的情况下，把一滴红墨水放入一杯水中，最终整杯水会变红。一栋房子会随时间的流逝而最终倒塌，山峰会瓦解，行星最终会解体。

有序最终会变成无序，熵增的过程就是抹除差异性的过程。

因此，天之道，损有余而补不足。

但在另一方面，生物学描述的却是系统从无序到有序，由简单到复杂，由低级到高级，由无功到有功能的有组织的方向发展，这是一个进化的方向。同时，人类历史一再表明，人类可以在一座荒芜土地上，构建出一个巨大，繁荣，有序的城市。于是产生了一个克劳修斯和达尔文的矛盾，退化和进化的矛盾，似乎生物界包括人类社会遵循着与物理世界完全不同的规律，有着迥然不同的演化方向。

上面的矛盾最终由普利高津的耗散结构理论而得以解决。普利高津指出，要想维持一个系统的有序，系统必须开放，从外界引入负熵。

对于开放系统来说，熵(S)的变化则可以分为两部分，一部分是系统本身由于不可逆过程（例如热传导、扩散、化学反应等）引起的熵的增加，即熵产生（ $d_i s$ ），这一项永远是正的；另一部分是系统与外界交换物质和能量引起的熵流（ $d_e s$ ），这一项可正可负，整个系统熵的变化 $d s$ 就是这两项之和：

$$d s = d_e s + d_i s$$

根据熵增加原理， $d i s \geq 0$ (平衡态 $d i s = 0$) 而 $d e s$ 可以大于或小于零。如果 $d e s$ 小于零，其绝对值又大于 $d i s$ ，则

$$d s = d e s + d i s < 0$$

这表明只要从外界流入的负熵流足够大，就可以抵消系统自身的熵产生，使系统的总熵减少，逐步从无序向新的有序方向发展，形成并维持一个低熵的非平衡态的有序结构。这样，普利高津在不违反热力学第二定律的条件下，通过引入负熵流来抵消熵产生，说明了开放系统可能从混沌无序状态向新的有序状态转化，从而解决了克劳修斯和达尔文的矛盾

而“人之道，则不然，损不足以奉有余”，其背后的含义就是，在一定时空范围内，人类作为一种生物可以规避熵增原则，通过从外界引入负熵流（消耗外界的资源 and 能源），使得自身长时间保持高度有序，维持低熵状态存在，这是人类的生物学意义所在。

开放系统能够维持低熵的关键在于能够从外界引入负熵，但如果把系统扩大一点，把外部也包含进去，就会发现，新的大范围系统的总体熵是增加的，整体的无序度是增加的。

这个原理应用到生活中，所带来的结果比较残酷，说的直白一点就是：我们越是想让一个地方有序，就越是会导致总体的更加无序。我们付出的努力越多，使用的技术越高，所导致的总体无序程度就越大。比如清理垃圾，虽然我们面前的垃圾不见了，可运输垃圾和处理垃圾产生的消耗却增加了，这里还包括相关工具的制造耗费；再比如洗衣服，眼前的衣服虽然被我们洗干净了，可洗衣服所耗

用的水、电、洗衣机、化学洗涤剂以及污水的处理都随之增加。这种事例随时随刻存在于我们身边，总之，把一个地方弄干净，就会导致另一个地方变脏，而且，以现代人精益求精的标准，只会让更多的地方变脏。

4.1.2 负熵流和文明层次的跃进

熵概念的提出引导人类从一个全新的角度来看待文明的变迁。

通过熵可以区分有效能量和无效能量，有效能量在开发应用过程中不可逆地转化为无效能量，并同时增加外部世界的混乱无序度——熵！因此，即使能量守恒，文明也会发现，一定时空范围内，可用的能量似乎越来越少。为了维持低熵状态，追逐负熵流成了所有文明的本能。在文明扩张过程中，人类繁衍遵循指数式增长规律，相应地，负熵流也必须跟上步伐。

要满足指数式扩张所需要的负熵流，大致有两种方法，第一种是同层次量的扩张，农业文明负熵流主要来自于固定太阳能的粮食生产，因此，所有的早期农耕文明都把占据可耕地作为社会的核心使命。以中国文明为例，从黄河旁的小部落开始，逐步向外拓展，到唐朝中叶的时候，中国文明最终把东亚大陆上能够稳定产粮的绝大部分地盘占据了，文明迈上了顶峰。再比如煤炭的产量，英国从 1800 年的 1000 万吨，到 1850 年的 4980 万吨，再到 1870 年的 11200 万吨，蒸汽机和煤炭的指数式增长最终使得英国成为第一个全球性帝国。

第二种是引入新层次负熵流，文明总会受空间的限制，相应的，同层次负熵流的数量扩张总有极限，这时，必须找到新层次的可开发负熵流，否则，文明就会遇到不可逾越的台阶。19 世纪下半叶，煤炭的极限开始显露，一个很简单的事实：蒸汽机推重比太低，永远不能推动飞行器上天。幸运的是，新出现的石油和电力帮助地球文明跃迁到新的层次，大大拓展了人类的活动范围。

在工业革命以前，人类社会维持有序的外来负熵流主要来自太阳。通过农业活动，人类实现了太阳能的初步利用，获得了粮食，燃料和建材，使得人类社会能世代繁衍并逐步脱离蛮荒状态，建立起初等文明，这种农业文明，按照现在眼光开来，其实是很低级的，有序度不高。依靠这种对太阳能的初步利用和负熵流，农业社会可以维持很长时间。事实上，由于技术天花板的存在，各大农业文明的负熵流获取在很久以前就达到了极限，文明也随即陷入停滞。

农业文明的极限最终被瓦特改进的蒸汽机所打破。

站在 21 世纪的时间坐标点，回顾人类文明层次的变化，可以看出，通过农业活动来把太阳能转换成生物能，所提供的负熵流根本不能支撑如今的工业化社会。人类主要通过化石能源----过去数千万年沉淀下来的太阳能来提供负熵流，

第一次工业革命，人类大规模开采煤矿。资本主义所展示出来的生产力是过去农业社会所不能想象的。第二次工业革命，石油和电力（部分通过水力发电来实现）成了能源产业的核心，人类对能源的利用达到了一个全新的台阶，相应内燃机与电动机的开发和利用，让庞大的地球变成了一个小小的村庄。

节奏到第三次工业革命的时候戛然而止。平常所说的第三次工业革命，从能源供应和控制角度来讲，只能算是半次工业革命。

可能很多人会反驳，信息技术和生物技术在 1945 年后取得了很大进展。不错，20 世纪 50 年代后，信息技术取得了飞速进展，生物技术也有若干进步。但关键的能源技术上，很可惜，迈出了几小步，但之后一直没有突破性进展。

从能源的获取角度来说，裂变核反应堆被大规模推广开来，但从目前角度而言，根本不能取代传统的化石能源，在一次能源中占的比例很低，全球核电占一次能源比例中，世界各国平均水平是 5.8

<http://news.bjx.com.cn/html/20130812/451949-2.shtml>,

就单从发电量而言，核电比例甚至是逐步下降（过去 10 年，中国修了很多火电厂）

[http://zhidao.baidu.com/link?](http://zhidao.baidu.com/link?url=2FYeuRSooqxHgGTdFsX3wHxmQ53D5dgIAztcfqpKL6RQODkp-My_HUGiBEx2-9qmv83JpQssHAaNkn8dQvPCLK)

[url=2FYeuRSooqxHgGTdFsX3wHxmQ53D5dgIAztcfqpKL6RQODkp-My_HUGiBEx2-9qmv83JpQssHAaNkn8dQvPCLK](http://zhidao.baidu.com/link?url=2FYeuRSooqxHgGTdFsX3wHxmQ53D5dgIAztcfqpKL6RQODkp-My_HUGiBEx2-9qmv83JpQssHAaNkn8dQvPCLK)

从能源的转换和利用上而言，蒸汽机，内燃机和电动机依旧占据着主导地位。火箭发动机，航空发动机都是第二次工业革命巅峰的产物，1970 年后，改进逐步停滞，导致航天技术和航空技术差不多在以龟速前进。依靠现在的火箭发动机，登陆火星只是妄想。想象中的核发动机还是只能停留在科幻小说中。信息技术改进了能源的控制，提高了能源使用效率，但无法解决人类现在面临的根本问题-----新层次能源的来源和转换。

开发负熵流遇到了麻烦，时间一长，经济危机就不可避免了。不少学者认为，08 年金融危机的背后是高涨的能源价格。从 1947 年到 20 世纪末，除了 20 世纪 70~80 年代之间在中东地区发生的几次战争使其发生一次脉冲式波动外，国际原油价格一直趋于平稳。21 世纪以来，受美国房产泡泡和中国经济迅速增长的推动，国际原油价格一路攀升，2008 年 7 月 11 日纽约原油期货价格创下了 147.27 美元/桶的历史最高记录，高能源导致高通胀，高通胀导致高利率，泡沫随即破灭。

<http://img3.laibafile.cn/p/m/169066068.jpg>

从那以后，石油价格再也没有回到上个世纪末的低价，能源问题成了横亘在世界各国面前的拦路虎，欧债危机和中国经济放缓可以让能源价格暂时回落，但世

界经济若稍有大一点的增长，能源价格就会飙升。人类社会要想大步前进，跨上新的层次，外界必须能提供更多的廉价负熵流，否则的话，经济危机只会一波接一波，直到人类文明的各个子团体暂时达到一种平衡态。但不幸的是，农业社会的平衡态理论上可以维持到太阳的末日为止，现今工业社会的平衡态是一种建立在有限化石能源上的不稳定结构，不能长时间存在。

不跨越新的技术台阶，开发新层次的负熵流，人类的文明层次就不可能发生质的跃进。

4.2 科技树的主干和分叉

按照生物学家的分类，世界上有六大类生物。前三种是微生物，后三种依次是菌类、植物和动物。亿万年来，这六大生物一直在“共生进化”，且彼此交叉、缠绕，形成姿态万千的生态圈。

在凯文·凯利的《科技想要什么》一书中，提出了一种新观点：“技术元素”的演化过程，仿佛有自己的生命周期，从语言到符号、文本，再到印刷品、留声机、电视；从犁铧、刀斧，到水车、磨盘、唧筒，再到手工织机、蒸汽机、汽船和飞艇。“技术元素”已成为“第七个生命王国”。

技术元素——观念有机体——的进化与基因有机体相似，差异很小。二者有很多共同的特性：两种系统的进化都从简单到复杂，从一般到个别，从统一到多元，从个体主义到互利共生，从低效到高效，从缓慢变化到更大的可进化性。科技有机体随时间变化的过程符合一种与物种进化的系统树相似的模式。

换句话说，可以把人类的科技知识结构比喻成一棵树：科技树。那么，什么才是科技树的主干？个人认为，最少在当前这个层次，有效能源的获取，转换，控制和利用是科技树的主干。

农业社会持续了（停滞）几千年，如果单看农业社会，可能还看不出能源技术的至关重要性。但从蒸汽机开始，到内燃机，电动机，核反应堆，在这一过程中，整个世界逐渐融合成一个整体，人类文明开始大步前进，人口数量急剧增长，生活水平大幅提高，基础设施一日千里。过去曾经难以想象的百万人口大城市如雨后春笋般出现，千万人口的城市也日益增多。从文明层次上讲，人类社会的有序度在过去 200 多年里飞速提高。这一切的背后，都是通过大幅引入负熵流（有效能源）来实现的。

所以说，有效能源的获取，转换，控制和利用是工业文明的核心。

很多人会愤愤不平地反驳道，媒体天天报导，现今的世界是信息社会，信息技术才是科技树的主干。的确，IT 技术现在看上去红红火火，新概念，新名词重出不穷。但很遗憾，IT 技术只是科技树的一个比较大的分叉，而且，很有可能是让人类走入死胡同的一条分叉。

拿进化树来对比一下。

在生物学中，用进化树来表示物种之间的进化关系。生物分类学家和进化论者根据各类生物间的亲缘关系的远近，把各类生物安置在有分枝的树状的图表上，简明地表示生物的进化历程和亲缘关系。在进化树上，昆虫纲属于节肢动物门，哺乳动物纲属于脊椎动物亚门。

如果单纯从种类数量和形态数量上比较，昆虫毫无疑问占据压倒性优势，昆虫是地球上数量最多、最为成功的一类动物，种数占地球上整个生物物种的一半

以上，占动物总种数的四分之三。目前经科学描述的昆虫种数已超过 100 万种。从干燥炎热的沙漠，到冰天雪地的极地，它们在陆地上几乎无所不在。

<http://blog.sciencenet.cn/blog-39377-224247.html>

另一方面，根据百度搜索结果，学界估计有 5400 种哺乳动物，相比昆虫种类的数量，简直是微乎其微。

昆虫在进化的战术上可以说是非常成功，衍生出庞大的种类数目，很多昆虫特有的生物结构，确保昆虫适应了陆地上的所有环境，形态更是千变万化。

但从进化树的整体而言，昆虫无疑是失败的，进化树主干上注重进化的核心---大脑，而分枝上讲究种属的生存率。一旦走上歧途，再多的缤纷斑驳也掩盖不了一个苍白的事实，昆虫几亿年的演化，没有导致智慧性物种的出现，比如，蚂蚁和恐龙同时代，很早就过上了群居生活，但一亿年来，蚂蚁演化（不是进化）的结果还是蚂蚁，而人类已经崛起。可以想象一下，没有人类的大脑，铺满了昆虫的地球在宇宙中又有何意义？

相对于可控核聚变等技术的挫折，过去 40 年，IT 技术大爆发和大普及，导致摩尔定律变成了科技发展的代名词。但请注意，历史已经一再表明，文明生存效率的改进依赖的是能源技术的革命。IT 技术的大部分创新属于交流娱乐类，也许在文明不扩张的前提下能使人类更快乐，但建立在图灵机上的虚拟世界永远不可能重构真实世界。

4.3 永远的 50 年和可控核聚变

2010 年 6 月 17 日中国之声报导，中国能源网首席信息官韩晓平昨晚在接受中国之声《新闻纵

横》值班编辑采访时说：“不久前中国科学院工程热物理所近 80 岁的蔡睿贤院士跟我们讲，他说在他很小的时候，当时一些科学家就告诉他，50 年后人类就可以使用可控核聚变，但是 50 年过去了，他告诉我们，他最近问这些科学家还需要多少年？这些科学家依然跟他说需要 50 年的时间。”

“永远需要 50 年”，是关注可控核聚变人士的一个长久梦魇，而相关利益集团的噱头则是接二连三的朝公众泼冷水。

4.3.1 永动机之梦

在各个论坛发现一个现象，任何关于可控核聚变的报导，只要表面上看来有进展，立马会引来热烈的讨论，如果进展是别国取得的，一般是祝贺人类文明进入新纪元，顺便嘲讽石油国家马上要完蛋，如果是中国获得了突破，更不得了，满屏的强国梦和屠日灭美。

之所以对可控核聚变如此关注，是因为人类亘古以来就有一个梦：永动机的梦。

在很早的时代，即使没有对热力学定律有所认识，大众潜意识中都明白，万事万物的运行都需要动力。但所有动力都必须耗费一定的资源和金钱。某种意义上，大部分工业品的价格其实就是生产流通过程中能源凝固密度的反映。因此，如若能有自己动起来的机器，岂不美哉？王力雄在小说《永动机患者》中就写了一个朴素且执著的农民，他就是要造永动机，他相信，永动机开转之日，就是家乡人民脱贫之时。

如果用比较专业点的话来说，文明的进步在于从外部引入负熵流，而工业革命的本质就是开发出更大规模的廉价负熵流，实现文明层次的质变。

人工核聚变是人类历史上造出永动机的第三波努力。

第一波被热力学第一定律否决了，能量不能无中生有。

第二波被热力学第二定律否决了，能量不但讲量，还要讲质。

第三波就是人工核聚变这个准永动机，目前理论上似乎没问题，不可控核聚变也实现了，所以人类孜孜以求。

在 1973 年之前，人类文明根本没有考虑过能源方面的匮乏问题，因为技术的进展使得能源越来越多，越来越便宜。但阿拉伯石油禁运事件以及 1979 年的伊朗革命后，世界上多了一个词：石油危机。工业文明的指数式扩展，使得石油和能源不再廉价，每次石油危机都会导致一次经济危机。40 多年来，人类想尽了一切办法来摆脱这个魔咒，但进展不大。

前面已经讨论过新能源的噱头。常规能源中，首先看化石能源，即使是蕴藏量丰富的煤炭和天然气，面对中国这个工业化新贵的饕餮胃口，也支撑不了长久，更不要说污染问题。而裂变核能，即使考虑到增殖反应堆，地球资源也真心不多，不能彻底取代化石能源，而且核污染是殃及子孙数百代。

太阳能，地热能，风能，潮汐能和裂变核能都还有一个致命缺点，无法方便地转换为巨型动力！

科幻小说作家刘慈欣曾经抱怨，明明太阳系中有十万个地球的资源，结果人类却花费了数十倍航天经费的资源来保护一个地球的环境。事实是，谁都想开发太阳系，但要摆脱地球引力的束，化学燃料火箭却昂贵得过分。

依照宇宙资源的分布和人类当前的科技程度，可控核聚变是人类跨越技术台阶的不二选择。一方面，地球和宇宙中聚变资源到处都是，如果能够实现可控核聚变，人类获得了几乎无限的廉价负熵流，人类工业文明第一次能够长久持续下去，否则的话，人类文明耗尽化学能资源后，无法维持现今的水平，更不要说向外拓展。另一方面，采用基于可控核聚变产生的高温等离子体来推动宇宙飞船，理论上是可行的，开发太阳系不再是可望而不可及的梦想。

考虑到可控核聚变的美好前景，在过去的 50 多年中，可控核聚变虽然没有取得任何实质性的进展，但世界各国和科技界始终不敢放弃其上的研究，因为人类承担不起这个后果。

4.3.2 可控核聚变的难产和噱头

有一句老话：理想很美好，现实很残酷。可控核聚变已经研究了 50 多年了，人类科研历史上，可控核聚变的研发难度可以说是首屈一指。理论是没有问题的，人工不可控核聚变---氢弹也早就实现了，自然界中也有核聚变---太阳的燃烧。但在地球上搞可控核聚变真是达到几乎让人绝望的地步。

我初中时看报纸，说可控核聚变在 20 世纪末会实现，1999 年时，说再过 15 年，可控核聚变会商用，到了 2013 年，在网上搜索，据《自然》杂志报道，预计在 2019 年 ITER 核聚变装置将完成建设，比预期的要晚 1 年。而第一次 ITER 氘-氚聚变试验则计划在 2026 年进行，比 NIF 要晚 15 年左右。至于商用化，2050 年后再说吧。

在网上看到一位物理学博士如此评价可控核聚变：

二十年前刚大学毕业到美国留学，去普林斯顿大学的等离子研究中心，庞大的研究中心让我激动得不能呼吸。二十年后再去，还是那个样，什么实质性进展都没有。不知道花了多少亿美元了。

难点在什么地方？

除了太阳这样的巨大天体靠自身引力来实现核聚变外，在地面上搞核聚变最麻烦的反应条件就是——需要瞬间上亿度的高温才能引起核聚变反应（过去几十年的冷核聚变全部被证明是骗局，请见“瓶中的太阳”一书，是《科学》期刊一名记者写的，写尽了 50 年来可控核聚变的辛酸）。如此高的温度是用传统加热方法所无法达到的。人类研制氢弹时，用原子弹作为雷管来引爆氢弹！即通过原子弹引爆得到达到核聚变反应的温度，从而引起核聚变使得氢弹爆炸。但必须注意，氢弹是一锤子买卖，不能用来发电。

把粒子加热后，还有一个技术问题，几亿度的高温下，用什么容器来容纳反应材料，约束微观粒子把核聚变反应长时间持续下去？美国 NIF 走的技术路线是用激光来加热，惯性约束，另外一条技术路线托卡马克，采用磁场来约束。前看来，NIF 的路线基本是死胡同一道，除了忽悠经费和用于核武器试验外，不具备任何可实现意义。而托卡马克面临的问题也很多，包括杂质的处理，高温等离子体的 Great Disrupture，很多现在还没有任何理论上的解决方案，更不要说技术实现。（本文第三版和第二版中的帖子中，很多网友对此有过极其精彩的讨论，推荐大家看看）

长时间的失败和经费被砍的危险，逼得可控核聚变业界有意无意地配合新闻界编制一个接一个的噱头。最近两个报导在各大论坛很火，一个是国外的，一个是国内的。

继中国东方超环之后，美国 NIF 也首次实现输出能量超出输入能量(转载)

<http://bbs.tianya.cn/post-worldlook-897507-1.shtml>

中国核聚变装置突破极限一亿度高温持续 1000 秒 七年后将开建实验堆(转载)

<http://bbs.tianya.cn/post-worldlook-933852-1.shtml>

先看第一个报导，美国 NIF 也首次实现输出能量超出输入能量，

初看这个报导的时候，大吃一惊，难道真正的第三次工业革命要来了？来仔细看了该报导，注意其中最核心的一句话：

" 9 月底，美国利弗莫尔国家实验室的国家点火装置(National Ignition Facility)利用 192 束高能激光聚焦到氢燃料球上，创造高温高压以点燃核聚变反应。在试验中，反应释放出的能量超过了氢燃料球吸收的能量。

"

严格来说，该实验中心并没有说谎，反应释放的能量超过了氢燃料球吸收的能量。但所有的新闻报导都是欢呼：输出能量大于输入能量。

看似相似但稍有不同的概念，本质上却是大相径庭。请区分几个概念：整体投入能量，氢燃料球吸收的能量，反应释放的能量和外界获得的能量。

后来托南大同学到吴健雄图书馆查询 11 月最新出版的学术期刊，才明白这个新闻报导的噱头所在。具体数据记不起来了，但下面比喻的数量级大致还是对的。

整体投入能量是 1000，激光激发的 X 射线能量是 1，这个 X 射线辐射能“1”被氢燃料球所吸收，引起微型规模核聚变，释放出来的能力是 2，但这个 2 外界根本无法获取利用。所以真正的投入产出比是 1000:0。

但为什么新闻报导采用输出能量大于输入能量的标题，美国 NIF 中心却保持沉默？

其实查查发表时间就能明白其中奥妙：

"

美国核聚变国家点火装置（NIF）首次实现输出能量超出输入能量

"

2013年10月初美国发生了什么事？美国联邦政府和议会因为债务问题和年度预算吵架，最终导致美国联邦政府大部分机构关门。美国各个科研机构的经费被大砍特砍，比如NIH的经费大幅削减，导致很多生物科学家到国会山游行抗议。NIF几十年来搞核聚变，花了美国纳税人几百亿美元，基本没有什么大进展。在削减预算的背景下，如果不弄出个新闻，证明自己的工作有意义，NIF经费很大概率会被削减。

如果说新闻界在NIF的报导中采用的技巧是移花接木，那么中国的那个报导就是信口雌黄，纯粹以标题来忽悠人。大部分人都只看标题，不看实际内容，欢呼革命性突破。

实际情况是，标题内容是预期要取得的成果，根本不是现在取得的成果。可控核聚变在科研界以跳票而著称，放卫星都快放了半个世纪了，说7年后要取的某某成果，只是索要经费的一种技巧，到时如果做不出来，随便找个理由塞给政府部门就行了，反正这种事政府部门早就习以为常了，又不会当真。

4.4 理性思考:未来不一定会更好

很多网友对于笔者宣称的负熵流危机是不屑一顾，认为是“罗马俱乐部”的翻版。1972年，“罗马俱乐部”把成员的预言和推理过程写成了一本书，名叫《增长的极限—罗马俱乐部关于人类困境的报告》，他们预言，全球资源的枯竭将很快到来，煤炭只够使用40年，石油只够使用30年。除此之外，什么臭氧空洞、贫富分化、水资源污染、全球变暖等等都将在短则二三十年、长则不到一百年内爆发，而且个个都是能断送地球性命的绝症。

40多年过去了，人类文明马照跑、舞照跳，昂首迈入21世纪，似乎没有完蛋的迹象。“罗马俱乐部”的预言看上去错得离谱。那么，到底错在哪里呢？

经济的运行有两端：供给和需求。有学者对于其报告进行了梳理，发现该报告对于人类需求增长的大部分预测都是准确的。

<http://news.mydrivers.com/1/371/371608.htm>

但供给方面的预言过于保守，以静态的眼光看待资源问题。现在回过头来看，二战后的第三次科技革命当时正在如火如荼地进行，由于一系列新技术的产生，人类找到并开采了更多的矿产，而这些是罗马俱乐部当年无法想象的。这方面的典型例子是页岩油。借助信息技术的威力，页岩油的勘探和开采成本大幅下降，又逢新世纪中国需求推动石油价格高涨，美国08年后不断QE使得利率走低，页岩油行业变得有利可图，资本蜂拥而入，造成页岩油产量大增。

由于预言落空，罗马俱乐部上个世纪末就成了很多经济学家的嘲讽对象。21世纪初的时候，“知识经济”这个概念风靡一时，似乎人类找到了一条永恒增长之路。

40年前，罗马俱乐部低估了技术的进步，进入新世纪后，人类又高估了技术的进步。这方面的典型例子就是08年的金融危机。

现在说次贷危机是金融危机的导火索，那次贷危机又是什么引起的？正统的解释是把贷款给了没能力买房的人。那么，银行为什么愿意给贷？穷人为什么想到去贷款？原因很简单，之前20多年的IT技术革命和与之而来的长期经济增长，给了整个美国社会一个感觉：技术永恒进步，经济永恒增长，未来会比现在好。因

此，现在贷款错不了，未来肯定能还钱。买房的人多了，房价自然上涨，这又反过来让先贷款的人庆幸自己投资成功。但没有想到的是，中国的工业化造成新世纪的石油价格高涨，美国去工业化后又找不到新的增长点，高通货膨胀和高利率造成房贷泡沫破裂，进而造成 08 年的金融危机。

08 年后，全世界出台了不少刺激政策。虽然美国的低利率造成页岩油产量大增，但高石油价格一直维持到 14 年中期，直到欧债危机爆发，加上中国经济急剧放缓，石油价格才被拉下来。必须指出的是，现在的低石油价格只是针对前几年而言，如果和上世纪 90 年代末相比，现在仍然是高价（扣除通货膨胀影响后），因为页岩油等新型燃料的勘探开采需要高油价支撑。人类已经把容易开采的石油都开采了，新型地质条件的勘探是非常昂贵的游戏，新型油田的开采建设是周期长投资巨大的差事，相比页岩油，其它油源更难开采。这意味着从长期来看，尽管间或有波动，高油价时代会永久持续下去。

资水东流 总访问次数:

本文前面介绍了人类面临的技术窘境，第三次技术革命差不多到了尾声，技术的进步节奏已经明显慢了下来。因此，罗马俱乐部的悲观预言并没有被彻底解除，所谓的技术大爆炸更是一个噱头，是科技利益集团误导大众的结果。许多与笔者争辩的网友，在现实和网络上，都把技术进步看成是很简单的事情，比如说，某位网友曾经说：人类怎么可能困在太阳系内，曲率引擎一旦实现，马上可以跑遍全银河系。曲率引擎这个科幻小说中的概念，还没有任何理论基础，在很多人的

思维中，似乎已经是触手可及。可事实却很残酷，人类航天推进速度已经快 50 年没有任何稍大的进展。

如果说，个人思维太飞扬只是耽误个人，但整个文明都这样，后果就不堪设想。进入新世纪后，新能源上的一系列挫折已经在预示，未来很长一段时间内，高价格的化石能源依然是主流。文明的有序建立在廉价负熵流上，整个人类社会可能会经历一段痛苦的调整历程，确保能源消费步伐慢下来，才能达到可接受的平衡态。美国的低增长，欧洲和日本的货币贬值，中国的新常态，都是调整的一部分。

工业社会的人民，请祈祷印度，拉美，伊斯兰世界和非洲永远不要工业化，否则，平衡态在未来会被一次次地打破和重建！低熵体会越来越难以维持。

5 台阶前的坑：人类社会的宿命

第一版的初衷是用技术大停滞来解释为什么有发达国家粉碎机这种现象。现在看来，因为发达国家，尤其是美国，最先面对新的技术台阶而又无力越过这个台阶，而技术的扩散又侵蚀着领先者的优势。

一块水泥平地，中央放一个圆形漏斗，漏斗中灌了一些水，很显然，漏斗中的水会从下面流出来，向四周扩散，漏斗中的水越多，扩散得越快。要想保持漏斗中的水位不变，上头必须不停的有足够流量的活水注入，否则，漏斗中的水最终都会扩散出去，导致水泥地上各点的水位相同。西方要想保持技术优势，就必须不停的能够实现技术创新，保证“漏斗中有活水注入”。如果技术创新的脚步停下来，漏斗中的水位就会下降。而新世纪以来，美日欧撞上了技术台阶，面对中国的紧逼，日趋于窘迫。当然，就中长期来看，中国也会面临这个台阶。

现在问题是，从瓦特改进蒸汽机以来，工业文明跨越过一个又一个的技术门槛，为什么人类难以越过当前这个台阶？

拿日常生活中的跨越台阶来类比，首先，0.2m 高的台阶抬腿就过，但台阶如果有 2m 高，显然靠肉体力量过不去；其次，年轻时能过的台阶，老年时是难以逾越的障碍；甚至还有一种现象，前面跨越台阶太累了，先挖个坑躺下歇息一把，躺着躺着，人陷在坑里不愿意出来，面对眼前的新台阶一筹莫展。

200 多年的技术发展过程，总是从最容易的起步。就好比在苹果树上摘苹果，最容易发现，最好摘的苹果一定率先被人们收入囊中，然后再摘高一点的苹果，剩下来的，要么是处在人力难以企及的位置而无法采摘，要么就是不好的苹果，不值得采摘。上述这一过程正是技术复杂度上升的过程。三次技术革命后，人类社会面临的技术台阶，复杂度高得吓人。

具有讽刺意味的是，最初人类用农业社会的很多思维来发展工业文明，顺利的跨过了一个个台阶。发展起来的工业文明让众多农业文明一去不回，人类社会从一个个的孤岛汇集为一个全球村，期间有流血，有争斗，而人类社会为了避免内斗，痛定思痛，选择的很多制度和路径反过来把人类的双腿羁绊起来，让跨越愈发困难。

5.1 耗散结构理论的社会学意义

前面提到，人类文明的熵减过程可由普利高津的耗散结构理论来解释，那耗散结构得以成立的条件是什么？

普利高津通过从平衡态到近平衡态再到远离平衡态的研究，而后发现，在一个开放系统中，在从平衡态到近平衡态再到远离平衡态推进的过程中，当到达远离平衡态的非线性区时，一旦系统的某个参量变化达到一定的阈值，通过涨落，系统就可能发生突变，即非平衡相变，由原来的无序的混乱状态转变为一种时间、空间或功能有序的新的状态。这种有序状态需要不断地与外界交换物质和能量才能维持，并保持一定的稳定性，且不因外界微小的扰动而消失。这种远离平衡的非线性区形成的新的稳定的宏观的有序结构，普利高津称之为耗散结构。

两个关键词：非平衡态和非线性效应。

先看非线性效应，如果应用到社会学上，可以把非线性看成是不随大众，拒绝主流范式。

无论是个人，还是人类社会整体，都讨厌非线性，喜欢线性。线性好啊，可预测，没有突变，一切都在掌控中，就连学习数学知识，学生对于矩阵的热情也远超概率论。但历史一再表明，技术发明和工业革命往往都出乎意料之外。比如柯达对于数码相机的误判，再比如前苏联选择了电子管微小化技术道路，而集成电路芯片却异军突起。

回顾历史，在科学技术的早期阶段，小农经济或个体工匠在社会上还占有一点地位，相应的，个人研发占据主流，从宏观上讲，呈现出随机点分布的状态。但从 19 世纪晚期开始，情况发生了变化，垄断性企业开始出现，个人开始沦为打工仔，而随着科技复杂度和规模的提升，集体合作开始占据主流。二战后，绝大部分领域都依赖政府或者公司的资金，早期的 IT 技术（上世纪八九十年代）是最后一个单枪匹马也能干出成绩的领域。进入新世纪以来，政府或者大公司这样的集体

组织空前强大，个体的力量渺小可怜，专家委员会这样类似的组织在决定技术路线上有着绝对话语权。而集体做出的决策，遵循理性的意愿，往往更倾向于线性化选择，因为这是看上去风险最小的道路。但这样选择的结果，往往是加强范式

牢笼，而不是打破范式牢笼。

一位网友指出，曾经有位学者去研究美洲的印第安人的部落消亡之谜，他发现，有个部落幸存了下来。其他的部落，他们的狩猎习惯是，每次由经验最丰富的猎人，决定狩猎线路，很显然，这是一种符合理性的选择，但是，这些部落，统统灭亡了。而幸存下来的那个部落，他们的狩猎习惯是，每次由祭司占卜，决定狩猎线路，只有这个部落幸存了下来。

其实，我们现在的科研制度，科研经费的应用，也和那些消亡的部落是一样的，由最权威的科学家来制订科研线路，分配科研经费，这个估计是我们的科技走向灭亡的根本原因。我们需要的是，象印第安人的祭司一样，用抛硬币的随机方法，来分配科研经费，来决定科研方向，来制订科研线路。这样，很多真正搞科研的人，他们的项目才能保存下来。要不然，我们的科技只能走向停滞。

5.2 大竞争环境的消失

现今媒体上常常提到一句话，这是一个竞争激烈的社会。但事实是，和历史相比，如今的竞争烈度是小巫见大巫。

由于农业社会很早就进入了技术革命的停滞状态，在工业文明兴起之前，世界各个文明的生活节奏很慢，和现代的快节奏生活相比，似乎谈不上什么竞争。但在慢悠悠的生活之后，其血腥和残酷程度不是现代人能想象的。虽然由于技术天花板的存在，没有现代丰富多彩的杀人机器，但工业文明之前，国家层面上是彻底的弱肉强食和种族灭绝。这种习惯浸透在社会的每一个层面，进入工业文明的早期，人类社会的这种旧俗使得大炮巨舰主义变成了各个主权国家的神圣准则，战争若有失败，割地赔款随之而来，小国更是唯有任人宰割。因此，每个国家倾尽全力来占据技术的制高点。到了 20 世纪上半叶，两次世界大战更是把社会达尔文主义发扬得淋漓尽致。

冷战期间，意识形态和地缘政治利益的双重对立，迫使美苏两国都紧盯对方，不敢稍有懈怠。任何一方都不敢让对方在某一领域占据绝对优势，天文数字般的金钱投入到各个技术领域。你有载人航天，我就来登月；你有 F-15，我就要造 su-27。。。

而冷战后又怎样？全世界范围内，一系列的条约和国际协定，让武力对抗烈度急剧下降，全世界范围内，经济竞争大致替代了军备竞赛，即使中国也从来没有觉得非要和美国来场第三次世界大战。除了朝鲜这样的奇葩，没有国家会在内部整天宣扬“努力吧，我们现在处于生死攸关的时刻”。就个人层面而言，工业文明之前和工业文明的早期，大部分人都是一日不劳作，就一日不得食，底层陷入了一种围绕勤劳的军备竞赛。个体勤劳程度差上一筹，温饱都有问题，更不要说娶妻生子。二战后的世界，生产力大幅提升，人权概念开始普及，八小时工作制逐渐推广。在大部分国家，个体基本已经摆脱了动物般的求食-劳作循环，懒汉现象越来越普遍。至于尚武精神，早就被绝大部分国家抛到九霄云外，现在流行的是萌和娘化。

但历史一再证明，竞争孕育着进步。特别是进入 20 世纪以后，研发成了一种耗时耗钱的事业，资本就本性而言，是不愿意干这种累活的，唯有竞争，才能逼迫资本去投资一些利在千秋的研发工作。因此，世界大战是技术革命最好的催化剂，军备竞赛是和平年代最大的技术助力。

第二次世界大战期间，全世界对技术的巨大投入，把技术复杂度提升到一个二战前不敢想象的地步，其中更是榨干了德意志民族的精华。最典型的是原子弹，美国在其上投入的经费在现在看来是一个天文数字，仅为制造分离同位素铀

的所用装置的电磁线圈，所动用的美国国库的白银和银币就达 1.4 万吨！这在 21 世纪看来是一种自杀行为，但二战的压力使得美国政府咬牙撑了下来。二战的成果包括材料技术，电子计算机，雷达，核技术，喷气式飞机和火箭技术，直到今天，人类还未脱离二战所开辟的技术道路。

而二战后的美苏军备竞赛，巨额经费不计成本的投入，是 1945-1969 这 25 年技术大进步的一个直接原因。要知道，阿波罗登月计划的高峰期间，NASA 经费占据了美国年度预算的 5%（现在是 0.5%），阿波罗计划的整体经费换算到今天接近一万亿美元！但现在大竞争环境基本上不可能再出现，世界大战就不要想了，在核武年代，大国之间不可能出现大规模战争，而随着苏联的解体，美国也失去了军备竞赛的动力。鉴于苏联失败的原因，中国估计也不会倾全国之力来和西方对抗，中国更擅长的是采用水磨方式来和西方竞争，比如购买美国的巨额国债，绝对不会采用前苏联的硬碰硬模式。另外笔者怀疑，即使政府想军备竞赛，现在的普罗大众也会事不关己高高挂起。

也许，只有出现小说《三体》中外星人入侵的情况，人类社会才会再现二战和冷战中的研发热潮。

5.3 被全球化抹掉的差异性和人类社会的热力学平衡

生命就物质性而言，是一种典型的耗散结构，是大自然的一次非线性突变。而文明的诞生，更是熵增环境下的一次异变。人类文明，本质上是一种更高层次的耗散结构。

前面提到耗散结构得以维持的一大关键是非平衡态。平衡态是系统信息全被抹去的状态。而过去 100 多年来，整个人类的变化只能用翻天覆地来形容，而且这种变化很奇怪，世界各地的人类社会正在变得越来越相似！

在第二次工业革命之前，世界各地的差异非常大，伊斯兰，印度，儒家，西方，东正教，非洲各大区域之间的差异很大，用现在的眼光来看，简直是完全不同的世界，即使同一文明区域内部，差异也很大，如同在欧洲，德国西班牙的风格与气质有很大的区别，这一点，可以从小说，绘画等艺术作品中体验到。再以中国为例，100 多年前，江南和西北的民俗，时尚与社会观念大相径庭。

但在第二次工业革命之后，交通和通信的便利正在使得全球趋于一致，同样的工业化产品，同样的交通通信设施和法规，同样的理工科教程，越来越一样的教育体系和艺术评价观念。好莱坞的一部电影，可能会在全球激起同样的票房热潮，一部关于非洲荒野的纪录片，可能在全球 100 多个国家或地区得到播放。若有突发新闻，第二天，所有报纸的头条会一致。

这种变化在冷战结束后愈发明显。原本世界上还存在两极对立，两套科研体系，但苏联解体后，美式标准成了默认的唯一成功体系。以学术界为例，不遵循科学共同体要求的异议者，连发表论文的权利都没有。进入新世纪，互联网和全球化热潮汹涌，信息交流空前方便，全世界思维模式和社会结构越来越趋同，如果采用熵的类比，就是人类社会正在朝着“热力学平衡”狂奔。

这种结构的改变，绝对会影响到科技创新。

在生物学界存在一种观点，多样性可以对抗病原体。自然界中的任何一种病毒，都不可能完全把人类杀死，因为个体免疫系统多种多样，总有人可以逃脱一劫，并把这种免疫能力遗传给下一代。<http://blog.sciencenet.cn/blog-290052>

范式牢笼就是一种病毒，多样性则是人类打破范式牢笼的希望。科技创新不是一个线性过程，不是领导能够规划出来，更不是靠钱就能堆出来，需要的是众多瞬间的灵感。全球化和信息技术的普及，导致大众观念慢慢趋同，而差异性在某些情况下至关重要。比如，中国人看了几千年的伏羲八卦，只是用于算命，但莱布尼茨却从中看到了二进制。

以前看遗传算法相关论文，论文中说遗传算法相对于牛顿求导法的一大优势就是依靠随机性，能挑出局部最优点这个坑，找到全局最优点。政府和大众希望大师能指出前进的方向，但可悲的是，在如今这个年代，大师们的观念往往很多时候也是类似的，如果陷入到“局部最优点”这个坑，可能再也跳不出来！

整体而言，人类极有可能陷入了科技树上的某条死路！

5.4 老龄化自锁

现今世界有一个人类历史上未曾出现过的现象：全世界范围内，大部分国家生育率都在稳步下降。与此同时，医疗技术普及，老龄人口急剧增加。二者合力，据预测，到 2050 年，世界上老年人的数目将在历史上首次超过年轻人的数目。而且，1998 年较发达国家已经发生了这种年轻人和老年人的相对比例的历史性扭转。。。今天，世界的中位数年龄为 26 岁。人口最年轻的国家是也门，其中位数年龄为 15 岁，最年长的国家是日本，其中位数年龄是 41 岁。到 2050 年，预期世界中位数年龄将会增多十岁，到达 36 岁。届时，人口最年轻的国家预期将是尼日尔，其中位数年龄为 20 岁，预期最老的国家是西班牙，其中位数年龄为 55 岁。
<http://www.un.org/chinese/esa/ageing/trends.htm>

人口老龄化在 20 年前开始是西方世界政治和经济所面临的一个头疼议题，而近年来，中国也开始感受到这股压力。除了中国的奇葩媒体还在鼓吹老龄化的好处，西方纷纷把老龄化当成是一件生死攸关的大事。原因很简单：任何危机和动荡，如果没有足够的年轻人去消化，就会变成长久衰退。就像一个人年轻的时候，两三天不睡觉也撑得住，换一个 70 岁的老人，立刻呜呼哀哉。

在欧日美，二战结束后的六七十年代婴儿潮现在已经转变成老龄潮（美国情况相对好一些），欧洲的福利压力和移民问题很大程度上就是因为人口老龄化带来的压力。希腊债务危机中，希腊为什么迟迟不敢违约？一个老龄化国家没有勇气和资源从产业链底层开始吃苦上爬。

而日本作为一个拒绝移民的国家，其老龄化图景可能是未来地球的样本。日本的经济状况已经实实在在地验证了人口老龄化对经济的打击。由于人口老龄化，内部需求萎缩，日本经济在体系上呈现某种暮气，如果观看过很多日本的 NHK 纪录片就可以感受到老龄化对日本经济的影响和制约。人口年龄结构的老龄化，带来了消费的结构收缩、福利压力和创造力下降的格局。日本被韩国和中国碾压的一个重要因素就是人口年龄老化，使得企业在决策和管理上的僵化，日本企业缺乏二战后初期的那种国家朝气。

从深层次分析，老龄化对于技术进步的负面影响有如下几点：

人在青少年时期，通常会有很多奇思妙想，往往会盼望着把日常看到的一些概念具现化。以技术领域为例，机器猫的时空门，超人的射线，星球大战中的激光剑，都曾经是儿时倾尽全力也要拥有的装备。当然，随着年龄的增长和阅历的积

累，特别是工作以后，人就会变得现实起来，好工作，好伴侣和好身体成了新的梦想。至于儿时的梦想，偶尔午夜会自嘲一下。等到垂垂老矣，也就无欲无求了。

个人是社会的细胞，而对于人类社会整体，早期工业文明的发展也激发过类似的梦想，并激励着社会去为此奋斗。星际旅行，时空穿梭是二战后一代科幻作家的最爱，无论东方西方，社会都洋溢着改天换地的乐观主义精神。但随着老龄化的到来，西方社会开始日渐保守，养老金问题成了媒体和政治辩论的焦点，登录火星？那是财政自杀！

另一方面，心理学研究表明，绝大部分老年人更趋于保守。大部分老年人厌恶冒险，都不喜欢竞争，喜欢一成不变。对于老年人，未来意义不大，过好当下的生活是最重要的。社会资源盘子中，老年人更倾向于维持或扩大自己的份额，偏偏老齡人在话语权和人身关系上占据优势。以前的社会，老齡人在数量上还不占优势，在未来的老龄化社会，老齡人甚至在数量上都压倒年轻人。

在工业文明崛起之前，世界上不可能有老龄化社会。工业文明崛起后，人类社会进入了一种新范式，二战后更是享乐主义流行，快节奏生活使得全世界的生育率下降。所以，工业化文明遇到了自己创造的一把锁，而且是一把很牢固的锁。个体都是自私的，一个不容回避的残酷真相：人老后，个体活久一点超过了虚无缥缈的可控核聚变。在投票权日益重要的世界，星辰大海可能永远是一个幻想。

5.5 如何填坑？

三次技术革命后，人类开始遇到复杂度这个魔鬼。要越过新的技术台阶，以前的很多推动技术变革的有益因素必须保留下来。

在享乐主义流行的世界，社会机制和思维必须改变，比如废除养老金机制，避免养老问题上的公地悲剧，确保一个妇女生育两个孩子，不要让老龄化社会转变为深度老龄化社会。不能以减少资源消耗的角度来看待新生人口的减少，长期来看，那没有任何意义，农业社会人均消耗资源少，但社会更凄惨。天行健，君子以自强不息，年轻人创造性推动的技术进步，能带来新的负熵流和资源增量。

以统一思维模式为特点的全球化必须停止，人类文明需要百花齐放。鼓励成立相互对峙的科学共同体，容忍那些看似荒谬的学术观点，并鼓励竞争团队揭露对方的噱头。中国可能需要摆脱“搭便车”的思维，欧美的窘境在中长期来看，并非中国之福。中国建立一套不同于西方的研发体系，是人类之幸，也是华夏之幸。

由于人类率先摘取的是那些“低垂的苹果”，不少领域以现在看来不算多的投入就取得了很大的成就，不知从什么时候开始，大部分人想当然的认为“知其然就能造其然”，这也是各种噱头大肆横行的根本原因。必须向大众表明，很多领域，可能要付出极大的努力才能实现“利其然”。唯有如此，才能保证有持续合理的社会资源被投入到研发领域。要知道，人类历史有数不胜数的例子表明，期望越大，极容易导致失望越大，并引发非理性的反扑！早期的很多技术研发，相对成本较小，由于不依赖公共资金的投入，个体的坚持不懈确保了“阳光总在风雨后”。人类社会可能需要在某种程度上恢复早期的这种研发体制，可以大范围鼓励富翁遗产设立基金，依照其遗愿专门资助某一领域的研发，减轻对公共资金的依赖。千百个富翁，就是千百种思维。

6 台阶的本质：复杂度魔鬼

人是复杂性的产物，但天性喜欢简单线性的东西。世间所赞叹的那些理论，如欧式几何，牛顿力学、电磁学和广义相对论，其数学形式上都简洁明了。这种风气甚至影响到其它领域，比如经济学。很多经济学理论都明显带有牛顿体系的样式，几条基本“公理”，能推导出一个庞大的体系。这种还原论思想在科学领域根深蒂固，在过去 200 多年也取得了巨大的成绩。但不幸的是，采用理想模型，这些理论对于简单系统很适用，如果系统稍微复杂点，比如天体力学中的三体问题（三个质量相近的天体运动），情况会变得完全不同，很小的扰动，数学解就会千差万别。人类逐渐认识到，课本上“现实世界简单性”的观念只是一种理想，几乎所有的领域都普遍存在着复杂性现象。混沌理论的研究甚至表明，甚至很简单的数学方程，比如

$$x(n+1)=1-ax(n)^2:$$

在参量空间扰动下都会产生极其复杂的混沌现象。

最近几十年的前沿研究表明，还原论在很多领域都遭遇到了困境，比如生物学领域，天量般的大分子之间的相互作用不可能再走还原论老路，而在湍流，等离子体，气候等领域，复杂性现象让相关基础理论研究裹足不前。

前面提到了进化树和科技树，生物的进化大致遵循“物竞天择，适者生存”这个规律，那么，科技树的演化遵循什么规律？考察近代历史，在研发团队化的今天，剔除若干偶然性现象，“资本回报预期”是一个关键。

在技术的早期发展过程中，人类的发明主要出于直觉和好奇心，很多技术产品看上去都带有“简洁为美”的风格，比如轮子、天平、单摆和弓箭。但即使是这些现代看来很简单的发明，也并不是所有文明都跨越了此门槛，典型如玛雅文明，几千年的历史都没有发明轮子。

在文明的演化过程中，简单技术综合起来，构成一个稍微复杂的技术，大大提高了人类工作的效率，典型例子如马车，帆船。在此过程中，各种技术相互关联，相互影响，部分产品的复杂度让现代人也倍感惊讶。比如罗马帝国鼎盛时期的渠道供水系统。在此阶段，由于传承关联和资源禀赋，各个文明的技术成就开始分化，很多文明所取得的技术成就，其他文明甚至在数百年之后都无法复制，比如造纸术，西方就是在接触了成品之后都无法弄明白其技术原理。原因很简单，早期造纸术涉及的步骤很复杂，包括水浸、切碎、洗涤、蒸煮、漂洗、舂捣、加水配成悬浮的浆液、捞取纸浆、干燥等一系列流程，中国文明由于蔡伦的随机扰动成功跨越门槛，其它文明没有此运气。

进入工业时代后，在理论的指导下，人类尝试着简化单个部件模型，在此基础上构造更复杂的技术，比如蒸汽机，内燃机，推动文明向前发展。200 多年来，复杂技术系统不断涌现，有日常生活离不开的机器设备的实物，也有让全球文明凝聚的信息系统和规则。技术在复杂化的道路上越走越远。今天的很多技术产品，比如波音 747 喷气式飞机，包含数百万个零部件，操作维护说明相关文档可以堆满一间房。再比如 Windows 操作系统，数千万行的代码，单个个体已经无法理解这样的复杂度，必须采用分工合作等方式才能设计制造这样的技术产品。

复杂度发展到现今这个阶段后，技术进步所涉及的理论太复杂，技术实施复杂度或者超出了人类能力范围，或者所要耗费的成本太高，预期回报时间太长，人类暂时已经无力再前进。

在一个人人为己，资本为王的时代，技术造就了一个扼杀自己的高复杂度台阶。

6.1 何为复杂度？

很多程序员网友看到复杂度这个词，估计下意识会想到时间复杂度和空间复杂度，脑子里进而涌现出 $O(N)$ 或者 $O(N\log N)$ 这样的表达式。但复杂度的含义绝对不限于计算机领域，事实上，复杂度是一个很难精确定义的概念。学者提出了各种不同的定义，《科技想要什么》一书中提到有 42 种定义：

在信息理论中，可以把复杂度理解为接收者处理信息量需要付出的努力。

在分形理论中，复杂度表示系统的“模糊状况”。

在语法学中，复杂度是描述一个系统所需要的语言的普遍性程度。

。。。。

大量的定义，反而使得复杂度这个概念复杂起来。即使针对技术领域，也存在大量的定义，比如，国际贸易方面就提出了 EXPY 指数来衡量出口产品的技术复杂度。但就技术演化而言，本文提出的技术复杂度（强调下，不是科学复杂度）可以这么理解：验证和设计一个产品所需要的各层次人力资源量和技术部门的配合程度。

早期人类社会的技术复杂度很低，大部分技术产品的创造来自于对于自然界的一种简单模仿和利用。比如木质标枪，原始人类最初是从折断的部分树枝联想到可以利用其锐性，但树枝的折断界面具有某种随机性。为了生存，人类开始想到可以把不具有锐性的界面改造成具有锐性，借助最原始的石斧，木质标枪因此诞生。这种原始标枪的制造不需要太多的脑力和体力，只需要最基本的工具，单个个体可以在比较短的时间内完成。

技术有个特点，和生物进化类似，诞生后就具有自我发展性。出于各种目的，人类开始改进最初的低复杂度产品。仍然以木质标枪为例，为了更进一步提高锐性和杀伤力，各种各样的措施被人类发明出来。比如加装尾翼提高稳定性；把标头部分进行碳化处理；改用金属材料提高杀伤力。改进的过程意味着复杂度大幅提高，个体已经不可能在较短时间内制作出来，需要外界投入更多的人力物力。技术的相互关联和相互嵌入，虽然提高了复杂度，但大大提高了人类的能力，因此，人类有动力持续加以改进。尤其是工业革命后，资本活跃起来，让人类的技术复杂度以指数级展开来。一方面，广度上，很多看上去普通的技术产品，比如自行车，其背后涉及的工业部门可能多达几十个，勘探，采矿，冶炼，铸造，机械和化工，现在没有任何人能单个从零开始做出和流水线媲美的自行车。至于像土星五号火箭这样的巨无霸，可能需要整个地球的产业链来支撑。在深度上，单个技术产品的原理已经不是靠工匠的经验所能支撑，很多技术产品，需要的科学家和理论计算超过一线制作人员，比如喷气式飞机和航母。很多技术产品的原理设计已经逼近经典理论极限，比如 INTEL 的最新 CPU。

日益升级的技术复杂度，终于造就了一种奇怪现象：资本推动了技术复杂度的升级，但最终厌恶现今的高技术复杂度。技术及其复杂度，一如人类和自己身上的肌肉，肌肉的收缩提供动力，推动人类向前运动，一般情况下，肌肉越多，人跑的越快，但随着肌肉的增加，肌肉本身要花费更大的能量来推动自身向前，跑步速度会开始下降，如果找不到优化肌肉的新方法，最终会出现一种情况：一

个超级大胖子，再也不能向前迈动一步。

6.2 纷繁世界背后的两条规则：适者生存和资本回报预期

相信很多人年幼的时候都有过疑问，为什么世界上有这么多千奇百怪的生物？从大洋深处数百吨重的蓝鲸，到丛林中的毒蝎；从翱翔天际的雄鹰，到寄生于人体内的蛔虫，如此缤纷多彩的生物种类怎么来的？而另一方面，人类很早就观察到，生物的生存能力让人叹为观止，举一个例子，在美国死谷（Death Valley）的盐湖里，那里的水可以瞎眼伤皮，但是其中却滋生了小虫。在酷热荒芜的沙漠里，无数小生物全靠黄昏的露水而活下来。这些生物生存的本能和力量叫人惊叹不已。

工业革命之前的世界，把生物界的奇迹归功于上帝的设计。从 18 世纪开始，理性主义开始得到知识界的推崇，很多人开始在上帝之外试图回答这个问题。而达尔文的进化理论是其中最成功的。当达尔文寰球考察的时候，他发现很多看似不同的物种有着同样的祖先，而后来，他又接触到马尔萨斯的繁殖和竞争概念。因此，“物竞天择，适者生存”这一理论开始萌芽，在《物种起源》一书中，达尔文正式提出了进化学说。

生物永恒出于竞争之中，每种生物在繁殖下一代时，都会出现基因的变异。若这种变异是有利于这种生物更好的生活的，或者说具备竞争优势，那么这种有利变异就会通过环境的筛选，以“适者生存”的方式保留下来。因此，源自同一祖先的生物，在不同环境下，不同的基因变异被保留下来，日积月累，后代看上去就成了两种不同的生物。

纷繁多彩的生物进化树，就动力学机制就在于简单的随机变异和“适者生存”四个字。

现代世界所构建起来的庞大科技树，其背后的演化机制也很简单----资本回报预期。

技术的演化和生物的进化有不同之处，比如说，人类自由意识的影响，也有很多类似之处。一方面，二者都不可能脱离前代基础，也就是说，完全全新的生物和技术都不可能存在，另一方面，二者都受基本物理法则所支配。很神奇的是，二者都能通过“交配”来产生新一代。

在早期的技术研发阶段，除了利益回报之外，个人的智慧和好奇心也是一个重要的机制。但从 19 世纪晚期开始，情况发生了变化。随着科技复杂度和规模的提升，个人天赋的比重开始下降，像爱因斯坦那样一个人就可以开创一个全新领域的例子越来越少。与之相反的是，职业化，集体化和工程化开始普及。从爱迪生建立实验室，到后来的贝尔实验室，各种各样的实验室如雨后春笋般建立。这一转变到了二战中达到了巅峰，原子弹，导弹和计算机就是大规模政府投入后才发明的。二战后的技术研发，主要依靠集体（公司或国家）的力量，或者说，技术研发要看资本的脸色。

二战后的技术演化过程中，不同种类的技术相互关联和嵌入，形成各种各样的新技术。但新技术是否能推广开来，不在于新技术是否炫酷，而在于资本预期是否能从中牟利。比如说，ATM（Asynchronous Transfer Mode 异步传输模式的缩写）技术是一种建立在传统电路交换基础上的数据传输技术，在上个世纪 90 年代初很火，早期也受各大电信公司的欢迎。但 ATM 技术最终败给了 IP 技术，原因很简单，IP 技术虽然有众多缺点，可以在现有网络上就能运行起来，费用低廉；而 ATM 技术的部署成本太高，操作也很复杂，预期要投入天文数字般的经费后才能运营，资本最终做出选择，IP 技术完胜。

在一个资本统治的世界，任何技术创新都必须满足资本的回报要求。在研究公司间竞争状况时，克里斯坦森提出过影响深远的颠覆创新和维持性创新概念。而就技术本身而言，创新可以分为三大类：

<http://www.hbrchina.org/2015-07-21/3188.html>

性能提升型创新，效率提升型创新和市场创造型创新。

性能提升型创新体现为新产品替代旧产品。一般情况下，此类创新产生的新工作岗位十分有限，因为新产品是替代性的，一旦消费者购买了新产品，就不会再购买旧产品，比如购买了一辆丰田普锐斯后，你不会再去买一辆凯美瑞。在《创新者的解答》中，克里斯坦森将这种创新称为维持性创新，所有成功的传统公司都会试图不断复制此类创新，因此会为其配置大量资源。

效率提升型创新是帮助公司以更低的成本制造成熟产品或服务，以使用更低价格出售给原有客户。效率提升型创新有两个重要的作用，一是提高生产效率，这对保持竞争优势至关重要，但会带来痛苦的副作用：削减工作岗位；二是释放资本，使其运转更高效。丰田的生产系统让公司原本两年的库存周期骤减为两个月，帮助公司释放了大量资金。

市场创造型创新则是通过对复杂或昂贵产品进行革命性的改进，吸引新的消费者群体，创造出全新的市场。计算机的发展是此类创新的代表。最初大型机造价高达几十万美元，且仅供一小批专业人士使用；个人电脑则将价格降至 2000 美元，使消费者群体扩充至几百万人；现在智能手机只要 200 美元，从而将消费者群体扩充至全球数十亿人。

资本通常喜欢前两类创新，因为资本厌恶风险，而前两类创新是在已有基础上进行改进，风险较小。相比之下，市场创建型创新就没有这样的投资吸引力。因为这类创新的投资回收期需要 5 到 10 年，而效率提升型创新只要 1 到 2 年就能见效。更糟糕的是，前者需要大量资本才能形成规模；而后者则会减少公司资本规模。

现在技术创新面临的问题就是，在一个技术复杂度日趋高涨的年代，市场创建型创新的吸引力愈发下降。过去的低复杂度世界，个别资本还能聚焦长远，以便实现对竞争对手的颠覆。而在现今这个年代，很多技术路线的探索可能需要大量时间和巨额资本，风险超高，预期回报也不明朗，资本自然敬谢不敏。也许，这是命中注定的“资本主义的窘境”。

最后说下，生物进化和技术演化都有违背基本规则的例外。比如说，宠物狗的很多形态根本没有任何独立生存能力，但人类干涉后，人类的情感需求催生了各种稀奇古怪的宠物狗种类。同样，资本也咬牙接受了冷战中的军备竞赛。

6.3 技术进步和技术革命：复杂度的变迁

当人类把低垂的“线性果实”摘光后，撞上了非线性/高复杂度台阶。

6.3.1 运输/动力系统的演进例子

人类最初的动力来源是自身肌肉，运输，狩猎，种植，采集和灌溉这些体力活都是依靠自身完成的。对于原始人类而言，这一条动力来源道路方便简洁。但很遗憾，作为万物之灵，造物主赋予了人类较多的灵巧性，但在体力上远不如牛马。依靠自身力量，人类能完成的工作很有限。比如，春耕时，如果靠人力来翻地，效率不到牛的一个零头。

在文明进化过程中，人类逐步从自身体力转向利用畜力，因为这是一种符合经验直观的技术道路。这一过程对原始人类来说是比较麻烦的，首先，必须进行

牲畜驯服工作，而后，采集草料，建造棚舍，而为了更好的进行动力转，人类逐步发明了轮子，犁具，马鞍，轡头。相比于原来人类的双手，现在的复杂度已经大大提高，专业分工开始出现。但技术改进带来的好处开始涌现，依靠畜力的初级应用，人类的生产力有了本质性的提高。

人类并不满足于此，开始把畜力用于交通系统。

世上本没有路，走的人多了，就有了路。在畜力出现后，为了减少能量损耗，促进货物流通，马拉车逐渐普及开来。于是，必须造专门的道路来供马车驰骋。要修路，即使是简单的土路，也需要有人进行管理，有人提供工具，有人规划进度和细节，有人负责造桥，而马车本身，其复杂度也不是其它日常用品能比拟的，包括精密配合的轴承，方便的转向构件，初级减震设计，马匹控制系统等等，可以这么说，一个马车运输系统所涉及的复杂度，是大部分农业工作的几十倍，上百倍都不止。反映在宏观层面上，大部分文明在演进过程中，都设立了专门的机构来维持马车/马匹系统的再循环。

古典文明时期，人类为什么愿意维持这样高复杂度的系统？因为其带来的好处是原始人类所不能想象的。

在原始社会时期，人类可以通过锻炼来增强体力，通过改进箩筐来减轻肩膀的磨损，但当任务发生数量级变化时，不可能依靠个体肌肉力量的聚合来完成畜力系统（尤其是马车系统）所能完成的工作。最浅显的事实：在原始社会时期，不可能依靠人力挑动箩筐或推动手推车，在可承受的开销之内，把谷物运到千里之外，就是人数再多，再怎么改进箩筐和手推车也没用。因为人本身的单位时间消耗摆在那里。

畜力替代人力，是一场技术革命，其效果不是个体体力范围内的任何技术改进所能达到的。

畜力系统兴起之后，直到 18 世纪末之前，数千年的时间内，占据着人类动力运用方式的主流。在这期间，人类进行了大量的技术改进，复杂度稳步上升。以马车系统为例，车厢变大，座位越来越舒适，装饰越来越精美，但必须指出的是，马车系统的核心没有得到太大的改进，也就是说，马车的动力并没有持续提高。

在长期演进过程中，无论战争还是商用，东西方的马车，有一匹马拉，有二匹马拉，四匹马拉，有八匹马拉。但马匹的数量并不能持续增长下去，也就是说，超过一定限度之后，不能依靠增加马的数量来换取动力的增长。

有人可能觉得比较奇怪，多加几匹马为什么不能导致动力的增长？

很简单，即使在现代工业也无法保证一个复杂多路动力系统输出功率能完美叠加。实践中，马匹数量增加之后，系统复杂度增加，控制系统不可能保证所有马的动力同时同方向，到了一定规模之后，相互之间抵消得越来越多，而另外一方面，马匹增加了，马的保养和草料负担也增加了。增加马匹后，如果马场系统增加的动力不能抵消掉开销的增加，那么增加马匹在经济上是亏本的事。

因此，诸多文明在马车系统上最终的演进都一致，在达到一定规模后，不再增加马匹，而这一模式保持了数千年之久。

瓦特改进蒸汽机后，1814 年，史蒂芬孙根据蒸汽机原理，研究出世界上最早的可以在铁路上行驶的蒸汽机车，但它像初生的婴儿一样，丑陋笨重，走得很吃力，像个病魔缠身的怪物。

相对于已有的马车系统，蒸汽驱动的机车劣势很明显，首先，必须专门铺设铁轨，修路的成本远超一般的道路，而且不灵活，逢山不能绕路，遇水必须搭桥，其次，最初的火车本身结构复杂，价格昂贵，可靠性低，动辄故障。此外，火车

需要大量的专业人员进行保养，相比于马可以随处觅食，火车必须使用煤做动力。

面对构造简单、震动厉害、速度缓慢的这个怪物，有人驾着一辆漂亮的马车，和火车赛跑，讥笑他：“你的火车怎么还没有马车快呀？”有人责怪他的火车声响又尖又大，把附近的牛都吓跑了。

然而，史蒂芬孙坚信火车一定能够超过马车，具有远大的前途。相比于马车系统，火车的一系列缺点都可以弥补，因为马车系统已经没有改进的潜力，而采用蒸汽动力的火车前途无限！。

他以科学的态度，正视火车的缺陷，作了一系列改进和革新：减少了机车排气发出的尖叫声，加强了锅炉的火力，提高了车轮的运转速度。1825年9月，史蒂芬孙再次进行了试车表演，而这次，好事者的马车却被远远甩在后面。之后就不用说了，火车速度越来越快，运载量越来越大，其作用是马车系统根本不能想象的。

6.3.2 技术革命的特点和复杂度的变化

回顾畜力替代人力，蒸汽动力取代畜力的两次技术革命，可以观察到技术革命的几个重要特点：

1 技术革命后的产品能完成原有技术道路上不可能依靠数量的堆积就能完成的任务。比如理论上可以依靠一万架马车运输十万吨煤到千里之外，但花费之高，让任何理性的经济人都会放弃该选项。

同样的道理，蒸汽机的任何改进和并联都不可能推动飞机上天。

2 一条技术道路开辟之后，初期的特点是复杂度的提升慢于效用的扩大，因此，资本很愿意投资技术改进，但之后，增加复杂度带来的回报开始递减，慢慢的，复杂度要进一步提升，花费的代价越来越高，而回报逐渐追不上复杂度扩张的步伐。

最典型的的就是火箭技术。

沿着化学火箭的道路，初期依靠增加发动机的个数，增大内部携带的燃料，提升初始质量与最终质量之比，火箭推力迅速上升，1957-1969，短短12年，人类就从初离家门一跃而至月球漫步。但之后，人类发现这条道路不能再走下去，因为理想条件下，质量比要取对数后才能反映到速度上，因此，依靠提升质量比，火箭质量指数式增长，才能勉强换来速度的线性增长，而1969年的一枚土星五号火箭价格，换算到今天可以造一艘核动力航母，如果要登陆火星，质量比会是一个天文数字，登陆火星的花费可以购买成百上千的核动力航母，任何国家，再怎么财大气粗，也不会承担这样的开销。

不发生技术革命，人类只能止步于月球。

这种复杂度导致的边际效用递减现象在所有领域都存在。很多初期迅速发展的技术，在经历了前期的技术大进步后，走到后期都是复杂度飞速上升，任何一点性能的改进都要投入大量的资源。比如初期集成电路的改进很方便，全世界有很多厂家都具备资金和实力，但到后期，动辄数十亿美元的投资已经让绝大部分企业无力承担，基本上只剩下少数几个玩家。

战斗机的升级换代也是如此，二代机全世界有几十个国家能造，三代机只有少数几个国家能造，4代机只剩下2.5个国家能造了。

3 沿着旧有的技术道路，希望通过改进来开辟一条新的技术道路是不可能

的。人类历史上的技术革命都是非线性突变，沿着一条已有技术道路进行改进，这是大脑思维的一种线性习惯。算盘再怎么改进，也不会产生类似计算机（不一定是电子计算机）这样的工具。通过工艺改革，机械控制系统的精度可以上升，但永远无法媲美基于电气/电子的控制系统。沿着缩小电子管的道路走下去，不可能导致集成电路的出现。

因此云计算，物联网这样的概念很大程度上都是科技噱头，远没有其所描述的那样能全方位改变人类社会。

4 技术革命难以预见。和大众的思维相反，绝大部分情况下，难以预测技术革命的爆发点。因为绝大部人的思维方式都是遵循线性规律，把发展曲线无限外延，而实际情况绝对不可能这么发展。

比如在 20 世纪 50 年代，计算机已经出现，但极少有人能想象到后来软件技术的大爆炸，即使到了 20 世纪 80 年代，也很难想象微软这样的企业会成为世界市值最高的企业。所以，那些宣称要领导产业革命的概念，生物工程和新能源等等，已经喊了几十年了，声嘶力竭的吸引大众注意力，其实只是反应了其内在干货不足，只能靠画大饼来维持社会关注和资金投入。生物工程方面在上个世纪末在基因测序方面进展神速，秉持还原论的思想，很多人简单的认为可以用基因信息来治疗疾病，但人体是一个极其复杂的非线性系统，最终人类发现此路崎岖坎坷。

高档奢侈品专卖店是桃李不言下自成蹊，街头小店弄个大喇叭，天天播送“好消息，好消息，上市新品跳楼价”。

5 导致一条技术道路进行改进，最终复杂度迅速上升的原因归根到底是物理定律的限制。

现有火箭发动机都是基于化学燃料燃烧推进，按照齐奥尔科夫斯基提出的公式，能提升的空间现在看来是很小了。一位网友介绍到：今天最高比冲的实用型火箭发动机，波音公司的 RL-10B-2，虽然在循环方式（完全膨胀），推进剂类型（氢/氧）、喷管设计（大面积比、可伸缩的碳/碳材料喷管）三个主要方面都采取了最有利于提高比冲的措施，比冲仍然只达到了 466.5 秒，比起它的直系老祖宗，1958 年开发的 RL-10 只提高了 10 秒多，可见提高比冲之艰难。

通信中的香农公式限定了信道容量，无线信号的绕射性决定了频频空间有限，要想拓展终端能用到的流量，只能靠大规模部署基站来实现某种程度上的空分复用，但代价就是管理复杂度和成本的急速上升。

摩尔定律很快就要到头了，因为 10 纳米以下，量子效应就要来进行干扰。指望通过简单计算能力的增加来实现强人工智能是一厢情愿的幻想。

6.3.3 正在面临的高复杂度科学魔鬼

现在横亘在人类面前的新技术台阶，其高复杂度既有理论上的，也有技术本身上的。

前面提到过，科学的意义在于为技术试错指明可能的方向，减少试错的次数和成本。但科学发展到今天的庞大规模，一方面，已有科技道路的分工之细，子领域之复杂，已经远远超出前辈科学家的想象。另一方面，传统的线性分析手段在新领域遭遇了困境。

科学体系的构建之初，很多科学家往往是全才，一人精通数个领域，比如牛顿在数学，力学和光学方面都成就斐然。即使在爱因斯坦的年代，也存在费米这样的物理学全才，但科学大爆炸后，分工越来越细，现在这样的人物已经不可能

存在，绝大部分科研工作者都是关注于一个极小的领域。

举一个例子：南方周末的报导：拯救宇宙中最宏伟的定理

<http://www.infzm.com/content/110925>

大致内容是四位数学家——史密斯、迈克尔·阿施巴赫（Michael Aschbacher）、理查德·莱昂斯（Richard Lyons）、罗纳德·所罗门（Ronald Solomon）——他们刚出版了一本书，延续着 180 多年来的工作，全面概述了数学史上最大的分类问题。这本书叫《有限单群分类》（The classification of Finite Simple Groups）。但对于代数学家而言，这本 350 页的巨著是一座里程碑。它是一般分类证明的摘要，或者说是导读。完整的证明多达 15000 页——有些人说接近 10000 页——而且散落在由上百名作者发表的数百篇期刊论文中。它是数学史上最庞大的证明。

为了保存“宏伟定理”长达 15000 页的证明，几位年老的数学家正在与死神赛跑。全世界能够理解这些证明的人所剩无几，他们害怕在年轻一代数学家接班之前就会离开人世。2011 年的这本

著作只是勾勒出了证明的梗概。实际文献无与伦比的篇幅将这个证明置于人类理解能力的危险边沿。“我不知道有没有人将所有东西都读过了。”所罗门说，他现在 66 岁，整个职业生涯都在研

究这个证明。（他两年前刚从俄亥俄州立大学退休。）在庆功会上接受庆祝的所罗门以及其余三位数学家，可能是当世仅有的理解这个证明的人，而他们的年岁令每个人担忧。史密斯 67 岁，阿

施巴赫 71 岁，莱昂斯也已经 70 岁了。“我们现在都老了，我们想在为时已晚之前，将这些想法传递下去，”史密斯说，“我们可能会死，或者退休，或者把东西忘掉。

换句话说，全世界已经没有接班人来从事这项群论（广泛应用于粒子物理学）中的基本工作。这种情况不单发生在群论领域，其它很多领域也发生过。在一个科研工作者数量几十倍于爱因斯坦时代的世界，由于分工过细和高复杂度，很多子领域竟然后继乏人！尽管人类做出了很大努力，简化前沿成就，让后来者能更容易上手（举一个例子，赫兹让电磁场方程的数学表达形式更清晰简单），但正如一位教育学者说过的，大部分人永远学不会微积分，必须承认个人的智慧能力如金字塔般分层次，即使对于顶尖的那一部分人，再牛的辅助手段和先进教学方法，也无法让他们在初中年龄之前掌握微积分。而微积分只是前沿的一个基本工具，后续的很多知识，其难度远远超过微积分。现今年代，真正能明白某个子领域前沿的人是少数。在这种情况下，很难指望该子领域继续取得革命性突破，并带动整个科技前沿的发展。

体量快要压垮自身的同时，在很多领域，非线性这个魔鬼开始来骚扰了。

从牛顿时代开始，绝大部分科学家都厌恶非线性，往往采用各种叠加手段和理想模型来避开非线性。而大部分教科书（研究生阶段之前），都是重点讨论线性情况，对于非线性都是一笔带过。原因很简单，前辈的大部分理论成就，都是采用线性方程描述的！绝大部分非线性情况是找不出解析解的，只能采用各种复杂手段去逼近。理论储备如此，自然希望处理问题也采用线性手段。

但真实的世界是非线性的。举几个例子。

第一个例子是孤立波，1834 年秋，英国科学家罗素在河流中观察到这个现象，罗素认为孤立波绝对不同于普通的水波，应是流体力学的一个解，并试图找

到这种解，但没有成功。因为传统的线性分析手段无法给出解释。后来在非线性电磁学、固体物理、流体动力学、神经动力学等学科中，相继提出了一些与孤立波有关的问题。在 100 多年的历史中，孤立波与孤立子是推动非线性科学发展的重要概念之一。大家可以去搜索一下相关方程，其复杂度远远超过大部分人的想象。

<http://blog.sciencenet.cn/blog-205890-215194.html>

同样，湍流等现象也是传统流体力学所无法解释。

第二个是等离子体的非线性。人类对于托卡马克装置寄予了极大的期望，期盼“人造太阳”能一劳永逸地解决能源问题。但几十年的研究下来，发现磁约束远不是想象中那样简单，近年来相继在托卡马克实验上发现了多种等离子体的约束模式，不同模式之间的转换具有典型的非线性动力学特征，外部控制参数的小的变化会导致等离子体约束特征突然的、大的变化，是为约束分岔（其实可以理解为蝴蝶效应的变种）。

第三个是生物体。为什么一堆大分子结合在一起，就能自我行动，自我觅食和自我繁殖？为什么一个受精卵可以成长为一个胎儿？线性手段根本无能为力。生物体这种自组织现象找不到合适的数学描述手段。

过去的几百年，可以用各种线性手段来逼近非线性，但科学发展到今天，前沿显然再也不能这样做“缩头乌龟”，而非线性天生就具有高复杂度！

6.3.4 源自技术根底的困境

前面一再提到，技术实践的主要步骤是试错。尽管现代科学理论为试错指明了方向，但真正落实到实际中，依然要靠试错来找到一条“利其然”的可行路径。技术的发展历史一再表明，往往需要大量的试验和金钱，才能使得技术及其产品精细化，进而引发正反馈效应。

以人类历史上最重要的技术----如何生火----为例来解释下试错的流程。

绝大部分现代人对于如何生火这个问题都觉得很茫然，不就是按一下打火机嘛。但打火机这个技术产品本身是科技树几千年进化的结果，原始社会时期，人类可能花了几十万年才掌握生火这项技术。原始社会早期的常见火种来自于雷电劈木和火山爆发，虽然这二者不可控，引发的火灾带来了灾难，但烤熟的动物肢体也使得原始人类能够尝到前所未有的美食，火能带来好处和利益慢慢在人类思维中固化。老天不可靠，人类开始尝试主动生火。燧石击火受原材料限制过大，钻木取火比较普遍。来看一下典型的钻木取火方案（下面一段源自百度）：

取一节竹子，钻一个小孔，往里面塞入一定量的易燃物如干燥的稻草。然后，取一根直径比竹孔大的笔直的小木棍，把其中的一端削尖，只要尖头可以卡入竹子的小孔中就行了。最后，把竹子固定在某个地方后，再用将木棍的尖端部分插入小孔内，用双手掌心夹着木棍使劲地搓，竹孔受热后会使旁边的易燃物着起来，这时手不但不要停下来还要用嘴对着竹孔内着起来的易燃物吹气，直到易燃物完全燃烧起来，这时的钻木取火就算完成了。

在原始社会时期，要发明出如上一套可重复的钻木取火技术。要遇到很多问题。

首先，如何保证竹子上有一小孔？在最早的时期，人类还没有发明出钻孔技术，只能搜集大量的竹子，碰运气看哪些竹子上面有小孔。竹子本身必须干燥，内部越干燥越好，如何获得干燥的竹子？必须放在太阳下暴晒很长一段时间，由

于内部不容易观察，为了确保成功率，通常要准备一定数量的竹子。其次，必须有一定量的易燃物，如干燥的稻草和树叶。哪种易燃物最好？这个也必须花费大量资源来确定。

再次，最早可以靠运气搜集自身带尖头的枝条来进行实验，但能“利其然”的技术显然不能完全建立在运气上。那如何把小木棍一端削尖？原始社会时期可没有现今的金属工具，只能依靠石斧。锋利石斧怎么获得？依旧只能在自然界中碰运气，通过大量筛选才能偶然获得一把锋利的石斧，但一把锋利的石斧可以确保多根合适枝条成为必然。

最后，不得不说，夹着木棍使劲地搓是一项很耗体力的运动，如果只搓几下就放手，运气不会眷顾。

这么多技术关键点，都是必须要靠大量的反复实验才能获得突破。只有大量实验和搜集，才能发现竹子必须干燥，才能发现竹子上有小孔的好处，才能发现干稻草容易点燃，才能发现锋利石斧必不可少，才能发现手掌搓得通红是必然的。

换句话说，精细化的技术，一般是在无数粗糙方案中脱颖而出的，或者说，耗费了大量资源后才能产生的。

掌握了钻木取火后，人类可以依靠火本身来把竹子和稻草烘干，让生火更容易，显然，这是一种正反馈；进一步，火使得食物更容易消化，来源更广泛，而且是一种对付猛兽的利器，人类自身的数量和体质获得了增长，这反过来也能让钻木取火更容易。最后，借助自然界中部分偶然存在的高品质矿石，火可以用来进行原始的金属冶炼，获取锋利远甚于石斧的原始金属工具和钻头。

火是人类利用化学能的开始，人类文明由此滥觞。

钻木取火的例子表明，技术及其产品精度的每一次提升，都需要大量的试错。技术进步需要耗费资源和财富，幸运女神的青睐建立在大量的初级方案和产品上。从工业革命开始，这种试错的成本越来越高，个人的好奇心在研发中作用逐步减弱。科技树各个分支上能够长久留存下来的技术，都是在周边领域支撑技术和资源环境约束下能满足资本预期回报的方案。

当技术发展到 21 世纪的空前复杂度，资本回报预期成了技术突破的关键。以可控核聚变这项 21 世纪的“生火”技术为例，由于理论上的非线性，更需要大量的实验来获取突破。一种技术方案所涉及的基础设施都耗资惊人，任何一次实验都必须耗费大量资源，以至于全世界各大强国必须联合起来才能承担 ITER 的开销。现在任何方案都看不出一丝成功的迹象，如果要找出一条可行路径，人类社会要投入的金钱可能是一个天文数字。预期不明朗，资本估计不愿意干这种傻事。

6.4 高复杂度带来的诸多恶果（more is different）

1972 年，诺贝尔奖获得者，著名物理学家菲利普·安德森在国际上最著名的《科学》杂志上发表了一篇文章“More Is Different: Broken Symmetry and the Nature of the Hierarchical Structure of Science”（Science, 177 (4047): 393—396）。文中指出，过去数百年取得辉煌成功的还原论思想不能无限扩展使用，打一个比方。按照还原论的思想，分子物理受基本粒子物理支配，化学受分子物理支配，生物学受化学支配，心理学受生理学支配，社会科学受心理学支配。如果按照这种理论，那么，应用关于基本粒子物理的几条规律就能推导人类复杂的行为，但人类直觉会发现不是这样。Anderson 指出，大型和复杂的基本粒子集合体的行为，并不能按照少数基本粒子性质的简单外推来理解。事实上，

在复杂性的每一个层次，都会有崭新的性质出现。简单一点，就是整体绝对不是部分的叠加，复杂度会改变一切，或者说：more is different。

过去数百年中，人类发明了多种多样的手段来处理技术复杂度，如模块化和流水线化。但技术复杂度发展到如今这个地步，很有可能迎来了一个” more is different” 的时代。

6.4.1 吾知也有涯和生死竞赛

当代科学体系、技术体系和工业体系的复杂度和规模性已经大大超出了二战前的水平，这对于人类科学创造设定了悖论陷阱。前面已经指出，鉴于现代科学技术的庞大体系，像牛顿和费米那样的全才已经不可能出现。就是对于一个狭小的领域，高复杂度带来的一个很明显的事实：人类大脑的学习速度跟不上复杂度的扩张，人类肉体的衰老速度超过了大脑的思考速度。

大量的心理学研究表明，绝大部分人在 50 岁以后，都会变得日趋保守，查阅一下历史书就知道，绝大部分突破性的科研成果，都是在科技工作者中青年时代取得的。正如一位网友指出的，现代科学和技术的庞大积累已经成为人类创造力的巨大负担，在十八世纪、十九世纪和二十世纪前期，大多数科学家在很年轻的时候就做出了伟大的科学成就，而现在个人做出伟大成就的年龄已经越来越推迟。

对于科技而言，人类的个人创造力的黄金期是在十八岁到三十五岁之间，因为这段时期最具思想奔放力，思想束缚也最少，许多最伟大的天才都是在这个年龄段奠定基础的。牛顿和爱因斯坦的黄金创造就在这个年龄段，杨振宁获得诺贝尔奖时是 36 岁，李政道是 31 岁，他们所获奖的成就是在获奖之前 2 年的发表成果。数学群论天才伽罗华在极其短暂的生命中做出了伟大的数学贡献，他死亡时年仅 21 岁。与牛顿齐名的麦克斯韦在 34 岁时完成电磁场理论的经典巨著《论电和磁》，将电与磁，电与光进行理论统一。而麦克斯韦从 24 岁开始就确定了自己的学术目标，为只能停留在实验层面的法拉第进行理论层面的阐述。

除了科学领域，技术领域也一样，爱迪生，比尔盖茨和乔布斯都是在很年轻的时候就崭露头角，做出巨大贡献。

二战后，高复杂度使得科学家和技术创造人员在人生创造力的黄金期仍然在学习而不是创造，很多人到 30 岁时才刚刚摸清楚本学科领域的框架，然后才开始起步进行科学研究，而这已经错失了人生创造的黄金期，让革命性的思想激荡越来越难产。

尽管人类社会做出了种种努力来加速个体的学习速度（包括知识整理，路径规划，计算机辅助和模块化处理），但不幸的是，学习的时间越来越长。30 岁出头才博士毕业已经是标配，真正弄懂前沿还要花上一段时间。学科必需的知识积累下去，总有一天，即使那些传说中的天才，也要穷尽大半辈子功夫用于对旧有知识的学习。

高复杂度让现在的博士对不起“博”这个字，为了应付知识上的深度，很大程度上牺牲了知识的广度。人类历史上，许多科技突破都是触类旁通，借用其它领域的进展来打破本领域的困境，最典型的就是爱因斯坦把黎曼几何引入到广义相对论中。现代研发工作者常常纠结于某个问题而不得其解，可能其它某个领域的方法或思想完全可以借鉴过来，但人性往往很容易陷入局部极值点这样的困境而不得脱身，而高复杂度，把坑挖的比任何时候都深。

知识积累转变成负担，目前看来没有什么好的解决办法。至少到现在为止，人

类大脑的思维能力还没有表现出加速进化的苗头，换句话说，人类大脑和 500 年前相比，没有什么变化。也许有人会提出异议，认为天才的学习速度和思考能力远超常人，但技术的一大特点是，技术是人和社会互动的产物，要把想法变成现实，需要大量相关人员来配合工作，光有天才是远远不够的。

有不少人把希望寄托在人工智能上，甚至是具备创新能力的人工智能上，也有人认为人类大脑还可以进一步开发，说不定生物学方面的进展会让大脑革命成为可能。但这是一场军备竞赛，可以预见，无论超级人工智能，还是大脑革命，所涉及的理论和技术复杂度都会奇高无比，那么，人类在垂垂老矣之前，能够克服这个高复杂度，造出“克服复杂度的工具”吗？

庄子说，吾生也有涯，而知也无涯，以有涯随无涯，殆已！对于人类来说，目前是“生也有涯，而知也有涯，累矣！”。

6.4.2 技术的维护成本

前文提到过，可以把技术元素看成是生命体。生物需要定时进食和休息，技术元素一样需要维护。低级生物可能一点渣滓也能活下去，高等生物，如人类，需要耗费巨额负熵流；早期的技术不需要人类付出过多精力，现今的复杂技术需要整个人类建立一个庞大的制度来维护。

人类的技术演进流程好比在苹果树上摘苹果，最容易发现，最好摘的苹果一定率先被人们收入囊中，同样，首先开发出来的技术都是低复杂度。以能源技术为例，木柴的能源密集度最低，但很容易获取，动动手就可，无需太多的技巧。其它领域的技术也一样，在工业化到来之前的古典社会，绝大部分技术产品的使用和维护都比较简单，即使一个生手，目不识丁，经过简单培训后，很快就能上岗操作。

但低垂的果实摘完之后，复杂度开始升高。煤矿的开采难度就远大于木柴，需要一系列的配套设备和技巧。虽然煤炭提供的能源远大于薪柴，但相关操作已经开始职业化。而石油开采难度进一步上升，具体需要进行勘测定位、方案设计、钻井开采等一整套工作，这都需要人力与物力成本的投入，而且不是简单的人力，是需要接受过一定教育程度的人力。

这种趋势一直未见减缓，二战后，不少技术产品的复杂度到了一个惊人的高度，比如核电站。不经过长时间的专业学习，根本不能明白其中原理，要熟练的使用技术产品，也必须经过长时间的培训。

与技术产品复杂度同步，社会其它方面也变得逐渐复杂起来，最典型的就是财务税收体系，现代财务体系的复杂度也不是过往历史所能想象的。即使不谋求技术的进一步发展，要维护现有的体系，人类社会也必须付出大量的成本。

义务教育就是一个典型例子：资本的牟利建立在大众的专业技能上，工业化带来的技术复杂度是义务教育被推行的最大动力。反应在社会层面上，就是大众受教育时间的延长（包括学校教育和职业培训），工业革命前，人均受教育的时间可能还不到 1 年，后来变成 3 年，6 年，9 年，到了现在，大部分国家都基本普及了 12 年教育，很多国家高等教育都进入了大众化阶段。

另一方面，不少机构必须专业雇佣大量的人员来维护现有的设施，一个复杂产品涉及到方方面面的专业技术，并不是随便拉一个人来就能干活。比如笔者在公司干活的时候，大部分时间竟然并不是在编新代码，而是在维护前人留下的代码，和系统其它方面的人进行联调！

一个公司，尤其是大公司，真正展开探索性工作的微乎其微，公司的开销大部分耗费在维护现有产品上。而对于使用这些产品的机构而言，不少开销也来自对技术产品的维护上，最典型的，飞机发动机的寿命期维修保养费用竟然是购买费用的 3 倍以上。

所以，很多时候看上去吓人的研发技术费用，真正用到刀刃上的只占一小部分。进入新世纪，NASA 的年度经费虽然和高峰期不能相比，但绝对数目仍然吓人，但为什么 NASA 在前沿技术上似乎沉寂了？除了复杂度本身的原因，NASA 的大部分经费都用来维护和养人！

如果考虑到全世界都流行的经费挪用问题，比例会更小。

6.4.3 来自社会的负反馈

现代社会，无论科学还是技术，都和所处社会有着复杂的纠缠关系，影响社会，也受社会反馈，这种反馈，早期可能更倾向于正反馈，但如今已经变成负反馈。

前文提到过，二战后的技术研发工作和以往有了很大不同，绝大部分领域，已经没有了早期爱迪生那样的“独行侠”，一款新产品的开发，往往包含需求分析，方案设计，制作实现和测试评估等阶段，大部分产品的研发费用，都超过了个人财力所能承受的范围，必须依靠企业的力量来组织实施。而像大型粒子加速器这样的科学研究设备，已经不是一个人或一群人能承担得起了，只有国家出面，才可能建立相关的基础设施。

很多科研工作者抱有一种奇怪的理想：科技研发是很高尚的事，科技投入是社会和国家的一种义务。但事实是，高复杂度下，由于不能确保科技研发会一路顺风，甚至不能确保研发方向是对的，社会和资本对于相关投入持谨慎态度。当科技工作者要依靠外部经费才能开展研究工作的时候，科技工作者会突然发现：进步的最大阻碍不是大自然，而是所处的社会。

从知识进步的角度讲，人类社会有义务提供无尽的资源来支持科技研发工作，毕竟要引进新的负熵流，离不开科技的跃进。但现实却是另外一回事。

首先，社会是由形形色色的团体构成，大部分团体有自己的利益诉求，不可能，也不愿意长期为科技的巨额经费买单。比如，如果要投票削减福利来为科技研发筹集资金，即使宣传者把未来描绘得比天堂还好，大部分人还是会投票否决该决议，同样，企业的首要目的是利润和维持经营，研发目的是为了赚钱。因此，拨款人思维的角度和科技工作者不同。拨款负责人必须考虑投入产出比。必须考虑来自公众或董事会的压力。

其次，人类社会由将近 200 个国家和地区组成，离“全球大同”还差得远，国与国之间充满了竞争和斗争，这种竞争有时是科技的推动力（比如冷战期间的航天竞赛），但在资本日益占据统治地位的 21 世纪，开始逐渐展现负面效应。

而现代科技的高复杂度带来了一个很要命的缺陷：花费巨大。爱迪生当年进行白炽灯改进的时候，进行了 500 多种材料的验证或试错，但没关系，花费不大，个人可以承担。现代粒子加速器能进行 500 多次的实验吗？不经过一系列冗长的手续和

准备，进行一次实验都不可能。这种巨额花费意味着科技研发最终取决于各个利益团体的博弈。

下面给出几段和技术有关的事实：

(1) 超导超级对撞机 (Superconducting Super Collider,简称 SSC)，1993 年 10 月 21 日，美国众议院和参议院达成一致意见，停止修建 SSC，1993 年 10 月 26 日众议院以 332 对 81 通过了最后的修正提案。该提案经过参议院程序性的步骤后，由克林顿总统签署实施。至此，尽管已经投资了 20 多亿美元，SSC 真正寿终正寝了。

计划要花掉 80 亿美元，但冷战后的美国人承受不了，提前终止。

(2) 2011 年 2 月 24 日美国“发现”号航天飞机从佛罗里达州肯尼迪航天中心发射升空，前往国际空间站，服役近 27 年的“发现”号将最后一次执行飞行任务。2011 年 7 月 21 日美国“亚特兰蒂斯”号航天飞机于美国东部时间 21 日晨 5 时 57 分(北京时间 21 日 17 时 57 分) 在佛罗里达州肯尼迪航天中心安全着陆，结束其“谢幕之旅”，这寓意着美国 30 年航天飞机时代宣告终结。

1970 年，在美国登月后，中国才把第一颗人造卫星送上天，2003 年，中国人第一次进入太空，比美国人晚了 40 多年。但随着航天飞机这条技术道路的落幕，美国花了几千亿美元，进展不大，中国在航天飞机上基本没有投入。2011 年后，中国和美国实际上站到了同一起跑线上，大家以后都得靠宇宙飞船。

(3) 美国为了造出原子弹，倾全国之力，花了 20 亿美元（1942 年的 20 亿，当时一盎司黄金才 38 美元）。但后来的国家造原子弹越来越容易，比如巴基斯坦和朝鲜这样的工业小国都能造。

(4) 相比欧洲，美国是一个低福利社会，但其每年在福利上的投入是可控核聚变研发投入的百倍以上。

科技研发并不一定能保证成功，很多时候，前沿都是在试错，探寻可行的技术道路。前文已经提过，精细化的技术方案和产品都是大量试错后才会产生。在工业文明的早期阶段，爱迪生进行灯丝试验时，大部分试错成本开销不大，多试几次没关系。

但随着技术复杂度的提高，开销急剧增大，试错变得越来越昂贵起来。尤其是在探寻下一条可行的技术道路的时候，一步失误，几十年都难挽回。上面提到美国航天飞机道路，NASA 本来指望航天飞机大幅降低太空成本，结果航天飞机的成本不低，故障率反而更高，美国人在这上面 30 年的投入基本打了水漂。

如果单是自己试错失败了不要紧，对自己也是一种经验的积累，但问题是自身的失败反而给竞争对手指明此路不通，不必投钱。现今中国对于航天飞机没有丝毫兴趣，全心全意走宇宙飞船路径，NASA 原本对中国的 40 年优势被抵消了 30 年，而中国的花费相对小得多。

即使试错成功，找到了一条技术路径，但先行者的悲哀就是，巨额投入带来的成功很容易被竞争对手模仿，而且往往是只需要耗费相对少得多的经费就能模仿，比如原子弹。

美国人作为科技进步的领头羊，后来也慢慢琢磨明白了，自己花钱进行科技投入，让竞争对手沾光，冷战时是迫不得已，但这种事还是越少越好。所以世界看到了美国终止超导超级对撞机的修建。原因很简单，如果 SSC 实验不能提供基本粒子的有用信息，建了也白建，如果能提供有用信息（注意，只是信息，还远没有达到利益阶段），那世界其他国家岂不是白白分享？即使封锁信息，但封锁信息本身就是一种暗示，其它国家可以不慌不忙的建造自己的 SSC，对其它国家而言，

一点风险都没有。

对于美国纳税人而言，除非巨额投入能够带来可观的现实利益回报，或者面临冷战那样的生死竞赛，不计成本的进行科技研发的确是一种愚蠢的行为。

总而言之，西方在冷战后通过各种手段（尤其是美国的金融手段）占据了世界上的大部分财富，本应把这部分财富用于事关人类生死的前沿研发上，但没有了苏联的威胁，面对高复杂度和预期不明朗，西方更愿意把这部分财富转为金融资本来继续剥削第三世界。因此，现在西方发达国家的研发工作，大部分都是在公司层面上进行的。真正能够开辟一条新技术道路的研发，往往需要国家出面组织或担保，但现实是美国人处于犹豫不决状态，其它国家也不是活雷锋，于是，三个和尚没水吃的情形出现了。

6.5 简单的数学推导

本节尝试着用数学知识来解释一下复杂度的变化趋势。

首先要表明，技术复杂度的发展是一个混沌系统，影响技术发展的因素太多，无法精确预测未来技术的走向，本节中的数学推导只是聊胜于无，用来解释一下以往技术的发展流程。影响技术的因素很多，其中人类的好奇心和探索欲是一个很难给与数学描述的变量，而且往往是技术革命的起点。因此，下面的微分方程不能解释技术如何缘起，只能描述出现后的变化趋势，好在人类历史一再表明，技术发展依赖于资源投入。

从历史上看出，在低复杂度的情况下，稍许的技术改进，都会带来让社会震惊的效果。在高复杂度的今天，技术开始遭遇社会的负反馈，改进效应在递减。另一方面，社会资源有限，掌权者永远关注的是社会的稳定，研发投入的份额有限。复杂度用变量 C 表示， C 值大，代表社会技术水平高， K 代表社会承受度（或最大资源投入比例。那么，复杂度随时间 t 演变的微分方程可以表示如下：

$$dC/dt = g(C, K, t) + f(C, K, t)$$

g 代表初期的正反馈效应，但要注意，这种正反馈效应会随时间变化而快速递减。 f 表示中后期的资源投入比例，这个资源投入随复杂度增长而下降。

对于技术发展而言，最好的情况是 $dC/dt = qC$ (q 为一个比例常数)，用复杂度来推动复杂度， C 的曲线变化呈指数增长，这是理想的技术发展轨迹，技术永远处于爆炸中，但实际不可能出现这样的情况。

如果能够 $dC/dt = q$ ，那么，复杂度从头开始就是线性增长，且永无尽头，这也不符合人类的观察事实。

综合前面各节，可以看到，复杂度的变化有如下特点：

(1) 技术的发展受资源（广义上）推动，原则上，一个社会投入的资源比例越大，越能推动技术发展。

(2) 能够“利其然”的技术出现初期，往往具有正反馈效应。举一个例子，原始社会中，原本绝大部分资源用于捕食，但弓箭技术的稍许改进可能导致捕猎效益上升，部落会自愿投入更多资源来改进弓箭技术。也就是说，初期的复杂度增长，能够反过来进一步推动复杂度增长。

(3) 考虑到边际效用递减规律，中后期的复杂度上升，意味着社会维护成本的提高，进而挤占其它社会资源。继续上面的例子，弓箭技术改进到一定程度后，一方面，部落需要分配较多的人手来生产弓箭，另一方面，容易捕猎的小动物都被捕光了，动物界剩下的动物很难捕捉。生态系统会给予负反馈。

(4) 不考虑地球环境约束，不管复杂度有多高，社会总是能挤出一点资源来继续提高复杂度，不会出现复杂度最终出现下降的情况。

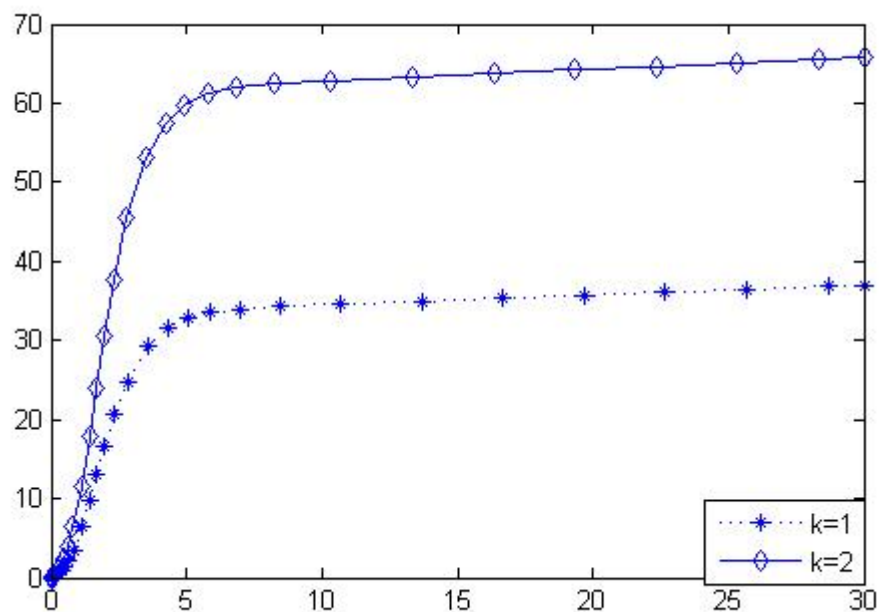
考虑到以上特点，虽然无法精确得 g, f 的具体表达式，但如果只是观察趋势，可以简化如下：

$$dc/dt = a * c * \exp(-b * t) + k * (1 - c / (c + d));$$

其中， a, b, k, d 是比例系数，值一般为正。 $a * c * \exp(-b * t)$ 代表正反馈项，初期上升，但衰减很快； $k * (1 - c / (c + d))$ 代表中后期的社会资源投入比例（ c 很小的时候几乎为常数 k ）， C 越大。比例越小， k 为社会所能容忍的最大投入比例。

好了，取 $a=5, b=1, d=5$ ，把这个方程用 Matlab 仿真一下，得到的大致曲线如下：

。



再次强调下，上面的模型推导很粗糙。 f, g 的表达式完全可以是其它形式， a, b, k, d 可以是其

从上面曲线可以看到， C 的上升不是永恒持续下去，刚开始的时候，由于正反馈效应， C 会快速上升

要想把天花板这个上限值提高，最好的办法是提高 k ，也就是社会承受度，比如世界大战期间技

二战的成果包括材料技术，电子计算机，雷达，核技术，喷气式飞机和火箭技术，直到今天，

但 K 值的提升是有限的，在极限情况下，全社会所有的资源都用来进行科技研发，在和平时期，

7 寂静星空所隐含的恐怖前景

上面论述了这么多，可能很多人仍然认为，技术大进步的停滞，你有证据吗？在国观第一版帖子中，很多从事技术工作的网友给出了各自领域的类似结论，但这些观点可能文科类毕业的网友难以理解，因此，再给出两个间接证据。

第一个是历史上的，古代中国文明的停滞。

《全球通史》上谈到，古代中国文明所处的地理环境很特别，西北的沙漠，西部的青藏高原，西南的热带密林，北部的冰雪苔原和东部的大海，让中国文明和其它同层次文明很难进行大规模交流，相比之下，地中海和印度洋周边的交流就频繁得多，因此，古代中国文明和其它各大文明的隔绝程度在亚欧大陆上首屈一指，导致中国文明和他们之间的差异远大于其余文明彼此之间的差异（灭绝的美洲文明除外）。

从原始社会到古代社会的转换过程中，农业，马匹，车轮，冶金，文字所代表的第一次技术革命，把人类从蒙昧时代解放出来。而古代中国文明，尤其是秦汉以后的中国文明，在东亚区域内遥遥领先，中国文明很早就进入了一种技术停滞时代。1000 多年的历史中，由于中国文明所固有的结构特点，中国文明始终没有开启大航海时代和工业化大门。空间极限和技术停滞最终导致唐代中期以后，中国文明开始陷入马尔萨斯困境，治乱循环一再出现。按照一位网友的说法，技术停滞以后，紧接着的是技术扩散，周边的蛮族在军事技术上缩小了与中原王朝的差距。因此，唐朝以后的蛮族政权，其战斗力和难缠程度远超之前的匈奴和突厥。

细读历史会发现，唐以后的历代政权，都在加强农业化和中央集权制度上力度加码，满清的僵硬科举制和军机处就是最后的产物。收尽天下之权和财，阶层固化，确保中央稳固，这和近代技术爆炸的理念是背道而驰。如果没有外来介入（西方扩张），中国文明会被困死在自己的范式牢笼中，直至农耕环境彻底崩溃为止。

第二个是空间上的，从费米悖论推导得出的。

1950 年，意大利物理学家费米提出了这样一个问题：如果宇宙中存在技术远远超出人类的外星智慧文明，那么，为什么我们还未能观察到这种超级文明？这个问题现在被称为费米悖论。

过去半个世纪，大量的观点被提出来解释费米悖论，最近国内比较有影响力的是刘慈欣的“黑暗森林”理论。

个人观点是技术进步并不是大众所认为的加速进行，可能某些技术门槛过高，导致绝大部分文明无力越过，无法进行星际航行。

7.1 大寂静和费米悖论

来做这样一项粗糙的估计：银河系直径约为 10 万光年，一个高度智慧的文明，即使以千分之一的光速的速度飞行，也只需要一亿年即可横穿银河系，这个时间远小于银河系的年龄（100 亿年）。因此，比人类早出现的智慧文明，如果向

外传播的话，到今天应该早已遍及银河系甚至整个宇宙了。

其中一个可能的实现方式是冯·诺依曼自动机，一种可以自我复制的机器：外星文明向外发射许多微型自动机，遇到合适的环境比如行星和卫星，彗星等后降落，采集原材料并制造出下一代自动机；然后以降落点为出发点，继续向外扩张。这样的自动机如果有 5% 的光速，在 50 万年内就可以探测完银河系大小的星系。如果银河系内有文明比地球领先哪怕 50 万年，人类也应该已观察到该智慧文明。

到今天为止，人类对宇宙的探索已经取得长足发展，在太阳系以内，所有行星和多个重要卫星都有飞船去勘察，对于小行星和彗星人类也发射过专门的探测器去进行研究；对太阳系以外的星体，人类一直在聆听来自它们的无线电信号；人类甚至可以直接用望远镜观测比较近的一些恒星，从恒星的光强和光谱中发现绕它们运行的行星，分析行星的大小，结构，大气成分，表面温度等信息。所有这些搜寻行动至今都没有发现外星文明的迹象。

用一位科学家的话说，宇宙充满了大寂静，几千年来人类不断通过各种手段都未能发现其他外星文明，感觉浩瀚宇宙就像一片大荒原，除了人类，啥也没有，一片寂静；

稍微按常理推想就可发现这样大寂静的现象是非常不合理的：地球产生地球文明的条件并不苛刻，时间也不长，宇宙那么大、产生的时间那么长，怎么可能只有一个地球产生了文明？从概率上来说，这是极不可能的，整个宇宙人类一枝独秀的概率无限趋近于零。

7.2 细思恐极的三种情景

费米悖论有多种解释，其中一种比较流行的观点是人类过高估计了自己的观察能力。

为什么无法观测到外星文明踪迹？因为人类太弱小。很多人认为人类科技文明才大约 300 年历史，而具备稍好观察能力也就是几十年的时间。宇宙如此之大，这么短的时间段内，观察不到踪迹是很正常的。毕竟人类文明才能初步到达大气层以外，所能具备的观测手段在宇宙层次可能极其原始。

但反过来想一想，人类可能因为手段有限没有发现外星人，但为什么外星人没有发现人类？或者说，为什么外星人没有毁灭地球人类？

目前公认的地球最早文明是两河流域的苏美尔文明，距今大约 5000 年历史。如果存在大量能够自由航行于恒星际的文明，他们的观测手段应该远超目前人类的技术水平，在 5000 年的信史中，为什么没有外星人或者外形探测器的造访记录？人类可以鄙视古人的技术水平，但不能低估古人的智慧，古代文明只是技术积累有限，古代人的大脑和思维能力可并不比现代人差。迄今为止，人类历史并没有留下遵循理性规则的记录，表明有外星文明的存在。

有网友把这归咎于“动物园保护计划”（地球被外星人设定为动物园）。认为所有的外星文明都能遵循同样的规则，只是一厢情愿的美好设想。

而费米悖论的另外一种流行解释，就是能够存在文明的行星很少。

美国天文学家弗兰克·德雷克（Frank Drake）于 1960 年代在绿岸镇提出的一条公式，用来推测“可能与我们接触的银河系内外星球高智文明的数量”。德雷克公式

$$N = N_g \times F_p \times N_e \times F_l \times F_i \times F_c \times F_L$$

意思为：

银河系内可能与我们通讯的文明数量=银河系内恒星数目×恒星有行星的比例×每个行星系中类地行星数目×有生命进化可居住行星比例×演化出高智生物的概率×高智生命能够进行通讯的概率×科技文明持续时间在行星生命周期中占的比例。

曾经有很长一段时间，不少学者认为地球是一个特殊存在，类似地球这样的存在可能在宇宙中独一无二。也就是说，德雷克方程的前面几项相乘后，数值小到微乎其微的地步。但最近天文学的进展给了这种观点致命一击。

<http://www.nasa.gov/press-release/nasa-kepler-mission-discovers-bigger-older-cousin-to-earth>

北京时间 7 月 24 日凌晨 0 点 NASA 公布了一则消息，天文学家确认发现首颗太阳系外位于“宜居带”上体积最接近地球大小的行星（代号为“开普勒-452b”），这是人类在寻找太阳系外“第二地球”道路上的重要里程碑。“开普勒-452b”的发现使已确认的系外行星数量增加到 1030 颗。

天文学家表示，迄今发现最接近“另一个地球”的系外行星名称为 Kepler 452b，这个跟地球的相似指数为 0.98。这是至今为止发现的最接近地球的“孪生星球”，有可能拥有大气层和流动水。目前没有证据证明开普勒 452b 上面有生命，因为开普勒望远镜只负责照相，没有办法近距离观测行星，这需要后期技术手段跟进，可能需要把工具送入轨道内。

首先要说明一下，发现这东西的望远镜叫开普勒，以“掩食法”搜寻系外行星，在 2009 年发射之后发现了上千颗系外行星，几乎把已知的系外行星数提升了一个量级。必须指出的是，“掩食法”只能搜寻宇宙空间中极小的一部分区域，掩食法能发现的只是行星轨道平面正对着地球的那一小部分，并且对于恒星光照强度还有很苛刻的要求。但就在这么小的区域内，在这么短的时间内（开普勒望远镜只工作了几年，掩食法确定一颗行星很耗时间），在距离地球并不遥远（考虑宇宙

尺度）的距离内，就发现了大量的行星，其中有不少行星和地球所处环境类似（除了上面提到的开普勒-452b，还有 Kepler-186F 等）。

可以合理推测，如果时间更长一点，或者在掩食法所不能观测的区域内（成百上千倍于可观测区域），潜在的合适行星数目会是一个天文数字。

地球的特殊性在持续下降中。

让人细思恐极的第三种情景，外星探测器在哪里？

如果说资本原则在所有文明中都存在，载人航行经济上很困难，那么无人探测仪器成本应该很低。人类载人航行只能够到达区区 38 万公里外，但旅行者 1 号已经到了地球外 200 亿公里。短短几十年，人类前前后后已经发射了很多探测器。

首先表明本人对宇宙文明的一些基本观点：

1 宇宙是平庸的，宇宙太大，恒星繁多，绝对不单是地球能进化出文明。

也许有人说地球轨道离太阳近 10%，或远 10%，人类都要灭绝，因此人类文明很特殊。但个人认为，不能用现在人类的身体结构来认为其他智慧生物的身体结构应当与人类类似。在其它种族认为恶劣的条件下，进化出来的智慧物种应该是适应其环境的，他们反过来可能认为地球很恶劣。

2 智慧生物的认知能力应该可以轻易的区分自然和人工。

任何一个心智正常的人（即使是未开化的原始人或未曾见识过现代文明的人）在原始深林里走着，忽然捡到一块手表，看到指针在有规律的转动，一定知

道，这块表不是天生的，不是大自然构造的，一定是某个智慧人创造的。同样，人类也可以轻而易举地区分其它智慧文明的造物，而其它智慧文明，绝对可以判断人类发射的造物不是天生的。

3 任何文明都有探索的欲望。

外星智慧生命或许已经由于自己的原因导致了毁灭。这些原因可能包括核战争，生物恐怖主义或者文明的逆向淘汰。但就算如此，他们的一部分技术成果应该还会保存下来。这并不是科幻，而是现实。事实上我们人类已经这样做了：即便有朝一日人类作为一个种族彻底灭亡，我们至少还将有 5 个人工探测设备游荡在星系之外，述说着曾经的人类文明的故事

人类文明在未来肯定会继续向宇宙发射探测器，数目还不会少。

宇宙天文数字的恒星，天文数字般的文明，只要能进化到比人类目前这个技术水平高一筹，发射成本大幅降低，发射的探测器数目会把宇宙塞满。

那外星文明为什么不见踪迹？

7.3 宇宙大筛子

美国学者 Robin Hanson 对于费米悖论做了深入研究，写了一篇关于宇宙智慧文明的论文《大筛选，我们在其中走了多远？》。大致意思如下：从宇宙的外观上看，宇宙处于大寂静（Great silence）状态，没有发现任何生命和文明的迹象。由此可以推知，能够在宇宙中大规模扩散从而长久延续下去的文明极其稀少，甚至可能根本不存在。那就有一个推论：

在宇宙中的无生命物质和可持续扩散的智慧文明之间有一个巨大的筛选机制

（Great filter，也有人翻译为大过滤器），智慧文明通过这个筛选极其困难。

可能有许多层筛子，比如进化出可复制的细胞是一层，制造工具是一层，避免核战争毁灭是一层等等，作者列出了九层可能的筛子，逐层进行了分析。

大筛选，像自然筛选一样，人类之所以无法发现其他文明，一个更合理、更可能的解释是某个筛子特别难过，能够通过的宇宙文明将变得极少，绝大部分文明都在此处折戟沉沙，所以人类也就至今未能轻易发现其他外星文明。

个人认为，文明层次的划分可以用群体能到达的距离来标记

第一级，原始层次，个人体力所能到达的距离大致为 100 公里，典型就是原始社会

第二级，借助初级工具所能到达的距离，最远为行星直径，麦哲伦的环球航行做到了这一点。这也是农业社会的极限

第三级，借助化学能引擎所能达到的距离，最远为行星所在的卫星，1969 年人类做到了这一点。

第四级，自由航行于所在恒星系内，人类目前还无能为力。

第五级，恒星际航行。

人类目前可以说是达到了第三级，倾其所能，借助化学火箭勉强能到达火星，但其它行星是无能为力的，飞出太阳系更是遥不可及。

理论上，只要人类能达到第四级，即使最终被困死在太阳系内，但发射无人探测器的成本将会很低，人类在宇宙中会留下大量的痕迹。

其它文明也一样。

现在问题来了，为什么宇宙如此寂静？

个人认为，从目前的理论储备，技术水平和复杂度发展趋势来看，难以通过的筛子就是从第三级文明跃进到第四级的关键技术：可控核聚变。

考虑到宇宙中的资源分布（绝大部分是轻元素），任何文明在认识到恒星发光原理后，可控核聚变都是解决能源和动力的理性选择。

可控核聚变的意义无论如何叙说都不过分。

一方面，任何能够实现可控核聚变的文明，理论上获得了几乎无限的负熵流，即使技术层次上没有再度发生质变，也可以近乎永远的生存下去，到达此阶段的文明，发射无人探测器的成本会变得很低，在近乎无限的文明延续时间里，最终发射的探测器数目将会达到一个惊人的地步。

另一方面，如果能够实现可控核聚变，文明的航天推进技术就有可能发生质的变化（这也是现在所谓的新能源所不能做到的）。钱学森在几十年前就指出，有了可控核聚变，宇宙飞船的航行速度将会大大提高，恒星系内航行将变得很容易。人类将会成为真正的第四级文明。而任何能发展到第四级的文明，骨子里都不缺乏冒险精神，如果有了可控核聚变技术，相信会开始建设恒星际飞船，即使是一去不回，但可控核聚变技术使得生态自循环系统成为可能，飞船能够维持上万年，有人探测器将会一代代的出发，飞向茫茫星空。

如果这样的话，星空绝对不是现今看起来那么寂静。

7.4 一根小火柴

人类文明到达现今这个程度很不容易。

三十亿年前，原始海洋中出现了第一个可复制自身的有机分子；

三亿年前，动物从海洋登陆；

三百万年前，古猿人笨拙的走下树木，靠着双腿蹒跚向前；

三万年前，原始人类开始尝试着播种，试图把太阳能固定下来；

三百年前，牛顿第一次系统的描述科学，瓦特准备改进蒸汽机，

地球文明通过了一层又一层的筛子，

1969年，在土星五号火箭的轰鸣声中，人类认为星空是那么的近，人类是天眷种族。

但人类现在可能真的遇到了一个大麻烦。

回顾人类的历史，就是一部追逐负熵流的历史。早期阶段，如果在某一区域繁衍过度，吃光了地上的产出，就迁徙到有食物的地方。慢慢的，人类走出了非洲大草原。迁徙，是人类文明解决生存压力的最常见手段。最终，人类遍布全球。

可是眼下，人类又有压力了。

维持现在的工业文明，需要海量般的负熵，人类每年需要的能源是如此巨大，以至于几亿年形成的化石能源在区区数百年里就会被耗尽。而核裂变资源有限，现在只占人类一次能源消费的很小比例，如果全靠核裂变，就是有增殖堆，能够支撑的时间也有限。即使人类可以把矿井打穿地壳，获取深层次资源，但人类是在一个封闭的室内点火，大气圈内有毒气体的积累会扼杀人类的未来。

更不要提传统能源难以提供高速航天所需的动力（有网友计算过，烧光一个地球的物质，化学火箭都难以到达 Kepler 452b）。

有时在想，其他文明的星球上如果石油煤炭要是少那么一点点，让他们还来不及点燃反应堆，来不及点燃加速器，对核能了解甚少，那他们的前途将是如何呢？

按照人类目前的技术水平，新能源还远不足以替代化石能源，更不要说比传统化石能源高一个层次。或许人类永远没有机会谈论“别人”。因为人类极有可

能来不及点燃聚变堆。

人类已经在可控核聚变上花费了将近 60 年的时间，实质性进展基本为 0，全世界联合起来，ITER 的工程进度还一拖再拖。人类科学史上，还没有一项技术耗费了如此长的时间，看似触手可及，但就是找不到突破途径。

地球文明已经进入一个关键点。有网友称为文明的临界点！

在黑暗的宇宙森林中，行星上的化石能源是一根小火柴，如果能够点燃宇宙提供的木头，那么将会获得整个森林，或者说，冲破地球蛋，孵化成功，获得宇宙广阔新空间；如果不能，那就会困死在地球上，和那些寂静的星球一样，依靠太阳能和地热维持一个低层次的文明。

从宇宙大寂静来看，人类突破成功的可能性是微乎其微。

面前的筛子可能就是人类的最终宿命。

无尽的星空是人类前进的动力，但也可能是人类永远达不到的目标。

8 反思和总结

在第一版帖子中，针对“反科学”的指责，笔者就说过，帖子的缘起是看到一个另外一个帖子，心有所感而随手写的，本来是期望通过写贴来磨砺自己的思维。但在辩论和搜集资料的过程中，慢慢有了一些其它想法。其中复活节岛的悲剧让人惊悚，而科技噱头的横行更让笔者感觉到有必要提醒一下大众：进步没有想象中那样容易！把现状说清楚，摆正好心态和梳理好制度，这是面对下一级技术台阶所必需的准备工作。

8.1 复活节岛的悲剧

复活节岛，也称“拉帕努伊”，意为“石像的故乡”，是地球上有人居住的最偏僻、最遥远、最孤独的海岛，它距离智利的东面有 3 0 0 0 多千米，离它最近的有人居住的小岛——皮特克恩

岛也在 2 0 0 0 千米之远。根据考古，基因，语言，民俗等研究表明，复活节岛的居民是从太平洋来的波利尼西亚人，这个已经得到学界的承认。波利尼西亚人是天生的航海民族，依靠原始航海技术就能跨越大范围水域。由于某种不可知的因素和幸运（随机扰动？？），小部分人来到复活节岛。在这之后，就和外界失去了联系，成为一个近乎全封闭的孤立体系。

历史上的复活节岛是一个物产丰富，林木茂密的岛屿。科学家通过孢粉测试证明，复活节岛上曾有过高 20 米，直径 1 米的智利酒松。实际上，直到人类定居岛上的早期，复活节岛一直是被高大树木和繁茂灌木覆盖着的温带森林。丰富的资源使得岛上的原始居民不劳作便可衣食无忧，因此人口开始膨胀，后来岛屿的居民开始制作巨大的石像，人口的膨胀使得资源得到很大的破坏，特别是制作石像需要砍伐大量树木，使得树木开始消失。科学家对炉灶和垃圾堆中的样本进行放射性碳年代测定显示，大约在 1640 年前后，木柴已经被草本植物所取代，即便是酋长家也是如此。

考古研究表明，海豚曾经是岛屿居民的主要食物，但是到了 1500 年左右，岛屿居民的垃圾中已经找不到海豚的骨头了，原因很简单，因为树木已经砍伐殆尽，

已经没有木材制作大船出海捕捉海豚了。没有了巨木制造的舟船，幸存者也无法远航渔猎，他们开始转向从未使用过的食物来源：人类本身。在复活节岛后期废弃物堆遗址中，人类骨骼随处可见，有些骨头被敲碎以便吸取骨髓。岛民的口头历史中至今仍充斥着人吃人的故事，而对敌人最具攻击性的辱骂莫过于：“你妈的肉塞了我的牙缝。”

到了 1700 年左右，由于战争，饥饿的发生，岛屿的居民只有 2000 人左右。但幸运的是，在历经近千年的隔绝之后，1722 年，荷兰探险家雅各布·加洛文来到复活节岛，让复活节岛和外界再度有了联系（虽然同来的有疾病和奴役）。但是他随即发现，这座日后以“复活节”命名的岛屿只是块荒地，岛上找不到一棵树，灌木和杂草高不过 3 米。

可能有人说复活节岛太小了，注定灭亡。地球看起来很大，但在宇宙尺度上，地球可能还不如复活节岛。某位院士评价：“复活节岛是太平洋上的一个孤岛，我们地球也是漫漫宇宙中孤独的生灵。所以说复活节岛就是地球的一个缩影。”

18 世纪的某种随机扰动，让地球文明开始进入工业社会，人口迅速膨胀，能源和资源消耗急剧增加。复活节岛上的居民最终砍光了木材，无力制造大船出海捕鱼，更无力远航到其它的岛屿和大陆，结果被活活困在一个小小的岛上。人类工业文明正在以空前的速度来消耗地球上的资源，如果不能在资源和能源消耗的关键节点到来之前（比如说，还能承担得起可控核聚变系统的研发和部署费用），在获取新层次负熵流上取得重大突破，极有可能被永远困死在太阳旁的小石头上。

如若这样，对于宇宙来说，人类的一切悲欢离合和雄心壮志都没有任何意义，都注定要烟消云散。

8.2 理性不代表悲观：资源有限还是边疆尽头？

在第一版帖子写出来之后，无数人指控笔者散布“悲观主义”。甚至有网友把笔者比喻成邪教份子，号召推翻现代的工业文明和秩序。尤其令笔者哭笑不得的是，有人指责笔者为计生部门的枪手，宣扬资源有限，人类必须控制生育。种种情绪化的发泄，让人啼笑皆非。

事实上，笔者一再强调，即使按照现在的速度，地球上的资源也足够支撑 100-200 年。以石油为例，陆地上很多地方都没有勘探，而海洋石油更是前景广阔。当石油价格涨到一定程度，自然会诱使资本去开发以往认为不值得开采的石油，进而使得石油价格有一定回落，页岩油的开发已经证明了这一点。整体上，人类目前只在地球表面活动，而地壳内的资源蕴藏量超乎人类的想象。

笔者写贴的目的只是想指出：负熵流的获取成本越来越高，会对人类的社会结构造成重大冲击。未雨绸缪，人类可能需要改变一些过去 300 年形成的观念，不要理所当然的认为技术会永久进步下去。把文明的前途建立在技术持续爆炸的臆想上是很不负责任的。

在资源问题之外，还必须强调的是，技术革命的停滞还会对人类社会构成一个意想不到的威胁。

也许有很多网友会说，既然还有那么多资源，现代技术能够达到的水平也足够大众过上不错的日子了，为什么一定要冲出地球呢？

现代人类社会的很多制度和理念，是从西方传播到全世界。自由民主和平等，已经成为普世公理。而这些理念，在西方也并不是一开始就有的，西方古代的奴隶制，宗教压迫和等级制，并不比其它文明高尚到哪里去。溯源自古希腊的很多思想，其实是在技术进步的年代，逐渐开拓新边疆而培育出来的。

弗雷德里克·杰克逊·特纳是美国历史上一位著名的历史学家，1893年在芝加哥美国历史协会年会上他宣读《边疆在美国历史上的重要性》一文，奠定其在美国史学界的地位。简单点，就是推动历史的并不是马克思所说的阶级斗争，而是地理环境的扩张。必须指出，“边疆学说”并不单是应用于美国历史，从1500年以来的全球历史，某种意义上就是技术开拓新边疆，拓展负熵流的历史。

特纳在1893年的演讲中指出，美国的平等民主制度，个人主义与革新精神，其源泉不是法律理论，不是判例，不是传统，也不是国家或民族的血统，而是边疆（也有人翻译为前线）的存在。

如下一段引用自《赶往火星 红色星球定居计划》一书，作者是先锋航天公司总裁，前NASA工程师罗伯特祖布林，译者阳曦，徐蕴芸（笔者第一次看到是在<http://www.zhihu.com/question/20411287?sort=created&page=4>，在此加以感谢）。

“

特纳继续阐述自己的核心观点：“曾经一度，前线打破了传统束缚，提供新体验，产生新制度，出现新格局；对美国而言，一直在后撤的前线同样意味着这一切，甚至更多。”

特纳的观点是一颗智性炸弹，数年间，围绕这个观点产生了整整一个学派的历史学家。他们证明了不仅仅是美国文化，还包括以美国为代表的整个人类文明的进步，都主要是从探索时代（Age of Exploration）开始的。就在那个时代，欧洲开辟了全球移民的大前线。

特纳的论文发表于1893年，就在三年前，1890年，美国前线走向了终结：一直以来界定西部扩张最远端的移民线与从加州一路东来的移民线迎头相撞。一个世纪以后的今天，我们面对的正是特纳提出的问题：如果前线真的消失了，怎么办美国所坚持的一切，会怎样？如果失去了成长的空间，一个平等，自由，创新的社会还能幸存下来吗？

“

特纳的思想深深影响了美国社会，1960年代，肯尼迪总统推动阿波罗登月计划的时候，就喊出了“新边疆”的口号，阿波罗登月计划所取得的很多技术成就，也极大地改变了人类社会。

而在地球的另一端，中国文明为特纳的担心提供了一个活生生的例子，唐代中叶以后，随着华夏农耕文明边疆的固定，没有了新的拓展空间，华夏文明引
资水东流 总访问次数:

来了一个技术停滞年代。春秋时代的封建体系和观念彻底退出历史舞台，诸夏变成了一夏，华夏文明开始转向内省，专制集权日益增加，这反过来抑制了技术的发展。

因此，拓展宇宙空间是人类文明最重要的事情。如果没有可供成长的前线，没有技术开拓的新空间，马尔萨斯主义是不言而喻的真理；而在一个封闭的空间，热力学平衡状态是所有人的噩梦，人类社会的多样性会迅速丧失（事实

上，人类社会的熵增已经很高)。这两者结合起来，不一定等到资源耗尽，专制主义和大范围权利控制会卷土重来（计划生育就是一个典型例子），建立在人文主义，科学，自由与进步基础之上的整个现代文明都必将消亡。

8.3 研发需要范式革命

过去百来年形成的研发机制，目前看来无法应对新的技术台阶。问题在哪里？任何一项机制运行久了，都会劣币驱逐良币，导致体系内的熵值增加。很多很多的因素在束缚着人类潜力的释放，研发机制本身需要一场范式革命。

出于安全性，8.3.1 和 8.3.2 就不详细论述了，未来如果环境很宽松，再把这两小节补上。技术大停滞第二版中有一些基本观点，有兴趣的网友可以去看看。

最近屠呦呦获得了诺贝尔奖，很多人在争论集体和个人作用孰大孰小。以诺贝尔生理学或医学奖组委会秘书格兰·汉森（Goran K. Hansson）对此加以反驳的一段话作为本文的结束语：

“毕竟，个体才能作出发现，而不是组织。在组织和机构变得愈发重要和有权力的时代，从中辨识出真正具有创造力并改变了世界的个体也变得愈发重要。”

本文地址：http://blog.sina.com.cn/s/blog_3c4e19860102w41l.html