

云计算时代

本质、技术、创新、战略

刘黎明 王昭顺 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

云计算时代

本质、技术、创新、战略

刘黎明 王昭顺 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

云计算已经不仅仅是一项技术，或一个产品，或一种商业模式，它已经代表了 IT 产业的一个新的浪潮和时代。深受传统知识、思维、利益影响的专家、学者、厂家、媒体，从不同的角度阐释自己的观点，或有意或无意、或多或少地推动着云计算的车轮滚滚前行。而在此过程中，很多 IT 人士包括云计算从业人士，以及更多关注 IT 的人，却在看似清晰的云计算时代门口，感到彷徨和不懈。

本书用普通读者可以理解的语言，介绍云计算时代的本质和发展过程。首先解释了云计算时代到来的必然性，以及对整个 IT 行业和日常生活的影响，全面介绍了全球云计算领域最前沿的创新，并阐释了云计算何以作为经济持续发展的引擎，剖析了中国云计算市场的状况并对今后几年的发展做出了预测，同时以全面的视角和深入的细节介绍了云计算的技术体系和核心技术。最后剖析了云计算七巨头：亚马逊、VMware、Salesforce、IBM、微软、Google、Rackspace 的云计算战略，介绍了外国政府和中国政府对云计算的支持策略，并对个人、企业、政府如何拥抱云计算时代提出了建议。

本书适合希望了解云计算的本质和趋势的读者阅读。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

云计算时代：本质、技术、创新、战略 / 刘黎明，王昭顺著.
北京：电子工业出版社，2014.6
ISBN 978-7-121-23187-2

I. ①云… II. ①刘… ②王… III. ①计算机网络—研究 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 094876 号

策划编辑：董 英

责任编辑：徐津平

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：720×1000 1/16 印张：20 字数：400 千字

版 次：2014 年 6 月第 1 版

印 次：2014 年 6 月第 1 次印刷

印 数：4000 册 定价：59.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。
服务热线：（010）88258888。

前言

完成本书历时 6 年，这是全球云计算从蛰伏到快速发展的 6 年，也是中国云计算从无到有的 6 年。

在 2008 年 3 月，我回到北京，作为第 1 名外聘员工加入世纪互联云计算事业部。其实世纪互联在 2008 年 3 月后才把下一代数据中心事业部改为云计算事业部，事业部的重心也由绿色数据中心和增值业务转变为云计算基础设施服务。

在此之前，我在思科上海研发中心开发 UDF（Universal Disk Format，通用磁盘格式）文件系统和 VOIP（Voice Over IP）电话。其间，我发表了一篇 UDF 的论文，发布了一个虚拟磁盘系统 ngfs。自认识了当时在世纪互联负责云计算事业部的蒋建平后，在个人感情和新的工作机会的召唤下，没有任何思考，我回到北京。

自那以后，至今已有 6 年，虽然我所工作的公司发生了变化，但我的工作范围一直没有离开云计算和 IaaS 一线，尤为重要，没有离开国际云计算发展的一线。其间，我在国外的各个社区里经历了云计算概念的激辩和形成过程，经历了亚马逊、IBM、惠普、Oracle 对云计算认识的演变和战略的调整，也经历了 Eucalyptus、OpenStack 和 CloudStack 的创立和兴起，更经历了 Rackspace、GoGrid、RightScale 等创新公司的成立和发展。

国内在 2008 年和 2009 年时，云计算不但念起来不顺口，说起来也很难被业内的人和媒体理解。“云”和“计算”这两个词在以前并没有关系，突然变成了一个名词，就像你现在说“云计算”一样不自然。那时我拿着云计算服务的

材料去申请政府扶持，专家们基本一致认为云计算没有技术价值，也没有实际价值，又是一个营销名词。甚至业内和公司内部的人在仔细研究之后认为，云计算就是把一台服务器分成好几个小服务器，租给不同的人，难登大雅之堂，传统的虚拟机等业务已经证明了。当然，后来有很多专家，甚至博士、教授以及更高层次的专家想尽各种办法，向业界解释云计算，典型的有发电机与电网的比喻，还有一个专用教室与公用教室的比喻。

在 2008 年和 2009 年，国内几乎只有世纪互联云计算事业部在为云计算呐喊和实践。到了 2010 年，盛大云和阿里云有了实际的动作，盛大云开始招聘员工，阿里云忙着搭建飞天等系统，市面上能见到产品和服务的公司只有前身为世纪互联云计算事业部的云快线，也叫 CloudEx。随后在 2011 年，盛大云和阿里云刚上线后，云快线就突然解体。现在只能说，在种种原因中，能说得出来的内部原因都是间接原因，真正的原因还是急于求成。云快线的实力自然没有阿里云雄厚，在系统上推倒重来的次数可能没有阿里云多，但在产品上也是有过推倒重来的过程的。因为急于求成，所以进展缓慢，因为进展缓慢，内部问题不断积累，积累到最后，没有倒在冲锋陷阵的战场上，而是自己轰然解体。这绝不只是云快线面对的问题，这几乎是中国所有的公司都面对的问题。也许中国人习惯了炒股、炒楼、炒大蒜赚钱的快，对于基础研究、基础性运营型产品，缺乏耐心。

盛大云是另外一个例子。盛大云在 2010 年年初才开始组建团队，对其能在 2011 年年初就推出四五个产品，我是非常惊讶的。可以说，盛大云投入很大，执行力也很强，执行的是全面模仿亚马逊 AWS 的战略。但是，问题也很大，当然，这是马后炮、事后诸葛亮，我最初并没有料到他们的问题的影响会那么大。有两个重要的问题盛大云没有重视：国内 IaaS 现阶段的目标客户，以及中国特殊的带宽现状。这两个问题在快速发现、快速行动的情况下是可以时间解决的，但不幸的是，在问题爆发的时候盛大云正在与阿里云展开激烈的市场竞争，任何问题都可能导致竞争天平的倾斜，更何况这么重要的问题。市场和客户没有给盛大云那么多时间，当然，盛大的决策者也没给盛大云那么多时间。在书中我将会进一步剖析这两个问题。

我一直认为阿里云进入 IaaS 是无心插柳的，但能不能柳成荫现在还不好说。很多媒体人和阿里巴巴的员工都宣传阿里巴巴很有远见，宣传阿里巴巴从 2008 年 9 月就开始开发云计算，多次推倒重来。但我的猜测是，在 2008 年 9 月阿里云准备开发的是一个现在被称为飞天的系统，那时叫作飞天操作系统。这个系统一直被定义为一个分布式计算平台，其核心是分布式文件系统——盘

古。在书中会讲到分布式计算基本上和云计算没有一毛钱的关系，勉强说的话也只有半毛钱的关系。

这个飞天分布式计算平台据说至少开发了 3 版，其实就是一个特别版的 Hadoop。飞天分布式计算平台和 Hadoop 的关系，考虑到王坚博士对自主知识产权的看重，可以参考阿里云 OS 和 Android 的关系。考虑到阿里云在 2011 年 7 月上线之前经过了近 3 年的开发，我认为飞天分布式计算平台一开始就是为非结构化数据存储和分布式计算准备的，而不是为 IaaS 准备的。IaaS 应该是在其第 3 版开始时或者是在 2010 年 3 月组建九泉项目组时才提上工作日程的。王坚博士对媒体表示，公司无意大兴土木来布局云计算基础设施，而是提供应用平台服务。

阿里云后来面临的重大问题就和上面描述的过程，特别是飞天系统有关，特别是阿里云决定所有产品都要基于飞天系统来开发以后。阿里云决定所有产品都要基于飞天系统来开发，是基于技术考量还是公司内部政治考量不得而知，或者两个原因都有，但至少其中一个原因起到了决定性的作用，因为都是合理的理由。因为飞天系统对存储和计算能力的整合池化，从技术的理论上说得过去。而飞天系统是整个阿里云和很多阿里云重要人物 3 年的成就，如果在阿里云的发展中不能起到决定性作用，那就不是面子的问题，是要有人为此承担责任的。当然，实际结果是有些服务确实不能给予飞天系统，比如 RDS。而诸如云服务器之类的产品，一直基于飞天系统，它既决定了阿里云在初期与盛大云的竞争中能避免磁盘故障而获得竞争优势，也决定了后来阿里云在拓展高质量客户的过程中，能对云服务器进行的性能提升非常有限。关于阿里云的策略和技术架构，在书中还有讨论。

本书历时 6 年，书中当然有描述中国和全球的云计算发展脉络，但更多的内容不在于此。

我自 2008 年从事云计算工作以来，陆续有零星的博客和文章发表，或者数百字，或者数千字，多者能达到 2 万字。对 2 万字的博客《中国 IaaS 产业 2012 年度点评》，有人称之为超级软文，也有人称之为价值五位数的分析报告。作为一篇文章，确实很长，可以称之为报告；作为一篇软文，里面提到了 20 家公司，当然也顺便用了不大的篇幅提到了我当时工作的 LinkCloud。但无论是作为博客、报告还是软文，我都没有因此获得经济利益，最大的效果是分享了我的观察和思考，包括当时的市场现状和存在的问题。

本书内容贯穿了我这 6 年多来的职业生涯，取自我撰写和发表各类博客、分析报告、PPT，当然，对所有的内容我都做了更新和完善。毕竟发表几十篇博客，即使有的博客达到了一两万字，与写一本书还是有很大不同的：除了内

容多少不同，质量要求不同，更大的不同是连贯的思路、思维和精神需要在整本书中贯穿始终。

元年复元年，元年何其多。自 2011 年以来，几乎每一年都被媒体或云计算乐观人士称为云计算元年，元年真的到了或者过去了吗？创业公司、投资公司、投机者和务实者期待的爆发点到了吗？还是让本书来回答。

虽然我一直从事产品和研发工作，间或从事一些市场工作，但我在以前的公开文章中很少谈产品和技术细节，一则是想通过工作之外的互动弥补自己在工作内关注不到的方方面面，二则是关注和能够理解产品和技术细节的人相对较少。但是本书中对云计算联系紧密的技术，从广度和深度上都讲述得相当充足，当然，不会在这里涉及代码的层次。无论是技术或是非技术性的，我都从行业内的人士那里得到很多有用的观点和内容，对很容易找到出处的我会在书中做出说明，难以找到原始出处的就暂时没有提到原始作者，但在书后附了我能找到的出处。

云计算布道师，这是一个我自封的头衔，从没获得任何公司或官方的任命和承认，但它却是我这几年在工作身份数次变换之外的一个不变的我自我认知。正是因为不需要别人的任命和承认，这个头衔我可以一直用。反映到本书上，尽管技术内容有相当的广度和深度，但这却表示本书描述的是一个时代、潮流和变革。

本书将从剖析云计算时代的必然性趋势开始，拨开云雾认识云计算的本质，探讨云计算如何重塑 IT 产业格局并影响我们的生活，进而介绍云计算对于创新的重要推动力和全球的云计算产业创新现状，分析中国云计算市场的优劣势和市场现状并提出建议，也做出一些关于云计算市场发展的预测。关于技术性的内容当然占据了相当大的篇幅，相对通俗地介绍了虚拟化、PaaS、运维自动化和 DevOps、分布式存储和计算、SDN、NoSQL，并在业界首次分析了主要云服务的架构。最后则分析了国内外政府在云计算时代所做的事情，解剖了云计算七巨头的策略，对企业和个人如何迎接和拥抱云计算时代给出了建议。

王昭顺教授负责了本书第 3、4、6 章的部分内容，王教授同时也是我在北京科技大学的硕士生导师，在此一并感谢他的教导和对本书的贡献。

本书能够面世，也得到了电子工业出版社博文视点的董英编辑和张国霞编辑的帮助，感谢她们的理解和辛苦。

还要感谢我的家人，特别是我的爱人阮方和女儿刘文涵，还有父亲刘世银、母亲汪兴秀、岳母陈金莲，以及已经去世的岳父阮永国。因为工作，以及准备本书，我在很多时候忽略了对他们的关心和照顾，他们的理解就是我的动力。

刘黎明

目 录

第 1 章 必然——从远古到云计算	1
1.1 生产力是社会进步的标志	2
1.1.1 生产力是什么	2
1.1.2 生产力简史	3
1.1.3 满足需求的能力就是生产力	5
1.2 人类历史的三次生产力革命	5
1.2.1 农业革命	6
1.2.2 工业革命	7
1.2.3 信息革命	8
1.3 电子信息产业的三次变革	12
1.4 云计算兴起的推动力	13
1.4.1 虚拟化技术成熟	13
1.4.2 宽带的普及	14
1.4.3 互联网应用增加	14
1.4.4 服务器浏览器开发技术的进步	14
1.4.5 IT 基础设施利用率低下	14
1.4.6 数据中心能耗问题突出	15
1.4.7 IT 管理与维护成本提高	15
1.4.8 经济危机	16
1.4.9 Web 2.0 应用的特征	16

1.4.10	移动互联网和智能终端的兴起	16
1.4.11	大数据成为问题和需求	16
第 2 章	本质——火眼金睛洞穿本质	17
2.1	云计算的起源与演化	18
2.1.1	云计算起源	18
2.1.2	云计算源头——IBM-Google 并行计算项目	19
2.1.3	云计算源头——亚马逊 EC2 产品	20
2.1.4	云计算概念的演化过程	20
2.1.5	那些不能被遗忘的先驱们	21
2.2	云计算定义不需要百花齐放	22
2.2.1	云计算的定义	23
2.2.2	云计算的五大特征	23
2.2.3	云计算的三大服务模式	23
2.2.4	云计算的四大部署模式	24
2.2.5	广义云计算	24
2.3	云计算是信息行业的四个现代化	25
2.4	那些错误的认识	26
2.5	前途是光明的，道路是曲折的	31
2.5.1	炒作周期	31
2.5.2	云计算炒作过程	32
2.5.3	泡沫破灭之后才是新生	35
第 3 章	影响——无处不在地改变生活	37
3.1	云计算产业链具备雏形	38
3.2	云计算冲击波威胁和升华现有 IT 格局	40
3.3	云计算影响遍及 IT 各个领域	46
3.4	云计算还将影响社会生活	50
3.5	云计算如何影响国家竞争力	52
3.6	IaaS 与 PaaS 容易陷入热恋	58
3.7	PaaS 就是云计算中间件，有前景但不是主流	59
3.8	从 SaaS 到 XaaS	60
3.9	对全球云计算市场的预测	61

第4章 创新——经济持续发展的引擎..... 63

4.1 创新、创造与创业.....	63
4.2 IaaS 创新、创业的核心.....	64
4.3 IaaS 先驱不分公司大小.....	66
4.4 IaaS 创新、创业.....	70
4.5 虚拟化创新、创业.....	71
4.6 存储和网盘创新、创业.....	74
4.7 IaaS 增值服务.....	77
4.8 PaaS 的创新、创业.....	81
4.9 SaaS 和 XaaS 层的创新、创业.....	83
4.10 云安全创新、创业.....	85
4.11 SDN 和 SDX 创新、创业.....	87

第5章 差距——中国云计算落后了5年..... 91

5.1 唱衰是因为有太多期待.....	92
5.2 劣势.....	93
5.3 优势.....	102
5.4 私有云.....	104
5.5 公有云 Enabler.....	105
5.6 云存储.....	106
5.7 IaaS 关键要素.....	106
5.8 IaaS 市场.....	107
5.8.1 谁先开始干云计算和 IaaS.....	107
5.8.2 追忆云快线.....	108
5.8.3 还有谁参与进来了.....	111
5.8.4 中国 IaaS 产业相对于全球的水平.....	113
5.8.5 IaaS 在中国发展面临的问题.....	113
5.8.6 IDC 公司的 IaaS 机遇与挑战.....	114
5.8.7 中国 IaaS 魔力象限图.....	118
5.8.8 那些虎视眈眈的外资巨头.....	120
5.8.9 盛大云磁盘事件.....	121
5.8.10 阿里云 IO 事件.....	123
5.8.11 以阿里云为代表的第一阵营.....	124

5.8.12 以百度云、腾讯云、盛大云、UCloud、QingCloud 为代表的第二阵营	126
5.8.13 以 LinkCloud、太平洋电信臻云等为代表的第三阵营	130
5.8.14 以华为、中国电信、中国联通、中国移动、京东、金山为代表 的第四阵营	132
5.9 PaaS 市场	133
5.10 对中国 IaaS 和 PaaS 市场的预测	134
5.11 SaaS 与 XaaS 市场	139
5.12 寄语中国	140
第 6 章 技术——创新的引擎	141
6.1 虚拟化——不是新瓶装旧酒	142
6.1.1 虚拟化简介	142
6.1.2 数据中心虚拟化和私有云不是等价的	144
6.1.3 对几种硬件虚拟化的比较	145
6.1.4 Type1 和 Type2 之争	149
6.1.5 主流 Hypervisor ESXi XEN Hyper-V KVM	150
6.1.6 半虚拟化驱动	154
6.1.7 动态内存和内存去重	157
6.1.8 存储与 I/O	166
6.1.9 快照与迁移	173
6.1.10 硬件辅助虚拟化	181
6.1.11 虚拟化管理与私有云开源项目	193
6.2 PaaS 平台——IT 基础设施不再重要	196
6.3 DevOps——运维翻身仗	198
6.3.1 基础设施管理与监控	198
6.3.2 DevOps 的诞生	199
6.3.3 DevOps 的好处	201
6.3.4 如何实施 DevOps	203
6.3.5 技术与工具	204
6.4 分布式存储和计算——大数据的基石	209
6.4.1 信息与数据	209
6.4.2 CAP 理论和 BASE 理论	212
6.4.3 分布式文件系统	218

6.4.4	分布式对象存储系统	226
6.4.5	分布式块存储系统	230
6.4.6	分布式计算系统	231
6.5	虚拟网络和 SDN——死水翻浪要变天	233
6.5.1	SDN 简史	234
6.5.2	OpenFlow	235
6.5.3	SDN 来了——有人欢呼有人恐惧	239
6.5.4	SDN 开源项目	244
6.5.5	SDN 两大组织 ONF 和 OpenDaylight	247
6.6	NoSQL 数据库——重点不是 SQL	250
6.7	云计算架构实例——不是秘密的秘密	252
6.7.1	网络应用架构	252
6.7.2	亚马逊 AWS EC2 架构	255
6.7.3	阿里云架构	257
6.7.4	IaaS 块设备架构	259
第 7 章	拥抱——真心加行动赢得芳心	260
7.1	安全是一种恐吓	260
7.2	标准从来不是大问题	262
7.3	巨头的战略	265
7.3.1	亚马逊——公有云之王	265
7.3.2	VMware——私有云之王	271
7.3.3	Salesforce——SaaS 始祖和 CRM SaaS 之王	276
7.3.4	IBM——IT 管理之王	278
7.3.5	微软——桌面软件之王	281
7.3.6	Google——网络服务之王	285
7.3.7	Rackspace——虚胖的小伙子	286
7.4	有形的政府之手	287
7.4.1	外国政府如何支持云计算	287
7.4.2	中国政府支持力度不落下风	290
7.4.3	政府和社会还需要做什么	293
7.5	拥抱	300
参考资料		304

第 1 章

必然——从远古到云计算

是什么贯穿了上古到云计算？是生产力的进步。

不认识到这一点，你可能是云计算的反对者、怀疑者、旁观者，也可能是云计算的跟风者、投机者，也可能是云计算的从业者，但你绝不可能是云计算的坚定支持者，也不大可能对云计算的本质有深入的理解。

如果对云计算的本质没有深入的理解，如果不是云计算的坚定支持者，无论是公司还是个人，在不可抗拒的云计算浪潮面前，必然只是一个过路人。

经过本章的引导，你将认识到云计算是必然的趋势，也有助于达成第 2 章中对云计算本质的认识。

生产力的进步贯穿了从上古到今天的人类历史，决定了信息行业发展到云计算是不可避免的。

如果不可避免，那就坦然面对，就像面对明天早上的太阳，就像面对秋天的风、冬天的雪。

如果不可避免，那就做好准备，准备好明天早上需要的面包和牛奶，准备好秋天的外套、冬天的棉袄。

那么，云计算真的是这样不可避免吗？

活在当下，不问往事，不想身后事，自然是洒脱的。但从你拾起这本书，翻开这 1 页起，显然你不属于洒脱到这么极致的一类人。你的好学或者好奇令你翻开这第 1 页，在后面你将看到人类如何发展，IT 如何进步，云计算如何发

展到现在并影响未来。

在生产力发展的四大法则——规模化、专业化、精细化、自助化的铁律下，人类作为自然界最具智慧的生物，经过了农业革命和工业革命，终于到了如今可以用日新月异来形容的信息革命。短短几十年，信息革命经过 PC 变革、互联网变革、云计算变革，已经对每个人的生活和每个组织的运作产生了巨大的影响。

且看，在生产力四大法则对社会进步和信息产业的趋势性引领下，云计算变革是如何不可避免的。

1.1 生产力是社会进步的标志

1.1.1 生产力是什么

不知道有多少人会有这样的问题：“我从哪里来，要到哪里去？”或者“生命的意义究竟是什么？”，可能只是有些神经质、吃饱了饭没事干的人才会有这样的想法，没有统计，不得而知。但是至少我，以及一些哲学家、思想家，或者真的是有些神经质、吃饱了饭没事干的人想过这样的问题。

不满足于不知道从哪里看到、听到的“从你来的地方来，去你去的地方去”“生命的意义在于经历磨难”这样似是而非的回答，在最青春的那些年华里，在诗一般的校园生活里，我在路边小摊和图书馆里，如饥似渴地搜寻着，看那些哲人是否能给出一个答案。老子、黑格尔、叔本华、尼采，一路下来，却还是没有明确的答案。

直到最近，我才得出最新的结论：每个人，都裹挟在历史的洪流中，促进着人类社会的进步。这不是一个精确而具体的答案，但针对抽象的问题本来就不会有精确而具体的答案。这应该是一个难以被驳倒的答案：每个人，从出生起，无论是伟大还是平庸，善良还是邪恶，英雄还是小人，都扮演着社会需要的角色，跟随或者促进着社会的发展进步。这个过程，似乎不受个人是主动还是被动、意识到还是没意识到而发生改变。

从昨天到今天，从去年到今年，社会进步了吗？这个当然不能仅仅用工资和 GDP 来衡量，政治法律制度、科学文化发展水平、道德风尚和文学艺术都是衡量社会进步的标准，但是生产力发展水平则是衡量社会进步的根本标准。当然，生产力也不仅仅是进行工业和农业生产的能力，生产力是人类运用各类专业科学工程技术，制造和创造物质文明和精神文明产品，满足人类自身生存和生活的能力。在某些高中课程中对生产力的定义是“人类改造自然的能力”，

该定义显然不够全面。

当然，没有东西是静止不变的，世界万物如此，知识如此，生产力的定义也是如此。通常讲，我们对生产力的认识大致经过 3 个阶段。

- 第一阶段，生产力是征服和改造自然的能力。
- 第二阶段，科学技术是第一生产力。
- 第三阶段，生产力是创造财富的能力，资本是第一生产力。

下面我们回顾一下生产力发展的简史和生产力的概念，体会规模化、专业化、精细化、自助化在其中的应用，并提出“生产力就是满足需求的能力”。其中，规模化的概念在工业革命之后不断深化，直到现在规模化依然是制造业的法宝；专业化等同于分工，而在亚当·斯密于《国富论》一书中强调劳动分工会引起生产的大量增长之后，“分工”一词已被人们广泛认可；精细化和自助化直到最近几个世纪，“服务”一词出现以后才有明显的表现形式。但这只是表面，或者只是我们从理论上和工业化中看到的规模化和专业化，事实上，在工业化之前甚至在人类发展之初，规模化和专业化就已经开始起作用了。特别是规模化，人类依靠群居的生活方式才得以在自然界的残酷竞争中生存下来，群居其实就是一种规模化的表现形式。

1.1.2 生产力简史

人类在漫长的原始社会时期，自身的行为既没有改变自然，也没有造就自然，人类所能控制的只是人类自身。这时的生产力如果存在的话，也只是利用自然的能力，比如找到一棵有果子的树并将果子摘下来的能力。

距今约 260 万年前，人类进入了旧石器时代，第一次有了属于身体以外的工具，用来自自然界的工具改造自然界。可以说在这时专业化就开始起作用了。手很灵活，能做很多动作，但用手来改造自然界显然效率是很低的；而石斧虽然不那么灵活，却坚硬、锋利，用它来改造自然界显然效率更高。将手和石斧的功能分开来，就是一种专业化：手专门用来制作生产工具，当然也完成其他一些功能；而石斧专门用来做需要很大的力量和更锋利的刃来处理的事情，比如砍树木、宰杀动物。

旧石器时代只能打制石器。人类在这个阶段还只能叫作能人、直立人、智人。最开始的能人只能使用简单的石器，比如石片、食用腐肉和野生植物。大约 150 万年前，直立人开始出现，可以控制火并制造较复杂的石器如石斧。大约 20 万年前，智人，也就是我们现在人类所属的生物物种，才出现在东非。

这时的人类不仅学会了保存天然火，而且学会了人工取火。大约 5 万年前，智人已经基本上和现代人相似了，也可能有了打猎和采矿活动。

距今约 15000 年前，人类进入了新石器时代，可以磨制石器，可以制作表面磨光的石器，这个时代在不同的地方结束于距今 5000 年前到 2000 年前不等。但距今 8000 年前的石头工具大部分还是部分表面磨光，那时是打制石器和磨制石器混合使用，后来逐步过渡到以磨制石器为主，且主要是通体磨光的石器。在这个时期，人类还发明了陶器，出现了原始的农业、畜牧业、手工业。在新石器时代末期，人类已经开始使用天然金属，后来学会制作纯铜器。但是由于纯铜的质地不如石器坚硬，不能取代石器，这一时期也被称为金石并用时代。

旧石器时代和新石器时代合称原始社会，也有人将中间磨制石器出现后打制石器和磨制石器混合使用的阶段称为中石器时代。到了公元前 3000—公元前 2000 年左右，人类学会了制造青铜，进入青铜时代。到了公元前 1000 年—公元初年，随着各地铁器的出现，人类进入铁器时代。从金石并用时代到铁器时代，是原始社会的解体时期，也是阶级社会的形成时期。各种矿物质的发现和冶炼，以及各种工具的出现，正是生产工具越来越专业化的发展形态。

有两个成语可以很好地展示科学产生以前的生产力：精卫填海、愚公移山。精卫填海显然停留在精卫利用自己的身体和大自然的阶段，当然，精卫不是人类；愚公移山的主角即，愚公家族，显然有简单的挖掘和运输工具。现在，山体隧道、海底隧道、围海造田已经是成熟的工程了。

科学技术显然比征服和改造自然的能力更近一步，不但主体变成更抽象的知识和技能，而且对象也不仅仅是人与自然的互动了，也包含了对人自身的认识和改造。科学技术是第一生产力也是大众认可的人人都熟悉的口号。

显然对生产力的认识是随着时代的进步而不断发展变化和演进的，后一阶段的认识是建立在前一阶段的基础上的，而不是否定前一阶段的成果。就像工业革命颠覆了农业社会，但不否定了农业社会和农业。云计算也建立在信息产业数十年发展的基础上，应用了此前的很多技术成果。

生产力是征服和改造自然的能力，是在工业革命兴起不久即 18、19 世纪形成的结论，主要是对农业社会的总结。农业社会主要是人和自然的斗争史，所以生产力着重强调自然。科学技术是第一生产力，其实是为了强调科学技术的重要性，而不是为了说明什么是生产力，这是在 20 世纪科技革命风起云涌的背景下总结出来的。生产力是创造财富的能力和资本是第一生产力，是在 20 世纪最后 10 年和 21 世纪兴起的理念，财富和资本对社会的影响力空前强大，在获得追捧的同时被解释成生产力。

“资本是第一生产力”显然是最近才提出的学术口号，尤其是在中国。这里的资本不仅仅指货币资本或金融资本，它涵盖知识、技能、生产资料等。劳动力密集型和资本密集型产业的存在，同样也是规模化的体现。

1.1.3 满足需求的能力就是生产力

生产力是创造财富的能力，或许可以进一步解释为直接或间接满足自身和他人需求的能力。个人或者组织，如果能满足其他个人或组织的需求，就能创造财富，就是具有生产力的。把马斯洛的需求理论稍微借用一下，人的需求有以下 5 个层次。

- 生理需求，最基本的吃饱穿暖、生儿育女。
- 安全需求，相对安全稳定的免受威胁的生活环境。
- 社交需求，沟通、友情、爱情。
- 尊重需求，自尊心、人格尊严。
- 自我实现需求，自我价值的体现、自我期望的实现。

团体和组织的需求要比这 5 个层次的需求复杂一些，但也基本能用这 5 个层次概括。至此，我们可以说，满足个人或组织需求的能力就是生产力。

1.2 人类历史的三次生产力革命

生产力的发展不仅伴随人类社会发展的始终，更决定了社会进步的过程和速度。在数百万年的人类历史中，生产力发展不断加速。甚至可以说 20 世纪、21 世纪的生产力进步超过了此前 200 万年的进步，无论从哪个角度评估都是如此。

人类近 200 年产生的知识总量远超 200 年前的人类产生的所有知识总量，近 200 年人类创造的财富和消耗的能量也远超 20 世纪、21 世纪以前的总和。

图 1-1 展示了东西方生产力发展公元前 20 世纪—公元 19 世纪的情况。

即使考虑到人类数量的增长，现在人均消耗的能量也远超 200 年前。图 1-2 表明，现代人每天消耗的能量是农业时代的 20 倍。

显然，生产力发展不是匀速进行的，有时会快速发展，有时会停滞，有时甚至会倒退。但总体的趋势是向快速发展的，而且人类的生产力发展可以划分为具有明显特征的几个变革时代：农业革命、工业革命、信息革命。不是说在工业革命之前就没有工业，而是在某个时间内工业快速发展，这个时期就称为工业革命。