

智能科学与技术本科专业系列教材

智能科学技术导论

钟义信 等编著

北京邮电大学出版社
·北京·

前 言

， “ ”

， “ ” :

- ?
- ?
- 、 ?
- ?
- ?
- ?
- ?
- ?

.....

《 》 ， “ ” ， ()

《 》 ， ，

10 。

1 ， ， ()

()

2 ， ， “ ”

3 ， ， () ，

， ()

目 录

第 1 章 科学技术发生发展规律	1
1.1	1
1.2	4
1.3	8
1.4	11
第 2 章 智能科学技术的初步概念	14
2.1	15
2.2	19
2.2.1	19
2.2.2	23
2.2.3	26
2.3	29
2.3.1	29
2.3.2	31
第 3 章 智能科学技术的知识结构	33
3.1	34
3.2	36
3.3	37
3.3.1	37
3.3.2	38
3.3.3	39
3.4	40
3.5	41
3.6	42

3.6.1	43
3.6.2	44
3.6.3	44
3.7	52
3.7.1	52
3.7.2	54
3.7.3	55
	57
第4章 学习原理和学习方法	58
4.1	58
4.1.1	58
4.1.2	60
4.1.3	61
4.1.4	61
4.1.5	63
4.1.6	63
4.2	64
4.2.1	65
4.2.2	67
4.2.3	74
	75
第5章 智能科学与相关科学的关系	76
5.1	76
5.1.1	76
5.1.2	81
5.2	85
5.2.1	86
5.2.2	90
5.3	95
5.3.1	95
5.3.2	99
	102

第 6 章 智能科学技术与经济发展	103
6.1	105
6.2	109
6.2.1	111
6.2.2	112
6.2.3	113
6.3	114
6.3.1	114
6.3.2	(ITS) GPS 118
6.4	125
6.5	128
6.5.1	129
6.5.2	129
6.5.3	130
	130
第 7 章 智能科学技术与社会进步	131
7.1	131
7.1.1	131
7.1.2	133
7.1.3	133
7.2	134
7.2.1	134
7.2.2	136
7.2.3	138
7.3	139
7.3.1	139
7.3.2	145
7.4	148
7.4.1	148
7.4.2	149
7.5	151
7.6	153
7.7	155

7.7.1	156
7.7.2	157
7.7.3	158
7.7.4	159
	160
第8章 智能信息网络	161
8.1	161
8.1.1	162
8.1.2	163
8.2	165
8.2.1	165
8.2.2	169
8.2.3	171
8.2.4	174
8.3	176
8.3.1	177
8.3.2	180
8.3.3	182
	185
第9章 智能科学技术的发展前沿与机遇	186
9.1	186
9.1.1	187
9.1.2	188
9.1.3	190
9.1.4	194
9.1.5	197
9.1.6	200
9.1.7	203
9.2	206
9.2.1	206
9.2.2	207
9.2.3	208
9.2.4	215

9.2.5	218
9.2.6	220
	224
第 10 章 智能系统示例	225
10.1 Ladies	225
10.1.1	225
10.1.2	226
10.1.3	227
10.2	231
10.2.1	231
10.2.2	232
10.2.3	233
10.3	235
10.3.1	235
10.3.2	235
10.3.3	235
10.4	236
10.4.1	236
10.4.2	236
10.4.3	238
10.5	240
10.5.1	240
10.5.2	241
10.5.3	241
10.6	242
10.6.1	242
10.6.2	243
10.6.3	245
10.7	247
10.7.1	247
10.7.2	248
10.7.3	248
	249
参考文献	250

第 1 章 科学技术发生发展规律

凡事都要问个“为什么”。这是避免盲目性、增强自主性、提高自觉性、高屋建瓴胜任愉快地完成任务的必要前提。对于“智能科学与技术”专业的大学新生来说,入学之初,首先应当明白的问题就是:

- 为什么我国要设立“智能科学与技术”专业?
- 为什么需要学习“智能科学与技术”专业?
- 学习“智能科学与技术”专业是这一代大学生的幸运,还是偶然的遭遇?

接着还要进一步问清楚:

- 什么是“智能科学技术”?
- 它与现有的“信息工程”、“计算机科学与技术”、“自动化”等专业有什么关系?
- 它的知识结构是什么?这个知识结构能够赋予学生什么样的知识与能力?
- 怎样才能学好智能科学与技术专业?它在学习方法方面有什么特点和特殊的要求?

同时当然还要特别关注:

- 它在科技进步、经济发展、文明提升、生活改善、安全保障方面有什么特殊的作用?
- 智能科学技术发展的现状如何?年轻一代面临什么样的创新机遇和创新空间?

这些,恰好就是智能科学技术导论课程需要研讨和解决的基本问题。是在理解这些问题的基础上胸有成竹自主学习,还是心中无数被动跟进?两者效果将很不一样。

作为课程的第 1 章,让我们一起登上科学技术发展的瞭望台,探察科学技术发生发展的宏观规律,把握科学技术发展的时代脉络,领略现代科学技术发展的风采,体味智能科学技术迅速崛起后来居上的奥秘和时代赋予现代大学生的崇高使命。

1.1 科学技术发生学:辅人律

任何科学技术的发生发展都不是偶然的,即使出现的具体时间和地点具有偶然性,即

使具体由什么人发现也具有偶然性,但是,这门科学技术究竟是否应当发生,则服从人类社会进步的需求和科学发展的规律。

科学技术不是和自然界一起与生俱来的。在原始时代,世界上既没有科学,也没有技术。科学和技术都是在人类进化的过程到达一定阶段以后由于人类进一步扩展自身能力的需要和自然规律的许可才渐渐萌发出来,并逐步登上科学舞台。那么,科学技术究竟是怎样发生的?它们是在什么条件下萌发出来的?它们的发生机制揭示了什么重要规律?

回答这些问题之前,需要指出一个重要的事实:人类和人类社会的固有本性之一,是不断追求更好的生存发展条件;原有目标实现了,又会进一步追求更高的生存发展目标,永远不会停留在一个水平上。这是人类社会得以不断发展前进的永恒动力。而为了追求更高的生存发展目标,人类就需要不断增强自己的能力,由此导致人类的不断进化。

历史的考察表明,人类的进化分为两个基本阶段:生物学进化阶段(初级进化阶段)和文明进化阶段(高级进化阶段)。

在生物学进化阶段,人类主要通过自身器官功能的分化和强化来增强自身的能力。直立行走和手脚分工,是人类生物学进化阶段的主要标志。直立行走的结果,使人类的视野大大开阔,认识环境、认识世界的的能力大大增强,也使人类身体的灵活性和灵巧性大大增强,适应环境的能力大大提高。手脚分工的结果,人类双手从行走功能中解放出来,手的操作功能大大扩展,使人类适应环境特别是改造环境的能力空前增强。这是一个极其漫长的人类进化阶段。在这个阶段,没有科学,也没有技术。

由于人类生理器官功能分化和强化的有限性,人类生物学意义上的进化过程不可能无限地展开,因而不可能无限地取得显著成效。当人类自身器官功能的分化和强化达到或接近饱和程度之后,由生物学进化所带来的新的能力增强逐渐进入相对稳定的状态。然而,人类争取更好的生存和发展条件的需求却永无止歇地增长着。

这种矛盾激发了人类进化新机制的出现,这便是人类的“文明进化”机制。于是在生物学进化到达“山穷水尽疑无路”的境地之后,人类进化过程便转向文明进化阶段,出现了“柳暗花明又一村”的新的进化前景。

什么是“文明进化”?

与生物学进化的机制完全不同,“文明进化”的基点不再是“眼睛向内”,不再是仅仅通过人类自身器官功能的分化和强化来扩展自身能力,而是“眼睛向外”,试图通过利用外部世界的力量来增强人类自身的能力。如果说“生物学进化”是一种内向性进化,是初级阶段的进化,那么“文明进化”就是一种外向性进化,是高级阶段的进化。

“文明进化”的机制是怎样出现和建立的呢?

这个过程的展开完全是自然而然的,在绝大多数场合是纯粹自发发生的。因此,也经历了相当漫长的摸索过程。

比如,当原始森林中那些长得比较低矮因而比较容易够着的野果被采摘之后,以野果

为食的原始人类就得想办法去采摘长在高处的果实。在漫长的摸索过程中,不知道什么时候什么人曾经不经意地舞弄从地上拾起的干树枝,却意想不到地勾下了长在高处原来徒手够不着的野果!这样,这个身外之物——干树枝——在客观上就“延长”了人手的功能,使原来赤手空拳办不到的事情办成功了。这种不经意的成功其实是一个伟大的发现:人们可以利用身外之物(外部世界的力量)来扩展人类自身的能力。

或许第一个取得这种成功的人并没有立即意识到这件事情具有什么重要的意义,或许他在取得了这次成功之后也就立即忘记了(因为他是在不经意的情况下成功的)。但是,这种偶然的成功包含着必然的成功因素。因此,尽管他自己没有意识到,尽管他的成功也没有引起他人的注意,但是这种成功必然会在别的时候、在别的地方、在别人身上再度出现。这样一而再、再而三、频繁的偶然成功终于被人们所注意,这种个别的经验就成为众人的共识,成为人们共同的信条。这种“借助身外之物,强化自身能力”的方法和手段,正是科学和技术生长的直接机制。

又如,当原始人类在游猎过程中为了搬移阻挡去路的巨石而束手无策的时候,却有一群顽皮的原始人儿童意外地解决了问题。原来,一根断枝的一头插在巨石之下,又垫在邻近的另一块石头之上(构成了一座杠杆),使它的另一头高高翘起;几个顽皮的原始人儿童纵身跳起,吊挂在高翘一端的断枝上嬉戏玩耍,竟把巨石翘了起来!这可使原始人们大喜过望。也许随后这次成功便被忘却了,没有在他们的头脑中留下记忆。但是类似的成功肯定会不断地在各种类似场合出现,于是逐渐成为了许多原始人都体验过的“成功经验”。

实际上,这种搬移重物的经验正是杠杆原理的原始萌芽。杠杆成为有力的工具,扩展了人们的体力。设置杠杆的办法就成为一种有效的技术。在这种应用的反复刺激下,人们脑海中就涌现了“杠杆原理”的概念,成为最早的原始形态的科学知识。

由于篇幅所限,这里不可能叙述当初原始人类经历过的种种“偶然”发现和“偶然”成功的过程。然而,上述例子已经清楚地表明,文明进化(利用身外之物,扩展自身能力)是怎样在长期摸索过程中破土而出,逐渐被原始人们所认识;同样也可以看出,科学技术是怎样在漫长的摸索过程中一次又一次地涌动,终于渐渐被人类所悟解。

人类由生物学进化向文明进化的转变,由“内部器官功能分化和强化”机制向“利用身外之物强化自身功能”机制的转变,是科学技术发生的根本前提。如果没有这种进化机制的转变,科学技术就没有发生的可能,这就是“科学技术发生的条件”和“实现这种发生过程的机制”。这两者的综合,就构成了科学技术的“发生学”原理。

科学技术发生学原理表明,科学技术之所以会发生,根本原因在于人类希望“利用身外之物强化自身能力”。这里,“身外之物”就是通过科学技术手段所创造的各种工具,正是通过使用这些工具,人类自身的能力才得到了有效的加强。

可见,科学技术从它诞生的时刻起,就是为了辅助人类扩展自身的能力,为了扩展人类认识世界和改造世界的的能力,为了使人类能够不断改善自己生存和发展的条件。如果

不是因为“辅助人类扩展能力”的需要,科学技术本来是没有发生的理由和发生的机缘的。

以上的论述表明:“辅人”——辅助人类扩展认识世界和改造世界的能力,辅助人类改善生存与发展的能力——是科学技术所以能够问世的唯一原因。这是科学技术固有的本质特性,是科学技术的全部本质功能,也是“科学技术辅人律”的全部意义和全部内涵。

一般而言,科学的任务是扩展人们认识世界的能力,技术的任务是为了扩展人们改造(更确切地说应当是优化)世界的的能力。当然,科学与技术不是截然分开的,科学理论的发展可以启迪更多的新技术;技术的进步则可以为科学发展提供更强有力的工具。但是,它们各自的定位和对于人类进步的基本贡献仍然各有千秋。

事实上,一切科学技术都是“辅人”的,只不过有些科学技术的“辅人”作用非常直接和明显,有的则比较间接和隐含。但不管是多么直接或间接,科学技术“辅助人类增强认识世界和改造世界的能力”的作用却是不变的事实。如果人类没有“借助外部力量扩展自身能力”的需要,科学技术就失去了发生的内在根据。若有某种科学技术完全没有“辅助人类扩展认识世界或改造世界能力”的作用,那么,它就不会被人们所关注,并终究会被忽视而遭到埋没。

1.2 科学技术发展学:拟人律

科学技术发生学的原理被归结为“辅人律”,这是 1.1 节讨论所得到的一个十分重要的结论。那么,科学技术按照人类“扩展能力”的需要生长起来之后,又会按照什么规律向前发展呢?这就是本节要探讨的问题。

人们不难做出这样的宏观判断:既然科学技术是为了满足“辅助人类扩展能力”的社会需求而发生的,那么,它的整个生长发展过程也必定要按照“辅助人类扩展能力”的方向展开下去,这样才能保持逻辑上的一致性。

事实证明,这个推论不但符合逻辑学的基本原理,而且完全符合人类社会和科学技术本身发展的整个历史事实。当然,这种“符合”是从历史发展的宏观过程来说的,而不是从局部微观过程来说的。实际上,任何根本规律都必须在宏观的时空尺度上才能观察出来,如果仅仅局限在狭小的时空尺度上考察,往往只能得到一些“坐井观天”甚至“一叶障目,不见泰山”的片面结论。

既然“辅人律”的要旨是“利用外在之物扩展自身能力”,那么,按照这一原理,“人类自身能力发展的实际需要”就成为科学技术发展的第一牵引力;人类存在什么“能力发展的实际需要”,就必然要寻求“可以利用的外在之物(所要发展的科学技术)”。换言之,究竟科学技术朝什么方向发展,或者究竟要发展什么科学技术,从根本的意义上说,取决于人类能力发展的实际需要。

在人类扩展能力的需求走向与科学技术的发展走向之间,不是简单的一一对应的线性关系,而是一种非常复杂的因果关系。这种相互关系可以用图 1.1 的模型来表示,这也恰好就是“科学技术发展拟人律”含义的生动解释。

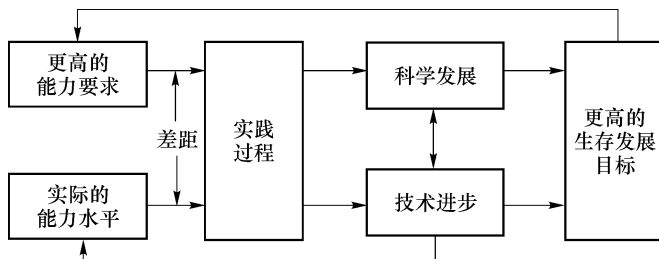


图 1.1 科学技术拟人律逻辑模型

模型表明,追求“更高的生存发展目标”是人类社会进步的永恒动力。由此就必然会对人类自身提出“更高的能力要求”,而当时人类所具备的“实际能力水平”与这种更高的要求之间就会出现“差距”。正是这种差距,成为一种无形的然而又是巨大的导向力(也可以称之为“看不见的手”),支配着人类在实践摸索的过程中自觉或不自觉地朝着缩小这个差距的方向努力。这种努力的理论成果就沉淀为“科学发展”,而这种努力的工艺成果则成为“技术进步”,后者反过来增强了人类的能力,使原来的能力“差距”不断缩小,使实现目标成为可能。科学技术发展的结果,不但缩小了原有的能力差距,实现了先前追求的发展目标,同时也必然推动人类提出新的“更高的生存和发展目标”。于是,新的更高的能力又会成为新的需求,新的能力差距又会出现,新一轮的实践摸索和科学技术进步过程又接着开始:新的目标—新的能力要求—新的能力差距—新的科学发展—新的技术进步—更新的目标—更新的能力要求—更新的能力差距—更新的科学发展—更新的技术进步如此螺旋式上升,成为科学技术进步和人类社会发展的一个有起点而没有终点的运动逻辑。

在这个模型里,可以清楚地看见,科学技术的发展方向确实跟随着人类能力扩展的需求亦步亦趋,贯彻始终,宏观上从来没有脱离这个轨道。这就是为什么把科学技术发展的规律称为“拟人律”的道理。应当紧紧抓住“辅助人类扩展能力”这个思路和脉络来考察和追寻科学技术发展的宏观走向。

为此,就要进一步追问:人类有哪些能力需要利用科学技术来扩展?人类需要扩展的这些能力之间具有什么关联?科学技术是怎样实现“辅助人类扩展能力”的需求的?它“扩展人类能力”的一般原理是什么?人类需要扩展的这些能力之间的关联是否与科学技术发展的逻辑过程存在什么对应的关系?

首先,人类需要扩展的基本能力是什么?

对于人类能力的刻画,存在许多不同的粒度。粒度越细,刻画得越具体,但也可能因此而迷失许多重要的宏观背景和相互联系;粒度越粗,刻画得越宏大,但也可能由此而失去许多微观信息。因此,粒度的把握,取决于研究问题的实际需要。从研究科学技术发展

规律的角度看,适宜于从宏观的角度来分析和考察,因为只有这样才能抓住发展的规律性。

从宏观角度来考察,人类的能力可以分解为3个基本方面:体质能力,体力能力,智力能力。显然,这3种能力的地位和作用各不相同:一般,体质能力反映人的体质结构的合理性和强健性,是人的全部能力的基础,没有良好的体质,体力和智力就没有前提;体力能力反映人的力量的充沛性和持久性,它建筑在体质能力的基础上;智力能力则反映人的思维和智能的聪慧性和敏捷性,它建筑在体质能力和体力能力两者基础上。人的上述3种能力构成一个和谐有机的统一体,互相支撑,协调发展,不能截然分割。

当然,“协调发展”也不等于“平均发展”,没有重点。恰恰相反,在人类整个进化的历程中,能力的发展呈现出明显的阶段特征:按照3种能力之间的逻辑关系,在保持相对协调发展的前提下,人类的体质能力首先成为发展的重点和基础,接着是人类的体力能力得到必要的强化,最后才是人类的智力能力实现长足的进步。这是长程的“三段论”发展,其间还存在许多短程的“三段论”,以及这些短程三段论之间的螺旋式循环。

现在的问题是,“外在之物”是怎样“扩展人的能力”呢?

回顾“科学技术发生学”的原理就知道,“外在之物”扩展人的能力是通过“利用外部资源制造先进工具”的途径来实现的。显然,工具的制造除了需要“外部资源”之外,还需要具有相应的科学技术知识。通过科学技术知识的运用,才能把“外部资源”加工制造成为“先进工具”,而通过“先进工具”的作用,则可以实现人的“能力扩展”。这里,又得到了另一个重要的因素链:外部资源—科学技术—先进工具—能力扩展。

对应于人类3种能力的扩展,需要3种资源、3类科学技术和3类工具来实现:扩展体质能力的物质资源、材料科学技术和质料工具;扩展体力能力的能量资源、能量科学技术和动力工具;扩展智力能力的信息资源、信息/智能科学技术和智能工具。

顾名思义,质料工具的主要作用是扩展人的体质能力。把质料工具与人的体质能力结合在一起,就可以具有更强的硬度、更好的弹性、更满意的应力特性、更高的熔点、更低的凝聚点、更强的耐压能力、更强的抗腐蚀能力和抗辐射能力,等等。可见,质料工具的制造一方面依赖于物质资源,同时也依赖于物质结构和材料力学理论。制造质料工具的关键,在于利用材料科学技术的知识和技能把各种物质资源转变成为具有各种优良性质的材料,并根据力学原理把材料加工成为便于使用的工具。

动力工具的主要作用是扩展人的体力能力。动力工具与人的体力能力相结合,就可以具有更强的推动力、牵引力、荷重力、冲击力、切削力、爆破力、摧毁力等等。动力工具的制造一方面依赖于能量资源,同时依赖于能量转换与守恒理论。制造动力工具的关键,在于利用能量科学技术的知识和技能把能量资源转换成为动力。当然,任何动力工具的制造都离不开优良的材料,因此更准确地说,动力工具的制造需要能量和物质两方面的资源,需要能量科学技术和材料科学技术两方面的知识和技能。

智能工具的主要作用是扩展人的智力能力。把智力工具与人的智力能力结合在一起,就可以具有更敏锐的观察能力、更广阔的感知能力、更精细的分辨能力、更高效和更可靠的信息共享能力、更清晰的记忆能力、更快捷准确的计算能力、更灵活的学习与认知能力、更明

智的决策能力、更强大的控制能力等等。智能工具的制造一方面依赖于信息资源,一方面依赖于信息加工与转换(把信息转换成为知识并进一步转换成为智能)的知识。因此,制造智能工具的关键,在于利用信息/智能科学技术的知识和技能把信息资源提炼成为知识,并进一步把知识激活成为智能。当然,任何智能工具的制造也离不开优秀的材料和动力,因此,更准确地说,智能工具的制造需要信息、能量和物质三方面的资源,需要信息/智能科学技术、能量科学技术、材料科学技术诸多方面的知识和技能的协同作用。上述讨论可以归纳为表 1.1。

表 1.1 资源-科学技术-工具-能力的关系

所利用的资源	所需要的科学技术	所制造的工具	所扩展的能力
物质	材料科学技术	质料工具	体质能力
能量+物质	能量+材料科学技术	动力工具	体力能力
信息+能量+物质	信息+能量+材料科学技术	智能工具	智力能力

把以上所讨论的两个方面的内容结合起来,还可以引出“科学技术发展拟人律”的一个极为重要的规律:正像人类的能力的发展呈现出“体质能力的发展最先起步,接着是体力能力的成长,然后是智力能力的发展”,科学技术的发展也是“材料科学技术最先起步,接着是能量科学技术成长,然后是信息科学技术的发展”。

这里的奥妙是什么?

人类能力发展和科学技术发展的这种先后顺序,确实不是偶然的,而是有着深刻的进化论根源和认识论根源。一方面,在人类的体质能力、体力能力和智力能力这三者之间,作为“万物之灵”的“灵性”体现,智力能力相对而言最为复杂最为高级,体质能力相对而言较为简单较为基础,体力能力则介于前两者之间;人类的进化过程必然从简单走向复杂,因而必然是体质能力的进化在前,接着是体力能力的进化,然后是智力能力的进化。另一方面,从利用资源制造工具的发展过程来说,在物质资源、能量资源、信息资源之间,物质资源相对而言比较直观,信息资源相对而言比较抽象,能量资源介于两者之间;而人的认识过程总是从直观逐渐走向抽象,因而必有材料科学技术的发展在前,接着是能量科学技术的发展,然后才是信息科学技术的发展。由此可以导出表 1.2,它和表 1.1 有联系又有区别。

表 1.2 时代-资源-科学技术-工具-能力的关系

时 代	表征性资源	表征性科学技术	表征性工具	扩展的能力
古代	物质	材料科学技术	质料工具	体质能力
近代	能量	能量科学技术	动力工具	体力能力
现代	信息	信息科学技术	智能工具	智力能力

与图 1.1 的科学技术发展逻辑模型一样,表 1.2 刻画了“科学技术发展拟人律”的重要进程。图 1.1 表现了科学技术的发展必然服从拟人的逻辑机制,表 1.2 则表现了科学