

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

少年百科知识文库

机器人走向人类

下卷：信息与人工智能



第一章 无处不在的信息

“叮零零，叮零零。”闹钟把陈细敏从睡梦中惊醒。时针正指着6点。

今天约好由叔叔向小伙伴们介绍信息科学的基础知识，可不要晚了！

陈细敏麻利地从床上跃起，整理床铺，打扫房间，准备迎接了大力和王永明的到来。

6时30分，陈细敏走到客厅里，打开收音机，收听中央人民广播电台的新闻节目。

这时，叔叔从他的房间中走出来，一边梳理着头发，一边问：

“细敏，你的小伙伴什么时候到啊？”

“快了，他们7点30分准时到我家。”

“你们快准备一下，可以吃早饭了！厨房中传来细敏奶奶的声音：“吃完饭收拾一下房间，待会小客人就要到了。”

用完早餐，时间还早，细敏拿起了一本新到的《科学画报》，随便翻看着。叔叔去房间里整理他的一大叠书籍和资料。

“叮咚，叮咚。”音乐门铃响了。

“来了！”细敏应答着，并对叔叔说：“叔叔，我的小伙伴来了。”

首先来到的是丁大力。大力一进门，很有礼貌地向细敏的奶奶、叔叔问候：“奶奶，叔叔，早上好！”

“请坐，请坐。”叔叔与丁大力热情握手，然后请丁大力坐下。接着又说：“昨天晚上天气很热，一点儿风也没有，今天早上倒还凉快。”

“天气预报说，今天最高气温32摄氏度，最低气温23摄氏度。”丁大力应答着。

“这么说，你昨天晚上是看电视了？”叔叔问。

“当然。昨天晚上电视里的体育节目精彩极了，巴西足球队与意大利国家队交锋，结果巴西队以3比2战胜意大利国家队，5个球进得都很漂亮。”丁大力一面说，一面忍不住表演起踢球的动作来。

“叮咚，叮咚。”音乐门铃又响了。

“来了！”陈细敏从沙发中站起来，边向门口走去，边说：“这次一定是王永明来了！”

“早上好！”王永明一进屋先向陈细敏的奶奶和叔叔以及小伙伴问候：“实在对不起！今天来的路上，公共汽车特别挤。另外，在好几个路口，都正好遇上红灯，所以稍微晚了些，让你们久等了。”

“没关系，”陈细敏说：“现在只有7点32分，我们还没有开始，就等你了。”

“我来的时候，路过你家附近的一家商店，门口贴着一张通告，说从今日起，商店开展销会，欢迎顾客选购。有好多的人围在商店门口，等着开门购货，我挤过来也很费劲，所以，又慢了一些。要不然，我可能会准时到的。”王永明内疚地说。

“好了，不要解释了！以后早点出来不就得了吗！”丁大力开玩笑地说，并转向陈细敏的叔叔：“叔叔，我们听细敏介绍说，您最近正在写一本关于信息科学方面的书。因此，我们趁暑假之便，想请您给我们介绍一下信息方面的知识，以开拓我们的知识面，充实我们的头脑。好吗？”

“好啊！我听细敏介绍过，你们都是小科学迷，喜欢探索大自然的奥秘。

我想，这也是当代少年的志向，我当然应该大力支持了！叔叔高兴地说。

“叔叔，那么，我们现在就开始，好吗？”细敏说。

叔叔点了点头：“你们要我谈谈关于信息的基本知识，其实，在你们今天到我家之前，我们都已经收到了很多的信息。”

“我们已经收到了很多的信息？”丁大力、王永明和陈细敏不约而同地说。

“是的！今天早晨，细敏知道你们要来，怕睡过头，因此，是闹钟的铃声把她叫醒的。她起来后，收听了6点30分的新闻广播。在等你们来的时候，她又看了新到的杂志。丁大力来的时候，我们听到了门铃的响声。我和丁大力聊天，知道大力收看了昨晚的天气预报和精彩的体育节目。王永明来的时候，我们又听到了门铃的响声。永明在来的路上遇到了好几个红灯，这是灯光信号，他还看到了商店门口的通告，这一些，都给我们带来了某些信息。”

细敏点了点头，心里想：“叔叔真仔细啊！他留意着我们的一举一动，一言一行。其实，他早已准备好对我们讲信息科学的知识了。”

“噢！信息始终和我们在一起啊！”丁大力插嘴说。

“对了！我们一时一刻也离不开信息。比如，你们读一本书，看一封信，算一道题，上一次课，做一个实验，等等，信息都会悄悄地进到你们的脑子里。我们大家都生活在信息的海洋中。”

“叔叔，昨天晚上，我的一位同学打电话给我，约我下星期去看游泳比赛，另外，我还收到了另一位同学的来信，他告诉我已买好了造波游泳池的游泳票。这些是不是可以说，我都收到了信息？”王永明问道。

“很对！”叔叔肯定地点了点头。“这些都可以说你收到了信息。”

“怪不得近来报上、杂志里常常能看到有关信息的词语，这真是信息无时不在啊！细敏说。

“是！最近几十年来，特别是近几年来，信息两字几乎成了一个最时髦的词汇。”叔叔呷了一口茶说：“人们有时简直是毫无顾忌使用这一术语，而且似乎不管是什么，只要同信息两字一结合，就立刻显得时髦而又神秘。例如，信息经济、经济信息、信息工业、工业信息、信息时代、时代信息、信息社会、社会信息，等等，这种词汇还在无止境地延伸。不仅如此，由于人们在同信息打交道的过程中，不断发现信息的新妙用，于是就出现了各种各样动人的比喻。

地质工作者说：“‘信息就是资源’，因为有了相应的信息，就意味着有了资源；企业家说：“‘信息就是资本’，因为掌握了信息，就可以赢得更多的利润，从而可以积累更多的资本。行政领导者、科学工作者说：“‘信息就是速度’，因为有了准确的信息就可以提高工作和研究的效率。管理工作说：“‘信息就是办法’，有了信息就可以心中有数，就可以作出正确的决策。”

“那么，对军事指挥家来说，信息就是胜利，因为只有知己知彼，才能做到百战不殆。”丁大力接口说。

“很对。”叔叔接下去说：“虽然这些说法本身并不十分确切，但却都有它一定的道理。特别是在军事上，在其它条件相同的情况下，往往一则信息就可以彻底改变整个战局，反败为胜，变被动为主动。这样的事例，在战争史上实在是屡见不鲜的。你们知道中东战争吗？”

“知道。”王永明说，“中东战争就是1948年到1973年，阿拉伯国家

同以色列在中东巴勒斯坦及其周围地区进行的四次战争。”

“对。在 1973 年的第四次中东战争的初期，阿拉伯国家进展十分顺利，埃及军队迅速渡过苏伊士运河，突破巴列夫防线，向以色列推进。叙利亚部队也占领了戈兰高地，对以色列造成了很大的威胁。在这样的突然袭击、两面夹攻的形势下，以色列军队陷入了极度困境。”

“就在这时，美国‘大鸟号’卫星为以色列政府提供了一则非常重要的信息：它侦察到在埃及第二和第三军团的接合部有一条没有设防的通道。”

“以色列军方利用这个信息，迅速地组织起一支突击队，通过这条没有设防的通道，快速突入埃及军队的后方，摧毁了埃及的大量军事设施和战斗力量，并切断了埃及军队的退路，一举使埃军陷入被动。战场的局势立时逆转，阿拉伯国家在战争初期所取得的优势立即丧失。”

“可见，军队还是原来的军队，武装还是原来的武装，但是因为有了信息，整个战局便全部改观了。”

“同样，在第二次世界大战期间，日美太平洋海战的情况也是一个非常生动的例子。日军偷袭珍珠港，得益于信息保密的成功；但在进攻中途岛的时候，却由于日军信息被对方截获，致使全盘皆输，连最高指挥官山本五十六也因此而丧命。”

“可见，信息确实具有巨大的威力和神通。”

丁大力听了叔叔生动的引经据典的解说，入了迷，情不自禁地说：“信息的作用太大了！”

王永明善于刨根问底，他问叔叔：“信息既然是这么有用，那么，信息究竟是什么时候才开始有的呢？”

“这个问题提得好！”叔叔赞许地说：“其实，信息是自古就有的。人类从产生那天起，就在信息的海洋中生活。早在原始社会，人类与信息就已经形影不离了。原始人在森林中搜寻野果、野兽的信息，探悉各种猎物的信息。当时，这些信息既是人们维持自己生存的必要条件，又是防范和躲避强敌的重要屏障。”

“然而，在历史的长河中，人类却很长时间没有认识到信息。这是为什么呢？为了说清这个问题，我先谈谈空气。你们知道什么是空气吗？”

“知道，我们在自然常识课中学到过。”细敏说。

王永明接着说：“空气是无色、无味、无臭的，生物离不开空气，没有空气，就没有生命。”

叔叔笑了笑说：“你只说对了一部分。我们生活在空气的海洋里，空气是客观存在的，它是我们一刻也离不开的东西。人从诞生的那一天开始，就要呼吸空气。一个婴儿呱呱坠地，‘哇’的第一声哭，就是为了呼吸第一口空气。”

“但是，人类过去却长期不知道有空气，更谈不上认识它的‘庐山真面目’了。因为直接地单纯依靠人的感觉器官是认识不了的。”

“直到 17、18 世纪，随着科学技术的进步，科学家玻义耳、普里斯特列、舍勒、拉瓦锡等人通过大量的科学实验，才发现了空气，认识了它的组成，并弄清了氮、氧、氢、二氧化碳等许多重要气体的性质。”

“即使是这样，我们今天对于空气的认识也还不能说已经到了尽头，我们仍然在实践中继续加深对它的了解。”

三位小伙伴若有所思地点了点头。

叔叔话锋一转：“同样的道理，信息无形无影，无所不在，无处不在，比空气更难捉摸。尽管人们一直在不自觉地利用信息，通过信息来认识世界和改造世界，而且人的感觉器官就是获取信息的器官，人脑本身就是一台‘信息处理机’，但是，只有到了今天，特别是在发明了电子计算机并获得了广泛地应用之后，人类才真正发现了信息，才开始认真地研究信息。”

“这么说来，人类认识信息是经过相当长的路程了？”细敏问。

“是这样的。人类虽然在长时期内不认识信息，但人类从诞生的那一天起，就开始不知不觉地利用信息了。”

“就拿在人类的发展史上起了重要作用的火来说吧。原始人本来并不知道利用火。由于电闪雷击，由于火山爆发，由于树叶因闷热而自燃，都可能酿成熊熊的大火。”

“火一旦燃烧蔓延开来，森林就会变成一片火海，许许多多的花草树木都会被大火烧死，许许多多的飞禽走兽都会被大火烤焦。于是，原始人惊恐万分，四处奔逃。”

“后来，有关火的作用的信息越来越多，不断地通过各种感觉器官反映到人的脑子里，人才驱赶了惊恐之心，慢慢地懂得了火也能带来好处。例如，火可以用来照明，驱散黑暗。火还可以用来取暖，抵御寒冷。此外被火烧死的飞禽走兽香味扑鼻，吃起来非常可口，等等。这样，人就由怕火、逃火，逐渐变成爱火、用火了。”

“最初，人只知道利用天然产生的火，接着又懂得火种可以保存起来备用，最后他们掌握了生火的规律——生热可以取火，于是人类发明了钻木取火。”

“火的使用扩大了人类的活动和交际范围，这是人类对自然界斗争的一个伟大胜利。用火也是人类科学技术史上一项了不起的发明，它不仅使原始人从茹毛饮血发展到熟食、取暖，也为我们的祖先从石器时代进步到青铜器时代、铁器时代创造了条件。人类科学技术的发展，可以说正是从火开始的。”

“原始人必须共同活动才能求得自己的生存和发展，而为了共同活动又必须互通信息。”

急性子的丁大力忍不住插嘴问：“原始人究竟是怎样来互通信息的呢？”

“原始人为了生存，开始是用手势来传递信息的。摇手、招手、拉手以至欠身、拥抱等都可以用来表达某种意愿。也就是说，人类最初的信息传递是从体语开始的。”叔叔说。

“什么叫体语？”王永明生怕错过一个搞清术语的机会，迫不及待地问。

“体语是以身体动作表示意义的信息系统，它具有替代、辅佐、表露、调节等功能。用体语这种方式可以沟通人与人之间的联系，一个眼神，一种面部表情，一个身体动作，在特定的条件下能够表达一定的含义。这种古老的信息传递方式，并没有因为文字的产生而消失，而且还形成了许许多多非常有趣的描绘体语的成语，如一见钟情、眉来眼去、含情脉脉等，还可以找到许多。”

陈细敏情不自禁地补充说：“对，还有大惊失色、左顾右盼、惴惴不安、兴高采烈。”

王永明也脱口而出：“凶相毕露、喜笑颜开、破涕为笑、目瞪口呆。”

“你们知道的成语真多啊！”叔叔笑了，把话题又拉了回来。“不过，

在语言产生之后，体态的作用日益减弱，逐渐成为语言的附属。”

“在目前的社会生活和人们的日常生活中，体态仍然存在，它还在通过它的替代、辅佐、表露、调节等功能，起着传播和交流信息的作用。在现实生活中，体态对语言的替代作用最为明显，比如，用点头表示同意，摇头表示反对，挥手表示再见，竖起大拇指表示赞赏，等等。”

“这些动作不用语言来表达，我们相互之间就能明白其中的含义。但有时同样一种动作，在不同的情况下却有着不同的含义。例如，同样是鼓掌，表达的意思可以是欢迎，也可以是讨厌，甚至是喝倒彩。”

“体态的辅佐作用也最为常见。我们呼口号时举起握紧拳头的右臂，我们买东西时用手指点要买的物品，我们给人指路时手要上下左右的比划，就是借助体态这一形式对语言的表达起烘托、辅佐的作用。”

“体态的表露功能，主要指人的面部表情。人的面部表情是极为丰富的，可以表示愤怒、惊奇、困惑、兴奋、恐惧等心理活动。但是，心理活动有时与面部表情并不一致，像虚情假意，面和心不和等情况，就是指心理活动与面部表情不一致。”

“用体态来辅佐语言，可以使人与人之间的信息交流更为充实，更为丰富。”丁大力感叹地说。

“不仅仅是如此。虽然体态比较简单，并且还受到一定的限制，但是在一些特定的环境下，却有着语言难以代替的作用，比语言更胜一筹。你们看过《红楼梦》吗？”叔叔问三位小伙伴。

“看过的。”三位小伙伴同声回答。

“还记得第四回‘薄命女偏逢薄命郎，葫芦僧判断葫芦案’中的内容吗？贾雨村依靠贾府的权势到应天府走马上任，一上任就遇到薛蟠打死人的事。贾雨村在公堂上正要发签抓人，却见门子对他使眼色，不禁心中狐疑。于是暂且退堂，他叫来门子一问，便引出来贾、史、王、薛四大家族盘根错节、一损俱损、一荣俱荣的关系，使贾雨村恍然大悟。”

“还有一个小故事。相传在我国秦末的楚汉相争中，汉王刘邦派大将韩信率兵攻取齐国等地，从侧翼进击项羽。不料韩信攻取齐国后居功自傲，派使者面见刘邦，要求刘邦封他为‘假齐王’。刘邦听后不禁大怒，正要拍案而起时，谋臣张良从旁踢了他一脚，使刘邦顿时清醒。他随即便封韩信为齐王，获得了韩信的全力支持，从而取得了最后的胜利。”

“类似这样的事情，在我们的日常生活中举不胜举，俯拾即是。”

“好了，关于体态的事情，就讲到这儿吧，以后有机会，我们再进一步讲。现在还是接下去讲原始人的信息传递吧。”叔叔停顿了一会儿说：“原始人在用体态传递信息后，接着用声音来传递信息，这比用体态传递信息更方便、更有效、更灵活。”

“比如，一个原始人在森林里发现了一只猛兽，他会立刻发出惊呼声，其他的人听到之后，也会跟着他同样地惊叫起来，以提醒同伴们注意、防备，然后大家一起躲开、逃离，或者爬到树上去。”

“相反，如果有人看到的是一只可以捕获的猎物，他又会发出另一种叫喊声，招呼同伴们作好打猎的准备。”

“相互之间的交往越来越多了，捡来的石头怎样加工才更有效用，需要一起研究；怎样狩猎才能捕获更多的猎物，也要一起商量，等等。总之，共同的劳动和生活迫切需要相互联系、互相交流，简单的体态、呼叫已越来越

不能满足要求了。”

“随着人类劳动工具的改进，人群中间出现了简单的分工，一些人专门制造工具，一些人专门使用工具，这就更加需要彼此交流情况、表达意见。老年人在长期的劳动实践中积累下来的经验和技能，也要通过更复杂的信息交换才能传给下一代。”

“人类的语言就是在这种情况下慢慢地诞生的，开始的时候，非常的简单、贫乏，后来变得越来越复杂，越来越完善了。”

“信息的传递和交换是要有运载工具的，语言就成了人类相互之间传递和交换信息的第一载体。”

“通过长期的生产劳动、社会活动和语言交流，原始人获得了越来越多的信息。尤其是语言，它不断地刺激、锻炼、影响着人的大脑，促进了大脑的进一步发达。”

“人变得越来越聪明了。他们通过信息逐渐正确地认识自然规律，并用这种认识去有意识、有计划、有目的地改造自然，更有效地开发和利用自然资源，推动社会不断地向前发展。”

听了叔叔的一番讲解，丁大力说：“人类有了语言，传递信息可就方便多了。”

“对。对原始人来说，学会说话实在是一大进步，人们可以通过语言来传递和交换信息。可是，这还不够。话说过就完了，看不见，摸不清。别人告诉你一件事，在只有语言的时代，除了用脑子记住以外，没有别的办法。”

“如果你要托人捎个信儿，也就只好对那个人口述，请他用脑子记住，然后由他到收信人面前，把你的话原原本本地复述一遍。这就太麻烦了，而且光凭脑子记事也往往是不可靠的。脑子记不了那么多事，一多就容易混淆，容易因记错而误了大事。时间长了，还会忘掉。有什么办法呢？”

“为了帮助记事，古人想了很多办法。开始是结绳记事。所谓‘结绳’，不过是在一根绳子上结几个疙瘩。外出狩猎的时候，打到一只野兽就相应地在绳子上结一个疙瘩，一次狩猎回来，数一数绳子上一共有多少个疙瘩，就知道总共猎获了多少野兽。据说，古秘鲁人的结绳比较发达，他们是在一根主绳上系上各种不同颜色的小绳，用来表示不同的事情。例如，红绳表示战争，黄绳表示金子，绿绳表示农作物，等等。”

“不难想象，结绳的手段无论多么高超，也只能唤起人们对某件事情的回忆，而不可能把这件事情准确无误地记录下来。”

“也有用刻木记事。就是在竹、木等材料上刻下各种痕迹、记号用来记事，传递信息。此外，还有用结珠或编贝来记事的。就是把各种颜色的贝壳磨成扁圆形的小球或者直接用穿孔的贝壳按各种习惯的方式穿在绳子或树皮之类的纤维上，编在各种各样的花纹，以记载不同的事情，传递不同的信息。”

“结绳、刻木、结珠或编贝都能记数或记录一些事情，但它们有一个共同的缺点，就是不能说明具体的事实。除少数社会上已经约定俗成的信息之外，凡是复杂一点的，超出习俗共知的事情，都要有人从旁帮助解说。疙瘩、刻痕、结珠或编贝，固然是结在绳子上，刻在竹木上，编出一定的花纹，但所记的事情却记在当事人的脑子里。没有亲身经历者的说明，或者没有听过亲身经历者的说明的人，这些绳结、刻痕和编花的花纹是什么也不会传递给你的。当记事者或当事者离开或死去，当遗忘使所记的事情从脑子里消失之后，绳子上和竹林上、花纹上所记的事也就同时湮灭了，剩下的只有莫名其

妙的疙瘩、痕迹和花纹了。”

“更形象一些的，就是用画图来记事。由于古人最重要的生产活动是狩猎，而当时人群中不乏技艺高超的猎手。当一个熟练的猎手在森林中寻找猎物的时候，都要靠地上的鸟兽足迹来为自己引路。这些足迹在猎手心目中实际上起了某种符号的作用——鹿的脚印可以代表‘鹿’这个概念，羊的脚印可以代表‘羊’的概念，等等。逐渐地，人们自然地想到可以把这些脚印描摹下来记事，推而广之，大量有形的东西都可以用绘画的方式记录下来，例如太阳、月亮、牛、羊、树木等。”

“图画在最初必须比较复杂，笔画繁多，画法也不一致，后来人们在长期的实践中发现，要想使传达的信息尽量地具体和准确，就应该把原来的图画尽量地简化和统一，用经过简化的统一的符号来代表语言中的词。领悟到这一点之后，文字就开始逐渐脱离了绘画的母体，独立地为人类服务了。”

“随着人类的进化、发展，最后发明了我们沿用至今的文字。”

“刚才说的信息的第一载体是语言，那么，文字，就是信息的第二载体。”

“有了文字，人类就有了一种表达思想、交流经验和传播科学文化知识的极好工具。文字的出现促进了人类社会上的发展，使我们的祖先有可能把大量的信息积累起来，加以系统化和优化，变成可以保存的有用的知识。可以这么说，历史上的一些伟大的科学发现和技术发明，几乎都是与信息的收集和积累有关的。”

叔叔看到三个小伙伴听得津津有味，继续说：

“刚开始的时候，人们将文字书写或刻写在树皮、兽皮、龟甲、兽骨和竹板上，以后，人类发明了纸。纸是我国的四大发明之一，也是世界最伟大的发明之一。有了纸，就可以把文字信息固定在一张张薄薄的纸上，然后装订成册，这就是书籍。纸的发明使文字信息的书写、传递、保存更为简便。”

“但是，大量复制文字信息仍然存在问题。于是，我们中国又有了四大发明之一的印刷术。它的发明同样有着伟大的历史意义。有了印刷术，书籍就不用抄写了，印刷速度快了，质量高了，样子也变了，有利于把文字信息大量地复制，广为流传。”

“我们都知道，知识和技能是不能遗传的。而人类有了文字，就可以把前辈的知识记载下来，用不着什么都从头学起。知识经过代代相传，得以大量积累和传播，使人类一代比一代更聪明，更能干。”

“先吃些西瓜，边吃边谈。”奶奶端来了一大盘黑籽红瓢西瓜，放在沙发前的茶几上，让小同学们吃。

“谢谢奶奶！”丁大力和王永明异口同声地说。

细敏拿起了西瓜，热情地递给丁大力和王永明：

“来，吃几片西瓜，解解暑。”

丁大力拿过了西瓜，咬了一口，问叔叔：

“您刚才讲了信息的第一载体和第二载体，那么，有没有信息的第三载体呢？”

“有啊！”叔叔说。“随着科学技术的发展，在18世纪中期，首先在英国爆发了影响广泛而又深远的工业革命。它的主要内容是发明了蒸汽机。这是继人类发明用火之后，在征服自然方面所取得的又一次伟大的胜利。”

“工业革命不仅极大地提高了劳动生产率，创造了惊人的物质财富，而且信息的重要性也大大地提高了。”

“为了收集更多的信息，人们发明了望远镜、显微镜以及各种各样的仪器仪表，这些仪器仪表可以用来收集仅靠人的感觉器官所不能收集到的信息，帮助人们向物质世界的广度、深度进军，促进了科学技术的飞速发展。”

“到了19世纪末20世纪初，电磁学异军突起。英国科学家法拉第发现了电磁感应定律、麦克斯韦建立了电磁理论，德国科学家赫兹用实验首次证实了磁波的存在。”

“电学和电子学的发明层出不穷，开始是电报、电话，后来是广播、雷达、电视等等。于是，人们发现，电磁波可以用来运载信息，而且是传输速度最快的信息载体。”

“电磁波就是信息的第三载体。它不仅能传输声音信息，而且能传输文字信息和图像信息。用电磁波传输信息既快又真，宇宙间再没有比它跑得更快的东西了。”

“我们在家中，可以通过收音机和电视机了解到世界各个地方新近发生的事情。通过电视机能够亲眼目睹奥运会的开幕式、精彩的足球大赛、伦敦股票市场的动荡、太平洋岛国的绚丽风光，它就像我们在现场观看一样。”

“利用电磁波，信息的联结范围正在一天天地扩大，我们今天收集到的信息不知要比过去多多少倍呢！”

“你们知道世界上第一台电子计算机是哪一年发明的吗？”

“1946年。”王永明应声答道。“第一台数字计算机是1946年由美国宾夕法尼亚大学制成的，它的名字叫埃尼阿克。”

“对。第一台数字计算机虽然是一个庞然大物，全部设备占地170平方米，重30吨，由18800只电子管组成，每秒钟仅能运算5000次，但它的发明，在人类的科技发展史上具有划时代的意义。”

“计算机刚开始只能用来进行科学运算，但随着对计算机的不断改进，现在的计算机除了具有运算和记忆功能外，还具有初级的逻辑思维能力，可以进行简单的推理、判断。也就是说，计算机可以帮助人类进行信息加工。”

“计算机的日益广泛应用，促进人类在生产、生活和科学实验中引发出一场影响极为深远的信息革命。它可以代替人脑的部分功能，扩展人的智力。”

“据统计，20世纪70年代各个工业先进国家由于大量使用了计算机，使科学技术的发展突飞猛进，所取得的成果，要比人类有史以来到20世纪60年代所取得的成果的总和还要多。”

“就这样，在人类社会不断发展进步的条件下，在越来越多地接收、传输、处理信息的过程中，在同信息打交道的技术有了突破性进展的基础上，人类对信息才有了更深刻更本质的了解，才认识到信息资源的重要性。由此，人们才开始认真地研究信息科学和信息技术。”

“叔叔，是不是可以说，人类早就不知不觉地利用信息，通过信息来认识世界和改造世界。然而，真正发展信息，进而研究信息科学和信息技术，只是近年来的事情。”丁大力想证实自己的看法。

“对。只是到了现代，随着人与自然的斗争不断深入，天赋的信息器官的功能已不能满足斗争的需要，不仅视力、听力不合乎要求，就是人脑处理信息的能力也深深地感到不够用了。只有到了这种时候，人类才终于把自己的注意力集中到了以扩展人的智力功能为主要目标的信息科学技术上来。这也是一种必然的现象。”

“人类是通过信息来认识世界和改造世界，从而得到进化的。”王永明沉思着说：“那么，信息本身究竟是怎么回事呢？到底什么是信息呢？”

叔叔一边往盘子里放西瓜皮，一边说：“关于信息的定义很多，据统计，有30多种。”

“有这么多种啊！”陈细敏插嘴说。

“由于人们开始认真研究信息问题还只有几十年的历史，对于信息的研究还没有达到完全揭示其本质的程度，认识还需要一定的过程，因此，关于信息的定义至今仍然众说纷纭，莫衷一是。”

“例如，有人说，信息就是信息，它是一种具有新内容、新知识的消息。所谓得到了信息，就是得到了消息。这种说法有它一定的道理，但却并不确切。就像这西瓜一样，它由瓜瓤和瓜皮组成。信息是消息的内瓤，消息是信息的外皮。所以，得到了信息就是得到了消息。但是，消息和信息并不是一回事。一则消息可能包含着非常丰富的信息，也可能只包含很少的信息。”

“例如，有些消息传到你的耳朵里，也许你本来就知道得很多了，没有多少新的东西，那就可以说，这个消息并没有带给你多少信息。内瓤与外皮，这就是信息与消息的关系。”

“也有人说，信息就是某种信号，是一切我们所感知的有意义的信息。比如城市中红、黄、绿三种颜色的信号灯就是有信息。信号通常携带着信息。例如，王永明早上来的时候，遇上了好几次红灯，这红灯信号就携带着‘停止前进’的信息，绿灯信号就携带着‘可以通行’的信息，等等。但是，信号只是携带着信息，并不是信息本身，信号是用来携带信息的载体，信息则是这个载体所携带的内容。事实上，同一种信息既可以用这种载体来携带，也可以用那种载体来携带。刚才提到的红、绿灯所携带的信息，也可以用‘旗语’这种信号来携带，还可以通过交通警察的手势、语言这种信号来携带，甚至也可以通过图画或文字等信号来携带。所以，信号与信息有联系，但又不是同一件事情。信号并不等于就是信息。”

“还有人说，信息就是情报，是所有对我们有价值的情报。在第四次中东战争时，美国‘大鸟号’卫星为以色列提供的信息就是情报。不错，在一定的条件下，信息就是情报。但是从一般的情形来说，情报和信息也不能等同。情报只是信息中的一类，而不是全体。有的信息可以叫做情报，有的则不能。”

“此外，还有许多人认为，信息就是知识。这也是要有条件的，只有那些经过人类头脑加工并具有抽象性、概括性和普遍性品格特征的信息才能叫知识。反过来讲，知识是一种信息，这是对的，但知识也是信息的一部分，而不是全体。你要获得知识，你就必须获得信息。”

“关于信息的种种不同的定义，往往是从各学科的不同角度概括的结果。例如，哲学家认为科学是认识论的一部分；物理学家认为它是熵的理论；数学家认为它不过是概率论的发展；通信工作者把它看成是不定度的描述，情报工作者把它看成为情报传递的理论。比如信息论的创始人香农称信息为用来消除不定性的东西。控制论的创始人维纳认为，信息就是信息，它不是物质，也不是能量，他又认为信息就是人在外界互相作用的过程中互相交换的内容的名称。”

“这些有关信息的定义，都只是在某个侧面在一定程度上触及了信息的实质，但是都没有全面地满意地解决问题。你们知道盲人摸象的故事吗？”

“知道。”陈细敏说：“从前，有几个盲人各自抚摸大象的身躯，每个人都以为大象的形状就像自己所摸到的那一部分。因此，众说不一。摸到大象腿的盲人说，大象是一棵树，摸到大象耳朵的盲人说，大象是一把扇子，摸到大象鼻子的盲人说，大象是一条绳子，摸到大象身体的盲人说，大象是一面墙。”

“对。前面这些对信息的定义，就有点像盲人摸象，都只是从某个侧面描述了大象的形象。而且，把这些描述简单地加起来，也还不等于就是完整准确的概念。”

“在我们的日常生活中，越是基本的概念就越难下明确的定义，信息就是这样一种最基本的概念，难怪直到现在，还没有一个大家一致公认的定义。”

“但是，这并没有影响我们日常生活中对这个最普通、最基本概念的理解和运用，尽管这样的理解在某些人看来也许是很不深刻、很不全面，甚至是近乎于庸俗的。”

“比如，常常听到有人说：‘您是从哪儿得到的这个信息的？’‘请告诉我一点关于旅游的信息？’‘你掌握的信息真多！’‘我们应该建立一个信息网络。’这些话的意思大家都是不言自明的。”

丁大力和王永明被叔叔的一番讲解深深地吸引住了，他们趁叔叔去倒瓜皮的机会，互相交谈起来，他们非常钦佩叔叔那聪明的脑瓜，流利的口才。王永明对丁大力说：

“叔叔的知识真渊博啊！以后，我也要多学习，多实践，做一个像叔叔那样博学多才的人。”

“我叔叔学习很勤奋，平时抓紧时间学习，晚上看书、写文章总是搞得很晚，长年的知识积累，才有今天的学识。”陈细敏解释说。

这时，叔叔从外面走进来，看见小伙伴们在交谈，不由地问：

“你们在谈些什么？还有哪些地方不明白？”

“我们又叹羡您广博的知识。”丁大力说。

“你们过奖了。”叔叔说：“我的知识来源于信息，是系统化、优化了的信息，是同类信息的积累。因此，你们在同社会的接触中，要注意多吸取信息。将来的世界是你们的，要想使自己将来成为对祖国建设有贡献的聪明人，那么，现在就要努力学习科学知识，使自己拥有更多的信息。”

“信息多了，知识也就丰富了吗？”丁大力问。

“是这样的。信息与知识的关系，是水乳交融，密不可分的关系。信息的增长量与知识的增长量互成比例。信息量的增加促进了知识的增加，反过来，知识的增加又为信息量的增加创造了条件，两者是相辅相成、相互作用的。”

“我们在评价一个聪明人时，常常说，这个人脑子好使。其实，人的大脑，当它与外界信息隔绝时，本身并不能产生任何意识形态的东西。只有当它接受从眼、耳、鼻、舌、身这五种感官传来的外界信息的刺激时，通过比较、分类、类比、归纳、演绎、分析、综合，抓住了事物的本质和发展规律，才能产生对人具有重要意义的知识。人脑把收到的信息与原已存贮的信息联系起来，进行加工组合，从而建立起一个个的信息系统，这就是一个个的知识单元，由这些知识单元进而构成关于客观世界的各种事物的概念、规律和理论。”

“我们在称赞一个人有丰富知识时，常用‘见多识广’，来形容。这见多识广，也包含了 he 获得的信息量多，因而是知识广博的意思。”

“可见，人类的一切知识，人类的聪明才智，都是信息的结晶。信息促进了社会的发展。无形的信息提供了关于事物运动状态的知识，它同物质、能量一样，是人类生存和发展必不可少的资源。”

“信息既然是一种资源，而且是一种必不可少的资源，那么，开发信息资源也可以使我们民富国强吗？”王永明问。

“当然可以。如果重视开发信息资源，国家可以经济繁荣，科技进步，文化教育兴盛，社会向前发展。对于一个小单位、小企业来讲，重视开发信息资源，可以增加积累，发展生产，在国内外市场的激烈竞争中立于不败之地。”

“例如，广州有一家宾馆，很重视信息。他们收到气象部门的天气预报，知道某月由于气候变化反常，广州地区将会出现连绵阴雨的天气。同时，他们又从外事部门获悉，将要有几个大型外国代表团来羊城游览。”

“这两则信息看起来似乎毫不相干。然而，他们将两者联系起来分析，却发现里面有一笔有利可图的生意可做。宾客游览，遇上连绵阴雨的天气，就一定需要雨具，而从当地历年来的气候特点看，这个时期的雨水并不多，市场的雨具销售量不大。因此，没有能引起商业部门的重视。”

“根据这些情况，他们详细地了解了不同国家和地区的消费心理和消费习惯，及时地组织了货源，从外地购进了一批式样新颖、色彩丰富、方便多用的雨具。结果，真的出现了抢购雨具的现象，加上他们送货到人，热情服务，数万件雨具很快销售一空，而事先没有备货的商店却只好望货兴叹了。”

“又比如，福建漳州有一家生产水仙牌风油精的香料厂，从 1976 年产品试制成功到 1981 年，仅 5 年的时间，风油精产量就达到 3200 万瓶，占全国风油精产量的 80% 左右。这种风油粗首先是质量好，提神醒脑，使用方便。但一个刚问世的产品，广大群众和医药部门对它并不了解，要在激烈的市场竞争中站稳脚跟，创出牌子，没有广泛的宣传不行。于是，这家厂决定从每瓶风油精中拿出一分钱来做广告，从而使风油精的性能特点很快被消费者了解。他们在上海、北京、广州、武汉等城市的街头，以及铁路沿线的许多车站上，都张贴了水仙牌风油精的广告。夏天，他们把介绍风油精的纸扇传遍各地，年终，他们把印有风油精广告的新年挂历到处进行销售。广告宣传使越来越多的人了解了风油精的药用价值，水仙牌三字也逐渐家喻户晓，购买的人自然就越来越多。这家厂在每瓶风油精中花一分钱广告费，换来了上千万元的产值。”

“可见，信息流动是双向的，不仅要了解外面的变化，包括市场的销售，同行的动态，各地区的情况等等，还需要把自己的情况宣传出来，让别人了解你。”

“这也从另一个侧面反映出，只要我们积极开发信息资源，就可以使我们的事业兴旺发达，使我们的国家繁荣昌盛，我们的社会早日跨进高度文明的社会。”

“信息的作用真大啊！”丁大力感慨地说。

“人类在自身的发展史上，是从不知不觉地利用信息，到逐渐认识到信息的巨大作用的。为了更好地利用信息，人们认识到，只有系统地研究信息，掌握信息的有关规律，才能使人类不断地进化。由此，以增强人的智力功能

为主要目标的信息科学，开始登上了历史的舞台。”

“叔叔，信息科学是一门怎样的科学？它的研究内容主要包括哪些方面呢？”王永明习惯于打破沙锅问到底。

“关于信息科学的一些内容，我们休息一会儿，再介绍好吗？”叔叔被三位小伙伴好学上进的求知欲望深深地感动了，很高兴地答道。

第二章 年轻的信息科学

“今天中午，你们都在这儿吃饭吧！”奶奶从厨房出来，热情地对丁大力和王永明说。

“不麻烦了！”王永明推辞着。

“没关系，我们可以借此机会多谈一会儿。”叔叔挽留道。

“好了，我们都不要客气了。今天在这儿吃午饭，就这么定了。”陈细敏说。“奶奶，要我帮忙吗？”

“不了，你们还是好好地谈吧！我一个人忙得过来。”奶奶边说边去厨房准备午饭去了。

“好吧，恭敬不如从命。”丁大力说。“那么，我先打个电话回家，告诉妈妈今天不回家吃午饭这个信息，免得妈妈着急。”丁大力故意在信息两字上加重了语调。

“那好，你就赶快把这个信息传递给你妈妈吧！”陈细敏调皮地笑了。

丁大力熟练地拨通了电话。

“刚才我们讲到了信息科学，那么，什么是信息科学呢？”

等丁大力打完电话坐回到沙发上后，叔叔又接着讲开了。

“概略地说，信息科学就是研究信息现象及规律的科学。我在这里所说的规律，实际上包括两个方面的内容，第一个内容是信息本身的有关规律，第二个内容是有关利用信息方面的规律。因此，也可以说，信息科学是关于如何认识信息以及如何利用信息的科学。

“再说得确切一些，信息科学是以信息作为主要的研究对象，以信息的运动规律和利用信息的原理作为主要的研究内容，以信息科学方法论作为主要的研究方法，以扩展人的信息功能，特别是其中的智力功能作为主要的研究目标的一门新兴的科学。”

“信息科学区别于以往其它科学的最根本的特征是什么呢？”陈细敏善于抓住事物的本质。

“信息科学区别于以往其它科学的最根本的特征是以信息作为主要的研究对象。”叔叔答道，“我们刚才谈到过，在自然界、人类社会和人的思维领域中，存在着大量的信息现象、信息问题和信息过程，信息对于人类、人类社会的生存和发展是那样的重要，但是，以往其它科学却没有把信息问题作为基本的对象来研究。它们的基本注意力放在物质和能量上面。物质和能量，是以往其它科学的中心的概念，例如，材料科学主要研究物质结构，能量科学主要研究能量状态及其转化。只有信息科学是把信息作为自己的主要研究对象，把信息问题作为一门科学来研究，并把它同人类认识世界和改造世界的命运和前途直接地有机地联系起来。这在科学发展史上，是破天荒的第一次。正是由于信息科学的崛起和发展，自然科学的体系才初步完善起来。物质、能量和信息，三足鼎立，三位一体，互相依赖，互相制约，互相支持。”

“怎样来理解物质、能量和信息这三者的关系呢？”王永明问道。

“有人认为，人类发展有三个里程碑。第一个是利用客观物质并导致产生人造物质，第二个是利用能量，第三个就是利用信息。”

“关于利用信息，我们已经讲了不少。那么，什么是物质，什么是能量呢？”叔叔顿了顿说：“世界是物质的，小到原子、分子，大到宇宙、天体，都是物质。”

“物质是运动的，度量物质运动的一种物理量叫能量。位能、动能、热能、电能、磁能、光能、化学能、电子能等都是能量。”

“人类认识物质最早，现在还在继续深入地认识之中。质量守恒定律告诉我们，在任何与周围隔绝的物质系统中，不论发生什么变化，它的总质量始终保持不变。后来，人们又认识了能量。19世纪，又认识到了能量可能相互转换，并且在转换的前后，总量保持恒定。这就是能量守恒和转换定律。”

“至于物质和能量的关系，那是在1905年爱因斯坦提出了著名的质能关系式之后，人们才认识到质量和能量可以互变，质量守恒和能量守恒可以合在一起，称它为质量能量守恒定律。”

“信息是反映物质和能量的形态、结构、状态特征的，可以用仪器、仪表和各种传感器探测它，它会以各种代码、参数形式表示出来。如果从人身上传出，则以声音、动作、语言、文字、图像、表格等形式出现。”

“因此说，信息不等同于物质，也不等同于能量，信息与物质、能量有着本质的区别。但是，信息与物质、能量又有着密切不可分割的联系。”

“信息与物质的联系是显而易见的。现代科学表明，信息的产生、表达、传递、存贮等是离不开物质的，要以物质作为基础，作为载体。信号、符号、声波、电磁波是表达信息、传递信息的物质载体。没有电磁波，电台、电视台就不能传送信息；没有声波、没有语言文字，人们就无法交流思想、交流信息。而磁带、磁盘、书籍、杂志等，则又是存贮信息的物质材料；人的大脑是加工与存贮思维信息的高度组织起来的物质器官。可见，信息的存贮也离不开物质，没有物质材料作为载体，信息就无处存身。因此，决不可能有不依赖于物质而存在的信息。”

“信息也离不开能量。信息的获取、传递都离不开能量，而能量的转换与驾驭又离不开信息。比如，一个现代化的防空系统，需要有强大的能量来维持系统的运转，才能获得防空信息。雷达装置的运转，要用电能发射无线电波，才能获得有关目标物，如飞机、导弹、运载火箭之类的坐标，速度、航向等方面的信息。同时，如果要摧毁敌方的目标，则需要有强大能量的打击武器，如核弹头、导弹等，但是，要驾驭这些具有巨大能量的打击力量，则又需要准确无误的信息。当雷达搜索到有关目标物的信息后，要通过信息传输系统送到指挥控制中心，并且利用电子计算机算出导弹发射的信息，如发射的时刻、发射的轨迹等。有了这些信息，控制中心才能下达指令（信息），发射出导弹，从而驾驭巨大能量去击中敌方的目标。否则，如果没有准确的信息去控制核弹头、导弹，那么，这些有巨大能量的打击武器，只不过是一个盲目的破坏者。可见，获得信息、传递信息以及信息的转换等都需要能量，而能量的驾驭又离不开信息。能量的作用在于做功，信息的作用在于提供知识。”

“叔叔，您讲的这些，是信息与物质、信息与能量的关系。能不能再介绍一下物质、能量和信息三足鼎立，三位一体，相辅相成的关系呢？”丁大力问。

“当然可以。我之所以要介绍信息与物质、信息与能量的关系，就是为了能使你们更透彻地了解物质、能量和信息这三者的关系。”叔叔面对着丁大力不紧不慢地说：“就拿你刚才打电话把今天不回家吃午饭的信息传给你妈妈这件事来说吧。你得先拿起电话听筒，然后拨动号盘，电话接通后，你的发声器官发出声音，话筒把声信号变成电信号，电信号沿着电线传到你妈

妈那儿，你妈妈拿着的听筒又把电信号变成声信号，这才能使你妈妈听到你的声音，明白你今天中午不回家吃饭。”

“你们看，就在这么一个简单的打电话传递信息的过程，哪一部分少得了物质和能量呢？类似这样的例子，在我们的生活中可以说是俯拾即是。人类一切有目的的过程，从社会生产到日常生活，都少不了物质、能量和信息的传递，可以说都是物质流、能量流、信息流的汇合过程。”

“比方说，做一件服装，先把布料放到桌子上，经过对人的长度、胸围等的测量，裁剪，缝纫，钉扣，熨烫，最后变成成衣，剩下的是碎料、线脚。”

“在这个过程里，物质流是明显的，布料、桌子、尺、剪刀、缝纫机、针、线、钮扣、熨斗，直到碎料、线脚，都是物质。”

“能量流也比较清楚。用手去拿布料，把布料放到桌子上，用尺来作长度、胸围测量，将测得的值转换成服装尺寸，用剪刀裁剪、碎料分离，用缝纫机缝制，锁眼钉扣，用熨斗熨烫等，这是一个能量定向流动和转换的过程。

“信息流却比较隐含。但仔细考虑也不难明白。用手拿布料，把布料放到桌子上，得由大脑发出命令才能完成；用尺来测量长度、胸围，将测量的值转换成服装尺寸，用剪刀裁剪，这都需要靠人的经验；缝纫机的启动和停止少不了人去指挥；锁眼钉扣，用熨斗熨烫衣服依赖于人的技术。很明显，如果没有正确、及时的信息流的加入，合格的成衣是根本做不出来的。”

“物质可以用来加工成工具和机器，能量被用来使工具和机器动作及做功，信息的作用则是使工具和机器按预定的目标工作。三者相辅相成，组成了一个和谐有机的统一体。”

“细敏，奶奶已把饭做好了，你帮忙把这锅饭拿到客厅里去先凉着。”奶奶正在厨房里忙乎，要细敏帮一下忙。

“来了。”陈细敏边说边去把一锅饭拿到客厅，把饭扒松，打开锅盖凉着。

叔叔指着这锅烧好的饭，继续对大家说：

“再举一个你们都熟悉的简单的例子来说明问题，就拿这锅饭来说吧。有一句俗语叫‘巧妇难为无米之炊’，它十分生动形象地刻画了这三者之间的关系。表面上看，它强调的是米这种物质在做饭的过程中是绝对必要的。不仅是米，还有水和炊具。没有这些物质，做米饭只是一句空话。”

“但是，光有米、水和炊具还不够，还必须要有能把米煮成熟饭的能量，奶奶煮饭靠的是煤气这种能量，当然，也可以靠燃烧本柴、煤炭来获得，也可以由液化气、电力、煤油等来提供。”

“现在，已经有了做饭的物质和能量，有了做饭的基本条件，但是，如果没有一个观察信息、掌握火候，并根据这个信息来控制整个炊事过程的巧妇，那么，美味可口的米饭也只能是海市蜃楼。即使有了人在操作，但如果他是一个不善于观察和利用信息的‘拙夫’，那么，他势必把这些上好的材料做成难以下咽的夹生饭，或者做成无法入口的炭焦饭。”

“因此，米、火、巧妇，是做出一顿美餐所缺一不可的三项基本条件，是物质流、能量流、信息流‘三流’的汇合。然而，这并不是说，物质、能量和信息三者彼此彼此，半斤八两，平分秋色。事实上，在不同的具体条件下，‘三流’所处的地位是不同的，它们所起的作用和所作的贡献也不一样。”

“米、水和炊具提供的是形体，煤气提供的是活力，信息提供的是灵魂。在做饭这件有目的性的事情中，只有信息是直接体现目的的，而物质和能量

则是实现目的的手段。在这个意义上，信息是至高无上的、不可取代的，而物质和能量的具体形式则是可以替换的，不是唯一的。可以利用这种形式的物质和能量，也可以利用那种形式的物质和能量，但是，信息则必须是唯一的。”

“因此，物质和能量的具体形式是次要的，重要的是信息本身。当然，如果没有任何物质材料，也没有任何能量形式，信息也就不可能发挥作用，我们强调信息的作用，是在三位一体的基础上来论述的。信息的统帅作用离开了物质和能量就成为空中楼阁。所以，信息是统帅，是灵魂，这是有条件有前提的。总的原则是，不能离开三位一体来谈论信息的作用，也不能离开三位一体来谈论物质和能量的作用。三位一体，各司其职，既不能互相割裂，又不是绝对一视同仁。这才是信息、物质和能量之间的关系的本来面目。”

“听了您刚才讲述的这些内容，我现在才真正地体会到，信息在人类的生存和发展中所占有的重要的地位。人类一日也不能缺少信息。”王永明若有所思地得出结论。

叔叔赞许地点头说：

“是这样的。正因为如此，当信息科学的主要研究内容瞄准信息的运动规律和利用信息的原理时，人们就需要进一步地探讨信息的本质特性了。”

“信息主要具有哪些本质特性呢？”细敏忍不住插嘴问。

“信息的本质特性与信息的定义有密切的联系，它也同信息的定义一样，既简单又复杂。这就像我们过去常玩的万花筒一样，几块有颜色的玻璃，随着筒的转动，可以变换成许多不同的图案。”

“通常来说，信息拥有几十种特性，这是就信息的整体概念而言的，具体到某一条信息上，可能就没有这么多的特性了。但是，即使是一条极为普通的信息，它也可以拥有几个方面的特性。我可以向你们作些简要的介绍。”

“比如，信息具有真实性。信息应该是客观事物的真实反映。不符合事实的信息，既害了别人，也害了自己，非但毫无价值，反而会起到相反的作用。所以，真实是信息的中心价值，也是信息的物质基础。”

“信息具有滞后性。信息发生于事实发生之后，先有了事实，然后才能有信息，信息再快也落后于事实。例如，报纸和广播里的新闻报道，是事实在前，消息报道在后。”

“信息具有预示性。信息发生在它所预示的事实之前。例如，我们经常收听的天气预报就是预示信息在前，事实在后；企业所做的市场预测也是信息在前，事实在后。”

“信息具有时效性。信息是有一定寿命的，在某一段时间内，信息可以转化为价值，但如果转换不及时，则时过境迁，过时的信息不但分文不值，而且可能有害。”

“叔叔，您说过时的信息分文不值，我能够理解，比如昨天发布的天气预报，我今天才知道，那么这就是过时的信息。对我来说，这昨天的天气预报，确实不能起什么作用了。因为今天的天气情况，我已经体验到了，用不到这一信息。但是您说有害，我却有点想不到。”细敏不解地问道。

“这个问题好解释。”叔叔自信地说：“我们按照过时的信息来决定我们将要做的事情，由于过时的信息已不符合现在的实际状况，因而也就会使我们犯错误了。例如，随着改革开放，穿西服的人逐渐增多。穿西服就需要戴领带，某些厂家获得这个信息以后，由于转换不及时，等到生产的大量领

带上市，却是市场上领带的饱和之时，造成了领带的积压，销售不出去，给厂家也带来了严重的困难，此时后悔也晚了。因此，信息必须及时收集，迅速传递、尽快处理，才能转换成价值。”

“信息的另一个特性是具有传递性。没有传递就没有信息，更没有信息的效果。信息可以送来送去，它比运送物质要灵活得多，传递的速度也要快得多。人与人之间可以靠语言、动作、表情传递信息，社会活动信息和科技信息可以靠报刊、杂志、图书、文件等来传递。随着电子技术突飞猛进的发展，还可以借助电话、电报、无线电、电视、通信卫星、电视直播卫星等载体来高效率地传输信息，因此，人们坐在家就可以随时了解世界上任何一个地方的实际情况和事实的变化。”

“信息还具有可载荷性。信息可以离开产生它的物质，载荷在其它各种物质载体上。信息在传输、存贮的过程中，它的物质载体可以采取多种形式，既可以由语言作为载体，也可以用文字、电磁波作为载体，并且可以进行多次转换，然而信息的内容则不以物质载体的变化而变化。信息在运动过程中并不需要特定的能量与它相适应，它可以借助不同形式的能（机械能、物理能、化学能、生物能等）作为动力。如奶奶做一锅饭，可借助于煤气，也可以借助于沼气或电能，甚至于太阳能。”

“信息具有共享性。信息可以共同享受，而物质则不能共享。例如，某个人拥有某种信息，当他把这种信息传授或告诉别人时，他自己原先所拥有的信息并不会丧失，他就可以和别人共同享受这个信息。而且，这个过程还可以无限制地进行下去，使信息可以为大家所共享。比如，老师教会了学生，老师自己的知识并不会丧失，师生可以共享这些知识（信息），而学生又可以去教学生的学生。因此，合理地使用信息资源，就能使同一信息为更多的使用者服务。然而，物质却没有这种共享性，任何一件实物，如果一个人占有了它，别人就没有了；如果这个占有者把它转交给了另外一个人，他自己也就失去了它。”

“信息具有从属性。信息总是要依附于一定的实体的，因而它具有从属性。如教育信息，就要依附于一定的教育组织，离开了这种教育组织，离开了人们的教育活动，教育信息也就失去了意义。”

“信息具有扩充性。绝大部分的信息都会在实际过程中不断发展，不断扩充。同样是一个地球，同样是一项计算机技术，我们今天获取的关于它们的信息，已经比过去不知多了多少倍。事物在发展中，我们对于它的认识也在发展之中，不可能一览无余，只能从不完全走向比较完全，而且始终不能做到绝对完全。因此，在总体而言，信息总是随着它本身的利用而扩充，而信息的扩充性则标志着事物的发展。”

“信息的另一个特性是具有浓缩性。你们读过这份报纸吗？”叔叔拿起了沙发边上放着的《报纸文摘》向小伙伴们问道。

《报纸文摘》我最喜欢看了。妈妈给我订阅了一份。我觉得这份报纸包含的信息很多，文章短小精悍，读这一份报纸，可以知道许多事情。”丁大力接口而答。

叔叔扬了扬手上拿着的报纸说：“这份报纸的特点，就是将其它报刊上的信息浓缩后而摘登的。当信息过于繁杂和分散时，采用归纳、综合、集中和概括等方法，我们可以把信息浓缩起来。《报纸文摘》的工作就是一个很好的例子。除此之外，在我们的日常生活中还可以有很多例子。例如，某一

领域的丰富知识可以浓缩于一本书中；许多表面看来是复杂多样的现象，往往可以归结为某种自然规律；大量的统计资料和数据往往可以压缩成少数几个公式；厚厚的一叠汇报材料可以总结成简明扼要的几条提纲等。浓缩以后的信息，它的性质和作用并不降低。通过浓缩，可以使人们从信息中得到更多的知识和学问。”

“信息具有替代性。在人类社会的物质生产过程中，信息具有替代资金、物质材料、劳动力和能源消耗的功能，并且可以转化为物质财富。在现代化生产过程中，企业生产出来的物质产品，要求其中凝聚更多、更新的科学技术信息，而物质材料、劳动力与能源的消耗则要求更进一步地减少。这就是说，要求在产品中知识信息所含的比重最大限度地增加，而物质材料与能源的消耗则要求最大限度地减少，以科学技术知识信息来替代。谁掌握的信息多，谁就是经济上的强者。一些工业发达的国家，现在不仅出口产品，更重要的是出口信息、出口技术。”

“信息具有扩散性。它可以从一个地方传播到另一个地方，从一个人传播给另一个人。如果没有人为设置保密措施的话，信息就像在一杯清水中滴进一滴蓝墨水一样，很快地由信息浓密的地方向稀疏的地方扩散。越扩散，它的作用也越大。我国古代劳动人民在中医实践中，发现金银花、连翘、蒲公英等具有解毒作用，这些信息经过扩散传播后，医治了千千万万的病人，一直到今天，还在起作用。报纸、刊物、电台和电视台就是专门为扩散信息而设置的。它们可以在很短的时间内，以很快的速度将信息传播到极为遥远的地方去。由于传输渠道畅通，形式多样，及时迅速，又能变换、处理、存贮、再现，所以信息很容易向四面八方扩散。信息提炼得越精，精炼成为知识，综合成为智慧，它就越容易挣脱束缚，脱颖而出。”

“信息还具有有效性和无效性。在信息的真实中，我已讲了，真实是信息的中心价值。如果你得到一个信息，既符合事实又十分重要，那当然很有价值，很有用。相反，如果你得到的这个信息没有实用性，那就没有价值；要是你得到这个信息是假的，照此行事，结果耽误了工作，还会对我们的事业产生危害。我们当然希望能够及时地得到有价值的信息。但是，信息常常落后于事实，落后太多，衰老了，过时了，就会失效，变成无效的信息。7月10日的天气预报，你到7月11日才知道，那就没有实用价值，只能供科学研究总结经验作参考。”

“另外，宇宙间的信息无穷无尽，不实行专业化，简直没有办法利用。对于搞小学教育的老师来说，深奥的航天方面的信息可以说是无效的，而青少年教育方面的信息则是有效的。”

“信息具有不确定性。信息存在于还没有确定的事物之中，只有还未确定的事物才会有信息。所谓确定的事物，就是指某物不存在种种可能性的变化，它的存在是确定的，并且是人们预先知道的。你把这件事告诉人们，人们不会感到意外。例如，今天的天气是晴朗的，这件事已经发生，是确定的事物，并且是人们已经知道的。你再告诉人们，它就不会给人们提供任何信息。所谓还没有确定的事物，就是运动着的事物存在着种种可能出现的状态，并且究竟会出现什么状态，是人们预先不完全知道或完全不知道的。例如，明天的天气怎样？是好天气，还是阴天、下小雨、下暴雨，就存在着种种可能性。这就是还没有确定的事物，它具有一定的不确定性，或者说存在着一定的意外。这样，等到明天到来的时候，一旦某种天气出现，出乎人们意料，

人们就会得到一定的信息。一个事物存在着的可能状态越多，就越不确定，人们对它的变化就越捉摸不定。在这种情况下，事物一旦从不确定变为确定，人们就会获得很多的信息。相反，一个事物已经是确定的，那就是人们已经知道的，它就不能给人们提供什么信息了。”

“信息具有无限性。我们都知道，作为资源，任何具体形式的物质和能量都是有一定的储量的。而信息资源却不是这样，它会不断扩充，不仅没有限度，永远不会耗尽，而且会越来越多，迅速增长。信息作为事物运动的状态和方式，以及作为关于事物运动的状态方式的知识，是永远不会枯竭的。只要事物在运动，就有信息存在。所以，信息不会像物质和能源那样发生资源短缺的危机。信息永远是一个汪洋大海，永远在繁衍着，永远在更新着，只要愿意去求取，就永远会有收益。”

“关于信息的本质特性还有很多，我就不再一一列举了。”

“除了信息的本质特性之外，信息科学还要研究些什么呢？”丁大力问。

“还要研究信息的产生、信息的收集、信息的变换、信息的传递、信息的检测、信息的存贮、信息的检索、信息的处理和对信息的描述、度量等内容。这些，都是关于信息本质的基本内容。”

“信息本质的基本内容可真多啊！”王永明接口说。

“是啊，这些基本内容是信息科学的基础，只有对信息有了一个深刻而全面的认识，才能充分而有效地利用信息。”叔叔呷了一口茶说：“就说信息的产生吧，假如是以人为中心来考虑的话，我们可以把信息产生的模式归结为三种情况。”

“第一种是认识事物而产生的信息。前面我曾经提到过，信息可以扩充知识，而知识是认识事物的成果。因此，信息基本上是通过认识事物而产生的。如果人们认识不到事物的重要性，即使此时此刻存在着信息，也不可能产生信息。比如，从某一家保密工厂倒出来的垃圾，普通人是不会把它当作信息的，可是，对于间谍来说，这就是很有价值的信息。”

“第二种是创造性的信息。它是靠人工的创造、加工、整理出来的信息。作为研究工作的成果，人们可以在学术会议上发表新的信息，并以文献的形式整理出来。这些信息可以作为知识进行交流或存贮。”

“第三种是意图性的信息。这种信息与事实没有关系，是指人们有意编造的信息。蛊惑性的宣传就是一个典型的例子，这种宣传在混乱时期会起到很大的作用。”

“你们知道迷彩伪装吗？”叔叔问道。

“什么叫迷彩伪装？”王永明没有听明白，不解地问道。

“迷彩伪装就是用涂料、染料和其它材料，按一定要求改变目标或背景颜色的一种伪装方法。”

叔叔从桌子拿起一本画报，翻到印有解放军战士认真训练的大幅照片那页，指着战士穿着的迷彩服说：

“你们看，这些战士穿的就是迷彩服。由于这种衣服的颜色与树林、草丛的基本颜色相似，并且还用形状不规则的几种大斑点来歪曲人物目标的外形，因此可以伪装自己，迷惑敌人，以避免遭到敌人的攻击，从而保护自己。”

“噢！原来是这样。我们在电影、电视中经常能看到的。”王永明恍然大悟。

“是的。这也是军队利用意图性的信息来干扰敌人的注意力，保存自己

有生力量的一种手段。”叔叔将画报放回到桌子上，接着说：

“我们要利用信息，就要先收集信息。收集信息首先要明确目的，就是说，我们收集信息必须要有明确的目的性，在收集信息之前必须考虑好为什么收集，干什么用，要达到什么目的。对这些做到心中有数，也就算目的明确了。目标一旦明确，你就知道应该收集什么样的信息了，也就有了评价信息的标准了。比如你们在读报纸时，如果没有明确的目的，你会普遍浏览一遍，不可能有多大的收获，也许有些重要的新闻和文章没有引起你的注意。但是，如果你想写一篇文章，为找参考材料而翻阅报纸，那你对有参考价值的文章会特别注意。抱着明确的目的来收集信息，既提高了工作效率，又会使你获得满意的信息。”

“其次，材料要可靠。所谓材料要可靠，就是我们收集的信息质量要高，要有很高的可信度和精确度。如果信息材料不真实、不准确，轻则所收集到的信息在某个环节上被剔除掉，造成人力、物力和时间上的浪费，重则被作为决策的依据，造成极大的损失。所以，收集材料要讲究可靠性、准确性这是应该特别注意的。”

“第三，态度要求实。当然，注意信息材料的可靠性，就包含着求实的意思。光注意还不行，关键是要去求实。比如，我们为了防止传输错误，应该反复核对；为了防止计量错误，应该反复计量；要重视第二手材料，尤其要重视第一手材料；不搞捕风捉影，不搞道听途说。这些就是求实的办法。例如，对某些人所说的话不要轻信，听完了要核对，要调查。据说，我国春秋时期鲁国有个季孙氏曾向艾子吹牛说他家养了三千名食客，艾子就到他家里去看个究竟，结果发现一个也没有。所以，对别人提供的信息要核对，尤其是对说大话、假话的人更要作实地调查。”

“第四，视野要宽阔。在我们今天生活的这个世界里，到处都充满着信息。信息源是多种多样的，这些信息源大体可分为自然信息源、社会信息源和知识信息源三类。这些信息源相互联系、相互渗透，交织在一起，每天都产生出大量的信息。因此，我们收集信息不能把自己局限在一个小圈子里，不能仅仅局限于一个单位、一个部门、一个系统、一个地区，而应该放开眼界。既要注意本单位、本部门、本系统、本地区，又要注意外单位、外部门、外系统、外地区；既要注意国内，又要注意国外；既要注意自然信息，又要注意社会信息和知识信息。这样收集的信息才能量大、质高、有用，有选择性和可比性。”

“总之，对收集信息的基本要求可以概括为这样几句话，即目的明确，材料可靠，认真求实，视野宽阔。除此以外，还有其它的要求，但这些都是主要的，只要注意做到以上几点，就可以收集到满意的信息。”

“叔叔，收集信息是不是越多越好呢？”陈细敏问。

“对于经营信息的图书馆和信息中心来说，是这样的。对其它的就不是了。因为信息收集得过多，就不能正确地掌握住问题的基本点。我们应该明确收集信息的界限，注意不要做那些徒劳的努力。收集信息的目的不是集中最多的信息，而是要收集符合目的的最小最有价值的信息。我们要时刻意识到了，收集信息需要相当多的时间和精力。”

“信息收集好了，就有一个变换和传递的问题。其实，我们在收集信息时，也存在着信息的变换和传递过程。”

“什么叫信息的变换呢？”丁大力问。

“信息由一种形式变为另一种形式，就叫做信息的变换。就拿你刚才打电话一事来说吧。”叔叔用手指了指电话机，对丁大力说：“你想把你回家吃午饭这个信息传递给你妈妈，这个想法从你的脑子里一钻出来，借助于你的口舌，它就摇身一变，化作声音，也就是说化为声信号，这是一变。声信号沿着空气迅速地钻进话筒里，又立刻变成了频率变化的电流，这是电信号，是二变。电信号又高速地沿着电话线跑到你妈妈手上拿着的听筒里，又恢复成声信号。然后钻到你妈妈的耳朵和脑子里，才现出原形，这是三变。”

“人们在交流信息之前，信息是藏在人的脑海里的，以大脑为载体。当人们把它发送出去，它就以另一种物体为载体，例如声音、语言、文字、电信号等，就是信息的载体。离开了载体，信息既不能存在，当然也不能传递。信息如同一个瘸腿的使者，出门不是骑马，便得乘车，它才能行使使命。刚才所说的声信号、电信号，以及语言、文字等，都是信息的形式。人们之所以对信息进行变换，就是为了把它变成适于传递和接收的形式。不然的话，我们脑子里的信息就不能交流、传递了，我们只有把各自脑子里的信息变换成声音、语言、文字等，才能交流。因此，信息的传递离不开信息的变换。实际上，信息的传递过程就是信息的变换过程。”

“信息在传递过程中，究竟需要几次变换，需要变换成哪些形式？这要根据发出信息的人和接收信息的人双方的具体情况而定。有的需要谈话，有的需要文字，有的需要借助电话或电报。谈话，只要把信息变换成语言、声音就可以了；打电话，除了把信息变换成声信号，还要变换成电信号；打电报，则必须把信息变换成文字和电信号。”

“你们参观过港口吗？”叔叔问小伙伴们。

“参观过。”王永明和陈细敏说。

“我去青岛时，也看见过港口的景象。”丁大力说。

三个小伙伴不知道叔叔突然问这个问题有什么意图。

“既然你们都去过港口，那么一定看到过码头工人的工作情况了！”

“看到过。”王永明兴奋地说，“码头工人利用码头上高大的起重机或者船上的起重机，装卸船上的货物。”

“是啊，信息的变换就像码头的装卸工作一样，是信息的装卸工作。把信息变换成适于传输的形式，就是装。等到传递到目的地，再进行相反的过程，即把信息变换成便于接收的形式，就是卸。人们把前一个变换过程称为编码，把后一个变换过程称为译码。一切信息的变换过程，都是编码或译码的过程。编码是把信息变换成信号的措施，译码是与编码相反的变换过程。信息只有通过编码，才能发出和传送。只有通过译码，才能被接受、被获取。就连最简单的信息交流也必须经过编码和译码。比如两个人面对面地交谈，讲者要把信息变成适合于空气传递的声信号，变成语言，就得经过大脑用词组成句子，这个过程就是编码。听者的耳朵接收到声信号，经过大脑的理解，明白话音、句子所包含的意思，这个过程就是译码。”

“有了信息的变换，人们就可以进行信息的传递了。信息只有流通，才有价值。通常，人们把传递或交流信息的过程称为通信。人类传递信息的历史也就是通信的发展史。”

“远古时期，人类主要靠声音、手势、表情来传递信息，后来又创造了图画、音乐、舞蹈来表达思想感情。”

“自从人类创造了语言后，语言就成了人们传递和交流信息的最主要的

工具。当然，利用语言来传递和交流信息，参加者必须用同一种语言，而且彼此对情境的理解必须有高度的一致性。如果一个不懂汉语而只会英语和一个不懂英语而只会汉语的人交谈，又没有翻译的帮助，那是无论如何也不能理解彼此所表达的意思的。”

“文字的出现，是人类通信手段的一次大变革。语言只能近传，靠大脑记忆，而文字可以把信息‘固定’、‘封装’，突破时间和空间的限制而传播。运用文字，可以使信息在大脑以外存贮，并在若干年后取出供另一个大脑处理。”

“纸张和印刷术的发明，把信息的记录、存贮、传递和使用的范围扩大到更广阔的空间和时间，这对促进人类社会的进步和文化的发展起了不可估量的作用。”

“在过去很长的一段时间里，人们是怎样把信息传递到远方去的呢？你们知道‘烽火戏诸侯’的故事吗？”

“知道一些。”陈细敏说：“早在2700多年前，我国西周最后的一个国王周幽王，整天不理朝政，光讲吃喝玩乐，荒淫无度。自从有了一个名叫褒姒的宠妃后，更加不理朝政，为了能让从不开颜一笑的褒姒开口一笑，竟带着她到骊山去，让士兵把周围的烽火台都点起火来。附近的诸侯一看到烽火台燃起火，以为敌人入侵，王朝危急，纷纷发兵，前来紧急救援。他们到了骊山脚下一看，根本没有敌人的影子，才知道幽王是在和他们开玩笑，都生气地走了。这个玩笑虽然引起了褒姒的大笑，但是，它却带来了灾难性的后果。因为没过多久，敌人真的打来了。周幽王让人举火求援，可是诸侯们生怕再上当，谁也没有发兵，西周很快就灭亡了。”

“对了，故事中所提到的利用烽火传递信息，是我国古代通信的一种方法。当时，每隔一定的距离，就筑起一座高高的烽火台，白天点燃狼粪，以袅袅入云的‘狼烟’报警，晚上燃着柴火，以熊熊大火的火光通告敌情严重，要求各路诸侯迅速带兵来援。用烽火传递军情的办法曾一直延续到明、清时代。虽然这种传递信息的方法比乘车、骑马的速度要快，但也还比较原始、比较落后，如果使用不当，还会引起严重的后果。刚才细敏讲述的‘烽火戏诸侯’的历史故事，就留下了很深刻的教训。”

“此外，也有用传呼喊话、击鼓、吹号的方法来传达命令的。这些传递信息的方法只能传达一些比较简单的意思，而且传递的距离非常有限。所以在古代，对于那些复杂的情报和书面信件还得靠专人来传送，或者依靠专门传递书信的邮驿。”

“随着科学技术的发展，信息的传递也有了较大的飞跃性进展。远距离的信息传送，不仅成为可能，而且瞬间即达。例如，电报发明后，可借它来进行文字信息的传递；电话发明后，可以用它来进行声音信息的传递。除此之外，广播和电视的发明，使信息可以在大范围内迅速传播，从以前的点扩大到面，使广大的听众、观众能够大大地扩展自己的视野，撷取丰富多彩的信息。坐在家里，闭门不出，也可使世界各地所发生的事情迅速获知，真可谓‘秀才不出门，便知天下事’了。尤其是电视，可以使我们对世界各地所发生的事情有身临其境的感觉。电视使我们的世界变小了。”

“自从发明了数字通信、光纤通信和卫星通信以后，人类在信息的传递中，通信的质量、可靠性都有了突飞猛进的飞跃，特别是卫星通信，把世界各地连到了一起，变成了一个‘地球村’。生活在地球上的人们，尽管相隔

千里，却像居住在一个村落一样。卫星通信使地球的空间变小了，却使人们在社会交往范围极大地扩展了。”

“信息的传递发展到现在，有一个漫长的历程。然而，不论采取哪种方式来传递信息，它都有一定之规。也就是说，信息传递必须要具有以下几个主要因素：（1）要有信息的发送者；（2）要有信息，并且必须通过编码和译码，把信息变换成便于传递和接收的形式；（3）要有传递信息的渠道；（4）要有信息的接收者；（5）要有信息交流的效果，接收者能接收到信息，理解信息。”叔叔看到小伙伴们听得很仔细，又改变了话题：

“你们一定参加过跑步训练吧！”

“参加过的。丁大力还是他们学校的短跑运动员呢！他代表他们学校在市里的田径运动会上得到过100米跑的第三名呢！”陈细敏指了指丁大力说。

叔叔赞赏地点点头，问丁大力：

“你参加100米跑时，一定有起点和终点，另外还有100米的跑道，是不是？”

“是的。”丁大力奇怪叔叔怎么会问这个大家都知道的事情。心想他一定又要引发出什么概念了。

叔叔停了一会儿说：

“从信息的流动过程来看，信息的传递也有它的起点，有它的终点，还有它途经的道路。人们把信息传递的起点称作信息源，简称为信源。信源是信息的来源，它一般以符号的形式发出信息。例如，人发出信息，是通过大脑组织指挥嘴说话或其它动作，人就是信息源。如果用机器发送信息，机器就是信息源。一本书、一张报纸、一份期刊都是信息源，等等。”

“人们把信息传递的终点称为信宿。信宿是信息的归宿，它是信息的接收者。每个人既是信源，又是信宿。当然，信宿也不一定是人，如果用机器接收信息，那么信宿就是机器。”

“信息所途经的道路称为信道。信道是传输信号的通道媒介。例如，人们相互谈话，彼此的话音是通过空气传播的，空气就是信道。电信系统是利用电磁波来传播电信号的，因此信道还有有线信道和无线信道之分。”

“发出信息的信源、接收信息的信宿和传递信息的信道，这三个东西组成一个整体，构成了信息系统。信息经过编码，由信源即信息的发送者发出，沿信道传递，到达信宿即信息的接收者，经过译码被信息接收者所接收，这就是信息传递的基本规律。”

“我们在信息的传递和交流时，应该依照这个规律办事。特别是作为信源，作为信息的发送者，应该时时考虑所发出的信息应选择什么样的样式，才便于传递和接收。”叔叔喝了一口水，又问小伙伴们：

“你们注意过顾客在电视机商店里买电视机的情景吗？”

“叔叔，您是不是指顾客在买电视机之前，先要对电视机的性能作一番检测。假如质量合格就买下，如果质量有问题，要么请营业员调换一台，要么就不买了。”王永明忖度着叔叔的心思，试探地回答着。

“对，一般都是这种情况。”叔叔肯定地说，“我们在接收信息时，也和购买电视机一样，先要对信息进行检测。由于我们大家都生活在信息的海洋里，因此，对信息的检测进行研究，也是很重要的，因为检测信息是保障信息有效性的重要环节。检测的主要内容有：信息是否真实，信息是否准确，信息是否过时、失效。”

“信息的不真实主要指信息的内容是假的。信息的不准确主要是指信息的传播过程中所产生的误差。虽然这两者在性质上有所差别，但由于所造成的危害是相同的，所以我们常常把它们联系在一起。就目前的情况而言，信息不真实的情况比较少，比较多的是不准确。”

“信息不真实的情况虽然较少，但也时有发生。例如，英国《新科学家》杂志，曾于某一年的愚人节前夕蓄意制造了一个谎言，说经过科学试验，已培育出了牛肉西红柿。这则不真实的信息竟然传遍了大半个地球，蒙骗了許多人。”

“在我们的生活中，比较普遍存在的问题是信息的不准确。在第二次世界大战中，西方盟军制定了一项规模庞大的诺曼底登陆作战计划。为了迷惑敌人，取得出奇制胜的效果，英美联军情报部门精心策划了一个冒名顶替英国登陆部队司令官蒙哥马利元帅的欺敌行动，使德军统帅部得到的是不准确的信息，因此把防守诺曼底地区的两个坦克师和6个步兵师抽调走，从而大大减低了盟军在诺曼底登陆时的压力，为登陆胜利创造了条件。”

“检测信息是否过时失效，同样也是很重要的。过时失效的信息是无效信息。例如，某家报纸登了‘黄石市市郊良种场今年缺少43枚种蛋’的消息，读者李某得知后，日夜兼程赶往黄石市，一打听，良种场负责人说：‘一个多月前我们需要一些种蛋，现在一个也不要了。’这就是信息过时的一个例证。”

“信息的真实、准确、及时，在信息的检测中实际为一个整体。通过检测，排除信息中夹杂的各种无用的、失效的成分，包括来自信息源和传递过程中的各种干扰因素以及理解上的错误，确保信息的有效性。从上面的例子中可以看出，不真实、不准确、过时失效的信息，可以使决策发生错误，从而造成巨大的损失。假如我们在使用信息之前，对信息的真实性、准确性、时效性进行认真地检测和科学地分析，那么就会避免可能发生的错误。”

“看来，对信息的检测成功与否，是我们利用信息成功的关键之一。”王永明说。

“可以这样说。然而，我们通过收集、变换、传递、检测所获取的许多信息，并不全部都是立刻被使用的。信息还具有反复使用，长期使用，多种用途和印证、增补、修正的作用。客观地说，大量的信息，包括各种数据、资料、知识、动态等，主要是供存贮用的。把大量的信息有计划、有选择、有目的地存贮起来，进行科学的信息管理，以留待今后需要时使用。”

“你们知道吗，在一项新技术或新发明中，大约有90%的内容可以通过各种情报途径从已有的知识中取得，而真正的独创性工作只有10%左右。因此，做好信息的存贮工作，可以保障人们及时地、准确地获得必要的信息，充分利用现有的成果，更有效地发挥创造性。”

“为了使信息存贮的工作能有效地进行，人们采取了多种方式。你们知道商店的仓库吗？”叔叔问小伙伴们。

“知道，大的百货商店在店堂外都设有一个大仓库，里面存贮了大量的商品。一旦商店货物将售缺，仓库就将商品送到柜台，有的大件商品甚至由顾客直接去仓库提货。上星期我家买的一台冰箱，就是我和爸爸一起去仓库提货的。我看到仓库里各种货物排列得整整齐齐，按门类分档堆放着。”王永明说。

“你说的是商店的外贮仓库。除了外贮仓库外，商店还有内贮仓库。这

内贮仓库容纳的商品不多，一般都设在柜台后边，或在商店里专门划出的地方堆放着，营业员取用很方便。商店销售快的货物，也就是营业员需要常用的物品，在内贮仓库中都有存贮，可供营业员随时取用。而销售慢的商品，一般都存贮在外贮仓库中。”

“利用商品的内贮和外贮两种方式，客观上可以扩大内贮仓库的容量，方便营业员取用。同时，给顾客的印象是商品货源充足，存贮数量多。”

“信息的存贮也有点像商店商品的存贮，它也分为内贮和外贮两种方式。所谓内贮，是指人们的经验积累和大脑的记忆，它是人们经常要使用的信息，取用很方便。所谓外贮，是指各种信息、资料、情报、知识、数据等有组织的编排，可以免除人脑记大量不常用信息的负担，人脑虽然不去努力记忆它，然而一旦需要，可以随时去外贮查用。”

“信息存贮的目的是建立信息资料库，保证信息的长期使用，反复使用，多种用途的使用，以及对新信息的检验与分析。”

“人的内贮是有限的、零乱的。人脑虽然可以记住许许多多的事件、地点、人物和情况，但是这种记忆并不绝对可靠。有些事情比较难记住，或者说比较容易混淆，有时甚至是模糊不清的。这时候，就需要借助其它办法了。俗话说，好脑筋比不上赖笔头，就是这个意思。人的内贮信息还受到生活环境、经历阅历、文化程度、记忆力、工作性质等各种因素的影响，因而在使用上具有一定的不可靠性。”

“外贮信息是人的内贮信息的扩展与延伸，它在一定程度上克服了内贮信息的缺陷，也不受文化程度等因素的影响。”

“在信息激增的今天，不进行信息存贮，就无法适应当今社会的发展潮流。”

“信息存贮时，必须注意到有的信息需要保存很长时间，并且在需要时又希望能很快地提取出来。当然还希望存贮信息的代价不要过高，存贮信息要安全、可靠等。这些都是信息存贮中要考虑的问题。”

“外贮信息使用的材料主要有三大类，即纸介质、胶卷和磁介质。”

“纸是最早也大量的存贮信息的材料，它可以存贮文字信息、图像信息和数据信息。各种报纸、杂志、图书、图画和档案资料等都是用纸做成的。它的优点是存贮量大、代价低、不容易涂改、可靠性高，但是加工、处理不方便，传输信息和查找信息的速度慢。目前，纸仍是我们存贮信息的主要材料。”

“胶卷是存贮图像信息的重要材料，也可以用来存贮文字信息和数字信息。从宇宙飞船获取的空间信息，从卫星上获取的地球表面的信息等都是通过摄影机保存在胶卷上的；许多科学研究、考查的资料也是保存在胶卷上的。胶卷存贮信息的优点是存贮密度大、体积小、便于永久保存。特别是现在已经有了各种缩微技术，存贮信息的密度更大了，1 平方厘米的胶片可以存贮 1000 多页 16 开纸面的信息。但是人读取它并不方便，还得经过转换，而且价格昂贵。”

“磁介质包括磁带、磁芯、磁盘、磁鼓等磁性材料。磁带可用来录音，将声音信息存贮下来；也可用来录像，把图像信息存贮下来；还可用来作电子计算机的外存贮器存贮数据。磁芯可以用来做电子计算机的内存贮器。但由于它体积大、制造工艺麻烦，现在已经被半导体存贮器所替代。磁盘和磁鼓是电子计算机的外存贮器，尤其是磁盘，现在已大量使用，它的容量很大，

大量的数据可以装在磁盘内长期保存。”

“除了纸介质、胶卷和磁介质以外，20世纪70年代又出现了一种更新的存贮图像和声音信息，以及数字信息的光盘。它的存贮密度比缩微胶卷、磁带高几十倍，并且使用方便，净化条件也要求不高，能够长期保持良好的图像质量。现在已在许多领域中获得了广泛的应用。”

“存贮信息的材料是硬件，那么，信息存贮要注意的技术就是软件了。”

“这软件主要解决什么问题呢？”丁大力听得津津有味，急不可耐地提问道。

“在存贮信息时，首先要决定哪些信息应该存贮。我们的生活中无处不存在着信息，面对信息的汪洋大海，我们选定哪些需要存贮，哪些不用存贮，这是需要在事先认真考虑的。一般要根据系统的目标要求，根据系统所用的数学方法和其它要求来确定要存贮哪些信息。例如，要对产业结构变化进行研究，则应该存贮各产业在各年度的产品种类、年产量、年产值、投资额、职工人数、能源消耗、原材料消耗等信息，并且应该连续地系统地存贮所有数据，以便于进行时间序列的分析、计算等。如果是学校的学生成绩管理，则应该存贮每个学生各学期、各门课程的考试成绩等内容。”

“其次，要判定信息需要存贮的时间。这要根据管理的要求来定。例如，与长远战略规划有关的信息，具有历史价值的信息应该长久或永久保留；而一些执行过程中的信息，在一定时间后已没有用处，可以不必长期保留。又如医院挂号室的病历，对每个病人来说保存50年是没有必要的，因为老年时期与儿童时期的疾病相关性不大。信息存贮中要掌握好信息的适当的保存时间，太短了将失去有用信息，太长了将浪费存贮设备。”

“第三，要采用集中和分散相结合的方法存贮信息。分散存贮是把信息按照使用者的情况分别存贮于不同的电子计算机系统或同一电子计算机系统的不同的存贮设备中，以使用方便为原则。但这种方法必然会出现各用户存贮的数据有重复的内容，至少公用的数据在各存贮处重复出现，使存贮设备的容量产生浪费。集中存贮是把信息集中起来存贮在一起，例如存贮于一个数据库中，这样可以减少重复存贮。采用集中和分散相结合的存贮方法，就是把公用的较老的数据集中存贮，而把非公用的较新的数据按使用类别分散存贮。”

“此外，在信息存贮过程中，要防止信息由于各种原因而受到破坏，应该使信息经常处于好用的状态，有保密要求的信息要防止失密。为了达到这个目的，平时要注意存贮介质的防尘、防潮。对于磁介质还要防震、防电磁干扰。要留有备用的。对要求保密的信息，应该采用密码，设置合法存取的口令，不知道密码和口令的外人读取不到信息，等等。”

“就像‘阿里巴巴和四十大盗’的故事所叙述的那样，要打开装满宝藏的山洞，就非得有‘芝麻，芝麻，快开门’这一口令，否则是打不开门，取不得宝藏的。”

“我们存贮信息是为了使用信息。从客观世界用各种方法收集到并存贮下来的信息，并不能直接对客观事物产生影响，只经过加工、处理，才能变成对客观事物产生影响有用的信息。”

“你们知道禽类加工厂吗？工厂收购了大批的肉鸡后，并不能直接大量地供应给市民，而是需要经过一道道工序的加工处理，比如宰杀、褪毛、开膛、清洗、分割、包装，然后作为成品包装供应给市民。”

“对信息的加工、处理也如此，处理的过程往往不只是一次，可能要经过多次。”

“我们常常把观察到或听到的事情、现象、数据等称为直接信息，或称为一次信息，而把加工、处理之后的信息称为二次信息，或称为间接信息。”

“信息的处理都是根据一定的规则进行的，这包括处理要求、标准、限制条件、数量关系等内容。信息处理可以由人进行，也可以由机器进行。在信息激增的现代，由人来进行信息处理是不可想象的。因此，我们现在经常使用的电子计算机就是一个高效率、多功能的信息处理工具。”

“根据对信息进行处理深浅程度，由浅入深大致可以分为四类。”

“第一类是简单的数据处理。处理这类信息包括过滤掉信息中的干扰成分，找出一信息中的中心主题，或挑选表示主题的重要的语句。对信息进行检测，就像我们前面所讲到的。检测信息是否真实、准确、及时。排序与分类，就是按照某种次序排列或者按照某种规则进行分类，这样容易检索，并且可以缩短检索信息的时间。将信息合并汇总，并且打印出报表等。”

“第二类是对信息进行分析、概括和综合，目的是可以产生出能够辅助决策的信息。例如，上海市1987年曾经发生居民食用毛蚶而引起腹泻、中毒等病症。如果当时能够根据这个信息进行科学的分析，并综合历史上曾发生过的类似现象，引起对食用毛蚶问题的重视，进一步加强卫生检查和防疫检验，就可能避免1988年1月因食用不洁毛蚶而引起的上海甲型肝炎大流行的灾难。可惜有关部门都没有加工、处理这方面的一次信息，因而也就没有利用到二次信息来指导工作，并进行决策，从而给国家和人民造成了巨大的损失。”

“第三类的处理方法就较深一些了，它是通过应用数学模型，经过复杂的计算和推理之后，产生出决策信息。常用的数学模型有预测模型、决策模型和模拟模型。数学模型的处理一般都由计算机来完成，对于各种数学模型都有相应的计算机软件可供使用。由计算机通过数学模型的处理，一般可以得到有关问题的精确的定量分析结果或最优化的决策方案。例如，要想成为一个成功的企业家，就必须制定一个最佳的资源分配、劳动力安排和生产计划方案，他可以根据资源供应和消耗方面的信息，市场需求和价格方面的信息，利用数学规划软件，由电子计算机替他排出最佳的生产计划方案来。”

“第四类处理信息的程度就更深了，它是人工智能。就是说，使电子计算机的处理信息的能力进一步提高，使它能像人的眼睛一样‘看见’周围的东西，看懂文字和图像。使它能像人的耳朵一样，‘听见’声音，‘听’懂人的语言。使它能像人一样，用语言输出信息，表达信息，也就是像人一样，会‘讲话’。最终就是使电子计算机能像人的大脑一样会思考问题，会进行创造性的脑力劳动，会学习新的知识，适应外界环境的变化，等等。总之，要让电子计算机具有模拟人类通过感觉器官接受外界信息，模拟人类通过大脑加工处理信息的能力。这一类型现在还处于研究和发展阶段。但是，现代科学技术的进步速度是日新月异的，不久的将来，在医院里将有‘计算机医生’给人看病，在学校里将有‘计算机教师’给学生上课，在办公室里将有‘计算机秘书’接电话、写报表，在家里将有‘计算机保姆’洗衣服、做饭，甚至照管小孩等等。”

“叔叔，您刚才讲到的这么多内容，我觉得似乎都是有关信息本质的定性化的内容，那么，信息是否有定量化方面的性质呢？”

“有的，最常见的就是我们对信息的度量。信息象其它事物一样，是有其数量大小的。我们通常是用尺来度量物体的长度，以‘米’作单位；用秤来度量物质的重量，以‘千克’作单位；用温度计来度量物体的温度，通常以‘摄氏度’作单位，等等。”

“那么，怎样来度量信息的大小呢？它以什么作单位呢？由于长期以来，人们对信息的认识是模糊的，虽然历史上人们曾经设法度量信息，但是方法很不科学。只是经过几千年的漫长历程以后，到了20世纪20年代，才找了度量信息的科学方法。遗憾的是，这种科学方法，现在还有许多人不知道，他们还是沿用过去的老办法来度量信息。因此，在我们谈度量信息这一问题时，有必要先谈谈过去度量信息的老办法，它为什么不科学，然后再谈度量信息的科学方法。”

“叔叔，过去量度信息用的是什么方法呢？”细敏急不可待地问道。

“为了说明这个问题，我先给你们讲个故事。”叔叔看到小伙伴如此感兴趣，情不自禁地笑了。他接着说：

“传说，在我国春秋战国时期，魏王命令大臣庞葱到赵国的首都邯郸去办一件事情。临行前，庞葱对魏玉说：如果忽然有人向大王报告说，城里大街上有一只老虎，大王相信吗？魏玉说：不相信。庞葱说：再有一个人又来报告，城里大街上发现了老虎，大王相信吗？魏王说：我还是不大相信。庞葱说：第三个人又来报告说，老虎正在城里大街上奔跑，大王相信吗？魏王说：那我就相信了。庞葱说：很清楚，街上没有老虎，三个人说有老虎，大王就相信了。邯郸离这里比大街离王宫远得多，而在大王面前说我闲话的恐怕不止三个人，大王可要好好考虑考虑啊……”

“从这个故事来看，魏王是用消息的多少来度量信息的。一个人说谎，他不信。三个人说谎，他就信了。把消息混同为信息，用消息的多少来衡量信息的多少，这就是人们几千年来度量信息的古老方法。”

“人们往往以为，收到的消息数量越多，获得的信息就越多。其实，这是很不科学的。因为信息不等于消息。信息只是消息中所包含的内容，消息只是信息的形式，这两者是有区别的。有客观内容的消息包含着信息，没有客观内容的消息并不包含信息。你得到的消息全是谎言、废话，或者是你已经知道的东西，那还有什么信息呢？相反，你只得到一条简短的消息，但其中包含许多客观内容，都是你以前所没有听到过的，那你就获得了比较多的信息。所以，用收到的消息的多少来衡量获得的信息的多少，是没有办法量度出信息的多少的。”

“然而，千百年来，很少有人明白这个道理。人们习惯于用收到的消息的多少来衡量信息。这一方面是由于科学的发展还没有达到今天的地步，另一方面也由于信息包含在消息里，它们难解难分，何况在许多情况下，的确是消息的数量多，则它所包含的信息也多。”

“当然，过去的人也不是一点不懂消息的多少并不等于信息的多少的道理。连古人也知道谎言传的人再多也不会变成真理。例如，刚才说到的庞葱就讲出了信息不等于消息的看法。可见，早在2000年前，我国就有人认识到不能用消息的多少来量度信息。”

“到了20世纪20年代，人们对这个问题才开始有了深刻的认识。到了40年代，信息论的奠基人、美国数学家香农又详细讨论了信息的量度问题。从此，人们从技术上找到了量度信息的一些科学方法。”

“按照他们的观点，人们在没有获得任何信息之前，信源对收集者一定存在着某种不确定性。也就是说，信息从信源发出，但在收信者没接收到信息之前，对信源存在着一定量的不确定性。所谓不确定，就是收集者对信源的认识不肯定、不知道。你对某件事物知道得越少，则存在的不确定性就越大，而你得到的信息假如能使不确定性消除得越多，你所获得的信息量就越多。”

“例如，在一次英语考试之后发布成绩通知，如果通知说，某位平时英语很好的同学的成绩是优，同学们不会有太大的反应，因为这是他们意料之中的事，这个通知使他们获得的信息量不大。如果通知说，该同学的成绩是中，同学们就会感到有些反常，这个通知给他们提供的信息就比前一种情况所提供的信息量要大。假如通知说，该同学的成绩是不及格，那一定会轰动全班，使大家感到惊讶。因为这是他们意想不到的事。这个通知给他们提供的信息量就更大了。这个例子说明，某一事物状态出现的可能性越小，它的不确定性就越大，报道这一事物状态出现的消息所提供的信息量就越大。如果某一消息报道的内容是人人皆知、司空见惯的，或者是事先已经预料必然要发生的事，那么这个事物就是确定的。它的不确定性等于零，因此，这种消息的信息量也等于零。”

丁大力为了巩固自己刚学到的概念，迫不及待地说：

“叔叔，根据您刚才讲到的，我的体会是，信息量的多少，是按照信息所消除的不确定性的的大小来进行量度的。消除不确定性多，就是信息量大，反过来说，消除不确定性少，就是信息量小，对不对？”

“是这样的。”叔叔肯定地点了点头。

“那么，我还有一些疑问。就是您所说的事物的不确定性又怎么来衡量呢？如果我们不能衡量不确定性，那么我们还是不能来度量信息量的大小。”王永明喜欢探根究底。

“你的问题提得很好！”叔叔看到小伙伴们不但认真地听讲，而且还能开动脑筋，不断提出疑问，很是高兴。他觉得只有这样，小伙伴们才会掌握有关的信息科学基础知识。为了能通俗地给小伙伴们讲这个深奥的问题，叔叔考虑了一下，不紧不慢地说：

“事物的不确定性的大小与事物可能发生的状态数目及各种状态发生的概率有关，要进行定量的计算，就得借助数学这个基础工具了。”

“所谓概率，通俗地讲，就是事件可能发生的程度。某一件事绝对不可能发生，称为不可能事件，它的概率为零。反过来说，某一件事绝对会发生，称为必然事件，它的概率为 1。概率论认为，两个事件能同时发生，称为独立事件。如果一个事件的出现会引起另一事件的出现，称为相关事件。在一定的条件下，可能出现，也可能不出现的事件，称为随机事件，它的概率在 0 和 1 之间。概率并不是十分深奥的，在日常生活中，我们也常常用到它，例如，人们说这件事有 80% 的成功把握，明天的天气 50% 能转晴等，就是概率的运用。”

“你们玩过抛掷硬币的游戏吗？抛掷硬币这一事件可能有两种结果：一种是正面朝上，一种是反面朝上。但是在每次抛掷之前，究竟哪一面朝上是不能肯定的，这种不肯定就是我们认识上的不确定性。等到抛掷以后，我们知道了结果，这种不确定性也就被消除了，这是因为我们获得了信息。”

“如果你们反复多次地抛掷硬币，把每次的结果统计一下，你们会发现，

出现正面朝上和反面朝上的次数各占一半，即各为 $1/2$ ，这 $1/2$ 就叫做抛掷硬币的概率。既然如此，那么，你们在每次抛掷之前对于可能出现的结果就不是完全不知道，至少知道存在着两种可能性，一种可能是正面朝上，一种可能是反面朝上。也就是说，你们对出现的结果，一半知道，一半不知道。这样，你们认识上的不确定性、不知道用概率来表示，就是 $1/2$ 。当抛掷一次以后，出现了结果，你们获得了信息，这个 $1/2$ 的不确定性、不知道也就被消除了。信息论把获得这么多的信息规定为信息量单位，叫做 1 比特。所谓 1 比特，就是含有两个独立的相等概率的事件所具有的不确定性被全部消除所需要的信息量。它实际上是从两种可能状态选择出一种的等可能消息所含有的平均信息量。”

“我们在现实生活中有大量能获得 1 比特信息量的例子。例如，我们去看一场电影，这场电影我们是喜欢看还是不喜欢看在看电影之前是存在着两种可能性的。当看完电影之后，无论是喜欢看，还是不喜欢看，我们所获得的信息量都是 1 比特。为什么呢？因为在看电影之前，我们对这场电影是喜欢看，还是不喜欢看这个不知道的不确定性只包含两种可能性。而喜欢看和不喜欢看是两个独立事件。当看完电影，就能知道是喜欢看还是不喜欢看了，也就是两种可能性中的一种变成了现实。这个事件的不确定性也就完全被消除了。所以，我们获得的信息量是 1 比特。”

“叔叔，让我也举一个例子试试，看我理解得对不对，好吗？”丁大力说。

“好，你说吧！”叔叔鼓励着。

丁大力稍微思考了一下，说：

“我明年要考初中了。对这件事只有两种可能，考上重点中学和考不上重点中学。当考完试后，学校发出录取通知书，我就获得了 1 比特的信息。因为我得知了考上和考不上重点中学这两种可能性中的一种。”

“你说得很对。”叔叔赞许地说，“然而，世界上的事情是复杂的，一个事件出现的可能性并不都是两种，有的是三种、四种或更多种可能性。而且它们的概率也不一定是相等的，有的也可能不是独立事件，我们怎样才能知道它的信息量呢？要完全弄清这些问题，需要掌握更多的有关概率论和其它方面的科学知识。而详细地介绍这些知识，不是短时间内能弄懂的。要搞清楚这一问题，有待于你们在今后的学习中去掌握各学科的知识。不过，今天我可以介绍一个计算具有多种可能性事件信息量的简单方法。”

“例如，我们在一个布袋里放入大小相等的红、黄、黑、白四种颜色的球各一个。让你随意地从中摸一个来猜，看是什么颜色的。你怎么猜法？当然你猜四种颜色中的一种。当你拿出来一看，你获得的信息量是多少呢？这一事件的可能性有四种，而且它们的概率是相等的，各自又是独立的。因此，出现每一种颜色的球的概率都是 $1/4$ 。这种情况的不确定性要比抛掷硬币大，四种可能性正好是两种可能性的二次方。因此，你猜后拿出来一看，所获得的信息量就是 2 比特。那么，如果布袋里装入八个大小相等、颜色不同的球呢？你摸一个猜后拿出来一看，所获得的信息量就是 3 比特。因为八个球就有八种可能性，八种可能性正好是两种可能性的三次方。”

“由这个例子我们不难发现，一个事件的等可能性是 2 的多少整数次方，它的信息量就是多少比特。这就是计算信息量的一个简单方法。”

“我们认识了信息的本质特性以及信息的度量方法，这只是打下了一个

基础。认识信息的目的是利用信息，那么，如何来有效地利用信息呢？为了说明这个问题，有必要再引入两个概念。”

“第一个是控制论。什么是控制论呢？控制论是主要研究如何对信息进行控制和调节的原理、方法的学科。按照它的创始人美国数学家维纳的说法，就是‘关于机器或者生命体中的通信和控制’。”

“第二个是系统论。系统论是研究系统的模式、原则和规律，并且运用数学对它的功能进行描述，寻求利用信息实现最优系统途径的一般理论。”

“信息是控制的基础，同时又是系统有序性的标志。由此看来，信息论、控制论和系统论都是离不开信息的。信息论主要涉及认识信息的问题，控制论和系统论则是侧重于利用信息的问题。认识和利用之间，认识是基础，利用是目的。因此，信息论、控制论和系统论这三者结合在一起，就成为信息科学的主体。信息论、控制论和系统论就好比是彩色电视机的显像管里的三色电子枪，信息科学好比是电视屏幕，有了这种电子枪，电视屏幕上才会出现五颜六色、变化万千的显影和图像。”

“从报刊、杂志上我常常看到控制论、系统论这样的新术语，现在好像应用很广。”细敏拿起了沙发上的《科学画报》翻了翻，对叔叔说：“我今天才知道，原来它们和信息论一起，都是信息科学的主体啊！控制论的概念我虽然知道一些，但是在控制过程中，信息在起着什么作用，您能不能给我们作一些深入的介绍？”

“好的。为了说明这一个问题，我先从机器人这两种不同的控制活动谈起。人们发明了不少机器，如电动机、起重机等，尽管它们的工作目的和具体的工作过程不同，但是它们都有一个共同之处，就是为了使机器运转必须有各种各样的控制和操纵。比如为了使电动机运转，需要合上电源开关，为了使起重机把货物提升到指定的位置，必须按一定的顺序，借助操纵装置工作。”

“人和其它生物也存在着同样类似的操纵和控制过程。一位女体操运动员在平衡木上起伏腾翻，她的身体必须在这一连串的运动中保持平衡。这种平衡就是由中枢神经发出的指令，而由相应的执行器官，如手、脚来执行获得的。又比如，海豚和蝙蝠以超声波来确定自己的位置等。从操纵和控制这一点看，生物体与机器的行为是非常相似的。”

“在操纵和控制的过程中，是信息在起作用。正是由于信息的联系、信息的运动，控制的过程才能得以实现。因此，控制的过程也可以说是信息的运动过程。我们控制机器去工作，实际上是以某种方式向机器发出信息，机器接受信息后，就产生一系列的动作，去完成指定的工作。人用手取东西时，也是这种情况。由人脑发出一系列取东西的信息，这信息通过手臂神经，由手臂和手上的肌肉去执行信息，使手指取到了预定的东西。”

“控制的过程是借助不同形式、不同载体的信息运动去指挥各种物质运动和能量转换。就是说，巨大的质量运动，比如水压机锻造巨大的钢锭；巨大的能量传递来转换，比如水电站发电、高压输电线路，都是可以通过带有信息的微小质量和能量的运动来控制 and 操纵的。形象地说，就好像一列火车，单靠我们个人自身的力量去推动它，这是不可想象的。但是，我们依靠智慧和才能，通过驾驭信息的传输方式，却可以由几个人或者一个人驾驶它，使它风驰电掣般地前进。”“控制过程是怎样来具体实现的呢？进一步说，信息是以怎样的形式来实现控制和操纵的呢？为了说明这个问题，我们以司机

开汽车为例来谈谈。司机为了保证把汽车开到目的地，他必须在汽车行驶的过程中不断接受各种信息，比如路人的行人、坑洼，汽车行驶是否偏离了方向等。司机接受了这些信息，在他的大脑中经过处理后，又输出信息，通过神经系统，使他及时调整自己的动作改变汽车的方向，或绕开障碍物，或躲避行人、车辆。司机在驾驶过程中，既接受了信息，又输出了信息，使汽车安全到达目的地。在这种控制过程中的信息的双向运动，称为信息反馈。”

“你们喜欢看中央电视台举办的《动物世界》节目吗？”

“喜欢看！”丁大力、王永明同声回答。

“在这个节目中，你们是否看到过老鹰以矫健、勇猛的姿态，俯冲去捕捉猎物的镜头？”叔叔问道。”

丁大力、王永明点了点头。叔叔又说：“从控制论的角度看，老鹰捕捉猎物的过程，就是一个依靠反馈控制的典型例子。”

“我们假定老鹰的猎取目标是兔子，那么老鹰如何才能成功地获取这只兔子呢？如果老鹰一开始瞄准兔子，然后闭上眼睛不顾一切地俯冲下去，这能不能抓住兔子呢？回答自然是否定的。因为兔子并不会心甘情愿地遭受灭顶之灾，它为了逃避老鹰的捕捉，总是要逃命的。老鹰为了捉住兔子，就要根据兔子所处的位置，以及它逃跑的速度、方向，不断改变自己的行动方式。通常它采用的方式是：先大致确定一下兔子的位置，然后朝这个方向飞去，在飞行中时时刻刻都盯着兔子，判断自己的位置同兔子位置的差距，并依据这个差距，调整自己的行为，使差距缩小，直到抓到兔子为止。”

“在这里，控制机构是鹰脑，执行机构是鹰翅、鹰爪、鹰嘴。鹰借助眼睛不断地获得反馈信息，发往鹰脑，然后调整自己的行为。整个捕捉兔子的行动是在这一整套控制系统中进行的。”

“在这一过程中，具体地说，老鹰是依靠反馈来调整自己的行为。老鹰在决定开始俯冲前，总是在猎物的上空盘旋，它不断地改变自己的位置和高度，寻找恰好俯冲能抓住兔子的位置。这时在鹰与兔子之间的反馈信息起着一种调节鹰的位置的作用，以便克服鹰与兔子之间由于兔子逃命时的奔跑而带来的影响，使老鹰能够进入捕捉兔子的最佳位置。老鹰一旦确定了理想的位置，它就会立即俯冲。如果兔子这时被鹰凌厉的动作吓呆了，这种情况就会加速老鹰的捕捉速度；如果兔子重新奔跑和改变方向，老鹰就会终止俯冲的姿态。

“老鹰抓兔子的这一控制过程，就是一个依靠信息反馈不断调节的过程，通过反馈的调节使系统的行为达到它所要实现的目标。”

“我懂了，为了达到的目标，一定要利用信息和信息的反馈。”王永明自言自语地说。

“是这样的。除此之外，还要有一定比较完善的信息处理机构。我刚才说的老鹰抓小兔的例子，就需要有反应敏捷的鹰脑这一信息控制和处理机构，如果没有信息的反馈和鹰脑通过信息反馈的调节，老鹰是捕捉不到兔子的。”

“刚才我讲了控制论的知识，那么，与控制论并肩而立的系统论在信息科学中又起着一些什么作用呢？在信息科学中，它是如何利用信息来建立最优系统的呢？”

“所谓最优系统，就是指在一定的环境条件下，通过各种手段使系统达到最佳状态而费力最小，路程最短；或者说耗费最小，收益最大。要达到最

优系统，没有信息，没有利用好信息，是不可能的。”

“利用信息来建立最优系统的例子几乎处处可见。例如，我国历史上齐王与田忌赛马的故事就是一个著名的例子。有一天，齐王要田忌和他赛马，规定各人从自己的好马、中马和劣马中各选一匹来参赛；输一匹付千金，胜一匹得千金。当时，许多人都替田忌捏着一把汗；因为在同等强的马中，齐王的马总比田忌的强；所以看起来田忌非输三千金不可。但是，实际比赛的结果，田忌非但没有输三千金，反而赢得了一千金。什么道理呢？原来，田忌和他的朋友们利用齐王的马比田忌的马强这一信息，打破了常规，在马的组合上选取了最佳的结构，以劣马对齐王的好马，以中马对齐王的劣马，以好马对齐王的中马。这样，田忌的劣马输了，但好马和中马都胜了。所以，在系统整体上田忌赢了比赛。”

“关于利用信息来建立最优系统的例子还有很多，我们今天就不一一列举了。总之，只有充分地、合理地利用好信息，才能通过系统的组织、自调节活动，达到系统在一定环境下的最佳结构，发挥最好的功能。”

“可以吃饭了！”奶奶已把饭做好，招呼大家吃饭。

“好了，我们今天先谈到这儿吧。有什么问题，我们吃完饭再说。”叔叔把话打住，邀请小朋友们进餐。

第三章 黑箱方法和人工智能

星期二上午。骄阳似火。

小伙伴们约好在信息研究所大门口会面。

陈细敏爸爸的一位同学，现在是信息研究所的副所长，他叫于为民。通过细敏的联系，小伙伴们今天去信息研究所参观、学习，并由于为民伯伯为他们介绍信息研究所的有关工作及研究情况。

早上 9 时整，丁大力、王永明和陈细敏按约准时到了。他们通过门卫爷爷的指点，向所长办公室走去。

信息研究所坐落在市区的一座幽静的花园中。所长办公室就在花园中小白楼的第二层。

于伯伯正在认真地批阅着文件，同时等候着小伙伴们的到来。

“伯伯早上好！”小伙伴们很有礼貌地向于伯伯问候。

“早上好！你们先请坐！”于伯伯一边请小伙伴们坐下，一边给他们倒水喝。

“你们来得很准时啊！细敏和我说，你们正在学习有关信息科学方面的知识，想到我们所来进一步了解有关如何研究信息科学，以及信息科学的研究目标方面的情况。

“你们小小的年纪，对信息科学这门新兴的学科有如此浓厚的兴趣，我感到很高兴，同时也十分欣慰。如果有更多的小朋友对信息科学感兴趣，那么，我们的事业就后继有人了。

“今天，我特意安排出一天时间，很高兴为你们作些介绍。”

“于伯伯，您在百忙中抽出时间为我们讲解信息科学方面的知识，真太打扰您了。”王永明抱歉地说。

“没关系！这也是给我一次推广、普及信息科学知识的机会，也是我的份内事啊！我们还是来谈谈信息科学吧！”

“信息科学诞生的时间虽然不长，但是，信息科学在它自己的发展过程中，已经形成和建立了一个独立而且是相对完备的科学方法论体系，成为现代科学方法论的重要组成部分。信息科学方法论，完全是应信息科学研究工作的需要而逐渐形成和发展起来的。它反映了 20 世纪科学认识方法的重大进步和突破，具有深刻的划时代的意义。”

“于伯伯，您能不能和我们谈一下，什么是攸科学方法论？”王永明喜欢探究事物的基本概念。

“信息科学方法论的具体内容主要有三个方面，即信息分析综合方法、行为功能模拟准则和系统整体化准则。”

“我先来讲讲信息分析综合方法。信息分析综合方法也简称为信息方法，它是运用信息的观点，把系统看作为借助于信息的获取、传送、加工、处理而实现它有目的性运动的一种研究方法。”

“从这种方法的本质来看，它与传统的经验方法不同，具有它自身的特点。而这一特点是由信息科学的性质所决定的。可能你们已经知道了，信息科学是一门多边缘的横断学科，因此它具有综合性的特点，它研究的对象是从各种复杂的不同的系统中抽取出来的统一的信息关系。因此说，信息方法的特点是由信息科学本身所具有的综合性的特点而决定的。”

“于伯伯，您能不能把信息方法的主要特点给我们讲得具体些？”丁大

力急于想知道这具体的特点是什么。

“好的。信息方法的特点主要有两个。第一个特点是以信息为基础，把系统的运动看作是抽象的信息变换过程。所谓以信息为基础，就是以信息的运动作为分析的处理问题的基础，完全撇开研究对象的具体运动形态，把系统的有目的的运动抽象为信息变换过程。”

“这样做的目的，是可以从系统对信息的接收和使用过程中来研究对象的特性，研究系统与外界环境之间的信息输入和输出的关系，从而可以把不同的对象加以类似研究。当我们用信息方法来分析研究复杂的系统时，能量和物质都可以不予考虑，唯独重视信息与控制。例如，人脑和计算机是两种不同的物质运动形态，如果用信息方法去研究这两个不同的系统，就可以发现它们之间的对应关系和共同本质。比如，人脑由100多亿个神经细胞组成，而电子计算机由许多电子器件组成；人脑的神经细胞可以处于兴奋和抑制两种状态，而电子计算机则有接通或断开两种状态；人脑利用神经脉冲从外界获得信息、传递信息、加工处理信息，而电子计算机则利用电脉冲获取信息、传递信息、加工处理信息。由于它们都具有上面所说的一般的共同特性，因此，可以撇开它们的具体的不同的运动状态，而把它们看作是一个信息变换系统，把它们的内部运动过程看作是抽象的信息变换过程，这样，就可以为利用机器模拟或代替人脑的某些功能提供科学的依据。”

“第二个特点是直接从整体出发，用联系、转化的观点，综合研究系统的信息过程。与传统的经验方法不同，信息方法不是割断系统的内在联系，用孤立、静止、局部的观点去研究事物，也不是在剖析的基础上进行机械的综合，而是用联系、转化的观点，综合研究系统运动的信息过程。用这种信息方法对复杂事物进行研究时，就不必对事物的整体结构进行解剖分析，仅仅从复杂事物信息的流程加以综合考察，就可以获得有关系统的整体性的性能和知识。然而，这种系统的整体性的性能和知识用简单的剖析和综合方法则是不可能取得的。”

“因此说，信息方法是现代科技领域中研究事物的复杂性、系统性、整体性的一种重要的方法。”

“信息方法既然与传统的经验方法相比有它突出的特点，那么它有些什么作用呢？”陈细敏想进一步了解新的知识。

“关于信息方法的作用有很多，但是概括起来，不外乎以下三点。”

“第一，信息方法揭示了机器、生物有机体和社会物质运动形态之间的信息联系。”

“客观世界中存在着多种多样的复杂系统，如技术领域中的通信系统、电子计算机系统，有机界中形形色色的动植物系统，社会生活中的经济管理、交通管理系统，等等，利用信息方法进行考察，都可以把它们看作是信息系统。这些系统都存在着信息的接收、传递、处理、存贮和使用的变换过程，我们可以从中发现，这些系统之间有着某些共同的信息联系。”

“第二，信息方法揭示了某些事物的规律，能对传统的科学方法难以处理的现象作出科学的解释。”

“生物学史上，对遗传现象的解释，一直是个没有解决的难题。比如，兔子的受精卵为什么一定生成兔子，而不是生成狗或鱼？人们用信息方法解释遗传现象，获得了成功。按照遗传的信息理论，兔子的卵子或精子中包含的是兔子的遗传信息，这种信息随着受精卵的生长发育而通过代谢作用，控

制着各种蛋白质的合成，最终形成了兔子而不是狗，也不是鱼。这里，决定因素是卵子所获得的是不是兔子的遗传信息，以及在信息变换过程中，遗传信息的传输通道畅通无阻，并不断地由反馈信息来控制保证达到生成兔子的预定目标。信息方法科学地解释了遗传现象的根本原因。”

“第三，信息方法为实现科学技术、生产、经营管理、社会管理的现代化提供了强有力的手段。”

“尽管人类在社会中的生产生活方式千差万别，但都存在着三个共同的流通过程，即劳动力组成的人流，生产资料、劳动资料组成的物流，组织、计划、指令、协调、控制等为达到预定目标的管理过程中的信息流。任何实践活动都离不开这三股流，信息流在实践活动中起着很大的作用，它调节着人流和物流的数量、方向、速度、目标，驾驭着人和物作有目的有规则的活动。可以说，如果没有信息，就谈不上管理。”

“随着多功能电子计算机的发展，信息方法的运用已经渗透到人们实践活动的许多领域，如社会生活、经营管理等领域。人们可以用电子计算机组成一个科学技术情报中心，将有关科学技术情报资料形式化、信息化，并存贮在计算机情报中心，科研人员如果需要某项科研的有关资料，只要通过电话询问，很快就能得到他所需要的一切有关文献资料。一个医生如果遇到疑难病例，通过电话询问有关医学情报中心的电子计算机网络，就可以知道目前的最佳治疗方案和处方等。”

于伯伯一边说，一边走到办公室内的一台计算机前面：“这台计算机连通着我们研究所图书馆的数据中心，我们所图书馆内的所有藏书都可以在这台计算机上查到。”

“在这台计算机上，我们可以查阅到想要借阅的书吗？”丁大力好奇地问。

“当然可以。有了它，我们不仅可以免去查阅图书馆目录卡片的麻烦，而且既快，又不会疏漏。你们谁来试试看。”

“我来！”陈细敏新奇地抢先说。

于伯伯调试好了机器，让陈细敏坐在操作台前。这时，计算机屏幕上出现了一行字：

要查作者名还是书名？

“于伯伯，我怎么回答它呢？”细敏不知所措了。

“你就通过键盘告诉计算机，你想要查阅的对象。”

“我要查书名。”细敏边说，边将要求输入了计算机。

这时，计算机屏幕上又出现了一行字：

请告诉作者姓名。

细敏想了一会儿，将爱因斯坦的名字输进了计算机。

此时，屏幕上立刻显示出了图书馆所收藏的爱因斯坦著作的全部目录。

三个小朋友看到这么快就能查阅到所要找的书，即惊奇又兴奋，真切地感受到了信息方法的实际应用给人类带来的美好前景。

于伯伯看着小伙伴们满意的神情，接着说：

“你们看，信息方法为现代科学的认识打开了一扇新的大门，许多过去无法认识的问题都充满了新的希望，许多过去无法实现的事情，也都有了有效的实现方法。”

“于伯伯，信息科学方法论的第二个内容，行为功能模拟准则又是指什

么呢？”丁大力很想了解下一个内容。

“行为功能模拟准则又简称为功能准则。它是信息方法的一个实施性的准则。具体含义是，在利用信息分析方法理解自然系统工作机制的基础上，在利用信息综合法来综合相应的人工系统的时候，应当对它的自然系统进行功能上的模拟。也就是说，用行为的相似性，从功能上来模拟自然系统的信息过程以及它与环境相互作用的方式。这样，即使我们对于自然原型系统的结构并不清楚，所用的材料和能量形式也与原型系统并不相同，也仍然有可能从功能上，从信息特征上来模拟原型系统，使综合出来的人工系统具有与原型系统相同或相近的功能，从而达到信息综合方法所追求的目标。

“这是信息方法的一个重要发展和实用化，它告诉我们应当怎样进行信息的分析和综合。

“我们曾经把这种方法叫做黑箱方法。”

“什么叫做黑箱呢？”丁大力迫不及待地问。

于伯伯说：“顾名思义，黑箱可以理解为是一个黑洞洞的箱子，里面漆黑一团，什么也看不见。为了让你们能了解黑箱方法，对这种方法有一个形象的认识，我先从‘大脑之谜’的难题说起吧！”

于伯伯指了指墙角木架上放着的一个人脑模型，接着说：

“‘大脑之谜’也称为‘身心问题’，在科学研究上，是一个长期没有得到圆满解答的难题。多少科学家倾注了各种各样的探究和思索，提出了种种假设和理论，但是对于思维究竟怎样从物质中产生出来，大脑功能的具体活动的机制是什么，还仍然说不清楚。”

“人们可以用物理的分割，研究物质的结构与属性；也可以用化学的分解和化合来了解不同物质的成分。但是，这类方法对大脑思维功能的研究却束手无策。如果按这法制要求，把大脑打开，解剖分析，那么，即使我们获得了一些知识，但这些也仅仅是对失去了思维功能的大脑物质的认识。”

“我们大家都知道，只有当大脑是活着的有机体的一部分时，才会表现出思维活动的种种功能。生命停止了，思维功能就不存在了。如果按刚才所讲的用物理或化学的方法，研究也就没有什么意义了。很明显，用传统的方法来研究大脑的功能是行不通的。这样，在科学研究面前，大脑的思维功能就成为一个只看见它的外表和表现，而不能深入到它的内部了解它的功能发生过程和机制的难题。这个问题，就好像面对一个不能打开的箱子一样，里面的一切对于我们来说是黑的，一无所知的。”

“类似‘大脑之谜’这样的难题，在科学研究和日常生活中还有很多。我们常说‘知人知面不知心’，也说明了对人的认识，是不能等到看见了人的心或大脑的内部结构后才能了解，人的内心的许多活动实际上也就是大脑的活动。对于这类问题，显然必须寻找新的研究途径，开辟新的研究道路。在这方面，我刚才讲到的黑箱方法，就为这类研究提供了可能。”

“什么是黑箱方法呢？黑箱方法就是指当一个系统的内部结构不清楚，或者根本无法弄清它的内部结构不清楚，或者根本无法弄清楚它的内部结构的时候，借助从系统的输入来看系统的输出，而无须考虑系统内部的结构状态的一种方法。换一句话说，就是不打开黑箱，利用外部的观测、试验，通过输出的信息，来研究黑箱的功能和特性，探索它的构造和机理的一种科学方法。”

“如果说人是一个‘知人知面不知心’的黑箱，那么，这个黑箱完全可

以通过‘听其言，观其行’而‘知其心’。运用这种行为分析方法，就可以从功能上描述复杂系统对环境影响的反应方式，从而达到对对象的功能认识。这种方法最重要的特色是，它只是从功能上描述复杂系统对环境影响的反应方式，而没有必要去分析系统内部的组成元素和结构。正是这一个特点，对于研究类似‘大脑之谜’这样的问题，无疑是提供了一条新的道路。大脑正是一个黑箱，运用黑箱方法，完全可以通过对输入和输出的分析了，了解并认识大脑思维的功能。”

“黑箱方法太有意思了。我们平时是不是可以经常应用它来研究问题呢？”王永明问道。

“当然可以。实际上，在日常生活中，我们都在不知不觉地应用着这种方法，就拿我前面的那张办公桌来说吧，我只知道它有四条腿，能够写字、办公，能有抽屉放文件就成了，并不需要了解它的内部结构。又比如，我们天天要看电视，如果说，看电视必须要懂得电视机内部的结构和工作原理才行，那么，这就麻烦了，恐怕能够看电视的人并不太多，至于看彩电的人就更是寥寥无几了。然而，人们虽然不懂得电视机内部的情况，但却知道按动哪个开关可以开关电视，调整哪些开关可以达到所需要的效果。这也是在运用黑箱的方法。”

“生活中利用黑箱的方法很多，你们谁还能举出一些其它的例子？”于伯伯想试探一下，看小伙伴们是不是掌握了关于黑箱方法的知识。

“让我来试试看。”王永明思考了一下，慢悠悠地说：“我就举个锁的例子吧。我们每家都有锁，每天出门都要用它。锁的内部构造并不是每个家庭成员都清楚的，但就是小孩子也懂得怎样利用钥匙来开锁。”

“说得很对。”于伯伯高兴地接着说：“最能代表黑箱方法运用的是中医看病。中医看病主要是通过‘望、闻、问、切’等外部观测作出诊断，开出处方。有时，遇到疑难杂症，可以先投给试探性的药物，观察病人的反应，然后在原有的处方上加加减减，不断从病人的反应中作出诊断，一经抓住病症便大剂量下药。这种与西医不同的方法，根据人体的输入、输出进行辩证论治，正是一种典型的黑箱方法。”

“从上面举出的一些例子中，可能你们已比较清楚地了解什么是黑箱方法。”

“于伯伯，从色彩的观点来说，有黑就有白，既然有‘黑箱’，是不是还有‘白箱’呢？”王永明一边专心地听于伯伯讲解，一边在积极地思考问题。

“当然有的。除了‘黑箱’、‘白箱’外，还有‘灰箱’。‘黑箱’的概念是相对而言的。对于内部结构可以直接观察到的系统，就称为‘白箱’。比如我手中拿着的圆珠笔，它是由笔壳、笔芯、弹簧等组成的。”

于伯伯边说边圆珠笔分解开来：“你们看这圆珠笔，我们对于它的内部结构可以直接观察到，那么，我们就将这个圆珠笔系统称为‘白箱’。”

“对于内部结构可以部分直接观察到的系统，称为‘灰箱’。”

于伯伯随手从办公桌抽屉中拿出了一瓶药说：“就拿这瓶药来说吧，我们只知道这瓶药可以治胃病，它是由一些中药制成的，我们可以从瓶贴上知道药片中各种中药的成分，但是各种中药所含的比例我们无法了解到，因此可以说，这瓶药对我们来说只是‘灰箱’。‘黑箱’、‘白箱’、‘灰箱’都是相对于人这个认识主体来说的。客观事物本身并没有所谓‘黑’‘白’、

‘灰’之分，而人对事物内部结构的认识却有一个不知道与知道、知道不多与知道较多的区别。对于不同的人，同一件事物可能是黑箱，也可能是白箱或灰箱。例如，一辆汽车，对于某些人来说，它的内部结构和机理一无所知，是黑箱；但对汽车专业人员来说，则是白箱；还有一些人对汽车的基本结构和机理略知一二，但又不十分清楚，对这些人来说，就是个灰箱了。对同一个人来说，许多原来是黑箱的事物，由于认识能力的提高，很可能逐渐转化为灰箱甚至白箱。我们认识事物的过程实际上就是事物由‘黑’变‘白’的过程，我们从小到大，一辈子都在跟黑箱打交道。”

“既然我们在不知不觉中都在跟‘黑箱’打交道，那么，我们在应用黑箱方法时，是不是需要有目的地注意些什么问题，以便我们能更好地分析和研究事物呢？”细敏探寻着新的问题。

“当然需要的。一般来说，我们在具体使用黑箱方法时，应该注意以下三个步骤。

“第一步，把所要研究的对象从周围环境中相对地‘分离’出来，以便确认‘黑箱’。”

“由于任何现实的研究对象都不是孤立存在的，它与周围着错综复杂的相互联系、相互作用，所以，必须把作为‘黑箱’的研究对象从环境中分离出来，以便于进行研究。就是说，把黑箱从环境中分离出来的时候，不仅要判明它与环境之间的分界，同时还必须对它与环境之间的各种相互作用加以纯化，撇开次要的作用，突出主要的作用。把黑箱所受到的环境的主要作用，看作是对黑箱的输入，把黑箱对环境的主要作用看作是黑箱的输出。这样，我们就得到了一个黑箱系统。”

“第二步，考察黑箱的输入、输出及其动态过程。”

“通常采用观察和试验的方法来考察黑箱。观察是在对系统不加干预的情况下测量它的输入和输出，而试验是有目的地在输入端加入某种典型的测试信号，然后再观察它的输出情况。在考察黑箱的过程中，对输入和输出不仅要有内容的规定，并且还要把这种规定加以数量化，以便能够定量地分析所研究对象的功能特性和行为方式。”

“第三步，建立模型，阐明黑箱。”

“这是黑箱方法的关键性步骤。依据观察和试验所取得的系统输入和输出的数据，以及原来的对黑箱的认识，建立起黑箱模型，然后对模型加以研究，对黑箱的功能特性进行定性与定量、静态与动态的分析评价，对系统的未来行为作出预测，并且对黑箱的内部结构和机理作出某些推测。”

“从这三个基本步骤来看，黑箱方法与传统的方法相比，是有它的独到之处的，但也难免有它的欠缺之处。因为它强调了外部观测和整体功能，因而也就放松了系统的内部构造和局部的细节。为了全面地认识客观事物，需要兼顾全局和细节，了解系统的功能和结构。因此，应该把黑箱方法同其它科学方法结合起来，取长补短，灵活运用。”

“黑箱方法在我们的学习、工作和生活中太有用了！”丁大力感慨地说。

“确实是这样的。因此掌握黑箱方法，对我们的实际工作是有很有意义的，因为它突破了传统方法的限制，为有效地综合人工系统开辟了一条十分重要的新途径。特别是在综合复杂高级的人工系统的时候，传统方法往往无能为力，而一旦转向信息方法和黑箱方法，情形就大为不同了，原先认为不可能做到的事情，就会变为可以做到。就拿计算机或人工智能系统来说，如

果按照传统的方法，仅仅从物质结构和能量转换的观点来分析，那么，要弄清人脑的结构和工作机制，恐怕是十分遥远的事情。既然人脑的结构不能在短期内搞清楚，那么要按照传统的结构模拟的方法来模拟人脑的思维过程，就是不可能的事情。可是，人们应用信息方法和黑箱方法，就越过了‘结构不清’的障碍，弄清了越来越多的思维的机制，模拟了越来越多的人脑的功能。”

“科学发展到了今天，人们正在和将要面临的是越来越复杂，越来越高级的研究对象。因此，传统方法将要遇到越来越多的困难。在这种时候，信息方法和黑箱方法将会显示出巨大的威力，为人们提供新的思路、新的方法、新的希望和转机。”

“黑箱方法在科学技术飞速发展的今天，是不可缺的了。”王永明感叹地说。

“是这样的。”于伯伯说，“在信息科学方法论中，除了信息方法，行为功能模拟准则之外，还有一个就是系统整体优化准则。”

“什么叫系统整体优化准则呢？”陈细敏问。

“系统整体优化准则也简称为系统准则。它和行为功能模拟准则一样，也是信息方法的一个实施性准则。意思是，在应用信息分析综合方法来综合人工系统的时候，要注意从系统的整体出发，要在充分考察系统的要素与要素之间、要素与系统之间、系统与环境之间相互作用相互联系性质的基础上，寻求系统整体性能的最优化，而不是局部要素必须的最优化。”

“于伯伯，可以问一下什么叫做系统的整体性能吗？”王永明问道。

“下面我要向你们讲的就是这个问题。要掌握系统整体优化的方法，首先要弄清什么叫系统的整体性。因为从系统的整体出发，是系统整体优化准则的关键。”

“系统的整体性是指系统作为整体，它的整体所具有的性质不同于它的要素或组成部分的性质，系统的整体所能达到的功能也不同于它的要素或组成部分的功能。从系统中的要素来看，它们在整体中所表现出来的性质与功能，与它的自身在独立存在时所表现出的性质和功能也是不相同的。”

于伯伯指了指放在办公桌上的电话机说：

“就拿这台电话机来说吧，由电话机、电线、放大器和继电器等部件所组成的电话系统，是一个有机制的整体。电话机起着声音信号与电信号之间的转换作用，电线起着传递信号的作用，放大器起着信号放大的作用，继电器起着控制作用。它们相互连接起来协调工作，就能实现通话的目的，这一整体功能是每一个部件，也就是说每个要素单独存在时所达不到的。整个电话系统具有通话的性能，但每个单独的部件就没有这个性能。比如，仅仅有电话机而没有电线就不能达到通话的功能；仅仅有电线，而没有电话机、放大器和继电器也同样达不到通话功能。只有将它们组合成一个电话系统，它们才可以达到通话的功能。因此说，组成系统的部件本身，它们只有处在系统之中时，才具有上述所说的各种性能，如果把它们从系统中脱离出来，它们的性能、作用就发挥不了。”

“系统的整体性表现在哪里呢？可以说，系统的整体性主要表现为整体联系的统一性，即整体与部分、部分与部分、系统与环境联系的统一性。例如，人体系统包括许多细胞、组织和器官，它们的形态各异，功能也不同，但它们彼此并不是孤立地存在着的，而是按照一定的关系，适应人的整体活

动的需要，相互协调一致地活动着。当人们进行劳动时，人体各部分骨骼肌精确地彼此协同地收缩与舒张；呼吸和心跳相应地加快，肌肉血管扩张，以适应骨骼肌细胞代谢活动的增强；皮肤血管相应扩张，汗腺分泌增强，以散发更多热量，调节体温不致过高；而消化活动也都是在许多不同组织器官的共同协调中完成的，心脏的跳动就与血压、血液酸碱度和温度、血液中激素的量以及钠、钾的离子浓度和比例有关。”

“从上面的例子可以看出，系统的整体性就是整体联系的统一性。”

“由于每一个系统都是由多个要素组成的，这些要素相互作用、相互联系，因此，系统的整体性能就不会是各个要素的性能的简单相加了。你们在学数学时，知道一加一等于二，然而，对系统来说，一加一不一定等于二。当系统中各组成部分之间的关系是协调一致的时候，大家都朝着一个共同的目标运动，这时，一加一就大于二。我们通常说‘三个臭皮匠，顶个诸葛亮’，就是这个道理。三个皮匠组成的整体，目标一致，群策群力，就可以产生常人所不及的智慧。”

“如果一个系统，没有共同的目标，没有协调一致的行动，那么，整体效应就是一加一小于一。这就像我们通常所说的‘一个和尚挑水吃，二个和尚抬水吃，三个和尚没水吃’一样，三个和尚三条心，谁也不愿意多出半分力，因此，这三个和尚组成的系统整体性能很差。”

“于伯伯，系统的整体性我已经基本了解了。有的系统的整体性可能较好，如您讲的三个皮匠组成的系统，而有的系统又可能很差，就像您说的三个和尚组成的系统。但是这些系统都是现实存在的，而我们在生活中所遇到的系统千差万别，怎样才能从系统的整体性出发，寻求系统最优化呢？”王永明问道。

“要回答这个问题，就要从整体与局部的关系，以及眼前利益与长远利益的关系来考虑。从整体与局部的关系来看，通常系统的优化有三种情况：第一种是系统每个要素的功能都很好，组合起来的整体系统也最优；第二种是系统每个要素的功能都很好，但组合而成的整体系统并不最优；第三种是系统每个要素并不是最好，但组合而成的整体系统却最优。”

“从长远利益与眼前利益的关系看，也有类似的几种情况：对眼前利益和长远利益都有利；对眼前利益不利，而对长远利益有利；对眼前利益有利，而对长远利益却不利。”

“寻求系统的整体优化时，就要根据已经确定的目标，处理好局部与整体、眼前与长远利益的关系。争取局部与整体、眼前利益与长远利益都优，在整体优化的前提下，同时照顾到局部的功能和眼前的利益。如果局部的功能与整体功能、眼前利益与长远利益发生矛盾，那么，局部应该服从整体，眼前利益应该服从长远利益。对于局部功能、眼前利益看起来是优，但从整体和长远利益来看是不利的，那些所谓‘优化’则是万万不可取的。因为这样的优化往往破坏了系统整体性能的最优。”

“信息科学方法论中的信息分析综合法、行为功能模拟准则和系统整体优化准则是信息科学本身所特有的方法论。它们是一个有机的整体，信息分析综合法是其中的灵魂，它贯彻始终，统帅全局；两个准则是它的两个支柱，使信息分析综合方法可以有效地实施。现代信息科学之所以能够发展壮大，信息科学方法论的功绩是不可磨灭的。”

“信息科学与其它现代的和传统的科学的另外一个根本不同的特点，是

因为它的主要研究目标是扩展人的信息功能。”

“什么叫人的信息功能呢？”丁大力生怕错过一个求教的机会，赶忙插嘴问。

“所谓人的信息功能，是指人同信息打交道的本领。人为认识世界和改造世界的全部活动，始终贯穿着信息的过程。而且，人的一生也一直都在同信息打交道。因此，人的信息功能主要包括提取信息、传递信息、处理信息和产生信息的本领。”

“具体地说，人的信息功能主要是由他的一系列信息器官来承担的，比如感觉器官主要承担信息提取、信息变换和信息检测的功能；神经系统主要承担信息传递和某些信息处理的功能；大脑主要承担信息存贮、分析和产生新的信息或决策的功能等。这些信息器官和它们的相应功能，是人的信息功能的一些比较主要的部分，当然还有不少其它的部分。”

“信息科学的研究目标，就是在分析、探索和掌握这些功能的机制的基础上，运用信息科学提供的原理和方法，以及各种技术，如电子技术、激光技术、机械技术、生物技术等，综合出新的工人系统来延长、增强、补充和扩展人的信息器官的功能，以及大脑处理和产生新的信息的功能等。在这些人的信息功能中，最有意义的，也最为突出的是智力功能，就是扩展、补充大脑处理信息和产生新的信息的功能，这是信息科学的最中心的任务之一。”

“噢，我知道了。信息科学的研究目标是使人类变得更加聪明，更加能干，把神话传说中所说的‘顺风耳’、‘千里眼’变成借助其它技术可以达到的神奇目标。于伯伯，我说得对吗？陈细敏问。

“可以这样说。”于伯伯肯定了细敏的解释：“为了能扩展人的感觉器官、神经系统和大脑的功能，科学家利用前辈遗留下来的宝贵的信息财富，创造发明了各种传感器、电子计算机和其它先进技术与设备，用来延长、增强、补充人的信息功能。”

“传感器这一术语，你们可能比较陌生，但如果把传感器看成是人的五种感觉的对应器官的话，就比较容易理解了。人通过眼、耳、鼻、舌、身五种感官感受外界的刺激，由这五种感官感受到的信息经过神经系统传到大脑，在大脑内才能辨别出物体的形状、声音、气味和味道。如果用传感器来置换、延长、增强人的五种感官，那么，代替人眼的是光传感器，与耳朵对应的是声响传感器和磁传感器；温度传感器和压力传感器则与触觉对应，等等。这些传感器可以将获得的信息，经过某种形式的运算、处理，或者变换成我们容易看懂的工程量，或者用于自动控制。”

“由此，我们可以说，传感器是一种与人的视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉相对应，既能代替人定量地测出测试对象的物理量，又能够检测人的五种感官察觉不出来的现象或物理量的装置。”

“在我们周围，使用着许多的传感器，我们可以毫不费力地找到它的踪迹。例如，你们来到我们的办公楼时，门是关着的，但是你们一走近它，门就自动打开了。这扇自动门就使用了光传感器。你们抬头看一下。”于伯伯指着屋内天花板上一个直径约5厘米左右的金属盒子说。

“这是个火警器，我们每间屋子和走廊的顶部都装有这种火警器。一旦有火情苗子，比如烧着了屋内的某件东西，那么，屋内的温度就会升高，就会冒出烟来。这时，它就会报警，这种火警器就使用了温度传感器和光传感器。”

“你们还可以找出许多应用传感器的例子。”于伯伯启发性地说。

“于伯伯，电热毯、电熨斗、吹风机是不是也用了传感器？”陈细敏谨慎地问道。

“对。你说的这些用品都使用了温度传感器。”

“自动洗衣机、电唱机也用到了传感器吗？”丁大力问。

“是的，自动洗衣机使用了压力传感器和光传感器，电唱机使用了光传感器和磁传感器。”

“在我们周围，还可以找出许许多多使用传感器的例子。这些传感器代替了人的感官，但是它们与人的感官相比，又有哪些特点呢？我可以举几个例子来说明。例如，人的眼睛可以看见波长从0.39微米到0.77微米的可见光，对光的响应速度大约为 10^{-1} 秒以下；而光传感器除了可以检测出可见光以外，还可以检测人眼看不见的光，如波长短的X射线、 γ 射线和波长长的光线，波长范围可以扩展，短到0.0001微米以下，长到100微米以上，它对光的响应速度可以达到 10^{-9} 秒左右，这一些，都是人眼所不能与之比拟的。”

“我们要测量某一件物体的温度，如果用手来抚摸物体，大体能估计出有多少摄氏度，然而对非常热的物体是不能用手去摸的，只能根据发热体的颜色来估计这个物体的温度。这样，测量物体温度的范围就受到了很大的限制，并且所估计的温度与物体实际温度的误差也很大，可能是几摄氏度、几十摄氏度，甚至是几百摄氏度的误差。因此，我们不能确切地说出该物体的温度究竟是多少摄氏度。”

“然而，温度传感器却可以测出零下273摄氏度的低温，也可以测出几千万摄氏度的高温，它所测出的温度与实际物体的温度的误差可以精确到0.001摄氏度之内。因此说，温度传感器的检测范围和检测精度也是人的皮肤或眼睛所不能与之比拟的。”

“传感器的作用真是不小啊！”丁大力感叹地说。

“正因为这样，人们借助于各种各样的传感器，可以扩展人的信息功能，更有效地获取信息、变换信息和检测信息。”

“但是，获取信息、变换信息和检测信息只是一种手段，最根本的目的还是要存贮信息、分析信息和产生新的信息或决策。这就是说，最根本的是扩展人的大脑的信息功能。为了达到这一目的，就得借助于人工智能了。”

“什么叫人工智能？它有哪些特点呢？”丁大力急切地问。

“所谓人工智能，就是人的智能在机器中的再现，是智力的物化，让机器来模拟和代替人的某些智能。”

“人类的发展历史告诉我们，为了能使人从繁重的体力劳动中解放出来，人们发明、制造出来的各种机器，都增强了人的体力功能。例如，人们发明了手工刨子，用刨子刨木头比用刀削平木头既快又省力。当人们发明了电刨以后，用电刨刨木头，又比手工刨子刨木头更省力、更快。现在，人们装修住房大多要铺地板，而铺完地板后，都要有用刨子刨平。如果用手工刨子刨，那么一定又累、速度又慢，当人们使用了电刨这一机器后，就使得刨地板的进度大大加快，并且更省力了。”

“我们还可以举出许许多多的例子来说明机器可以代替人做各种体力工作，减轻人们的劳动强度，提高生产效率的例子来。”

“随着社会的发展，人们感到，依靠机器来增强人的体力功能是远远不够的，还有许许多多的智力工作需要依靠机器来完成。于是，人们发明了计

算机。”

“自从1946年美国宾夕法尼亚大学研制出了第一台‘埃尼阿克’数字计算机以来，科学技术又有了一个飞跃的发展，人们利用机器来再现人的智能就成为可能，利用机器来模拟和代替人的某些智能。这些智能机器的一个共同的特点，就是它能够存贮信息、加工信息和处理信息，并且利用信息来达到人们所想达到的目的。人工智能的出现，促进了人的智能，使得这些智能机器又不断地得到进化，得到完善。”

“对人工智能的研究，虽然还只有三四十年的历史，但就是在这短短的时间内，它的发展也是十分惊人的。刚开始，计算机只会进行数值运算，后来，又应用到自动控制系统，使自动化程度达到了一个新的高度。现在，大到综合性的自动化钢铁联系企业、计算机管理的铁路自动化调度系统、电子警戒雷达网等，小到洗衣机、电冰箱、录音机、电视机等家用电器都实现了自动控制。”

“对人工智能的研究而言，电子计算机能进入自动控制系统并不是一个终点。人们追求电子计算机能代替人进行更高一级的智力活动，使电子计算机具有理解能力、自适应能力和思维能力等智能。”

“于伯伯，现今的电子计算机所具有的智能主要体现在哪几个方面呢？”丁大力脱口而问道。

于伯伯走到了办公室内的电子计算机旁，招呼着小伙伴们：

“你们过来，我们来看一下这台计算机所具有的翻译语言的功能。”

于伯伯打开了机器，这时屏幕上出现了“翻译系统”几个字，接着他在键盘上接了几下，屏幕上又出现了“英译汉”几个字。

于伯伯说：“现在让这台电子计算机来表演把英文翻译成中文，只要把一句英文输入到计算机里，它会很快地进行翻译，并将译成的中文在屏幕上显示出来。你们谁来试试？”

“我来！”细敏跃跃欲试，坐在了计算机前。

细敏的英语学得很好，她沉思了一会儿，向机器内输入了一句英语：

MY WISH IS TO BECOME A SCIENTIST.

这时，屏幕上很快就显示出了中文：

我的愿望是当科学家。

小朋友们看到机器将英文很快翻译成中文，惊奇极了。这时于伯伯说：

“细敏输入到计算机内的是一句话，如果她输入的是一篇文章，那么，机器也能够将它全部翻译成中文。这是因为这台电子计算机具有较好的处理自然语言的问答系统，因此它能够像人一样，理解上下文的含义，并且根据上下文的知识与信息，进行推理，作出翻译。”

“除了处理人的自然语言外，它还能进行一些视觉识别。就是将一些模糊不清的图案输入机器内，计算机就能使图像清晰，帮助我们更好地识别和理解图像。”

“这种计算机识别图像的能力现在已经大量地应用于我们的日常生活中。比如，邮电局利用计算机来识别信封左上角的邮政编码，并进行自动分拣，每小时可以分拣3万封信。这样，大大加快了邮件的转运速度，既准确，又减轻了工人的劳动强度。”

“除了视觉识别以外，计算机还具有语音识别、触觉识别、压觉识别等功能，正是这些识别功能，标志着计算机向人工智能的方向进化，这对于加

速计算机的普及和有效利用具有重要的作用。除此以外，电子计算机还能进行推理演算、预测和计划等工作。”

“现在，人们研究出了各种各样的机器人，这是动用机器人人工智能中的识别能力、理解自然语言的能力、推理演算能力、预测和计划能力的综合成果。”

“机器人大多是一种装有电脑的具有程序控制能力的多功能操纵器，它们有的像人，有的并不像人。说它们是机器人，主要是因为它们具有人的某些功能，比如眼、脑、手等器官的部分功能，把观测、思维和操作巧妙地结合起来，在减轻劳动强度、提高生产效率、改善劳动条件、改进产品质量、降低生产成本方面发挥着重大的作用，因此越来越受到人们的重视。”

“我们现在已经应用和正在研究的机器人主要有三种。第一种是工业机器人，为数最多。它一般具有一只手臂和存贮装置，可以按预先输入的程序重复地进行操作。这种机器人比较‘笨拙’，主要在汽车制造、电子和机械等行业中从事焊接、油漆、装配、包装、搬运等工作。”

“第二种是遥控机器人。它们多在恶劣或危险的环境下作业，由人在安全的地方进行远距离操纵。这类机器人已经在登月考察、海洋开发和核电站管理等方面得到了应用。”

“第三种是智能机器人。它具有感觉和识别的功能，能够自行决策和行动。它的‘脑子’是中央电子计算机，它的‘眼睛’是电视摄像机、前处理计算机，它的‘耳朵’是话筒、前处理计算机，它的‘口’是扬声器、声音发生计算机，它的‘手’是能够自由活动的机械手、触角和力检测元件以及控制计算机。智能机器人先是识别别人给的命令，然后根据掌握的情况，作出判断决策并采取适应外界情况的行动。”

“早在1969年，美国斯坦福研究所就制成了一种智能机器人，它具有利用简单工具解决问题的能力。房间里有一个挺高的平台，平台上放着一个箱子，智能机器人的任务是把箱子从平台上搬下来。它走向平台，但爬不上去。接着，它环顾四周，发现在屋子的一边有一块斜面板，它思考了一会儿，就把斜面板推向平台，自己沿着斜面板爬了上去，终于把箱子从平台推到地板上。”

“现在，智能机器人已认识简单的积木，发展到了环境识别、规划决策、通过语言与人对话来完成某种动作的阶段，并且已经从实验室走向实际应用。它们能够从事各项具体工作，有的充当盲人的引路向导，有的学会诊断疾病，有的可以充当警察，等等。”

“于伯伯，您能不能就这种智能机器人的实际应用给我们讲得再具体些？”陈细敏好奇地问。

“可以啊！我给你们讲个故事吧。某一天深夜，万籁俱寂。突然，两个黑影悄悄地潜入美国斯坦福研究所。几乎在同时，研究所试验工场是的警长罗伯特，就发觉了不速之客的来临。黑影还没有站稳脚跟，罗伯特就发出一阵令人颤栗的报警信号。两个黑影听到后立刻夺门而逃，罗伯特紧追不舍。在街头转弯处，警长抓住了一名逃跑者，朝他脸上喷出一种麻醉气体，逃跑者应声而倒。立刻，罗伯特又向另一名逃跑者追去。”

“这位机警能干的罗伯特，其实并不是美国警察局正式的警长，而是斯坦福研究所的智能机器人。在美国，由于盗窃和抢劫盛行，迫使研究人员考虑使用机器人看守机密要地和仓库设施，代替那些容易劳累打盹，甚至同罪

犯勾结的普通人看守。”

“这位罗伯特警长除了具有一套高级电脑系统，能根据信息神速处理问题处，最富有传奇色彩的是他具有‘飞毛腿’和‘千里眼’的本领。在他那双时速可达30公里的‘飞毛腿’上，装着地音探测器和振动传感器，只要有人在禁区附近走动，不管如何蹑手蹑脚，罗伯特都会立刻发觉，并发出警告信号。它的‘千里眼’其实是一套远红外闭合电路的视觉系统，能在漆黑之中洞察敌人，随时向自动跟踪系统报告并进行追捕。”

“除了智能机器人之外，近年来，人工智能走向实用化研究的最引人注目的成果是各种机器专家系统的建立。机器专家系统是一种计算机模拟专家行为程序的软件系统。它先将有关专家的知识、经验总结在一起，形成规则或填入框架，并以适当的形式输入计算机，然后采用合适的控制策略，按输入的原始数据选择合适的规则进行推理、演绎，作出判断、决策，可以起到专家的作用。”

“模拟专家行为的产生，是20世纪70年代人工智能研究获得的重大成果之一。目前，已经研制出了多种机器专家系统，如‘计算机医生’、‘计算机教师’、‘计算机秘书’、‘计算机化学家’、‘计算机矿物学家’、‘计算机科学家’等。”

“‘计算机教师’可以针对学生的不同情况讲授不同的内容，出不同的题目，批改学生的作业，解决学生提出的问题。”

“‘计算机秘书’可以毫无遗漏的记下所有的谈话、信件、电话和其它资料，能在适当的时候向你提供你所需要的资料，甚至还能指出你的讲话和文件中的某些错误。”

“‘计算机医生’可以同时诊断好几个病人，迅速而准确地判断病情，对症下药，开出处方。如我国北京关幼波诊断肝炎的专家系统，是模拟我国著名老中医关幼波肝病辩证治疗的程序，按照它的思维方法，根据患者的症候变化，在200多种症状、化验指标以及170种药物的基础上，让计算机从许许多多多个实用处方中选出针对病情的处方，编制病历卡，计算药价，开出假条等，从数据输入到诊断结束，总共只需要14秒钟。”

“智能机器人和机器专家系统既然有那么多的优越性，那么，它们的智力会不会超过人？随着它的不断发展和完善，会不会导致最终排斥人类和统治人类呢？”王永明不解地问。

“不会的！”于伯伯肯定地说：“虽然，作为人的自然智能，同今天已经实现的各种人工智能的功能相比，在某些方面的确要差一些。比如，人的神经细胞的信息处理速度是百分之一秒，而计算机的运算操作速度可以达到一千万分之一秒以上；人脑的存贮记忆容量有限，而计算机的存贮容量几乎可以是无限的。所以，在那些较多地依赖于加工速度和存贮容量的智能信息加工过程中，计算机很容易超过人。你们大概都使用过小型电子计算器吧，那肯定会有体会的。在速度方面，计算机翻译外文也比人翻译要快得多。在存贮方面，由于计算机把各种下棋的优秀棋路都存贮起来，因而，它不仅以战胜一般中等水平的棋手，而且可以胜过百分之九十五的人。正是由于人工智能在某些功能上比人脑要强，所以，它能够作为一种对人类有用的工具，作为人脑的补充和延长，为人类所重视和运用。”

“但是，人工智能只能作为人脑的补充和延长而产生和存在，在人与人工智能的关系上，没有人，就根本谈不到人工智能，更谈不到人工智能的发

展。从另一个角度说，人工智能的发展是以人的智慧发展为前提的。没有聪明的人，怎么会有聪明的机器呢？所以，人工智能不论完美到什么样的程度，它必然是以人的智慧和才能的发展为极限的。”

“智能机器人具有很多的优越性，它的运算速度、存贮容量以及准确性方面比人的自然智能要强得多，它可以代替人到危险的或恶劣的环境中去工作。尽管如此，智能机器人本身并没有自觉的意识和目的，它只是人类利用自然、改造自然的结果，体现的是人类的意识、目的和能动性。智能机器人作为一些人工器件的组合，不能像人一样理解自己所从事的工作，只是被动地遵循自然规律，而不是自觉地认识规律和运用规律，它始终不会进行创造性的工作。正是这一点，决定了智能机器人永远是要人脑来操纵的，尽管随着人工智能研究的深入，这种操纵的形式会改变，但是智能机器人的功能依赖于人的智慧是不会改变的。”

“此外，计算机的发展水平不仅要依赖于人脑的发展水平，而且要依赖社会生产技术的发展水平。我们都知道，物质世界是可以认识的，凡是认识了的东西，人们就可以模拟它。人类的智能也是这样，只要人们对它的认识达到一定的水平，也就可以对它进行模拟。但是，从认识到模拟，从科学到技术，这中间是要有一个过程的。已经认识到的东西，要完全进行模拟还需要相应的技术手段。因此，人工智能作为模拟的结果，总要与人类的认识保持一定的距离。随着科学技术的发展，这种距离会越来越短，但总会有的。人脑与计算机发展水平的这种关系告诉了我们，计算机只能是随着人脑的发展而发展，人工智能也只能是随着人的智能的发展而发展。”

“因此，你刚才提出的那些忧虑。”于伯伯朝王永明看了看说：“也就是说，随着人工智能的不断完善，它可以摆脱人类的控制和操纵，进而对人类实行统治、奴役——这种担心是不必要的，也是缺乏科学依据的。”

“人工智能是机器，不是人，它不过是人的工具，它不可能超过人，更不可能可能代替人。但是，由于信息科学的不断发展，人的智力会越来越高，并且会越来越有力地得到人工智能的支持和补充，由于有了这种支持和补充，人的智能又会获得更大更快的发展。这种发展，反过来又为人工智能的发展开辟了新的道路和更广阔的前景。”

“人的自然智能和人工智能就是这样相互促进、相互支持、不断前进的。在这样的发展中，人的自然智能始终处于主导地位、积极的地位和支配的地位。人工智能虽然在局部方面会胜过人，但从全局看、从整体看，仍然是人的智能至高无上。”

“信息科学是一门崭新的科学，因此，它的研究方法和研究目标是不同于以往其它科学的。然而，这些不同，并不是脱离了以往其它科学，而是无不渗透着各个学科的研究成果。正是这些各个学科的研究成果，才使信息科学得能到较快的进展，而信息科学的发展，反过来又推动了其它各门学科的发展，使人类社会不断地进化。为了说明这个关系，我再和你们谈谈有关信息技术方面的一些情况。”

第四章 蓬勃发展的信息技术

“于伯伯，通过几天来的学习，尤其是听了您今天关于信息科学的研究方法和研究目标的介绍。我们对信息科学的概貌有了一些基本的认识。

“您刚才又引导出了信息技术这一概念，那么，信息技术与信息科学有什么不同？它们对人类社会的发展有哪些作用呢？”丁大力问。

“要说明这个问题，首先要弄清什么叫信息技术。你们谁能说说什么叫信息科学？”于伯伯用目光扫视了一下认真听讲的小伙伴们。

“我说，”陈细敏点了点头说：“信息科学是研究信息现象及其规律的科学。”

“说得很对，”于伯伯赞赏地笑了，“信息技术与信息科学都与信息密切相关，信息科学着重研究延长人的信息功能的原理和规律，而延长人的信息功能的途径和方法就是信息技术。那么，信息技术的确切的定义是什么呢？可以说，凡是可以扩展人的信息功能的技术，都是信息技术，而不能扩展人的信息功能的技术，都不是信息技术。具体地说，信息技术是指有关信息的产生、检测、变换、存贮、传递、处理、显示、识别、提取、控制和利用等方面的技术。”

“根据信息技术的定义，我们就可以大致区分什么是信息技术，什么不是信息技术了。”

“你们说，计算机技术是不是信息技术呢？”于伯伯提问道。

“是信息技术！”丁大力根据信息技术的定义脱口回答。

“对，计算机技术是一种信息技术。因为它可以扩展人的处理信息等的功能，所以很明显，它是信息技术。”

“你们再说说，原子弹、氢弹和核反应技术是不是信息技术呢？”于伯伯又问。

“这好像不应该是吧！”丁大力觉得它们不应该是，但一时又不能很肯定地回答。

“你应该很肯定地回答说不是。”于伯伯说：“因为原子弹、氢弹和核反应技术所扩展的是人的力量或体力功能，不能扩展人的信息功能，因此它们不是信息技术。”

“为了能够比较明确地分辨什么是信息技术，什么不是信息技术，我把目前流行的一些对信息技术的错误看法讲给你们听，也可使你们增强分辨能力。”

“比如，微电子技术等新技术参与了扩展人的信息功能的技术，像电子计算机中就应用了微电子技术，没有微电子技术，就没有现今的先进的计算机技术。由于它们之间有着密切的关系。因此，一些人就把与信息技术有密切关联的微电子技术、激光技术、生物工程技术等与信息技术混淆在一起了，认为它们都是信息技术。”

“这对不对呢？按照信息技术的定义，这种看法显然是不对的。虽然微电子技术等与信息技术有着千丝万缕的关系，但是不能把信息技术的定义范围过分地扩大，将它们都笼统地称为信息技术。因为它们按照一定的方式组成某种系统并具有信息功能的时候，才能成为信息技术。”

“我们已经谈到过，电子计算机具有扩展人的信息功能的作用，因此，根据电子计算机的性能和特点，也有人认为，电子计算机就是信息技术，信

息技术就是电子计算机，它们是等同的。”

“这种看法对不对呢？也是不对的！因为计算机并不是仅仅电子计算机一种。以前的机械式计算机虽然功能比电子计算机差得远，但是它仍然能够帮助人们进行数值计算，而且要比人脑计算得快、计算得准确，因此，它延长和扩展了人的信息功能，所以，它是一种信息技术。

“至于将来，人们可能会发明光计算机和生物计算机，它们的功能比现在的电子计算机还要多，然而，它们还仍然是一种信息技术，这是永远也不会错的。因此，认为电子计算机是信息技术的同义语的这种看法，是将信息技术的定义范围人为地缩小了。”

“也有一些人把信息技术简单地归结为计算机技术，这也犯了过分缩小信息技术定义范围的错误。这是为什么呢？因为不管计算机的能力有多么大，没有传感技术，也就没有信息的来源。没有通信技术，信息就不会传送给计算机。计算机的输出也就没有办法传到用户那里去了。甚至连计算机输入设备的信息也不可能送到计算机的中央处理机中去，这样，计算机还能发挥什么作用呢？”

“计算机技术可以扩展人的信息功能，但并非只有计算机才能扩展人的信息功能，其它技术也能扩展人的信息功能，因此，简单地把信息技术归结为计算机技术也是错误的，它扼杀了其它的信息技术。”

“例如，我说光学望远镜是一门信息技术，可能你们会有疑问，然而用信息技术的定义来衡量一下，那么，结论是相当明确的，因为光学望远镜能够扩展人的视觉功能。”

“噢，我懂了。人类早期发明的指南针、烽火台、印刷术、纸张等，也都扩展了人的信息功能，因而也都可以称为信息技术了。于伯伯，我说得对吗？”王永明理解了信息技术的精髓，但又怕混淆，故而急于让于伯伯确认一下。

“你说得完全对。”于伯伯说：“不仅如此，连更古老的结绳记事、穿珠计数也都是信息技术，它们都能扩展人的信息功能。”

“我们生活在一个信息的世界中，人类几乎无时无刻不在同信息打交道，因此说，人所具有的信息功能是非常丰富的，然而要面面俱到地逐一举例，那就太困难了。不过，关于信息技术的主体，我们倒可以归纳出来，那就是传感技术、通信技术和计算机技术，它们分别延长或扩展了人的信息感受器官、人的信息输送系统和人的信息处理器官的功能。这三者都是信息技术中最重要、最典型的代表，也是一切信息技术中最基本、最精华的部分。”

“于伯伯，传感技术是不是与您讲的传感器有关？”陈细敏记起了于伯伯曾讲到过的各种传感器的知识，把它们联想到一起了。

“是的。传感技术主要包括信息识别、信息检测、信息提取、信息变换以及某些信息处理技术，它是人的信息感受器官，或者说感觉器官的功能的延长或扩展。”

“为了能够有效地收集形形色色的信息，传感技术已经发展了一大批敏感元件。除了普通照相机能够收集可见光波的信息、微音器能够拾取声波信息之外，现在已经有了红外、紫外等光波波段的敏感元件，帮助人们拾取那些人眼看不见的重要信息，还有超声和次声传感器，可以帮助人们获得那些人耳听不到的信息。不仅如此，人类还已经制造出各种嗅敏、味敏、压敏、热敏、湿敏、磁敏以及一些综合敏感元件。这样，传感技术就可以把那些人

类感觉器官收集不到的各种有用的信息提取出来，延长和扩展人类收集信息的功能。”

“通信技术大体上包含信息检测、信息变换、信息处理、信息传递、信息存贮以及某些信息控制与调节技术，它是人的信息输送系统，也就是神经系统功能的延长或扩展。”

“现代通信技术已经提供并正在继续开发大量新的手段来迅速、准确地传递信息。在这方面，最出色的成就要算光导纤维通信和卫星通信技术了。一根细细的光导纤维，可以同时传送几十万路电话，而且不受电磁干扰的影响。一颗与地球自转相同步的静止卫星，可以覆盖地球表面的三分之一，利用三颗互相关隔 120° 的同步卫星系统，就可以方便地建立起全球通信。特别是用作电视广播，是一种非常有效的工具。”

“此外，还有一项发展很快的技术，那就是移动通信。利用移动通信技术，不仅在家庭、在办公室可以方便地进行通信，就是正在飞行的飞机中和行驶的汽车上，也可以及时地进行联络。利用这些技术，不但可以传电话，还可以传图像、传文字和传数据等。”

“将来的通信系统，还可以具有许多高级的智力功能。例如，两位使用不同语言的人无法相互交流思想、相互理解，那么，他们可以通过电话来交谈，因为电话具有智能翻译的功能。如果你打电话给一个朋友，而恰好主人不在时，他的电话系统就能根据主人事先存贮的信息自动和你交谈，理解你的问题，向你提出询问，使你感到就好像是与你的朋友在交谈一样。”

“未来的通信技术可以保证在任何时间、任何地点、与任何人、以任何方式建立方便满意的通信。这样，电信将把世界缩小，使世界变为一个鸡犬之声相闻的地球村。”

“计算机技术主要包括信息存贮、信息检索、信息处理、信息分析、信息产生，以及控制等技术，它是人的信息处理器官，也就是大脑功能的延长或扩展。”

“当代计算机技术的发展，主要朝着两个基本的方向。一个是巨型化、高速化、大容量化、智能化、特大规模集成化和光化集成化。在这方面，已经形成了所谓第五代计算机的基本构想，它的工作速度将达到每秒几十亿次，可能采用光信号和光学集成技术，具有推理和逻辑思维能力，能够理解自然语言，因而它可以直接与人对话。”

“另一个方向是微型化、多功能化、网络化。这是目前最吸引人、也是进展最迅速的一个发展方向。由于计算机走向微型化、多功能化和网络化，使它的体积大大减小，成本大大降低、功能大大增加、性能大大提高，因而具有更强的渗透力。正是由于这些发展，计算机技术日益紧密地与通信技术结合起来，并与传感技术相结合，逐步形成了一种崭新的社会基础结构，也就是具有高度信息化、智能化和综合化特征的，由传感技术、通信技术与计算机技术有机结合而成的信息网。这将是信息社会的最重要的基础结构。”

“传感技术、通信技术和计算机技术的日新月异的发展，有效地增强、扩展和延长了人的信息功能。”

“信息科学技术的发展，将使人类能够更有效地取得和利用信息，使人类不仅有可能将那些笨重的体力劳动交给机器，而且可以将许多逻辑性的智力劳动移交给自己的替身——智能机器人。信息科学技术的革命是一个强大的推动力，有了这个推动力，工业社会才有可能完成向信息社会的转变。”

“于伯伯，您刚才分析了信息技术的三个主体是传感技术、通信技术和计算机技术，那么，在这三个主体技术中，您认为以哪一个为主呢？”陈细敏问。

“应该说，传感技术、通信技术和计算机技术这三者是相辅相成的。这三者之间只可能相互结合、融为一体，而不能是突出这一个，贬低那一个。”

“现在，人们一般往往只强调计算机的作用，看轻传感和通信的作用。这是一种错误的看法。人们可以把计算机系统做得包罗万象、尽善尽美，把传感和通信的功能都包含进去，但这只能说是三者结合一体、融化成一体了，决不能够说是计算机技术替代了传感技术和通信技术，也不能说没有传感技术和通信技术，计算机技术也能够完成传感和通信的功能。”

“还有一种错误的观点，就是认为信息技术只包含计算机技术与通信技术。这一错误也是十分明显的。因为没有传感技术，就不能获得信息。没有信息，作为传递信息和处理信息的通信与计算机就成了无根之木、无源之水，它们即使有天大的本领，也终究是英雄无用武之地，无法施展自己的技能，因而它们也就成了一堆废物。所以，没有传感技术是绝对行不通的。虽然，通信系统和计算机系统可以包括传感技术，但这决不能说不需要传感技术了，传感技术还是客观存在的。不然，整个信息系统就只能是一个既瞎又聋、与世隔绝、无法工作的系统了。”

“没有通信技术行不行呢？也不行！如果没有通信技术，信息就无法流通。信息的最本质最重要的特性就是在空间上由一个地方到另一个地方的流通，或者在时间上由一个时刻和另一个时刻的流通。假如不能流通，信息的用处和意义就非常有限，甚至可能毫无用处。”

“例如，地壳内蕴藏的矿藏的信息，如果不能传到地面上来，这样，人们可能永远也无法进行勘探工作；太空中的信息如果不能传递到地球上来，人们对其它星球的情况会永远一无所知。讲得贴近一些，如果信息不能流通，那么输入到计算机输入端的信息就永远也进不了运算和存贮单元，因此也就永远也不会有结果输出，存在于计算机存贮器内的信息也就永远也调不出来。”

“因此说，没有通信，没有信息的传递是不可设想的。从信息化社会的角度来看，传感技术、计算机技术只能形成许许多多分散的信息点，只有通信技术，才能使这些孤立的信息点连接成线，覆盖成面，达到信息化的要求。所以，通信是信息化社会的生命线，是社会机体的神经中枢，而通信网是信息化社会的神经网络。没有充分发达的、先进的通信网，就不会有信息化。”

“同样的道理，光有传感技术和通信技术也不够，假如没有计算机技术，人类对于信息的利用就只能停留在较低的水平上。想要有效地扩展人脑的功能，把人从脑力劳动中逐步解放出来，就会成为空想。”

“总之，传感技术、通信技术、计算机技术作为信息技术的主体，只能是三者并存，缺一不可，少了哪一个也不行。”

“于伯伯，既然电子技术、微电子技术、激光技术、空间技术、海洋技术、生物工程技术、新材料和新能源技术等不属于信息技术，但是它们又与信息技术密切相关，促进了信息技术的发展，对我们人类的科学技术和社会经济的发展有着举足轻重的影响，那么，这些新技术在信息科学技术的发展中到底处于什么地位呢？它们可不可以说是非主体的信息技术呢？”王永明的思想很活跃，总愿意多提一些问题。

“不是这样的。为了说明这个问题，看起来有必要对你讲的这些新技术作一番剖析，以便能够较好地把握住信息的概念。”

“先说说电子技术吧。我们平时所说的电子技术，是指研究电子运动规律及其应用的一门科学技术。凡是与电子的激发和运动、电子器件、电子电路、电磁波、电信息处理有关的技术，都可以称它为电子技术。电子技术现在广泛地应用于通信、广播、电视、雷达、导航、电子计算机、自动检测、自动控制、遥感、激光技术、红外技术等各个方面，无论在什么地方，你们都可以看到有各种各样的电子设备、电子仪器在为我们服务。”

“而微电子技术是一门使电子器件和设备由大变小的微科学技术。近些年来，也有人把微电子技术作为集成电路及其应用技术和应用产品的统称。它的特点是节省能源、材料、空间和人力，可以大大降低产品的成本。微电子技术不但促进了计算机技术的发展，同时也推动了通信技术的进步，对整个产业结构和社会生产都产生了深远的影响。”

“然而，作为电子技术和微电子技术本身，它们并不能直接扩展人的信息功能，只有当按照一定的目的，把这些技术适当地组织起来，形成一定的系统的时候，才会具有信息功能。例如，把微电子技术中的超大规模集成电路连续成某种计算机单元，利用微电子技术制造机器人、文字处理机、数据处理机和通信机等，只有在这种时候，它们才成为信息技术。”

“生物工程技术是 20 世纪 70 年代才兴起的一门新技术，它包括基因工程技术、细胞工程技术、酶工程技术、发酵工程技术和生物化学工程技术等。利用生物工程技术，可以不消耗地球上的有限资源，因为它是建立在生物资源可再生的基础上的一门技术。它能够解决传统的技术所难以解决的问题，使经济达到最大限度的增长，而且又能消除污染，保护生态环境。”

“生物工程技术虽然诞生时间不长，然而应用前景却十分广阔。例如，生物工程技术用于采矿，可以使某些没有开采价值的贫矿得到利用，加拿大就已经应用了细菌采矿法，并用菌液浸出了 20 万吨铜。通过植物细胞的培养，世界上已经有 600 余种植物细胞再生成植株。环境科学技术利用生物工程技术来处理污水和其它废物，可以防止水源遭受石油和其它废物的污染；医药上通过生物工程技术，已生产出了人脑激素、人胰岛素、生长激素、干扰素、乙型肝炎疫苗等，这不仅帮助人们解决了某些药物不足的问题，而且还大大降低了生产成本。”

“生物工程技术使我们有可能有目的地控制和改变生物的遗传性状，大大加快了生物遗传突变的进程。通过生物工程技术，我们可以利用微生物把太阳光变成电，把纤维素（如木材、秸秆废料）变成液体燃料，把工农业的废弃物分解成氢气或沼气，帮助人们解决能源问题。可以利用简单廉价的原料大量有效地生产蛋白质，可以让微生物从海水中‘采集’贵重的微量金属。人们可以设计和实施改造生物本性的方案，创造出优质高产的新品种，为人类消除广泛存在的饥荒提供了可能性。人们还可能大量生产各种‘灵丹妙药’，征服癌症，保护人体健康，延长人的寿命，等等。”

“从生物工程技术的应用前景可以看出，生物工程技术的发展，不仅会使传统的医药、食品、化学工业的面貌大为改观，而且很有可能导致农业实现工业化。这一切意味着生物学和以生物学为基础的产业能够得到复兴，意味着人类的整个产业结构将发生一次大的变革。”

“尽管生物工程技术在我们的现代社会中有着如此巨大的作用，然而它

也和电子技术、微电子技术一样，本身并不直接扩展人的信息功能，只有当按照一定的目的，将它与其它技术组合，形成了一定的系统的时候，才会具有相应的信息功能。如把生物工程技术应用于传感、信息处理或控制，制成生物传感器、生物计算机时，它们才成为信息技术。”

“其它的新技术，如激光技术、空间技术、海洋技术等，也同样是这个道理。它们本身并不能直接扩展人的信息功能，然而，当它们与其它技术组合，形成了一个能扩展的信息功能的系统的时候，才能具有相应的信息功能。例如，把空间技术用于卫星广播或卫星通信，把海洋技术与通信、电视系统相结合，把激光技术用于大容量、高质量的地面光纤通信系统等。也只有在这种时候，它们才能成为信息技术。”

“从这些新技术的作用来看，信息技术的发展，是依赖于它们的。因此，这些新技术发展促进了信息技术的发展。既然这些新技术不能称为信息技术，而它们又与信息技术的发展有着直接的关联，那么，我们就可以把它们称为信息技术的直接支持性技术。没有这些技术的发展，没有这些技术的支持，信息技术是不可能迅速前进的。”

“于伯伯，您刚才只是提到了微电子技术、激光技术、空间技术、海洋技术、生物工程技术等，说它们是信息技术的直接支持性技术，但却没有提到新材料和新能源技术。是您疏漏了呢，还是这两种技术根本就不属于信息技术的直接支持性技术。”细心的陈细敏似乎从于伯伯的论述中发现了什么破绽。

“不是疏漏。因为新材料和新能源技术另有它们自己的特点，而这些特点又与微电子技术、激光技术、空间技术、海洋技术、生物工程技术等有所不同。”

“新材料技术到底有哪些特点呢？可以这样认为，新材料主要是指高技术陶瓷、非晶态金属、功能高分子材料、新型纤维、新型合金等。功能高分子材料包括导电塑料、有机半导体等，新型纤维包括碳纤维、光导纤维、无机纤维等，新型合金包括记忆合金、超导体合金、耐高温纤维增强合金等。”

“新材料的发展、发明层出不穷，每个星期都有新的品种在实验室里问世。它不仅在数量上有大幅度的增长，而且还出现了许多具有多种综合功能的新材料。”

“例如，石膏板、加气混凝土等新型建筑材料可以比传统的建筑材料重量轻三分之二，节省能源 40%。非晶态金属的耐磨性是普通金属的 10 倍，当它被用作变压器的铁芯时，可以比冷轧硅钢片减少能耗 10%。用高温结构陶瓷制成的柴油机，可以节省燃料 30%，热机效率提高 50%。”

“高强、质轻的碳纤维复合材料在飞机、汽车、导弹、卫星等方面的应用也已得到了公认。美国有一种比汽车还轻的飞机，它就是用碳纤维材料制成的。这种飞机重 1.7 吨，可以载员 8 人。应用超导体材料，可以为人类提供超大功率的发电机、无损耗的输电线以及超高速磁悬浮列车等。”

“新材料是发展信息技术的物质基础，应用广泛。比如，利用高纯度的单晶硅和砷化镓等化合物半导体可以制成大规模集成电路，它是电子计算机的关键器件。利用陶瓷、塑料等功能材料可以制成各种传感器，它们可以获取信息。利用各种磁性材料、压电材料、铁电材料、感光材料可以记录和存贮信息。利用高纯硅拉制成的光导纤维来输信息，信息容量可以比同轴电缆大 20 倍。”

“那么，新能源又有哪些特点呢？我们所说的新能源，主要指核能、太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能等，在这些能源中，除了核能外，其它的能源都是可再生能源，它们几乎是取之不尽、用之不竭的。”

“能源是发展生产和提高人民生活水平的物质基础。没有能源，就不能提供能量，工厂无法开工，拖拉机耕不了地、火车、汽车不得不停驶，电子计算机就会变成废物，就连人们日常生活中的做饭、炒菜也会成为大问题。”

“你们说得出我们现在大量使用的能源有哪些品种吗？”于伯伯问小伙伴们。

“煤、石油和天然气。”丁大力不假思索地回答。

“对。煤、石油和天然气都是被人们从地下开采出来的，是有限的矿物资源，属于非再生能源。用一点，就少一点。如此下去，天长日久，总会有枯竭的一天。”

“而新能源主要是再生能源，它们取之不尽、用之不竭。因而，它们对人类社会的发展具有举足轻重的作用。而新能源中，最重要的是太阳能，利用光电转换技术，可以将太阳光直接变成电。现在已经发明了单晶硅太阳能电池。但是，它成本太高。如果能改用非晶硅太阳能电池，成本就可以降低到现在的几分之一甚至几百分之一，一旦研制成功，并得到推广应用，那么，人类利用能源的状况就可以从根本上改变。”

“此外，新能源的开发不仅仅是为了解决能源短缺的问题。我们现在所使用的矿物燃料，还可以用来作重要的工业原料，人们仅仅把它们作为燃料使用，就浪费了工业资源。其次，我们在使用这些能源时，会产生大量的硫化物、氧化物和烟尘，它们会污染大气环境，危害人类的健康。而使用新能源就不会产生这样的恶果。因此，开发新能源可以更好地保护资源和保护环境，建立一个持久、再生、干净的能源体系，以满足人类长远的能源需要。”

“从新材料和新能源的特点来看，信息技术、信息技术的直接支持性技术都离不开新材料、新能源。它们的发展，必然要依赖于新材料、新能源的发展。根据这一特点，我们可以把新材料和新能源技术称为信息技术、信息技术的直接支持性技术的基础技术。没有基础技术的发展，信息技术的革新换代便是不可能的。”

“这样，信息技术、信息技术的直接支持性技术、基础技术形成了当代新技术的三个基本的层次。这三个技术的层次相互联系，相互技术，相互促进，形成了一个有机的整体。”

“在这个整体中，新材料技术为现代技术提供物质基础，新能源技术为现代技术提供动力，信息技术为现代技术提供智慧和灵魂。因此，在现代技术中，信息技术、新能源技术和新材料技术是最基本的成员。”

“于伯伯，这三个基本成员支持着现代的新技术，少了哪一个也是不行的。这一点我很理解。这三项技术发展了，那么，现代新技术也就可以获得飞跃的发展。但是，这三者之中是不是有带头技术呢？或者说，目前它们之中谁在起主导作用呢？”王永明总喜欢提出一些问题，把事物的精髓搞清楚。

“你的这个问题提得很好。”于伯伯非常喜欢不断思索，有自己想法的小朋友。

“要回答这个问题，首先要通过现代科学技术所面临的主要矛盾，特别是技术上所面临的主要矛盾来作出一些分析。”

“从技术的角度来看，人类经过长期的进步和发展，在大自然面前已经

逐渐成长起来了。他们在与大自然的搏斗中，已经不再是赤手空拳，而有了相当长足的进步。人们已经能够根据需要制造和提炼出各种各样具有优异性能的材料，如超轻型的铝合金、超强度的塑料、超纯度的半导体、高密度的记录材料和耐高温的精密陶瓷，各种各样的敏感材料，甚至已经可以用人工制造的器官代替人体中损坏的器官。在不久的将来，除了脑和神经系统以外，人的大多数器官都可以用人造材料来代替。所有这些形形色色的材料，虽然还不是尽善尽美的，但是已经能够相当好地满足当前人们与大自然作斗争的种种需要。”

“此外，现在人类已经能够很自如地控制机械的能量、蒸汽的能量、电力的能量、化学的能量，较好地掌握了开采煤炭、石油、天然气的方法和技术，并利用这些矿物燃料来发电。人们还能利用风力、水力、潮汐、地热来生产电力，利用取之不尽的太阳能等。”

“由于材料技术和能源技术的飞速发展，现今的人类已经拥有了巨大的能力，人们的行动器官和力量的功能已经得到了惊人的延长，例如，汽车、火车、轮船、飞机、飞船，使人可以日行百里、千里，甚至万里；各种机床、器械，使人可以料理大量事务；炸药、核弹，使人力大无穷，可以移山填海；各种起重机械，使人可以‘力举’数吨，不费吹灰之力。总之，现代的人与原始时代的人相比，已不可同日而语了。”

“然而，直到近代为止，科学技术的发展一直是很不平衡的，甚至可以说是很畸形的。材料技术和能源技术取得了飞速的发展，而信息技术却仍然很落后。语言的形成、文字的创造、纸张和印刷术的发明，固然使人类的信息交流过程得到了很大的改进，但从技术角度看，并没有多少成果能够与材料技术、能源技术相媲美的东西。”

“这是因为人的信息器官，即感受信息的器官：眼、耳、鼻、舌、身，发送信息的器官：嘴，传送信息的器官：神经系统，处理信息的器官：大脑，它们的本身功能比较完美，大体能够适应和满足人类与自然斗争的初级和中级阶段的需要，因此，对于延长这些器官功能的要求并不迫切。”

“其次，随着生产斗争不断向深度和广度进军，虽然人们逐渐感到这地信息器官的功能已经不够用了，但是，由于信息器官要比行动器官复杂得多，它们的功能也比手、脚和体力的功能复杂得多，因此不是轻而易举就可以实现对这些器官功能的延长的。所以，在人类的历史上，虽然早就有了‘千里眼’、‘顺风耳’、‘万灵脑’的幻想，表达了人类要求延长这些信息功能的愿望，但是，没有材料技术和能源技术作基础，‘千里眼’、‘顺风耳’、‘万灵脑’是绝对造不出来的。”

“由于这些原因，就决定了信息技术只能比材料技术和能源技术晚发展起来。”

“这种现象并不奇怪。从人类的群体发育过程来看，人类自身的进化是先发展手、脚等行动器官的功能，然后才完善感觉和思维器官的功能。从人类的个体发育过程来看，当婴儿刚刚降生的时候，行动器官就能够开始履行一定的功能，但这时的婴儿却没有视力，没有听力，更没有清楚的思维能力，也没有语言。这些信息功能都是后来才逐渐建立起来的。”

“因此，当手、脚等体力功能已经有了较高的水平，而信息功能还没有充分发展起来时，恰恰是个体人还处在幼年的不成熟的阶段的标志，也是群体的人类还处在发展初期阶段的标志。同样，信息科学技术没有充分发展，

也是科学技术处于幼年不成熟阶段或发展初期阶段的标志。”

“到了近代，由于生产的广度和深度已推进到了一个新的水平，人类在生产和科学研究活动中所面临的问题空前复杂，表现为因素多，联系广，变化快，灵敏度高，信息量大。这就要求人类的信息处理器官能够对信息大量存贮，快速反应，高速处理，精密控制，系统调整。显然，人类的信息器官本身的功能还达不到这样的要求，这就与人类的适应性产生了尖锐的矛盾，它束缚了人类的发展。如果人类的信息感受器官感受信息的功能、发送信息器官发送信息的功能、传送信息器官传送信息的功能得不到有效的增强和延长，那么，人类与自然的斗争就将无法取得重大的进展。”

“纵观这些矛盾，都集中在信息技术上，而不在材料技术和能源技术上。如果这些矛盾不解决，就连材料技术和能源技术的进一步发展也最终会受到限制。因此，发展信息技术，增强和延长人的信息功能，就成为近代生产与科学技术领域中一切矛盾的焦点，成为生产和科学研究事业中最需要解决的问题。”

“找到了焦点，找到了矛盾，就可以发现信息技术是主导技术，它代表了新技术革命的主流和方向。有了有效地推动科学技术的革命，必须以信息技术来带头。这样，既能够带动全局，又能够把握住正确的方向和明确的目标，避免走弯路。事实上，由于信息技术的发展，改善了人的观测能力、计算能力和控制能力，各门技术的发展速度也都大大加快了。毫无疑问，随着信息技术的不断发展和进步，将会更加有力地推动基础科学研究和各部门技术的发展，并在国民经济的各部门和应用科学领域中，发挥出更加显著的作用。”

“于伯伯，您可不可以给我们谈谈，现代信息技术在各方面，各个领域的具体应用呢？”丁大力问。

“好的。现代信息技术已经得到了较多的应用。例如，在工业方面，人们应用信息技术来勘探工业资源，监示和控制生产过程，管理生产流水线、车间以及整个工厂或整个生产部门，从而大大提高了生产效率，降低了成本，创造出更高的经济效益。在农业方面，利用信息技术来作气象预报，进行信息预测、图像处理和数据传输等；利用信息技术还揭开了生物遗传密码的秘密，改良了许多作物的品种，甚至创造出新的优良品种，为农业开辟出一片崭新的天地。在医疗卫生方面，利用信息技术进行计算机辅助诊断和人体信息的显示，管理病历档案，科学分析病理，研究生命本质，探索人体病变的原因，举行大型医疗会诊。在交通运输方面，利用信息技术管理和控制城市交通、指挥、调度车辆、船舶、飞机、规划、设计和管理交通运输网络。在商业经营方面，利用信息技术对商店的经营进行核算，控制整个商业市场，调度商品，规划商业网点。在家庭生活方面，利用信息技术监示家庭的安全，操持家务，向家人提供各种资料和情报，等等。”

“总而言之，信息科学和信息技术的发展，再配之以其它科学技术，将会使人类社会在科学技术上获得巨大的推动力。”

“信息技术发展到一定的阶段，是不是就像人们常说的，我们的社会跨入了信息时代了？”陈细敏问道。

“关于人类是什么时候跨入信息时代的，信息时代的特点是什么，现在还说法不一。但是大家对信息时代的特点，都有着一个共同的想法，认为信息时代应该实现全球信息化，有更多的人从事信息工作，从事知识生产。这

里所说的信息工作是指科学研究、技术开发、电子计算机工业、电信工业、新闻广播、银行财贸、企业管理、治安保险、文教卫生以及其它服务行业等。”

“其次，在信息时代，工业生产中决定生产力、竞争力和经济成就的关键因素不再是原来的资本和劳动力，而是信息。过去，大工业的发展是建立在资本、设备和劳动力的基础上的，价值的增长依赖劳动力，起决定性作用的是资本。哪家企业有雄厚的资本，哪家就兴旺发达。然而在信息时代就不同了，大工业是靠科学技术的不断进步而繁荣发展的，它的研究费用和研究人员占销售额和从业人员总数的比例相当高。”

“劳动力主要不是用于当前的生产，而是用于科学研究、试验、研制和技术开发等，为未来的生产储备后劲。

“在信息时代，信息是社会的主要财富，信息的产值在整个国民经济生产总值中所占的比例极大。信息、知识和信息产品将成为信息时代的主流和核心商品。”

“信息时代是个高度文明的时代，源源不断的信息资源大大地激发了人的创造能力，新生事物层出不穷，革新发明一个接着一个。人们考虑问题、综合情况、预测未来的方法都有了较大的变化。人们可以利用电子计算机来思考难以想象和以前没有想到的事情，于是，就多方位地产生了许多理论、新概念、新技术、新成果和新创见。因此，信息时代也是一个充满活力和创造性的时代，是一个人类智能高度发展的时代。”

“于伯伯，您刚才讲到的是信息时代的原则特点。与我们现在的社会特征相比，它具体会有哪些变化呢？”王永明问道。

“我刚才已经讲了，信息时代是以延长和扩展人的智力功能为本质特征的，因此，为了适应信息的发展，它与工业时代相比，社会结构也会发展一系列根本性的变化。”

“比如，信息时代的产业结构属于知识密集型或技术密集型，它具有效率高、收益大、增长快、污染小、能耗低、材料消耗少等特点，从而可以把人类从繁重的体力劳动中解放出来。”

“信息时代的能源结构属于再生型。它的能源是诸如核能、太阳能、生物质能、海洋能这些能源，它们大多可以再生，永不枯竭，既没有污染，又经济高效。”

“信息时代的材料结构属于多功能型。新的高分子材料、复合材料、精密陶瓷新合金等将扮演新材料的角色，这些新材料性能很好，用途较广。”

“信息时代的消费结构属于多样型。在以机械化为标志的工业时代，生产特点是大规模、集中化、产品划一、规范化。而信息时代的生产特点是材料与能源消耗低、小规模、分散化、产品小批量、多样化，甚至可以个别用户的特殊需要而定做，从而取代了过去集中的、大规模的、划一的、大量的生产。”

“信息时代的社会结构属于分散型。大工业生产要求人们集中在巨大的厂房中工作，这样使得人员集中，机械庞大，层次复杂。信息时代可以用密布的通信网络将分散的人群紧密地联系起来，企业机关和生产单位可以根据需要分散设置，实现小型化。”

“从信息时代的社会结构来看，它是一个生产活动和社会活动通信化、计算机化、自动控制化、办公室自动化、家庭自动化和农业现代化的崭新社会。”

“于伯伯，您为我们描绘了信息时代的宏伟蓝图，但不知道我们这一代是不是能生活在这样高度发达的信息时代？”丁大力问。

“应该说是很有希望的。我们研究所的应用研究室现在已经研制出了信息时代的通信电话、电脑医疗系统以及一些办公室设备，从这一点上说，高度发达的信息时代并不是非常遥远的事了。”

“于伯伯，我们能不能去参观一下你们的最新研究成果？”王永明急切地说。

“当然可以！我领你们去参观一下吧！”

小伙伴们在于伯伯的带领下，走出办公室，穿过长长的走廊，进入了研究所的成果陈列室。

在宽敞的陈列室内，窗明几净。沿窗的长条桌子上，一溜儿摆着许多仪器设备。

于伯伯指着这些仪器设备说：“你们别看它们貌不惊人，可是它们都有着各种各样的神奇的功能。”

陈细敏指着一台微型处理机问于伯伯：“这不是计算机吗！”

“是的。这是可以与信息网络系统相连接的终端设备，它是提供给办公室用的计算机秘书系统。你们看，这是微处理机，这是写稿机，这些是存贮单元和输入输出设备。这种计算机秘书系统可以与外界实现通信，收集情报，又有起草文件，甚至可以代替办公人员处理日常事务。”

“在这个系统呐，设有日历系统，可以寄存人们的活动日程。计算机定期地对日历系统巡察，将其中记载的计划时间表与当天的日期进行对照，通过输出设备可以告诉人们该天的日程安排，通知人们开会、赴约、接待来访者、出差以及休假旅游等。它还能对往来信件、外出者留言以及对会议情况等进行记录，并将记录结果自动送入存贮单元存档，以备今后可以随时查阅。”

“这个系统还可以书写信函、起草文件，只要把信函或文件的内容用键盘输入写稿机，在显示屏上修改补充、编辑和校对就可以了。初稿写成以后，通过计算机网送到有关领导那里，请他们审阅修改。定稿后，无需打印成文件，而是通过信息网直接分送到各个收文单位，同时送存贮单元归档。不同地点的办公人员可以通过信息网相互磋商，联合起草文件。”

“利用这个系统，一切档案资料都以电子信息的形式存放在存贮单元里或中央数据库，需要时，只要在显示屏上调阅就可以了。有了这个系统，计算机能在几分钟之内，提取您所需要的文件，甚至远距离的不同单位之间，也可以根据预先签订的协议通过信息网调阅存贮的文献资料。”

“除了这些功能外，它还可以自动与外界实现通信，记录来往的电话及函件，等等。”

“于伯伯，这是什么啊！”丁大力指着一台像电视机一样的设备问。

“噢，这是电视电话。这前面是装有摄像机的专用电视机，这是有电话号码键的话筒，你只要操纵它，在接通电话的同时，对方的映像就会出现在电视屏幕上，而你自己的影像也同时传到对方的电视屏幕上。这样，就可以相互看着对方的活动映像进行通话了。”

“我们能不能实地使用一下。”细敏很想亲身体会电视电话的新奇功能，向于伯伯要求道。

“当然可以。”

于伯伯一边说，一边开始调试机器，调完后他对王永明说：

“永明，你跟我到隔壁的屋子里去，来体验一下电视电话的作用吧！”

成果陈列室隔壁的屋子里，也陈列着好多机器和仪表。于伯伯走到了一台电视电话旁，打开机器后，告诉了王永明成果陈列室的电话号码。

王永明拿起话筒，拨通了电话。瞬间，陈细敏的影像在电视屏幕上显示了出来。只见细敏微笑着，听筒里传来了细敏银铃般的嗓音：

“你好！我是细敏。”

“你好！我是永明。”王永明马上回答着，同时调皮地做了一个鬼脸。

“你做怪样干什么啊？”听筒里传来了细敏的责问声，同时，在电视上显现出细敏惊讶的神情。

“我想试验一下，看你能不能看到我说话时的神情。”王永明笑着回答。

“噢，是这样啊，你的心眼真多！”细敏笑了。

于伯伯看着小伙伴们好奇地试用着电视电话，待他们说够、看够后，和王永明一起又回到了成果陈列室。他指着电视电话对小伙伴们说：

“这种电视电视的用处可多啊！假如，医院和患者家中都装有这种电话，那么，病人就可以不必非到医生跟前，利用电视电话，医生就可以一边询问病情，一边察看病人的病况，从而可以实现医生的远距离看病。”

于伯伯又指着边上一个带书写板的电话机对小伙伴们说：

“这是手写电话。对话的双方在通话的同时，可以在这块板上用普通圆珠笔画图、写字，并且可以立刻反映到对方电话机旁的小型显示屏上，如果需要留下这些文字、图形，还可以启动小型传真接收机，将它们接收复印出来。如果要去拜访一位朋友，但又不知道路怎么个走法，那么，用手写电话，让对方边说边画图，就一目了然了。”

于伯伯指着手写电话边上的计算机又说：“这是计算机胃病诊疗系统。它存贮了诊断胃病所需要的信息，通过病人和计算机的人机对话，可以为病人诊治胃病。病人针对显示在显示屏上的计算机提出的问题，只要按一下表示‘是’、‘不是’或‘不理解’这三个键钮中的一个就行了。计算机提出的问题相当仔细，比如，病人以前的病史，胃痛的发病时间，胃痛是否与吃东西有关，疼痛的面积、部位，胃痛时服药后是否好些，在清晨是否痛醒，胃口是否正常，有没有呕吐，呕吐了些什么，是否有唾液满嘴的情况，唾液的味，体重是否减轻，家族病史等。当你按计算机提出的问题回答以后，这个系统在1秒钟后就可以为你作出诊断。这些诊断和经验丰富的医生提出的大致同样精确。

“如果使用远程通信的话，就可以很方便地在家里进行看病。计算机系统可以通过家庭电视屏幕向病人提出问题和演示图表，病人可以进行回答，完成远程医疗计算机诊断。”

于伯伯还给小伙伴们介绍了成果陈列室内的其它计算机软件系统，以及各种各样传感器，并将它们的特点如数家珍地一一告诉给小朋友们。

这些信息技术的新成果，给小伙伴们展示了信息时代的前景，使他们激动不已。

参观完成陈列室后，小伙伴们又回到了于伯伯的办公室里。他们争相谈论着自己的感想，感到信息时代是如此地好，能生活在信息时代该有多幸福啊。

于伯伯听了他们的谈话后，感慨地说：“人类社会在不断地进步，尤其

面临着如今的新技术革命，各个国家都在下大力气发展信息工业，以便可以使社会生产力有一个大的飞跃，振兴经济，增强实力。”

“近几年来，我国在信息科学和信息技术方面虽然有了长足的进步，也基本上建立了比较完整的工业体系，但是还没有建立起现代化社会所必需的物质基础结构，传统产业的技术水平、管理水平也比较落后。我国的工农业总产值已经有了一定的增长，但是，按人均的产值仍然很低，经济实力还很薄弱。我国的新兴技术已有了一定的基础，但是还没有形成具有经济竞争力的新兴产业。我国的科学技术、教育事业有了很大的发展，然而科学技术队伍的老化现象还十分严重，广大群众的科学文化水平还比较低。总之，不足之处还是不少。”

“所有这一切，对我们来说，既是一场严峻的挑战，同时也给我们提供了机会。”

“于伯伯，您说的挑战，我很明白，那么，怎样来理解这是一次机会呢？”丁大力问。

“所谓机会，就是我们可以跳过某些传统的发展阶段，采用较新的科学技术成果，节约能源，节约材料和资金，以取得较大的经济效益。我们可以利用发达国家经济结构性调整以及各国之间激烈竞争的机会，更好地发展技术和经济贸易。我们还可以借鉴国外的先进经验，吸取他们失败的教训，采用新的技术手段，改革我们的管理体制，提高我们的工作效率。”

“面对着这样的发展形势，我们应该有一种紧迫感，应该采取积极的对策来缩小我国同发达国家在技术上、经济上的差距。”

“为了做到这一些，我们还要有远大的战略目光，着眼于未来。我认为，着眼于未来倒不如说着眼于孩子。因为创造未来的伟大业绩，从根本上说就是靠你们这一代。”

“如果你们仅仅是感叹信息时代太好了，太幸福的话，那是远远不够的。人类进入信息时代要靠自己来创造，因此，你们必须要努力学习，尽快地掌握世界上最先进的科学技术知识，为迎接无限美好的信息时代的到来做出自己应有的贡献来！”

