

## 杂疏：控制论·人（II）

云中散人 南京理工大学

### 一、人生控制论

**小瓶子：**教授，是不是要强的女孩子就该没人疼啊？

**教授：**哦，一定要人疼？

**小瓶子：**是个女孩子就需要人疼啊。



图1.1 难道女孩子要强有错么？

**教授：**这就简单多了。既然是天性的要求，那么余下的只是一个方法论问题了。具体地说，就是个控制论问题。按照维纳的说法，也就是一个女孩子和男孩子间的通信与控制的科学问题。

**小瓶子：**教授，这还叫具体啊？

**教授：**具体？哦，具体这么重要啊？那你提

出你的要求嘛。想要他怎样？具体点，就行了。

**小瓶子：**才不要。那有什么意思嘛。他爱我、疼我，他就应该知道我要什么，不用我说，他就应该疼爱、恰到好处。他不爱我、不疼我，我才不要去求他。

**教授：**哦，自动化啊？那……，你爱他么？吃块蛋糕。

**小瓶子：**不饿。谁爱他？哦，他是谁啊？

**教授：**你好像没吃早餐吧。应该吃点。唔，你爱他，那么他的回应就很有意思啦。你不让他知道你想要什么，他怎么能知道他具体怎样被你需要呢？

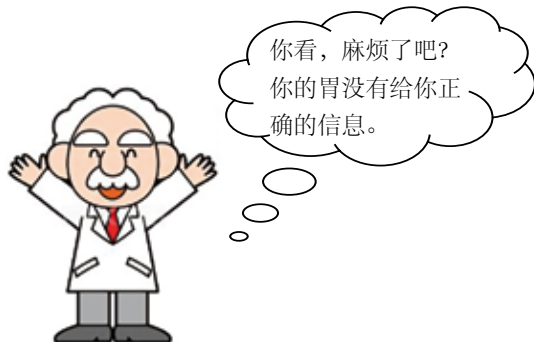


图1.2 有目的？就要发出信息。靠猜是不可靠的

小瓶子：好吧。就一块。这么大啊？他那么笨，我怎么说嘛？

教授：感觉怎样？

小瓶子：很好。好像突然好饿耶。嗯，再来一块。

教授：别了，就这样正好。你看，你的胃就像现在的你。你不爱你的胃？呵呵，怎么和他说？那可是门艺术。从错误中学习，学习中艺术。艺术得久了，默契了，也就自动化了。

小瓶子：教授~~

云中散人：控制论是行为主义的目的论。有目的，就要彰显。否则那目的，除了带给设置者无解的纠结外，没有意义。人生，充满了各种目的，目的的集成体现了人生的意义。因此，一世人生，就是一部控制论演义。

不过，控制论不是提出要求那么简单，它是一门高深的分析和综合设计艺术：从错误和偏差中学习、分析和调整，不断获得改进的一个过程，而这就是反馈控制。反馈控制做到了上乘水平，形成了优雅的默契机制，那一切还真是自动化的“爱情”水准：该有光，不用说，光就来了，而且恰到好处。

当然，说到仅仅提出要求就成就了要求的，这个宇宙间只有一个：上帝。



图1.3 怎么跟他说？那是艺术

## 二、控制理论与人生

元芳：教授，你说控制专业毕业的都应该是生活的控制大师。可我们天天学的那么多控制理论，全是公式来公式去的，和生活有什么关系啊？

教授：太相关了啊，元芳。你没有觉得生活就是一个又一个的映射么？简单点的话，人生就是一个接一个的矩阵呢。

元芳：教授，你在说什么啊？小瓶子，扶我一下，我有点头晕。



图2.1 生活里有公式么？

教授：我和你说话，我的想法是 $x$ ，我的声音是 $y$ 。这是一个将想法映射到声音的映射啊： $f: x \rightarrow y$ 。或者 $y=f(x)$ 。你听我说话 $y$ ，理解我可能的意思 $z$ ，这也是一个映射： $g: y \rightarrow z$ 。或者 $z=g(y)$ 。这样从我的意思到你理解的意思就是一个复合映射： $z=g(f(x))$ 。问题是 $z \rightarrow x$ 么？如果没有，我该怎么办？

元芳：人生又不是光对话呀。

教授：你昨天去医院，做了很多检查。比如血检，但你查的是肝脏有没有病。医生知道若肝有病 $x$ ，则血液某特征 $y$ 会出现问题，这也是个映射： $y=f(x)$ 。可惜，它不一定是单射，两个不同的

$x$ 可能对应同样特征的 $y$ 。于是医生又做了影像 $z$ ，它与肝病 $x$ 之间存在映射 $z=g(x)$ 。联立求解：

$$\begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x) \\ g(x) \end{bmatrix}$$

如果存在唯一解，则 $x$ 病就确诊了。

**元芳：**说的好像我成天生病似的。

**教授：**听说你前天驾考失败了？就说倒车移库吧。其实就是通过反复的练习，建立两个映射表。一个是倒车镜影像 $y$ 和真实情景 $x$ 之间的映射表：看到的倒车镜镜像 $y \rightarrow$ 实际的距离、方位 $x$ 。它是在求取 $f$ ：实景 $x \rightarrow$ 镜像 $y$ 的逆映射 $f^{-1}$ 呢。这个映射表，即使没有教练，你只要勤快点上下车实地观察总结，也能建立的。



图2.2 人生就是各种映射编制而就

**元芳：**有点明白了。那另一个呢？

**教授：**另一个技术含量要高一些。就是对汽车的操作，包括方向盘、油门、离合器和刹车的组合操作 $z$ 与倒车镜镜像 $y$ 之间的映射： $y=g(z)$ 。也是一个映射求逆的训练：想获得 $y$ 镜像，如何 $z$ ？

**元芳：**难死了。5555……。问题是不是和对话一样：关键在于 $f(g(z)) \approx$ 想要的 $x$ ？教授，有捷径么？

**教授：**有啊，多观察，建立精确点的 $f, g$ ，根据 $z$ 引起的偏差 $\Delta x$ ，在教练指导下采取恰当的修

正 $z+\Delta z$ ，反复再试，熟练了就好了。这里，也就是一个求取 $\Delta x$ 到 $\Delta z$ 的映射 $\Delta z=\sigma(\Delta x)$ 。这不就是控制理论中的反馈控制嘛。教练的作用，就是首先提供一个可行的 $z$ ，并指导不同的人形成各自不同的 $\sigma$ 。这里，没有教练，事情就变得困难多了。

**元芳：**我明白了。人要做 $y$ ，手段是 $x$ 。 $x$ 到 $y$ 的映射是 $f: x \rightarrow y$ 。先尝试性地初始 $x_0$ ，获得 $y_1=f(x_0)$ ，偏差是 $\Delta y_1=y-y_1$ 。修正 $x_1=x_0+\sigma_1(\Delta y_1)$ ，获得 $y_2=f(x_1)$ ，偏差是 $\Delta y_2=y-y_2$ 。然后再修正 $x_2=x_1+\sigma_2(\Delta y_2) \cdots \cdots$ 。这里 $\Delta x_k=\sigma_k(\Delta y_k)$ 就是反馈控制律哈。

**教授：**到底是孺子可教。因此说：人生就是建立各种映射表，并在必要时解算逆映射求取原像。一个映射不可逆，再加一个独立的映射。不行，就再加一个。

**元芳：**那怎样描述这些生活中的 $f, g$ 呢？控制理论有用么？

**教授：**元芳，你这算是问到点子上了。控制理论的局限性就在于它目前只能处理数学上已经研究清楚了函数和映射。而生活中的映射大多不在这个系列里，因此如何解决这个问题就成了生活控制论的瓶颈。

**元芳：**教授，我有点明白了。



图2.3 教授，我有点明白了

**云中散人：**可以说：现有控制理论的概念和方法，生活中都可以找到对应的控制案例。因此，控制理论未必能够直接运用于生活，但控制理论揭示的控制概念、原理和方法对生活应该具有极好的指导意义。特别地，观察生活中的经验控制方法及其蕴含的未被发掘出的新概念和新原理，对理解和发展控制理论具有非常独特的意义。

“控制论，也即关于动物与机器中的通信和控制的科学。”——维纳。



图2.4 生活与控制理论

### 三、线性控制理论何以大行其道？人生就是矩阵

**元芳：**教授，您上次说生活就是一个又一个的映射。这些映射大多都是高度非线性的。可为什么线性系统控制理论却还是这样大行其道啊？

**教授：**我上次还说过：“人生就是一个接一个的矩阵”呢。

**元芳：**哦，对呀。我想了好多天还是想不明白呢。

**教授：**这很简单。人生就是做了一些事 $x$ ，为了一些目的 $y$ 。从数学角度来看就是从 $x$ 到 $y$ 的一个



图3.1 人生是个矩阵

映射 $\sigma: x \rightarrow y$ ，或 $y = \sigma(x)$ 。那么有多少事儿呢？又有多少目标呢？细数，数得过来么？

**元芳：**很多。有时还非常多。到底有多少，还真可能没有上界呢。

**教授：**是啊。可是人的精力很有限，只能关注有限个主要的。比如

$$x = t_1 \text{ 求学} + t_2 \text{ 做兼职} + t_3 \text{ 健身} + t_4 \text{ 约会} + t_5 \text{ 睡眠}$$

$$y = \alpha_1 \text{ 获学位} + \alpha_2 \text{ 得人脉} + \alpha_3 \text{ 求好职} + \alpha_4 \text{ 成好家} + \alpha_5 \text{ 立好业}$$

这里， $t$ 是时间； $\alpha$ 是有益度。

**元芳：**等等，教授。这里的“+”什么意思？

**教授：**这叫“多项式”。“+”只是一个符号，表达的是“还有”、“以及”、“再加上”一类的意思。不是算术。你的线性代数怎么学的？

**元芳：**线性代数？这么说我就懂了。拿我来说：我没有睡眠问题，既不会失眠，也少睡不了。可以略去考虑。课业都顾不过来，人又长得难看，约会也暂时不考虑，健身也不存在，人脉没意义。同样，成家先不管，立业还谈不上。因此，只需考虑：

$$x = t_1 \text{ 求学} + t_2 \text{ 做兼职}$$

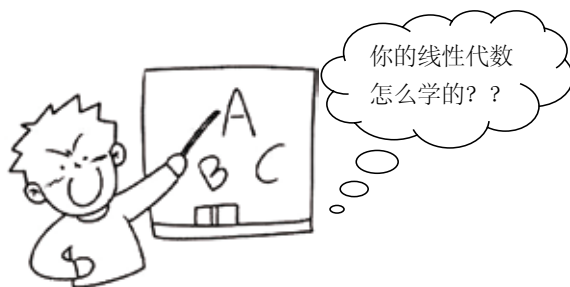


图3.2 数乘和加是人生最重要的概念

$$y = \alpha_1 \text{获学位} + \alpha_2 \text{求好职}$$

可能小瓶子会更多想法，小破孩就更简单吧。一般来说，我会以为多学习多收获，多兼职多收入，也就是可叠加的、或者说线性。因此：

$$\sigma(\text{求学}) = a_{11} \text{获学位} + a_{21} \text{求好职}$$

$$\sigma(\text{做兼职}) = a_{12} \text{获学位} + a_{22} \text{求好职}$$

也即：

$$\sigma(\text{求学, 做兼职}) = (\text{获学位, 求好职})A,$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

$$\sigma(x) = (\text{获学位, 求好职}) \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}. \text{ 同时也有:}$$

$$\sigma(x) = t_1 \sigma(\text{求学}) + t_2 \sigma(\text{做兼职})$$

$$= (\text{获学位, 求好职}) \left\{ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} \right\}$$

因此，线性思维下，我的大学人生映射 $\sigma$ 大致上就是个矩阵 $A$ 了：

$$A: \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}. \text{ 或者 } \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \end{bmatrix}.$$

**教授：**元芳，准你线性系统免试了！成绩90分！

**元芳：**不会吧？这么好？！其中必有蹊跷……

**云中散人：**行为空间和目标空间可能是无穷

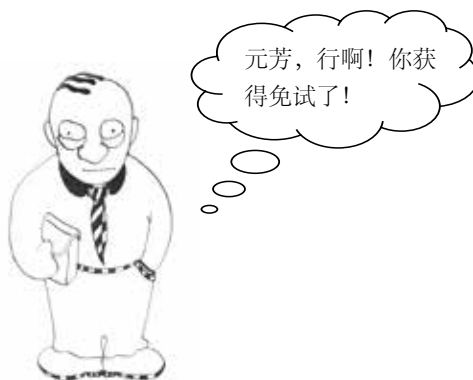


图3.3 孺子可教



图3.4 昂？免试？谁？我么？

维的。然而，无论做什么事，我们都只能考虑很有限的几个维度。行为空间到目标空间的映射一般都会是非线性的、甚至是时变的。然而，在很小的可见时空里，大多都是可以作为冻结了时间的线性映射来处理的。

这正是牛顿的方法论，也是人类可以把握的处理非线性的几乎唯一有效的思维方式。这个意义上说：人所处理的常规事务都是在有限个基本行为和有限个基本目标作为基底的有限维线性子空间上的线性映射。

人生，于是可认为是一些不同维数的矩阵的集合。计算机的有限存储等有限特征非常好地反

映了人类的有限性。因此，这也是为什么在这个数字化了的世界里，矩阵总是大行其道、而线性系统理论至今长盛不衰的原因所在：

非线性的人生，线性的思维：非线性的世界，分段线性、冻结时间的控制。



图3.5 你就是再复杂，可我是线性的

#### 四、生活的技巧：切换控制

**小破孩：**教授，我有一个难题。

**教授：**哦，说来听听？

**小破孩：**最近小瓶子一生气就老是要我走开！我不走，她就越来越生气。再不走，她就走。

**教授：**那你走开，让她一个人安静一会儿不就行了？

**小破孩：**可是，我要真的走开了，她就更生气了。三天了，都不理我。

**教授：**哦，这样的啊。这就是说：她想和你在一起，但又特别不想见到当时那个样子的你耶。所以呢，当时那个样子的你必须离开，但你却没有离开，一切就好了。

**小破孩：**教授，能不能说点我听得懂的啊？

**教授：**你走了，还可以很快就回去啊。

**小破孩：**我试过的。她嚷嚷得更凶，更要我



图4.1 两难的境地

走……

**教授：**那是啊，当时那个样子的你走了，可是你也走了。她当然很生气，但是你是很快回来了，她应该很高兴的。可是，当时那个样子的你也跟回来了啊。她一看就又添堵了不是？离开是对的，很快回去也是对的，但你得切换到不同的你，嗯，她喜欢的你，才行啊。

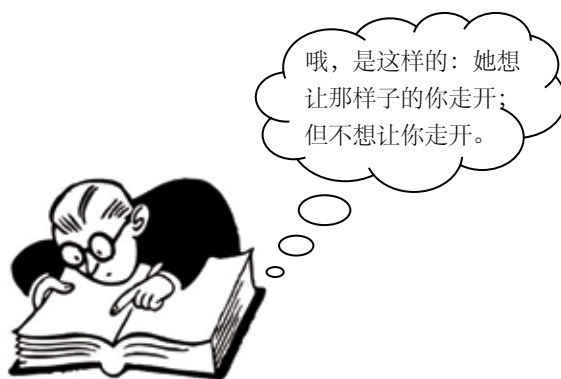


图4.2 其中的机理

**小破孩：**教授，再说清楚点，行么？

**教授：**她喜欢什么？哈根达斯？萨琪玛？还是……来伊份？总之，苦着脸走开，转身就迅速去买一份，然后适时地回去。嗯，根本就没有她生气的那一回事，不过是约会迟到了。好，



微笑，优雅点，扮绅士。拿出来伊份，打招呼：“嗨~~，for you~~”。就行了。

**小破孩：**哇，教授，酱紫也可以呀……



图4.3 切换控制的威力

**云中散人：**许多时候，不是我们不被需要，而是我们的状态不受欢迎。因此需要切换。果断断开现有状态，迅速转换心情，恰当时机再出现，一切就是晴天。控制上，这就是“切换控制”。切换的时机很重要。太快会引发震荡，太迟会导致失稳。

以小破孩的例子来说，这就需要小破孩对小瓶子的忍耐极限有比较准确的了解。以便在她于心里发狠“再不出现我就永远也不理他了”的计数“一，二……，两个半，两个半半。”的时候翩然而现。这是最佳时机！这时候的灿烂微笑，无异于帕里斯与海伦娜初见一瞥英俊帅气的柔情；这时候的哈根达斯，是覆灭倾城倾国的哈根达斯核弹；这时候的“嗨，for you”是缪斯的竖琴奏响于丘比特的弓弦。

早在控制理论提出切换控制的概念和方法之前，人类中的精英分子就已经运用纯熟了。比如“八面玲珑”的机灵鬼；又比如在“忠臣”和“奸臣”之间来回切换的“英明君主”。前者在复杂万变的环境中不失时机地适时从容切换自己

的角色和状态、保持着自己生存目的的稳健性；后者则于错综复杂的朝政漩涡中先机在握地切换着朝政的执行控制器、以维系皇权的稳定和巩固。

这让人再次想起维纳的控制论定义：“控制论，也即关于动物和机器中的通信与控制的科学。”仿生与人类社会，萃取控制理论新概念与新方法的无尽源泉。



图4.4 云中散人：一部人类史，一部控制策略宝典

## 五、生活的技巧：解耦控制

**元芳：**教授，你天天说控制论萃取自仿生和仿人，然后人类拿来解决遇到的许多原本一筹莫展的实际问题。那么这个人类都没法解决的千古难题，控制论有解法么？

**教授：**说来听听。

**元芳：**就是那个中国年轻妻子的神问题：“我和你妈同时落水。你先救哪一个？”请问教授，她的先生该如何回答？

**教授：**这个问题呢？妻子期待的回答，老妈会不开心。老妈不会不开心的回答，妻子会不满意。如果先生的回答是控制策略的话……

**元芳：**哦，切换！是吧？先说先救老妈，妻子不开心。然后再说先救你！



图5.1 老婆和老妈同时落水……

教授：哦？这样她就满意、老妈会开心？

元芳：……

教授：有一个办法。就是解耦。

元芳：解耦？

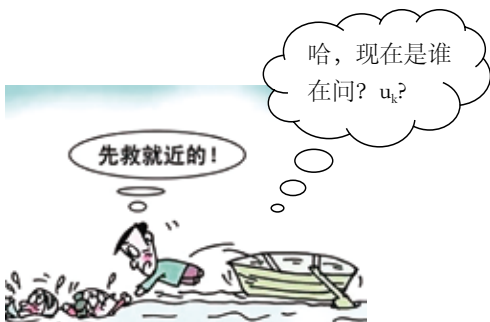


图5.2 解耦控制：分开分别处理

教授：是的。这个问题上，妻子和老妈高度耦合。也即牵其一而引动另一个。又不相容。这是整个问题的关键。因此，需要的控制不止一个。这样说吧：妻子一个控制 $u_1$ ，老妈一个控制 $u_2$ ，还有一个折中控制 $u_3$ 。一个对一个、互不牵扯地进行控制。这个叫做解耦控制。

元芳：教授，说具体点。

教授：当只有妻子时，使用 $u_1$ 。“当然是先救你了。谁叫我这世遇上了你呢。”当只有老妈时，使用 $u_2$ 。“当然是先救老妈了。这还用说嘛？”当然，这个控制策略也是备而不用。相信

没有哪个老妈会去这样为难儿子的。当发现老妈其实也在场时，咳嗽两声，使足眼色给妻子，郑重使用 $u_3$ 。“当然是我爸救我妈，我救你了。”

元芳：哦，可以酱紫的么？她们要是追问“你爸爸不在现场”呢？或者她们经常互动通气呢？

教授：会么？除非你咳嗽得不好、眼色没有做到家。这样的话，启动应急策略 $u_{y1}$ ，岔开就是了啊。“我一紧张就会抽筋。跳进水里，大家抱团。”咳嗽、眨眼……还不行？呵呵，纠葛效应这么高，强行解耦都失败，那你认命吧。解耦控制可行的各类条件，其实质都是子系统之间交互效应程度不高。至于她们经常互动通气，那样的情形，解耦控制是也是不好用的。不过，那样的话，关系那么好，你还至于头疼这个问题么？

元芳：可是，教授。你这是两面三刀、不教学生好啊。

教授：怎么会？你为什么要让妻子满意？因为爱她，对吧？那就让她满意好了。反正都是假设，何必认真。你为什么不想让老妈不开心？因为你爱老妈，是吧？那就让她开心。她们一个满意、一个开心，还啥事都没发生，哦，事实上也是啥也没发生，多好？真的穿帮了？最后一招：耍赖 $u_{sl}$ 。“如果我有错，那是我太爱你们了。我错了，你们打我吧。”保证没问题。

元芳：可教授。你一开始只给了我 $u_1$ ， $u_2$ ， $u_3$ 。哪里又来得 $u_{y1}$ 和 $u_{sl}$ ？

教授：元芳，你可知道：实际系统遇到的实际情况是无法预料的。因此预设的控制方案之外，永远都要根据突发的意外情况，临机制定与实施恰当的应急控制和特别策略。

元芳：教授耍赖。反正我分不清什么是两面三刀的阴谋诡计、什么是满满的灵动机变的爱。总之，教授不能教坏学生！





图5.3 实际系统遇到的实际情况是无法预料的

**教授：**这个问题提得好。是不是两面三刀的阴谋诡计，这就要看开环出发点和闭环效应了。开环的出发点是善良的、闭环的负效应是有限的，则就不是两面三刀的阴谋诡计了。控制论只是一个方法论，不能解决善恶是非。那是另一个层面的问题了。

**元芳：**这样的啊……我要好好想一想。



图5.4 真的不是两面三刀么？

**云中散人：**解耦控制是一种重要的控制概念和方法，有助于降低问题的复杂度，使得纠缠不清的问题得以一事一议、相互独立的解决。但这并不总是可行的，特别是子系统之间本质耦合效应非常高的情形，解耦控制是不可行的。有些时候，某些相对较弱的耦合关系常被忽略，而被当做相互独立而分别设计与实施控制策略。直线飞行时的高低与方向、电气系统中的频率和相位就

是这样处理的。这也叫做强行解耦。

与解耦控制相反的一种控制策略是耦合控制。就是采取恰当的策略与措施，使得原本独立的两个子系统建立强弱不等的耦合关联关系，以利某些目的的控制效果。例如古时流行的“保甲连坐制”、“家族株连制”以及各类“搭配制”（如将婚姻状况与购房资格关联、紧俏商品与直销产品捆绑搭配销售或“买一赠一”的促销策略等）。

这里，必须指出的是：控制论的确只是一种方法论——行为主义的目的论。目的的道义性不是控制论范畴的论域。它取决于制定控制目的的人或人群自身的价值观及其相对应的道德修养。



图5.5 解耦是人类史上最有用的实用策略之一

## 六、生活的技巧：稳定的真谛——李雅普诺夫定理

**小瓶子：**元芳，依您看，小破孩对我好不好啊？

**元芳：**他对你的感情还是很稳定的。

**小瓶子：**很稳定？什么意思啊？不稳定会怎样啊？

**元芳：**他还喜欢别的女孩子么？

**小瓶子：**嗯，三班的小兰他也很喜欢的，每

次见到小兰，他总是喜欢和她说话，帮她做事。

**元芳：**然后呢？他不太理睬你了吗？平时，主动去找小兰么？

**小瓶子：**那倒没有。只要小兰不出现，他对我还和以前一样好。



图6.1 三班的小兰

**元芳：**这就是稳定。无论他对你的感情多好，总会出现扰动啊。被扰动，他就会波动。如果扰动消失后，没有新的扰动出现，波动可以平复，那么他对你的感情就是稳定的。

**小瓶子：**扰动发生，状态偏离平衡态。扰动撤除，状态回到平衡态。就是稳定吗？那他就不能不受扰动嘛！真是的。

**元芳：**哦，那……他或许就是喜欢男孩子的了……

**小瓶子：**好吧。那怎样才能保持稳定呢？

**元芳：**让他产生偏离的能量在偏离过程中不断耗散掉就可以了。这就是李雅普诺夫定理耶。

**小瓶子：**具体怎么做呢？

**元芳：**对他好一点，也对他凶一点。就是说抵消掉外来的吸引能量。

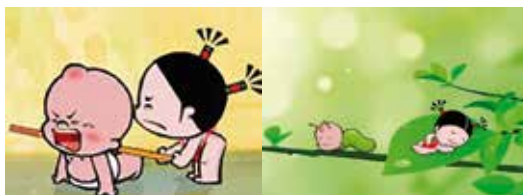


图6.2 你要对他凶一点，然后……

**小瓶子：**什么啊？到底怎么样嘛？

**元芳：**凶的目的，是为了凸显好。你不凶，他可能忽视你。嗯，我忘了，你一直好凶、好凶的。但你肯定不是一天到晚滴凶，肯定在我们看不见的时候，有一些时候对他特别好。不然他早就离开你了。除非……，嗯，他……。他不是这样的人啊。因此，你一定不是老是凶他。你一直凶，然后特别好。他的注意力就被你吸引住了，甚至他就是为了那样的温柔，喜欢被你凶啊。嗯，也是的，好多男孩子都喜欢酱紫的调调。总之啦，无论怎样做，总之让吸引他产生偏离倾向的能量被抵消和耗散掉就好了。

**小瓶子：**李雅普诺夫……



图6.3 李雅普诺夫……

**云中散人：**稳定的真谛就是在发生偏离的进程中耗散或抵消掉引起偏离运动的能量。抵消和耗散的效率越高，稳定程度就越好。不当的应对方式，就是不能在偏离运动的过程中有效耗散或抵消掉引起偏离运动的能量、甚至可能加剧能量积累的应对方式。这样的方式，只能加速系统的失稳进程。因此：

聪明的人，试图追求和保持完美目标时，总是善于调整自己的心态、控制自己的情绪，以有利于自我负面情绪衰减又可抵消和耗散外部注入系统的偏离能量的方式处理问题。这样的人，才是智慧的，才可以成为生活顺其自然的主导者。

然而，需要创新的时候，就要反其道而行之，设法最大限度争取与吸收外部能量注入、同时在这个过程中尽力减少对原有观念的依赖、习惯性接受及对新观念的排斥等耗散注入能量的趋势，才能尽快偏离原有固有观念，探索与形成新的平衡态。



图6.4 善用李雅普诺夫定理是人生的智慧

## 七、什么是“累”

**元芳：**教授，你说为什么小破孩一天到晚跑个不停，他就不累啊？

**教授：**元芳，你说累，可什么是累呢？

**元芳：**这个……就是疲劳……

**教授：**等于什么也没说。好，换个问题。拟人地想象一下：是让紫金山抖一抖累呢？还是让玄武湖面一动不动更累呢？

**元芳：**这个……哦……

**教授：**说不上来了吧？二者的区别和联系是什么呢？

**元芳：**一个天性好静，一个本性好动。要好静的动一动、好动的停一停，呵呵都累。

**教授：**说下去，为什么呢？

**元芳：**都是偏离各自的自然平衡态。自然平衡态是能耗最低的。因此，偏离就要耗能，耗能就累。累的程度与耗能多少有关。



图7.1 累不累？

**教授：**孺子可教。因此，从控制论的角度来看：一个人的行为让他感觉累不累，与他的行为是否能耗过大有关系。这里的“能耗”，包括体力，也包括精力和心力。好了，元芳，给一个“累”的控制论定义吧。

**元芳：**一个系统“累”的程度就是它为了保持某个平衡态所花费的“能耗”的大小。嗯，一个线性系统的“易累度”就是它为保持某个工作状态所用反馈增益的大小。这就是说：我们谈论一个系统的性质时，往往无法离开具体系统的具体内在特性绝对地就事论事。否则，就会出现很大的谬误。

**教授：**元芳！你行啊！这学期我的控制论课程你来做助教吧。

**元芳：**哦，怎么会？这么好？我想想，其中必有蹊跷。

**教授：**……



图7.2 清醒的元芳

**云中散人：**离开具体系统的特性去描述与定性系统的表现往往是荒谬的。控制者只能以闭环的观点、而非仅从出发点来看待控制效果。结果不好，未必就是出发点错了。事实上，往往都不是因为出发点错了，而是因为做事的方法错了。因此：开环的出发点越是好的，越是需要用闭环的思维来做事。

任何情况下，闭环的观点都需要首先了解与把握相应事物的相关内在特性。这就是特征建模。只有特征建模准确的情况下，对相应事物的行为描述与定性才是符合实际的。唯此，做事才可能取得预期的结果。然而，做人应当是开环的、身怀本真的赤子之心。



图7.3 云中散人：没有足够持续的能量就没有失稳