

以系统论方法诠释中国传统思维：中医基础理论

崔伟建

(香港大学，电机电子工程系，香港特别行政区)

2013 年 6 月

摘要：中医学建基于五脏学说、阴阳学说和精气学说。本文尝试把三个学说整合到系统论的框架之下：把动态系统的流动解释为人体精气的流动；把动态系统的结构写成五行生克的结构；把动态系统的状态空间分解成两个集合，两个集合有着与阴阳基本相同的特性。这个整合使现代科学的理论能够融入传统中医学，使中医学有另一个较为新颖的表述。

关键词：中医基础理论；中国传统思维；系统论；动态系统；特征值

中国传统医学用气候变解释人体的生理、病理现象。本文尝试以系统论方法重新诠释中医的基本理论。

1. 五脏学说

1.1 人体的整体观

五行学说是中国古代一种朴素的系统论思想。系统论认为事物是由多个具有不同功能的子系统相互联系，连结成一个具有特定功能的有机整体。五行学说以木，火，土，金，水五种物质代表五种抽象的功能属性。按照这五种抽象的功能属性和它们之间的关系，描述自然界的各种事物的运动和发展。它们之间有五行相生的关系：即木生火，火生土，土生金，金生水，水生木；和五行相克的关系：水克火，火克金，金克木，木克土，土克水。

中医视人体为一个不可分割的整体。《内经》用五行学说来解释五脏六腑的生理机能和它们之间的有机联系。以五脏为代表，人体可划分为五个抽象功能子系统：肝系统、心系统、脾系统、肺系统和肾系统。这五个子系统的功能有着与木火土金水五行相似的特性。

我们把人体内的所有物质流动写成一个非线性动态微分方程组：

$$\dot{x} = f(x) \quad x \in \Omega \quad (1)$$

其中映射 f 是一个充分光滑函数， Ω 为 R^n 的一个开子集。 x 表示状态向量， $x = (x_1(t), \dots, x_n(t))$ 。如果 $x_0 \in \Omega$ ，而且满足 $f(x_0) = 0$ ，则称 x_0 为动态系统(1)的平衡点。人体系统可以划分为五个抽象功能子系统，五个抽象功能子系统有着与五行相似的特性，它们之间存在着生克关系。假设我们用一个标量模拟一个抽象功能子系统。对非线性方程(1)作线性化处理，我们有

$$\frac{dy}{dt} = Df(x_0)y$$

其中 $Df(x_0)$ 是雅可比矩阵在 x_0 的值。线性化方程有以下结构：

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -\beta_1 & \alpha_1 \\ \alpha_2 & 0 & 0 & 0 & -\beta_2 \\ -\beta_3 & \alpha_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\beta_4 & \alpha_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\beta_5 & \alpha_5 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{pmatrix}$$

其中 α_k 和 β_k ， $k = 1, 2, \dots, 5$ ，为正常数。

如果 β_k 全为零，则系统是一个五行相生系统。让

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_1 \\ \alpha_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_5 & 0 \end{pmatrix}$$

矩阵 A 有特征值 $\lambda_k = \alpha e^{2k\pi i/5}$, $k = -2, -1, 0, 1, 2$ [1-3]。其中 $\alpha = (\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5)^{1/5}$ 和

$\text{Re}(\lambda_k) > 0$ ($k = -1, 0, 1$) 和 $\text{Re}(\lambda_k) < 0$ ($k = -2, 2$)。因此线性方程的通解为：

$$y_k(t) = \prod_{i=1}^k \left(\frac{\alpha_i}{\alpha} \right) \left(C_1 e^{\alpha t} + C_2 e^{\lambda_1 t} \cos(\omega_1 t - 2k\pi/5) + C_3 e^{\lambda_1 t} \sin(\omega_1 t - 2k\pi/5) \right. \\ \left. + C_4 e^{\lambda_2 t} \cos(\omega_2 t - 4k\pi/5) + C_5 e^{\lambda_2 t} \sin(\omega_2 t - 4k\pi/5) \right),$$

其中 $k = 1, 2, \dots, 5$ ， $\lambda_1 = \alpha \cos(2\pi/5)$ ， $\lambda_2 = \alpha \cos(4\pi/5)$ ， $\omega_1 = \alpha \sin(2\pi/5)$ ，和

$\omega_2 = \alpha \sin(4\pi/5)$ 。

1.3 气分阴阳

阴阳是中国古代的一个哲学范畴。 阴阳的最初涵义是阳光的向背，再演变为描述事物的运动属性，具有温煦、推动、兴奋、升腾、发散的属阳；凉润、宁静、抑制、沉降、敛聚的属阴。《庄子·天道》说：“静而与阴同德，动而与阳同波”^[4]。简言之，动能增加的、发散的属阳；动能减少的、收敛的属阴。人体之气分阴阳。我们尝试用数学形式表述阴阳二气。

矩阵 A 的特征值的实部小于零的特征值对应的特征向量张成系统的稳定特征值空间，矩阵 A 的特征值的实部大于零的特征值对应的特征向量张成系统的不稳定特征值空间。线性化方程的基本解可以表示为一个稳定的解和一个不稳定的解的和。

对于非线性动态系统(1)，若 $A = Df(x_0)$ 的特征值的实部全部都不等于零，称 x_0 为系统的一个双曲平衡点。平衡点 x_0 处的稳定和不稳定流形可以定义为：

$$W^s(x_0) = \left\{ x \in \Omega : \lim_{t \rightarrow \infty} \phi_t(x) \rightarrow x_0 \right\},$$

$$W^u(x_0) = \left\{ x \in \Omega : \lim_{t \rightarrow -\infty} \phi_t(x) \rightarrow x_0 \right\}.$$

这里 $\phi_t(x)$ 代表动态方程(1)的积分曲线或解。 $W^s(x_0)$ 称为稳定流形和 $W^u(x_0)$ 称为不稳定流形。稳定流形 $W^s(x_0)$ 代表任何状态空间 x 随时间向着平衡状态 x_0 演化。不稳定流形 $W^u(x_0)$ 代表任何状态空间 x 随时间反方向向着平衡状态 x_0 演化。

1.4 能量函数

世界上的一切事物都处于不停的运动和变化之中。事物的运动都随伴着能量和物质形态的变化。物质在流动过程中，能量起到驱动作用，同时物质也是能量的载体，事物的运动离不开能量的传递和转化。人体之气分阴阳，阴阳二气代表两种不同能级的人体之气。

如果矩阵 A 有 k 个实部大于零的特征值和 $n - k$ 个实部小于零的特征值， x_0 是一个 k -型的平衡点。存在可逆矩阵 P ，使得矩阵 A 可以分块成对角块矩阵，

$$A = \begin{pmatrix} A_+ & 0 \\ 0 & A_- \end{pmatrix}$$

其中 $A_+ \in \mathbf{R}^{k \times k}$ 有 k 个实部大于零的特征值和 $A_- \in \mathbf{R}^{(n-k) \times (n-k)}$ 有 $n - k$ 个实部小于零的特征值。作正交变换 $y = P^{-1}x$ 。我们可以构造一个能量函数：

$$V(y) = y_1^T B_1 y_1 + y_2^T B_2 y_2 ,$$

其中 $B_1 \in R^{k \times k}$ 和 $B_2 \in R^{(n-k) \times (n-k)}$ 为正定矩阵。当 $x \in W_{loc}^s(x_0)$ 和 $x \neq 0$, $\dot{V}(x) < 0$; 当 $x \in W_{loc}^u(x_0)$ 和 $x \neq 0$, $\dot{V}(x) > 0$ 。表示稳定流形 $W^s(x_0)$ 的动能随时间减少和不稳定流形 $W^u(x_0)$ 的动能随时间增加。

按照阴阳特性, 稳定流形 $W^s(x_0)$ 属于阴, 表示运动具有收敛和动能随时间减少的特性; 不稳定流形 $W^u(x_0)$ 属于阳, 表示运动具有发散和动能随时间增加的特性。

1.5 五脏时间节律

人与大自然之间的关系非常密切, 人体内部的变化必须适应外部环境的变化。地球的自转和公转产生日夜和四季的循环变化, 直接影响着人体的生物时钟。人体五脏按时有不同的活跃程度。人体的五脏, 肝、心、脾、肺、肾分别与春、夏、长夏、秋、冬相对应。随四时呈现出有规律的年节律。这个现象也能够从数学模型的解体现出来。^[3] 从五行相生系统的解可以得到,

$\sin\left(\omega_1 t + \frac{2k\pi}{5}\right)$ 和 $\cos\left(\omega_1 t + \frac{2k\pi}{5}\right)$, $k = 1, 2, \dots, 5$, 都有相同的

的相移, 同样是 2π 周期的五分之一; $\sin\left(\omega_2 t + \frac{4k\pi}{5}\right)$ 和 $\cos\left(\omega_2 t + \frac{4k\pi}{5}\right)$,

$k = 1, 2, \dots, 5$, 都有相同的相移, 同样是 4π 周期的五分之一。

2. 精气学说

中国古代用精气学说来解释事物的运动和物质形态变化之间的关系。人体之气是运行不息的。物质和运动是不可分割的。精气的流动包括有形的物质、无形的信息和能量。

人必须通过呼吸和饮食吸取外界营养, 用以身体的新陈代谢, 补充消耗的物质和能量。

人的形体, 五脏藏的精, 流动的气血, 呼吸和饮食都是互相关联的。正如《素问·阴阳应象大论》所说: “味归形, 形归气; 气归精, 精归化。精食气, 形食味; 化生精, 气生形。”^[5]

要维持人体的各种功能活动, 首先要有一定的物质基础。五个功能子系统之间存在生克关系, 一个功能子系统的基础物质的盈虚和功能会影响到另一个功能子系统的功能。五脏之气也就是人体之气——人体各功能活动的总称。人体之气分阴阳。

精气学说通过气的凝聚与分散解释人体的新陈代谢。事物是在不断的运动、变化和发展着的。事物的运动由阴阳二气组成。代表不同运动属性的阴阳二气在运动过程中相互交合是事物生成和变化的根本原因。阴阳二气的相互交合叫阴阳合感。

2.1 物质形态与物质运动之间的能量转换

阴阳变化和物质形态变化有直接关系。《素问·阴阳应象大论》说：“阳化气，阴成形”。^[5] 物质形态的改变有气化与凝聚。新陈代谢包括合成代谢和分解代谢两个方面。“化气”和“成形”是物质形态和能量之间的相互转化引起的。气化与凝聚、分解代谢与合成代谢都是能量的释放和吸收的过程。

阴阳是精气的运动属性，动能增加的属阳，动能减少的属阴。阳有化气的功能，可以推动气血运行；阴有成形的功能，可以把外界的物质转化成身体所需的物质。

气化是指在气的运动过程中，物质形态所产生的各种变化。阴阳合感使不同阴阳属性的气相互碰撞，产生新的物质和能量转化。例如把水谷和空气转化为气和血，气和血转化为五脏的基础物质。转化的过程中所需的能量是由不同阴阳属性的气的能量提供的。

2.2 气与气之间的能量交换

气的运动的基本形式包括有升降出入四个方面，气的运动称为气机。在不同阴阳属性的气的相互碰撞和交换过程中，阳气因此动能减少；阴气因此动能增加。阳气动能减少而下降；阴气动能增加而上升，即阴升阳降。气的升降，带动气血的运行，推动各脏腑功能的发挥。《素问·六微旨大论》说：“升已而降，降者谓天；降已而升，升者谓地。天气下降，气流于地，地气上升，气腾于天，故高下相召，升降相因，而变作矣。”^[5]

2.3 阴阳交感

物质在运动过程中，通过气的运动，产生阴阳合感，使物质相互交融而发生变化，促进了新陈代谢。同时物质产生新的能级的差异，由能级差异产生动力，产生升降出入的运动，带动气血运行到全身。

3. 阴阳学说

阴阳学说的基本内容为阴阳的对立、互根、消长和转化，用以解释事物的矛盾运动。

《内经》用阴阳学说来解释人体生理功能和病理变化。

3.1 阴阳与人体生理的关系

3.1.1 阴阳对立

老子在《道德经》指出：“万物负阴而抱阳。”^[6] 表示任何事物必须具有这两个相反相成的运动属性。本文定义的阴阳是任何事物都具有的对立统一的两个方面：发散与收敛、动能增加与动能减少、动与静、不稳定与稳定、正反馈与负反馈。阴阳分别代表这两种不同的运动属性。

3.1.2 阴阳是相互依存和互根互用的

任何事物都需要物质和运动去支撑它的生命活动。阴阳各有分工。在流通过程中，通过阴阳交感和气化，使人体不断进行新陈代谢。在物质转化过程中，消耗了能量，使气血运行容易受控；要保持生命的延续，需要源源不断的能量推动气血运行。只有运动才可以把人体的基础物质运行全身、进行新陈代谢；有一定的物质基础才有相应的功能活动。

如果阴阳不能彼此为用，不能制约对方，身体就会出现毛病：阴不能够制约阳，阳过盛，产生的动能过大而使血脉流动过急，人体就出现亢奋、失控；阳不能够制约阴，动能不足使五脏争气，九窍不通，人体就出现虚脱。只有阴阳调和才会身体强壮，气流畅。而单独的阴气只会使动能收敛而消失；单独的阳气只会发散，失控，以致狂乱。而阴阳离决，身体不能够有效地生产基础物质，也不能有效地提供足够的动能，人的生命也会随之终止。阴阳失去相对的平衡就会导致疾病的出现。阴阳代表着这两种不同的运动属性。阴阳相互依存，相互为用，不可分离。当阴阳分离，人的生命活动也就会停止。

3.1.3 阴阳消长

阴阳并不是一成不变的。事物的外部环境是不断变化着的，事物本身也应该顺应外界的变化作出改变。在与外界环境进行能量和物质的交换的同时，事物内部的动能和物质形态必须维持在一种稳定状态。阴阳消长是指人体的阴阳一直保持着此消彼长的状态，以保证人体的动态平衡。人体通过阴阳交感，通过气化程序把阴阳二气混合产生新陈代谢。

随着四季和日夜的气候变化，人体的阴阳也随着外界的阴阳作出变化。白昼，人体生理功能比较活跃，身体的分解代谢加强^[7,8]，分解代谢消耗自身的物质，过程中释放能量，可以应付白天的工作和学习，这是一个阳长阴消的过程。但是分解代谢和合成代谢必须相互协调。过度的分解代谢就会造成精气亏损，就会影响五脏功能的发挥。夜晚，人体生长激素分泌加强，身体合成代谢旺盛，而生长激素有利于蛋白质合成和脂肪分解，过

程中消耗能量，这是一个阳消阴长的过程。人体阴阳跟从日和年的周期变化呈现出规律的节律变化。

3.1.4 阴阳转化

阴阳在一定的条件下可以向对立面转化。《素问·阴阳应象大论》说：“重阴必阳，重阳必阴。”^[5] 重阳和重阴说明身体已到了一个极限。当事物处于重阴状态时，事物已经到了一个极点，不能继续运行的时候，表示事物已经收敛到它的平衡状态附近。但事物总存在阴阳二种属性的运动，当重阴持续一段时间，只要有一个小小的扰动力，就会打破这个均衡，重新获得动力。当事物处于重阳状态一段时间，事物呈现亢奋和失控，但是当遇上另一个平衡状态，事物就会回复平静，“动复则静，阳极反阴”^[5]。

所以有阴阳转化是因为一个复杂的自组织系统具有非线性性质，可以具有多个平衡状态，事物在平衡状态间运动。事物发展到一定的程度，事物就会从一个平衡状态附近转移到另一个平衡状态附近，阴阳作为运动的属性，就会向相反方面转化。图 1 表示系统由一个均衡状态转移到另一个均衡状态，系统的阴阳由阴转化为阳和由阳转化为阴。

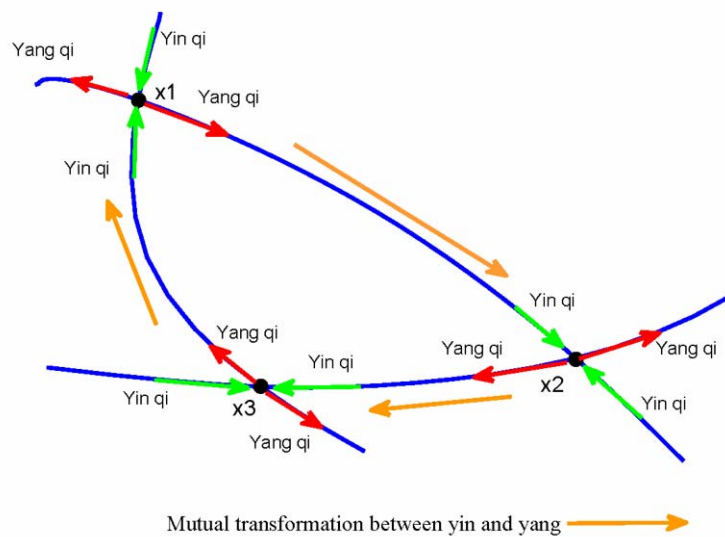


图 1 x_1, x_2 和 x_3 是系统的 3 个均衡点。系统通过阴阳转化由一个均衡状态转移到另一个均衡状态。

3.1.5 阴平阳秘

阴平阳秘是指人体受人体构造(形)，饮食习惯和外部环境的变化影响着的，阴阳协调是人体健康的标记。人体生命活动是把食物和空气转化为身体基础物质，基础物质和气血的互相转化，气和外界环境的相互作用，一环紧扣一环、不间断地进行着的。任何一环的偏废都足以影响身体的运作。阴阳担负着两个不同角色的工作，任何一方的太过和不及

及都会引起疾病。阴阳二气能够协调有序，人体能够保持能量和物质形态的平稳发展，人体也就健康无病。如《素问·调经论》说：“阴阳匀平，以充其形，九候若一，命曰平人。”^[5]

3.2 阴阳与人体病理的关系

3.2.1 阴阳偏胜

人和大自然关系密切。人类在演化过程中，逐渐适应大自然的周期变化。人和大自然的和谐共存的其中一个体现是人体存在着与大自然同步的节律变化。正气是指当外界环境出现异常情况下，人体的脏腑、气血、经络运行的复原能力。正气充盈表示身体适应外界环境变化，人体的脏腑功能协调、气血流畅。但是当人体的正气不足表示身体不能够与外界环境同步，外界环境的异常变化就会破坏体内的能量和物质的动态平衡，就有阴阳胜衰的问题。阴阳失去平衡：阳气偏胜，使血脉流动过急，人体生活机能亢奋；阴气偏胜，使五脏争气，九窍不通，人体生活机能减退。如《素问·生气通天论》说：“阴不胜其阳，则脉流薄疾，并乃狂。阳不胜其阴，则五脏气争，九窍不通。”^[5]

3.2.2 精气夺则虚

人体可划分为五个抽象功能子系统，五脏藏的精为五脏功能提供物质基础。五个子系统之间存在着五行生克关系，一个脏腑的功能会影响到其它功能子系统的功能发挥。如果其中一些功能子系统的基础物质消耗过多，又或劳动过度，消耗过多精力而不能及时补充营养，就会影响这些功能子系统的功能发挥。功能子系统是相互推进的，某些功能子系统的运行障碍，必然会影响到其它功能子系统的运作。五脏之气也就是人体之气，人的一身之气不足，表现为气虚。

一身之气分阴阳，对应不同的功能子系统发生病变，人体就会诱发不同的阴阳偏衰。阴虚致使阴不能够制约阳，具有濡润、宁静、抑制的功能减少，阳气相对偏亢，就会产生虚热的症状。阳虚致使阳不能够制约阴，具有温煦、兴奋、推动的功能减少，阴气相对偏亢，就会产生虚寒的症状。

参考文献：

[1] 趙威，趙致鏞. 五行理論的數學模型及其微分方程組的通解[J]. 四川中醫, 2006, (11): 7-9.

- [2] 庄永龙, 李梢, 李衍达. 基于控制论的中医学四时五脏系统稳态性能仿真[J]. 系统仿真学报, 2003, 15(7): 922-924.
- [3] 吴大为, 樊旭, 艾群, 康喜强. 五行学说思维模型的数学结构[J]. 中国中医基础医学杂志, 2008, 14(04): 308-311.
- [4] 林希逸. 南華真經口義[M]. 昆明市: 雲南人民出版社: 2002. 第1版.
- [5] 何永, 马君, 何敬华. 黄帝内经素问[M]. 北京市: 中国中医药出版社, 2006.
- [6] 辜正坤. 老子道德经[M]. 北京: 北京大学出版社, 1995.
- [7] 张永忠. 论中医学人体之气的实质是新陈代谢[J]. 中国中医基础医学杂志, 2000, 6(5): 8-12.
- [8] 杨武功, 杨滨. 中医阴阳的物理本质[J]. 中国中医基础医学杂志, 1995, (3): 53-54.