

The background features a stylized world map in shades of blue and white at the top. Below it, a faint ECG (heart rate) line spans across the width of the page. In the lower half, there is a green plant with three leaves growing from a line that follows the ECG pattern. A circular graphic element is positioned on the right side, containing the author's name.

从心电向量 到心磁向量

孙辉 著

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

从心电向量到心磁向量

孙辉 著

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

从心电向量到心磁向量/孙辉著. —天津: 天津科学技术出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5308 - 8278 - 8


I. ①从… II. ①孙… III. ①心向量图—研究 IV. ①R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 207349 号

责任编辑: 梁 旭 石 崑

责任印制: 兰 毅

天津出版传媒集团

 **天津科学技术出版社**

出版人: 蔡 颖

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话 (022) 23332369 (编辑室)

网址: www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

天津午阳印刷有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 21.25 字数 410 000

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 60.00 元

I think therefore I am.
——Rene Descartes

至高的形而上
在时间的拐弯处
你的影子 无处不在

穿越过世纪的尘埃
因为一种思想 你的光芒一路照耀
在人类精神的花园
你是一片长青的叶子

“I think therefore I am”
来自哲学的呓语 谁的声音如梭
在每一个交叉的路口
智者如此说

内容简介

事实证明，心电学理论问题的最终解决，仅仅通过传统的思维模式和研究渠道似乎难以完成。作者认为，建立健全心电学理论体系，需要哲学给予方法论上的启示和引导，需要数学、物理学、化学等基础自然科学提供基本的概念和研究方法，并且对自身的理论基础进行深刻的反思。

本书正是作者立足于上述思路，积极实践的结果。本书不同于以往经验或实践性质的学术著作，与通常习惯采用的立足于临床的统计思维相反，而采用一种逆向思维方法，对心电学基础理论进行反思的同时，积极进行进一步的分析、阐述和总结，力求在心电学理论的统一性、概括性、系统性、精确性、实用性等方面都有所突破。

本书是继《四维心电向量研究》之后，作者的又一次心电学理论梳理和总结。作者立足于向量概念进行心电学研究，将空间心电向量理论推广到了心电磁场理论领域，详细研究了心电向量、心磁向量及其相互关系。

问题是时代的格言。

——马克思

—

何秉贤教授曾经跟我说：“你把心向量图研究和教学工作抓起来吧。我都这样一把年纪了，总不能把心向量图带到棺材里去吧？”一句话道出了心电学研究的现状，指出了学术研究的一个大问题。其言殷殷，其情切切。正源于此，我才义无反顾地致力于心向量图的研究和教学工作，截至目前已经在全国范围内开展了心向量图培训班三期、高层阅图培训班暨相关学科心电图及心向量图新进展学术研讨会五期。不是没有犹豫，不是没有担心，担心开展这样的培训和研讨班出力而不讨好。

虽然早在 1920 年人们对心向量图就有了初步认识，但其临床应用却是在 1956 年 Frank 导联体系提出之后。当时无创性心脏检查尚不发达，全球一度出现了心向量图研究的辉煌阶段。此阶段美国出版了多部心向量图专著，日本和欧洲均生产出性能甚佳的心向量图记录仪。1959 年国际上召开了首届心向量图专业会议，此后每年举行一次年会，以深入交流心向量图的理论研究和临床应用经验。我国在 60 年代之后，心向量图临床应用也可谓遍地开花，出版专著多部，科研成果丰富，建立了符合中国人自己的诊断标准，并且实现了仪器生产国产化。90 年代后召开了两届全国性的心向量图学术会议，收集、交流学术论文 400 余篇。但是相比于心电图，目前心向量图的研究仍然非常局限，临床应用仍然不够广泛。在心脏增大、心肌缺血方面，由于已经有其他的无创性检查能够提供更多的信息，加上由于经济效益的原因，某些医院已不将心向量图列为常规检查，只是在特殊情况下应用；还因为在心律失常的诊断方面，目前心向量图比不上心电图方便；再加上近年来心血管影像学诊断方面的进展，心向量图逐渐被淡化了。目前国际上，每年有关心向量图的研究文献不过四百余篇（2009 年 431 篇，2010 年 404 篇，2011 年 482 篇——Science direct 数据库），而心电图文献却不可胜计。相比之下，何异于九牛一毛？

从事心向量图研究的人，应该能够耐受寂寞，应该甘于寂寞。这也正是何老最担心的事。

二

任何学科的研究进展，都必然也最终体现为该学科理论体系的建立和完善。空间心电向量理论及二次投影学说虽然远没有被所有的心电学研究者和工作者的接受，但至今还没有哪一套其他的心电学理论能够取代它而被更多的人接受。所以它仍然是心电学最基础最重要的理论。

心向量图作为二次投影过程中重要的一环，在建立和完善心电学理论体系的过程中是无论如何不应该被忽视或被冷落的。无论其目前的研究和应用现状是多么的有限、多么的不尽如人意，我始终坚信这一点。且不说它在反应空间信息方面较之心电图如何优越，在心肌梗死的定位诊断、预激旁路的定位诊断、室内传导阻滞的诊断较心电图优越，房室肥大的诊断较心电图敏感、可靠，ST-T 向量的诊断指标较心电图丰富等方面的价值同样不容置疑。更何况近年来心向量图记录仪有了长足进步，记录十分方便，且有心电图无法比拟的彩色心室激动顺序图，对研究心室激动顺序甚有帮助，对心脏电生理研究和指导导管射频消融定位等都有重要价值。

记得有人说过：“一个从事心电图研究与应用的医师未必懂得心向量图，而一个从事心向量图研究、应用的医师一定是个优秀的心电图工作者。”这句话未必准确，但客观上确实道出了心向量图与心电图在心电学理论领域的不同价值。没有心向量图的知识，要提高心电图的水平几乎是不可能的。

2008 年，心电学界的有识之士提出了“拆墙”的口号，其本意是拆除传统心电学与心脏电生理检查之间的隔阂。但心电学研究实践要求，该口号应该具有超出上述最初含义的更深层、更广泛的含义。例如拆除食管导联心电图与普通心电图之间的藩篱；拆除正交导联心电图与常规导联心电图之间的藩篱；拆除体表心电图与心内心电图、标测心电图之间的藩篱；拆除心向量图研究与心电图研究之间的各自为战；拆除心电图与心磁图基础理论上的互不融合，等等。

正因为心向量图在心电学理论研究领域具有上述重要地位，所以加强心向量图的研究显然是完成“拆墙”任务的必经之路。建立和完善心电学理论体系，也必须从“拆墙”开始。

三

本书作者的问题首先从空间心电向量理论开始。对空间心电向量理论的质疑，尹炳生教授的观点很有代表性，此处不再赘述。

除空间心电向量理论之外，心电学领域的问题还有很多，我们每个人都能站在各自的角度提出不同的问题。我倾向于认为，本书作者的这些问题真正特别的地方在于，它们能有效地激发你对心电学研究作更深入地思考，而不囿于任何既存的观念或理论。这些问题不仅开启了读者思考的大门，而且在这扇大门前铺设了不止一条纵横交错的思维的路径，虽然这些路径有时候还过于简陋。我认为无论如何，这一点比单纯地阅读或接受包括作者个人的观点在内的任何学术观点要重要得多。

本书中的问题，很少能让我们立刻得出答案（否则的话我建议你把这本书丢到一边去好了）。相反常常让我们陷入沉思，并且越思考问题越多，越思考越回味无穷，越感受到心电学研究这座大厦的深邃和迷人。这是思考的魅力所在，价值所在！

四

面对问题，沉思就是劳动，思考就是行动。真知灼见，首先来自多思善疑。大数学家华罗庚说过：“独立思考能力是科学研究和创造发明的一项必备才能。在历史上任何一个较重要的科学上的创造和发明，都是和创造发明者的独立、深入地看问题的方法分不开的。”

可喜的是，本书作者面对问题没有裹足不前，更没有被困难吓倒。他思考了，他努力了，付出了比常人多得多的精力和艰辛。作者始终秉承在自然科学理论框架内开展心电学研究的信念，对心电学理论，尤其是基础理论进行彻底的反思。对心电学理论与自然科学基本概念、基础理论不相符的部分，原则上都予以重新思考和阐述。这是本书的一个非常鲜明的特色。

一分耕耘一分收获，这个年轻人用实践再次验证了这一朴素的真理。更加难能可贵的是，他研究的领域远远不止心向量图，而是深入到包括空间心电向量理论、电偶学说、容积导电理论等心电学基础理论在内的心电学研究的几乎所有领域，并且还有开拓、创新，例如将向量概念推广应用到心磁学研究领域，对心电学研究、心律失常进行

系统的思考等。他的书稿，不时透漏出独立思考的智慧的闪光。即使是简单的已经被大多数人普遍接受的一句话，在他的文稿中出现时，也往往要经过他个人的缜密的思考和论证。不唯上，唯求思维的缜密和论证的严谨；不唯书，唯求论点的鲜明和阐述的精确。

每个人思维的方式、方法和角度不尽相同，本书作者对心电学问题的思考，个人化的倾向往往无法避免。所以我仍然要提醒读者，不应该把书中的观点当做“正确”的答案（我想这也是作者所不希望的），而应该客观地面对它们，真正地思考它们，积极开动自己思维的机器。

数学家陈省身说过：“数学很美！”没有全身心地投入和忘我的思考，不可能有这样的感受和境界。真诚地希望本书的读者读后会说：“心电学很迷人，向量很美。”

五

科学永远是超前的！这是相对于人类的生产劳动和社会生活而言的。这道出了科学的真谛。因为其创新性，所以超前；因为其超前，所以往往不容易被很快接受和广泛传播。

所以为了心电学事业的发展，目前我们应该大力倡导和身体力行的，既包括心电学理论成果、技术成果的推广，又包括新理论、新技术的研究，二者相辅相成，缺一不可。而后者，更应该成为心电学事业的发动机和助推器。只有这样，我们的心电学事业才能充满活力，充满希望。

六

认识本书作者是在郑州的学术会议上。跟他谈论心电学问题，真感觉似曾相识；听到他的心电学言论，更可叹相见恨晚！在他的书稿中，我隐隐看到一张棋盘，棋盘上泾渭分明，好像没有藩篱。

何老言犹在耳，我怎能不殚精竭虑？但是当我认识了眼前这个年轻人，看到他手中这摞厚厚的书稿后，我终于可以欣慰地泡一杯茶了。



2012年5月25日

一

什么是向量？

我想绝大多数人都会脱口而出：既有大小又有方向的量叫做向量。

是的，就这么简单。两千年前亚里士多德开始使用这个概念的时候，也许并没有意识到这个概念在未来的物理学研究中的意义，更没有想到这个概念会为未来的数学研究插上一对翅膀。

二

什么是空间心电图向量？

“空间心电图向量环及两次投影的概念已成为心电图的理论基础，但是仍有学者对心电图向量环及二次投影学说持否定态度，依据是投影学说中的立体心电图向量环至今无法证实，心电图与心电图之间虽有一定联系，但仍有一定的差距，认为‘第二次投影’只是人为的撮合。”

这段话最早出自尹炳生教授的著作。基于这段话，尹教授倾注了毕生的精力致力于心电学研究。说到这些，我的崇敬之情总是油然而生，并且总会有要流泪的感觉。

是的，向量并不简单，空间心电图向量并不简单。

三

向量对心电学理论研究有什么特殊意义？

面对心脏的电活动，这个既简单又抽象的问题，我曾经苦苦思索不能自拔。最终是向量概念本身给了我灵感，让我找到了打开城门的钥匙。《四维心电图向量研究》画上最后一个句号的时候，我已经站在了心电磁场的门口。可是电磁场更加抽象，如何阐述和理解它，我一度望而却步，转身忙于《四维心电图向量研究》的出版。当然，这也是必须做的工作。

不管怎样，辗转数年后《四维心电图向量研究》终于出版，过去的工作告一段落了。再次伏案沉思，心电磁场又每每跳出来，占据我的脑海，让我欲罢不能，食不甘味。反复思考和研究之后，向量概念再次启发了我，让我在迷茫和困顿中找到了方向。

四

“是应该称为‘心电向量图’还是‘心向量图’?”

“当然是‘心电向量图’。”

2012年3月，青岛的心电向量图学习班，陈清启教授对我的提问脱口而答。

我明白陈教授的意思。我的本意是询问心电学概念的标准化问题，而陈教授强调的则是心电向量图研究的是心脏的“电”活动。通过向量概念研究心脏的“电”活动，最直接的技术成果就是心电向量图（有著作称为“心向量图”）。

当然，还可以通过向量概念研究心脏的机械活动、磁场活动等。所以陈教授给了我这样的回答。

五

什么是电磁场理论?

心电磁场有什么特性?

如何通过向量研究心电磁场?

.....

越来越多的问题牵引着我的思维，让我越走越远，越思考越感到向量的深奥。“数学对于理解模式与分析模式之间的关系，是最强有力的工具。”面对上面这些问题，对于向量，我感到自己的一切表述都是苍白的，浅薄的，也许只有怀特海的这句话才真正能够表达向量（数学的基本方法和工具之一）的真谛。但我还是把我的思考和理解记录了下来。我不知道背后的脚印是直是曲，是深是浅。只愿我的思考能够给读者以启发，这便是它的价值了。

六

本书整体结构，起始于空间心电向量理论，结束于心电磁场理论（包括心电向量、心磁向量及其相互关系），步步深入，层层递进。具体地说，第一部分、第二部分即心电向量研究；第三部分承上启下，讨论了心电学的研究模式及方法问题；第四部分、第五部分则先破后立，论述了如何通过向量概念研究心电磁场。第一部分、第二部

分的心电向量研究，部分内容《四维心电向量研究》一书有所涉及，但本书绝不是原有内容的翻版，许多方面都有进一步的充实和拓展。最后一部分心律系统论，则是对心电学混沌思想的发掘和延伸，是对心电磁场时间信息的专门论述，所以既是对前文的补充，又相对独立。心电散点图的许多研究结论，相信在这里会找到归宿。

七

卢喜烈教授说：“抛弃向量，心电学研究就没有前途！”

多么精辟的语言！寥寥数语几乎概括了我在《四维心电向量研究》中的所有思想。而我却苦苦写了 20 多万字。

难以割舍，不言放弃，我再次拿起向量这把钥匙，叩响心电学研究的门扉。下面这本书，卢教授的这句话，必然还是点睛之笔，还是最好的注解或概括。

作者

2012 - 04 - 20

第一部分 心电向量研究

问题	3
第一章 空间心电向量理论质疑及再阐述	5
一、空间心电向量理论质疑	5
二、目前空间心电向量理论阐述中的疑点分析	6
三、空间心电向量理论的再阐述	7
四、总结	13
第二章 心向量图与心电图的关系	14
一、最大心电向量与心向量图、心电图	14
二、时间与心电图、心向量图	16
三、概括及结论	16
四、总结	18
第三章 空间心电向量的物理学含义及电偶学说再阐述	19
一、阐明空间心电向量的物理学含义的必要性及途径	19
二、电偶学说质疑	19
三、电偶学说再阐述	20
四、在电偶学说的基础上再谈四维心电向量模型的意义	26
五、空间心电向量的物理学含义	26
六、“投影”的物理学阐述	27
七、总结	28
第四章 离子流与单细胞动作电位	29
一、离子通道与离子流	29
二、心肌细胞膜两种特征的离子流	30
三、离子流与单细胞动作电位	31
四、对心肌细胞离子流的思考	35
五、总结	38
第五章 单细胞动作电位与心电图	39
一、从单细胞动作电位的几种表现谈起	39
二、振幅	44
三、时间	50
四、心房肌细胞	56
五、总结	58

第六章 关于容积导电学说的思考及补充阐述	
(之一) 容积导电学说质疑及补充阐述	65
一、目前容积导电学说阐述的内容	65
二、目前容积导电学说存在的问题	66
三、关于容积导电学说的补充阐述	67
四、容积导电学说与四维心电向量	70
五、关于容积导电学说的概括	71
第七章 关于容积导电学说的思考及补充阐述	
(之二) 心肌各向异性与容积导电	72
一、心肌各向异性学说的基本观点	72
二、心肌各向异性的基本概念	73
三、心肌组织结构的各向异性	73
四、心肌电活动的各向异性	74
五、心肌各向异性的分类	75
六、心肌各向异性的意义	77
七、心肌病理性损伤造成的各向异性	78
八、总结和概括	78
第八章 关于容积导电学说的思考及补充阐述	
(之三) 容积导电的进一步探讨和阐述	80
一、几个基本的物理学概念	80
二、欧姆定律的微分形式	80
三、理想容积导电模型的另一种阐述	81
四、机体容积导电的继续探讨和阐述	81
五、容积导电学说补充阐述的意义及局限性	84
第九章 关于导联轴性质的思考	85
一、导联轴的三个基本性质	85
二、导联轴的振动性	87
三、导联轴的显微镜效应	90
四、导联轴的显微镜效应和观察角度性质、局部定位性质	92
第十章 空间心电向量理论的另一种阐述	95
一、空间心电向量的导联系统	95
二、空间心电向量理论的另一种阐述	96
三、投影的另一种阐述	96
四、本章空间心电向量理论阐述的意义	97
五、总结及结论	97

第二部分 从心电向量到临床

问题·····	101
第一章 临床心向量图及临床心电图 ·····	103
一、四维心电向量确定的理论心向量图及理论心电图·····	103
二、理论心向量图与临床心向量图·····	103
三、理论心电图与临床心电图·····	104
第二章 临床心电图应用中的三个具体问题 ·····	105
一、心电轴和钟向转位·····	105
二、室壁激动时间 (VAT) ·····	105
第三章 心室肌内外层细胞除复极之辩 ·····	106
一、动作电位曲线的连续性·····	106
二、整体心室肌细胞的除极、复极·····	106
三、各类心室肌细胞的除极、复极·····	107
第四章 中心电端的产生 ·····	108
一、既往对中心电端产生机制的有关论述及质疑·····	108
二、关于中心电端产生机制的重新阐述·····	109
三、总结·····	111
第五章 中心电端的意义 ·····	113
一、中心电端的基本技术意义·····	113
二、中心电端的系统意义·····	114
三、中心电端的逻辑学意义·····	116
四、中心电端的本质意义·····	117
第六章 空间心电向量的振动性 ·····	118
一、中心电端的振动性·····	118
二、空间心电向量的振动性·····	119
三、空间心电向量的振动性与各向异性·····	120
四、关于空间心电向量振动性的逻辑学概括及思考·····	121
五、关于导联校正的进一步思考·····	122
第七章 逆投影与四维心电向量 ·····	124
一、“投影”、“逆投影”·····	124
二、逆投影与四维心电向量·····	126
三、结论·····	127

第八章 12 导联同步心电图若干问题探讨	129
一、基本测量方法的探讨	129
二、等电位线问题	131
三、采用 Frank X、Y、Z 导联测量的问题	131
四、R 峰时间问题	132
五、临床应用及意义	132
第九章 四维心电向量的镜影现象	
(之一) 镜影现象	134
一、镜影现象概述	134
二、镜影现象的数学表达	134
三、四维心电向量(四维空间)的镜影现象	135
四、三维心电向量(三维空间)的镜影现象	135
五、二维心电向量(心电图)的镜影现象	136
六、镜影现象的启示	138
第十章 四维心电向量的镜影现象	
(之二) 时间信息与镜影现象	139
一、时间信息与镜影现象	139
二、时间信息对镜影现象的影响	139
三、时间信息基础上镜影现象的具体体现及应用	140
四、总结	141

第三部分 关于心电学研究模式及方法的思考

问题	145
第一章 关于心电学研究模式的思考	146
一、循证医学模式对于解决心电学基础理论问题难有作为	146
二、转化医学模式应该能够有所作为	148
第二章 混沌哲学与心肌电不稳定性研究	151
一、混沌学及其基本表现形式	151
二、心脏电活动存在混沌现象	152
三、立足混沌哲学对心肌电不稳定性的思考	152
四、立足混沌哲学对心肌电不稳定性的进一步思考	154
五、总结	156
第三章 混沌前提下时间信息的记录及研究方法	157
一、时间坐标的实现方法	157

二、时间信息的记录及研究方法·····	157
三、时间信息的研究内容·····	159
四、心电散点图对时间信息的研究·····	159
第四章 傅立叶级数理论与心电学研究·····	163
一、傅立叶级数理论的研究内容·····	163
二、傅立叶转换的实质·····	163
三、傅立叶转换研究四维心电向量的理论依据·····	163
四、傅立叶转换对于四维心电向量研究的意义·····	164
五、傅立叶转换与心电学研究·····	165
六、傅立叶转换的研究方法探讨·····	167
七、心电频谱图的临床意义·····	169
第五章 心电学理论体系亟待加强和完善·····	170
一、20 世纪高新技术的进展促进了心电学的 诞生和迅猛发展·····	170
二、心电学仍然面临巨大的挑战·····	170
三、心电学理论的发展与现状·····	171
四、心电学理论体系应该具备的特征·····	172
五、建立健全心电学理论体系本身也是一个 值得研究的课题·····	173

第四部分 头胸导联引发的思考

问题·····	177
第一章 相关基础理论的思考·····	178
一、几种躯干模型及相关问题思考·····	178
二、电偶学说、容积导电学说及相关概念·····	182
三、导联向量、导联场·····	183
四、Prinzmetal 原理 ·····	186
五、Einthoven 三角、Burger 三角 ·····	187
第二章 若干具体问题的思考·····	188
一、世界性难题·····	188
二、关于内部折返学说·····	189
三、电极之辩·····	190
四、关于心电学“无解现象” ·····	190
五、关于心脏电活动电磁场的本质属性·····	191