

科学家发现效应实录

——兼论效应在科学发展中的位置

刘永贵 王忠业 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 刘永贵 王忠业 2006

图书在版编目 (CIP) 数据

科学家发现效应实录：兼论效应在科学发展中的位置 / 刘永贵，
王忠业编著. — 沈阳：东北大学出版社，2006.1

ISBN 7-81102-223-0

I. 科… II. ①刘… ②王… III. ①生产力经济学 ② 科学—关
系—生产 IV. F014.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 150085 号

出 版 者：东北大学出版社出版

地址：沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编：110004

电话：024—83680267 (社务室) 83687331 (市场部)

传真：024—83680265 (办公室) 83687332 (出版部)

网址：<http://www.neupress.com>

E-mail：neuph@neupress.com

印 刷 者：沈阳农业大学印刷厂

发 行 者：东北大学出版社

幅面尺寸：140mm × 203mm

印 张：9.625

字 数：268 千字

出版时间：2006 年 1 月第 1 版

印刷时间：2006 年 1 月第 1 次印刷

印 数：1~1000 册

责任编辑：向 荣

责任校对：张淑萍

封面设计：唐敏智

责任出版：杨华宁

定 价：30.00 元

前 言

读了一些书，查阅了一些资料，做了一些笔记，写了一些摘要，经过梳理，看到了在许多领域中都有效应、效应发现的情况，效应被使用（包括发现效应）于文章屡见不鲜。从几份全国性杂志可窥见一斑。效应被作者青睐，被重视为文章科学性的一个重要表现，获得诺贝尔奖金的众多科学家把效应这颗璀璨宝石嵌镶在锦绣文章中熠熠生辉。中国的世界著名神经心理学家张香桐就发现了光强化效应和电紧张效应，名贯中外。现将查阅的部分杂志抽样统计如下：①《中国科学》1993年共发表357篇文章，其中使用效应45篇，约占发表总数的13.445%，1994年共发表346篇，有效应者38篇，占11%。②《辞海》，上海辞书出版社，1999年版，效应条目为53个。上述统计说明使用效应、发现效应景象十分壮观，使我真真切切地触摸到效应的含义。这表明，科学技术的效应，既是科技发展的极为深层的重要内容，又是科技发展极为恰当的表达形式，完全符合科学发展观的要求。因此，对效应的研究必须在科学发展观指导下进行，同时也可以充实科学发展观的内容。本书的主题是通过实录科学家发现效应的过程，寻求效应的内涵、机制、条件和构建方法论。

科学家们发现了效应，效应的被发现又造就了科学家，效应呼唤着一个个科学精英的出现，效应的发现体现了以人为本的原则。

科学技术的不断发展变化孕育了效应的诞生，效应的诞生推动

了科学技术的连续突破，效应引发着一个个理论精华的凸显，效应的出现绘制了科学发展的绚丽图画。

近代伟大的科学家牛顿在写就《自然哲学之数学原理》这部世界名著之后，又单独写了《宇宙体系》一书，对《自然哲学之数学原理》的第三编同样题目《宇宙体系》进行引力效应再论证，从而完善了力学三大定律的功业。牛顿因得引力效应而得伟大科学家桂冠。

爱因斯坦在 20 世纪初因发现尺缩效应和钟慢效应而创立了狭义相对论；过 10 年，又因发现进动效应、弯曲效应和红移效应再创立广义相对论。爱因斯坦因得相对论效应而得伟大理论精髓，得伟大科学家盛誉。

得效应者，全笑傲挑战性问题，以反常的架式、心态做出何去何从的抉择，力排众议，独领风骚，正像杨振宁、李正道、吴健雄等敢为人先，强强联手，揽来宇称破坏效应一样。

得效应者，都继承前人，借鉴别人，牛顿的“巨人肩膀”论对此做了言简意赅的表述，他得伽利略力学三定律，开普勒天体运动三定律；不因循守旧，而是别具匠心，发明微积分，16 年的苦心思考，终成万有引力效应的发现者。

得效应者，皆长于所疑，富于质疑，善于破疑，爱因斯坦从怀疑唯物论出发，创立思维实验的新颖思维方式，用光量子科学地论证了光电效应，并创量子力学，间隔 10 年又得五大效应发现权。

得效应者，均对自然（自己研究对象）有爱独钟的人格魅力，孟德尔以牧师叛逆行为，爱豌豆杂交试验情深意切，终于从单纯的豆粒比较中培育出生机勃发的遗传效应（基因效应）。

得效应者，毫无例外地具备这四大优点。

本书是以效应为中心而写的，参考了许多专家学者的研究成

果，可能有打乱原作者的体系、构成和说法以及不贴切原意的情况，为了保持科学家发现效应过程的真实性、完善性，惟恐失真失美，所以，在奉举大师们的宝贵资料财富的时候，尽量维护名家自己的发现效应的过程、条件和结论。在行文中如有挂一漏万之处，请大师们谅解，并深躬致歉。效应普遍存在于诸多领域中，广泛应用于社会生活中，效应的普遍性和多样性与作者才疏学浅的现实有较大的落差，书中失误在所难免，为了论证效应，冒昧地写了此书。

按现有辞典的解释，效应是物理的或化学的作用所产生的效果，如光电效应、热效应、生物效应等。这样解释似乎外延窄了些，效应不光是物理的、化学的作用，还有各种条件（或一定条件）的作用所产生的效果。

套用王充《论衡》中的话，“事莫明于有效，论莫明于有证”（《薄葬》）。说的是对待事情要明确于有效应，对待理论要决定于有证据。王充又说：“凡论事者，违实不引效验，则虽甘义繁说，众不见信”（《知实》）。意思是对于事情的议论，说得再动听，违背事实又没有引出效应进行验证，是不会令众人相信的。这两句话都说明，凡是议论研究事物，重要的在于发现效应，并用事实论证检验其效应以及运用效应。《康熙字典》第 514 页说，效，效验也。可以认为，效验的效有效应之意。

效应的英文是 effect。effect 还有效力、作用、效果和效用的意思。效力可以解释为事物在一定条件下所产生的作用和功效，效果则是由于某种力量、作法或因素所产生的效应结果（这里的结果多为好的）。效用则与效应同义。

效应在中国传统文化中有着其深厚的历史渊源。甲骨文说，完整的卜辞由前辞（叙辞）、问辞（命辞）、占辞和验辞四个部分组

成，其中的验辞，是卜辞预测的结果，是事情发生后的记录^①。验辞具备效应的在一定条件作用下产生的效果的内涵。

《易经》中的六十四卦第一卦是乾卦，具有创造的阳，活动健的本质，由阳气构成，是最大的天，以阳爻的符号—重叠成☰，命名为乾；然后再用两个☰上下重叠，以表示天道的复杂变化。乾是以天的功能命名的，所以乾卦有效应（功能、功效、作用）的意思。孔子对乾卦文言判语为：“元者，善之长也。亨者，嘉之会也。利者，义之和也。贞者，事之干也。”这段话的意思是说乾卦有四个特征：“元”，是天生成万物的根源，乃一切行为的首要条件。“亨”，是天生万物的意图的流动和扩散，使一切美好的事物集合。“利”，是天生成万物的意图的完成，使一切事物彼此和谐，各得其宜。“贞”，是天生成万物的意图，为一切事物的骨干，纯正且执著。也可以说，元相当于种子萌芽，亨是生长，利是开花，贞是结果。乾卦的四个特征可以说就是效应的四个特点。

《系辞上传》第五章说：“生生之谓易，成象之谓乾，效法之谓坤，极数知来之谓占，通变之谓事”。这里的意思是将一阴一阳具体化，以天地为准则，天地生生不息的功能即变化无穷的功能，也是天的功能。效法天的功能使其进一步呈现具体形象就是坤，也是地的功能。这里把数字的功能推演发挥到极致，能够预知未来的就是占卜，由占卜能晓事物的变化，采取适当的因应措施就是事物。因应措施具有效应的涵义。由此可见，《易经》中的乾☰具有效应的含义。

《易经》、《系辞上传》的第八章中说：圣人看到天下万物的繁华，“而拟诸其形容”以象征方式概貌天下万物的形象，因此称作

^① 《甲骨学小词典》，177页，上海，上海辞书出版社出版，1987。

“象”。象是一种有利牙的兽，象征着断的意思。圣人还看到天下万物的运动发展变化，把观察到融会贯通的情况“以行其典礼”用文字记述下来，作为处理万物的依据准则，断定是吉还是凶，《易经》把这种作法称之为“爻”。爻是效、变、切的意思（见《康熙字典》第761页），是效法事物的运动变化的结果的意思。根据对《易经》的解读和《康熙字典》解：效，象也。可以认为“象”和“爻”都具有效应的意思。许慎在《说文解字》中说：“效，象也”，也佐证了象有效应的含义。

效应的发现历史可以追溯到中国战国时期，那时就孕育着效应的萌芽。《列子》相传为战国列御寇（约公元前450—前373）著。《列子·汤问》中描述了两个小儿辩斗（即辩论）的故事。一小儿说：我以（为）日始出时去（即离）人近，而日中时远也。另一小儿辩曰：以日初出远，而日中时近也。前小儿举例说明自己的看法，日初出大如车盖，及日中则如盘盂，此不为远者小，而近者大乎？后一小儿又说：日初出沧沧凉凉，及其日中如探汤（烫手，热的意思），此不为近者热，而远者冷乎？虽然，这场辩论没有什么结论，当然当时的科学水平也不可能做出什么结论。但我们可以感到日出时冷，日中热的效应之风拂面而来，这说明热效应的嫩芽很早前就在中华大地萌发着。邹衍（公元前305—前240）的“五行相生相克”说，向后人拨弄着五行相生正效应，五行相克逆效应的音弦。

古希腊泰利士（约公元前624—前547）发现的琥珀效应（琥珀与毛皮或丝摩擦产生吸引）开始了人类磁电效应研究。亚里士多德（公元前384—前322）发现电鳗用动物电的生理效应，古罗马医生斯克里波尼斯发现电鳗放电效应能治疗疾病。

效应有些什么特点呢？

1. 务实求真，也可以说是务求真实，排除虚假。牛顿认为，整个物体都在引力效应的海洋之中，引力效应是说所有物体都相互吸引，且均匀球体的引力作用在其表面附近正比于其直径，“正比于它们质量的乘积，反比于它们之间距离的平方的变化”。因此，“直径一英尺的球体，其性质与地球相似，对其表面附近小物体的吸引力，20 000 000 倍小于地球对其表面附近小物体的吸引力”^①。不论是理论的原因，还是数据的原因，牛顿公布发现引力效应，一下子就等待 16 年。爱因斯坦对牛顿对待效应的务实求真的精神极为赞同地说：“应当被看作是惯性的效应。但这些离心力完全像重力一样是同物体的质量成比例的。”务实求真是效应的“元”，根源。

2. 前因后果，也就是因果联系。前因常常是造成后果的条件、因素。不能是无因的效应，也不能是无果的效应。法拉第实验发现，某些平常对光效应不活泼的物质，在很强的磁场中表现出旋光的现象，当磁场与光束平行时其旋转量显得特别大，而当磁场与光束垂直时，则无旋转现象。这种磁感旋转效应或称法拉第效应，它的独特之处是：当光沿其原来路径反射回去，旋转现象不会互相干扰抵消。对无外加磁场糖液则不一样；当光束振动方向向东行时，旋转 20° ，而当它反射回去向西行时，则沿相反方向旋转 20° ，因此净旋转量为零。但当旋转现象因外加磁场的存在，旋转变得不是可逆的，反而变得加成了。所以，当入射与反射的步骤不断地重复，其净旋转量将无限制地增加。由此可见，效应的前因后果是必不可少的，条件是最重要的，因果联系是效应的“亨”，是事物的美好集合。

^① 牛顿：《自然哲学之数学原理》，577 页，武汉，武汉出版社，1992。

3. 效用效验，也就是经得住检验的有用性。形状记忆效应的发现和应用可充分说明，凡是效应必须具有效用，科学发展对人们的生活生产是有效用的，它的功效功能是千百次都奏效的。实验表明：在室温下将一根形状记忆合金丝弯曲呈四叶苜蓿形状，将其加热达到它的晶体结构呈现为 β 相或母相的高温结构时，将合金丝迅速冷却，会使金属中原子重新自行排列成马氏体的晶体形式。现已发现，具有形状记忆效应的合金有 $\text{Ti}-\text{Ni}\cdots\text{Au}-\text{Cd}\cdots\text{Cu}-\text{Zn}\cdots\text{Ag}-\text{Cd}\cdots\text{Bi}-\text{Al}\cdots\text{Co}-\text{Ni}\cdots\text{Fe}-\text{Ni}$ 等，不计其数。应用范围从管接头到喷气式战机的液压系统导管，从显微镜到医疗器械子宫内节育器，它是将一根像金属丝的宫内节育器插入子宫内，当体温使这根金属丝变热时，它就在子宫内蜷曲成所需的形状。现在又发现有机弹性材料，甚至陶瓷都有形状记忆效应。当然，并非所有效应都会有这么大的应用范围，但效应的有用性和经受检验的特点则是共同的。效用效验是效应的“利”，各得其宜。

4. 创新独特，也就是不能重复前人和他人的，或者构思新颖或者条件（因素）先进，或者效果创新，或者联系独特。爱因斯坦的尺缩和钟慢效应都是受光速为最大的速度这样的独特先进条件限制的，用这种光速不变原理重新审定“同时”的概念，并从狭义相对论的两个基本前提出发重新推得新的联系——新的坐标变换——洛仑兹变换，这就突破了伽利略变换。这就清楚地表明，洛仑兹变换仅仅是由“光速不变的同时规定”所决定的。它划分了运动学和动力学的界限，当涉及动力学的问题时，才需要狭义相对性原理。根据洛仑兹变换就有了“尺缩”、“钟慢”两个运动学效应。尺缩效应是指运动着的尺在其运动方向上缩短，是同时钟变慢效应相对称的，即一根高速飞行的尺的长度，从地面上同时（奥妙在于同时相对性效应）测量尺的前端和末端，是先测了前端，后测了末端，对

其距离的测量过程的距离概念的相对性效应。尺缩是客观的，但与观察者的选择有关。没有涉及尺收缩是否与本身的物质材质或属性变化有关。爱因斯坦的构思、条件、联系和效果是绝对独特、创新、先进、新颖的。创新是效应的“贞”，是意图。

发现效应有一个十分重要的特征，那就是效应是谁发现的，谁怎样发现的，谁发展了的，是怎样发展的，甚至有的效应，就是以发现效应的科学家的名字命名的，以彪炳其对人类的贡献，在科学技术发展中的地位。所以，本书写作对于这些成果取得的思想、条件、过程以及表现形式，最好的最得体的手法只能是实录。为此，本书作者在行文、描述、论述中都十分尊重发现效应的科学家的文字，尽量全面，以保持本来的风韵风格，这也是本书的特点之一。

本人撰写此书着实是力不从心，才资不济，资料不全，整理工作全靠出版大师帮助。书中错误难免，请读者指教。本书面世，得到了鞍山科技大学教授侯□林博士的鼎力支持，刘春光和吴玉二位先生分别撰写了第二章第一、二节和第三章第一、四节，王忠业先生参与了部分章节的文献收集与整理工作，并撰写了第七章，还得到了鞍山科技大学印刷厂领导和师傅的帮助。特此致谢！

刘永贵

2005 年 11 月

目 录

前 言

第一章 效应与科学家联袂而往·····	1
第一节 牛顿发现引力效应而得划时代的伟大科学家桂冠···	1
第二节 爱因斯坦是多方位发现效应的划时代的伟大 科学家·····	9
第三节 法拉第发现磁致旋光效应成为第一个伟大的 实验科学家·····	26
第四节 爱迪生因发现爱迪生效应而成为伟大的技术 发明家·····	41
第五节 霍金创新量子引力效应成为最著名的宇宙学家···	43
第六节 亚当·斯密发现货币效应成为古典政治经济学 理论体系的建立者·····	62
第二章 发现新效应导致新学科诞生·····	72
第一节 奥斯特发现电致磁效应而拉开电磁学的序幕·····	72
第二节 赫兹发现光电效应打开认识微观世界的突破口···	77
第三节 菲涅耳发现衍射效应无愧为经典波动光学 奠基者·····	80
第四节 哈肯聚合诸效应铸就协同学·····	82
第五节 约瑟夫森效应的发现导致超导电子学诞生·····	87
第六节 普里高津和斯唐热用效应综论《从混沌到有序 ——人与自然的新对话》·····	92

第七节	迈斯纳效应宣布超导体既是导电大王又是抗磁大王	95
第八节	由振国发现光饥饿效应创立杂草治理的生态经济学	98
第九节	气味效应导致气味学诞生	100
第十节	葛庭燧发现振幅效应创立非线性力学弛豫理论	103
第十一节	余展飞提出药物心理效应形成药物心理学	106
第十二节	形状记忆效应的发现建立了新的材料科学	111
第十三节	理查孙发现冷却效应成了热离子奠基人	115
第十四节	张香桐发现光强化效应、电紧张效应成功地解释了动物或人的行为	116
第十五节	近屏效应的发现将天分两界	120
第三章	效应新发现为科学研究开辟新路	123
第一节	遗传基因效应的发现开创了人们认识自身的未来	123
第二节	巴雷尼发现离壶腹刺激效应开辟耳科医疗的新天地	135
第三节	劳厄发现晶体 X 射线衍射效应为晶体研究开辟新路	137
第四节	西奥雷尔发现酶的催化效应使瑞典诺贝尔学院成为生物化学家的“麦加”	138
第五节	王世民发现自体和外力共同效应成就捏骨正筋的精粹	142
第六节	赵维勤发现 EMC 效应促进对结构函数的认识	144
第七节	同位素效应的发现及其发展	145
第八节	X 的效应证明了大气运动不可逆性	147

第九节	箭毒效应为外科手术提供安全性·····	147
第十节	Cesar Milstein 发现协同效应鉴定骨髓瘤 ·····	148
第十一节	非线性光学效应发现与非线性光谱学诞生·····	148
第十二节	沟道效应和阻塞效应相结合成为双定向技术 ·····	156
第十三节	格尔斯特朗德发现眼睛支点旋转眼睛效应创立了 眼科临床鉴别斜视眼诊断法·····	161
第四章	通过发现效应而获得新事物·····	162
第一节	星际效应的发现而观测到行星、脉冲星的形成 ·····	162
第二节	纳米效应的发现制备出纳米材料·····	165
第三节	西博格用壳层效应、相对论效应和同位素效应 发现了 8 种新元素·····	171
第四节	戴尔发现催产效应而获常用药物·····	173
第五节	膜效应的发现引发膜各种各样的新材料·····	176
第六节	盖博发现斑点效应使全息摄影变形不真·····	181
第七节	劳伦斯发现累积效应从而发明回旋加速器·····	182
第八节	蒋平论环环相连的效应发展出新型量子器件·····	184
第九节	朱克纯发现金属毒理生物学效应促进无公害 水稻研究·····	186
第十节	年龄效应的发现成了地质年代学的主干·····	189
第十一节	Ruseell 发现孤子效应使光脉冲压缩 ·····	191
第十二节	低浓度钠效应的测定与动作电位的相关性·····	194
第十三节	激光效应及其发展·····	195
第十四节	赫歇尔发现红外辐射的热效应创立了彩色 光度学导致红外探测器诞生·····	202
第十五节	张春生首次观测到遮挡效应和偏转效应·····	205
第十六节	谱学效应和熵效应在盐类中的作用·····	205

第五章 以发现效应者名字命名的效应·····	207
第一节 开普勒效应·····	207
第二节 康卜顿效应·····	210
第三节 拉曼效应·····	214
第四节 穆斯堡尔效应·····	217
第五节 斯塔克效应·····	219
第六节 丁铎耳效应·····	221
第七节 麦卡效应 (限食效应,或节食效应) ·····	221
第八节 科里奥利效应·····	224
第九节 汾丘里效应·····	228
第十节 《老子》的“稽式”“式”(效应) 表达其技术哲学思想 ·····	229
第六章 科学家协力发现效应·····	238
第一节 固体隧道效应云集众多科学家·····	238
第二节 科学家接力式地发现温差电效应·····	246
第三节 三位美籍华人发现宇称不守恒效应·····	256
第四节 切伦科夫效应的发现使三位物理学家共获 诺贝尔奖·····	260
第五节 塞曼和洛伦兹共同发现塞曼效应·····	263
第七章 效应应用的广泛性·····	265
第一节 韦斯科夫用效应写《二十世纪物理学》·····	265
第二节 宋德生和李国栋用磁电效应谱写电磁学史诗·····	270
第三节 《非平衡态热力学和耗散结构》中的效应·····	276
第四节 玻尔做效应演讲·····	283
第五节 联合国原子辐射效应科学委员会·····	284
第六节 用数学概念组成的效应·····	287
参考文献·····	293

第一章 效应与科学家联袂而往

效应和科学发展是一种什么关系？效应是科学（含技术的内容）的核心，一部人类的科学技术发展史就是效应的发现、完善和应用的历史。效应不是自己走出来的，是被科学大家发现的，所以，对效应学科的研究必须以人为本，坚持科学发展观。在第一章里，将通过几位科学家发现效应的过程，说明效应、效应发现在科学中，在科学发展中的位置。

效应与科学的关系，首先表现在每一学科领域都有一些特殊的人，他们在认识世界进行科学探索中发现他们所研究那个领域中的某个或某些效应，而这种效应一旦被发现有发现，就呼唤出一位或一批科学家。下面从科学技术史中代表一个时代的伟大人物中选其重要者做一介绍，以期说明效应与科学家联袂而往的密切关系。得效应的科学大家们在寻找效应过程中的思维个性常常不是证明与他人的不一致性，而是证明自己的见解与他人的不一致性。

第一节 摇牛顿发现引力效应而得划时代的伟大科学家桂冠

艾萨克·牛顿（~~1643年1月4日—1727年3月31日~~）是代表了一个时代的伟大科学家，特别是于 ~~1687年~~ 1687年在英国剑桥大学三一学院撰写的《自然哲学之数学原理》（以下简称《原理》）更是一部不朽著作。他力图将自然现象诉诸于引力效应与效应有关的形式。书中致力于科学发展，从两个方面考察效应，一方面的形式是理性的，讲究精确地演算、完备地推导；另一方面的形式是实用的，注重细心地实验、缜密地观测。牛顿是最早使用效应的伟大自然科学家之一。牛

顿明确指出：“我们的职责仅在于找出明显效应的原因。”^① 对效应地位说得何等明确！

一、牛顿在《原理》中发现的引力效应

(员 牛顿在《原理》的第三编宇宙体系中求月球使海洋运动的力时，做了如下的推论：“由于月球驱动海洋的力比重力等于 员比 圆 很显然这种力……仅仅在海潮中才表现出明显的(海潮)效应。”^② 这里说的是月球对海洋的引力效应或海潮效应。

(圆 牛顿在《宇宙体系》(以下简称《体系》)中论及制约较远行星的力时明确地指出：“使木星偏离其直线路径沿轨道环绕的力，并非指向地球的中心。火星与土星很好地符合这一结论。”^③ 牛顿为这些力寻找和推论的中心是“绕此中心半径所掠过面积应当是均匀的；那就是太阳，我们已就火星与土星的情形作过近似的证明，而木星则有足够的精度”。虽然太阳和行星都在平行方向上受到某种其他力的同等推动；但这种力既不会改变行星之间的相互位置，“也不产生明显的效应：我们的职责仅在于找出明显效应的原因。”^④ 这说的是太阳对行星的引力效应。

二、牛顿在《体系》中发现的引力效应

(员 美国哈佛大学科学史教授 恩斯特·盖伦在《牛顿对万有引力的发现》中由《体系》初稿引出的两段话，是 恩斯特·盖伦和 考士德辛·盖伦由拉丁文译出的。这两段关于引力效应的话是：“事实是，吸引力在两者上都存在。太阳吸引木星和其他行星。木星吸引其卫星，同样卫星彼此吸引，也吸引木星，所有的行星都彼此吸

① 牛顿：《自然哲学之数学原理》，缘远页，武汉，武汉出版社，员圆

② 牛顿：《自然哲学之数学原理》，源远页，武汉，武汉出版社，员圆

③④ 摇牛顿：《宇宙体系》，缘远页，武汉，武汉出版社，员圆

引。”^① 一个吸引另一个的两个作用，“但由于它们存在于两个物体之间，它们并不是两个不同的效应（相互吸引），只是作用在两个末端的同一效应而已。”^② 两个物体产生引力效应的原因是“由于一根联结它们的绳子收缩而相互牵引。这个作用的起因是两方面的，而这两个物体各自的配置，就其作用在两个物体上而言作用本身也同样是两方面的；但就作用在两物体之间来看，它又是单一的。”^③ “并不存在一种太阳去吸引木星的效应和木星去吸引太阳的另一种效应，而只存在一种效应使得太阳与木星互相接近。”^④ 这里用的效应是相互吸引效应。引力效应也称吸引效应。

（圆 牛顿在《体系》中说到太阳和月球的驱动力时已看到这些力足以驱动海洋。“但就我所知，它们不会在我们的地球上产生任何别的可见效应”（地球潮汐效应、陆地的潮汐效应，牛顿认为是看不见的。后来科学家已探测到了陆地的潮汐效应）；小到运动甚至不能产生“可感觉到的微风”、不能产生“静力学实验产生任何明显效应”^⑤。

接着，牛顿又说：“如果月球与太阳举起海潮的效应（由于自运动以及太阳和月球的吸引，海洋在每天中应两次升起又两次回落）……以及它们的视在直径，相互间是相等的，则它们的绝对力……的比等于其大小的比。但月球的效应比太阳的效应约等于缘比员；而月球的直径比太阳直径约小于猿比圆或源比缘。月球的力正比于其效应，反比于其视在直径的立方而增大。”^⑥ 牛顿这两段话告诉我们，太阳和月球吸引海潮的效应以及效应大小的数据。

中科院上海天文台朱圣源，通过观测验证了牛顿日月的潮汐引

①②③④ 摇 牛顿：《自然哲学之数学原理》，载《科学》中译本，员页。

⑤⑥ 摇 牛顿：《宇宙体系》见《自然哲学之数学原理》，缘页，武汉，武汉出版社，员页。