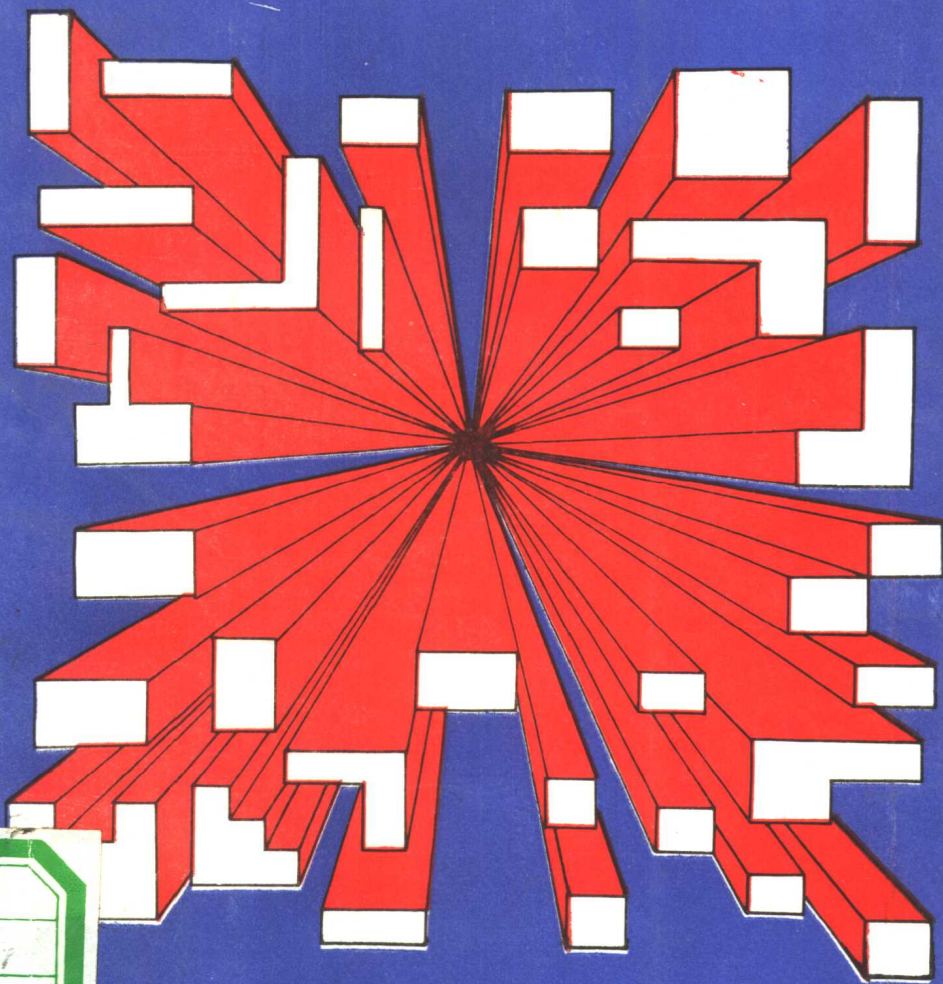


科学变革论

拉瓦锡化学革命探究

金吾伦 著



科学出版社

科学变革论

——拉瓦锡化学革命探究

金吾伦 著

科学出版社

1991

(京)新登字092号

内 容 简 介

本书是一部科学哲学案例研究的专著。通过拉瓦锡化学革命的案例，具体生动地再现了氧的发现、氧化理论取代燃烧的燃素理论以及化学革命发生发展的整个历程，提出了一种发现的模式，阐述了科学革命的一般特征，尤其是科学革命的整体论特征。全书结构严谨，内容丰富，书中引用了大量第一手资料，对科学史研究、科学方法论研究更有参考价值。

本书适合自然科学，尤其是化学、科学史、科学哲学、哲学等有关专业的研究人员和教育工作者参考。

科学变革论 ——拉瓦锡化学革命探究

金吾伦 著

责任编辑 朱寅华

科学出版社出版

北京东黄城根北街15号

邮政编码：100707

北京市京东印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年12月深圳第一版 开本：787×1092 1/32

1991年12月第一次印刷 印张：7

印数：1—2300 字数：148 000

ISBN 7-03-002645-4/N·6

定价：6.40元

前 言

伟大的人物必出自于伟大的时代。

伟大的时代未必能孕育出伟大的人物。

拉瓦锡是一位伟大时代里的伟大人物。

拉瓦锡是化学中的牛顿。是他，奠定了近代化学的基础。他被那个时代的人称作“科学大王”；他被后人称为“近代化学之父”。他建立的物质不灭定律是物理学最基础的定律之一，为尔后物理学的发展开出了宽广无比的道路。可以毫不夸张地说：拉瓦锡是恩格斯意义上的“巨人时代的巨人”。他造成了化学史上第一次真正的革命。他的为人，他的贡献永远值得崇敬、值得怀念。

马克思和恩格斯在他们的著作中不只一次地赞扬拉瓦锡的成就。恩格斯甚至把拉瓦锡的发现与马克思的发现相比拟。恩格斯说，马克思的剩余价值理论的发现“好象晴天霹雳震动了一切文明国家”，“使全部经济学发生革命”；而拉瓦锡氧化说的建立，“使化学发生了革命”（恩格斯，《资本论》，第二卷，序言）。拉瓦锡使过去在燃素说形式上倒立着的全部化学正立过来，正好比马克思把黑格尔头足倒立的辩证法正立过来一样（恩格斯，《自然辩证法》，第51-52页）。

拉瓦锡不但发现了氧，而且建立了氧化理论，形成了化学革命。这个发现和这场革命有丰富的内容和巨大的意义。

它不仅强有力地冲击了“燃素”所代表的近千年延续下来的化学中的旧观念，而且把化学进步的方向真正转移到实验为基础的轨道上，并把化学实验分析方法提高到精确定量的水平，给了化学乃至整个科学的认识以巨大的推动。由于把化学理论成果应用于当时的工业生产，从而发展了火药工业、染色工业和漂白工业等等，造福于人类。所以，拉瓦锡化学革命尽管是在化学领域内发生的，但它不只是对化学学科本身具有重大意义，而且具有科学革命的一般意义。通过对氧的发现和拉瓦锡革命的探讨，可以揭示科学发现和科学革命的普遍特征，揭示出其间的一般规律。我们可以从拉瓦锡革命中获得许多启迪，大大有利于发展科学技术事业。

马克思主义创始人十分重视科学中的发现和革命。恩格斯《在马克思的墓前讲话》中说：“科学在马克思看来是一种历史上起推动作用的、革命的力量。任何一门理论科学中的每一个新发现 即使它的实际应用甚至还无法预见，都使马克思感到衷心的喜悦 但是当有了立即会对工业，对一般历史发展产生革命影响的发现的时候，他的喜悦就完全不同了。例如，他曾经密切地注意电学方面各种发现的发展情况，不久以前，他还注意了马赛尔·德普勒的发现”（《马克思恩格斯选集》，第三卷，第575页）。科学发现和科学革命对科学发展起着巨大的推动作用，可以说，科学革命是科学进步的质变和最为明显的表现。它不仅推动人类对自然现象认识的发展以至于推动社会的发展，同时也促进人类精神文明的发展，甚至促使人们思维方式的急剧转变和世界观的深刻变革。科学革命往往标志着科学发展史上的里程碑，成为标志一门科学发展中一个时代的终结，一个新的开端。哥白尼革命，推翻了托勒密的地心说，沉重地打击了中世纪宗教神

学自然观所赖以存在的基础，对新兴资产阶级反封建的斗争起了巨大的推动作用；同时为尔后天文学的发展奠定了科学基础，并使自然科学“开始从神学中解放出来了”，科学的发展从此便大踏步地前进。

在人类认识的历史上，不论是在科学知识的个别领域，还是在整个科学中都不止一次地发生过革命的变革。其主要标志就是推翻旧理论，创立比旧理论更深刻、更普遍地反映自然规律的新理论。有时，个别科学家率先突破了传统思维方式和旧范畴的束缚，运用科学的方法和技术手段，获得新事实和新发现，在此基础上引起科学发生深刻的变化。当旧理论的框架再也容纳不了新发现的事实，解释不了新发现的现象，因而需要对旧理论框架加以重新思考，把它们彻底打破，并代之以新的科学理论，新的基本原理时，科学革命就到来了。

科学革命和科学发现两者密不可分。科学发现不只是发现新事实，而且还包括提出新假设，建立新原理。科学发现常常是科学革命的先导。众所周知的20世纪物理学革命就是在19世纪末叶开始的一系列物理学重大发现的基础上进行的。重大的科学发现与科学革命实质上是一回事，只是从不同的角度考察同一个问题，即科学基本概念的变革，前者是逻辑地去看，后者是历史地去看罢了。

在科学中，如同在社会生活中一样，经历着量的积累和质的飞跃。两种变化相互交替。后一种变化我们称之为科学革命，但两者不是截然分开的。即使在质变阶段也伴随有量的变化。当着个别学科发生革命时，这门学科的体系结构就发生了根本性的变革，用以研究和解释自然现象的一般方式也发生了根本的变化。它的整个思维结构也变化了，原来的

世界图景将变为另一种世界图景。科学的社会作用和它在社会发展中的地位也发生了明显的改变。我们从拉瓦锡化学革命的这个实例中可见其一斑。

如今，科学的地位日益重要，科学的作用更加突出，总结科学发展的规律，了解科学在质的飞跃阶段的基本特征，探讨科学发现、科学革命与认识论、逻辑学之间的关系，这一要求已日益紧迫地提到我们的面前。我们的工作，就是在科学历史发展实际材料的研究基础上，运用马克思主义的理论武器，合理吸收西方科学哲学界有关科学发现和科学革命的研究成果，深入探讨科学发展的基本规律，揭示其原因和动力，以便对科学发现和科学革命的本质和规律有一个较全面、清晰的理解，自觉迎接科学技术革命新高潮的到来。

这无疑是一个极其艰巨的任务。本书试图对拉瓦锡化学革命作些初步的探讨。书中描述了拉瓦锡化学革命所处时代的社会经济状况，指出生产技术和法国唯物主义思想、牛顿物理学发展对拉瓦锡革命的深刻影响，阐述了拉瓦锡革命的基本进程，着重探讨了科学发现的模式和科学革命的若干特征。但限于学识，加之国内有关拉瓦锡的资料匮乏，他的原著至今还没有一本译成中文，也造成了写作上的很大困难。我想，如果它能为进一步研究科学发现和科学革命提供一点思想资料，那么，我的一番劳作便没有白费。

在本书孕育阶段，得到黄顺基、董光璧、柳树滋等学长们的鼓励和鞭策。为了能使本书出版问世，在经历分娩前的无比阵痛中，又得到王正义、唐云江、刘兵、张来举、徐向东等朋友们的鼎力相助。没有他（她）们的支持帮助，本书是难以与读者见面的。在此谨向学长和朋友们深表由衷的谢意。

目 录

前言	(v)
第一章 时代背景	(1)
一、社会经济状况	(2)
二、工业技术的发展	(8)
三、启蒙运动	(12)
四、笛卡儿和牛顿	(18)
五、气体化学的发展	(20)
第二章 个人特质	(24)
一、初期教育	(25)
二、实践经验	(28)
三、批判精神	(32)
四、商业生涯	(35)
五、物理学素养	(38)
六、使用天平	(40)
第三章 燃素理论	(43)
一、科学理论的结构特征	(43)
二、燃素理论的形成	(45)
三、燃素理论的应用	(52)
四、认识论根源和科学背景	(58)
五、普利斯特列 —— 燃素理论的代表	(62)
第四章 拉瓦锡研究纲领	(69)

一、从相信到怀疑·····	(70)
二、冲突的实质·····	(72)
三、实验验证·····	(77)
四、概念的完全颠倒·····	(82)
第五章 氧的发现·····	(86)
一、发现前史·····	(88)
二、不同的框架·····	(92)
三、从抽象到具体·····	(97)
四、从认识个别入手·····	(101)
第六章 氧化理论·····	(110)
一、理论实体和《燃烧通论》·····	(112)
二、概念体系的一致性·····	(114)
三、揭露燃素理论的逻辑矛盾·····	(121)
四、检验和承认·····	(127)
第七章 科学共同体·····	(131)
一、题课共同体·····	(132)
二、观念共同体·····	(137)
三、集体的智慧·····	(140)
四、完成历史的重任·····	(148)
第八章 发现的模式·····	(152)
一、发现的哲学问题·····	(152)
二、归纳法与演绎法的局限·····	(156)
三、导出法·····	(159)
四、交织着的双向认识过程·····	(162)
五、机遇·····	(167)
六、发现氧的具体图式·····	(170)
第九章 科学革命的程序和特征·····	(173)

一、革命四阶段论.....	(173)
二、革命三部曲.....	(175)
三、理论间的非还原性.....	(197)
四、不可通约性.....	(183)
五、科学革命的整体论特征.....	(187)
结束语.....	(196)
附录 化学基础·序.....	(199)

第一章 时代背景

任何一次科学革命的发生都是有其时代背景的。正如科学史家、哈佛大学教授柯恩 (I. B. Cohen) 在《科学中的革命》(*Revolution in Science*) 中所说: 每次科学革命都同当时政治的和社会的革命密切相关, 总是以当时的、社会的、革命的流行理论和意识为背景。这就是说, 科学革命犹如种子, 它的萌芽、生长、开花、结果, 都要具备一定的土壤和空气等条件。这些条件对科学革命来说, 那就是技术、社会和经济背景。化学发展到拉瓦锡时代, 燃素理论被推翻, 氧的发现和氧化理论创立, 并由此而导致化学革命的时机已经成熟, 革命的胎儿在母腹中已经萌动, 快要呱呱落地了。化学本身也等待着它, 盼望着新生儿早日出世。当时, 已有一些化学家开始接近于发现氧, 并已经自觉不自觉地向旧化学体系发起冲击了。

作为人类活动的科学, 是知识体系和知识生产过程两者的总和, 它当然不是在真空中产生和发展的, 而是在十分确定的历史背景下进行的, 这种背景决定着科学进行的方式。它不仅涉及到科学整体及其各部门的协调发展, 而且也涉及到每个科学家的科学生涯和创造活动。而科学正是通过科学家集体或个人的活动, 他们的观点、他们的实验、他们的发现以及他们与周围人们的交往才得以成长和进步。

当然, 影响科学发展的外在因素是多方面的, 而且影响的程度也各不相同。从范围上说, 大到整个世界和全人类的

社会经济状况、思想理论潮流和科学技术的发展状况等等；小至在时间和空间上比较局部地起作用的因素，甚至个人的气质和性格也能影响科学的进步。拉瓦锡化学革命有着特定的历史条件和社会经济背景。

一、社会经济状况

拉瓦锡生活的时代，法国正处在大革命的前夜。18世纪之前，法国是一个封建专制统治的国家。在封建统治下，生产力虽受到种种束缚，但仍然在不断地发展着。这种生产力的发展首先表现在商业方面，进一步又在工业方面表现出来。商业的发展尽管是以欧洲市场为主；但是，自从15世纪以后，由于新航路的发现，海外市场的忽然扩大，法国也渐渐与欧洲的西班牙、葡萄牙、荷兰和英国等国一样，在海外推行经商殖民的政策。法国在北美、印度以及公海上，都开始培植本国的势力。法国的商人们在落后的殖民地尽情地搜括和掠夺，大批金钱流入自己的金库，成了殷富的商业资产阶级。他们之中，还有不少的分子因为海外市场的扩大，对于工业品需要的增加，又以在海外得来的大批金钱经营工业，变成工业的企业家。这些工业的企业家常常突破当时行会的限制，利用雇佣劳动进行资本主义的工业生产。所以在18世纪，法国的工业形式除行会的手工业仍然存在之外，还有各种新形式的出现。

这些新形式的工业首先出现的，有收买商所经营的农村家庭手工业。因为当时的工业仍有行会的限制存在，这既束缚了工业的自由发展，又不能使工业满足当时市场的需要，所以，有兼营工业的收买商为避免城市行会对于手工业的限制，把自己的生产事业移于农村进行。他们以原料，甚至

把工具交给农村的家庭手工业者，委托其从事生产，然后收回成品，并付工资作报酬。因此，法国的农村家庭手工业十分流行，在西北部地区尤其如此。

但这些家庭手工业者彼此分散，不能集中，因其分工困难，不能进行大规模的生产。到了后来，资金较多的工业企业家又出资建立手工业工场，把分散而不集中的许多家庭手工业者集合于这样的手工业工场，进行分工的生产。这种工场手工业算是当时最先进的工业形式。当时法国工场手工业中比较著名的有毛织业、纺织业、玻璃业等等，后来还有更大的企业，如冶金工业。例如，可称为当时铁业大王的底特里希，在下亚尔萨斯的炼铁厂中曾经雇用不少的工人，并装置了英国式的熔铁炉。

当时的法国，经营者为了追求利润，努力经营工商业，政府也有资助措施。例如，早在路易十四时代的哥尔比，为减少输入，增加输出，使外国的金钱流入本国，特别注意对于工商业的奖励。他曾经创设贸易公司，由国库补助，并授以特权，使其便于在印度、非洲、近东等处进行贸易。法属东印度公司就是著名特许公司之一，他不受行会的限制，奖励手工业工场的创立，进行大规模的生产。因为这样，法国的工商业在当时的欧洲各国中，除英国外，算是最发达的国家。它和欧洲很多的国家以及自己的殖民地都有很密切的商业关系。法国的各种饮料、布匹、女子服装以及家具等，曾畅行于全欧，尤其是里昂的丝业，工人达65 000名，这在当时是没有任何其他国家能够比得上的。

法国中产阶级在工商业的发展中孕育和兴起了。当时，巴黎、马赛、波尔多、南脱、哈佛尔和卢昂等地，都有很多大富豪的出现。这些资产阶级因为手里掌握了无数资金，不

但经营工商业，还要从困于债务的封建领主手中收买土地，承包国家税收，并经营金融事业。政府的各种间接税（如盐税、烟税、印花税等等），大都由资产阶级的包税人集团出资承包，其中的领袖人物都是当时的金融巨头，他们因有钱，生活十分阔绰，力求和最显赫的贵族们比赛。他们常建筑别墅，请最好的艺术家为之装饰。包税的资产阶级分子，在巴黎近郊几乎都有他们的别墅，和贵族们的别墅比阔。

另一方面，当时的法国，教会的教士和世俗的贵族是统治阶级，是享有特权的阶级。新兴的中产阶级属于非特权阶级，他们人数较少，但势力极大。他们的势力散布很广，在工商业界的，有包税人、专卖商、银行家、高利贷者，经营殖民地或国外贸易的大商人、工厂主、船主等；散布在政府机关的，有行政官吏、司法官、典狱官等，各地的34个按察使，全都出自这一阶级；散布在学术界的，有大学教授、文学家、哲学家、科学家等；经营自由职业的，有律师、医生等。当时，蒸蒸日上的中产阶级，在很多方面的势力和重要性，都已超过了正在没落的贵族。但是，他们在社会上虽有势力，却无地位；在政治上虽有职位，却无权力。因为他们不是特权阶级，也不能享有特权。其中的一些优秀分子，虽然可以自己的财富、势力、文化等自豪，却仍然遭受贵族的轻视，这自然有伤他们的自尊心，并引起他们的不平之鸣。据说，巴那夫因为自己的母亲在格累诺卜尔的剧院观戏时被贵族赶出包厢，从此就有了革命的倾向。罗兰夫人因为和她母亲进封特内堡进餐，被留在仆役住处，从此对特权阶层也就怀恨在心。这些都从反面促使中产阶级从各个方面要打破旧有的局面，赢得自己的地位。

中产阶级作为一个阶级，为了跟封建贵族和教会争权力，

争势力，就迫切需要振兴实业，发展科学事业。恩格斯在谈到当欧洲脱离中世纪，新兴的城市中等阶级是欧洲的革命因素时指出：“随着中等阶级的兴起，科学也大大地复兴了；天文学、机械学、物理学、解剖学和生理学的研究又重新进行起来。资产阶级为了发展它的工业生产，需要有探索自然物体的物理特性和自然力的活动方式的科学。而在此以前，科学只是教会的恭顺的婢女，它不得超越宗教所规定的界限，因此根本不是科学。现在科学起来反叛教会了；资产阶级没有科学是不行的，所以也不得不参加这一反叛。”（《马克思恩格斯选集》，第三卷，第390页）。与英国和德国的科学发展情况不同，法国的科学发展主要依靠赞助人的支持，因此，赞助人的经济实力对科学发展有重要意义。他们提供条件让科学家聚集在一起讨论问题和交流学术，支持科学家集会，组织学术团体。后来，路易十四和他的大臣逐渐理解到科学进步对经济发展的好处。路易十四的大臣柯尔伯特认识到科学的应用会对扩展国家工商业的政策有利，决定在法国国王的赞助下成立全国性的科学团体，于是，巴黎科学院就在1666年成立。到17世纪末18世纪初，巴黎科学院已有院士70名，都由国王支付薪俸。巴黎科学院的成立和开展活动推动了法国科学事业的发展。

拉瓦锡生活的时期，美国爆发了独立战争，需要大量的军火和炸药。为了改进火药制造技术，中产阶级强调加强能促进技术进步的基础科学的研究，加强与制造火药有关的硝酸钾等以及气体性质的研究，从而有力地促进了无机酸（硝酸、硫酸）等工业和气体化学的发展。“经济上的需要曾经是，而且愈来愈是对自然界的认识进展的主要动力”（《马克思恩格斯全集》，第三十七卷，第489页）。

拉瓦锡属于新兴的阶级，他的父亲是法国议会的律师，拉瓦锡本人也曾被送进法学院学习，他从一开始就受了这个反叛阶级的影响，也在这个阶层中活动，他参加农业金融公司。在法国，直到大革命时期，几乎所有的关税和赋税，包括人们憎恨的盐税，都是以一种迂回的方法征收的。每个包税商向国王交纳150万法郎，国王就批准为期6年的租约，允许他独家享受进口和出售烟草或征收盐务税等的权利。根据租约，包税商得从纳税人身上再搜刮足够的钱，除交国王外，也给自己牟取足够的利润。如果只有亏损而无赢利，则由承包商承担亏损。因此，包税商们总是想方设法从人们身上榨取比政府所规定的应交纳的税额多得多的金钱，从中大发其财。这种行业的名声很坏，从而激起人们的憎恨。拉瓦锡为了搞到足够的钱支持他的科学研究活动，就参加了包税公司，并且也的确赚了许多钱，以购置化学药品和科学仪器，提供他自由地进行科学研究的充裕条件。

拉瓦锡于1768年25岁时被选入巴黎科学院，那时，竞选院士极其艰辛，新候选人为了当选，必须逐个拜访所有的院士。这是一种自发的礼仪，也是不成文的惯例，但此类拜访并不一定奏效。投票时，院士们依然根据自己的好恶行事，有的人当选也可能纯属偶然。院士们投某人的票，并非出于对他格外垂青，可能只是为了以此来阻止另一个人入选。例如，伏尔泰这样的天才大文豪却长期被拒之门外，就因为院士们不愿意看到院士席位上出现如此强有力的竞争对手，因而伏尔泰直到52岁才当上院士。据说为达到这一目的，伏尔泰不仅求助于路易十五的宠臣蓬巴杜夫人的影响，而且毫不犹豫地否定了自己以前那些反宗教的著作，包括他的代表作《哲学笔记》。即便如此，也还有许多有真才实学的人不能进

人，可怜的皮隆就是一例，他三次提名，三次落选。有人翻出他早年的一首淫猥诗《普里阿波颂歌》，以此来败坏他的名声。相反，有人在文坛上虽毫无建树，却也照样入选。路易十五时期的克莱蒙伯爵就是一例。他在入选仪式上还指望别人会对他顶礼膜拜，喊他一声“我的老爷”，那知这触犯了院士们格外珍视的平等原则。一位名叫鲁瓦伊的院士竟做了一首讽刺小诗嘲弄了他。

但巴黎科学院毕竟还是科学家讨论科学问题的一个场所，许多著名的科学家都在其中。拉瓦锡的才华出众是他被入选科学院的重要原因，据说还有一个原因就是科学院的成员了解到，这位年轻的拉瓦锡十分富有，而经济境况宽裕的人不必为生活奔波，因而易于在科学研究上搞出成绩来，所以，拉瓦锡入选了。而有一位与拉瓦锡同样优秀但经济上不及拉瓦锡的一名年轻科学家却没有被科学院入选。对拉瓦锡来说，入选这一文宗聚首、科学泰斗云集的科学院无疑使他欣喜若狂。但可悲的是，也正因为拉瓦锡从承包商的职务中获得钱财，成了他的罪证，而最后被革命法庭送上了断头台。在拉瓦锡行将被处死之前，一个科学团体曾向革命法庭递交了一份报告。该报告说，拉瓦锡应免于处死，因为他的科学工作在法国是最重要的，尤其是他的大部分税收所得，不是用来挥霍享乐，而是用于卓有成效的化学研究。匆忙间，革命法庭的法官宣布说，没有必要在法庭上宣读这份报告，断然将这位著名学者送上了断头台。就在他死的第二天，拉瓦锡的科学界同事，法国大数学家和物理学家拉格朗日悲痛地说：“砍掉他的脑袋只需一瞬间，可是，要再出现像他那样一位卓越的科学家，也许要等一百年”。