

# “有机合成工业复合体”与毒气战的兴起

——以德国化学家弗里茨·哈伯为中心的考察

Fritz Haber, the Complex of Organic-Synthetic Industry and the Rise of Gas Warfare

孙思清 / SUN Siqing 柯遵科 / KE Zunke

(中国科学院大学人文学院, 北京, 100049)  
(School of Humanities, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049)

**摘要:** 19世纪后半叶德国化学工业迅猛发展, 大学、学会和公司等组成“有机合成工业复合体”, 李比希、霍夫曼、费舍尔、哈伯等化学家在其中发挥了重要作用。有机合成工业复合体为德国在一战中使用毒气战提供了物质基础和保障。哈伯对德国人和军人的身份认同, 并未受到其犹太血统的影响, 他认为发动毒气战可使一战尽早结束。然而, 英、法、美等国也迅速研制和使用毒气, 毒气战成为一战中极其残酷而恐怖的一幕。一战又被称为“化学家的战争”, 毒气战使哈伯等化学家应负的社会和伦理责任更加突显, 值得深入分析和讨论。

**关键词:** 有机合成工业复合体 一战 弗里茨·哈伯 毒气战

**Abstract:** The German chemical industry developed rapidly in the second half of the 19th century, German Universities, societies and companies agglomerated into the complex of organic-synthetic industry. The leading German chemists such as Liebig, Hofmann, Fischer and Haber played an important role in this process. The complex of organic-synthetic industry made it possible for Germany to begin the gas warfare in the World War I. Haber abandoned his Jewish ancestry and identified himself as the German soldier. He believed that the gas warfare will end the First World War earlier. Britain, France and the United States also developed and used chemical weapons quickly, and the Chemical Warfare was extremely cruel and terrible. The First World War is also known as “the Chemist’s War”. This paper finally discusses the ethical questions and social responsibilities the chemists must face up to.

**Key Words:** Complex of Organic-Synthetic Industry; World War I; Fritz Haber; Gas warfare

中图分类号: B82; R136.3 文献标识码: A DOI: 10.15994/j.1000-0763.2024.05.010

最早的化学战剂是涂抹在箭头上的动植物的毒素。化学战剂的使用历史可追溯到公元前5世纪, 伯罗奔尼撒战争期间, 斯巴达人用燃烧的煤、硫磺和沥青攻击占据要塞的雅典

人。<sup>[1]</sup> 1854年, 在克里米亚战争期间, 英国化学家普莱费尔 (Lyon Playfair) 建议在塞瓦斯托波尔的围城战中使用氰化物炮弹, 这是近代首次出现在军事上使用化学武器的想法。不过

收稿日期: 2022年8月15日; 返修日期: 2023年11月22日

基金项目: 国家社科基金中国历史研究院重大历史问题研究专项“近代以来的科技进步与社会变迁”(项目编号: 22VLS017); 中国科学院对外合作与交流专项“老科学家精神故事审核及老科学家命名科技攻关突击队活动策划”(项目编号: E3E90902)。

作者简介: 孙思清 (1994-) 女, 内蒙古赤峰人, 中国科学院大学人文学院硕士研究生, 研究方向为科学技术与社会。Email: sunsiqing21@mailsucas.ac.cn

柯遵科 (1977-) 男, 陕西安康人, 中国科学院大学人文学院副教授, 研究方向为科学史和科学哲学。Email: kezunke@126.com

该想法并未诉诸实践。<sup>[2]</sup>战争中真正使用化学武器是在一战，哈伯(Fritz Haber)等人指挥德国军队在比利时的伊泊儿(Ypres)释放了150吨氯气，造成约5000名协约国士兵当场死亡，15000名协约国士兵受伤。一战期间，德国生产了99500吨毒气，协约国方面共生产了76900吨毒气。<sup>[3]</sup>一战结束时，毒气导致9万人死亡和130万人非致命性损伤。( [1], p.2 )

早在1899年，德国、英国、法国和俄国等26个国家已经签署《禁止使用散布窒息性或有毒气体的投射物的宣言》(《海牙第二宣言》)。一战期间，作为协调者和组织者，哈伯将德国的政界、军界、工业界和科学界联结起来，为大量生产与战争相关的化学品，特别是毒气，建立起规模庞大的化工体系。在与大工业的合作过程中，传统的科学研究也转型为新的应用研究。<sup>[4]</sup>国内关于哈伯的研究集中于哈伯的生平、参与发明的合成氨工艺如何成为德国的战略性新兴产业及其在一战中使用毒气的过程，较少分析考察其背后的德国化学工业基础及化学家的社会角色和责任。<sup>[5]-[9]</sup> 本文通过梳理德国“有机合成工业复合体”的形成过程，重点考察在一战中哈伯领导德国使用毒气的原因和影响，并进而探讨化学家在战争中应承担的伦理责任。

## 一、德国“有机合成工业复合体”的形成

1778年，约翰·雅各布·费伯(Johann Jacob Ferber)出版的《新矿物》(*Neue Beiträge zur Mineralgeschichte*)一书中提及“一些化学工业的新发现”，这是学术著作中最早出现“化学工业”一词。“化学工业”最初主要指硫酸、苏打、氨盐和汞盐的生产，后来开始涵盖生产化肥、肥皂和蜡烛等产品。1790年到1850年间，“化学工业”一词从德国传到法国和英国。<sup>[10]</sup>1870年后，德国统一为化学工业的发展创造了有利的政治和经济条件，在德国逐渐形成“有机合成工业复合体(complex of organic-synthetic industry)”。<sup>[11]</sup>

“有机合成工业复合体”脱胎于德国化学

的学术-工业共生关系(academic-industrial symbiosis)。最初，德国政府对化学工业的大力鼓励集中于纺织品、玻璃和陶瓷等无机化学工业。<sup>[12]</sup>有机化学工业的规模较小，发展路径狭窄。为获得创新能力和竞争力，合成染料等行业加强与化学家的联系，支持建立新的研究机构，将知识转化为技术和产品，形成一个全行业的创新系统。学术与工业的共生关系变得更为紧密。<sup>[13]</sup>在有机合成工业中，复合的关键首先是学术界与工业界的化学家之间的个人联系与合作，并且通过德国化学学会(DCG, German Chemical Society)和德国化学家协会(VDC, Association of German Chemists)而不断扩展与加强。学术界的化学家为化工企业提供研究支持和专利技术，获取回报，同时为迅速增长的化工行业培养和输送人才。到20世纪，这种复合关系让有机化学工业获得丰厚利润，使之有能力为理论化学研究提供资助，填补政府科研资助的不足。<sup>[14]</sup>

19世纪20年代，李比希在吉森大学创建化学实验室，把化学实验和大学教育相结合，培养了奥古斯特·霍夫曼(August Wilhelm von Hofmann)和凯库勒等一批化学家，为德国的有机化学和工业振兴奠定基础。<sup>[15]</sup>19世纪60年代至70年代，大多数德国州政府认为，如果发展科学和经济，就能以和平的方式实现繁荣富强，它们竞相投资科学和以科学为基础的工程教育。这一时期在国外，特别是英国和比利时的德国化学家也相继回国工作，其中的代表人物就是霍夫曼。<sup>[16]</sup>另外，德国教育界出现了专门培养工程师和技术人员的机构——高等工业学校(Technische Hochschule)。工程师作为一种新型的受过学术训练的专业人员，开始不仅将自己的领域看作一项技能，而且更是一门应用科学。抽象知识显得比实践技能更为重要，以往强调实践技能的行业，如化学工业、桥梁制造和建筑业等都日益变得科学化。到19世纪末，高等工业学校取得与大学平等的地位，并可授予博士学位。<sup>[17]</sup>

1867年11月，德国化学学会成立，选举霍夫曼为首任主席。他大力宣扬提升应用研究的

地位,予其与纯科学研究相等的重要性,建立工业与科学之间的联盟。德国化学学会以霍夫曼曾任主席的伦敦化学学会(Chemical Society of London)为模板,致力于“帮助理论化学和应用化学相互之间交换思想,以此来确保科学与工业之间的联盟。”<sup>[18],[19]</sup>1877年,第一部《帝国专利法》(Imperial Patent Law)采纳德国化学学会的建议,规定化学产品本身不能获得专利,而是对其制造工艺申请专利。它促进学术界与工业界的合作,化学家积极开展化学品生产过程的研究,而工业界也开始建设自己的发明实验室,特别是染料工业不断探索新的有机合成方式。可以说,“德国化学学会帮助建立了可能是现代历史上最成功的学术-工业共生关系。”<sup>[20]</sup>

伴随着科学的体制化对经济的推动,化工企业的兴起决定性地改变了德国工业社会的特点。这些公司雇佣大量受过学术训练的化学家,并为庞大的新的工业研究实验室提供资金。1861年至1867年,赫希斯特公司(Hochst)、拜耳公司(Bayer)、巴斯夫公司(BASF)和爱克发公司(Agfa)相继创建。原来生产煤焦油的卡塞拉(Cassella),也于1867年进入苯胺染料领域。这五家公司主导了当时的全球合成化学产业,一战前后并入法本工业集团(I. G. Farben)。19世纪70年代初,合成染料工业建立了内部的工业实验室。在工业实验室中,企业按自身战略,在企业内部组织和管理研究开发,促进了一系列的技术革新。<sup>[21]</sup>德国拥有比其他从事合成染料生产的国家更好的有机化学研究和教学体系,为工业实验室输送大量人才。例如,1863年创建的拜耳公司改进和完善制造工艺,逐渐形成研究集体,便于有效组织工业研究。<sup>[22]</sup>其他染料企业也相继建立工业实验室。纯化学和应用化学随之进步。德国化学公司在合成染料中的创新活动也受到下游纺织公司的进一步鼓励。德国的染料和纺织这两个新老产业之间创造了一个向上的“内生增长(endogenous growth)”循环:繁荣的纺织行业对合成染料的日益增长的需求,促进化工企业的深度研发;化工企业又给纺织行业带来额外

经济利益。<sup>[23]</sup>1914年底,世界上的合成染料近90%来自德国,只有不到3%来自英国。<sup>[24]</sup>

一战前德国总参谋部已认识到,战争爆发后英国将切断德国的海上运输,造成硝酸盐短缺。当时德国的硝酸盐储量只够用到1915年6月,其后会导致弹药原料和食品供应的短缺。1908年,在巴斯夫公司的大力资助下,哈伯开始合成氨工艺的实验室研究,随后又经博施(Carl Bosch)领导下的中试,最终提出哈伯-博施合成氨工艺。该工艺使用高温高压反应容器,并开发了廉价高效触媒,从而成功实现大规模合成氨。氨可以被进一步氧化成硝酸,用于制造炸药和氮肥。1913年,巴斯夫公司的第一座合成氨工厂建成投产,一战期间在德国政府的资助下,又继续不断新建合成氨工厂,从而为德国在一战中提供了充足的炸药等军需物资。<sup>[25]</sup>([8], p.91)正是在一战期间,德国化学工业得到迅猛发展,成为工业结构中的主导力量。国家管制的战争经济促进了大型化工厂的不断扩张和技术创新。化学工业与哈伯和费舍尔(Emil Fischer)等顶尖化学家保持着密切联系。他们将科学界、工业界与德国军方和政府联结起来。1918年,哈伯说:“科学、工业和军事之间的关系在战前是不完整的。”然而在一战期间,这种科学、工业和军事的复合关系迅速成形。在此过程中,哈伯也攫取了巨大的权力,他自夸“我是德国最有权的人之一。我比一位伟大的将军或者企业家权力大。我是工业的奠基者,我的工作为德国经济和军事扩张的根本。所有的大门都向我敞开。”<sup>[26]</sup>

## 二、哈伯与“科学-工业-军事复合体”

1868年,哈伯出生于普鲁士的布雷斯劳(现为波兰城市弗罗茨瓦夫,德语名Breslau)的一个犹太人家庭。布雷斯劳位于普鲁士东部边界的突出部,当地的德国居民有着极强的爱国情绪,而德国犹太人表现得尤为激烈。哈伯的父亲齐格弗里德·哈伯(Siegfried Haber)是一位成功的染料和涂料制造商,母亲生下哈伯两天后去世。哈伯成长在俾斯麦治下德国的科学、

工业和军事迅速扩张的时期，在这样的环境下培养了他对德国坚定不移的忠诚。然而，母爱的缺失让他的职业生涯充满一种“持续的不安全感所要的过度补偿”。因此即使在事业巅峰时期，他也经常深陷焦虑和自我怀疑。<sup>[27]</sup>

中学时代，哈伯受父亲影响对化学产生强烈兴趣。1891年获得博士学位后，哈伯在化工厂和父亲的企业工作了一段时间。然而，他无法在工业界实现个人抱负，又决定重回大学。1896年，哈伯担任卡尔斯鲁厄高等工业学校（Karlsruhe Technische Hochschule）的编外讲师，研究领域从有机化学转向物理化学。1905年，哈伯出版代表作《工业气体反应热力学》（*The Thermodynamics of Technical Gas Reactions*），翌年升任教授。哈伯在化学工业上的经验，帮助他克服了将热力学测量的意义转化为工业过程中的各种困难。<sup>[28]</sup>（[5], p.86）

1912年，威廉皇帝学会物理化学和电化学所（Kaiser Wilhelm Institute for Physical Chemistry and Electrochemistry，以下简称物电所）成立，由哈伯出任所长。一战爆发后很快进入堑壕战，战争进入僵持的局面。哈伯认为化学武器可以用来打破堑壕战的僵局，迫使敌方投降，缩短战争时间，从而避免了大炮和机关枪对数百万人的屠杀。在这个意义上，他甚至认为化学武器是“人道的”。<sup>[29]</sup>他向军方建议用钢瓶释放氯气，这样不仅克服了德军炮弹供应不足的问题，而且回避了海牙公约中禁止使用含毒投射物的宣言，最重要的还是足够浓度的氯气可以致命。<sup>[30]</sup>由于德国化学工业有充足的氯气产能，1915年初哈伯率先在西线发动毒气战。哈伯不仅领导毒气的研究开发和生产供应，还直接参与前线毒气战的部署和指挥，以及毒气部队军官的选拔和训练。德军组建了毒气战部队皮奥尼尔35团（Pionier Regiment 35），哈伯负责招募科学家。除他之外，该团还有四位成员后来获得诺贝尔奖，他们是能斯特（Walther Nernst）、詹姆斯·弗兰克（James Franck）、古斯塔夫·赫兹（Gustav Hertz）和奥托·哈恩（Otto Hahn）。（[3], p.150）在哈伯的领导下，物电所向军工方向发展并迅速壮

大。1916年2月起，物电所承担的基本都是军工任务。年底，该所被纳入军事化管辖，全面转入化学武器的研制。<sup>[31]</sup>

哈伯的妻子克拉拉坚决反对毒气战。克拉拉是布雷斯劳大学的首位女博士，专业也是化学。获得博士学位的第二年，她与哈伯结婚。婚后，克拉拉放弃自己的事业成为家庭妇女。（[6], p.112）1914年12月，哈伯的实验室发生爆炸，造成一死一伤。死者奥托·萨库尔（Otto Sackur）是克拉拉读书时的朋友，这让克拉拉倍受打击。<sup>[32]</sup>哈伯用动物做毒气实验，克拉拉目睹了动物在芥子气、光气和氯气中痛苦死亡的惨状。她为毒气战的可怕景象感到绝望。她谴责哈伯的工作是“野蛮的标志，破坏了本应给生活带来新洞见的学科”，痛斥化学战是“对科学理想的扭曲”。<sup>[33]</sup>1915年5月1日，为庆祝毒气战的成功，哈伯在家中举行晚宴。克拉拉与他就化学战是否正义再次发生争吵，哈伯坚持战时的爱国责任高于一切。克拉拉当晚在花园中用哈伯的配枪自杀。次日，哈伯奔赴东线视察。（[32], pp.442-443）

在开始准备毒气战时，哈伯被直接从陆军下士提升为上尉，除了皇室成员之外，这样快的晋升在普鲁士军队中极为罕见。（[3], pp.149-150）（图1）哈伯是犹太人，但他首先认为自己是德国人，而成为德国军人更让他感

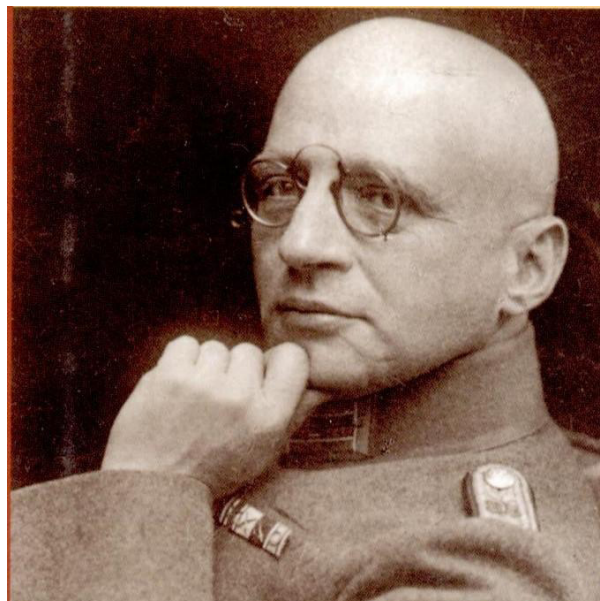


图1 哈伯军装照

到骄傲。哈伯有犹太血统,但他并未在犹太传统和文化中成长。他的继母海德薇(Hedwig, nee Hamburger)来自一个完全德国化的犹太家庭,虽然没有接受基督教洗礼,但没有保留犹太人的习俗。他的父亲和犹太社区也没有联系。<sup>[34]</sup>哈伯24岁时在新教教堂正式受洗,改宗基督教,希望暨此完全融入德国。<sup>[35]</sup>哈伯认为自己是德国人,但犹太血统还是给他带来障碍。他学术成果出众,又善于交际,却长期没有被提升为教授,主要原因可能就是德国大学中存在的反犹主义。<sup>[27]</sup>, p.27)然而,哈伯相信犹太人 can 成为德国人。他甚至忽视一战后德国兴起的反犹主义浪潮,认为这只是一种暂时的现象,必然会随着德国的经济和政治状况的复苏而消亡。他认为犹太复国主义运动在德国不可行,也许它能为东欧和俄罗斯的犹太人提供出路,但不适用于德国这样一个高度发达的国家。<sup>[34]</sup>, pp.191-192)历史的进程证明他错了,1933年纳粹上台,1934年他死在流亡的路上。

哈伯在德国的“科学-工业-军事复合体”(scientific-industrial-military complex)的形成过程中的发挥着关键作用。<sup>[36]</sup>一战期间,德国的科研体系迅速发生着机构变革和功能分化。在国家的支持下,一个高度集中化、紧密联结研究所、大学和工业实验室的完整系统已经出现。哈伯是为德国政府和军方提供建议的最重要的科学家之一,在发动毒气战的过程中他承担着中介者、组织者和创新者的三重角色。<sup>[4]</sup>, p.14)德国化学在1914年已经是高度工业化的科学,形成了良好的、体制化的学术-工业关系。化工生产具有军民两用的特征(the concept of “dual use”),毒气研发促使德国的染料公司开始彻底向军工转型。1915年的伊泊儿毒气战之后德国的“军事-工业-学术复合体”(military-industrial-academic system)加速成型。<sup>[37]</sup>现代战争不仅在军事战场上进行,而且还在工业战场上进行;不仅要调动军队和武器,而且要调用全部的经济和社会资源。一战是现代化学工业发展的一个分水岭,其特征不是发现了新方法或者新产品,而是迅速把已有的技

术革新投入大规模生产。由于德国政府和军方的直接介入,德国化学工业在战时经济的“工业温室”中野蛮生长,最终在一战后成为庞大的、垄断性的组织。<sup>[26]</sup>, p.92)

### 三、“化学家的战争”与化学家的伦理责任

哈伯带领德国率先发动了毒气战,协约国也随即加入化学战的行列。1917年,英国皇家化学学院(Royal Institute of Chemistry)的秘书皮尔彻(Richard B. Pilcher)把第一次世界大战称为“化学家的战争”。<sup>[38]</sup>一战也彻底改变了英国科学界和化学工业的组织和运作方式。1915年英国军需部(Ministry of Munitions)成立,开始着手组建新的公司,整合国内的工业力量,动员科学家参与相关研发,以解决军需物资短缺的困境。1916年,在合并已有化工公司的基础上组建了英国染料有限公司(British Dyestuffs Ltd.),确保与战争相关的化学品的生产。英国政府还为化工产业扩大生产提供贷款,并改善大学教育为工业提供科学人力资源。同年,英国政府创建科学和工业研究部(The Department of Scientific and Industrial Research, DSIR),加强英国政府、军方、科学界和工业界的联系,大力推进与军事和工业密切相关的科学研究。<sup>[13]</sup>, pp.232-233)到1917年,英国大学的大多数化学家都已卷入与战争相关的科学研究,主要是提高炸药、毒气、药品和染料的产量。在化学家的帮助下到1918年底英国的化学工业已经可以和德国相抗衡。因为发明了新的合成工艺,一战结束时英国的芥子气产量已经是德国的30倍,而成本仅为德国的1/30。<sup>[39]</sup>

法国政府也成立了化学战的生产部门,加强科学界、工业界和军方的联系,进行化学战物资的研发和生产。法国的化学工业相较德国落后,而且存在明显的缺陷就是氯气生产能力低下。法国的化学家寻找其他方式,将释放毒气改进成毒气炮弹,减少对天气情况的依赖,也能更精确地打击目标。军需物资的生产除依靠政府的企业之外,还将大部分生产分

包给全国的小型私营企业补充产能。<sup>[40]</sup>1917年4月美国加入一战。美国此时已经是世界领先的工业强国，但化学工业还无法与德国相比。参战前，美国陆军“没有防毒面具，没有进攻性化学品的供应，部队没有接受过毒气训练。”但这一状况迅速改观。美国化学学会（American Chemical Society）积极向美国政府提供支持，发动全美国的化学家加入化学战的研发任务中。美国联邦矿业局（Federal Bureau of Mines）负责起研发毒气的主要任务，并得到美国各大学的化学院系的全力帮助。到1917年5月底，已经有21个大学或学院的实验室为美国联邦矿业局工作。在所有被征召从事毒气研究的化学家中，只有一位表示拒绝。在战争的环境下美国的化学工业迅猛发展，美国化学家在“短短两年内完成了德国过去四十年的工

作”。<sup>[41]</sup>

一战期间，德国与英国、法国和美国在毒气战上的军备竞赛，实际上是参战双方的化学家的科研竞赛，呈现出一种你追我赶的激烈态势，化学武器的科技创新和迭代非常迅速（表1）。（[37]，p.146）

一战导致半个世纪以来欧洲普遍的科学国际主义迅速衰落。哈伯的名言“和平时服务于人类，战时则为祖国而献身”（To serve mankind in peace and the fatherland in war），在某种意义上是参战双方的大多数科学家的共识。1914年10月4日，普朗克、伦琴和哈伯等93名德国科学家、学者和艺术家共同签署《告文明世界书》（亦称《九三宣言》），表示对德国参加一战的坚定支持，引起了协约国知识界和公众的强烈反感。战后，协约国的科学家将

表1 一战化学武器的科技创新

年份	德军首次使用	协约国首次使用
1914	10月：刺激剂（榴霰弹）	8月：刺激剂（枪榴弹，法国）
		11月：刺激剂（手榴弹，法国）
1915	1月：刺激剂（炮弹，用于东线） 4月：氯气（毒气云） 5月：氯光气（毒气云）	
	6月：刺激剂（迫击炮弹）	6月：刺激剂（迫击炮弹） 9月：氯气（毒气云，英国） 秋季：多种刺激剂/毒剂（毒气弹，手榴弹）
1916	3月：双光气[类光气物质，毒性较小]（绿十字炮弹）	2月：光气[剧毒]（炮弹，法国） 7月：氰化氢[有毒]（炮弹） 8月：三氯硝基甲烷[强刺激性]（炮弹） 10月：氯化氰[类氰，毒性较低]（炮弹，手榴弹）
1917	春季：苯肼化二氯（绿十字炮弹） 7月：二苯基氯砷（蓝十字含砷炮弹） 7月：二氯乙基硫化物（黄十字/芥子气炮弹） 10月：光气（设计桶装，用于意大利的卡波雷托）	8月：光气（设计桶装，英国）
1918	春夏之交：蓝十字、绿十字变体（炮弹）	6月：芥子气（炮弹，英国） 9月：芥子气（炮弹，英国/美国） 化学品：硫酸二甲酯（毒剂炮弹）溴苯氰化物（刺激剂炮弹） 已准备但未使用：路易氏剂、亚当氏剂（砷类物质的炮弹）

注：表中主要列出1914-1918年德国和协约国的化学武器的首次使用情况。加粗表示最重要的创新。表中未列出战争前两年双方都使用的一些不同类型的刺激性物质，以及当时研发的不重要的战争化学品。

译名参考：中华人民共和国应急管理部危险化学品目录（2015版）：[https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/xgxywj/wxhxp\\_228/201503/W020200317436190600087.pdf](https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/xgxywj/wxhxp_228/201503/W020200317436190600087.pdf)；中华人民共和国海运污染危害性货物名录：<https://www.msa.gov.cn/public/documents/document/mdi0/otm0/~edisp/20150612024934998.pdf>

德国科学家排除在新成立的国际研究理事会(International Research Council)及下属的专业委员会之外,并禁止在国际科学交流中使用德语。科学国际主义被进一步削弱,科学的“民族国家转向”日益盛行。<sup>[42]</sup>科学国际主义是诺贝尔奖评选的基本立场和价值导向,通过颁发诺贝尔奖来宣扬科学国际主义,加强各国之间的科学交流与合作,促进世界和平与人类进步。然而,1914年一战爆发以后,协约国与同盟国双方的科学家极少提名敌对阵营的科学家作为诺奖人选,战前科学国际主义的黄金时代已经一去不复返。<sup>[43]</sup>

哈伯在1912年、1913年、1915年、1916年和1918年多次被提名诺贝尔化学奖。1916年诺贝尔化学奖委员会没有推荐哈伯有两方面的考虑:第一,由于保密等原因目前很难判断合成氨工艺的实际价值和效果,因此也无法决定是单独授奖给哈伯,还是他和博施共同获奖。第二,合成氨工艺主要用于生产炸药,帮助德国进行战争,瑞典作为中立国颁奖给它在政治上是不明智的。1918年诺贝尔化学奖委员会推荐哈伯为化学奖得主,着重强调合成氨工艺未来对农业的价值,避而不谈它在军事上发挥的

作用。但是诺贝尔化学奖委员会的主席哈马斯滕(Olof Hammarsten)坚持1916年的立场,并且向瑞典科学院提交了正式的书面意见。瑞典科学院的投票结果支持哈马斯滕的意见,决定1918年不颁发奖项。1919年哈伯对瑞典科学院的游说得到回报,哈马斯滕也转而支持哈伯,最终他被授予1918年的诺贝尔化学奖。普朗克和斯塔克(Johannes Stark)分别获得1918年和1919年的诺贝尔物理学奖。给三位德国人颁发诺奖充分体现了瑞典科学院大多数成员的亲德倾向,以这种方式帮助德国科学在战后重返国际科学界,重建它的国际地位。然而,哈伯作为毒气战的发起者,合成氨工艺又主要用于生产炸药,使德国在一战中得以坚持更久,给哈伯颁发1918年的诺贝尔化学奖引起协约国的科学界和公众的巨大不满。即使在瑞典国内对此事也充满争议。<sup>[44]</sup>

毒气战极其残酷,死亡来得缓慢而痛苦,战场上已没有荣誉可言,现代战争变得肮脏和无法想象的恐怖(图2)。毒气不仅给士兵带来无法治愈的身体伤害,还会伴有长期的战后应激反应,如毒气神经官能症和毒气瘕症等。然而,哈伯坚持毒气战是更“人道的”战争,“毒



图2 1918年4月10日,在埃斯泰尔战役中因芥子气导致失明的英军第55师士兵

气肯定不比横飞的弹片更可怕，相反，毒气的受伤率相对更小些，没有造成残缺或者随后还会再有什么伤害。”<sup>[45]</sup>哈伯认为毒气也是一种心理武器，可以“把士兵从领袖手中的利剑变成一堆无助的可怜虫”。在他看来，毒气战是战争进化的必然阶段，火炮、机枪和铁丝网等技术进步带来堑壕战，这种长期僵持的阵地战必然会促使发明和使用毒气来打破局面。毒气战对于工业化程度高的国家更为有利，相对来说德国比英法更有优势，而俄国完全处于劣势地位。传统战争像是西洋跳棋，毒气战更像是国际象棋，要求交战双方不断地研发新的毒气和防毒面具，相互间的应对刺激着它们的发明、创新和改进。<sup>[46]</sup>哈伯在一战后被协约国正式列为战犯，但他逃脱了审判，还获得了1918年的诺贝尔化学奖。然而，哈伯和毒气战中的化学家所应负的伦理责任并不能就此一笔勾销。

首先，哈伯在毒气战中应负有多大责任。是否可以认为哈伯只是毒气战中的一名化学家，如果他没有研发毒气，也会有其他人去干，

因此他可以被免除承担责任。“可替代的借口”（the replaceability excuse）强调个体的工作可以被取代，因而是否参与对最终后果没有影响。或者，进一步采用“小土豆借口”（the small potatoes excuse），认为个体的工作微不足道，因而承担的责任也可以忽略不计。这两种借口实际上都不能成立，无法为哈伯和毒气战中的化学家开脱。参与毒气研发的每位化学家都必须为毒气战的最终后果负责，无论他们的工作是否可以被其他人来干。哈伯作为毒气战的发起者、推动者和领导者，他应该为毒气战给人类带来的危害负首要的责任（图3）。<sup>[47]</sup>

第二，化学家是否可以从事化学武器及相关的研究。这是一个非常复杂的伦理问题。化学家的职业伦理很难简单应对这个问题，化学家还具有其他的社会身份，对不同群体的义务可能使他陷入伦理困境。化学家作为公民有义务为国防做贡献，参与武器研发，作为雇员他可能被迫从事相关的研究；而作为人类社会的一员，化学家或许会认为使用化学武器是不道



图3 哈伯在一战战场上释放毒气的讽刺画，作于1910-1940年之间。原作现存于费城科学史研究所的耶奥格·布雷迪格和马克斯·布雷迪格档案（the Papers of Georg and Max Bredig）

德的。<sup>[48]</sup>“和平时服务于人类，战时则为祖国而献身”，哈伯的这句名言就是用爱国主义为他自己在毒气战中的行为辩护。化学武器是反人类的。无论功利主义还是道义论都证明了从事化学武器研究在道德上是错误的，对此爱国主义绝不是一个站得住的借口。<sup>[49]</sup>

## 结 语

1925年签订的《日内瓦公约》禁止使用化学武器，但没有禁止研发、生产或者存贮化学武器。它更像是一个保证不首先使用的声明。英国、法国、德国、意大利、苏联和中国等43个国家都加入了《日内瓦公约》，但美国和日本拒绝加入。一战期间美国的化学家、化学工业和军方已经形成强有力的利益联盟，成功阻止美国国会批准加入《日内瓦公约》。<sup>[50]</sup>日本没有对欧洲的毒气战感到恐惧，反而把它看作未来战争的方向，全面加快化学武器的研发。1928年日军已经拥有40个化学武器实验室、20个附属工厂和数百名科学家和技术人员。从20世纪30年代开始，侵华日军就在中国大肆使用化学武器。二战后，中国政府向远东国际军事法庭就日本的生化战争罪行提起诉讼，但由于美国的介入该控告最终被撤销。<sup>[51]</sup>1939年9月，希特勒重申不发动化学战的承诺。然而，无论德国还是英美两国都积极为化学战做准备，生产和贮存大量的毒气，研发新的化学武器，以不断加强互相威慑和某种自欺欺人的方式避免化学战。最终，发生巴里港芥子气泄露事件，造成1000余名盟军士兵死亡。<sup>[52]</sup>美军在越南战争中大规模使用化学武器，直到越战即将结束，1975年1月美国才加入《日内瓦公约》。

1993年国际社会缔结《禁止化学武器公约》，禁止发展、生产、储存和使用化学武器，并于1997年正式生效。计划在2007年最迟到2012年销毁所有的化学武器及其生产设施，这一任务并未实现。而且，该公约允许进行化学武器的研究。目前美国等许多国家仍在进行化学武器的研究。在化学武器和化学战的发明创造中，哈伯是始作俑者和主要代表人物之一。

从最初德国的有机合成工业复合体开始，到目前更广泛、复杂和多样的科学-工业-军事复合体，化学家的社会责任和伦理问题变得日益突出而无法回避。在当今战争威胁不断加剧的国际政治环境下，化学家很可能面临许多艰难的道德抉择。重述哈伯的故事，其意义最终将指向马普学会副主席舒斯(Ferdi Schüth)的话，“首先，作为一名化学家，作为那些发明和使用这种残酷的武器，或者更准确地说是大规模无差别杀伤性武器的人的同行，我感到有责任阻止任何类似的事情再发生。作为一名化学家，我希望我们专业的杰出人物将研究导向帮助人类而不是用于研究杀人。我们必须把这个教训告诉下一代，我相信今天绝大多数化学家和我想的一样。”<sup>[53]</sup>

## [参 考 文 献]

- [1] R. C. 古普塔. 化学战剂毒理学手册[M]. 蒋辉、裴承新等译, 北京: 化学工业出版社, 2017, 2.
- [2] Baker, D. J. *Toxic Trauma*[M]. London: Springer London, 2014, 15.
- [3] Kloot, W. V. D. 'April 1915: Five Future Nobel Prize-Winners Inaugurate Weapons of Mass Destruction and the Academic-Industrial-Military Complex'[J]. *Notes and Records of the Royal Society*, 2004, 58(2): 149-160.
- [4] Margit, S.-J. 'The Scientist as Expert: Fritz Haber and German Chemical Warfare During the First World War and Beyond'[A], Friedrich, B., Renn, D. H. J., Schmaltz, F., et al. (Eds.) *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences*[C], Cham: Springer, 2017, 11-23.
- [5] 张清建. 弗里兹·哈伯: 一代物理化学巨匠[J]. 自然辩证法通讯, 2009, 31(2): 81-88; 109; 112.
- [6] 傅梦媛、田松. 克拉拉·伊梅瓦尔博士: 科学史中一颗延迟闪亮的星[J]. 自然辩证法通讯, 2019, 41(9): 110-117.
- [7] 周程、周辉. 合成氨何以在德国率先实现了产业化?——兼谈我国战略性新兴产业的培育政策取向[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(3): 78-86.
- [8] 周程、周雁翎. 战略性新兴产业是如何育成的?——哈伯-博施合成氨法的发明与应用过程考察[J]. 科学技术哲学研究, 2011, 28(1): 84-94.
- [9] 余秀峰、郝海望、黄水根、程绍鹏. 现代化学战之父——弗里茨·哈伯[J]. 军事史林, 2014, (4): 35-38.

- [10] Homburg, E. 'Chemistry and Industry: A Tale of Two Moving Targets'[J]. *Isis*, 2018, 109(3): 565–576.
- [11] Kragh, H. S. 'Chemistry and Technology'[A], Olsen, J. K. B., Pedersen, S. A., Hendricks, V. F. (Eds.) *A Companion to the Philosophy of Technology*[C], Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2009, 123–127.
- [12] Meinel, C. "'... To Make Chemistry More Applicable and Generally Beneficial'—The Transition in Scientific Perspective in Eighteenth Century Chemistry'[J]. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 1984, 23(5): 339–347.
- [13] Marsch, U. 'Transferring Strategy and Structure: The German Chemical Industry As An Exemplar for Great Britain'[A], Lesch, J. E. (Ed.) *The German Chemical Industry in the Twentieth Century*[C], London: Springer Netherlands, 2000, 217–241.
- [14] Johnson, J. A. 'The Academic-Industrial Symbiosis in German Chemical Research, 1905-1939'[A], Lesch, J. E. (Ed.) *The German Chemical Industry in the Twentieth Century*[C], London: Springer Netherlands, 2000, 15–56.
- [15] 乐宁, 李比希: 振兴德国化学工业的巨擘[J]. 自然辩证法通讯, 1983, (3): 69–79.
- [16] Alan, R. 'Dilemmas of 19th-Century Liberalism among German Academic Chemists: Shaping A National Science Policy from Hofmann to Fischer, 1865-1919'[J]. *Annals of Science*, 2015, 75(2): 224–241.
- [17] Margit, S-J. 'Science and Social Space: Transformations in The Institutions of Wissenschaft from the Wilhelmine Empire to the Weimar Republic'[J]. *Minerva*, 2005, 43(1): 339–360.
- [18] Meinel, C. 'August Wilhelm Hofmann-Reigning Chemist-in-Chief'[J]. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 1992, 31(10): 1265–1282.
- [19] Johnson, J. A. 'Germany: Discipline-Industry-Profession. German Chemical Organizations, 1867-1914'[A], Nielsen, A. K., Štrbaňova, S. (Eds.) *Creating Networks in Chemistry: The Founding and Early History of Chemical Societies in Europe*[C], London: Royal Society of Chemistry, 2008, 113–138.
- [20] Johnson, J. A. 'Between Nationalism and Internationalism: The German Chemical Society In Comparative Perspective, 1867-1945'[J]. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 2017, 56(37): 2–17.
- [21] 樊春良. 19世纪德国的科学体制化[J]. 自然辩证法研究, 1996, (5): 45–50.
- [22] 刘立. 德国化学工业的兴起[M]. 太原: 山西教育出版社, 2008, 94.
- [23] Streb, J., Wallusch, J., Yin, S. 'Knowledge Spill-Over from New to Old Industries: The Case of German Synthetic Dyes and Textiles (1878-1913)'[J]. *Explorations in Economic History*, 2007, 44(2): 203–223.
- [24] 大卫·奈特. 现代科学简史: 从蒸汽机到鹧鸪求偶[M]. 叶绿青、叶艾莘、陈洁译, 北京: 电子工业出版社, 2018, 68.
- [25] Chris, A. 'Applied Catalysis: A Predictive Socioeconomic History'[J]. *Topics in Catalysis*, 2009, 52(8): 924–934.
- [26] Margit, S-J. 'Losing the War, But Gaining Ground: The German Chemical Industry During World War I'[A], Lesch, J. E. (Ed.) *The German Chemical Industry in the Twentieth Century*[C], London: Springer Netherlands, 2000, 91–121.
- [27] Harris, H. 'To Serve Mankind in Peace and the Fatherland in War. The Case of Fritz Haber'[J]. *German History*, 1992, 10(1): 24–38.
- [28] Jennings, J. R. *Catalytic Ammonia Synthesis*[M]. New York: Springer US, 1900, 4–5.
- [29] Friedrich, B., James, J. 'From Berlin-Dahlem to the Fronts of World War I: The Role of Fritz Haber and His Kaiser Wilhelm Institute in German Chemical Warfare'[A], Friedrich, B., Renn, D. H. J., Schmaltz, F., et al. (Eds.) *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences*[C], Cham: Springer, 2017, 25–44.
- [30] Thompson, P. 'The Pale Death: Poison Gas and German Racial Exceptionalism, 1915-1945'[J]. *Central European History*, 2021, 54(2): 273–296.
- [31] 费爱心、王安轶、关瑜楨. 哈纳克原则的遵循与背离: 威廉皇帝学会对一战的因应[J]. 自然辩证法研究, 2022, 38(6): 84–89.
- [32] Friedrich, B., Hoffmann D. 'Clara Haber, nee Immerwahr (1870-1915): Life, Work and Legacy'[J]. *Zeitschrift Fur Anorganische Und Allgemeine Chemie*, 2016, 642(6): 437–448.
- [33] Meschel, V. 'A Modern Dilemma for Chemistry and Civic Responsibility: The Tragic Life of Clara Immerwahr'[J]. *Zeitschrift Für Anorganische Und Allgemeine Chemie*, 2012, 638(3-4): 603–609.
- [34] Nachmansohn, D. *German-Jewish Pioneers in Science 1900-1933*[M]. New York: Springer, 1979, 169.
- [35] Dunikowska, M., Turko, L. 'Fritz Haber: The Damned

- Scientist'[J]. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 2011, 50(43): 10050-10062.
- [36] Stern, F. 'Fritz Haber: Flawed Greatness of Person and Country'[J]. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 2012, 51(1): 50-56.
- [37] Johnson, J. A. 'Military-Industrial Interactions in the Development of Chemical Warfare, 1914-1918: Comparing National Cases Within the Technological System of the Great War'[A], Friedrich, B., Renn, D. H. J., Schmaltz, F., et al. (Eds.) *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences*[C], Cham: Springer, 2017, 135-149.
- [38] Reed, P. 'John Fletcher Moulton and the Transforming Aftermath of the Chemists' War'[J]. *International Journal for the History of Engineering & Technology*, 2017, 87(1): 1-19.
- [39] Morrell, J. 'Research as the Thing: Oxford Chemistry 1912-1939'[A], Rowlinson, J. S. (Ed.) *Chemistry at Oxford: A History from 1600 to 2005*[C], London: Royal Society of Chemistry, 2009, 131-194.
- [40] Jeffrey, J. A. 'Chemical Warfare in the Great War'[J]. *Minerva*, 2002, 40(1): 93-106.
- [41] Scott, C. *The Last Gasp: The Rise and Fall of the American Gas Chamber*[M]. Oakland: University of California Press, 2010, 13, 42-43.
- [42] Fox, R. 'The Dream that Never Dies: The Ideals and Realities of Cosmopolitanism in Science, 1870-1940'[J]. *Studia Historiae Scientiarum*, 2017, 16: 29-47.
- [43] Crawford, E. 'Internationalism in Science as a Casualty of the First World War: Relations Between German and Allied Scientists as Reflected in Nominations for the Nobel Prizes in Physics and Chemistry'[J]. *Social Science Information*, 1988, 27(2): 163-201.
- [44] Sven, W. 'Science and Neutrality: The Nobel Prizes of 1919 and Scientific Internationalism in Sweden'[J]. *Minerva*, 1995, 33(4): 339-360.
- [45] Stoltzenberg, D. 'Scientist and Industrial Manager: Emil Fischer and Carl Duisberg'[A], Lesch, J. E. (Ed.) *The German Chemical Industry in the Twentieth Century*[C], London: Springer Netherlands, 2000, 57-89.
- [46] Coffey, P. *Cathedrals of Science: The Personalities and Rivalries that Made Modern Chemistry*[M]. Oxford: Oxford University Press, 2008, 108.
- [47] Lackey, P. 'Military Funds, Moral Demands Personal Responsibilities of the Individual Scientist'[J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1989, 577(1): 122-130.
- [48] Jeffrey, K. 'Ethics in Science: The Unique Consequences of Chemistry'[J]. *Accountability in Research*, 2015, 22(6): 312-329.
- [49] Schummer, J. 'Ethics of Chemical Weapons Research: Poison Gas in World War One'[A], Schummer, J., Børsen, T. (Eds.) *Ethics of Chemistry*[C], Singapore: World Scientific Publishing, 2021, 5-28.
- [50] Macleod, R. 'The Genie and the Bottle: Reflections on the Fate of the Geneva Protocol in the United States, 1918-1928'[A], Friedrich, B., Renn, D. H. J., Schmaltz, F., et al. (Eds.) *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences*[C], Cham: Springer, 2017, 189-211.
- [51] Guillemin, J. 'The 1925 Geneva Protocol: China's CBW Charges Against Japan at the Tokyo War Crimes Tribunal'[A], Friedrich, B., Renn, D. H. J., Schmaltz, F., et al. (Eds.) *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences*[C], Cham: Springer, 2017, 273-286.
- [52] 詹妮特·科南特. 伟大的秘密——从“二战”芥子气泄露事件到癌症化学疗法的发现[M]. 胡小锐译, 北京: 中信出版集团, 2021, 11-30.
- [53] Schüth, F. 'Foreword'[A], Friedrich, B., Renn, D. H. J., Schmaltz, F., et al. (Eds.) *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences*[C], Cham: Springer, 2017, v-vii.

[责任编辑 王大明]