

综述



加热不燃烧烟草制品发展现状及展望

刘亚丽, 王金棒, 郑新章, 邱纪青, 洪群业, 龚金龙, 郑路

中国烟草总公司郑州烟草研究院, 中国烟草科技信息中心, 郑州高新技术产业开发区枫杨街2号 450001

摘要: 为使我国科研技术人员把握国际烟草企业新型烟草制品中加热不燃烧产品的特点和技术走向, 对目前市场上销售及在研的加热不燃烧烟草制品进行总结和分析, 并着重对加热不燃烧烟草制品烟气化学的安全性进行了综述。结果表明: 在新型烟草制品领域, 专利数据显示三大跨国烟草企业(菲莫烟草、英美烟草及日本烟草)更注重在加热不燃烧烟草制品方面的技术开发, 尤其是菲莫烟草; 烟气化学对比分析表明加热不燃烧烟草制品是行业未来最具发展潜力的热点; 在加热不燃烧烟草制品技术领域, 电加热型(含混合型)在口感和降低有害成分释放方面优于碳加热型; 相比于纯电加热型产品, 混合型产品的有害成分释放量更低。

关键词: 新型烟草制品; 加热不燃烧烟草制品; 烟气化学; 环境烟气

引用本文: 刘亚丽, 王金棒, 郑新章, 等. 加热不燃烧烟草制品发展现状及展望 [J]. 中国烟草学报, 2018, 24 (4)

随着 WHO《烟草控制框架公约》的实施, 特别是世界各国公共场所吸烟禁令范围的逐步扩大, 新型烟草制品逐渐成为各大跨国烟草企业应对传统烟草制品销量日趋下滑的现实选择。在这种形势下, 我国烟草行业将加热不燃烧烟草制品(又称加热不燃烧烟草制品或低温烟草制品)、电子烟、口含烟等新型烟草制品的研发作为关系行业可持续发展的战略性、全局性、长远性重大课题。鉴于此, 本文首先对 2007~2016 年国外烟草企业所申请的新型烟草制品专利进行了统计, 对专利申请排名靠前的几家烟草企业的技术研发态势进行了总体分析; 然后聚焦四大跨国烟草企业目前市场在售或在研的加热不燃烧烟草制品, 对其产品类型进行了梳理归纳; 鉴于科技期刊文献出版周期短、报道及时、结果讨论等方面内容较为齐全等特点^[1], 着重从科技文献的角度对加热不燃烧产品的技术以及在烟气化学方面的研究动态进行了综述, 旨在为我国烟草行业加热不燃烧烟草制品的技术开发提供参考。

1 专利态势分析

相比于其他文献资料, 专利文献信息更能够及时全面反映某一领域的技术发展现状和前沿动态, 有

统计表明, 全世界每年 90%~95% 的发明创造成果均在专利文献中有记录^[2]。在烟草技术领域, 烟草企业往往占据科技创新的主体地位(基于我国烟用添加剂技术领域统计数据)^[3], 为揭示国外烟草企业在新型烟草制品领域的研发态势, 作者对 2007~2016 年近 10 年国外烟草企业所申请的新型烟草制品专利按照申请人进行统计分析, 其中排名前五的公司(以专利申请书上的申请人为准进行统计, 不考虑公司的兼并情况)见表 1。

表 1 国外烟草企业专利申请情况

Tab.1 Patent applications of foreign tobacco companies 件

排名	申请人	合计	加热不燃烧烟草制品	电子烟	口含烟
1	菲莫烟草公司	1140	517	344	279
2	雷诺烟草公司	336	70	74	192
3	日本烟草公司	246	155	28	63
4	英美烟草公司	204	119	22	63
5	美国无烟烟草公司	64	1	0	63

基金项目: 国家烟草专卖局新型烟草制品研制重大专项“新型烟草制品专利分析评估与策略研究”(110201401013)

作者简介: 刘亚丽(1981—), 硕士, 高级工程师, 主要从事烟草知识产权研究工作, Tel: 0371-67672636; Email: Lyl200681@163.com

通讯作者: 王金棒(1987—), Email: wangjinbangok@126.com

收稿日期: 2017-08-30; **网络出版日期:** 2018-04-08

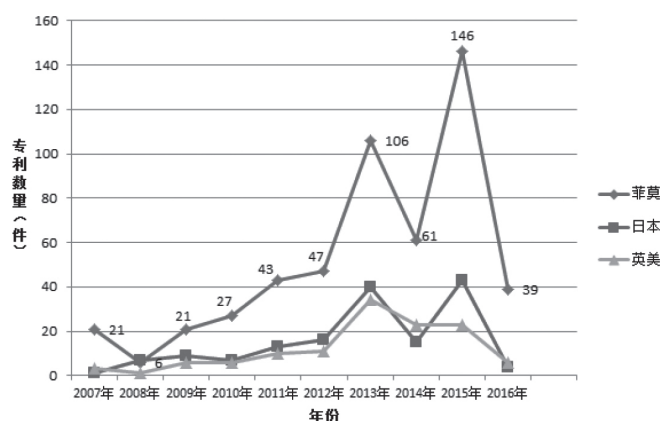


图1 菲莫烟草、日本烟草和英美烟草三家公司加热不燃烧烟草制品专利年度申请情况

Fig.1 Philip Morris Tobacco, Japan Tobacco and British American Tobacco Company annual patent applications for heat-notburn cigarettes

由表1可知,新型烟草制品专利申请总数排名前五位的跨国烟草企业除美国无烟烟草公司重点关注口含烟技术领域外,其余四家烟草公司对加热不燃烧烟草制品、电子烟和口含烟技术领域均比较重视并进行了专利布局。四家烟草公司中以菲莫烟草技术实力最强,在三种类别新型烟草制品的专利布局量遥遥领先,且以加热不燃烧烟草制品专利为主;雷诺烟草的专利主要布局在口含烟技术领域,电子烟和加热不燃烧烟草制品布局量相当,均为70件左右;日本烟草和英美烟草的专利布局主要以加热不燃烧烟草制品为主,其次是口含烟。

从专利布局看,在排名前5位的跨国烟草公司中,除雷诺烟草和美国无烟烟草的技术重点在口含烟方面外,菲莫烟草、英美烟草和日本烟草三大烟草公司均比较重视加热不燃烧烟草制品的专利布局,其中菲莫烟草的实力最为显著,增长势头最为明显(图1)。据欧睿国际近期调查数据显示,随着全球卷烟市场开始下滑,蒸汽产品呈现日益增长态势,其中加热不燃烧产品的增长最为强劲,其销售额将从2016年的20亿美元在2021年将增长到154亿美元^[4]。因此,在新型烟草制品领域,加热不燃烧烟草制品是行业未来最具发展潜力的热点。

2 产品与技术

目前市场在售或在研的加热不燃烧烟草制品(heat-not-burn(HNB) tobacco cigarettes)^[5]按加热方式主要分为电加热型、碳加热型以及燃料加热型三种。

2.1 电加热型

在加热不燃烧烟草制品的三个种类中,电加热吸烟系统(Electrically Heated Cigarette Smoking System (EHCSS))^[6]产品开发和技术研究最为广泛。菲莫烟草、日本烟草和英美烟草三大跨国烟草公司均在市场上推出了相应产品。

菲莫国际是较早进行电加热烟草制品技术研发的公司之一,该公司自2008年以来投资超过30亿美元进行新型烟草制品的研发^[7]。2016年12月,该公司已向美国食品药品监督管理局提交了低风险烟草产品的申请^[8]。其电加热产品经历了四代产品的更新换代,该公司IQOS电加热产品是目前世界上销售范围最广的加热不燃烧烟草制品,于2014年底在日本首发,至2016年8月仅一年多的时间便取得了日本烟草制品市场4%的份额^[9],截止目前,已在世界上28个国家和地区进行销售,预计至2021年将扩大到35个国家和地区^[4],为扩大IQOS装置、加热棒及相关配件的产量,菲莫烟草在德国、希腊、俄罗斯、瑞士、意大利及罗马尼亚等国家扩建或新建新型烟草制品工厂,未来市场规模还将继续扩大^[10]。

第一代电加热产品EHCSS-E,烟支整体工作温度约为600℃,明显低于传统烟草制品的燃吸温度(600~950℃),其代表性产品为1998年在美国销售的Accord, Accord具有一个类似手机大小的内含电池供电加热的装置,装置含8个铁铝合金加热片,使用时,将Accord无滤嘴烟草制品插入装置,消费者通过抽吸来启动加热元件加热烟草产生烟气,单口抽吸仅启动一个加热片(The cigarette delivers eight puffs, one for each blade.),以保证烟支抽吸的一致性,单支烟草制品可供抽吸8口^[11-12]。

第二代电加热产品EHCSS-JLI,烟支整体工作温度约为600℃,为进一步降低EHCSS-E产品烟气中的甲醛释放量,菲莫公司对第一代加热不燃烧烟草制品进行了改进。期望通过主流烟气中的其他组分对甲醛进行降解,经过一系列实验,该公司最终选择在烟草制品纸中添加磷酸铵镁来替代原先的碳酸钙添加剂来实现^[13-15]。

第三代电加热产品EHCSS-K,如图2所示,该产品着重对吸食体验以及系统的外观进行了改进。K系列产品与第二代相比,抽吸启动点火/加热更敏感,具有改进的可充电电池,分薄荷味和非薄荷味两种规格,且口味较前一版本得到改善^[16]。

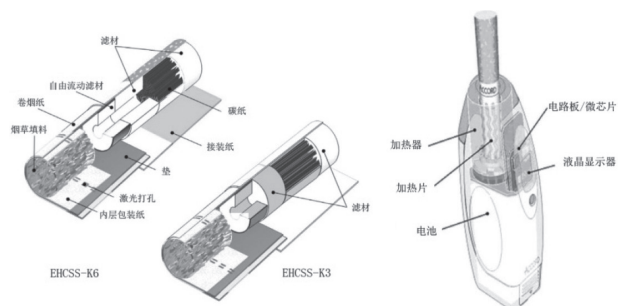
图2 菲莫烟草第三代电加热产品^[17]

Fig.2 The third generation electric heating products of Philip Morris Tobacco Company

第四代电加热产品 THS 2.2，其代表产品为 IQOS，相比于前三代产品，IQOS 的加热片的工作温度不超过 350℃，烟草温度不高于 300℃^[17-19]。如图 3 所示，该产品主要包括三个部分：1. 由烟末加工而成的片状烟草材料构成的烟棒（tobacco stick），其中烟草部分的重量约为 320 mg；2. 用于烟棒的插入和供热的夹持器（holder）；3. 用于对夹持器进行充电的装置（Charger）^[19]。该产品在滤嘴上也具有自己的特色，包括具有降低烟气温度的聚合物膜（PLA）段、模仿卷烟感官的低密度醋酸纤维丝束段、以及在烟草塞（原文，tobacco plug）和聚合物膜段之间设有起隔离支撑作用的中空醋酸纤维段^[19]。

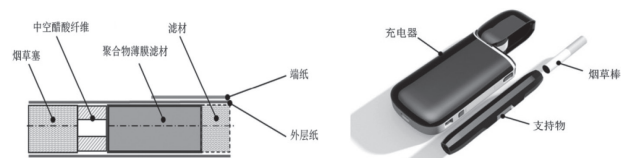
图3 菲莫烟草第四代 THS2.2 产品^[19]

Fig.3 The fourth generation THS2.2 products of Philip Morris Tobacco Company

从专利申请、科技文献的报道以及产品进入市场的时间看，相比于菲莫烟草，英美烟草和日本烟草在加热不燃烧烟草制品方面的技术研发启动相对较晚。英美烟草公司电加热型烟草制品的代表性产品主要是 GloTM/Neostiks 和 iFuseTM/Neopods。Glo 产品于 2016 年 12 月才引入到日本仙台市，10 周的销售就占据当地连锁便利店 5.4% 的份额，2017 年上半年销售扩展至东京和大阪，并且开始在韩国进行试销^[20-21]。iFuse 是英美烟草 2015 年创新的混合型产品，目前在罗马尼亚测试效果良好^[22-23]。

据英美烟草披露，Glo 产品是由来自世界五大洲 100 位知名的工业设计师、微工程师和制造商在英国完成的，如图 4 所示，该产品是采用独特的分段动态

加热模式，是一款可充电电加热装置，工作温度范围为 240~350℃^[24-25]。设定加热温度低于 250℃，使用时将超细烟支（直径 5.4 mm）插入 Glo 加热装置，供电加热产生气溶胶供消费者吸食。烟草制品烟支含有再造烟叶（reconstituted and cut tobacco）250 mg 和基于烟草干基质量大约 14.5% 的甘油（ca. 14.5% dwb glycerol）^[26]。如图 4 所示。

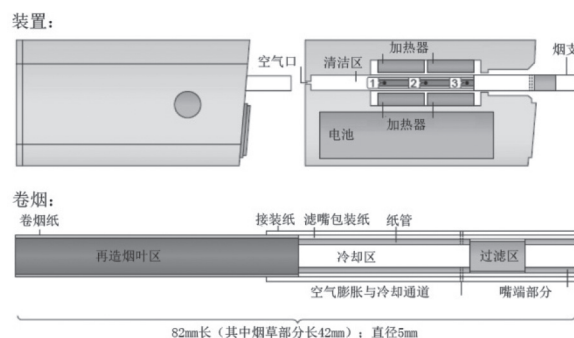
图4 英美烟草 Glo 产品^[26]

Fig.4 Glo product of British American Tobacco Company

iFuse 是英美公司对原有电子烟产品 Vype ePen 的改进，关键之处是 iFuse 在 Vype ePen 结构的基础上增设了可容纳 130 mg 烟草材料的腔室，结构如图 5 所示^[27]。按钮控制型电加热蒸汽装置包括 USB 可充电 650-mAh 锂电池（固定电压 3.6 V，充一次电可供抽吸 300 口）、集成电路控制器以及闭合系统雾化器（neopodTM）三部分。使用时，含丙二醇、甘油、水和尼古丁的电子烟液通过烧结多孔陶瓷片向镍铬合金（80%Ni/20%Cr）雾化器输送；烟液腔及气溶胶传输通道为聚丙烯材质，该产品在抽吸前仅需 1 秒预热时间^[27]，大幅提升了用户体验。使用时，电子烟液加热雾化成气溶胶，而后流经烟草腔携带出挥发性烟草香味成分，同时气溶胶温度由 35℃降低至 32℃，烟草温度约为 34℃^[25]。

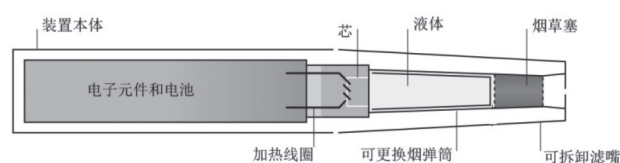
图5 英美烟草 iFuse 产品^[27]

Fig.5 iFuse product of British American Tobacco Company

从日烟国际官网所披露资料看，日本烟草早在 2014 年 6 月完成收购 Zandera 公司及其 E-Lites 电子烟时就已经在布局 Ploom 烟草蒸汽产品^[28]。2015 年 2 月日本烟草完成对 Ploom 公司及其专利权的收购，

更利于 Ploom 烟草蒸汽产品的开发^[29]。日本烟草的电加热产品如图 6 所示, 包括供能单元、含加热器和液体(甘油、丙二醇、水)的筒、烟草胶囊三个部分, 产品原理与 iFuse 相似, 但液体部分与电子烟成分不同, 不含有香味物质和尼古丁; 使用时通过电加热汽化液体部分, 蒸汽流经烟草胶囊, 携带出烟草中的烟气成分供消费者吸食, 每个胶囊可抽吸 50 口, 单个胶囊烟碱含量为 1.10 mg^[30-31]。产品名为 Ploom Tech, 是日本烟草加热不燃烧型中最畅销的一款, 已在日本和瑞士进行销售, 预计不久将进入欧洲市场^[32]。近期研究表明, 相比于传统卷烟, 该装置所释放烟气水平降幅在 99% 左右^[33]。

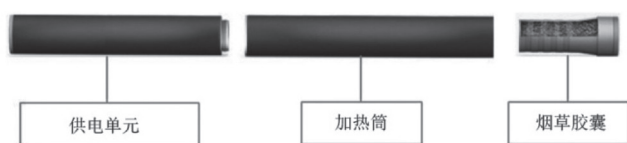


图 6 日本烟草 Ploom Tech 产品^[30]

Fig.6 Ploom Tech product of Japan Tobacco Company

2.2 碳加热产品

最早进行碳加热烟草产品(Carbon Heated Tobacco Product (CHTP))研究的是雷诺公司。雷诺公司先后推出了四款碳加热烟草产品 Premier — Eclipse — New Eclipse — TOB-HT。

Premier: 1988 年, 雷诺公司开发了世界上首款碳加热型烟草制品 Premier, 如图 7 所示^[34]。该产品利用蒸发/冷凝原理产生烟气, 以避免或减少高温分解及燃烧产物, 进而简化烟气成分, 产品包含四个部分: 碳源、铝质胶囊(胶囊外缠绕有烟草卷, aluminum capsule, which is surrounded by the tobacco roll)、再造烟叶及聚丙烯滤嘴。该产品简化了主/侧流烟气成分、降低了主/侧流烟气的生物活性以及大幅度减少了环境烟气^[35-36]。但是由于存在味道差、点燃困难、烟支后处理麻烦等问题, 该产品在商业上并没有取得成功。

Eclipse: 1995 年, 雷诺公司进一步发展了“低温”概念, 在美国、德国和日本推出了 Eclipse 产品。结构如图 8 所示^[37]。区别于 Premier, Eclipse 在第二部分增加了烟草或再造烟叶填料(添加有烟草提取物、甘油及香味物质)。该产品的烟气 75%~80% 是水和甘油, 在所释放的“焦油”(4 mg, FTC)中, 烟草热解的贡献量不足 1mg, 相比于常规卷烟, 烟气总量、有害物质含量及生物毒性显著下降^[35, 38]。尽管该产品的市场接受度好于 Premier, 但市场上的表现并未得

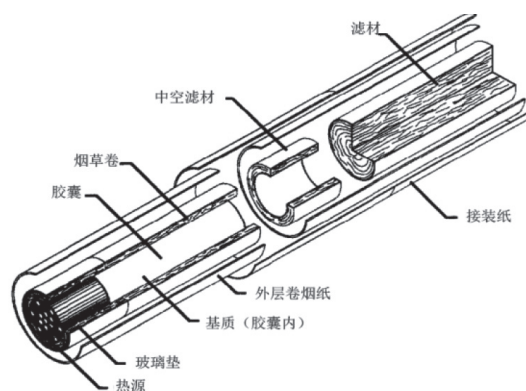


图 7 雷诺烟草 Premier 产品^[34]

Fig.7 Premier product of RJ Reynolds Tobacco Company

到明显改善^[39]。随后, 雷诺公司对 Eclipse 产品进行了重新定位, 2015 年 2 月在美国威斯康星州推出名为 Revo 的产品, 由于产品使用率未达到市场预期于当年 7 月底撤出市场^[40]。

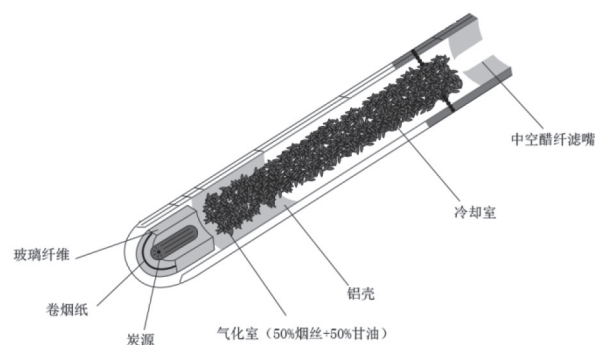


图 8 雷诺烟草 Eclipse 产品^[37]

Fig.8 Eclipse product of RJ Reynolds Tobacco Company

New Eclipse: 1997 年, 针对 Eclipse 吸阻大和异味等不足, 雷诺公司对其进行了改良, 并命名为 New Eclipse, 相比于 Eclipse, 改良产品在炭质热源的可点燃性以及口感方面得到明显提升, 另外, 还设计了具有中空结构的醋酸纤维滤棒, 二手烟的释放量下降了 80%^[36]。

TOB-HT: 1997 年雷诺公司依据低温概念还设计了一款名为 TOB-HT 的产品, 包括两段烟草柱, 在靠近炭质热源的一段含有大量的甘油, 该产品在抽吸时会燃烧少量的烟草, 研究表明, 在所选取的 25 种有害烟气成分中, TOB-HT 产品的释放量均低于 1R4F 和 1R5F 卷烟^[41]。

菲莫烟草: 2014 年菲莫公司首次在科技文献中公开了其在售的一款碳加热型烟草制品——CHTP (Carbon-heated tobacco product)^[42]。该产品由烟草

棒和炭质热源构成，使用时，特制的电打火机点燃炭源，对吸入的空气加热后流经烟丝段进而释放烟气成分，标准抽吸模式下可供抽吸 12 口^[43]。

日本烟草研发的碳加热型烟草原型样品（Prototype Heated Cigarette, PHC）如图 9 所示，包括四个部分：炭质热源（外围是玻璃垫）、烟草片（含香味物质和丙

二醇）、烟草棒、滤嘴（双重滤嘴，一个含活性炭，一个醋酸纤维），炭质热源和烟草片由传统铝纸包裹。抽吸时，燃烧的炭源对流经的空气加热，而后经过烟草片和烟草柱携带出挥发性成分供消费者使用（ISO 模式下，烟草片段最高温度仅 500℃），由于烟草材料未燃烧，烟气释放大幅度下降^[44-45]。



图 9 日本烟草碳加热型产品^[44]

Fig.9 Carbon heating products of Japan Tobacco Company

2.3 燃料加热型产品

具有代表性的燃料加热型产品是由 Ploom 公司开发，在被日本烟草并购后成为日本烟草在新型烟草制品领域的专利产品之一，仅出现在专利申请文件中，如在中国的同族申请中就有 CN200680026317.6、CN201210129768.X、CN 201310724732.0、CN 2015100003468.0 和 CN 200880126977.0 等相关申请，截止目前尚未在科技期刊进行报道。产品结构如图 10 所示，包括点火器、加热室和雾化室等，使用前，拆下烟嘴，将烟丝卷装入加热器的雾化室，然后将烟嘴重新插回封闭；使用时，加热室导热外盒中的铂或钯催化丁烷无火焰燃烧，热量通过传导、对流和辐射方式传递到烟丝卷，进而产生烟气供消费者使用。另外，设备空气入口的大小以及取向设计也是产品创新的亮点，能够保证产品工作温度的稳定。

2.4 其他

类似于加热不燃烧的“低温”理念，日本烟草还开发了一款名为 Zero style 的特色产品，是一款无需加热型烟草制品。如图 11 所示，Zero style 由一个圆锥形吸嘴和含片状再造烟叶的筒构成，再造烟叶片中含有水、香味成分、碳酸钾和丙二醇。使用时，消费者可以像抽吸常规卷烟一样抽吸该产品，在气流的作用下携带出烟草材料中的挥发性成分供消费者吸食^[47]。

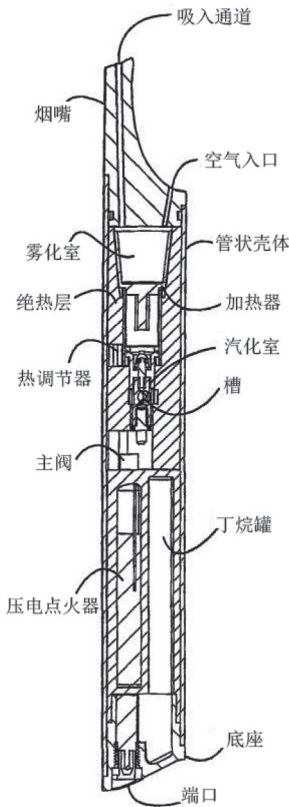


图 10 日本烟草化学反应加热型产品^[46]

Fig.10 Heating products of Japan Tobacco Company

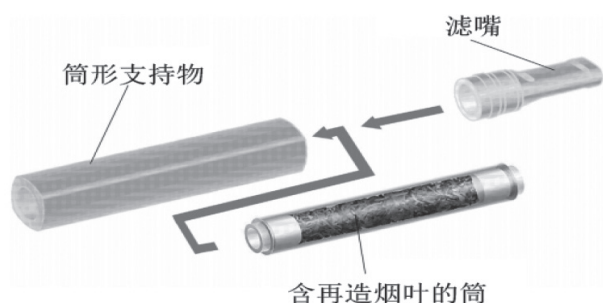
图 11 日本烟草 Zero style 产品^[47]

Fig.11 Zero style products of Japan Tobacco Company

3 烟气化学

卷烟燃吸时温度高达 950℃，大约会产生 7000 余种烟气成分^[48]。在这些烟气成分中存在较多有害人体健康的组分，其中比较有名的是“霍夫曼名单”^[49]。为了降低烟气对消费者身体健康的不良影响，各烟草公司开展了大量基于降低焦油和尼古丁含量的改良技术研究，包括加热不燃烧烟草制品^[35,48, 50]。跨国烟草公司在进行加热不燃烧烟草制品产品开发的同时，对其烟气化学的安全性也进行了系列研究。

3.1 烟气分析

起初，在卷烟烟气有害成分释放规律方面，日本烟草的 K. Torikai 研究表明在所分析的 29 种有害烟气成分中有 96.6%（28 种）的有害成分主要形成在 800℃ 温度范围内，且当温度高于 350℃ 时有害成分的释放量增速相对较快^[51]。

对于菲莫烟草第一代加热不燃烧烟草制品，菲莫烟草的 R. Stabbert 研究表明相比于参比卷烟 1R4F，以单支烟计，在选取的 69 种有害成分指标中，2/3 的成分降幅达 80% 以上；以单位总粒相物（TPM）计，2/3 的成分降幅在 50% 以上，且很多组分的降幅高于 90%，但每支烟主流烟气中的甲醛释放量是参比卷烟的 2.4 倍，而以每支烟单位 TPM 的甲醛释放量来进行比较的话，则是参比卷烟的 7.1 倍^[52]。对于第二代加热不燃烧产品，菲莫烟草的 E. Roemer 和 O. Moennikes 等研究发现相比于卷烟纸添加碳酸钙的第一代产品，磷酸铵镁的使用使得单支烟的有害成分释放量进一步下降 40%，其中甲醛的降幅达 70%，但 2-硝基丙烷和 HMT（hexamethylenetetramine，

六亚甲基四胺）的量有所增加，增幅分别为 22% 和 39%^[14-15]。对于第三代加热不燃烧产品，菲莫烟草的 M. S. Werley 等研究表明相对于万宝路卷烟（Marlboro lights 和 Marlboro ultra lights），电加热型烟草制品单支的焦油和尼古丁释放量降低 50%~60%；CO、NO_x、1,3-丁二烯、异戊二烯、丙烯腈、稠环芳烃、HCN、芳香胺、烟草特有亚硝胺、苯酚等成分的降幅高于 90%；2-硝基丙烷的降幅高于 40%^[17]。对于第四代加热不燃烧产品 THS2.2（IQOS），菲莫烟草的 I. G. Suarez 等研究发现相比于 3R4F 卷烟，所分析的 53 种有害烟气成分大幅度下降，降幅为 64%~99.9%，且大多数的降幅高于 85%^[52]。随后菲莫烟草的 J. P. Schaller 等研究也发现 THS2.2 烟气中大多数有害成分的降幅均在 90% 以上，且不受极端气候条件的影响^[5]。此外，J. P. Schaller 等研究还发现叶组配方对 THS2.2 烟气中大多数有害成分的释放量影响很小，但可以通过减少烘烤烟叶的使用比例进一步降低其释放水平^[5]。

对于英美烟草混合型产品 iFuse，英美烟草的 S. Poynton 等研究表明，对于管制机构所公布的 113 种有害烟气成分中仅有 26 种能够可被定量分析，且 iFuse 产品的释放水平与其相应电子烟产品的相当；对于世卫组织所公布的 9 种有害成分，iFuse 单口释放量比 3R4F 降低了 91%~99%；另外，电子烟气溶胶流经烟草能够携带出烟草内部分挥发性香味物质，进而改善吸食口感^[54]。对于加热型产品 Glo，英美烟草的 S. Poynton 和 D. Breheny 等研究表明相比于 3R4F，有害成分的释放水平大幅下降^[24,54]。二者对比显示，Glo 产品单口气溶胶中大部分 HPHCs 的降幅弱于 iFuse，但 iFuse 单口气溶胶中 CO 及金属元素的含量高于 Glo。

为便于对比分析，先将菲莫烟草四代加热不燃烧烟草制品和碳加热产品、英美烟草的加热不燃烧产品以及 1R4F 和 3R4F 常规卷烟的单支烟烟气检测数据列表 2 所示（为方便数据间的对比，Glo 和 iFuse 产品数据换算为抽吸 12 口的结果）。整体来看，电加热型产品在有害烟气成分释放方面优于碳加热型产品，是未来新型烟草制品最具发展潜力的产品。

表 2 1R4F、3R4F、Premier、CHTP、EHCSS-E、EHCSS-JLI、EHCSS-K、THS2.2 以及 Glo 和 iFuse 烟气化学数据表
Tab.2 1R4F, 3R4F, Premier, CHTP, EHCSS-E, EHCSS-JLI, EHCSS-K, THS2.2, Glo and iFuse flue gas chemical data sheets

样品类型	常规 ^[52]	常规 ^[53]	碳加热 ^[55]	碳加热 ^[56]	电加热 ^[52]	电加热 ^[55]	电加热 ^[17]	电加热 ^[53]	电加热 ^[57]	混合型 ^[57]
样品	1R4F /cig	3R4F /cig	Premier /cig	CHTP /cig	EHCSS -E//cig	EHCSS -JLI//cig	EHCSS-K /cig	THS2.2 /cig	Glo /12p	iFuse /12p
FTC 抽吸 (mg)										
总粒相物	11.44±0.75	49±1.5		10.44	3.85±0.12	~6	5.86±0.08	48.2±0.8	0	0
焦油	9.47	31.2±0.6		4.36	2.36		3.1±0.19	10.3±0.3	0	0
尼古丁	0.96±0.07	1.89±0.05	0.33		0.26±0.04	0.3	0.313±0.002	1.32±0.05	1.08	0.24
Glycerol	0.85±0.07	2.42±0.04		2.468	0.62±0.04			4.63±0.26	0	0
Water	1.01±0.13	15.8±0.9		5.64	1.23±0.15	2.5	2.45±0.24	36.5±1	0	0
Carbon monoxide	11.1±1.1	32.8±0.7	10.6	0.66	0.66±0.03		0.465±0.005	0.531±0.021	0.36	0.72
脂肪烃 (μg)									0	0
1,3-Butadiene	50.7±2.9	63.8±1.1		0.1	3.07±0.10		2.15±0.05	0.294±0.013	0.24	0
Isoprene	387±15	798±15		0.172	62.7±3.1		34.3±5.1	2.35±0.12	1.68	0
醛类 (μg)									0	0
Formaldehyde	17±3.9	56.5±3.8	16	7.32	40.6±5.5	12.2	12.9±0.6	5.53±0.22	9.72	1.44
Acetaldehyde	852±67	1555±38	26	31.36	187±22		179±8	219±10	186.12	0.96
Acetone		736±41						40.7±1.9	31.92	1.08
Acrolein	74.7±7.3	154±6	9	3.112	18.4±3.1		27.3±1.4	11.3±0.7	8.04	0.72
Propionaldehyde	64.8±5.7	125±5		1.8	12.5±1.6		8.9±0.61	14.5±0.7	11.88	0.12
Crotonaldehyde		68.8±4.5						4.14±0.07	2.16	0.12
Methyl-ethyl-ketone		187±9						7.18±0.37	7.56	1.2

续表 2

样品类型	常规 ^[52]	常规 ^[53]	碳加热 ^[55]	碳加热 ^[56]	电加热 ^[52]	电加热 ^[15]	电加热 ^[17]	电加热 ^[53]	电加热 ^[57]	混合型 ^[57]
Butyraldehyde		88.4±3.4						26.1±0.7	19.32	0.12
含氮化合物 (μg)										
Acetamide		13.9±0.2	0.73	0.796			1.43±0.07	4.02±0.06	3.48	0
Acrylamide		4.83±0.08	0.6					1.73±0.04	1.68	0
Acrylonitrile	11.6±0.2	31.9±0.6	ND	<0.136	0.83±0.04		0.44±0.004	0.258±0.013	0.12	0
Hydrogencyanide	99.3±7.5	493±24	1.1	<0.114	3.07±0.66		5.17±0.27	4.81±0.11	3.96	0.72
2-Nitropropane	0.011±0.002			0.64	0.005±0.000	0.013	15.5±0.5		21.96	0.12
Hexamine	<0.001				0.21±0.01		<0.050		0	0
Nitrobenzene(ng)		8.62±0.35						<0.188	0	0
芳香胺 (ng)									0	0
o-toluidine	50.09±0.88	85.5±0.8		0.14	0.60±0.07		0.921±0.023	1.26±0.06	1.2	0.24
o-anisidine				0.028			0.144±0.009		0	0
1-aminonaphthalene		20.8±0.4						0.077	0	0
2-Naphthylamine	6.04±0.38	11±0.2		<0.004	0.05±0.005		0.123±0.001	0.046±0.002	0.12	0
3-Aminobiphenyl		3.77±0.15						<0.032	0	0
4-Aminobiphenyl	1.32±0.06	3.26±0.04		<0.004	<0.113		0.058±0.002	<0.051	0	0
元素 (ng)									0	0
Aluminum	<20				<6.7				0	0
Cadmium	31.5±13.1	161±1			0.61±0.03		0.7±0.064	<0.350	0.84	0.96
Chromium	<1	<0.550		<1.02	<0.3		<0.625	<0.550	2.88	3.48

续表 2

样品类型	常规 ^[52]	常规 ^[53]	碳加热 ^[55]	碳加热 ^[56]	电加热 ^[52]	电加热 ^[17]	电加热 ^[53]	电加热 ^[57]	混合型 ^[57]
Lead	32.0±2.0	37±0.2		3.668	<0.7	<1.25	<3.35	2.28	2.76
Nickel	<2	<0.550		<1.34	<0.7	<1.25	<0.550	6.12	4.56
Arsenic	5.27±0.5	8.51±0.11		1.812	0.35±0.02	0.792±0.037	<1.13	3.48	2.28
Mercury		4.8±0.04					1.17±0.02	1.8	0
卤代物 (ng)								0	0
Vinylchloride	38±2	96.7±0.6		<4.23	<16	<6.20—	<3.54	1.44	0.36
无机物 (μg)								0	0
Ammonia	4.79±0.39	39.3±1	4.6		1.5±0.35	0.735±0.049 (气相)	14.2±0.3	9	1.2
Nitrogenoxides	351±25	537±14	7.6	6.84	26.5±1.5	26.8±0.2	17.3±0.8	14.4	0
单环芳烃 (μg)								0	0
Benzene	50.6±0.5	97.6±1.5	2.3	0.38	1.1±0.1	0.363±0.013	0.649±0.023	0.6	0
Toluene	83.1+2.9	188±4	2.4	0.17	4.15+0.41	1.48±0.03	2.59±0.14	2.16	0.24
styrene		24.5±0.4	0.11	0.07		0.145±0.003	0.608±0.018	1.32	0
亚硝胺 (ng)								0	0
N-Nitrosodimethylamine	<1.8		ND	<3.16	<1.8	<5—		1.44	2.64
N-Nitrosoethylmethylamine			ND			<10—		0.12	0.12
N-Nitrosodiethylamine	<4		ND	<4.64	<2.4	<7—		0.12	3.84
N-Nitroso-n-propylamine	<1.5			<6.96	<1.5	<11—		0	0
N-Nitroso-n-butylamine	<2.0			<5.69	<2.0	<9—		0.36	0.12
N-nitrosopyrrolidine	11.2±1		ND	<4.64	<1.8	<7—		3	1.92

续表 2

样品类型	常规 ^[52]	常规 ^[53]	碳加热 ^[55]	碳加热 ^[56]	电加热 ^[52]	电加热 ^[15]	电加热 ^[17]	电加热 ^[53]	电加热 ^[57]	混合型 ^[57]
N'-Nitrosopiperidine	<2.3			<5.06	<2.3	—	<8—	0	0	0
N'-Nitrosomonicotone	134±8	309±13	2.3	0.94	24±2		19.8±0.8	17.2±0.4	9.48	0.24
N'-Nitrosoanatabine	141±13	318±23	3.8		25±1			20.5±0.1	15	0.36
N'-Nitrosoanabasine	22±2	33.7±2.7	0.6		3±0			<3.15	2.4	0
NNK	103±8	266±5	1.2	1.16	15±3	—	6.18±0.15	6.67±0.19	8.16	0.24
NDELA	27±2				<2.0	—		0.96	0.72	
酚类 (μg)									0	0
Phenol	11.8±0.5	13.6±0.3	0.1	0.436	0.49±0.06		0.18±0.01	1.16±0.04	1.2	0.12
O-Cresol	3.63±0.13	4.47±0.05	ND		0.07±0.01			0.069±0.003	0.12	0
m-Cresol	2.7±0.09	3.03±0.02	0.05		0.07±0.1			0.029±0.001	0	0
p-Cresol	6.65±0.2	9.17±0.14	0.04		0.15±0.02			0.072±0.003	0	0
Catechol	40.6±1.0	91.4±1.8	0.5	3.428	6.25±0.48		5.49±0.07	16.3±0.5	13.32	0
Resorcine	0.76±0.02	1.85±0.02	0.1		0.08±0.01			0.041±0.001	0.12	0
Hydroquinone	43.9±2.0	83.1±1.7	0.3		4.37±0.37			8.1±0.15	5.52	0
稠环氮杂芳烃 (ng)									0	0
Dibenz[a,j]acridine	<1.0				<0.33	—			0	0
稠环芳烃 (ng)									0	0
Naphthalene	822±130				5.58±0.54			7.68	1.32	
Acenaphthylene	227±10				0.57±0.07			0	0	0
Acenaphthene	76.4±12.5				0.54±0.05			0	0	0

续表 2

样品类型	常规 ^[52]	常规 ^[53]	碳加热 ^[55]	碳加热 ^[56]	电加热 ^[52]	电加热 ^[15]	电加热 ^[17]	电加热 ^[53]	电加热 ^[57]	混合型 ^[57]
Fluorene	326±55				5.37±0.31			0	0	0
Phenanthrene	159±27				0.98±0.09			0	0	0
Anthracene	54.3±8.7				<0.28			0	0	0
Fluoranthene	49.9±7.1				0.69±0.09			0	0	0
Pyrene	41.8±5.8	87.3±0.8			0.73±0.08		0.351±0.01	<5.00	0	0
Benzo[a]anthracene	11.2±1.9	28±0.2		0.148	<0.12		<0.12	1.45±0.04	2.88	0.12
Chrysene	21.5±3.6				<0.28			4.56	0.24	
Benzo[-]fluoranthenes	7.89±1.17			0.05	<0.24		<0.2	0.96	0.12	
Benzo[a]pyrene	6.94±1	14.2±0.1	ND	0.068	<0.27		<0.19	<1.00	1.08	0.12
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	4.09±0.51				<0.34		<0.17	0	0	0.12
Dibenz[-]anthracenes	<0.82			<0.044	<0.27		<0.49	0	0	0
Dibenz(a,x)pyrene						—		0	0	
Dibenzo[a,l]pyrene				<0.04			<0.08	0.12	0.12	
Dibenzo[a,e]pyrene				<0.044			<0.12	0.12	0	
Dibenzo[a,i]pyrene				<0.007			<0.11	0.12	0	
Dibenzo[a,h]pyrene		1.7±0.03		<0.092			<0.1	<0.100	0.12	0
Benzo[ghi]perylene	3.06±0.33				0.28			0	0	
5-Methylchrysene	????			<0.03	0.1		<0.2	0	0	0

3.2 环境烟气

环境烟气是一个复杂的混合物，主要来源于烟支燃烧线末端的阴燃和吸烟者呼出的烟气，其对室内空气质量以及人体健康的影响早已成为公众和官方关注的热点。据报道，在相同剂量下，侧流烟气本身的毒性甚至高于主流烟气^[58-59]。因此，环境烟气的暴露风险评估也是关乎新型烟草制品市场前景的一个重要研究内容。

对于碳加热型产品，雷诺烟草宣称其 Eclipse 产品能够降低约 85% 的环境烟气^[15]。其改良产品，环境烟气释放量进一步降低 80%^[36]。日本烟草和菲莫烟草对其碳加热型产品 ETS 方面尚没有相关科技文献报道。

对于电加热型产品，菲莫烟草宣称该公司第一代 EHCSS-E (Accord) 产品几乎不产生侧流烟气^[52]。菲莫烟草的 H. J. Roethig 等研究表明消费 EHCSS-E 产品对环境中挥发性有机物 (TVOC) 及悬浮颗粒物的影响较常规卷烟分别降低 40%~50% 和 90%^[60]。该结论得到菲莫烟草 A. R. Tricker 等后续研究工作的支持^[61]。对于第三代 EHCSS-K 产品，菲莫烟草的 K. F. Pineda 等研究表明 EHCSS-K 组大

多数环境烟气标志物浓度整体上较常规卷烟降低至少 90%，气相的 ETS 标志物与非吸烟组相当；粒相物 ETS 标志物浓度是非吸烟组的 2~14 倍，但远低于常规卷烟组^[62]。对于第四代 THS2.2 (IQOS) 产品，菲莫烟草的 N. Mottier 和 M. I. Mitova 等建立了能够模拟办公室、住宅区和医院环境的实验场景和相应分析评估方法，研究表明 THS2.2 组尼古丁含量略高于非吸烟组，其余 ETS 标志物含量与非吸烟组相当^[18,63]。

英美烟草对其加热型产品 ETS 方面的研究尚未有完整的文章发表，但在会议摘要或墙报中进行了少量的披露，英美烟草的 M. Aughey 和 M. Forster 等研究表明，对于环境烟气中的 TVOC、尼古丁和 3-乙基吡啶的释放水平，Glo 和 iFuse 产品均优于空白组，或与空白组相当^[26,64]。

为便于对比，现将代表性产品 ETS 的研究数据进行汇总，如表 3 所示。由于各产品的研究参数存在差异，故将相应条件下的传统卷烟对照一同附上。整体来看，在 ETS 方面，无论是早期版本的 EHCSS 还是技术更先进的 IQOS、iFuse 或 Glo 等，相比于常规卷烟，加热不燃烧产品的优势十分突出。

表 3 EHCSS-E、EHCSS-K、THS2.2、Glo、iFuse 及常规卷烟产品对空气质量的影响

Tab.3 Effects of EHCSS-E, EHCSS-K, THS2.2, Glo, iFuse and Conventional Cigarette products on air quality

样品	使用环境	RSP/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sol-PM/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nicotine/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FPM/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	UVPM/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3-EP/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
EHCSS-E4 (Accord) ^[60]		0.157					
EHCSS-E4 ^[60] (Oasis)		0.112					
CC1 ^[60]	设定房间 (155m ³)	1.776					
CC2 ^[60]		1.47					
No smoking ^[60]		0.095					
EHCSS-K ^[62]		0.164	13.7±0.5	—	13.4±.7	13.9±0.5	—
CC ^[62]	模拟会议室 (153m ³)	1.799	199.7±0.4	9.11±1.82	363.4±4.1	193.3±1.9	3.34±1.02
No smoking ^[62]		0.045	—	—	—	—	—

续表 3

样品	使用环境	RSP/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sol-PM /($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nicotine /($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FPM /($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	UVP /($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3-EP /($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
THS2.2 ^[63]	模拟办公室 (72.3m ³ , 8 m ² /人)	<0.0147	<0.466	1.61	<0.064	<0.789	<0.243
CC ^[63]		0.204	10.2		7.88	38.5	6.39
No smoking ^[63]		<0.0147	<0.466	0.51	<0.064	<0.789	<0.243
THS2.2 ^[63]	模拟医院 (72.3m ³ , 4.8 m ² /人)	<0.0147	<0.466	2.66	<0.064	<0.789	<0.243
CC ^[63]		0.268	9.84	29.9	8.5	40.8	7.61
No smoking ^[63]		<0.0147	<0.466	0.855	<0.064	<0.789	<0.243
THS2.2 ^[63]	模拟住宅 (72.3m ³ , 8 m ² /人)	0.0155	<0.466	1.09	<0.064	<0.789	<0.243
CC ^[63]		0.147	4.68	35	4.04	18.4	3.94
No smoking ^[63]		<0.0147	<0.466	0.438	<0.064	<0.789	<0.243
Glo ^[64]	设定房间 (155m ³)			0.32			<0.1
iFuse ^[64]				0.79			0.24
CC1 ^[64]				28			9
CC2 ^[64]				33			8
No smoking ^[64]				1.3			0.2

注: RSP: Respirable Suspended Particulates, 可吸入悬浮颗粒物; Sol-PM: Solanesol-related Particulate Matter, 茄尼醇相关的颗粒物; Nicotine: 尼古丁; FPM: Fluorescent Particulate Matter, 荧光颗粒物; UVP: UltraViolet absorbing Particulate Matter, 紫外吸收颗粒物; 3-EP: 3-Ethenyl Pyridine, 3- 乙烯基吡啶; CC: Conventional Cigarette, 常规卷烟; CC1^[60] 和 CC2^[60]: 分别为 Marlboro Lights 和 Marlboro Ultra 卷烟; CC^[62]: Marlboro Lights 卷烟; CC^[63]: Marlboro Gold 卷烟; CC1^[64] 和 CC2^[64]: 分别为 Lucky Strike 和 Du Maurier 卷烟。

3.3 非烟草研究机构的质疑

在方法或数据处理方面, 新泽西医科和牙科大学 (University of Medicine and Dentistry of New Jersey) 的 J. Slade 等认为对常规卷烟和 New Eclipse 采用同样的 FTC 方法进行对比评估的方法本身并不科学, 另外, 对烟草企业文献所披露的烟气有害成分及相应毒理学测试方面的计算基准也存在疑问^[37]。在潜在风险方面, 罗斯威尔帕克癌症研究所 (Roswell Park Cancer Institute) 的 J L.Pauly 认为碳加热产品 (New Eclipse) 中的玻璃纤维材料可能会对消费者的健康造成额外的伤害^[37]。吸烟者信息与法格斯特伦咨询中心 (Smokers Information Center and Fagerstrom Consulting) 的 K.O.Fagerstrom 等研究发现, 与低焦卷烟 (Now Box 和 Carlton) 相比, 在焦油及 CO 排放量上碳加热产品 (Eclipse) 并不具优势^[66-67],

得到了弗吉尼亚联邦大学 (Virginia Commonwealth University) A.B.Breland 等后续研究支持^[68]。此外, 甘油成分在加热环节可能会产生与电子烟类似的新致癌物 (丙烯醛) 的风险^[69-70]。近期, 伯尔尼大学 (University of Bern) 的 R. Auer 等人对菲莫烟草 IQOS 产品提出了质疑, 研究表明与常规卷烟相比, IQOS 会释放出更多的稠环芳烃—1,2- 二氢萘^[71]。但据 R. Auer 文章所披露的数据, 尽管 IQOS 气溶胶中个别挥发性有机物 (甲醛和丙烯醛) 含量略低于常规卷烟, 但其余挥发性有机物的含量均低于 50%; 稠环芳烃, 除 1,2- 二氢萘的释放量增幅较大 (是常规卷烟的 295 倍) 外, 其余成分的降幅均高达 90%^[71]。由此可见, 尽管独立的研究机构首次对 IQOS 产品的安全性提出了质疑, 但并不否认该产品优异的减害效果。对于 IQOS 气溶胶中较高含量的 1,2- 二氢萘对消费者

身体健康的影响有待进一步深入研究。

4 结论与建议

各大跨国烟草企业均将战略重点转移到新型烟草制品领域, 申请了大量的专利, 推出了系列的产品。专利数据显示各企业对 3 类新型烟草制品均有涉及, 但侧重有差异。在排名前 5 位专利申请人中, 除雷诺烟草和美国无烟烟草侧重在口含烟技术领域外, 其余三大跨国公司(菲莫烟草、日本烟草和英美烟草)均比较重视加热不燃烧烟草制品的技术开发, 这与其在新型烟草制品领域的战略布局有关。

目前三大跨国公司市场在售或在研的加热不燃烧烟草制品主要有碳加热型、电加热型(含混合型)、燃料加热型等三个类别, 随着技术进步和产品的更新换代, 电加热型(含混合型)加热不燃烧烟草制品在主流烟气及环境烟气释放方面更具优势, 是烟草行业未来最具发展潜力和最合适的热点。在大幅度降低有害烟气成分释放量的前提下, 烟气的口感和生理强度满足感的持续提升仍旧是加热不燃烧烟草制品今后的努力方向。

对于我国烟草行业而言, 首先要做国际市场规则制定的参与者, 积极参与加热不燃烧烟草制品国际标准制定, 赢得国际话语权; 其次要掌控技术主导权和发展主动权, 加快制订体现鲜明中式特色的加热不燃烧烟草制品技术标准, 形成有效的技术贸易壁垒; 最后要以占据国际市场为主要目标, 构建整体化的国际市场运作体系, 提升国际竞争力。

参考文献

- [1] 姚忠尧. 化学化工科技文献检索 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2012: 43.
YAO Zhongrao. Literature retrieval of chemical and chemical science and technology [M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2012: 43.
- [2] 李建蓉. 专利信息与利用 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2006: 350.
LI Jianrong. Patent information and utilization [M]. Beijing: Intellectual Property Publishing House, 2006: 350.
- [3] 洪银兴. 科技创新中的企业家及其创新行为——兼论企业为主体的技术创新体系 [J]. 中国工业经济, 2012(06): 83-93.
HONG Yinxing. Entrepreneurs and their innovation behavior in science and technology innovation process——Enterprises as the main body of technical innovation system [J]. China Industrial Economics, 2012 (06): 83-93.
- [4] Heated Tobacco Predicted to See 691% Growth in Five Years [N/OL]. 2017-06-22[2017-08-15]. <https://csnews.com/heated-tobacco-predicted-see-691-growth-five-years>.
- [5] Schaller J P, Keller D, Poget L, et al. Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 2: Chemical composition, genotoxicity, cytotoxicity, and physical properties of the aerosol [J]. Regulatory toxicology and pharmacology, 2016, 81(2): S27-S47.
- [6] Schorp M K, Tricker A R, Dempsey R. Reduced exposure evaluation of an Electrically Heated Cigarette Smoking System. Part 1: Non-clinical and clinical insights [J]. Regulatory toxicology and pharmacology, 2012, 64(2): S1-10.
- [7] 姜泓海. 2016 年跨国烟草公司经营情况 [J]. 中国烟草, 2017(11): 62-65.
JIANG Honghai. Operation of transnational tobacco companies in 2016 [J]. Chinese tobacco, 2017, (11): 62-65.
- [8] Altria Group, Inc. Altria's Statement on Philip Morris International's MRTP Application Submission with the FDA [N/OL]. 2016-12-6[2017-08-15]. <http://www.altria.com/Media/Press-Releases/Pages/PressReleaseDetails.aspx?reqID=2227846>.
- [9] 陈超英. 变革与挑战: 新型烟草制品发展展望 [J]. 中国烟草学报, 2017, 23(03): 14-18.
CHEN Chaoying. Change and challenge: outlook for development of new tobacco products [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2017, 23(03): 14-18.
- [10] Philip Morris International. Philip Morris International to Convert Cigarette Factory in Romania into Smoke-Free Product Facility [N/OL]. 2017-07-25[2017-08-15]. <https://www.pmi.com/investor-relations/press-releases-and-events/press-releases-overview/press-release-details/?newsId=2288414>.
- [11] Patskan G, Reininghaus W. Toxicological evaluation of an electrically heated cigarette. Part 1: Overview of technical concepts and summary of findings [J]. Journal of applied toxicology, 2003, 23(5): 323-328.
- [12] Hughes J R, Keely J P. The effect of a novel smoking system-Accord-on ongoing smoking and toxin exposure [J]. Nicotine & Tobacco Research, 2004, 6(6): 1021-1027.
- [13] Fournier Jay A., Paine III, John B. Smoking article wrapper with improved filler: US, 6289898 [P]. 1999-09-20[2017-08-15].
- [14] Moennikes O, Vanscheeuwijck P M, Friedrichs B, et al. Reduced toxicological activity of cigarette smoke by the addition of ammonia magnesium phosphate to the paper of an electrically heated cigarette: subchronic inhalation toxicology [J]. Inhalation Toxicology, 2008, 20(7): 647-663.
- [15] Roemer E, Stabbert R, Veltel D, et al. Reduced toxicological activity of cigarette smoke by the addition of ammonium magnesium phosphate to the paper of an electrically heated cigarette: smoke chemistry and in vitro cytotoxicity and genotoxicity [J]. Toxicology in vitro, 2008, 22(3): 671-681.
- [16] Frost-Pineda K, Zedler B K, Oliveri D, et al. 12-week clinical exposure evaluation of a third-generation electrically heated cigarette smoking system (EHCSS) in adult smokers [J]. Regulatory toxicology and pharmacology, 2008, 52(2): 111-117.
- [17] Werley M S, Freelin S A, Wrenn S E, et al. Smoke chemistry, in vitro and in vivo toxicology evaluations of the electrically heated cigarette smoking system series K [J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2008, 52(2): 122-139.
- [18] Mottier N, Tharin M, Cluse C, et al. Validation of selected analytical methods using accuracy profiles to assess the impact of a Tobacco Heating System on indoor air quality [J]. Talanta, 2016, 158: 165-178.
- [19] Smith M R, Clark B, Ludicke F, et al. Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 1: Description of the system and the scientific assessment program [J]. Regulatory toxicology and pharmacology, 2016, 81(2): S17-S26.
- [20] British American Tobacco. Delivering today, investing in tomorrow [R/OL]. 2016[2017-8-15]. [http://www.bat.com/group/sites/uk__9d9kcy.nsf/vwPagesWebLive/DO9DCL3B/\\$FILE/medMDAKPK62.pdf?openelement](http://www.bat.com/group/sites/uk__9d9kcy.nsf/vwPagesWebLive/DO9DCL3B/$FILE/medMDAKPK62.pdf?openelement).
- [21] 日经中文网. 加热式非燃烧香烟成烟草业新宠? [N/OL]. 2017-8-2[2017-08-15]. <http://cn.nikkei.com/industry/tradingreta il/26213-2017-08-02-04-52-05.html>.
- [22] British American Tobacco. E-cigarettes and other Next Generation

- Products[OL]. [2017-08-15]. http://www.bat.com/group/sites/UK__9D9KCY.nsf/vwPagesWebLive/DO9DCGT9.
- [23] British American Tobacco. Responding to a changing word, sustainability report 2016[R/OL]. 2016[2017-08-15]. [http://www.bat.com/group/sites/uk__9d9kcy.nsf/vwPagesWebLive/DO9DCL3P/\\$FILE/medMDAKJK4B.pdf?openelement](http://www.bat.com/group/sites/uk__9d9kcy.nsf/vwPagesWebLive/DO9DCL3P/$FILE/medMDAKJK4B.pdf?openelement).
- [24] Breheny D, Adamson J, Azzopardi D, et al. A novel hybrid tobacco product that delivers a tobacco flavour note with vapour aerosol (Part 2): In vitro biological assessment and comparison with different tobacco-heating products[J]. Food and chemical toxicology, 2017, 106(Part A): 533-546.
- [25] R&D AT BRITISH AMERICAN TOBACCO. Vapor from novel tobacco hybrid device minimally impacts human cells[N/OL]. 2017-06-04[2017-08-15]. https://www.eurekalert.org/pub_releases/2017-06/raba-vfn060117.php.
- [26] Forster M, McAughey J, Liu C, et al. Characterisation of a novel tobacco heating product THP1.0(T): Indoor air quality[C] // Poster 69 at SRNT Annual Meeting. Florence, Italy, 2017.
- [27] Poynton S, Sutton J, Goodall S, et al. A novel hybrid tobacco product that delivers a tobacco flavour note with vapour aerosol (Part 1): Product operation and preliminary aerosol chemistry assessment[J]. Food and Chemical Toxicology, 2017, 106(Part A): 522-532.
- [28] Japan Tobacco International. JTI acquires leading e-cigarette brand E-Lites[N/OL]. 2014-06-11[2017-08-15]. <http://www.jti.com/media/news-releases/jti-acquires-leading-e-cigarette-brand-e-lites/>.
- [29] Japan Tobacco International. JTI acquires "Ploom" Intellectual Property Rights from Ploom[N/OL]. 2015-02-16[2017-08-15]. <https://www.jti.com/our-views/newsroom/jti-acquires-ploom-intellectual-property-rights-ploom-inc>.
- [30] Yuki D, Sakaguchi C, Kikuchi A, et al. Pharmacokinetics of nicotine following the controlled use of a prototype novel tobacco vapor product[J]. Regulatory toxicology and pharmacology, 2017, 87: 30-35.
- [31] Takahashi Y, Kanemaru Y, Fukushima T, et al. Chemical and in vitro toxicological analysis of the vapor from a novel tobacco vaporizer with tobacco capsule[J]. Toxicology Letters, 2016, 258: S320-S321.
- [32] Takahashi et al. Chemical and in vitro toxicological analysis of a vapor from a novel tobacco vapor device and capsule[C] // 52nd Congress of the European Societies of Toxicology. Seville, Spain: 2016: S220-S221.
- [33] Takahashi et al. Chemical and in vitro toxicological analysis of a vapor from a novel tobacco vapor device and capsule[C] // 2016. 52nd Congress of the European Societies of Toxicology, Seville, Spain, 2016: S157-S205.
- [34] Coggins C R E, Ayres P H, Mosberg A T, et al. Ninety-day inhalation study in rats, comparing smoke from cigarettes that heat tobacco with those that burn tobacco[J]. Fundamental and Applied Toxicology, 1989, 13(3): 460-483.
- [35] ECLIPSE Expert Panel. A Safer Cigarette? A Comparative Study. A Consensus Report[J]. Inhalation Toxicology, 2000, 12(5): 1-58.
- [36] Pauly J L, Lee H J, Hurley E L, et al. Glass fiber contamination of cigarette filters: an additional health risk to the smoker?[J]. Cancer epidemiology, biomarkers & prevention, 1998, 7(11): 967-979.
- [37] Slade J, Connolly G N, Lymperis D. Eclipse: does it live up to its health claims?[J] Tobacco Control, 2002, 11(2): ii64-ii70.
- [38] Meckley D R, Hayes J R, Van Kampen K R, et al. Comparative study of smoke condensates from 1R4F cigarettes that burn tobacco versus ECLIPSE cigarettes that primarily heat tobacco in the SENCAR mouse dermal tumor promotion assay[J]. Food and Chemical Toxicology, 2004, 42(5): 851-863.
- [39] Wayne G F. Potential reduced exposure products (PREPs) in industry trial testimony[J]. Tobacco Control, 2006, 15(4): iv90-iv97.
- [40] Richard Craver. Reynolds ends Revo test market in Wisconsin[N/OL]. 2015-07-28[2017-08-15]. http://www.journalnow.com/business/business_news/local/reynolds-ends-revo-test-market-in-wisconsin/article_e23495d0-353e-11e5-98d3-cbaf921dc91c.html.
- [41] Borgerding M F, Bodnar J A, Chung H L, et al. Chemical and biological studies of a new cigarette that primarily heats tobacco. Part 1. Chemical composition of mainstream smoke[J]. Food & Chemical Toxicology, 1998, 36(3): 169-182.
- [42] Ludicke F, Haziza C, Weitkunat R, et al. Evaluation of Biomarkers of Exposure in Smokers Switching to a Carbon-Heated Tobacco Product: A Controlled, Randomized, Open-Label 5-Day Exposure Study[J]. Nicotine & tobacco research, 2016, 18(7): 1606-1613.
- [43] Kogel U, Schlage W K, Martin F, et al. A 28-day rat inhalation study with an integrated molecular toxicology endpoint demonstrates reduced exposure effects for a prototypic modified risk tobacco product compared with conventional cigarettes[J]. Food and chemical toxicology, 2014, 68: 204-217.
- [44] Sakaguchi C, Kakehi A, Minami N, et al. Exposure evaluation of adult male Japanese smokers switched to a heated cigarette in a controlled clinical setting[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2014, 69(3): 338-347.
- [45] Tsuji H, Okubo C, Fujimoto H, et al. Comparison of dermal tumor promotion activity of cigarette smoke condensate from prototype (heated) cigarette and reference (combusted) cigarette in SENCAR mice[J]. Food and chemical toxicology, 2014, 72: 187-194.
- [46] 蒙西斯, A• 鲍恩. 物质雾化的方法和系统: 中国, CN200680026317.6[P/OL]. 2016-07-18[2017-08-15]. https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=&AB=&PN=CN101282660&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search
- [47] MONSEES J, BOWEN A. Method and system for vaporization of a substance: China, CN200680026317.6[P/OL]. 2016-07-18[2017-08-15]. https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=&AB=&PN=CN101282660&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search
- [48] Miura N, Yuki D, Minami N, et al. Pharmacokinetic analysis of nicotine when using non-combustion inhaler type of tobacco product in Japanese adult male smokers[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2013, 67(2): 198-205.
- [49] Baker R. Smoke generation inside a burning cigarette: Modifying combustion to develop cigarettes that may be less hazardous to health[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2006, 32(4): 373-385.
- [50] RODGMAN A, GREEN R C. Toxic chemicals in cigarette mainstream smoke - hazard and hoopla[J]. Beiträge zur Tabakforschung International/Contributions to Tobacco Research, 2003, 20: p65.
- [51] Zeller M, Hatsukami D, Strategic Dialogue Tobacco on Harm Reduction Group. The Strategic Dialogue on Tobacco Harm Reduction: a vision and blueprint for action in the US[J]. Tobacco Control, 2009, 18(4): 324-332.
- [52] Torikai K, Yoshida S, Takahashi H. Effects of temperature, atmosphere and pH on the generation of smoke compounds during tobacco pyrolysis[J]. Food and chemical toxicology, 2004, 42(9): 1409-1417.
- [53] Stabbert R, Voncken P, Rustemeier K, et al. Toxicological evaluation of an electrically heated cigarette. Part 2: Chemical composition of mainstream smoke[J]. Journal of applied toxicology, 2003, 23(5): 329-339.
- [54] Gonzalez-Suarez I, Martin F, Marescotti D, et al. In Vitro Systems Toxicology Assessment of a Candidate Modified Risk Tobacco Product Shows Reduced Toxicity Compared to That of a Conventional Cigarette[J]. Chemical research in toxicology, 2016,

- 29(1): 3-18.
- [54] Poynton S, Sutton J, Goodall S, et al. A novel hybrid tobacco product that delivers a tobacco flavour note with vapour aerosol (Part 1): Product operation and preliminary aerosol chemistry assessment[J]. Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association 2017, 106: 522-532.
- [55] de Bethizy J D, Borgerding M F, Doolittle D J, et al. Chemical and Biological Studies of a Cigarette That Heats Rather Than Burns Tobacco[J]. The Journal of Clinical Pharmacology, 1990, 30(8): 755-763.
- [56] van der Toorn M, Frentzel S, Goedertier D, et al. A prototypic modified risk tobacco product exhibits reduced effects on chemotaxis and transendothelial migration of monocytes compared with a reference cigarette[J]. Food and chemical toxicology, 2015, 80: 277-286.
- [57] Sewer A, Kogel U, Talikka M, et al. Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2 (THS2.2). Part 5: microRNA expression from a 90-day rat inhalation study indicates that exposure to THS2.2 aerosol causes reduced effects on lung tissue compared with cigarette smoke[J]. Regulatory toxicology and pharmacology, 2016, 81(2): S82-S92.
- [58] Schick S F, Farraro K F, Fang J, et al. An Apparatus for Generating Aged Cigarette Smoke for Controlled Human Exposure Studies[J]. Aerosol Science and Technology, 2012, 46(11): 1246-1255.
- [59] Schick S, Glantz S A. Sidestream cigarette smoke toxicity increases with aging and exposure duration[J]. Tobacco Control, 2006, 15(6): 424.
- [60] Roethig H J, Kinser R D, Lau R W, et al. Short-term exposure evaluation of adult smokers switching from conventional to first-generation electrically heated cigarettes during controlled smoking[J]. Journal of Clinical Pharmacology, 2005, 45(2): 133-145.
- [61] Tricker A R, Schorp M K, Urban H J, et al. Comparison of environmental tobacco smoke (ETS) concentrations generated by an electrically heated cigarette smoking system and a conventional cigarette[J]. Inhalation Toxicology, 2009, 21(1): 62-77.
- [62] Frost-Pineda K, Zedler B K, Liang Q, et al. Environmental tobacco smoke (ETS) evaluation of a third-generation electrically heated cigarette smoking system (EHCSS)[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2008, 52(2): 118-121.
- [63] Mitova M I, Campelos P B, Goujon-Ginglinger C G, et al. Comparison of the impact of the Tobacco Heating System 2.2 and a cigarette on indoor air quality[J]. Regulatory toxicology and pharmacology, 2016, 80: 91-101.
- [64] McAughey, The impact of e-cigarettes and tobacco heating products on indoor air quality[C] // European Aerosol Conference. Zurich, 2017.
- [65] McAughey J, Forster M, Margham J, et al. The impact of E-cigarettes and tobacco heating products on indoor air quality[J]. Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery 2017, 30(3): 34-34.
- [66] Fagerstrom K O. Randomised trial investigating effect of a novel nicotine delivery device (Eclipse) and a nicotine oral inhaler on smoking behaviour, nicotine and carbon monoxide exposure, and motivation to quit[J]. Tobacco Control, 2000, 9(3): 327-333.
- [67] Labstat International Inc. Characterization of Three Low/ Ultra Low- "tar" Brands[R]. Prepared for the Massachusetts Department of Public Health. Project GC7. September 6, 2000. Accessed November 29, 2016: 1-14.
- [68] Breland A B, Buchhalter A R, Evans S E, et al. Evaluating acute effects of potential reduced-exposure products for smokers: clinical laboratory methodology[J]. Nicotine & tobacco research, 2002, 4(2): S131-140.
- [69] Kleinstreuer C, Feng Y. Lung Deposition Analyses of Inhaled Toxic Aerosols in Conventional and Less Harmful Cigarette Smoke: A Review[J]. International journal of environmental research and public health, 2013, 10 (9) :4454-4485.
- [70] Holzman D. Safe Cigarette Alternatives? Industry Critics Say 'Not Ye'[J]. Journal of the National Cancer Institute, 1999, 91 (6): 502-504.
- [71] Auer R, Concha-Lozano N, Jacot-Sadowski I, et al. Heat-Not-Burn Tobacco Cigarettes: Smoke by Any Other Name[J]. JAMA internal medicine, 2017, 177(7):1050-1052.

Current status and prospect of heat-not-burn tobacco products

LIU Yali, WANG Jinbang^{*}, ZHENG Xinzhang, QIU Jiqing, HONG Qunye, GONG Jinlong, ZHENG Lu

Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Chinese Tobacco Science and Technology Information Center, Zhengzhou 450001, China

Abstract: With a view to help researchers in China to grasp product features and technical trends of heat-not-burn tobacco product of international tobacco companies, novel tobacco products on sale in the market and under development in laboratory were collected and analyzed. Safety features of smoke from these products were reviewed. Results showed that three multinational tobacco companies, i.e. Philip Morris International, British American Tobacco and Japan Tobacco, Philip Morris International in particular, have paid more attention to R&D of heat-not-burn tobacco product with respect to the number of patents. Smoke chemistry comparison showed that heat-not-burn tobacco product is the most promising sector for tobacco industry in the future. Among all heat-not-burn tobacco products, electrical heating is superior to carbon-heating in terms of taste and release of harmful components. Compared with purely electrical heating, the hybrid products discharge less harmful ingredients in cigarette smoke.

Keywords: novel tobacco product; heat-not-burn cigarette; smoke chemistry; environmental tobacco smoke

Citation: LIU Yali, WANG Jinbang, ZHENG Xinzhang, et al. Current status and prospect of heat-not-burn tobacco products [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2018, 24(4)

*Corresponding author. Email: wangjinbangok@126.com