

烟草与烟气化学

刘义波, 陈志鸿, 刘熙, 等. 电子烟电池倍率放电特性及对气溶胶释放行为影响分析[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(2). LIU Yibo, CHEN Zhihong, LIU Xi, et al. Analysis of the rate discharge performance of electronic cigarette batteries and the influence on aerosol release behavior[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2021, 27(2). doi: 10.16472/j.chinatobacco.2020.155

电子烟电池倍率放电特性及对气溶胶释放行为影响分析

刘义波, 陈志鸿, 刘熙, 胡静, 李峰*

广东中烟工业有限责任公司技术中心, 广州市荔湾区东沙环翠南路88号 510385

摘要: 【目的】为研究电池质量现状及分析其对气溶胶释放行为影响。【方法】选取 38 种小功率电子烟, 对电池进行倍率放电性能测试和对电子烟进行抽吸测试。【结果】(1) 电子烟电池的倍率放电性能参差不齐, 只有 52.0% 的烟弹式电子烟用电池经过 400 次倍率放电后容量保持率在 80% 以上, 38.5% 的一次性电子烟用电池无法正常倍率放电, 测试过程中还出现了电池漏液、鼓包等异常情况; (2) 1.2 A 倍率放电特性能真实地反应电池的实际工作能力, 决定一次性电子烟的抽吸口数, 电池在实际工作中对气溶胶的释放量和气溶胶逐口释放稳定性影响不容忽视。【结论】需重视电子烟产品质量及其核心部件质量安全, 尽早规范电子烟行业发展。
关键词: 电子烟; 电池; 倍率放电性能; 气溶胶释放; 逐口释放; 产品质量

电子烟于 2003 年被重新发明和定义, 现已发展成为一种新的消费方式。它是利用电池供电、将烟草提取物通过低温雾化技术雾化成雾状的液滴供人抽吸的装置, 其经典结构主要包括电池、雾化器和溶液腔^[1-5] (图 1)。近年来爆出了很多化学安全、电池爆炸、电池漏液等安全事故, 引起了公众对其质量和功效的担忧^[6-9]。

电池是电子烟的核心部件之一, 通常采用锂离子电池或聚合物锂离子电池为电子烟供电。在电池众多的技术指标和性能要求中, 电池倍率放电性能的优劣对于电子烟的持续工作能力、安全性以及气溶胶释放的影响很大^[10, 11], 是电子烟产品设计重点关注的电池技术指标。电池放电倍率是额定容量 C 与电池放电时间 h 的比值, 代表电池在规定时间内放出其额定容

量时所输出的电流值, 是电池放电快慢的一种度量, 在电池充放电过程中, 一般用“nC”表示电流, 其中 n 的单位为 $1/h$, 如额定容量为 1 000 mAh 的电池, 以 0.1 C 充放电速率放电或充电时, 其电流值大小为 $0.1/h \times 1\,000\text{ mAh} = 100\text{ mA}$ ^[12, 13]。在相同的放电倍率条件下, 电池放出的容量越多说明电池倍率放电性能越好。

至少有文献关注电子烟用电池的质量状况^[14], 没有基于电池实际工作输出对电子烟用电池性能进行系统评价, 更少有电池性能对电子烟气溶胶释放行为影响的研究。因此, 本文收集 38 种小功率电子烟产品对其电池进行倍率放电性能研究, 以及其对气溶胶释放行为影响分析, 以期电子烟行业规范管理和产品设计开发提供一定的参考。

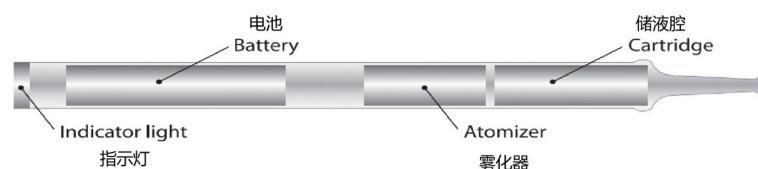


图 1 典型的电子烟结构示意图

Fig. 1 Structure diagram of a typical electronic cigarette

基金项目: 广东中烟科研项目“电子烟雾化器性能及影响因素研究”(粤烟工[2016]科字005号)

作者简介: 刘义波(1988—), 工学硕士, 工程师, 电池及功能材料研究, Tel: 020-81233991, Email: liuyibo@gdzygy.com

通讯作者: 李峰, Tel: 020-81233885, Email: lif@gdzygy.com

收稿日期: 2020-10-10; 网络出版日期: 2021-04-16

1 电子烟电池收集

本实验通过购买(A)和定制(B)途径共收集了38种小功率的电子烟产品,包括25种可充电电子烟和13种一次性电子烟(详见表1)。

2 测试方法

2.1 电子烟拆解方法

将电子烟样品小心拆解,防止电子烟触发工作和电池短路,记录电池型号、生产批号或条形码和电池额定容量(或额定能量)。

2.2 电池倍率放电性能测试方法

结合锂离子电池强制安全要求国标 GB/T 31241—2014^[15],电池充电常用的方法有两种,一种是0.2 C 电流充电,一种是1 C 电流充电。实验测试发现,

0.2 C 充电时间较长,部分电池单次充电时长达8 h 左右,故本实验电池充电电流为1 C。对收集的电子烟发热丝进行直流电源模拟干烧测试,结果表明当电流达到1.2 A 及以上时,观察到发热丝瞬间变红,达到了发热丝雾化所需电流的限值,故将电池放电电流确定为1.2 A。综上,对于可充电电池,按0.2 C 放电至3.0 V,搁置10 min 再以1.0 C 恒流充电至4.2 V,转为恒压充电,直至充电电流小于或等于0.02 C,充电终止,搁置10 min,然后1.2 A 放电至3.0 V,按照上述方法进行最高400 次循环测试。对于一次性电子烟用电池,搁置10 min 后进行1.2 A 恒流放电,至3.0 V 放电终止。电池倍率放电性能测试采用深圳市新威尔电子有限公司高精度电池性能测试系统(型号CT-3008-20V60A-A)。测试中如发现电池异常发热、爆炸、漏液、鼓包等异常情况即停止测试。

表1 收集的电子烟及对应电池信息列表

Tab. 1 List of collected electronic cigarettes and their batteries information

编号	电子烟品牌	类型	电池型号	生产批号 / 条形码	额定容量或 额定能量值	充电电流值 */mA
A1	OVALE	烟弹式	P75300	C15308055B	0.30 Wh	80
A2	vype	烟弹式	70330D	14072203-1 HT	0.3 Wh	80
A3	IASO micro	烟弹式	HGB80400R	H0627	—	180
A4	Markten	烟弹式	JS08450	16092216090712655880	0.68 Wh	180
A5	KIMREE	烟弹式	08400D	16052801-2 HT	0.67 Wh	180
A6	易星	烟弹式	08400	P601 16070101	0.66 Wh	180
A7	康诚一品	烟弹式	08400	20141008	—	200
A8	ISMK	iPcc, 烟弹式	08400	E20150106	—	200
A9	Ploomtech	烟弹式	08460	e YJ01632301	—	210
A10	柏拉图	烟弹式	08400C	D3 08400C BE03	220 mAh	220
A11	Vuse	烟弹式	Js08600	14112314111722101924	1.09 Wh	295
A12	SPV	烟弹式	08500	134370130169	—	250
A13	CIG2O	烟弹式	JS08500	—	—	250
A14	Green smoke	烟弹式	08600S	16071112 01	—	280
A15	Truvape	烟弹式	80570	HGB 200-0006 20151116	1.0 Wh	270
A16	eGO-CTM	烟弹式	PE13450	13F27	2.41 Wh	650
A17	画马隐士 EVOD 电池杆	烟弹式	13450	F1105 YS	—	650
A18	eGo-T 电池杆	烟弹式	13450D	14032105-4 HT	2.41 Wh	650
A19	Vype	烟弹式	椭圆型 MV131735r	J0828	650 mAh	650
A20	EVOD-Twist 电池杆	烟弹式	13450	YS 20151012	1.48 Wh	400
A21	EshishTM	一次性	08460	e 20161216	—	210
A22	雅蒂诺	一次性	08570	YS20161119	1.03 Wh	280

续表 1

编号	电子烟品牌	类型	电池型号	生产批号 / 条形码	额定容量或 额定能量值	充电电流值 */mA
A23	De-bang stix	一次性	08570	15J26	1.04 Wh	280
A24	英国 luli	一次性	JS08600	14041414040812431001	1.09 Wh	300
A25	blu	一次性	EVE08570H2	C16F505119C32095	1.28 Wh	350
A26	韩国 vitastick	一次性	PE08750T	15J10	1.30 Wh	350
A27	TSUNAMI	一次性	ZMR08750	20130608	—	350
B1	—	烟弹式	PH08400	e20130831	180 mAh	180
B2	—	烟弹式	HGB80500R	20151104 06	—	250
B3	—	烟弹式	HGB80500R	J0729	—	250
B4	—	烟弹式	P13450D	C11404007	2.41 Wh	650
B5	—	烟弹式	CN75300	C040130428	0.3 Wh	80
B6	—	一次性	R68380D	16042102A	0.33 Wh	90
B7	—	一次性	PE65400T	16F02	0.44 Wh	120
B8	—	一次性	HGB80500R	J0723	—	240
B9	—	一次性	75460D	D6 75460D DA01	—	160
B10	—	一次性	08570	YS 20160422	1.04 Wh	280
B11	—	一次性	JS08600	16052115011922576893	1.09 Wh	300

注：（1）“—”代表没有相关信息，同表 3；（2）“*”代表倍率放电时电池的充电电流 1 C，对于标注了额定容量的电池，额定容量数值即为充电电流值；对于只标注了额定能量值（Wh）的电池，用能量值除以 3.7 V 得到近似额定容量值数值，该值即为充电电流值；对于只标注型号的电池，以同规格电子烟电池额定容量值做参考，如 A9 电子烟对应的电池型号为 08460，其对应的近似额定容量为 210 mAh，其 1 C 充电电流即为 210 mA。

2.3 电子烟气溶胶释放测试方法

直线型吸烟机，采用 CORESTA 推荐的抽吸方法（抽吸容量 55 mL，抽吸频率 30 s，抽吸持续时间 3 s）^[16]。捕集片采用 Whatman 44 mm 捕集片（CAT No. 9703-9654），每 25 口为一组，捕集器抽吸前后的重量差代表电子烟的气溶胶释放量。一次性电子烟抽至电子烟底部指示灯闪即停止抽吸，烟弹式电子烟抽吸前将电池充满电，抽至电子烟指示灯闪即停止抽吸。记录抽吸口数。

3 结果与讨论

3.1 电池倍率放电性能分析

3.1.1 一次性电子烟电池倍率放电性能分析

对 13 种一次性电子烟用电池进行 1.2 A 倍率放电的电压 - 时间曲线见图 2。锂离子电池倍率放电一般经历电压下降、电压放电平台和电压再快速下降的过程，平台电压的高低、压降下降趋势、放电平台时长等在不同的电池上表现是不同的，即使额定能量值相

同或相近的电池，在倍率放电曲线上差异也比较明显，如 A22、A23、A24、B10 和 B11 的额定能量值接近，但是 A23 和 B10 的放电平台明显低于 A22 和 A24，持续放电时间方面 A22 超过了 800 s，A23 仅为 605 s；同样地，A25 和 A26 的额定能量值接近，但是 A25 在放电平台、持续放电时间方面都明显优于 A26，这跟电池本身结构、材料、制造工艺和放电工步设置等密切相关。但是，也有一些电池的倍率特性放电明显异常，如 B6、B7、B9 和 B11 和 A27 的电池放电表现为放电持续时间过短或电压不稳，占一次性电子烟用电池总数的 38.5%，其中 A27 持续放电时间只有 7 s，在图上无法标识出来，这会导致抽吸持续时间不够或者雾化器工作不稳定，部分电池的倍率特性质量状况不容乐观。还有部分电子烟的倍率放电电压平台下降较快，如 A21 和 A22，这会导致电池前后输出功率不一致。如果电池倍率放电平台下降过快，还应考虑增加稳压功能，以确保雾化器工作功率稳定。

另外，对一次性电子烟用电池，尤其需要关注电池的自放电现象。该现象表现为电池放置时间越久其

开路电压越小, 电池的自放电效应由电池正极材料、负极材料、隔膜及电解液性能决定, 还与生产工艺及生产要求、电池的老化程度、荷电状态 (SOC) 和电池所处的温度等因素有关系^[17]。电池自放电效应会使其倍率放电的时长缩短和倍率放电容量降低, 期望电池自放电率越小越好, 但是这对工艺水平、材料和成本又密切相关, 实际选用时需综合考虑。

在相同的环境和测试工步下, 电池倍率放电的平台电压越高、放电平台时长越长, 说明电池的倍率特

性越好, 但在实际电池选型时, 并非要求电池倍率放电性能最优, 而是电池的性能与产品需求相匹配即可。具体产品设计时, 可根据预期的抽吸口数、产品保质期、气溶胶释放稳定性要求、截止电压设定值、静态功耗等要求, 结合电池的倍率放电特性和自放电特性, 以评估电池是否满足需求。也可根据所选电池的倍率放电特性和自放电特性, 并基于产品性能要求, 估算产品可抽吸口数, 最终实现当抽吸至达到推荐口数或烟油耗尽时, 电池放电平台刚好结束或略高的效果。

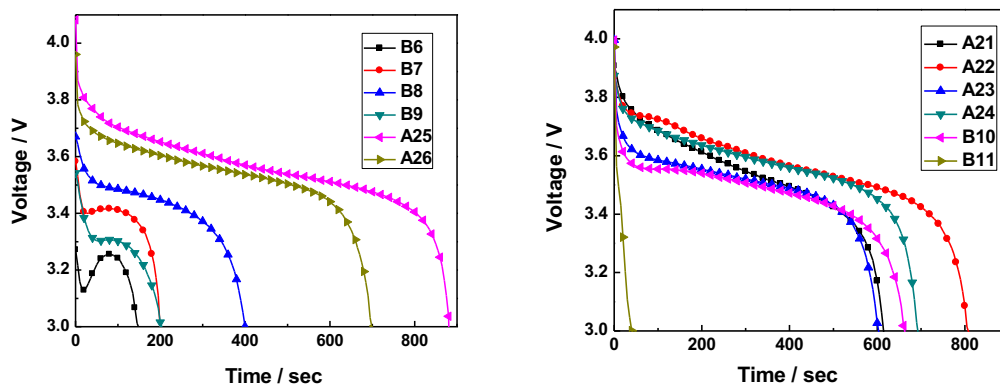


图 2 一次性电子烟电池倍率放电曲线

Fig. 2 The rate discharge curves of batteries used in the disposable electronic cigarette

3.1.2 可充电电池倍率放电性能分析

图 3 为可充电电池样品 1~24 的循环倍率放电容量保持率曲线, 其中横坐标为循环次数, 纵坐标为每次放电容量值与首次放电容量值的比值 η , 即容量保持率 DCRR。可以看出, 随着充放电次数的增加, 电池的倍率放电容量均发生不同程度的降低, 尤其是不同品牌、不同容量的电子烟倍率放电性能差异很大, 倍率放电较好的品牌如 A4 号经过 400 次循环放电后 DCRR 值仍达 94.0%, 而倍率放电性能最差的 A19 号电池仅放电 40 次, DCRR 值就低于 60%。即使额定容量相同或相近的电池, DCRR 值差异也很大, 这说明电池额定容量并不能真实反映电池循环倍率放电性能, 更不能反映电池实际工作寿命。

表 2 为上述 24 种可充电电子烟电池在不同循环倍率放电次数时对应的 DCRR 值。可以看出, 400 次循环以后 4 种电池 DCRR 值在 90% 以上, 13 种电池 DCRR 值在 80% 以上, 占可充电电池的 52%, 18 种电池 DCRR 值在 60% 以上; 2 种电池不到 100 次循环 DCRR 值降至 60% 以下, 6 种电池经 200 次循环后 DCRR 值降至 60% 以下。

表 2 不同循环测试后电子烟电池容量保持率统计表

Tab. 2 List of the DCRR values of batteries used in the rechargeable electronic cigarette under the different cycle tests

η 值	循环次数			
	100	200	300	400
$\eta \geq 90\%$	18	14	9	4
$\eta \geq 80\%$	19	18	16	13
$\eta \geq 70\%$	19	18	17	15
$\eta \geq 60\%$	22	18	18	18
$\eta < 60\%$	2	6	6	6

另外, 在电池倍率放电性能测试中发现了电池放不出电 (如 B5 电子烟电池)、鼓包 (如 A10 电子烟电池)、漏液等异常情况, 这都严重影响用户体验, 且存在较大的安全隐患。

由于目前还未有专门针对电子烟用电池的强制技术标准或安全要求, 无法对电池的质量作出合规性判断。在电动车领域, 已经有对所用动力蓄电池的循环寿命和试验方法进行的具体要求^[18], 在电子烟领域

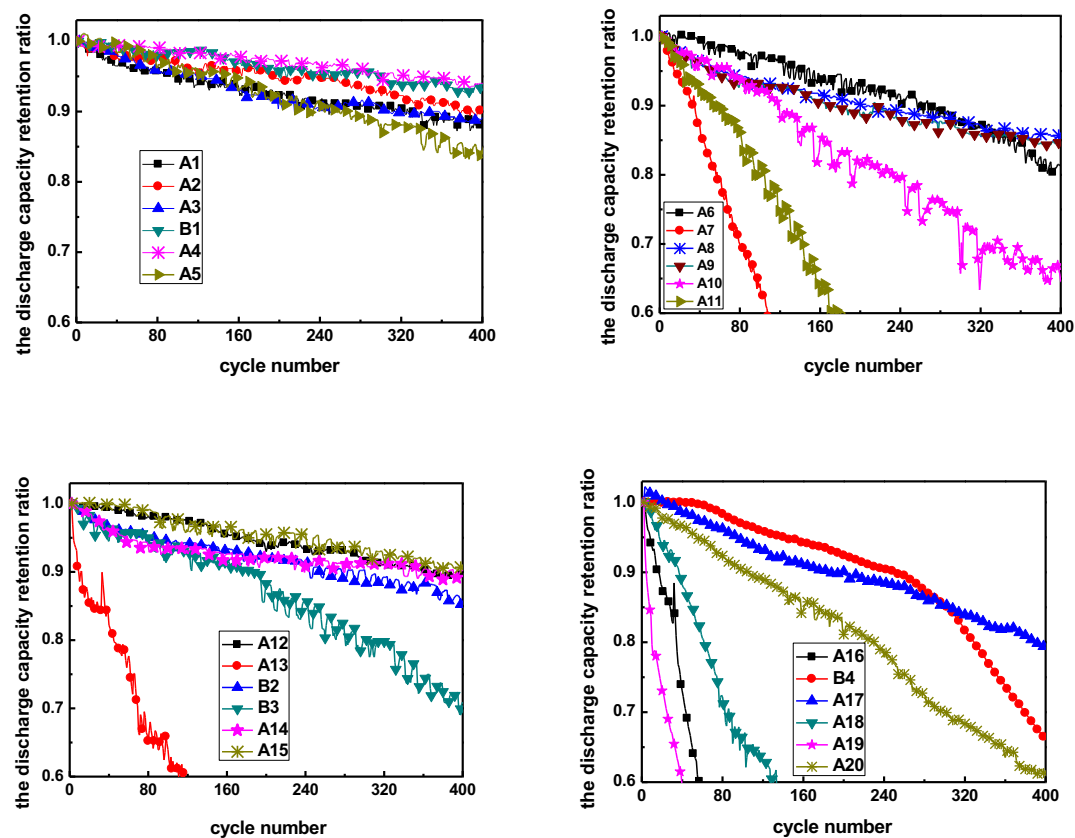


图 3 可充电电子烟倍率放电 DCRR 变化曲线

Fig. 3 The DCRR curves of rate discharge of batteries used in the rechargeable electronic cigarette

同样可以借鉴该思路对电池的性能做出约束，如经过 300 次倍率放电其 DCRR 值不低于 80%^[19]，这样可满足电子烟一年左右的使用需求，同时便于指导产品设计、电池质量监管和技术评价等。

3.2 电子烟气溶胶释放行为影响分析

3.2.1 电池性能对抽吸口数的影响

按 2.2 节的气溶胶释放测试方法对一次性电子烟进行抽吸口数测试，将测试结果与电池倍率放电结果汇总于表 3。通过电池倍率放电时间除以 3 s（CORRESTA 抽吸方法推荐的单次抽吸持续时间），

得到的估算抽吸口数与电子烟的实际抽吸口数大致相近，验证了 1.2 A 倍率放电能更真实地反映电子烟用电池实际工作性能。考虑到一次性电子烟液较充足，说明电池的倍率放电时长决定电子烟的抽吸口数，而不是电池额定容量、型号等指标。从表 3 中可以看出，与电子烟宣传或标注的抽吸口数相比，实测结果均不达标，电子烟产品的质量应该引起重视。这印证了在电子烟产品抽吸口数设计时，应该重视电池性能，尤其是电池倍率放电特性和自放电特性。

表 3 一次性电子烟电池倍率放电及对应的电子烟气溶胶释放结果列表

Tab. 3 List of the rate discharge of batteries and aerosol release of the corresponding disposable electronic cigarette

测试项目	A21	A22	A23	B10	B11	A24	A25	A26
放电前开路电压 U_0/V	4.095	4.145	3.997	3.996	3.972	4.070	4.082	3.961
倍率放电容量 /mAh	203.8	268.1	199.9	220.2	13.31	230	293.3	232.2
倍率放电时长 /s	612	805	601	662	40	695	881	697
实测抽吸口数	250	262	—	—	—	231	300	225
宣传或标注抽吸口数	300	500	—	—	—	500	400	800

3.2.2 电池性能对电子烟气溶胶释放稳定性的影响

对于连续使用的电子烟产品, 电池对气溶胶释放稳定性的影响不容忽视。选取倍率特性较好的 C1 电子烟电池杆两端进行开孔处理, 使得电子烟用电池的正负极露出, 便于测得电池两端的开路电压。采用 2.3 所述方法对其进行气溶胶释放测试。抽吸前需测电池的开路电压, 且每组抽吸后对电子烟补加电子烟液, 以保证烟液充足且重量相同, 测试的结果如图 4 所示。

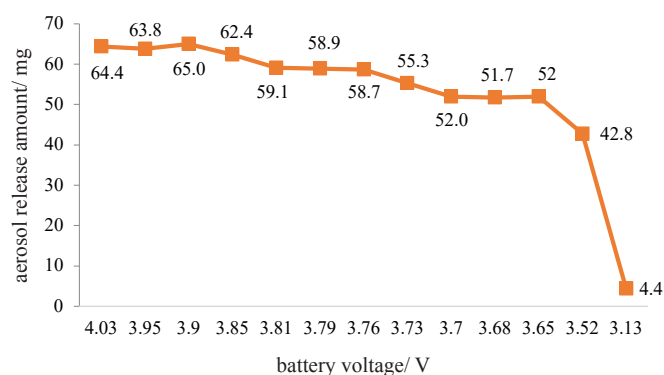


图 4 电子烟气溶胶释放量与电池电压的关系图

Fig. 4 The relationship between the aerosol release amount and battery voltage of electronic cigarette

可以看出, 电压越高, 气溶胶释放量越大, 电压越小, 气溶胶释放量越低。电压对气溶胶释放量的影响大致经历四个阶段: 第一阶段, 即前四组, 当电池电压为 3.85 V 以上时, 气溶胶释放量基本保持在每组 62 mg 以上的平台上, 每组平均为 63.9 mg; 第二阶段, 即第五至第七组, 当电池电压为 3.76 V~3.81 V 时, 气溶胶释放量基本稳定在每组 58 mg 的平台位置, 每组平均值为 58.9 mg; 第三阶段, 当电压为 3.65 V~3.73 V 时, 气溶胶释放量基本稳定在每组 52 mg 的平台位置, 每组平均值为 52.8 mg; 第四阶段, 当电压低于 3.52 V 以后, 电压不足, 此时的气溶胶释放量急剧下降, 直至低至 3.13 V 时, 几乎没有气溶胶释放。以第一阶段测得的气溶胶量平均值作为基准, 将不同阶段的气溶胶量与之做数学计算, 结果表明, 第二阶段、第三阶段和第四阶段的气溶胶释放量降幅分别为 7.8%、17.4% 和 40.4%。可以看出, 在电池电压较充足 (≥ 3.76 V) 时, 气溶胶逐口释放量较稳定, 但是电压进一步降低时, 对气溶胶释放量的影响大。

进一步地, 将电池型号和额定容量接近的 C1 和 C2 电子烟电池杆分别与 C1 烟弹组合进行气溶胶释放量测试, 抽吸前电池充满电, 添加相同重量的同一种电子烟液, 二者的倍率放电曲线和气溶胶释放结果分

别见图 5 和图 6。可以看出, C2 电子烟用电池的倍率放电性能优于 C1, 对应的每组气溶胶释放量大于后者约 20%, 且气溶胶释放稳定性也优于后者, 前者前四组的气溶胶释放量标准偏差数值为 2.5, 后者为 3.0。

综上, 在电子烟产品设计时, 选择合适倍率放电性能电池对于改善烟雾释放量及其稳定性效果较明显, 同时在满足产品设计条件下, 电池截止电压等电池参数的合理设置, 也能改善气溶胶释放稳定性。

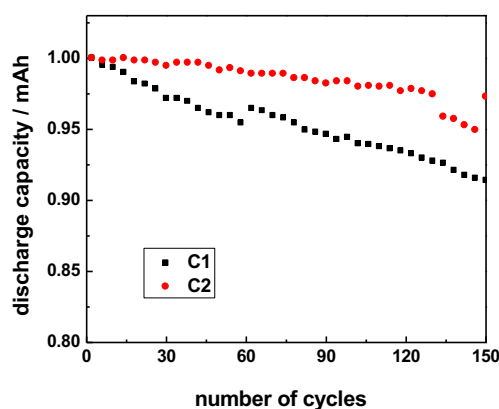


图 5 两种电池倍率放电 DCRR 变化曲线

Fig. 5 DCRR change curve of rate discharge of two kinds of batteries

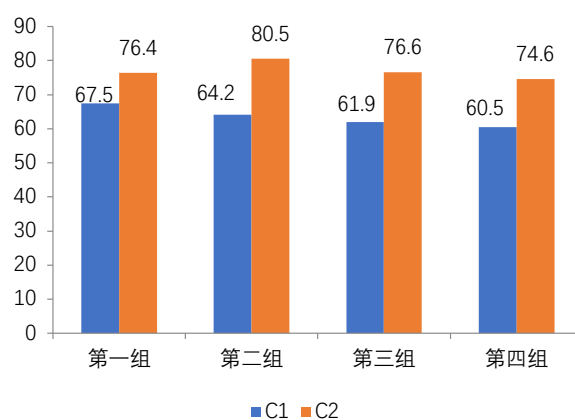


图 6 两种电池对应的气溶胶释差异图

Fig. 6 The difference of aerosol release between the two batteries

4 结论

本论文分析了小功率电子烟的电池倍率放电性能差异, 仅通过电池型号、额定容量或额定能量等信息不足以真实反映电池的实际工作性能。在电池性能评价时需重点关注其倍率放电性能、自放电、安全性等关键指标, 尽快建立适用于电子烟或新型烟草制品的电池标准或技术规范。

其次, 电池作为电子烟的核心元器件之一, 其性能对可抽吸口数、气溶胶释放量、逐口释放稳定性影响较明显。应深入开展对电池性能差异、不同技术指标对产品性能和品质的影响研究, 为电子烟产品设计、质量控制、标准建立提供更充分依据。最重要的是当前电子烟产品和核心元器件质量安全现状不容乐观, 尽快建立电子烟产品质量体系, 出台国家标准, 规范电子烟行业发展。

参考文献

- [1] Brown J, West R, Beard E, et al. Prevalence and characteristics of e-cigarette users in Great Britain: Findings from a general population survey of smokers[J]. *Addictive Behaviors*, 2014, 39: 1120–1125.
- [2] McBride D L. E-Cigarette Use by Children Increasing[J]. *Journal of Pediatric Nursing*, 2014, 29: 92–93.
- [3] Dockrell M, Morrison R, Bauld L, et al. e-Cigarettes: Prevalence and attitudes in great Britain[J]. *Nicotine & Tobacco Research*, 2013, 15(10).
- [4] Eissenberg T. Electronic nicotine delivery devices: ineffective nicotine delivery and craving suppression after acute administration[J]. *Tobacco Control*, 2010, 19(1): 87–88.
- [5] 刘义波, 李峰, 胡静. 电子烟概述及产业现状分析[C]. 中国: 中国烟草学会 2016 年度优秀论文汇编——烟草工业主题, 2016. LIU Yibo, LI Feng, HU Jing. Overview of electronic nicotine delivery system and the challenge analysis of their industrialization[C]. China: 2016 excellent papers collection of China Tobacco Society -- theme of tobacco industry.
- [6] 李保江. 全球电子烟市场发展、主要争议及政府管制[J]. *中国烟草学报*, 2014(04). LI Baojiang. A global perspective on electronic cigarette's future development and related controversial and regulatory issues[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2014(04).
- [7] Tianrong Cheng. Chemical evaluation of electronic cigarettes[J]. *Tobacco Control*, 2014, 23:ii1-ii17.
- [8] 李珊. 电子烟爆炸烫伤脸崩掉牙(图)[N]. *华商报*, 2012-02-17: http://hsb.hsw.cn/2012-2002/2017/content_8260186.htm.
- [9] Electronic Cigarettes (E-Cigarettes)[J]. *A Cancer Journal of Clinicians*, 2014, 64(3): 169–170.
- [10] 朱东来, 陈永宽, 韩熠等. 电子烟[M]. 云南: 云南大学出版社, 2015: 97–140. ZHU Donglai, CHEN Yongkuan, HAN Yi, et al. *ELECTRONIC CIGARETTES*[M]. Yunnan: Yunnan University Press, 2015: 97–140.
- [11] Brown C J, Cheng J M. Electronic cigarettes: product characterisation and design considerations[J]. *Tobacco Control*, 2014, 23: ii4–ii10.
- [12] 吴宇平, 袁翔云, 董超, 等. 锂离子电池应用与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 4.
- [13] 史鹏飞. 化学电源工艺学[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2006: 12–13.
- [14] Kosmider L, Sobczak A, Fik M, et al. Carbonyl Compounds in electronic Cigarette vapors-effects of nicotine solvent and Battery Output voltage[J]. *Nicotine & Tobacco Research*, May 15, 2014: 1–8.
- [15] GB/T 32141-2014, 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全要求[S]. 中国: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 / 中国国家标准化管理委员会, 2014.
- [16] 2014Electronic cigarette aerosol parameters study[EB/OL]. [2015-03]. http://www.coresta.org/Reports/ECIG-CTR_ECigAerosolParameters-2014Study_March2015.pdf.
- [17] 杨增武, 苗萌, 贺狄龙. 锂离子电池自放电行为研究概述[J]. *电源技术*, 2016, (40) 6: 1309–1311. YANG Zengwu, MIAO Meng, HE Dilong. Progress of self-discharge behavior of lithium-ion battery[J]. *Chinese Journal of Power Sources*, 2016, (40) 6: 1309–1311.
- [18] GB/T 31484-2015, 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法[S]. 中国: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 / 中国国家标准化管理委员会, 2015.
- [19] 范智伟, 乔丹, 崔海港. 锂离子电池充放电倍率对容量衰减影响研究[J]. *电源技术*, 2020, (44) 3: 325–326. FAN Zhiwei, QIAO Dan, CUI Haigang. Influence of charge and discharge rate on capacity fade of lithium ion battery[J]. *Chinese Journal of Power Sources*, 2020, (44) 3: 325–326.

Analysis of the rate discharge performance of electronic cigarette batteries and the influence on aerosol release behavior

LIU Yibo, CHEN Zhihong, LIU Xi, HU Jing, LI Feng*

Technology Center, China Tobacco Guang Dong Industrial Co., Ltd., Guangzhou 510385, Guangdong, China

Abstract: [Objective] This study aims to study the current status of battery quality of electronic cigarette and analyze its influence on aerosol release behavior. [Method] In this study, 38 kinds of low-power electronic cigarette were selected research objects, and the rate discharge performance of their batteries was analyzed. [Results] (1) The rate discharge performance of batteries of electronic cigarette was uneven, only 52.0% of collected rechargeable electronic cigarette batteries had a discharge capacity retention rate (DCRR) of more than 80% after 400 cycles, and 38.5% of collected disposable electronic cigarette batteries could not discharge at a normal rate, and abnormalities such as batteries leakage and bulge were observed during the test; (2) the 1.2A rate discharge characteristic can reflect the actual working capacity of the battery, and determine the number of puffs of the disposable electronic cigarette. The battery of electronic cigarette has a significant impact on the amount of aerosol release and the puff-by-puff release stability of aerosol in actual work. [Conclusion] It is necessary to pay attention to the quality and safety of electronic cigarette and their core components, and regulate the development of the electronic cigarette industry as soon as possible.

Keywords: electronic cigarette; battery; the rate discharge performance; aerosol release; puff-by-puff release; product quality

*Corresponding author. Email: lif@gdzygy.com