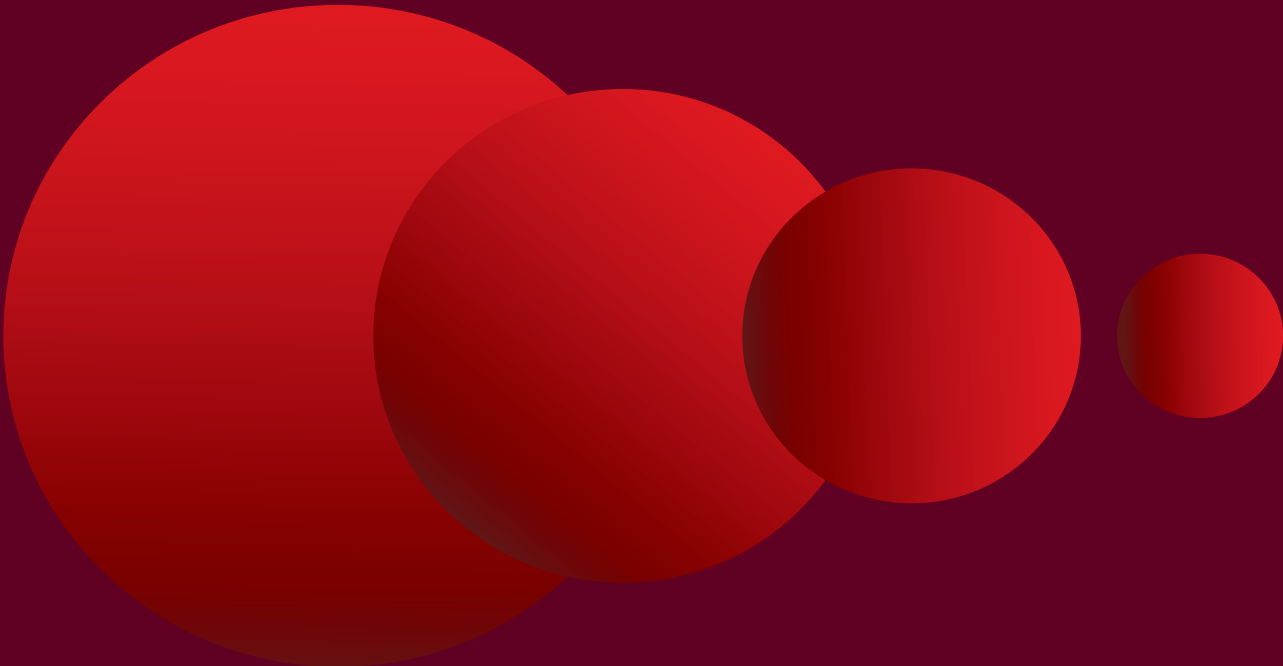


智能手机更换售后市场锂离子电池的安全问题



目录

摘要	2
智能手机更换电池的增长情况	3
更换智能手机电池	4
智能手机电池安全评估	6
UL Solutions 的研究	7
结果与主要发现	8
总结与建议	11
附录	13



摘要

在更换移动设备的电池时,消费者有多种选择。他们可以选择从原始设备制造商 (OEM) 授权的服务提供商处购买 OEM 认可的原装电池,也可以购买 OEM 认可的替换电池,还可以选择在售后市场 (未经 OEM 授权) 购买电池,然后由第三方维修店安装,或者按照互联网上的说明自行更换电池。但需注意的是,如果消费者选择购买售后市场的电池,则可能面临安全风险。

针对来自不同公开渠道的各类售后市场智能手机替换电池,UL Solutions 开展了一系列测试和评估,以评估这些电池是否符合电池安全标准,并将相关发现汇总至本白皮书中。UL Solutions 根据多个地区电池标准中的关键评估和测试要求,对 33 个售后市场电池品牌 (共计 1,200 多个电池组和电池单元样品) 进行了评估。结果表明,所购电池品牌均未满足适用区域标准的安全认证要求。33 个电池品牌中有 29 个 (占比 88%) 不符合适用标准。不合格的电池品牌都出现了电池组或电池单元起火和爆炸事件。以上发现揭示了一个令人担忧的趋势,即未经认证的售后市场智能手机替换电池往往达不到既定的安全标准,可能对消费者的安全构成潜在风险。在极端情况下,还可能导致热失控、爆炸或火灾,对消费者造成直接伤害。为了尽可能地降低此类风险,消费者应从可信和可靠的来源购买售后市场智能手机替换电池,并且应选择符合适用地区安全标准的电池。

作为全球应用安全科学专家,UL Solutions 服务全球 100 多个国家和地区的客户,助力加速将产品安全、信息安全和可持续性挑战转化为客户的机遇。UL Solutions 提供测试、检验和认证服务,以及支持客户产品创新和业务增长的软件产品和咨询服务。

智能手机替换电池的增长情况

在我们的日常生活中,智能手机十分重要,几乎随处可见。截至 2023 年,全球拥有智能手机的人数达到 73.3 亿,占全球总人口的 90.97%,这是一个惊人的数字。智能手机和其他便携式电子设备一样,非常依赖于电池。根据 Research and Markets 的数据,全球移动电池市场在 2023 年达到 230.5 亿美元,预计 2027 年将增长至 299 亿美元。相较于其他类型的电池,锂离子电池因其能量密度高、重量轻的特性而在市场上占据主导地位。

然而,尽管锂离子电池技术在不断进步,有一个挑战始终难以避免,那就是随着电池老化,电池容量会逐渐降低,而且这一趋势不可逆转。这种现象被称为容量衰减,表现为设备每次充电后的工作时间缩短。最终,电池将因为无法满足用户的日常使用需求,而不得不更换。预计到 2023 年底,50% 以上的 iPhone 用户将使用二手智能手机,其中大部分人会想要更换电池,以此延长智能手机的使用寿命。





更换智能手机 电池

如前所述,若要更换智能手机电池,消费者可以购买 OEM 认可的电池,也可以选择购买售后市场的电池。如果替换电池经智能手机制造商认可,那么其功能应与原装电池类似,并具有相同的安全认证、性能和循环寿命特性。

然而,基于节省成本或购买便利性的考虑,消费者可能不会选择 OEM 认可的电池。越来越多的消费者开始到第三方维修店购买售后市场的电池,或者在网上购买电池,然后按照网上提供的说明自行更换电池。相较于 OEM 认可的电池,这些售后市场电池的价格往往较低,但卖方声称其性能相差无几,甚至更优异。由于欧盟(EU) 和美国各州(如纽约州)的具体规定,预计越来越多的消费者将自行寻找更换电池的资源。

OEM 认可的电池通常要经过一系列国际或地区安全标准评估和测试,才能获得安全认证。该程序有助于确认产品的性能和可靠性,并在一定程度上降低火灾风险。与此相反,大多数非制造商推荐使用的售后市场替换电池的产品标签上,通常没有此类声明,这表明它们可能未获得电池安全标准的认证。

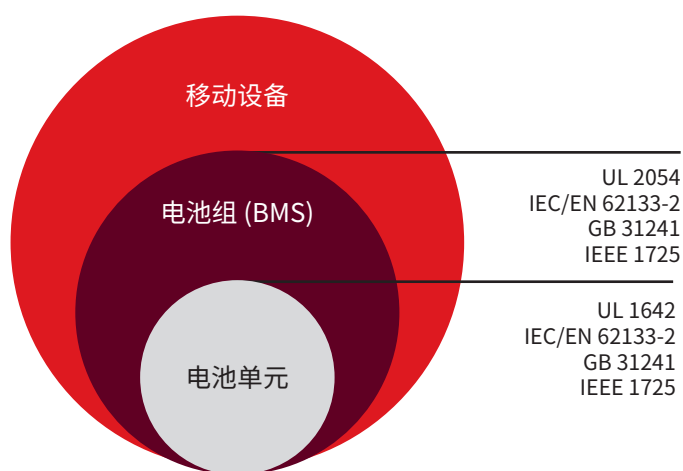


由于不合格的锂离子电池会释放出大量能量,因此可能会给用户带来潜在的安全风险。当电池过充、暴露在高温下或者遇到其他与安全测试类似的情况时,可能会在热失控过程中引发火灾,进而导致财产损失、严重伤害甚至人员伤亡。当电池损坏或使用不当时,还可能发生电解液泄漏或气体排放等相关危险,这可能导致电池内部的化学物质泄漏,进而可能对设备或用户造成伤害。

购买经认证符合适用安全标准的电池,可有效减少安全问题。图 1 说明了电池单元、电池组、移动设备和相应安全标准之间的关系。关于电池的评估、测试和认证,有以下两项常见的电池安全标准:UL 1642“锂电池标准”,适用于电池单元;以及 UL 2054“家用和商用电池标准”,适用于锂离子电池组。尤其在北美地区,这些标准通常被用于锂离子电池的安全认证。

电池组与电池单元的主要区别在于是否配备了名为电池管理系统 (BMS) 的电子控制装置。在选择用于智能手机和其他移动设备的锂离子电池时,无论这些电池来自原制造商还是其他授权来源,消费者都可以选择具有 UL 2054 认证的电池品牌,以降低移动设备起火和爆炸的风险。根据 UL 2054 的规定,电池组中使用的锂离子电池都必须符合 UL 1642 的要求。

智能手机电池安全评估



除了 UL 1642 和 UL 2054 之外，不同的国家或地区也有自己特定的安全标准。例如，IEC/EN 62133-2 即为欧洲通用的电池安全标准。美国、欧盟和一些亚洲国家的手机运营商则要求使用 IEEE 1725。此外，中国通用的锂离子电池安全标准为 GB 31241。这些不同的电池安全标准既有共通要求，也有各自独特的部分，但它们的最终目的都是为电池产品安全认证提供依据。

UL 2054 为正常和非正常使用情况下的电池组提供了综合性的安全评估。如果用户将智能手机的电池更换为未经 UL 2054 或适用安全标准认证的电池，则可能会承担更高的安全风险。未经认证的电池主要面临两个安全问题：BMS 可能无法正常工作来保护电池单元，以及电池未配备过流或过热保护装置。此外，未经认证的电池可能无法停止或消除可预见的滥用情况造成的危险，如过度充电或外部短路。这些情况可能会导致火灾或爆炸，损害智能手机，并可能危及用户安全。

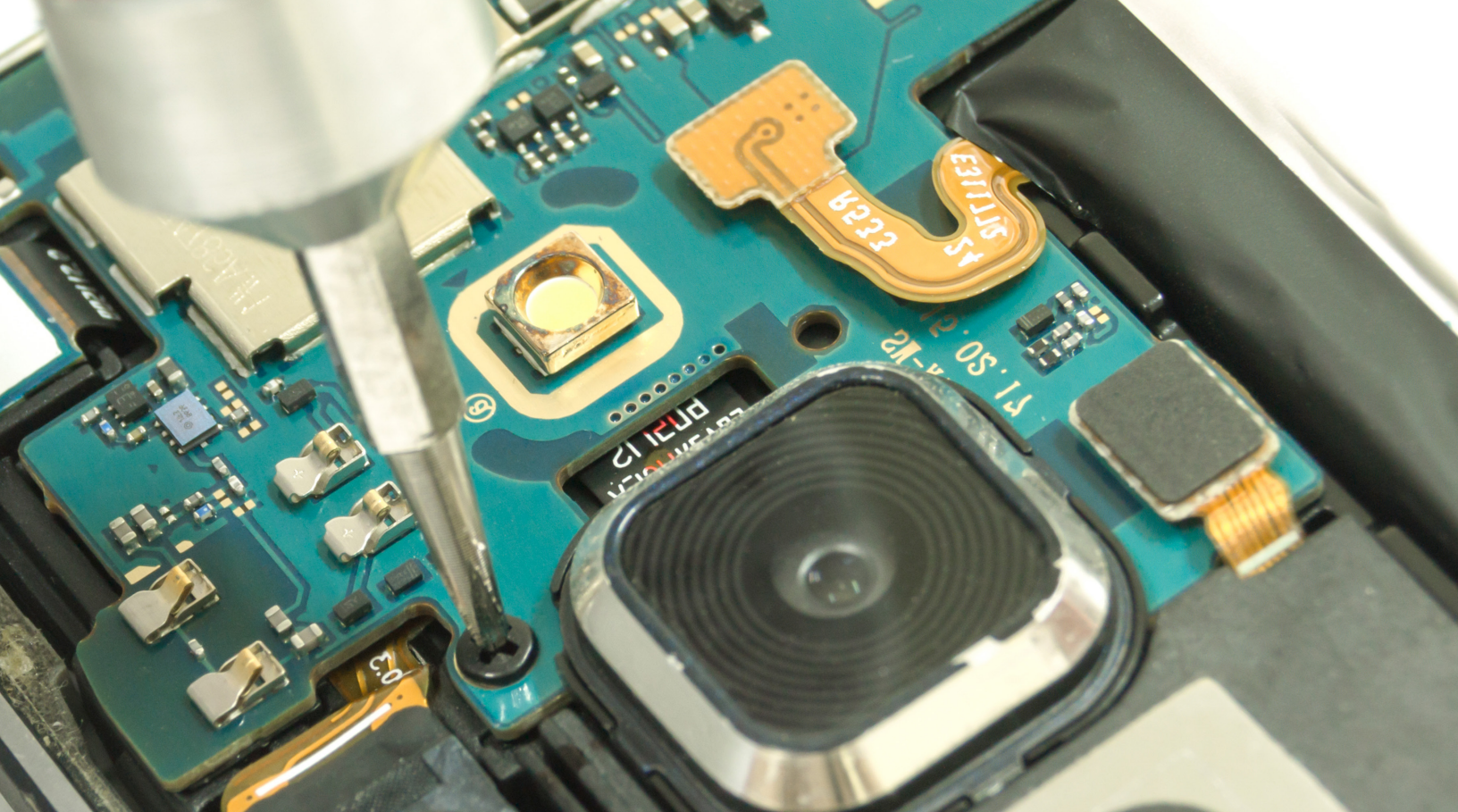


UL Solutions 的研究⁶

针对来自不同公开渠道的各种售后市场智能手机替换电池, UL Solutions 进行了一系列测试和评估, 以评估这些电池是否符合电池安全标准。为了评估售后电池是否符合现行的区域安全协议, 我们根据购买地的安全标准对一组售后市场电池样本进行了测试。主要涉及的标准包括: UL 1642、UL 2054 (北美); IEEE 1725 (美国 CTIA 无线协会); IEC/EN 62133-2 (欧洲) 以及 GB 31241 (中国)。

每个标准都包含若干测试, 这些测试模拟了智能手机使用过程中可能发生的各种可预见的误用情况。为了涵盖更多售后市场电池品牌和样本的情况, 本研究选择了具有较高风险条件的测试方案。如果电池样本未能通过这些关键测试, 则表明消费者将面临更大的风险与危害。





结果和主要发现

本节概述了基于区域电池安全标准的研究结果。结果表明，所评估和测试的电池品牌均未获得安全认证。请参见附录，了解测试结果详情。

全球

IEEE 1725

根据 CTIA 无线协会的特定要求，UL Solutions 在电池单元级别对来自不同品牌的 27 个未经认证的电池样品进行了评估。我们从这些要求中选择了隔离和电极几何形状测试，并对这些样品进行了有限的安全评估。隔离测试旨在确认电池隔膜/单元设计能否在高温条件下维持一段合理的隔离期，以维护电池单元的安全。电极几何形状测试旨在检查电极排列参数的设计和控制，以确认不会影响电池单元的安全性。结果显示，有 10 个电池品牌未通过隔离验证。

北美

UL 1642

根据 UL 1642 中的一些关键测试, UL Solutions 在电池单元级别对这 8 个电池组品牌进行了进一步评估。结果显示, 1 个品牌未通过室温短路测试, 3 个品牌未通过 55 °C 短路测试, 8 个品牌均未通过加热测试。加热测试旨在评估电池单元在特定时间内承受特定高温的能力。要通过短路测试, 样品不得发生爆炸或被引燃。热稳定性较差的电

池单元不太可能通过 UL 1642 中的加热测试。如果将此类电池单元用于电池组, 则会加剧电池单元中发生热失控事件的风险, 并可能会导致更大范围的火灾。

此外, 我们还对第九个电池组型号在单元级别进行了测试。该电池组重复利用了 OEM 的原装 BMS, 并将其连接到非 OEM 电池。结果表明, 非 OEM 电池同样未能通过加热测试。

UL 2054

根据 UL 2054 标准, UL Solutions 先对在北美获得的 5 个替换电池品牌进行了评估和测试。此类评估和测试涵盖了多个方面, 如电气和机械结构、组件和材料分析、环境条件和测试, 例如外部短路、滥用过充、限功率电源、电池组组件温度和标记/说明要求。根据测试结果, 第一组电池均不符合 UL 2054 标准。

在有关的安全测试要求中, 外部短路和滥用过充测试反映了实际应用中更为常见且可预见的误用情形。在初步调查中, 有部分电池未能通过以上测试。

此外, 所有电池样本均未通过限功率电源测试。因此, 我们选择了这三种测试, 以便对更多的电池品牌进行后续研究。继初次测试之后, 我们又从北美市场采购了 8 个不同品牌的替换电池, 并对这些电池样本进行了安全测试。测试重点关注外部短路、滥用过充和限功率电源测试, 以及构造、标记及说明审查。此阶段, 所有电池都未能通过至少一项测试。关于标记和说明, 经调查发现, 大部分未经认证的智能手机替换电池存在不符合 UL 2054 标准的问题。如果智能手机电池未独立获得 UL 2054 认证, 将可能对消费者构成实实在在的安全隐患。

欧洲

IEC/EN 62133-2

在欧盟地区, UL Solutions 根据 IEC/EN 62133-2 标准, 对来自 10 个不同品牌且未经认证的电池进行了评估和测试。在电池单元级别, 我们进行了外部短路和热滥用测试。测试结果显示, 8 个品牌未通过热滥用测试, 4 个品牌未通过外部短路测试。在电池组级别, 我们进行了标记、过充和外部短路测试。结果显示, 所有电池组样品均存在标记不一致的情况, 并且有 4 个品牌的电池组未能通过外部短路测试。根据观察, 火灾和爆炸是电池单元和电池组常见的故障模式。

中国

GB 31241

最后, 根据 GB 31241, 我们对来自中国市场的电池组进行了评估和测试。在电池单元级别, 我们进行了室温短路、55 °C 短路、过充和加热测试。结果表明, 在测试的 10 个品牌中, 有 1 个品牌未能通过室温短路测试, 2 个品牌未能通过 55 °C 短路测试, 4 个品牌未能通过加热测试。根据观察, 火灾和爆炸是电池单元常见的故障模式。在电池组级别, 我们对 10 个未经认证的电池样品进行了标记、低压、过流充电和外部短路测试。结果显示, 所有样品均通过了低压、过流充电和外部短路测试, 但没有一个样品完全符合标记要求。



总结与建议

随着欧盟和美国各州新法规的实施, 智能手机修改设计, 以允许用户自行更换和修理电池已成为必然之势。尽管这一举措有助于满足环境和消费者的诉求, 但也增加了未认证智能手机替换电池带来的安全风险。

本研究中, 我们采购了售后市场的智能手机替换电池, 根据全球各地区电池标准中的关键评估和测试要求, 对 33 个电池品牌进行了评估。33 个电池品牌中有 29 个 (占比 88%) 不符合适用标准。不合格的电池品牌都出现了电池组或电池单元起火和爆炸时间。以上发现揭示了一个令人担忧的趋势, 即未经认证的售后市场智能手机替换电池往往达不到既定的安全标准, 可能对消费者的安全构成潜在风险。在极端情况下, 这种缺陷还可能导致热失控、爆炸或火灾, 对消费者造成直接伤害。

多份调查显示, 本研究中的有关售后市场电池品牌均未获得安全认证, 也未完全符合全球电池安全标准。图 2 展示了本研究的结果, 揭示了一些重要的安全问题, 如构造质量差、电气安全设计不佳、组件/材料选择不当、未遵守电池安全标准中的关键测试要求, 以及在关键且可预见的误用情景下 (如外部短路、加热测试和滥用过充), 存在发生热失控的可能性 (见图 3)。

图 2 根据区域电池安全标准对未认证电池安全性能的调查

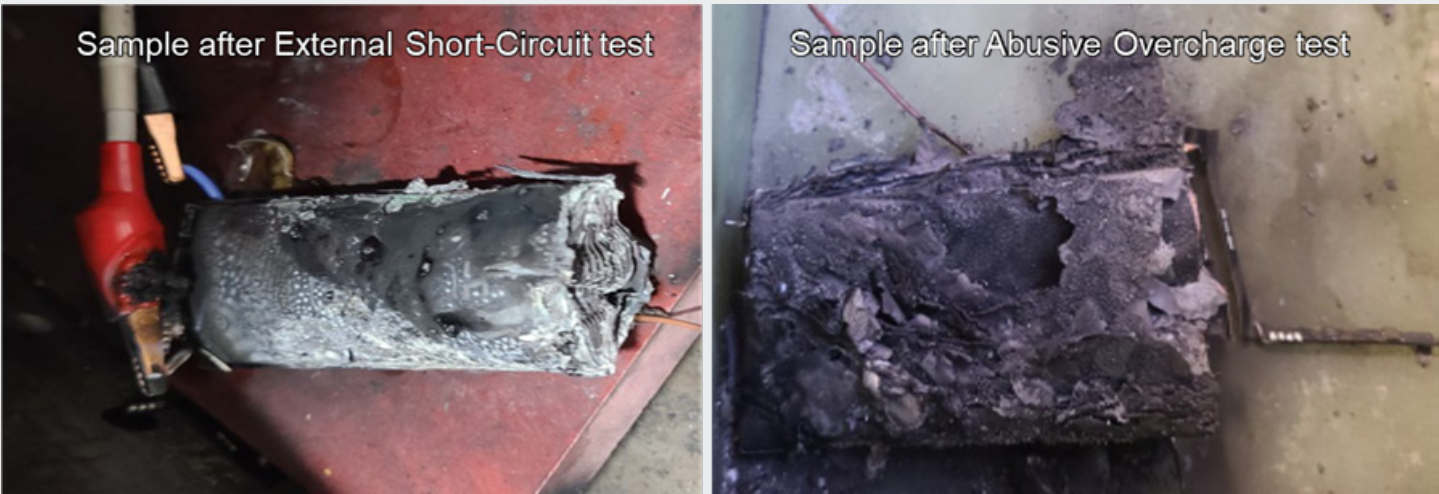
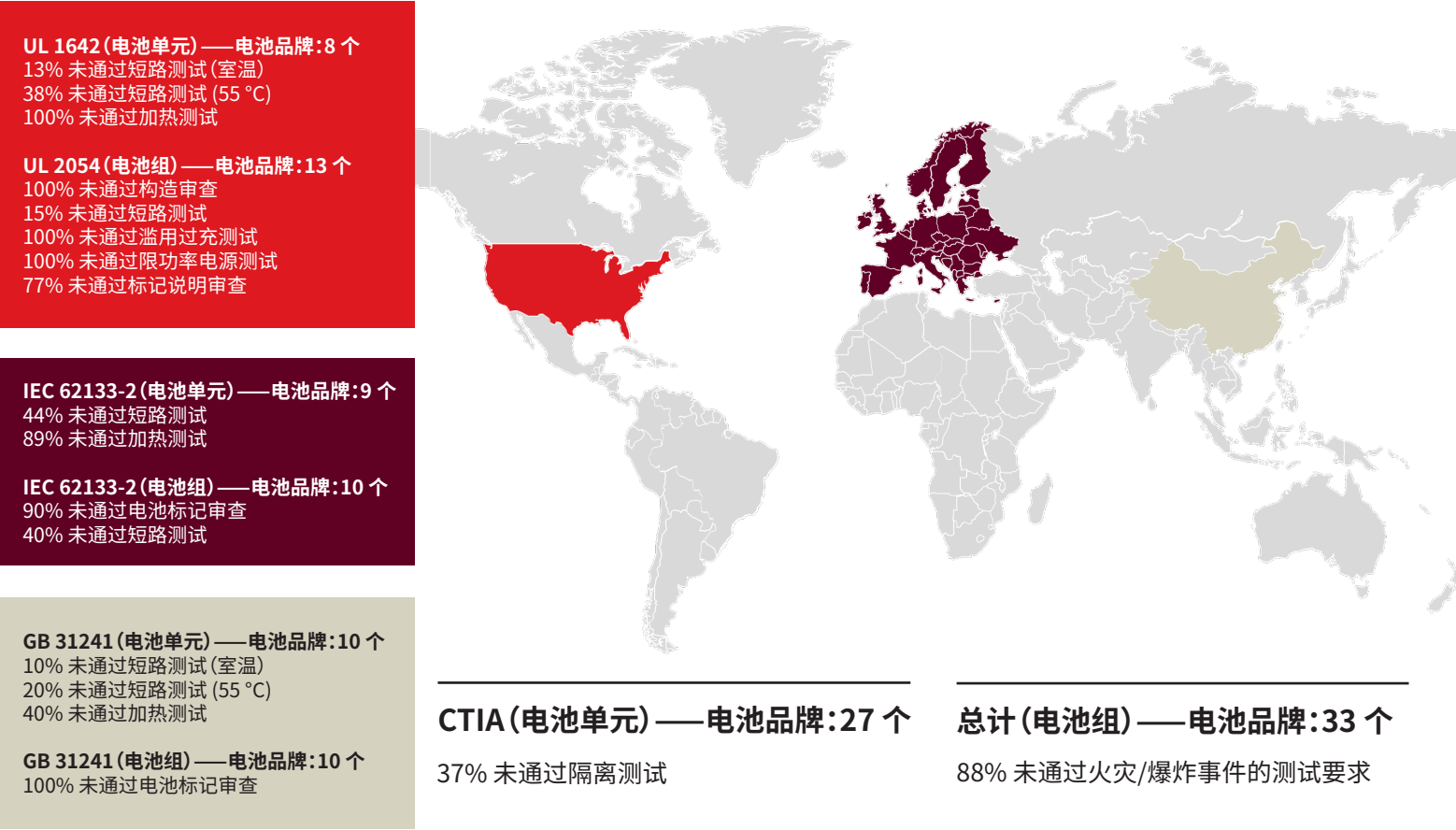


图 3 经过外部短路和滥用过充测试后的电池样本

智能手机更换售后市场锂离子电池的安全问题

表 1 第一阶段研究结果——UL 2054 安全评估

	品牌 1	品牌 2	品牌 3	品牌 4	品牌 5
构造审查	N	N	N	N	N
短路测试	Y	Y	N	N	Y
异常充电	Y	Y	Y	Y	Y
滥用过充	N	N	N	N	N
强制放电	Y	Y	Y	Y	Y
限功率电源测试	N	N	N	N	N
电池组组件温度测试	N	N	N	N	N
电池组表面温度测试	Y	Y	Y	Y	Y
电池外壳测试	Y	Y	Y	Y	Y
标记和说明	N	Y	N	N	N

表 2 第二阶段研究结果——UL 2054 有限安全评估 (电池组级别)

	品牌 6	品牌 7	品牌 8	品牌 9	品牌 10	品牌 11	品牌 12	品牌 13
构造审查	N	N	N	N	N	N	N	N
短路测试	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
滥用过充	N	N	N	N	N	N	N	N
限功率电源测试	N	N	N	N	N	N	N	N
标记和说明	Y	N	N	N	N	N	Y	N

表 3 第二阶段研究结果——UL 1642 有限安全评估 (电池单元级别)

	品牌 6	品牌 7	品牌 8	品牌 9	品牌 10	品牌 11	品牌 12	品牌 13
室温短路	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
55 °C短路	N	Y	N	Y	Y	N	Y	Y
异常充电	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
加热测试	N	N	N	N	N	N	N	N
低压	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

表 4 第三阶段研究结果——IEC/EN 62133-2 有限安全评估 (电池单元及电池组级别)

		品牌 14	品牌 15	品牌 16	品牌 17	品牌 18	品牌 19	品牌 20	品牌 21	品牌 22	品牌 23
电池单元级别	外部短路	Y	N	Y	N	Y	N	Y	-	Y	N
	热滥用	N	N	N	N	N	N	N	-	Y	N
	电池标记	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N
电池组级别	过度充电	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	外部短路	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y

表 5 第三阶段研究结果——GB 31241 有限安全评估 (电池单元及电池组级别)

		品牌 24	品牌 25	品牌 26	品牌 27	品牌 28	品牌 29	品牌 30	品牌 31	品牌 32	品牌 33
电池单元级别	室温短路	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	55 °C短路	N	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	过度充电	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	加热测试	Y	N	Y	N	N	N	Y	Y	Y	Y
电池组级别	标志	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	低压	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	过流充电	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	外部短路	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

N不符合标准

Y符合标准

-未测试

智能手机更换售后市场锂离子电池的安全问题

表 6 第三阶段研究结果——CTIA 有限安全评估 (IEEE 1725——电池单元级别)

	电池单元:隔离特性	电池单元:ACOH (电极几何形状)
品牌 6	Y	Y
品牌 7	Y	Y
品牌 8	N	Y
品牌 9	Y	Y
品牌 10	Y	Y
品牌 11	Y	Y
品牌 12	N	Y
品牌 13	Y	Y
品牌 14	N	Y
品牌 15	Y	Y
品牌 16	N	Y
品牌 17	N	Y
品牌 18	N	Y
品牌 19	-	Y
品牌 20	N	Y
品牌 21	-	Y
品牌 22	N	Y
品牌 23	Y	-
品牌 24	N	Y
品牌 25	Y	Y
品牌 26	Y	Y
品牌 27	Y	Y
品牌 28	N	Y
品牌 29	Y	Y
品牌 30	Y	Y
品牌 31	Y	Y
品牌 32	Y	Y
品牌 33	Y	Y

尾注

1. <https://ul.org/library/what-thermal-runaway-fact-sheet>
2. <https://www.bankmycell.com/blog/how-many-phones-are-in-the-world>
3. <https://www.researchandmarkets.com/reports/5744128/mobile-battery-global-market-report>
4. <https://www.forbes.com/sites/barrycollins/2023/10/10/half-of-iphones-will-be-second-hand-by-end-of-2023/>
5. 电池管理系统 (BMS) 是锂离子电池中的一种电子调节系统, 用于监控电池单元电压、温度和电池运行状况。BMS 可对电池状况和运行进行电子监控, 以提高锂电池的安全性、使用寿命和效率。
6. 本研究由 Apple Inc. 提供部分资金支持。UL Solutions 承担了执行本研究中相关测试的责任, 并对结果进行了验证。本白皮书中所述的有关结论为 UL Solutions 的观点。



UL.com/Solutions

© 2024 UL LLC 保留所有权利