

本文首发于什么值得买平台请关注本账号获取更多好文，作者：eronas

不久前，一位朋友问我：科技进步给人类带来生活上的最大影响是什么？“云、深度学习、数字货币。”他拼命摇头：“你知道么，20世纪90年代之前人每天坚持的习惯只有吃饭睡觉，现在又多了一个——给手机充电。”（笑）

诚然，充电已经成为了生活的一部分。

前言

2019年的诺贝尔化学奖颁发给了“锂电池之父”——John B. Goodenough，以表彰他在电池领域的重要贡献。自1991年索尼采用Goodenough理论制造出了世界上第一款商用锂电池起，锂电池/锂聚合物电池就被广泛应用在移动便携设备中，并因此产生了丰富的充电需求。

对应充电设备的充电器普遍采用直流电源(AC/DC Adapter)+充电控制电路这样的架构。前者将100-230V交流电转换成低压直流电，后者与被充电设备通讯协商充电电压/电流、控制充电器输出断开。目前我们日常接触的大部分可充电设备的充电接口，以USB Micro-B、Lightning和USB Type-C为主，除了不需要协议、使用原装交流适配器通过DC口充电的设备（例如大部分游戏笔记本）。大部分USB Micro-B在移动设备快充协议诞生之前仅支持最高5V2A充电，而Lightning作为Apple专有接口，支持5v2.4A（A to L MFI认证线）和PD协议30w或更高（C to L MFI认证线）充电。这里涉及到了2个专业名词，一个是MFI认证，即Made For iPhone/iPod/iPad。Apple原装数据线或者加入了MFI Program并通过认证的第三方厂商生产的数据线均内置了MFI认证芯片，其在充电时与iPhone、iPad等设备进行通讯握手认证，并激活更高规格、俗称快充的充电协议，进行快充。如果使用没有认证的第三方线缆，设备就有可能拒充（显示不支持此配件）。

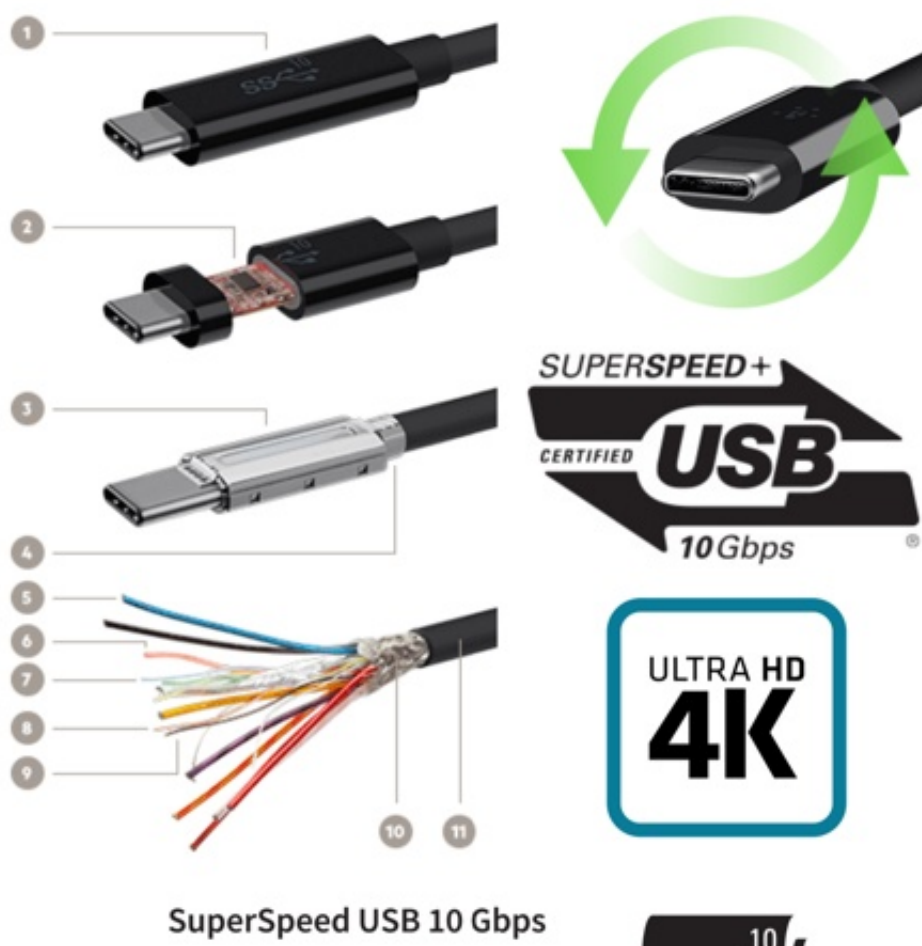
高通	PD	华为	三星	OPPO/一加	VIVO	MTK
QC2.0	PD2.0	SCP	AFC	VOOC	Super FlashCharge	PE+1.1
QC3.0	PD3.0 PPS	FCP		DASH		PE+2.0
QC4/QC4+				WRAP		

主流充电协议对比

由于历史原因，除PD协议以外，其他充电协议均支持A口充电器进行快速充电。对于A口只有D+、D-、VBUS、GND和ID这5条线可用，因此这些协议是通过USB上的D+ D-电压或耦合数据信号进行识别的。以高通QC2.0协议为例，支持QC2.0的安卓手机和充电器用数据线连接上后，手机操作系统会启动hvdcp进程在D+上加载

0.325V电压，并维持1.25S以上。当充电器检测到D+上电压0.325V并维持超过1.25S后，断开D+和D-的短接。由于D+和D-断开，故D-上的电压不在跟随D+变化，此时电压开始下降。手机端检测到D-上的电压从0.325V开始下降并维持1ms以上时，hvdcp进程开始读取/sys/class/powersupply/usb/voltage max 的值，并在D+ D-上设置手机所需要的充电电压对应的电压值；充电器通过读取D+ D-电压值并在VBUS上输出手机最终请求的充电电压。

这一过程相对来说比较简易，不过D+ D-作为USB数据线在激活QC2.0快充时会被占用，不利于USB数据传输。那么有没有什么方案既可以高速数据传输的同时又能够快速充电呢？作为后起之秀的USB-C接口和被寄予厚望的大一统充电协议USB Power Delivery应运而生。



USB3.1Gen.2 10Gbps 5A 100W Type-C数据线 (带E-Marker)

上图展示了一根带有E-Marker芯片并支持完整USB3.1Gen.2 10Gbps带宽数据传输和5A大电流PD电力传输的“C to C”数据线结构。数字标签②所指示的是被封装在Type-C插头中的E-Marker芯片，它存储了该线缆的数据

传输能力和电力传输能力。有了E-Marker芯片的C2C线才能在PD协议握手时激活5A电流传输能力，否则最高只能达到3A。“A to C”数据线由于没有cc针脚，因此也无法进行PD充电。综上所述，进行PD充电的必要条件如下：

1. 充电器必须支持PD协议，且必须使用C口输出;
2. 充电数据线必须是C to C数据线，且电流超过3A必须使用带E-Marker芯片的C2C线；
3. 用电设备必需使用Type-C且支持PD协议充电/供电。

目前为止，iPhone、iPad、部分安卓手机、笔记本电脑和部分移动电源均已支持PD充电，对中高功率PD充电器日益增长的市场需求，以及对充电器小型化、高效化的客户期望，催生了一批60W以上输出功率的便携PD充电器诞生。本文将以其中4个相对热门的65W PD充电器作为样本，对比评测这4个充电器的真实性能，为大家选择这个level的充电器提供参考。

四款65W PD充电器评测

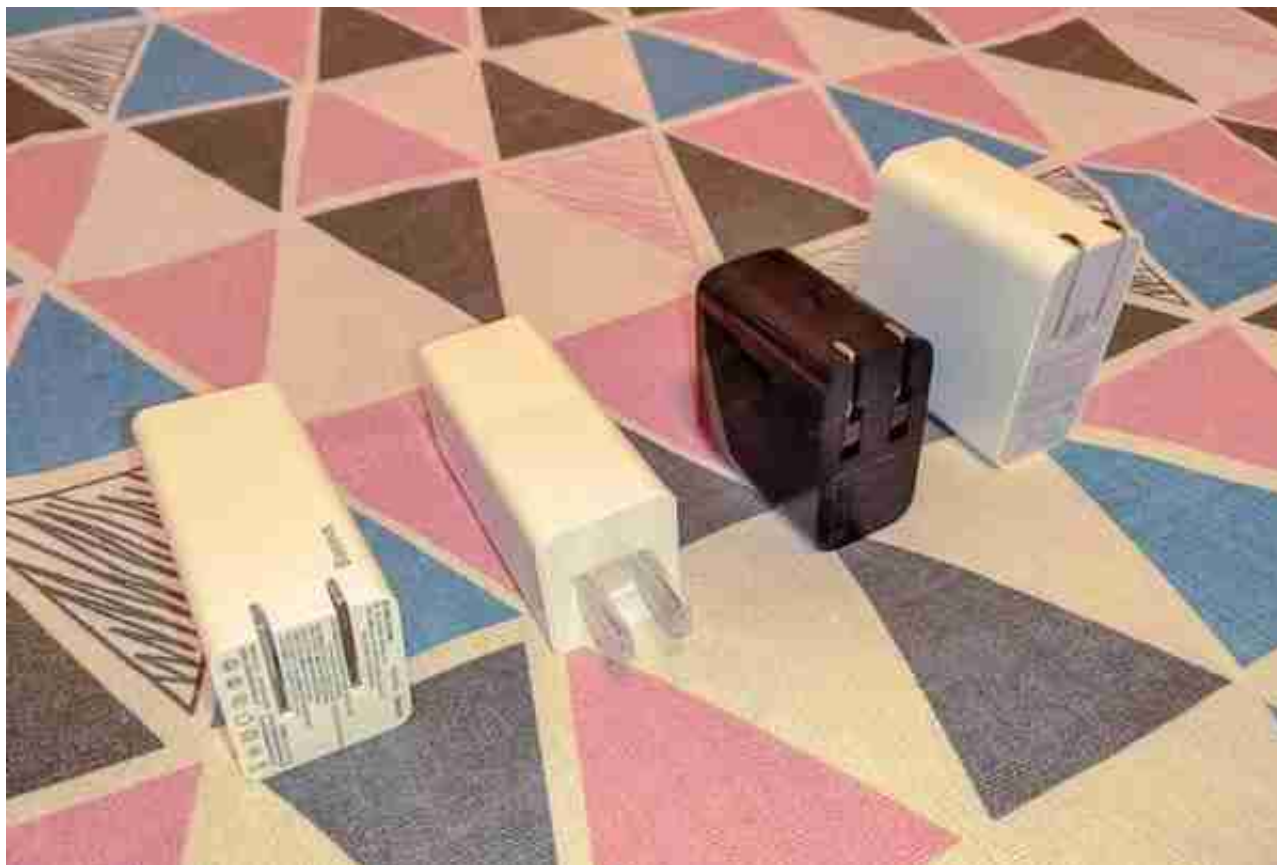
产品外观设计和包装配件

我们选取了基本处于同一价位的小米65W充电器、紫米65W、联想口红 65W和爱否X倍思氮化镓65W充电器作为此次评测的主角。爱否联名款限量预售链接已经过期，根据爱否和倍思的官方介绍，倍思氮化镓65w和爱否x倍思氮化镓65w充电器的型号都是BS-C915，属于同一款产品，区别仅仅为外包装和外壳爱否的商标丝印而已。

(非专业评测晚上拍照无补光无单反，照片质量比较一般)



外观对比



AC插头部分

排插和墙插兼容性稳定性测试



墙插稳定性测试

经常出差的朋友一定对酒店床头的墙插颇有怨言，这些插座因为经常被房客反复插拔通常都松松垮垮，充电器插上后容易脱落。只要一不小心就会遇到一觉醒来以为电充好了其实手机因为充电器脱落根本没充上电的窘境。我们测试了这四款充电器的墙插稳定性，小米和紫米65W因为长方体的结构重心离墙面更近，自重力矩更小，插上后稳定性不错，不容易松脱。联想和爱否倍思氮化镓立方柱的造型导致了充电器整天重心离墙面远，自重力矩更大，容易从墙插上松脱。倍思氮化镓65W因为可折叠插头的缘故，比联想口红更容易从墙插上松动，只要轻轻拉一下数据线，就会松脱并掉落，建议使用这2款充电器时尽量垂直于水平面放置。



小米/联想口红 65W PD充电器 协议检测

小米65W和联想口红都支持高通QC3.0 三个档位电压和PD65W输出。小米65W由于采用的协议芯片较为早期故只能支持PD2.0协议，不过实际使用中因为PD2.0是PD3.0的子集，因此对PD充电输出影响不大。

小米65W相比联想口红协议支持上增加了三星AFC三档电压最高25W和华为FCP二档电压最高18W的支持。



倍思氮化镓 65W PD充电器C2口 A口 协议检测

爱否X倍思氮化镓65W充电器是这四款PD充电器中协议支持最丰富的，得益于采用了智融SW3516H协议芯片，C口均支持QC3.0 四档电压和QC4、三星AFC、华为FCP三档最高24W和华为SCP最高5A的充电协议。A口由于无法支持PD充电与C1口相比少了对QC4和PD协议的支持。爱否x倍思氮化镓65W的C1、C2口都支持PD3.0协议，但由于受到充电器总功率65W的限制，C1口最高额定输出63W、C2口32W，并且同时使用时输出功率总和不能超过65W。

我们注意到相比其它充电器，爱否X倍思GaN增加了对PD3.0PPS协议的支持。

PPS(可编程电源)，属于USB PD3.0协议中支持的一种电源类型，可以实现电压电流更多档位精确调节的电源。PPS规范将高电压低电流和低电压大电流两种充电模式整合起来，同时PD3.0 PPS将电压调整幅度精度到20mV一档，较高通的QC3.0标准提高了十倍。不过PPS有利有弊，作为一个最新的充电协议与PD2.0的受电设备兼容的并不好，经常有网友反映部分戴尔和苹果的C口充电的笔记本用支持PPS的PD充电器会出现BUG。由于笔者并没有这2家的笔记本电脑，笔者的PD充电笔记本惠普战66和联想X1C使用爱否X倍思氮化镓65W充电器可以正常进行20V 65W充电，如果您正好拥有爱否X倍思氮化镓65W充电器和戴尔或者苹果笔记本电脑，欢迎在下方留言给大家提供使用反馈。

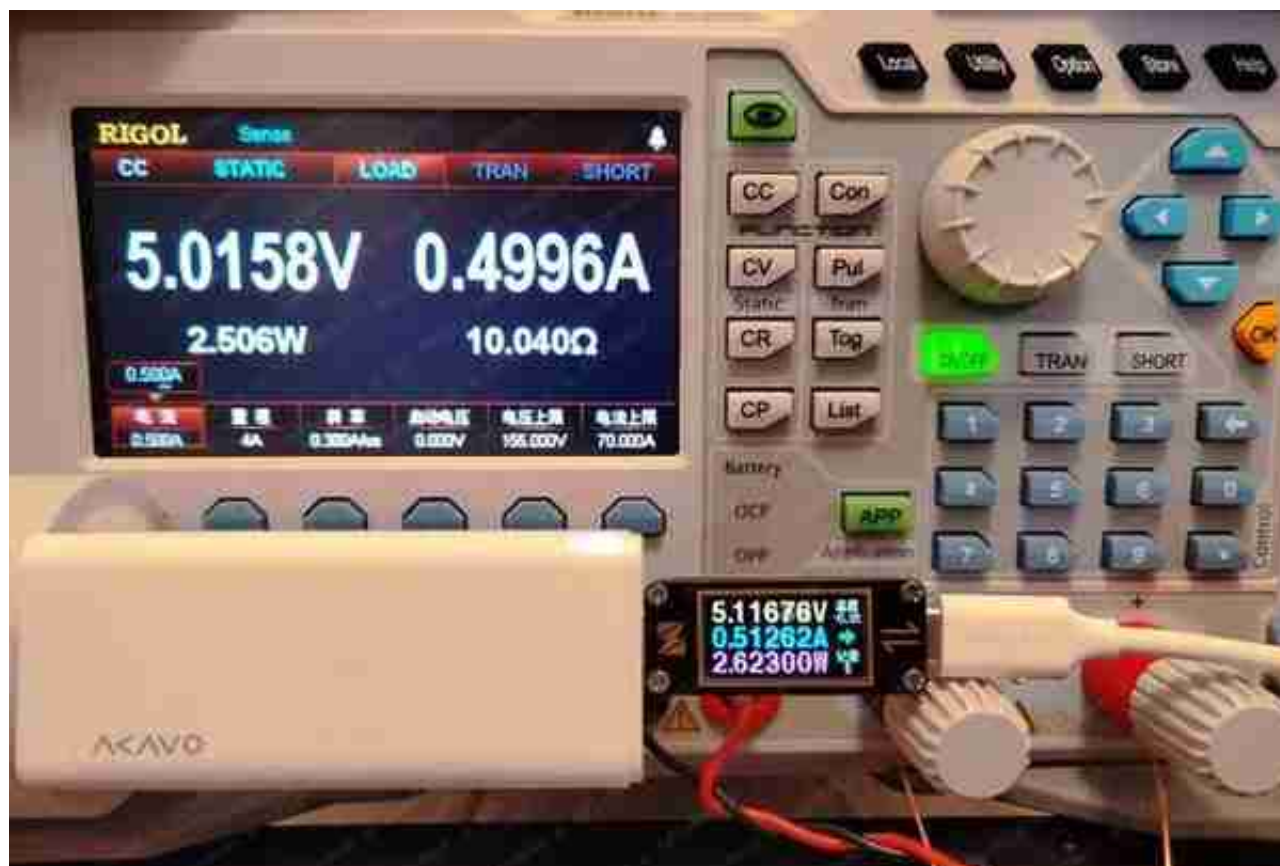
下表为这4款充电器协议检测的结果：

(*部分网友反映华为/荣耀手机升级更新系统后，未取得华为官方授权的第三方协议支持芯片方案可能会无法激活快充，所以华为FCP/SCP协议兼容性测试仅作参考，望知悉。)



测试设备

充电器通过数据线与被充电设备连接，协议握手通常在0.5秒内就已经完成，整个充电的过程中99.9%时间充电器仅仅承担一项工作——将100-230V交流电转换成手机、平板、笔记本电脑所请求的低压直流电输出给被充电设备。充电器的输出电压和纹波、转换效率和功率因数、真实负载能力和OCP保护、表面温度和EMC电磁兼容性等性能参数的优劣是衡量一款充电器是否优秀的关键指标。本节中我们将采用示波器、直流电子负载仪、交流功率计、热成像仪等专业设备对这四款充电器逐一测试，以数据图表的直观方式进行对比评测。



爱否X倍思氮化镓65W 5V/0.5A负载时 充电器输出电压为5.1168V

首先我们测试5V档位的线补电压，串联1278 CC表读取充电器C口的电压，调整电子负载以每0.5A电流为一个采样点，读取一次充电器C口VBUS脚位的电压值，计算出该充电器在5V输出时的线补为每1A电流+0.040V输出电压（取2位有效数字）。对140组数据分析后，我们发现5-15V测试中，每个充电器的PD档位均有线补；20V测试中，仅有爱否X倍思氮化镓65W充电器有线补，其余3个充电器没有线补且伴随着电流增大有一定压降，这4个PD充电器的每1A电流的线补电压（或压降）结果如下：

4款PD充电器 平均输出电压对比

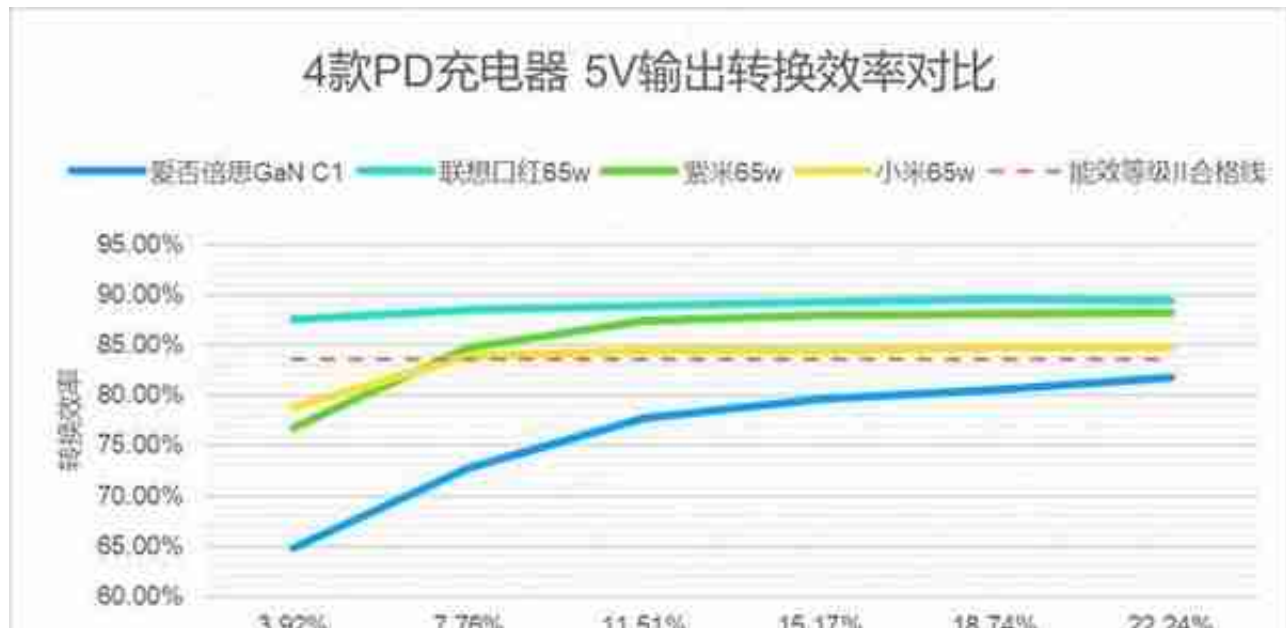


4款充电器电平均输出电压

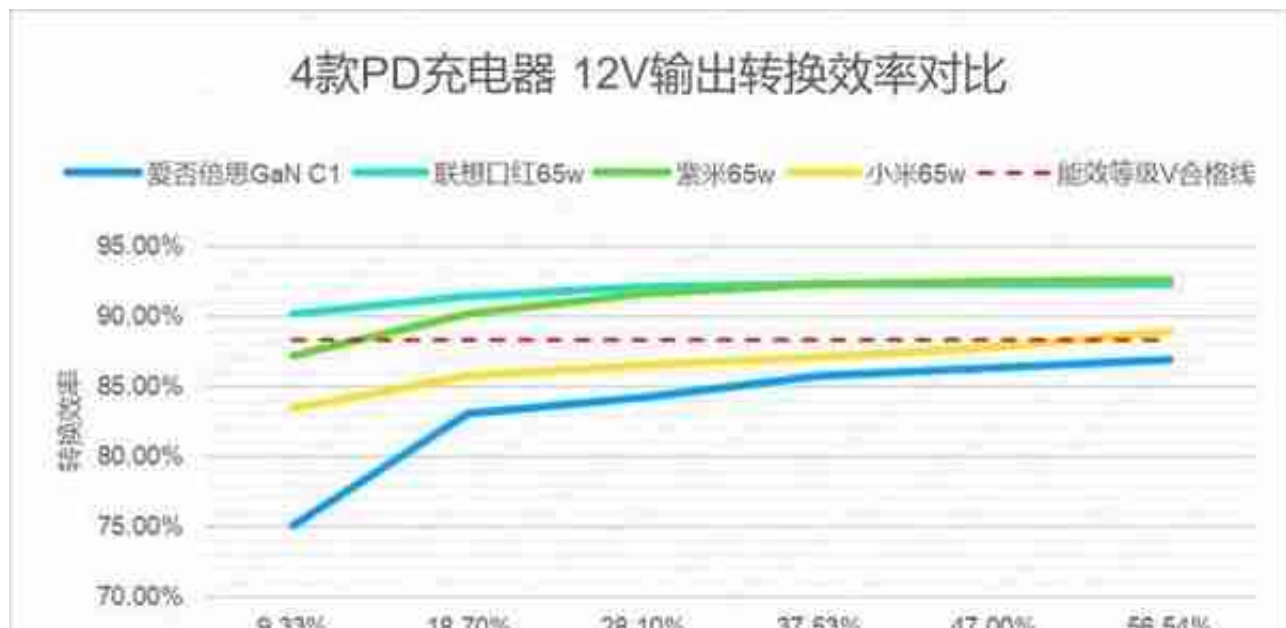
联想口红65W和爱否X倍思氮化镓65W的平均输出电压是相对较高的，这两款充电器的平均输出电压均落在了PD协议的额定电压范围内。小米65W除了20V稍微偏低，其余档位表现良好，紫米65W平均输出电压较其他3个充电器低一些，其中20V电压档位的平均输出电压在19.8V左右。考虑到20V负载通常对电压范围的兼容性较好（一般来说笔记本电脑主供电只要高于19V都能正常充电和使用），所以紫米65W PD充电器的PD 20V档位的输出电压对于笔记本供电来说没有问题。

b.转换效率和功率因数测试





5V、0-3A的输出测试中，这四款PD充电器的负载率低于25%，效率均不及更高电压输出时来得高。联想口红取得了四款充电器5V输出时的最佳转换效率，基本可以通过能效等级IV的测试标准。紫米较小米略好一筹，这两款充电器5V1A以上的转换效率均高于能效等级II的测试标准。紫米在5V3A输出时转换效率达到了88.25%接近联想口红，表现相当不错。令人意外的是，爱否倍思氮化镓的转换效率全程垫底，最高效率勉强超过了75%，全程无法达到能效等级II的合格线。同时我们也注意到爱否x倍思氮化镓65W的空载待机功耗是这四款充电器中最高的。



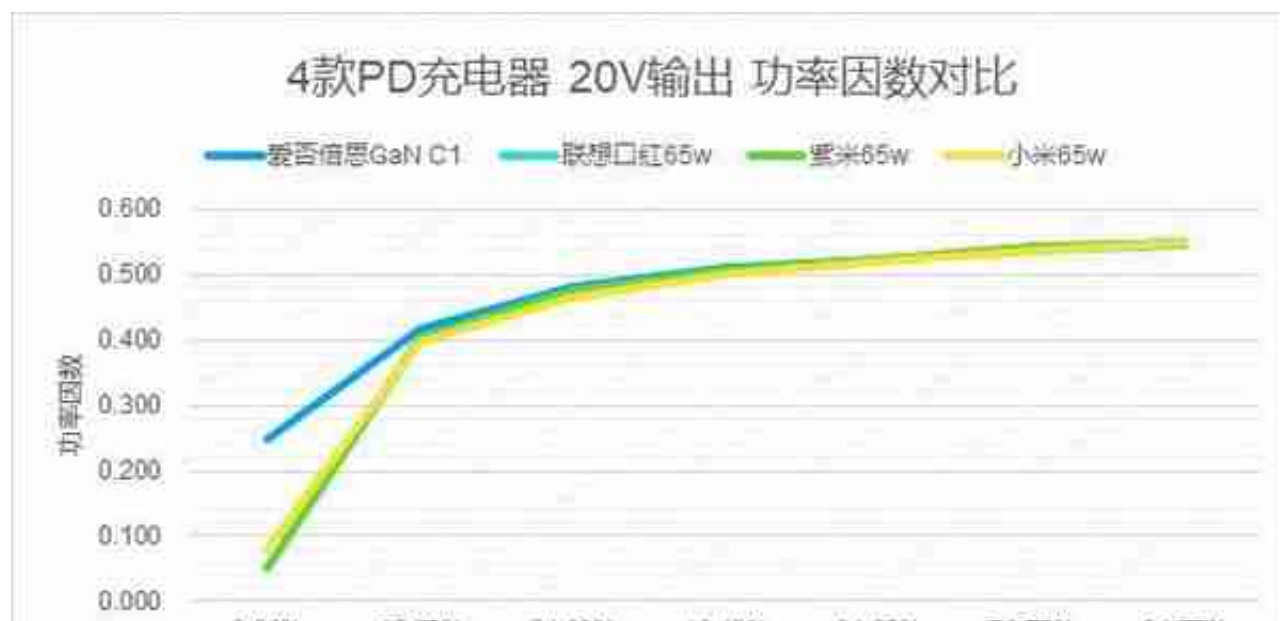


20V，0-3A的测试中，联想口红和紫米65W充电器的转换效率全程高于能效等级V的标准，成绩优秀。紫米虽然在20V1A内效率略逊于联想，但在1-3A的测试中力压联想取得了最高的转换效率记录93.60%。如此高的真实转换效率对于一个采用传统硅基MOS的小体积小功率反激式开关电源来说是难能可贵的。60%负载率以内小米和爱否x倍思氮化镓65W的转换效率几乎是一个level的；过60%负载率时，爱否x倍思氮化镓65W的转换效率依旧垫底，这款充电器测得的最高转换效率是20V3A输出时的90.45%。

转换效率测试中，联想口红65W以全程综合最优的成绩位列第一，紫米65W在5-15V测试中仅稍逊于联想口红65W，在20V中高功率负载下转换效率实现了对联想口红65W的反超并拿到本场测试单项最高分数，非常不错。小米65W已经跟不上时代的步伐，转换效率明显落后联想和紫米一个档次。爱否X倍思氮化镓65W在5/9/12/15V的转换效率竟不如小米65W，20V测试高负载率转换效率也低于小米65W，5组测试综合成绩垫底，令人大跌眼镜。

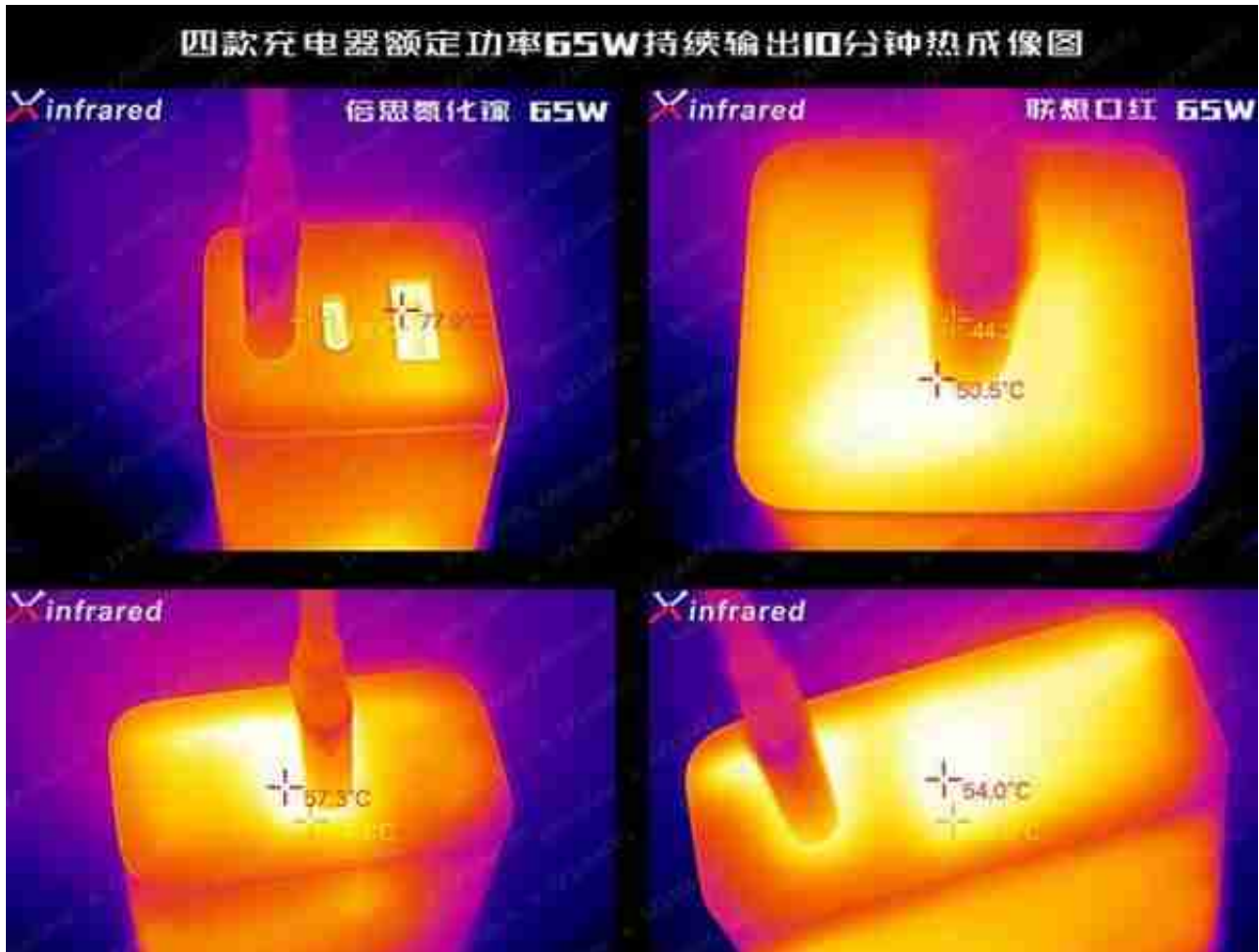
爱否X倍思氮化镓65W的实测结果转换效率如此低，与铺天盖地的广告宣传给我们灌输的的氮化镓充电器高效率的印象完全相反。我们查证了这个充电器拆解和结构的一些资料，爱否X倍思氮化镓2C1A为了实现多口输出使用了2次降压的电路设计，很有可能是这样的设计导致了转换效率的低下。

我们也同时查证了另外3个本次评测的65W PD充电器的拆解资料，这4个充电器均采用了反激式开关电源结构，都没有设计PFC功率因数校正电路。实际测试中也证实了这4个65W PD充电器在相同负载的情况下功率因数基本一致，最大功率因数仅有0.548。有得必有失，反激开关电源为了体积小而省去PFC，所以功率因数偏低是这类小型化高功率密度充电器共同面临的问题。



II.四款充电器额定功率65W 20V输出纹波测试

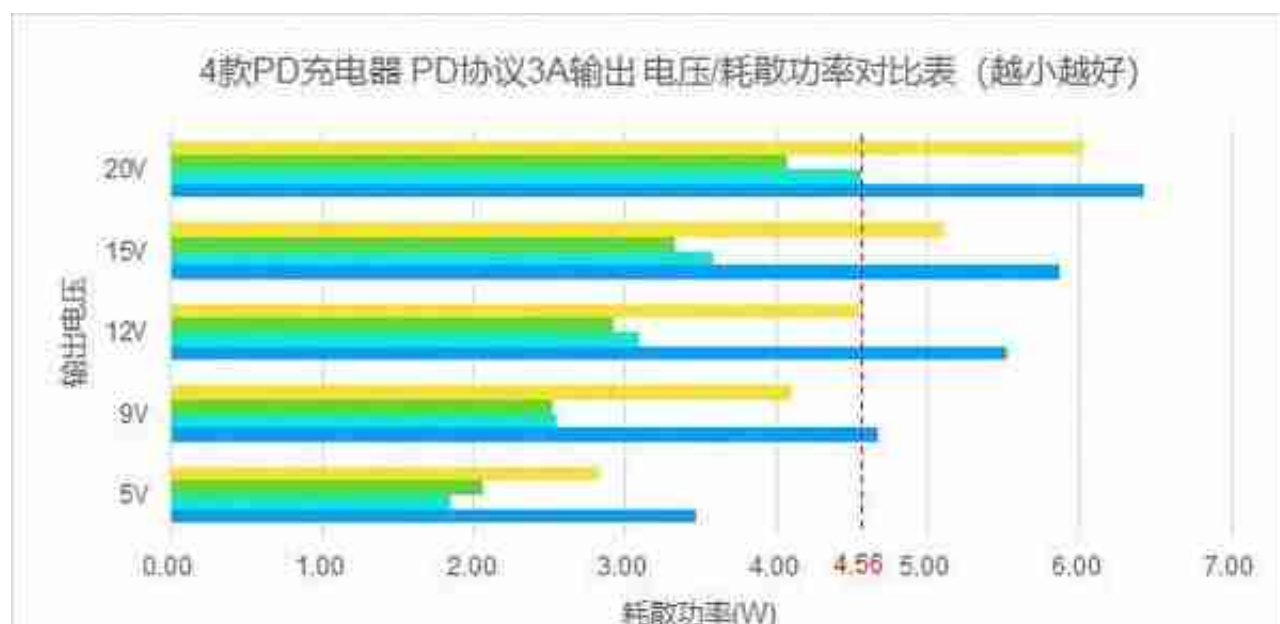
纹波过大会影响移动设备的电容触摸屏和电容指纹认证功能，导致触摸屏幽灵触控或者不触发、指纹认证无法通过等等问题。供电纹波超过一定范围还会导致音频模拟输出有底噪“不HIFI”（玄学警告）。为了测试充电器的纹波最大值，在20V档位的测试中我们把电子负载的电流拉高到3.25A，此时这4款充电器均工作在20V3.25A档位，额定功率65W的模式上。我们用示波器分别打了下此时各个充电器VBUS上的波形，分别如下图所示：



上图展示了这四款充电器前面（即USB输出接口面）的热成像照片。输出接口通常是充电器表面温度较高的位置，联想口红测得温度为50.5摄氏度，相对其他3个较低。爱否倍思氮化镓测得表面58.8摄氏度，是这四款产品中上表面温度最高的。倍思氮化镓A口温度在c口单口输出65w时温度很高，达到了77.9度。根据网上公开的拆解资料，USB接口紧紧挨着铝电解电容，铝电解电容正常工作的温度范围一般不超过85°C或105°C，长期在接近耐热温度上限工作显然是会给充电器的使用带来安全风险的。

测温表面	爱否x倍思GaN 65w	联想口红 65w	紫米 65w	小米 65w
前面	58.8	50.5	57.3	54.0
接口	77.9	无法测量	无法测量	无法测量
后面	38.7	37.5	46.4	54.8
顶面	60.1	54.9	46.0	48.3
底面	67.3	51.3	50.6	55.9

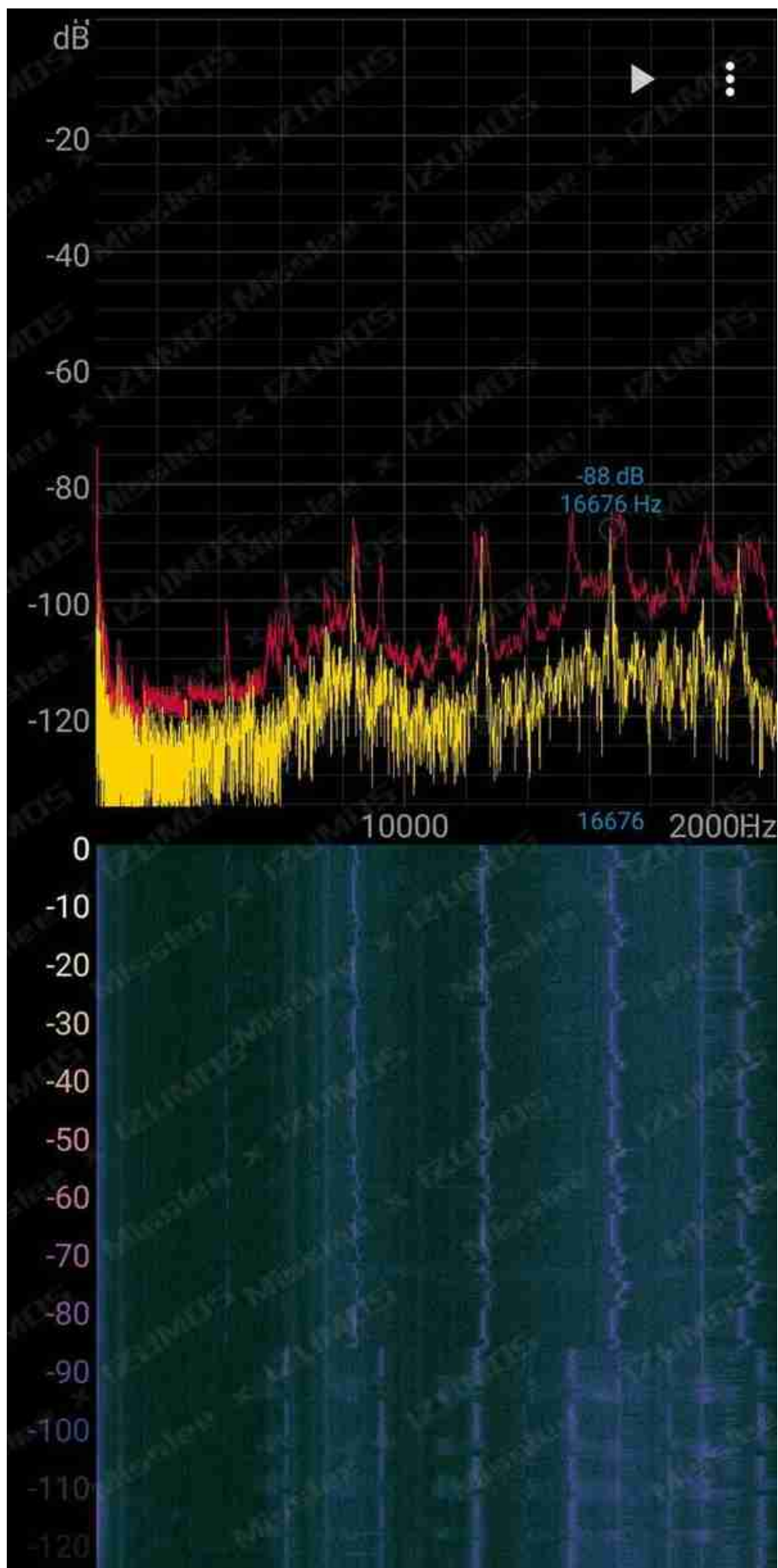
开关电源的发热和电源本身的耗散功率正相关，根据上一节转换效率数据计算得出这四款充电器的耗散功率对比图表，如下图：



耗散功率对比结果和热成像结果是比较一致的，紫米和联想的耗散功率水平较低，联想口红20V3A 60w输出时的耗散功率4.56w和小米12V3A、爱否倍思氮化镓9V3A输出时的水平差不多。倍思氮化镓最高6w多的耗散功率产生的能量大部分是热能，过高的耗散功率导致了这款充电器的表面温度明显偏高。使用一款外壳高达77摄氏度的充电器对大多数消费者来说是有危险的，如果是负责任的厂商对于这样的缺陷产品应该会及时召回。

IV. EMI电磁干扰和充电器人机关系问题

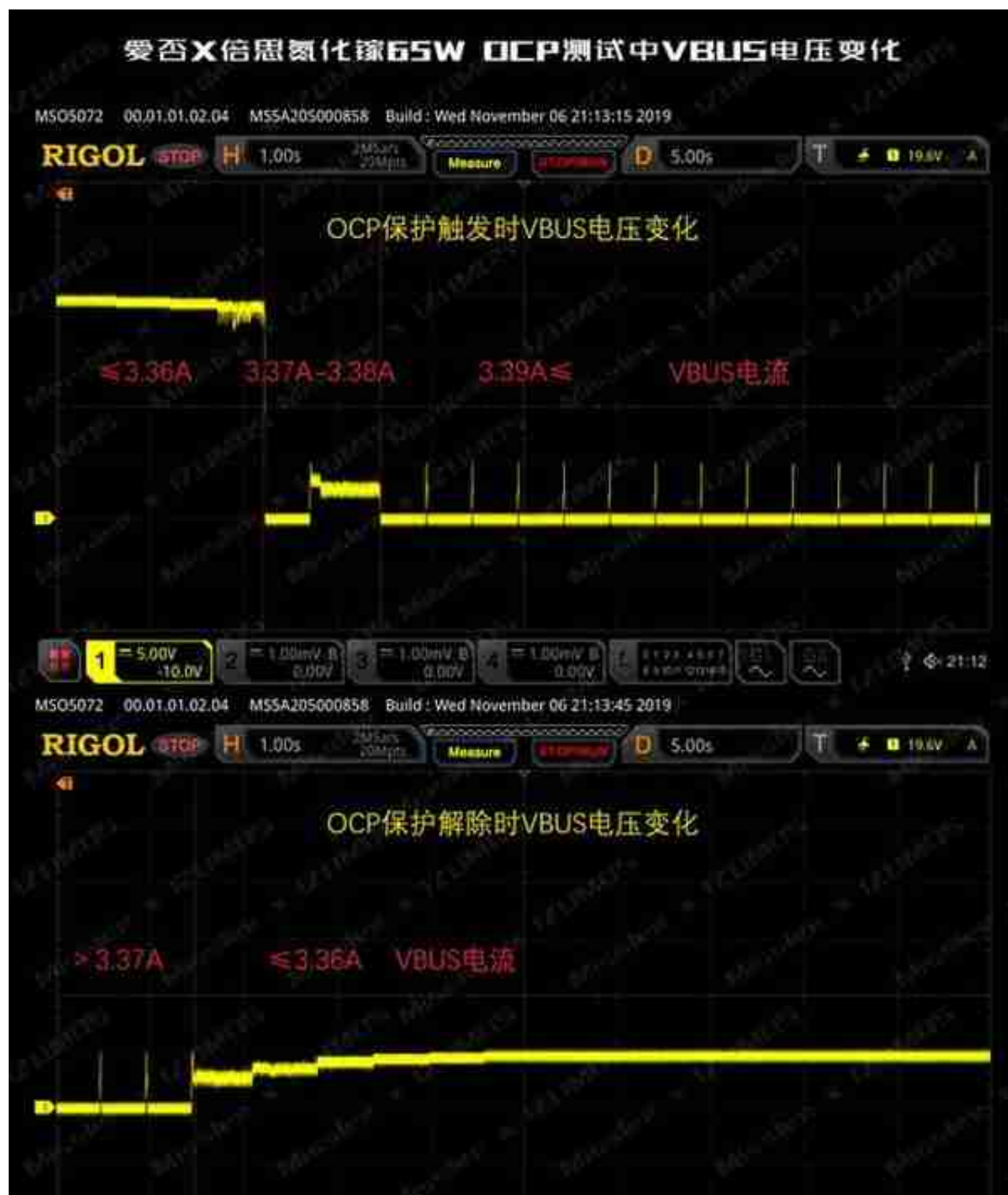
EMI电磁干扰，是指电子产品的电磁能量经由传导或辐射的方式传播出去的过程。电磁干扰会影响到附近电子产品的正常使用。在这一节中我们将采用近场探头和示波器对四款充电器工作在不同电压档位上的电磁辐射进行测试，测试的位置为侧面靠近变压器位置。这个位置的电磁辐射主要来源是变压器漏磁，测得频率与MOS管开关频率以及电路工作模式有关。由于笔者买不起频谱测试仪，故此项测试仅仅就示波器测得的电磁辐射集中的频率测得的波形进行观察，希望有一天可以把这项测试没完成的项目进行补充。近场探头测得各电压3A输出时四款充电器侧面泄漏的电磁辐射集中频率上的波形如下：



联想口红65w 低负载 啸叫频谱图

V.负载最高功率和OCP保护测试

OCP, Over Current Protection, 逐周期电流限制保护, 即过流保护。为了避免电源过载损坏或者输出短路引发危险, 充电器控制电路应该在检测到VBUS上的电流超过设置的过流点时将VBUS上的电压降至0V。一般来说PD充电器的OCP保护过流点会比额定电流稍高一些(如果按Apple的MFi认证标准的话不应该超过额定电流的1.6倍)。在20V档位的测试中我们将电子负载的电流继续拉高, 每10mA一个步进, 测得了这四款PD充电器在触发OCP保护前可以正常输出的最大电流, 并记录下此时电子负载的功率。下表为这四款充电器正常输出最大电流时, 电子负载功率。



对比紫米65W OCP测试和爱否X倍思氮化镓65W OCP测试GIF动图，注意二者在触发OCP保护后电子负载的电流和电压变化区别，紫米65W在触发OCP后VBUS电压对地为0，没有明显的大电流出现。



紫米65W OCP测试

如果按照比较宽松的标准，可以认为倍思氮化镓65W的OCP保护过流点为3.36A，但测试中OCP保护触发后VBUS电压没有完全降到0V，故我们对这款充电器的安全性持保留意见。

经过测试，四款PD充电器的OCP保护过流点如下图所示，除联想外其他3款的过流点都落在3.30-3.40A，过流保护点设置合理，联想的过流保护点比其他三款高0.5A，但仍然在安全的范围内，对笔记本进行供电时的负载能力会更好。

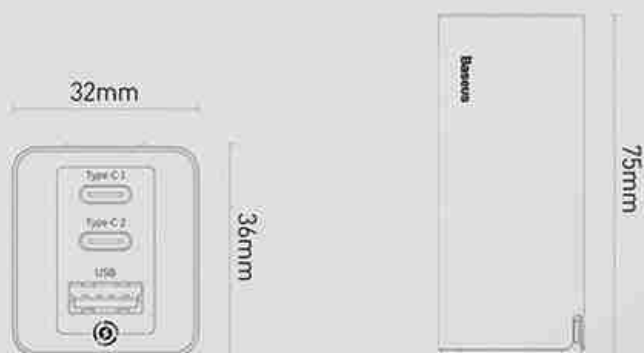
型号	L(mm)	W(mm)	H(mm)	体积(cm ³)	额定功率密度(w/in ²)	最大功率密度(w/in ²)
爱否倍思GaN	38	32	75.5	86.98	12.25	12.62
联想口红65w※	35	30	73	85.05	12.52	15.03

四款65W充电器尺寸和功率密度对比表

VI. 爱否倍思氮化镓 65w 多口交叉负载测试

爱否倍思氮化镓 65w 是这四款充电器中唯一的一款多口充电器，2C1A的多口同时快充能力是官方强调宣传的卖点之一，不少用户选择这款充电器的原因也正是看中了它可以在给笔电或者iPad充电的同时还能给手机和Air Pods充电，3口快充简直太棒。这款充电器的包装背面、京东爱否官方旗舰店（截至发稿时购买原链接已被删除；淘宝和爱否开物也无法搜索到爱否x倍思氮化镓65W这款产品）和京东/天猫倍思旗舰店的倍思氮化镓 65w的商品详情和宣传文案上都写明了一致的同时充电的支持能力，如下图所示（图片来源：倍思京东旗舰店 倍思氮化镓）

产品参数



品 牌 | Baseus (倍思)

产品名称 | 倍思 GaN迷你快充旅行充电器C+C+A 65W 中规

型 号 | BS-C915

尺 寸 | 75*36*32mm

重 量 | 120g

输 入 | AC 100-240V~, 50/60Hz, 1.5A Max.

Type-C1输出 | DC 3.3-11V 3A, 5V 3A, 9V 3A, 12V 3A,
15V 3A, 20V 3.25A Max.

Type-C2输出 | DC 3.3-11V 2.7A, 5V 3A, 9V 3A, 12V 2.5A,
15V 2A, 20V 1.5A Max.

USB 输出 | DC 4.5V 5A, 5V 4.5A, 9V 3A, 12V 2.5A,
20V 1.5A Max.

Type-C1+Type-C2输出 | 45W+18W (63W)

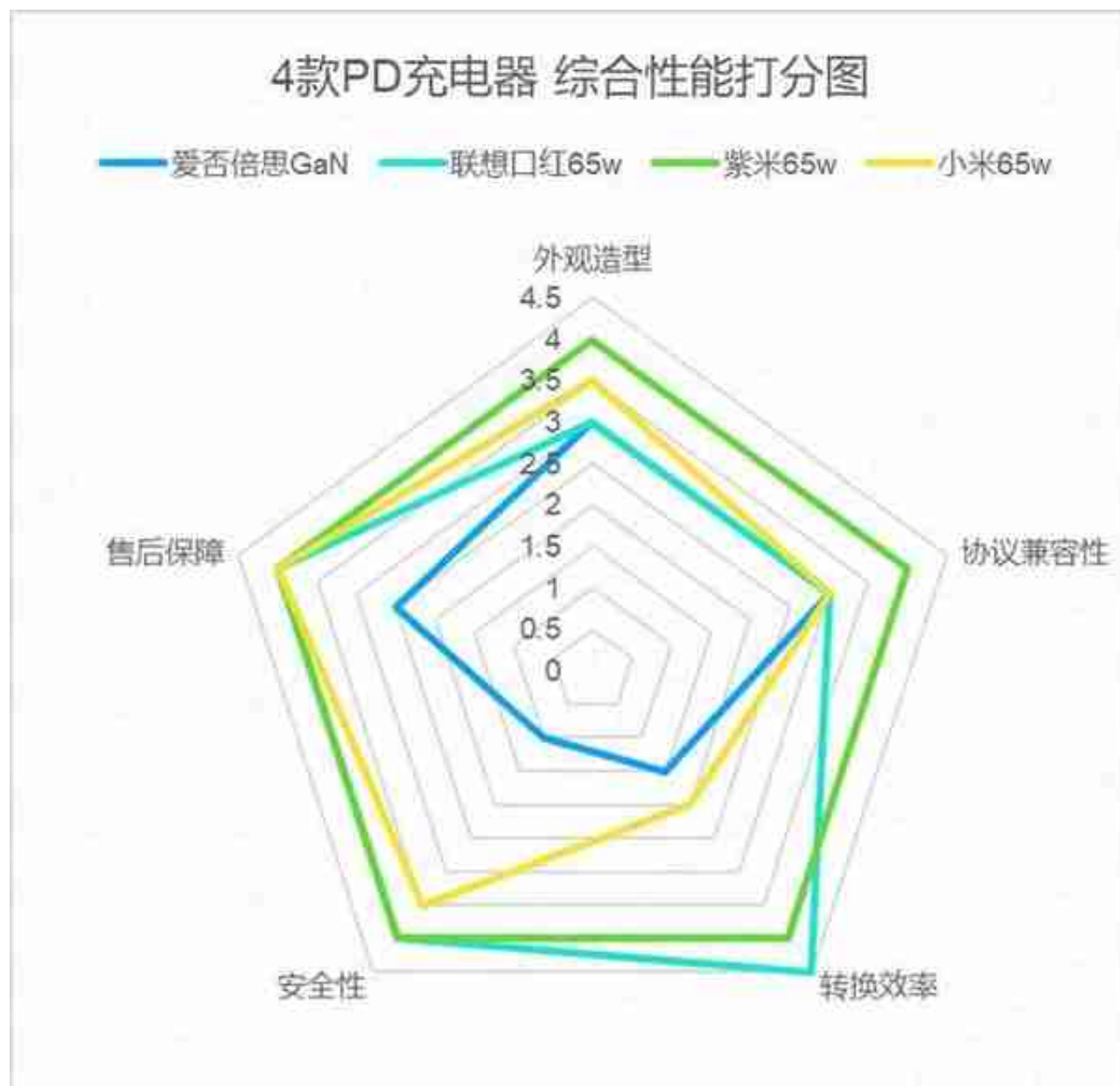
Type-C1+USB输出 | 45W+18W (63W)

Type-C2+USB输出 | 5V/3A 15W

Type-C1+Type-C2+USB总输出 | 45W+15W (60W)Max.

倍思氮化镓65W 产品参数

我们对官方宣传的同时负载能力进行了模拟测试，测试结果如下表所示：



4款PD充电器 综合性能打分图

部分减分项原因：

1. 外观造型因为联想和倍思氮化镓墙插测试中容易脱落，联想AC插头不能折

叠，倍思能折叠但是更容易掉落，所以这2款充电器外观造型分都被扣了2分。

2. 协议兼容性测试中，尽管爱否倍思氮化镓支持协议最多但是多口快充BUG较多，综合得分3分；
3. 安全性测试中，爱否倍思氮化镓10分钟65w输出测试时温度高达77.6摄氏度，可能会造成使用者烫伤且有重大安全风险，给1分的原因要感谢这款充电器没有在测试中对笔者和朋友造成伤害；
4. 小米65W在测试中因为无法正常握手PD协议申请了一次售后，京东上门换货非常爽快，体验很好。我们以充电器出现故障为由尝试咨询了紫米和联想的京东客服，均表示可以换货，同样不错。爱否倍思氮化镓65W充电器在我们截稿时已经从全网下架，商品链接都无法找到，在京东咨询爱否旗舰店的客服也并没有给我们能换货的明确答复，当然PLUS会员客服表示有问题可以退换但我们考虑到在爱否开物和淘宝购买的客户可能没有这样的待遇，故售后保障这项只能给2.5分。

综合来看，联想口红65W和紫米65W PD充电器转换效率高发热小，较其他两款优势明显。联想口红65W功率裕量大，给笔记本电脑供电有优势；紫米65W PD充电器快充协议支持更丰富，对移动设备快充协议（AFC、FCP）兼容更好。小米65W整体落后于紫米和联想口红65W充电器一个level，体积大、协议支持少同时效率也一般。爱否x倍思氮化镓65W充电器打着氮化镓的名号，性能却完全不如其他三款传统硅基MOS充电器，效率垫底、温度惊人、多口快充有bug，这样的产品不禁令人唏嘘。

（测试：Ikaros Izumos 校对：Skylake 文：eronas（misslee））

致谢：

所有为本评测提出建议、提供帮助、指出错误、悉心指导的朋友们。