

比特币挖矿是比特币网络的基础，也是比特币作为一项资产的必要构成。尽管挖矿很重要，但它一直是比特币生态系统中最不透明和最不为人所知的一个部分。BitOoda的这份报告旨在提高比特币矿工构成的透明度，最终有助于人们理解该系统的现状和健康度。在富达应用技术中心（FCAT），我们期待继续比特币挖矿领域的研究，并帮助推动该生态向前发展。我们感谢BitOoda团队的工作，也希望这会有助于增加所有人对比特币生态系统中这个复杂而迷人的部分的了解。

Juri Bulovic，富达应用技术中心区块链产品总监

关键摘要全球比特币挖矿电力容量共计 9.6 GW（吉瓦），其中约50%可能位于中国；美国约占 14%；哈希率的利用率约为 67%BTC挖矿电力成本的中位数为 3 美分 / kwh（千瓦时），1 BTC 的挖矿成本约为5000美元在下一个矿机升级周期内，哈希率在未来 12 个月内可能达到 260 EH/s，在 24 个月内达到 360 EH/s，但这需要的资本性支出（Capex）为 63 亿美元，与该行业产生的现金流之间存在的资金缺口为 41 亿美元哈希率每增加 10 EH/s，BTC 价格需要上涨 1000 美元，才能对每兆瓦时（MWH）的收入盈亏维持中性影响廉价的电力、BTC 价格和半导体出货情况，是影响我们的预测值的关键三要素

比特币挖矿是一个隐秘的行业，公开的信息少之又少。我们发现，即便是很内行的加密货币投资者，他们对挖矿产业的理解也和该领域潜在的投资机会存在鸿沟。尽管 Coinmetrics、Coinshares 和剑桥另类金融中心已经发表了一些研究报告，但依然有很多问题没有答案。本研究报告受富达应用技术中心(FCAT) 委托，对现有研究形成补充，在前人工作的基础上打磨而成，试图回答一些新问题。

比特币电力容量分析：多少、在哪里以及什么价格

在本部分，我们尝试衡量、定位和评估矿工的电力容量（power capacity），并估算矿工的盈利情况。我们与矿工、矿机制造商和经销商进行了60多次谈话，并参考了超过 45 个公开数据源，试图提供一份尽可能完整的图景，以了解到底有多少比特币挖矿容量、它们所处的地理位置以及矿工为电力支付了多少费用。

接着我们进一步探讨了如下问题：作为可用电力、矿机效率的函数，挖矿容量在未来会如何增长，以及 BTC 价格、资本 / 融资的可获得性、半导体技术和性能等因素会对比特币挖矿容量带来哪些制约。

比特币挖矿产业预计可获得至少 9.6 GW 的电力

之所以得到 9.6GW（吉瓦）这个数，我们基于如下逻辑：在比特币奖励减半前的 5 月 10 日，比特币挖矿哈希率达到 136,098 PH/s 的峰值，在 5 月 17 日跌至 81,659PH/s 的低谷。我们承认，这些极值某种程度上可能要归因于运气——例如幸运的时间段或快速出块——这可能会人为地抬高哈希率估值，而缓慢出块的时间段则可能是因为运气不佳。不管怎样，我们排除了模型中的运气因素，进行简化的假设，以估算出比特币网络所耗费的电力的近似值。

我们假设，5 月 17

日低谷期仍在运行的所有哈希率都来自更赚钱的新一代矿机——S17 级矿机，包括比特大陆的 Antminer S17、T17，神马的 M20 以及来自嘉楠科技、Innosilicon、亿邦和其他厂商的设备。我们还假设，在 5 月 10 日至 5 月 17 日之间关闭的所有设备都是老一代赢利性差的 S9 级矿机（如 Antminer S9、神马 M3）。

请注意，我们把「S17 级」（S17 class）、「S9 级」和「S19 级」作为一种统称，以此包括比特大陆的矿机产品，也包括类似配置的竞品。我们之所以只用比特大陆的型号来定义级别，是因为在历史上比特大陆在「S9 级」时代居主导地位，在「S17 级」设备中也略占优势。我们还在所有相关计算中将电力使用效益（Power Usage Effectiveness, PUE）设定为 1.12，这意味着每当有 1 MW 的电力直接用于挖矿，还需要 120kw 电力来运行其它设备，包括冷却系统、照明、服务器、开关等。

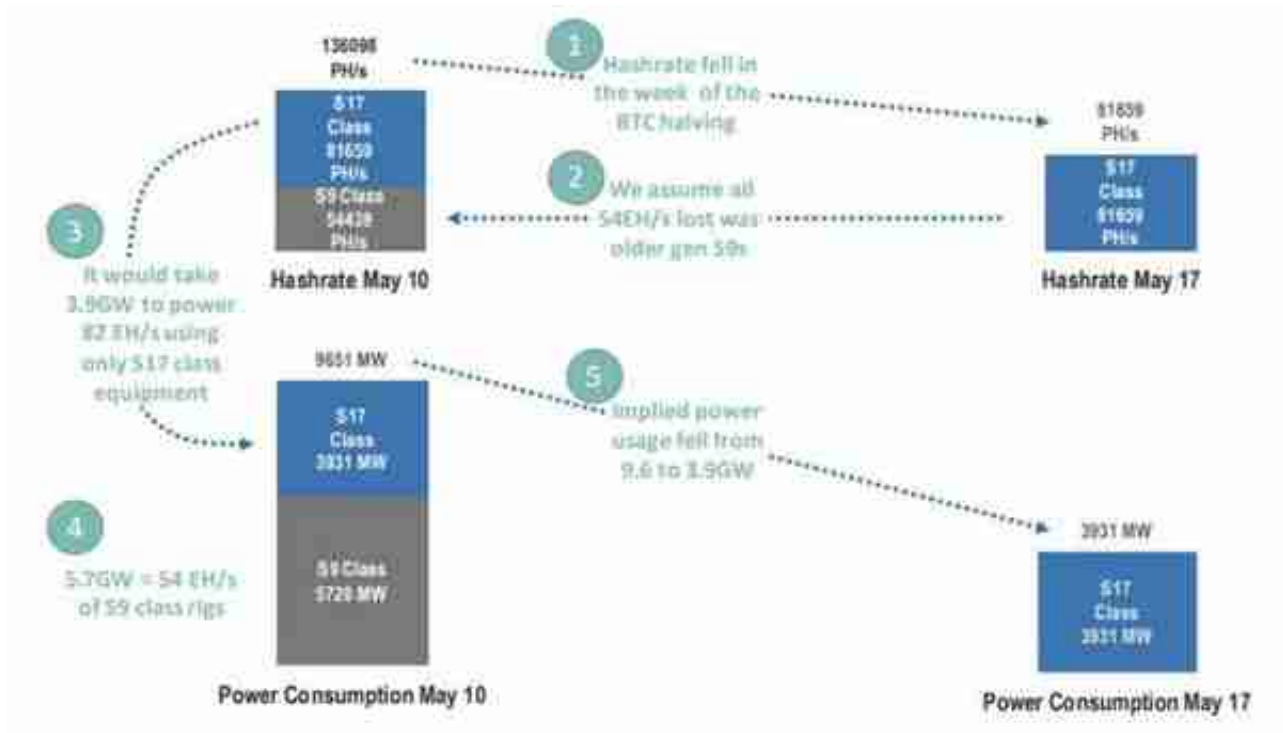
图：BitOoda 将矿机分成如下几个级别



下图的数据显示，如果 5 月 17 日所有运转中的 BTC 哈希率都是较新的 S17 级矿机，那么，这些矿机消耗的电力总计为 3.9GW。进一步，如果 5 月 10 日至 5 月 17 日之间关闭的 54EH/s 的哈希率，都是老一代的 S9 矿机，那么这就可以解释另外 5.7GW 的电力。

这些简化的假设可以帮助我们更广泛的理解这一行业，我们知道，真实情况可能是，关机的矿机大部分是 S9 级矿机，但不是全部；在低谷期维持运行的哈希率的一小部分，可能来自某些电力非常便宜的地区的 S9 矿机。比特币减半后设备盈利性的降低，是推动挖矿容量削减的主要因素，另一部分原因则是，这个时间段刚好有矿机从中国北方转移到南方，以利用低廉的水电（详情见第二部分，更详细地解释了中国水电季节的影响）。基于这些假设，我们估计，比特币挖矿行业可以获得的电力至少为 9.6GW。

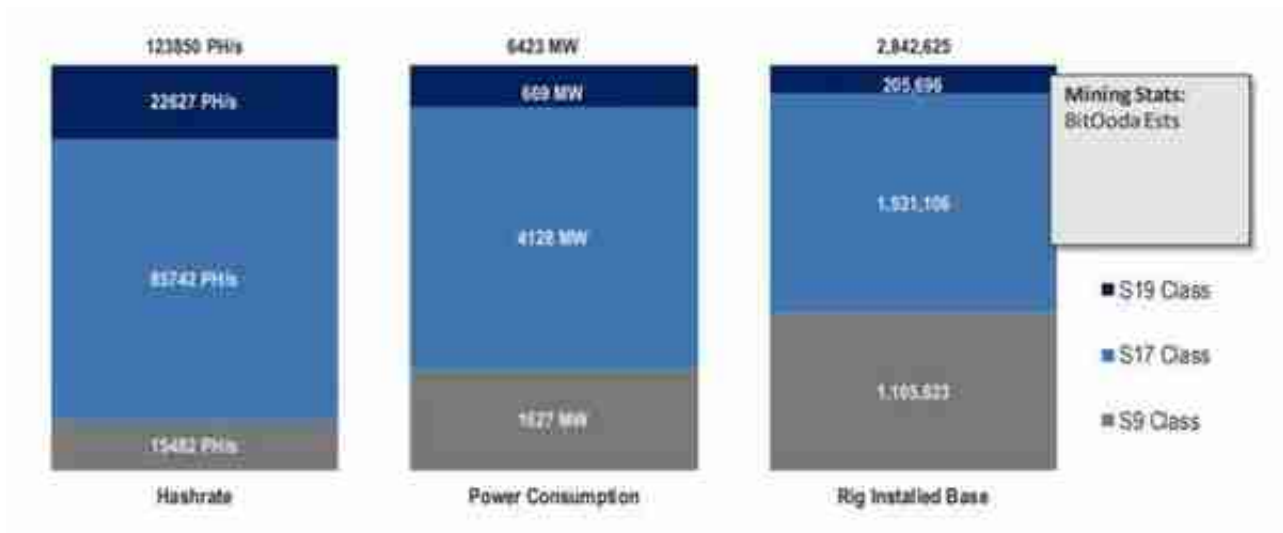
图：比特币哈希率和电力消耗在近期的峰值和低谷



我们估算，BTC 挖矿产业使用了 9.6GW 的可用电力的 大约 67%，年增长率为 10%，驱动着 280 万台比特币专用矿机。大部分当前的矿机为 S17 级，但未来大部分可能会采用下一代的 S19 级矿机。在 5 月 17 日的低谷之后重新上线的部分哈希率多半来自 S9 级矿机，这些机器要么是在电价极低地区运行，要么就是从中国北方搬迁到四川和云南时耽误了时间才上线，它们的搬迁是为了利用夏季丰水期极为低廉的电价。

另外，尽管供应链有所延迟，新一代的 Antminer S19矿机和神马M30矿机已经开始有限的出货，还有一些 S17 级矿机也在运输中，这些都部分促成了哈希率的复苏。

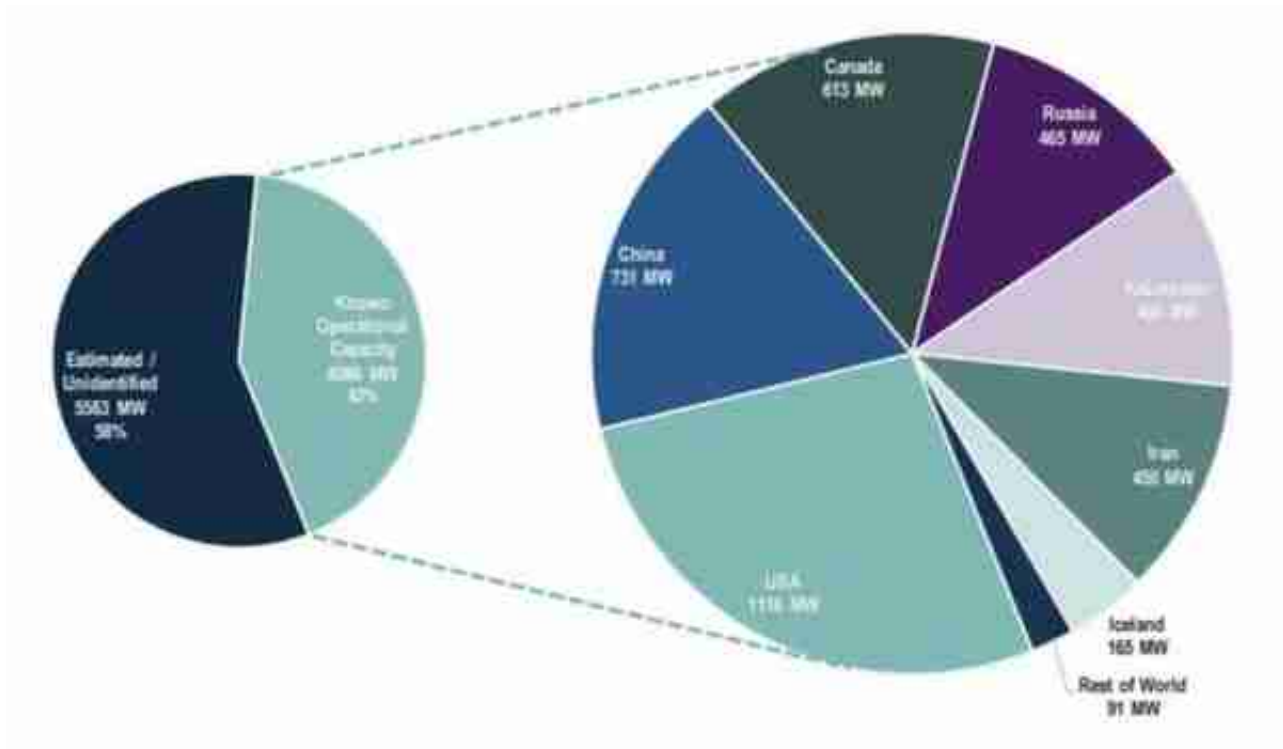
图：比特币哈希率、电力消耗和矿机装机台数（7/1/2020 的数据）



估计全球比特币挖矿容量大约有 50% 在中国；美国约占 14%

我们采用了多种公开资源，以及与矿工、矿机生产商和经销商的保密访谈，以了解 BTC 挖矿容量的地理分布，还有矿工花费了多少电费。我们能够确定 153 家矿场，其总功率约为 4.1GW，包括 67 个矿场的电力容量大约是 3GW，这些电价数据都基于匿名调查。

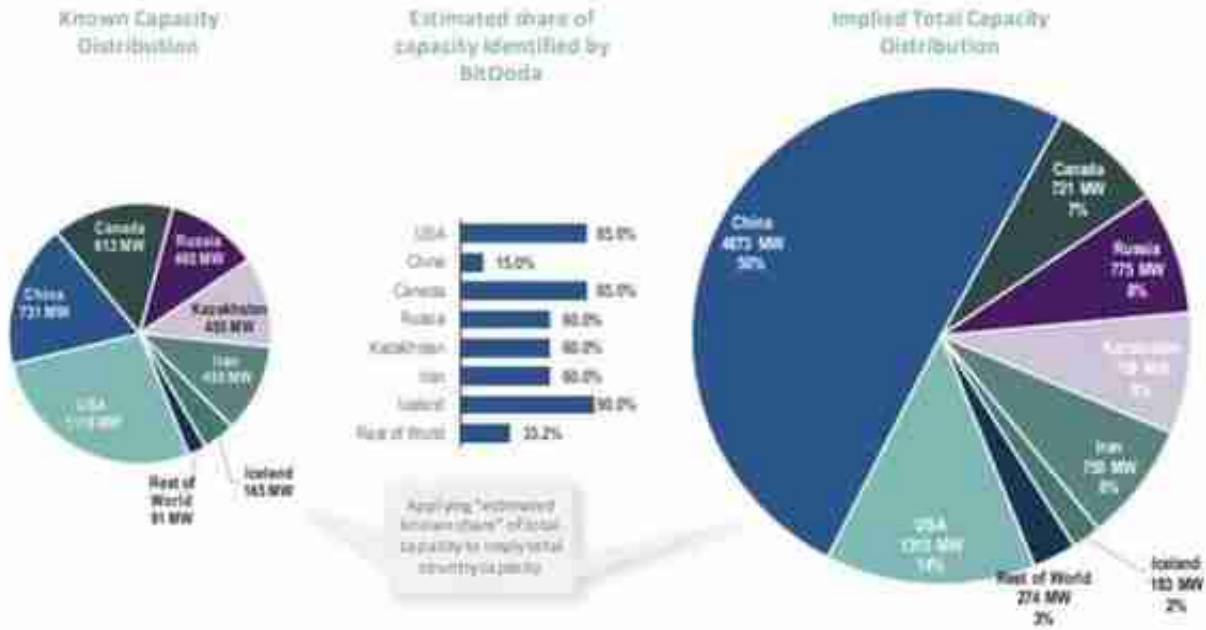
图：接受调研的挖矿容量的地理分布图 vs 预估的 9.6GW 的总容量



与矿工、矿机制造商和经销商的对话让我们相信，我们已经考虑了美国、加拿大和

冰岛境内的大多数挖矿容量，但仅覆盖了中国和「世界其他地区」挖矿容量的一小部分。在与矿工的交谈中，我们不仅问了他们自己的容量，还询问他们在该市场中还留意到多少家其他矿场，以及他们认为该区域内挖矿总容量有多少。我们清楚这只是大概数值，但这还是帮助我们找到了估算挖矿容量的地域分布的一条有用途径。

图：接受调研的挖矿容量的地理分布 vs 估计的 9.6GW 总容量



我们估计，50%的比特币挖矿容量支付的电费不超过3美分/kWh，这一数字在过去几年稳步下滑。之前有证据表明，该数字在2018年接近6美分/kWh。随着网络哈希率的增加，每PH/s的收入已下降，电费成本较高的矿工要么转向低电费地区，要么只能关机。

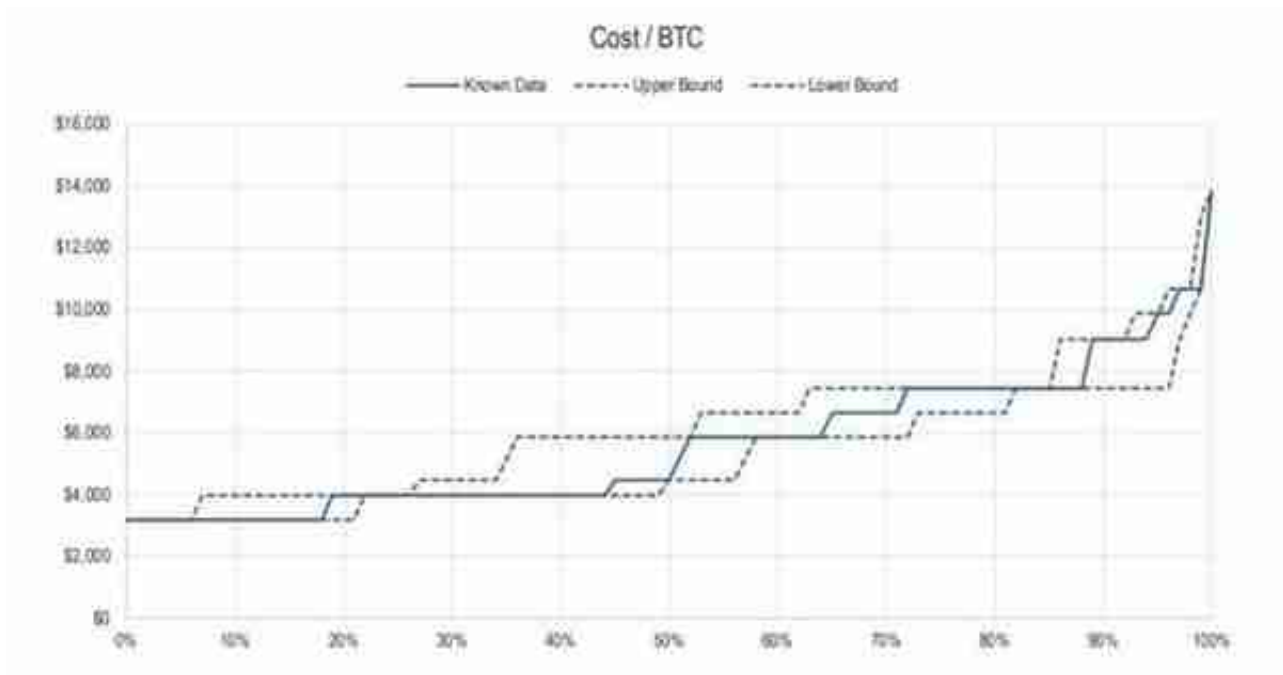
图：电力成本曲线：电力成本 vs 在网络容量中所占的份额



按我们的成本曲线，开采 1 BTC 的现金成本的中位数约为 5000 美元，信心区间的上限约为 6000 美元。此估算为现金运营费用，不包括挖矿硬件的折旧或其他费用。

该曲线还显示，有一小部分 BTC 是以高于当前 BTC 现货价格的现金成本挖出来的。我们认为，这种不划算的挖矿行为是多个元素决定的，例如 购电承诺、在用电需求高峰期关闭产能的潜在激励付款，以及为了在交易选项有限或昂贵的司法地区获取比特币。

图：基于不同电费成本的网络容量，挖出 1 BTC 的成本，数据截至 2020 年 7 月 1 日



我们注意到，在目前的网络哈希率下，S9 级矿机要保持盈亏打平，电力成本需低于 2 美分 /kWh，随着哈希率继续增加，需要更低的电价才能维持其可行性。我们的成本模型假设，运营 5MW 的容量需要一名员工。由于 S9 级矿机的能效弱于新矿机，每 PH/s 的哈希率需要更多设备，要达到同等哈希率，它们的耗电量、所需员工人数、管理成本都高于新矿机。

S19 级矿机只需要 30kW 电力和 9 台设备即可得到 1 PH/s 的哈希率。如果是用 S9 级矿机，则需要约 70 台设备，耗电量超过 100kW，以及相应的更多维护和运营人力成本、电力管理成本，才能得到同样的 1 PH/s 的哈希率。

图：在当前的哈希率下，不同矿机在各种电价下的每日收入和现金运营成本，注：在估算用于 BTC 挖矿的电力比例时，我们假设 PUE 为 1.12



劳动力成本，是指运行一个规模化的挖矿设施（>50MW）所需要的维护和运营人员数，数据来自我们与矿工的对话。

总结：我们估计，当前可用的比特币挖矿容量 约为 9.6GW，当前的利用率在 60-70% 区间的中段。这一总容量的单位电价的中位数约为 3 美分 /kWh，挖出 1 BTC 的现金成本的中位数为 5000 美元。我们估算认为，中国贡献了大约 50% 的挖矿容量；美国约占 14% 排第二。中国挖矿容量中的相当一部分随季节迁徙，以充分利用丰水期的低电价，我们将在第二部分详细探讨其中的细节。

关于哈希率增长与中国丰水季的关系，我们得出一些意外的结论

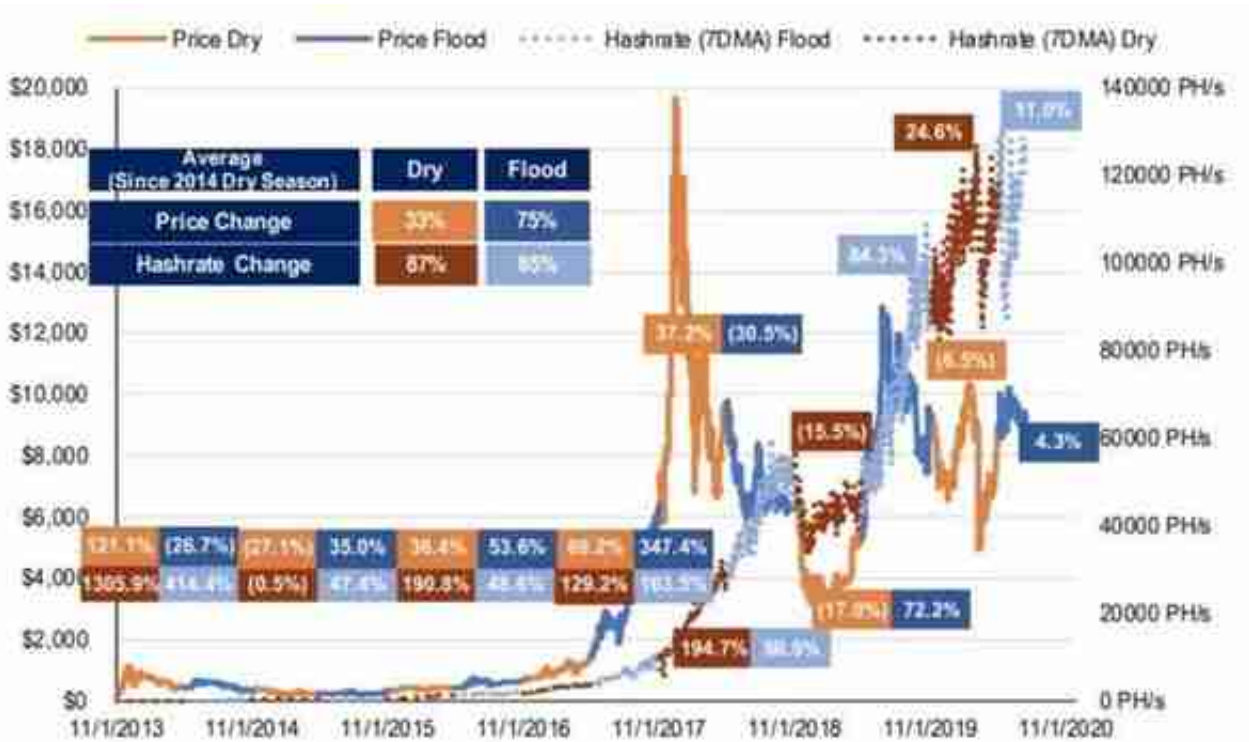
我们发现，中国在比特币挖矿的电力消耗和网络哈希率中贡献了 50% 的份额。我们在下面将进一步考察中国比特币社区的情况，以及中国丰水季对比特币价格和网络哈希率的影响。

什么是 丰水季？四川和云南等西南省份每年 5 月至 10 月有大量降雨。这使得大量雨水冲入这些省份的大坝，导致水电生产在此期间大幅增高。由于发电供过于求，这些电被便宜地卖给比特币矿工。满溢的大坝需要排出过多的水，所以低价售电为水电站和矿工带来双赢。这些价格低廉的电力吸引着矿工从其他省份迁移过来，以利用这一优势。在干燥的月份，矿工在中国北方支付的电费约为 2.5-3 美分 / kWh，但在 5-10 月份的潮湿季节，在四川和云南支付的电费价格低于 1 美分 / kWh。

传统观点认为，丰水季的低电价会推动哈希率的增长，我们对此表示反对。我们认为，丰水季会使成本曲线在一年中的 6 个月下行，这样一来，只需销售更少的 BTC 就可以支撑运营开支，而矿工则可积累资本以投入挖矿容量的增长。

如下表所示，BTC 平均价格在丰水季和干季的涨幅存在重大差异，而在这两个时期哈希率的增长大致相同。我们的图表展示了每个时期的增长，发现前两个时段可能是异常值（进一步支持了我们的观点），其平均值基于接下来的 11 个 6 个月时段的小规模样本数。

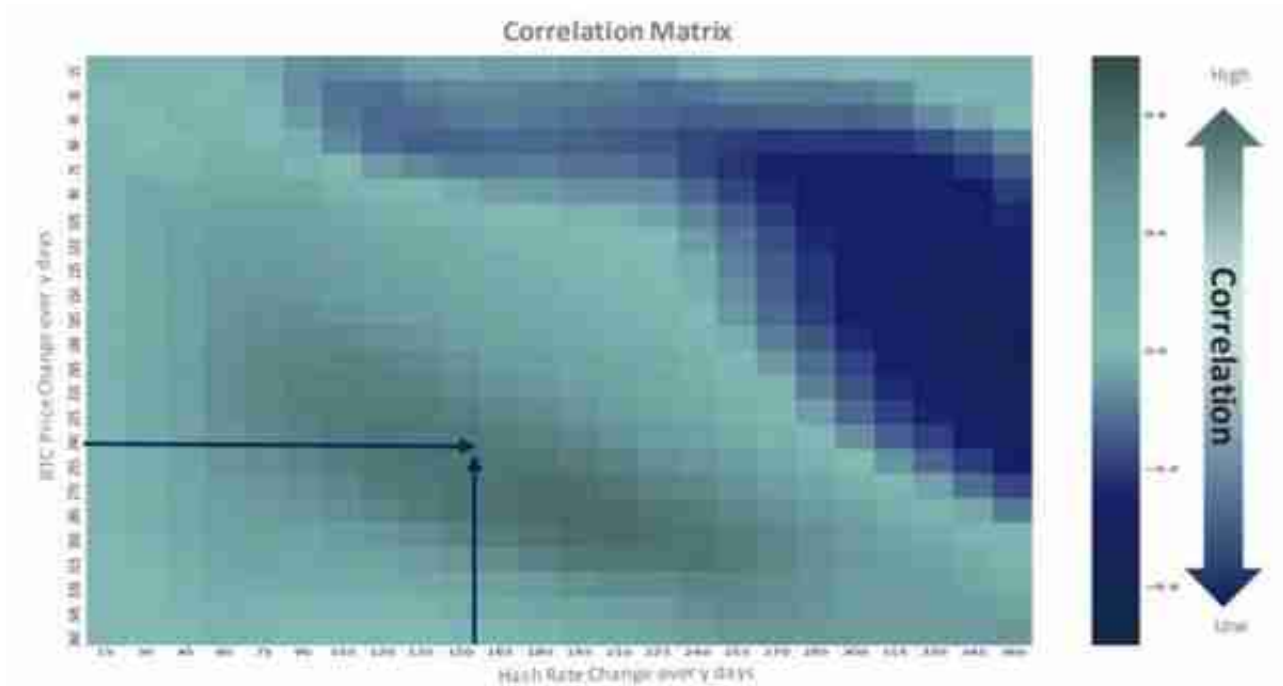
图：哈希率和 BTC 价格，按丰水期和干季分段，注：自 2014 年以来的收据；平均值排除了 2013 年 11 月- 2014 年 10 月时段；数据截止 7/1/2020



资本积累之后是购买设备、设备交付和部署，这一动态关系可以从以下线索反映出来，即价格上涨（支撑了资本积累）与 4-6 个月后哈希率的增长之间存在相关性，因为供应链需要时间向客户交付其购买的设备。

中国的丰水季会带来 电力成本曲线的下行，这有助于矿工的资本积累，并帮助促成了哈希率在未来的增长。资本积累的增加，会使挖矿产业降低对外部资金的需求，靠行业本身也可以支撑哈希率的未来增长。

图：BTC 价格变化与哈希率变化的相关性，注：过去 12 个月的数据，截止 7/1/2020



我们看看过去 15 到 360 天内 BTC 价格变化与去年同期哈希率变化的相关性。我们注意到，哈希率跟随价格变化，有 4-6 个月的延迟，具有很高的相关性。这构成了一种动态关系，即资本积累之后会有购买、交付和部署新矿机等行为，供应链需要时间来完成矿机的交付。

可获得且未被全部利用的电力容量、来自行业内部的资本积累（得到中国丰水季的帮助）、外部融资，以及每 PH / s 收入的减少，所有这些因素都对哈希率的未来增长产生了影响。我们将在第三部分探讨哈希率的未来。

比特币哈希率的增长预测：多高、到何时、为什么、以及什么因素会减缓（或加快）其增长

我们更深入地研究了一些问题，比如网络哈希率可以增长多少、什么因素在支持这种增长，以及可能减缓这种预期的增长的资本和融资方面的掣肘。

根据我们的评估，随着电力容量从 9.6GW 温和增加到 10.6GW，随着矿机升级，即较新的 S17 和下一代 S19 级矿机淘汰掉老一代的 S9 级矿机，比特币网络的哈希率在未来 12-14 个月内可能会超过 260EH /s。电力容量的增长考虑了如下因素：各矿场的可用电力、计划中的基础设施支出，另外，由

于收入方面的压力，部分成本较高的矿场可能不得不关闭运营。

图：比特币哈希率和电力消耗，注：在估算主动用于比特币挖矿的电力比例时，我们假设 PUE 为 1.12，数据截止 7/1/2020



在 2022 年中之前，该产业将向 S19 级矿机升级。这一周期的完成，可能使网络的哈希率达到约 360EH/s。我们估计，下一次根本性的设备升级可能要到 2022 年下半年，尽管在此期间矿机效率仍会逐渐提高。我们注意到，如果 BTC 价格持平或下跌，则以美元计的每 PH/s 的收入将继续下降，直至边际成本点。而下一步的投资和哈希率增长可能会显著放缓——因此，我们的哈希率预测图可能会延迟，或永远不会实现。

我们考察了台积电在矿机芯片方面的进展，将之与三星和英特尔进行对比——尽管英特尔不生产挖矿的 ASIC 芯片。现有数据表明，不同半导体供应商在工艺技术上存在巨大差异。我们注意到，ASIC 技术的下一个飞跃将是 5 纳米 (nm) 技术的发展。在这个节点，比特大陆的主要供应商——台积电领先于三星。尽管台积电在 7 nm 和 5 nm 节点上收到了大量订单，但其制程几何 (process geometries) 看起来与英特尔的 10nm 节点类似。

我们认为，三星也有更严密的制程几何；因此，三星紧紧跟随着台积电。ASIC 主要是逻辑芯片，因此与英特尔进行比较也是有意义的。随着半导体行业的发展，我们注意到，功能几何方面的分化越来越大，因此，即使是相同的名义制程节点，不同芯片制造商之间，在芯片密度、特征尺寸以及最终功耗和发热性能等方面，都存

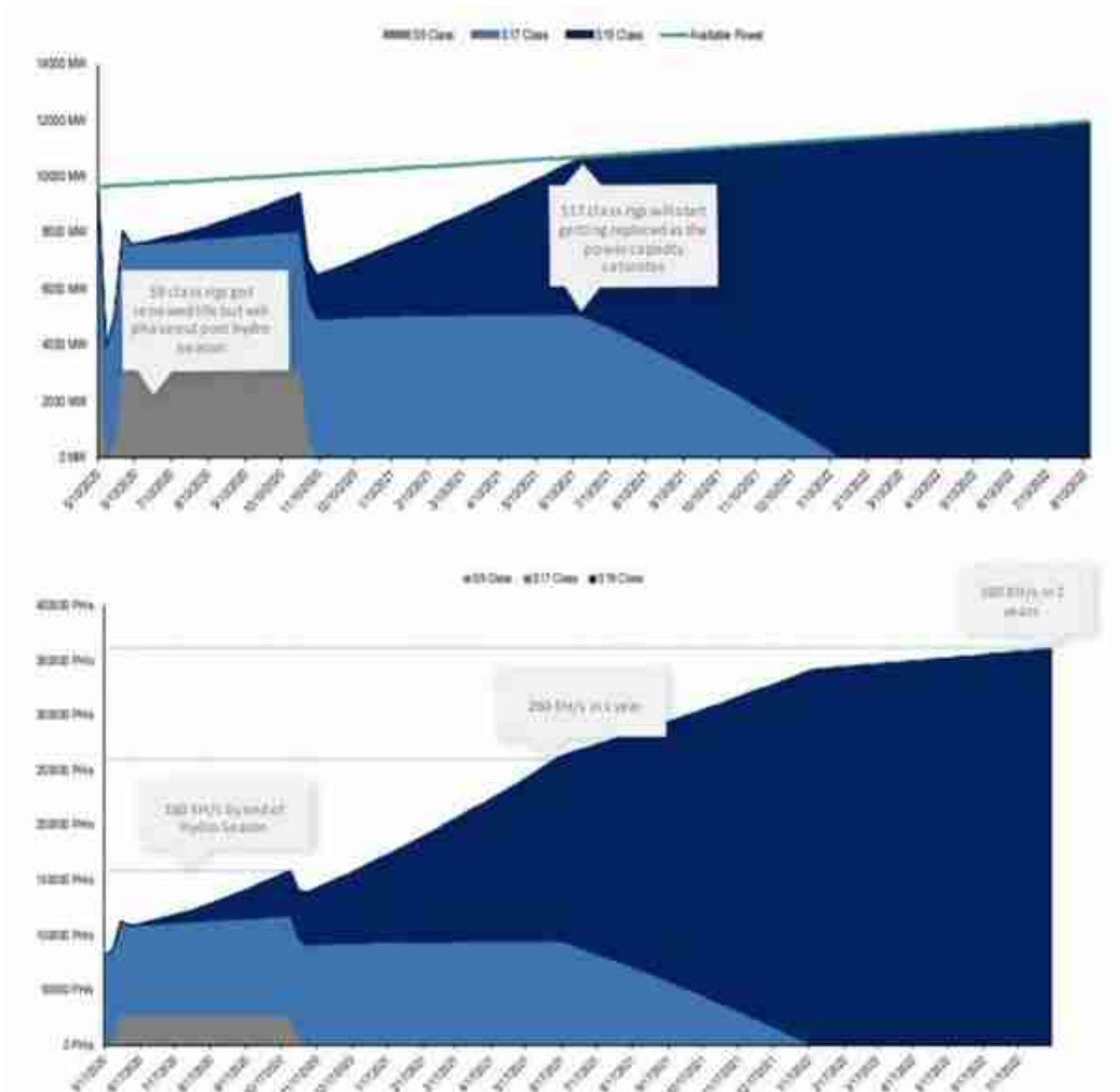
在重大差异。

图：英特尔和台积电的制程技术的比较

Comparison of Intel's and TSMC's Process Technologies				
	Intel 14nm	Intel 10nm	TSMC 10nm	TSMC 7nm
Fin Pitch	42nm	34nm	36nm	30nm
Gate Pitch	70nm	54nm – HD	66nm	57nm – HD 60nm – HP
Min Metal Pitch	52nm	36nm	42nm	40nm

三星最近宣布，3nm 制程节点的商业化量产计划可能会推迟到 2022 年，而 5nm 可能会成为 2021 年生产的主力。我们认为 3nm 产能的缺乏和初期可能的低产出，将导致 5nm 制程成为 2022 年之前 ASIC 开发和生产的主力。基于这些原因，我们认为，S19 级矿机将在未来 24 个月占据大部分的矿机出货量，尽管渐进式的设计改进也能提高能效，这会反映在该系列的新型号机器上。

图：一旦电力容量得到利用、矿机升级周期完成，哈希率（下图）的增长将变慢，注：在估算主动用于比特币挖矿的电力比例时，我们假设 PUE 为 1.12，数据截止 7/1/2020

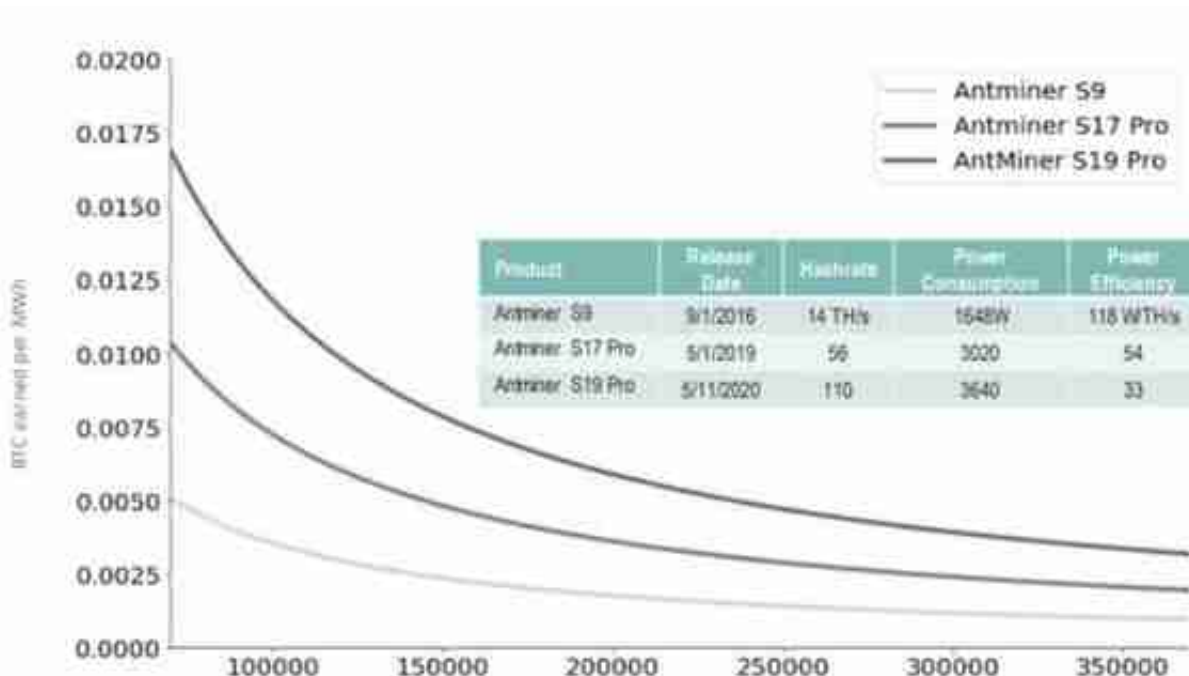


如上图所示，假设网络电力容量温和增长、S19级矿机被广泛部署，比特币网络的哈希率也可以达到 360EH/s。电力效率（每 TH/s 的瓦数更少）的提高，可能会对这些预测有正面影响，但一个关键问题是，每 PH/s 或每 MWh 所赚取的 BTC 在减少——每天的 BTC 流量大致保持稳定，只会随着多出的区块和交易费而有所波动。因此，如果网络哈希率增加，则单个矿工在总哈希率中所占的份额会下降，其在 BTC 流量中的份额也会下降。如果 BTC 的价格没能跟上哈希率的增长，那么可盈利性将下降，在某个哈希率上可能会建立一种新的均衡，此哈希率会显著低于我们预测的数值。

下图显示每一级矿机每 MWh 所获得的 BTC 数量：S19 矿机每 MWh 获得的 BTC

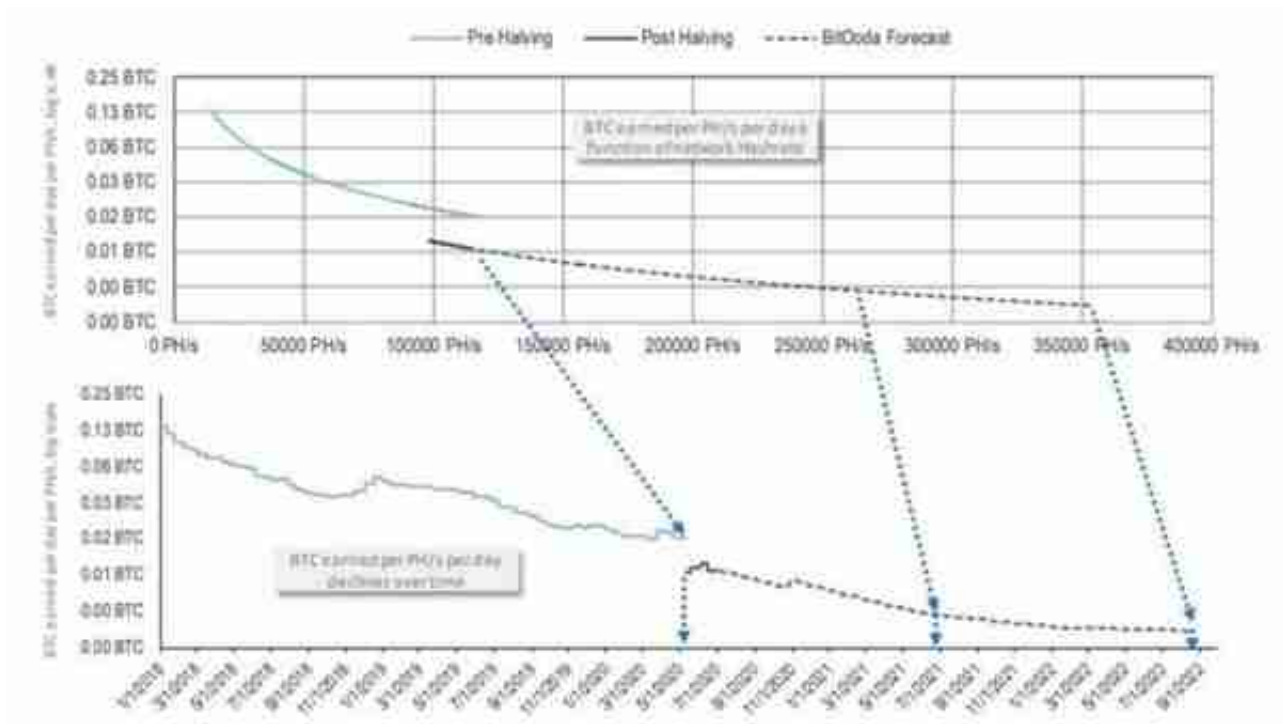
数量大致相当于一台 S9 级矿机的 3 倍。

图：每 MWh 获得的 BTC 数量，作为网络哈希率的一个函数，数据截止 7/4/2020。耗电量数据包括了 1.12 的 PUE



下图显示了每 PH/s 的 BTC 是如何变化的（预计在未来也会发生变化），将之作为网络哈希率与时间的一个函数，减半前和减半后的区块奖励因素已被计入。在这里你也可以看到，以 BTC 计算的收入在下降。不考虑设备因素，就看每 PH/s，很明显，随着时间的推移，BTC 价格是哈希率持续增长的一个关键因素。

图：每 PH/s 每日所获 BTC，随时间的变化，以及作为网络哈希率的函数的情况，数据截止 7/1/2020，历史数据自 1/1/2018 算起

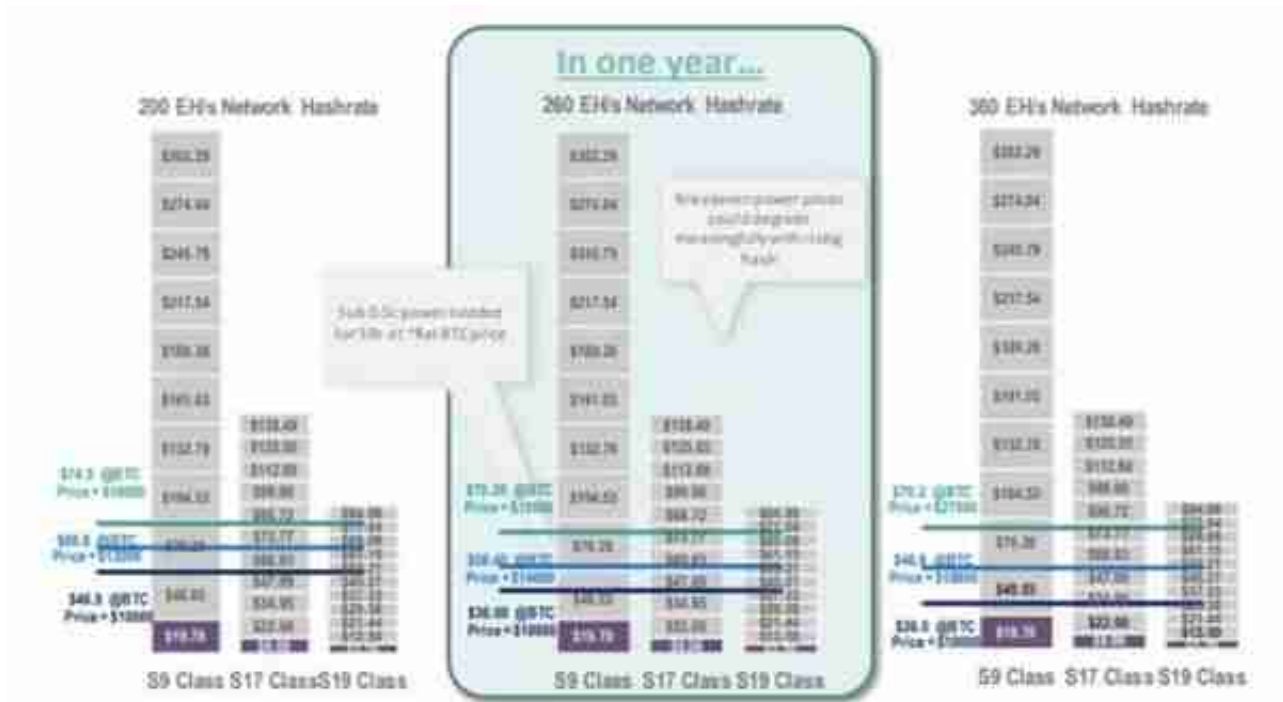


挖矿得到的 BTC

以美元计算的价值，会随着时间的推移降低，这使得盈利越来越差，除非 BTC 价格的增长足以抵消这一点。正如下图所示，每 PH/s 每日赚得的收入是网络哈希率和 BTC 价格两者的函数。目前比特币网络哈希率目标值约为 124EH/s，当前 BTC 价格为 9220 美元，每 PH/s 每日收入约为 70 美元。如果网络哈希率增加至 260EH/s，我们预期 2021 年夏天会达到这一数值，那么，BTC 价格需要达到约 19,500 美元，每 PH/s 每日的收入才能维持在同样的 70 美元。

如果届时 BTC 价格为 10,000 美元，那么每 PH/s 每日的收入将只有 36 美元。下图中间的图表显示，高效率的 S19 级矿机在电费 4 美分 /kWh 的情况下，需要花费约 37 美元的现金费用就能实现 1 PH/s 每日，但在电费 4 美分 /kWh 的条件下，运行 S9 级矿机，要耗费的成本则为 133 美元。即使 BTC 价格达到 10,000 美元，S9 级矿机依然需要在 0.5 美分 /kWh 以下的电费下运行才能盈亏打平。

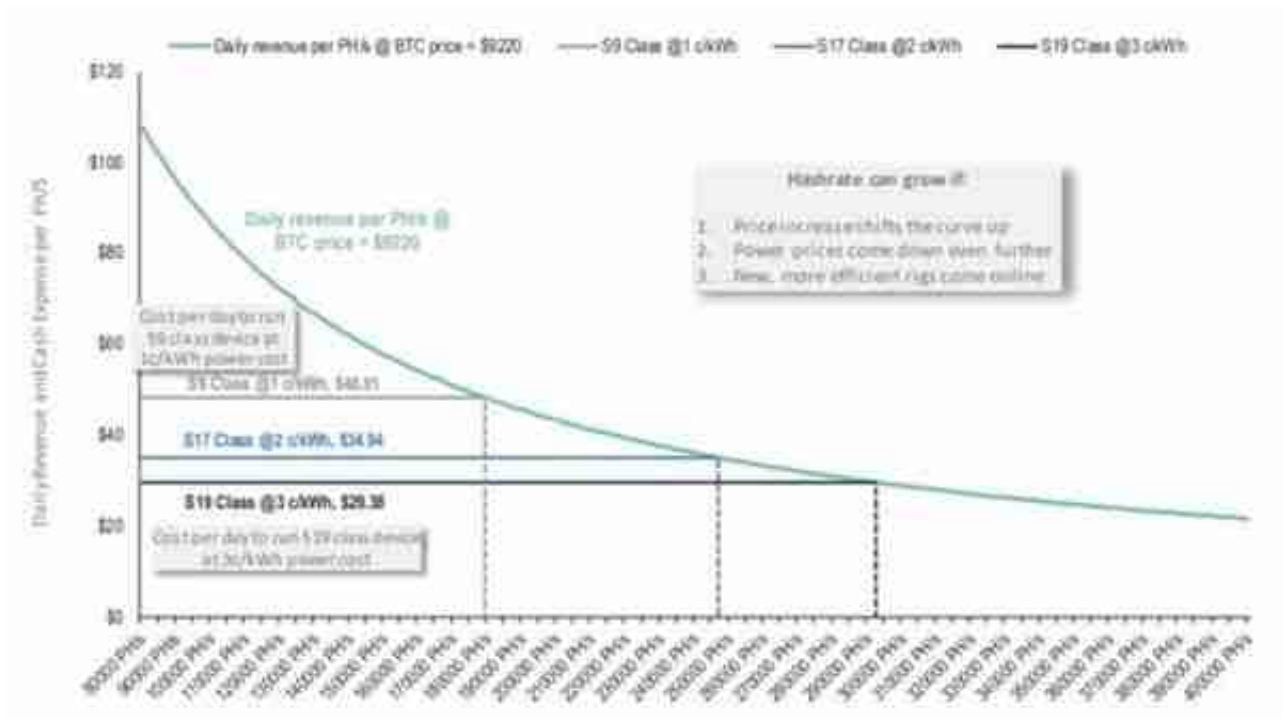
图：在未来哈希率和 BTC 价格的几种不同情况下，每个矿机级别在不同电力价格下的每日收入和现金运营成本，注：在估算主动用于 BTC 挖矿的电力比例时，我们假设 PUE 为 1.12



要实现潜在的哈希率，需要大量的资本支出，这将是一个限制因素，特别是，如果BTC价格的涨幅没有跟上哈希率的步伐，行业内部产生的现金至少将受到限制，只能进一步增加对外部资金的依赖。而且，这也会对我们的哈希率预测构成负面影响：由于计划面临不确定性以及投资回报预期的下降，成本较高的矿工不得不退出运营，这也同时会限制外部资本的流入。

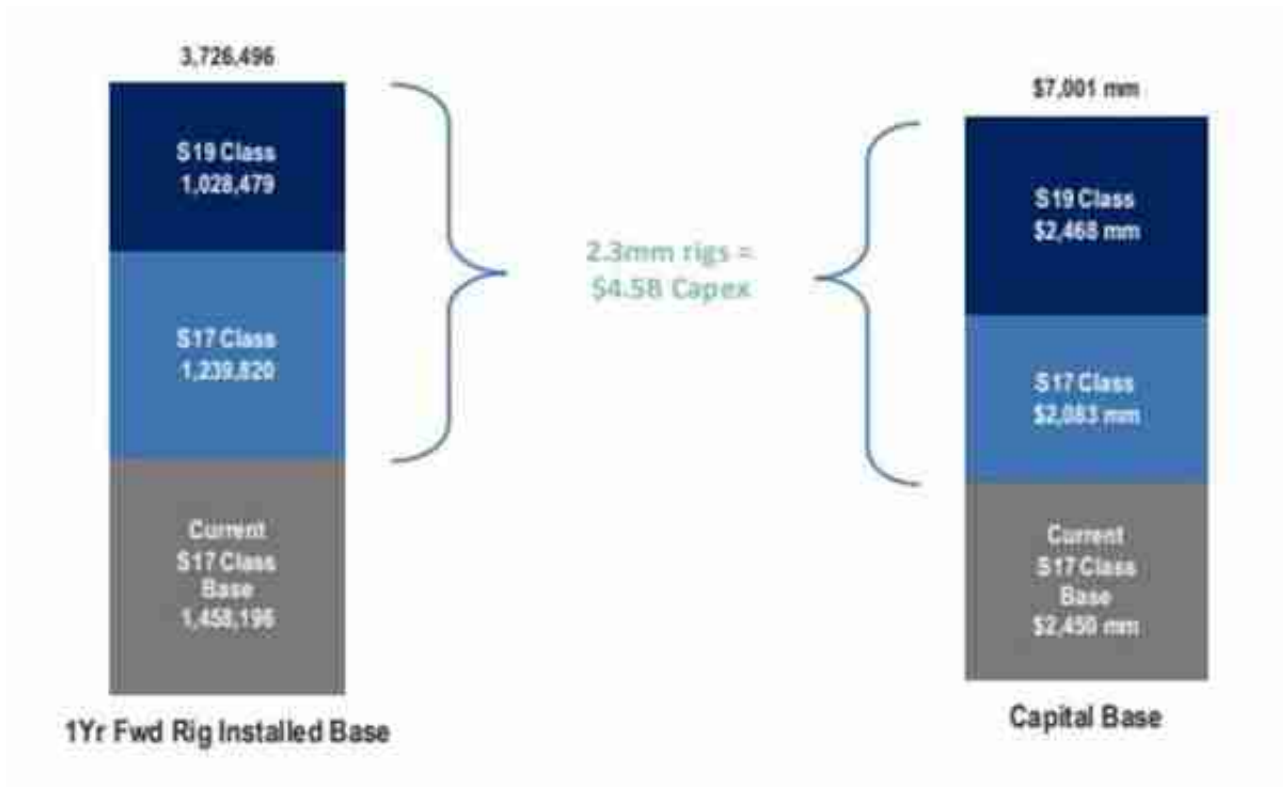
如果BTC价格保持不变怎么办？哈希率会在什么位置不再增长？如果电价为1美分/kWh，则S9矿机可以持续运行，直到网络哈希率达到180EH/s。当电价为3美分/kWh，S19级矿机可以持续运行，直到295EH/s的哈希率。超过这一节点，S19级将需要更高的BTC价格或更低的电价，才能维持运营。但是，这些设备将无法在295EH/s的哈希率上收回其资本成本。显然，BTC的价格上涨已纳入每个矿工的资本预算。

图：每PH/s的每日收入与现金运营成本，作为网络哈希率的函数，注：在估算主动用于BTC挖矿的电力比例时，我们假设PUE为1.12



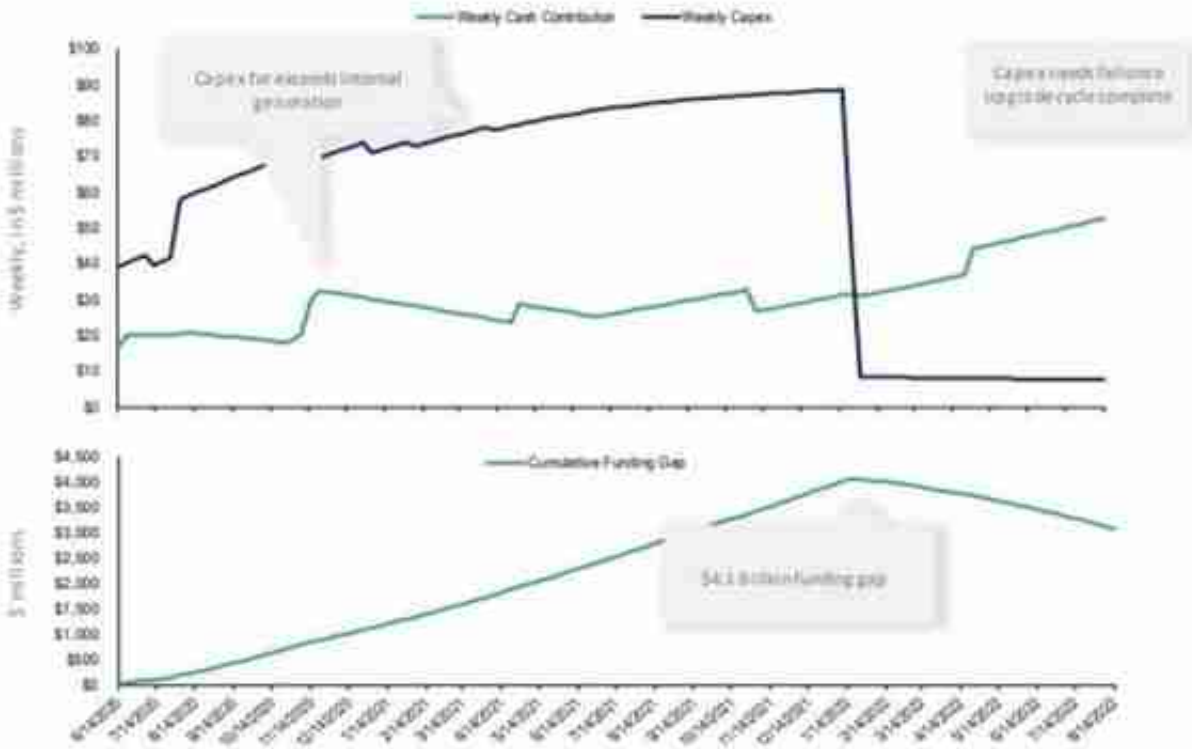
未来 12 个月哈希率升至 260EH/s 所需的资本支出 (Capex) 总计为 45 亿美元，若 2022 年中哈希率升至 360EH/s 则还需要多花费约 20 亿美元。

图：比特币哈希率和耗电量，注：在估算主动用于 BTC 挖矿的电力比例时，我们假设 PUE 为 1.12



如果 BTC 价格在两年内以每年 40% 以上的速度稳步升至 19000 美元左右，那么，即使以 5 美分 / kWh 的电力成本，S19 级矿机仍然可以运行，但整个行业的总资本支出与其内部产生的现金流之间，仍存在 41 亿美元的资金缺口。

图：比特币网络的资本支出与其内部产生的现金流，数据截止 7/1/2020; Y 轴为对数刻度



我们注意到，有人担心，我们的哈希率增长模型有一个前提，即需要新矿机的大量交付；我们也收到一些疑问，怀疑我们的预测是否可行。需要每周大约出货 60,000 台矿机，装机量的增长才能符合我们对哈希率的预测。可以比较一下，据比特大陆公司的数据，2018 年上半年该公司每周可交付超过 95,000 台 S9 矿机。尽管 S19 级矿机内的芯片数量 / 晶粒尺寸尚不确定，但我们相信，半导体 / 组装能力不会成为一个限制因素。

结论是，我们相信，比特币网络哈希率会在 12 个月内达到 260EH/s，在 24 个月内达到 360EH/s。然而，这一预测成立的前提是：按我们的模型，BTC 价格需要上涨，或年化升值 25-35%。我们不对 BTC 的未来价格进行建模或预测，只是描绘了可能的价格情况对哈希率的增长、电力消耗以及挖矿产业的资本投资和盈利状况的影响。

超出这一范围的变量可能会延迟或加速哈希率的增长。BTC 价格、可用的弥合资金缺口的外部资金，是两个潜在制约因素，会影响该行业能否使比特币挖矿容量涨至 360EH/s，但是，矿机所需的 半导体芯片的产能或组装能力不会成为限制因素。

在评估挖矿项目时，投资者需要将我们的这些预测纳入考量，并需要关注比特币的价格。在 BitOoda，我们坚决支持对冲，并建议投资者采取积极的对冲策略以降低运营风险——我们经常说，矿工知道他们未来 6、12 和 24 个月的支出，但他们不知道自己能挖到多少 BTC，也不知道这些 BTC 将值多少钱。对冲策略可帮助降低运营风险并稳定现金流。