

数据中心项目： 成长模型

第 143 号白皮书

版本 1

作者 Neil Rasmussen 和 Suzanne Niles

> 摘要

随着 IT 技术和业务要求的不断发展，数据中心或网络机房的长期容量规划可能看似无法实现。然而，数据中心设施的生命周期可能跨越很多代的 IT 设备，因此进行规划或缺乏规划可能会对投资的有效性产生很大的影响。很多不必要的成本都可以用简单的规划策略来避免，甚至不确定性本身也能融入到规划中。本白皮书介绍了一种为数据中心或网络机房制定容量规划的简单有效的方式。

目录

[点击内容即可跳转至具体章节](#)

简介	2
成长模型的六个参数	7
分阶段扩容的价值	10
确定系统容量规划	12
成长模型在系统规划顺序中的作用	16
在TCO计算中使用成长模型	20
结论	23
资源	24

简介

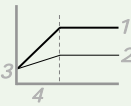
资源链接
第 142 号白皮书
数据中心项目：系统规划

为了成功通过数据中心项目的规划考验，需要这样一种结构，它包括明确定义的过程、具有专业知识的决策者，以及适当的工具来协助组织信息或执行计算。**成长模型**正是这样的一种工具，它为探讨未来 IT 电力需求提供了结构和术语定义。本白皮书中描述的成长模型是第 142 号白皮书《数据中心项目：系统规划》中描述的数据中心规划过程的一个重要组成部分。

此成长模型提供了一个标准化的框架，用于表达和发展对规划中 IT 设施电力需求的共同理解。这既包括对 IT 负载电力需求的描述 — **IT 负载曲线**，又包括对物理基础设施提供的电力容量的描述 — **系统容量规划**。**IT 负载曲线**是需要数据中心设计的早期阶段思考和决定的基本规划要素之一。在前期规划讨论中，“IT 负载曲线”的非技术性术语是**成长规划**，作为过程模型中的三个 IT 参数之一，它是为设计供电和制冷系统提供基本输入。

表 1

成长规划是为数据中心规划提供基本输入信息的三个 IT 参数之一

IT 参数	说明
关键性	与经营使命一致的数据中心可用性和可靠性目标 关于关键性以及如何为数据中心定义关键性水平的更多信息，请参见第 122 号白皮书《确定数据中心关键性 / 级别等级的准则》。
容量	IT 负载的最终全面扩容规模（单位：kW）（该数字将成为 IT 负载曲线中的“最终负载最大值”参数。）
成长规划	数据中心生命周期内的预测 IT 负载（以四个参数的 IT 负载曲线表示） 

* 有关如何在规划过程中使用这些 IT 参数，请参见第 142 号白皮书《数据中心项目：系统规划》（参看资源章节中的链接）。

在前期规划的讨论中，如果以结构化、有组织的方式关注这三个要素，就能够快速、高效地为规划过程的其余部分提供清晰无误的指导。**关键性**和**容量**在上文提及的 APC 白皮书中有说明。您正在阅读的白皮书主要关注的是第三个要素，即**成长规划**。成长规划以四个参数的 IT 负载曲线的形式表现了预期的 IT 负载。根据此**负载曲线**，可以制定一个**系统容量规划**，在数据中心生命周期内为 IT 负载提供支持。本白皮书介绍了一种用于描述 IT 负载曲线的模型和通用的语言，以及一种制定系统容量规划的方法。

一种简单的容量规划成长模型

大部分数据中心规划都比较模糊，因为它们无法包含 IT 设备中技术发展不断演变的特性。另外，推动数据中心设计和/或业务需求的商业需求很难事先知晓。IT 负载预测越向未来延伸，预测的可信度就越小。任何具有前瞻性容量要求的模型都需要考虑预测活动本身的质量（确定性）相关的信息。

解决不确定性问题的一个方法是，设定一个在数据中心生命周期内可以合理预期的最大值和最小值，从而为预测提供支持。这就是本白皮书中描述的成长模型所采用的方法。最终负载**最小值**和**最大值**的概念如图 1 中所示。数据中心生命周期一般定义为 10 年。

一旦确定了最终负载的最大和最小估算值，只需加上**初始负载**和**过渡时间**，便可完成 IT 负载的增长预测（图 2）。

图 1
预测的最终负载最小值和最终负载最大值模型

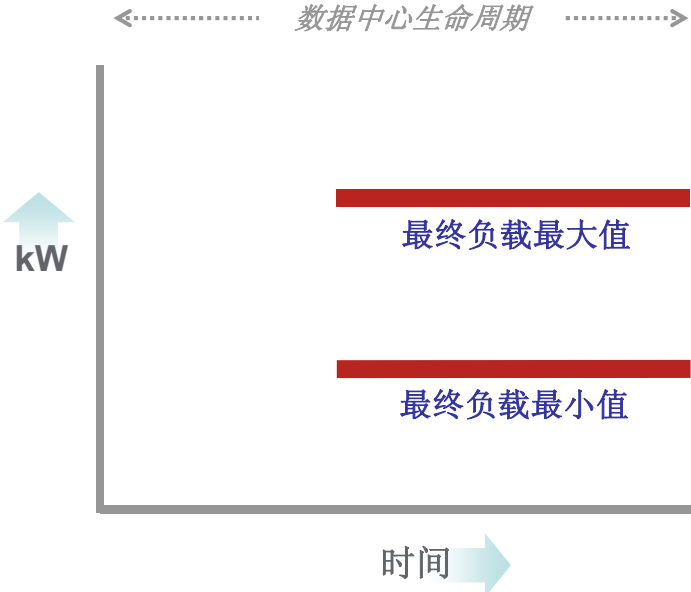
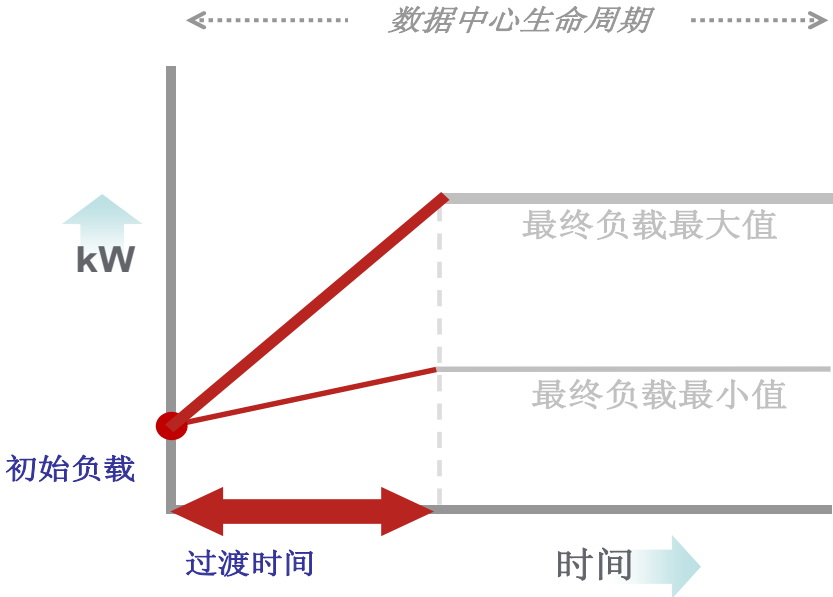


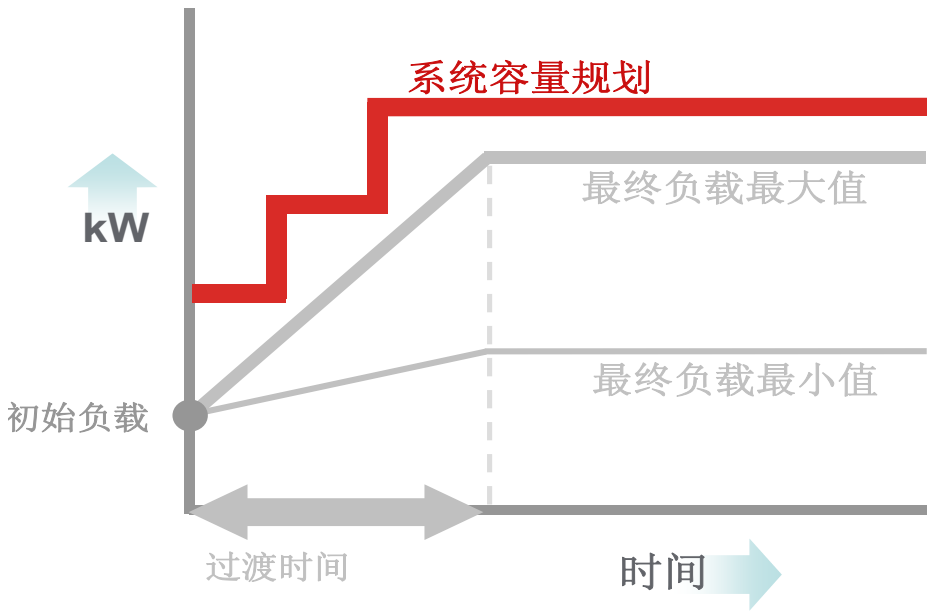
图 2
初始负载和过渡时间



模型的这个部分对数据中心生命周期内预测的 IT 负载进行描述，它是在规划过程的很早期确定的。成长模型的最后一个要素是**系统容量规划**，它是指对供电和制冷基础设施有计划地进行部署，以支持预测的 IT 供电负载（图 3）。系统容量规划是在了解系统架构和物理空间的细节之后，在规划过程的稍晚阶段确定的。

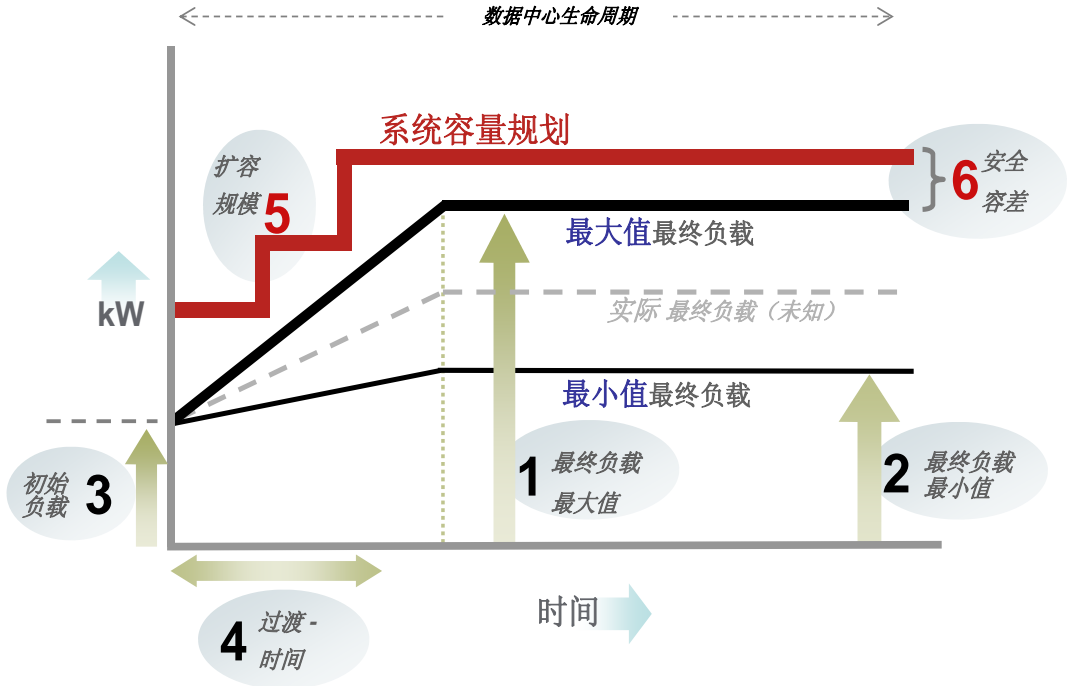
←..... 数据中心生命周期→

图 3
成长模型的系统容量规划部分



此模型可能看似简单，很好理解，但它却能够代表数据中心项目中利益相关各方之间经常没有得到充分沟通的复杂概念。完整的模型可以通过六个参数进行描述，如图 4 中所示。

图 4
完整的成长模型



此模型中的参数

此模型的六个参数描述了数据中心成长的基本特征，并为共同理解和探讨规划问题提供了适当的语言。这六个参数在表 2 中进行了总结。

表 2
成长模型的参数

成长模型参数		含义
IT 负载曲线	1 最终负载最大值	预期 IT 负载最大值
	2 最终负载最小值	预期 IT 负载最小值
	3 初始负载	初始安装的 IT 负载
	4 过渡时间	从初始负载增长到最终负载所需的时间
系统容量规划	5 扩容规模	物理基础设施系统的递增阶段规模 (扩容延迟)
	6 安全容差	应对意外情况 (IT 负载意外增加或系统容量意外消耗) 的额外容量

为什么不是单一的“预测”实际负载?

图 4 中的模型显示了预期最终负载的**最大值和最小值**，但没有明确预测最终负载的实际值。对最终负载实际值的任何描述在大多数情况下只是猜测而已。某一特定装置的最终负载实际值一般取决于多个变量，有些变量可能是规划者无法预测的，甚至不知道存在这些变量。

此成长模型所体现的一种更有效的规划方法是，识别最终负载的上下极限值，这样做可以比单一预测的负载等级更有可信度和一致性。用户在做规划时往往对要采用的负载最大值有一个坚定的想法，因为可能的最大负载过去一直是在设计系统的前期一次性部署时使用的“安全”值，而且规划者习惯于那样的思维方式。另外需要一个代表预测负载最小值的参数乍看似乎多余，但它却是获得该成长模型的可观成本效益的关键，这些成本效益将稍后描述。

同时识别出预测负载最大值和最小值为该模型增加了智能性，并且使系统容量规划能够包含成长的不确定性，为最大限度地减小过度建设的风险和降低总拥有成本提供了一种简单的策略。

“IT 负载曲线”与“系统容量规划”之间的区别

此成长模型提供了一种共同语言和框架，帮助用户理解 IT 负载要求，同时也帮助物理基础设施设计者规划一个具有充足电力和制冷容量的系统以满足该负载要求。两者相互依存。成长模型的第一个部分 — **IT 负载曲线** 由用户提供，作为规划过程的输入。成长模型的第二个部分 — **系统容量规划** 由规划过程提供，作为对用户的输出，用以界定供电和制冷基础设施的部署（包括逐步扩容阶段）以支持用户的 IT 负载曲线。

因此，对于一个特定的项目，成长模型的开发分为两个部分：

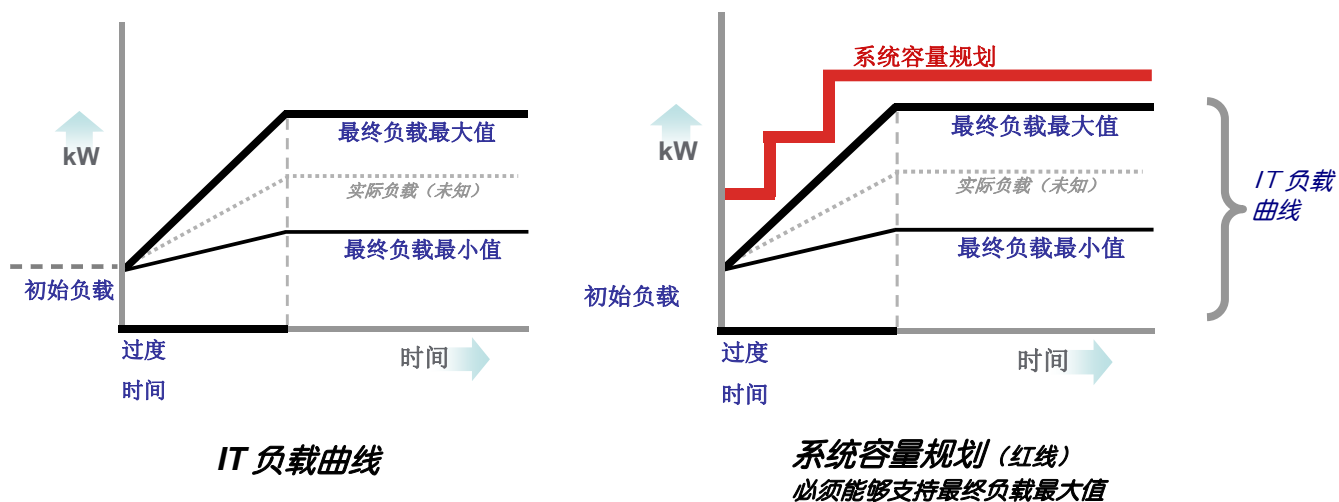
1. **首先，建立 IT 负载曲线。** IT 负载曲线由模型的参数 1 到参数 4 构成，它是在规划过程的早期根据对企业业务需求的理解创建的。在某些情况下，这可能需要咨询熟悉企业业务和一般 IT 问题等方面的专业人士，或者参考描述类似企业的 IT 增长参数的标准曲线。此步骤的关键是让规划过程的参与者对预测的 IT 负载达成共识。
2. **其次，建立系统容量规划以支持 IT 负载曲线。** 系统容量规划由成长模型的参数 5 和参数 6（扩容规模和安全容差）表示。系统容量规划在规划过程的早期开始建立，对扩容规模进行粗略的估算，以指导参考设计的选择（本白皮书稍后讨论）。系统容量规划在规划过程后期最终确定，在此之前先决定基本的系统架构和平面图（房间的布局）。用户一般没有这方面的专业知识，因此将依靠设备卖方或其他有资质的咨询服务机构。逐步扩大的分阶段扩容提供了一种选择方案，即根据过渡期间实际条件的变化，延迟、调整或取消扩容建设。分阶段扩容的优势稍后在本白皮书的“分阶段扩容的价值”章节中讨论。

图 5 显示了 IT 负载曲线与系统容量规划之间的区别。

系统容量规划 代表基础设施系统支持 IT 负载的容量 — 换句话说，它回答了以下问题：该基础设施能够支持多大的 *IT 负载*？系统容量兼顾了可以向负载供应的电量，以及制冷系统制冷负载的能力。

图 5

IT 负载曲线与系统容量规划的区别



制冷又如何？

IT 负载曲线是对项目电力要求的增长预测。**制冷**要求暗含在此模型中，因为电力要求直接驱动制冷要求。

就像在这里描述的一样，负载和容量的讨论一般是通过 IT 负载的电力要求来描述的。然而，基础设施用以支持给定 IT 电力负载的实际容量不仅取决于其能够向负载供应的电力，还取决于其能够提供的用以防止负载过热的制冷。因此，基础设施用以支持给定 IT 电力负载的容量是整个系统的能力，包括对其供电的能力以及对其制冷的能力。

值得系统设计者庆幸的是，供电和制冷要求直接相关——IT 设备消耗的每瓦电力可以转换成必须除去的一瓦热量（热功率）。因此，IT 设备的供电和制冷要求不仅等同（百分之一以内），而且可以用相同的单位——**千瓦 (kW)** 表示。IT 制冷曲线与 IT 负载曲线相同。

制冷系统分阶段扩容可能不同于供电系统的分阶段扩容，这取决于所选设备的可扩展性以及系统配置的架构。

> 制冷 (千瓦)

有时，制冷要求和空调容量以“吨”或“BTU/时”表示，但这些单位模糊了功耗与必须从机房中除去的热量之间的简单而直接的关系。用千瓦作为制冷的测量单位简化了分析和规划。施耐德电气旗下的 APC 使用国际标准单位“千瓦”来表示数据中心制冷要求和空调设备制冷容量。

以“BTU/时”或“吨”为单位表示的制冷量可以轻易地转换为“千瓦”，使规划变得简单。

$$\text{kW} = \text{BTU/时} \times 0.000293$$

$$\text{kW} = \text{吨} \times 3.52$$

增长模型的 六个参数

参数 1 和参数 2：最终负载最大值和最小值

第一步是确定一个对 IT 供电负载的预测。这是对装置生命周期内预期 IT 负载的最佳估算值。未来 IT 需求的不确定性可能很难理解和量化，此成长模型使问题的探讨变得简单，因为它只要求一个最终负载最大值和一个最终负载最小值，确定这两个负载一般比单一目标负载更具可信度。**图 6** 突出显示了成长模型中的这两个参数。

最终负载最大值——可合理预期的最高负载，考虑到业务规划以及用户预见的任何潜在机会。一些用户可能想要进一步“加强”这一估算，以防止在遭遇对不可扩展的要素，比如机房大小或电气进线点（其尺寸将经过调整以适应**最终负载最大值**）的硬性扩展限制时发生的严重后果。注意在大多数情况下，此最大值将永远无法达到——过去，绝大部分设施的最终负载都远低于其初始预测的最大值。

在此模型中，分阶段扩容规划（**过渡时间和阶段数量**参数）可以随着未来变得清晰、不确定性变为确定性时放慢或停止扩容。（分阶段扩容的作用和效益稍后在本白皮书的“**分阶段扩容的价值**”章节中讨论。）

最终负载最小值——考虑已知商业风险和潜在市场挑战后的可合理预期的最终负载最低值。此参数稍后将用于确定系统的初始容量和分阶段扩容规划（参见后面的“**确定系统容量规划**”章节）。它在本白皮书稍后介绍的 TCO（总拥有成本）分析方面也发挥着重要的作用。

图 6 显示了最终负载最大值和最终负载最小值参数。

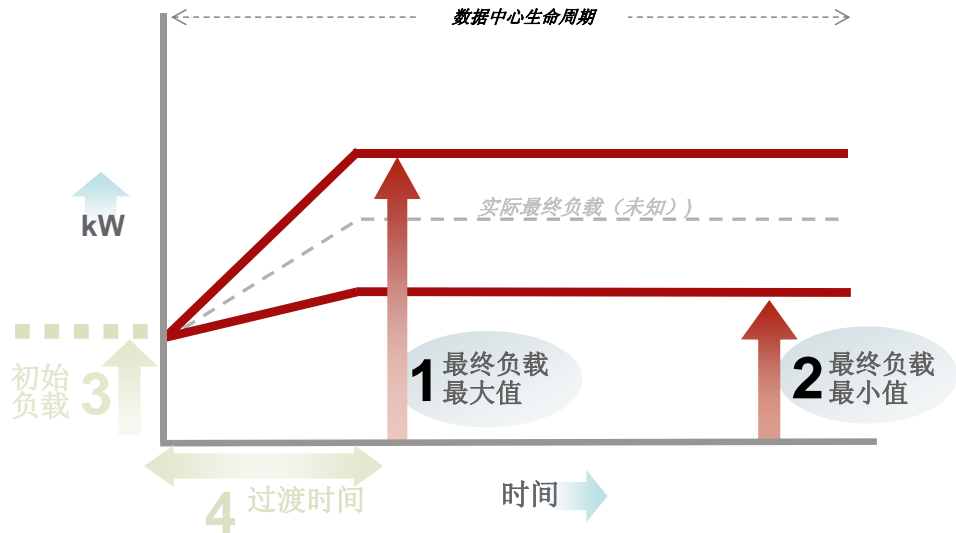


图 6 成长模型中的最终负载最大值和最终负载最小值参数

这两个参数为系统容量规划的设计提供了重要的信息，对系统的可扩展和不可扩展要素同时产生影响，在后面的“确定系统容量规划”章节中有描述。

参数 3：初始负载

初始负载 (图 7) 是系统初始安装时必须支持的 IT 负载。由于它与当前的业务状况直接相关，因此确定时比提前预计参数 1 和参数 2 的最小和最大极限值容易得多。初始负载一般会小于最终负载最大值或最终负载最小值，尽管在某些情况下，如果 IT 负载可能会下降，那么它也有可能大于最终负载最小值。

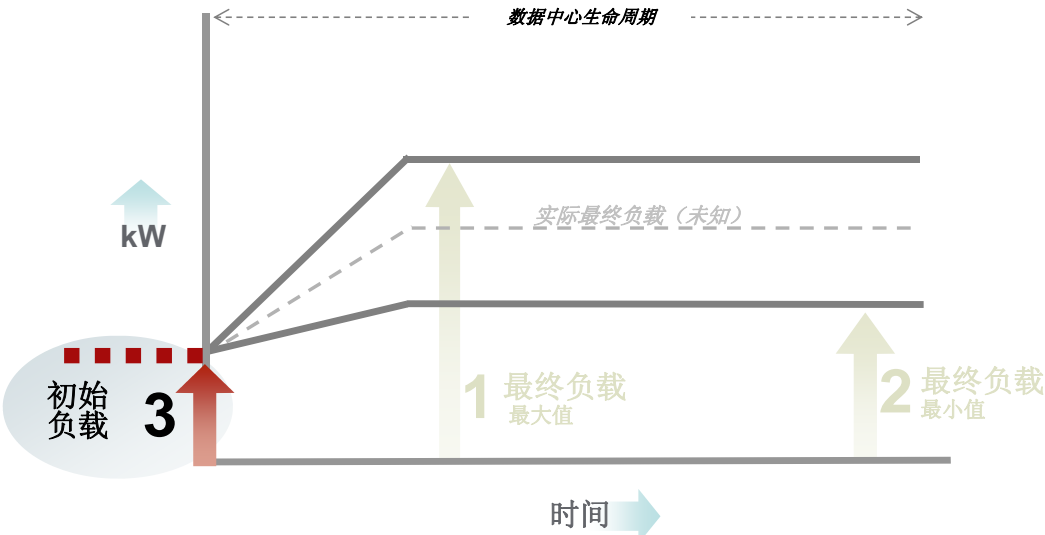


图 7 成长模型中的初始负载参数

参数 4：过渡时间

过渡时间是初始安装与最终负载之间的预测时间。

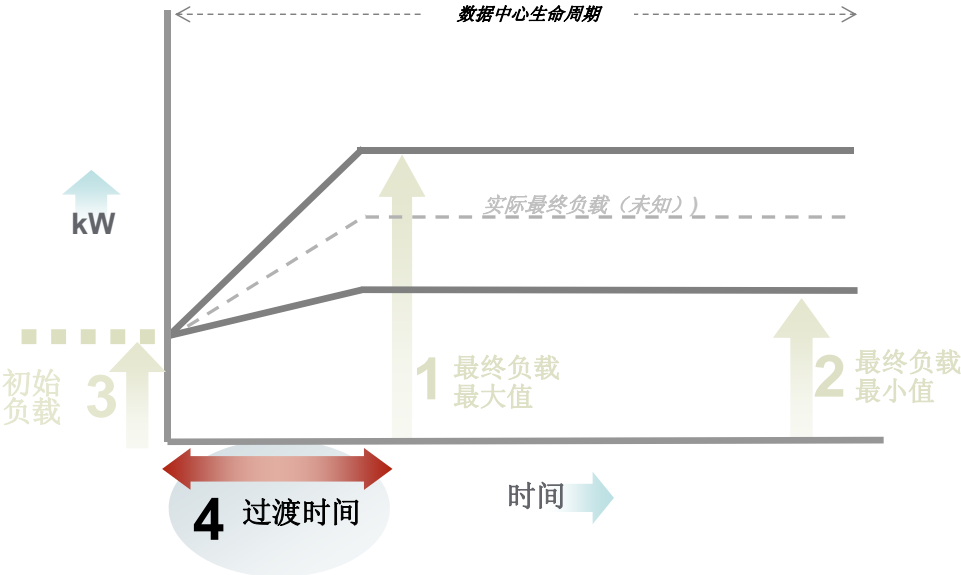


图 8 成长模型的过渡时间参数

参数 5：扩容规模

扩容规模是系统容量规划的一个属性，而不是 IT 负载曲线的属性。它是在规划过程的后期决定的，决定时考虑到了所选系统架构的可扩展性（稍后描述的基准设计）、平面图（机房的行布局），以及对增长不确定性和递增型部署的潜在 TCO 效益的评估。

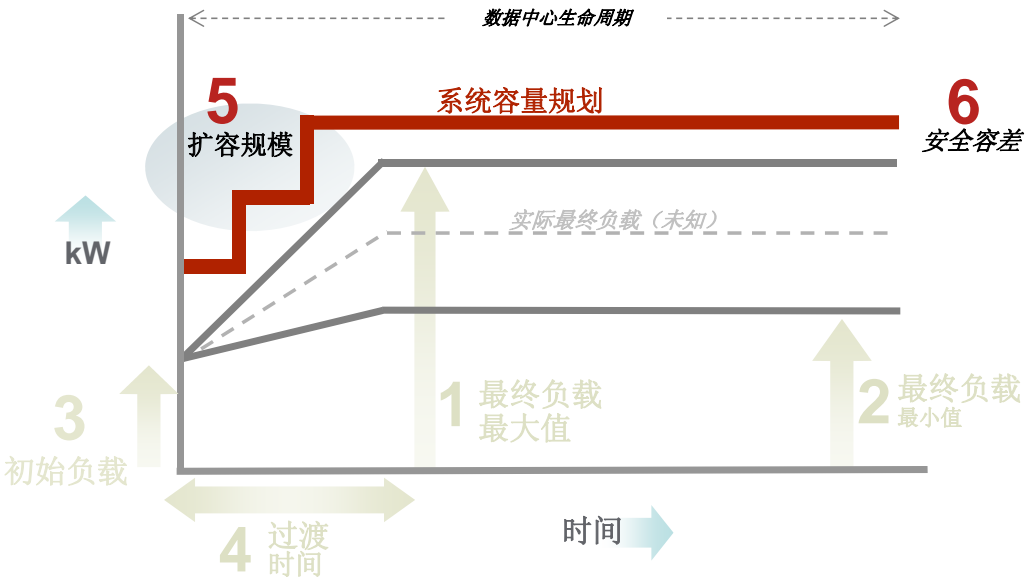
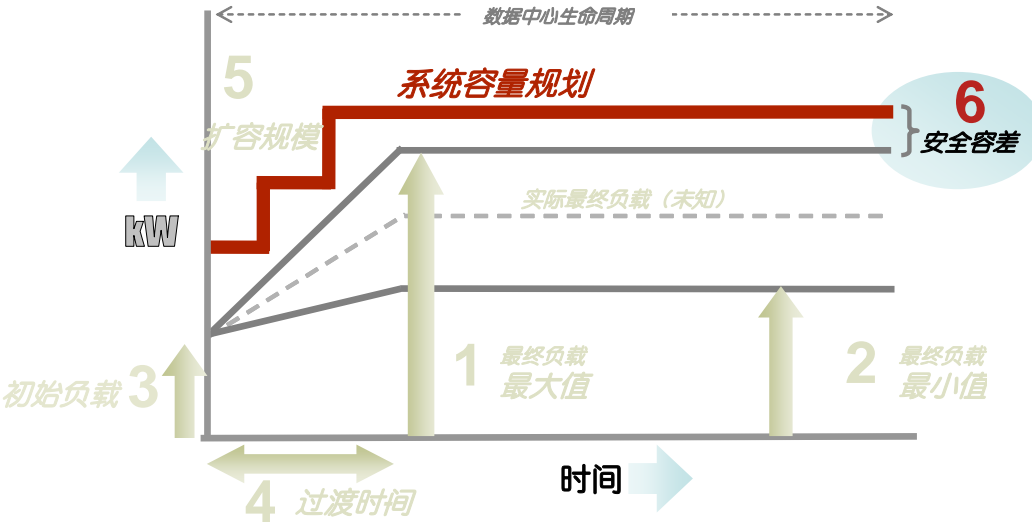


图 9 成长模型的扩容规模参数

参数 6：安全容差

安全容差是指应对意外变化所需的“额外”基础设施容量，这种意外变化可能是 IT 负载的电力需求增加（例如：未经授权即增加服务器）或供电和制冷基础设施提供的容量下降（例如：散热管堵塞引起制冷量下降）。

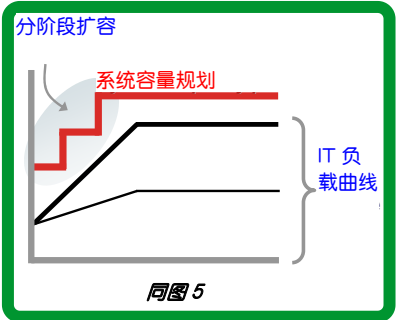
图 10
成长模型的安全容差参数



分阶段扩容的价值

“分阶段扩容”是指 IT 负载过渡期间系统容量规划的阶段性扩容策略。分阶段扩容背后的原则简单且直观：

- 分阶段扩容使供电和制冷容量与 IT 负载一起增长，从而避免不必要的设备产生的资本和运营费用（尤其是能源成本）。
- 如果未来负载不确定，每个阶段都可以提供一个重新评估点，在该点可以作出决策来延迟或减少下一个阶段过程，或者完全停止扩容。



尽管这些概念对于日常生活中的很多应用来说并不陌生，但数据中心不可扩展的遗留供电和制冷架构几十年来支配着整个设施的前期扩容。然而，最近在可扩展的模块化系统架构方面取得的发展使设计者现在能够利用分阶段部署的重要优势。

仍然会有一些基础设施要素不能扩展，需要前期安装时就达到满容量。请参见图 11 了解可扩展与不可扩展要素之间的关系。

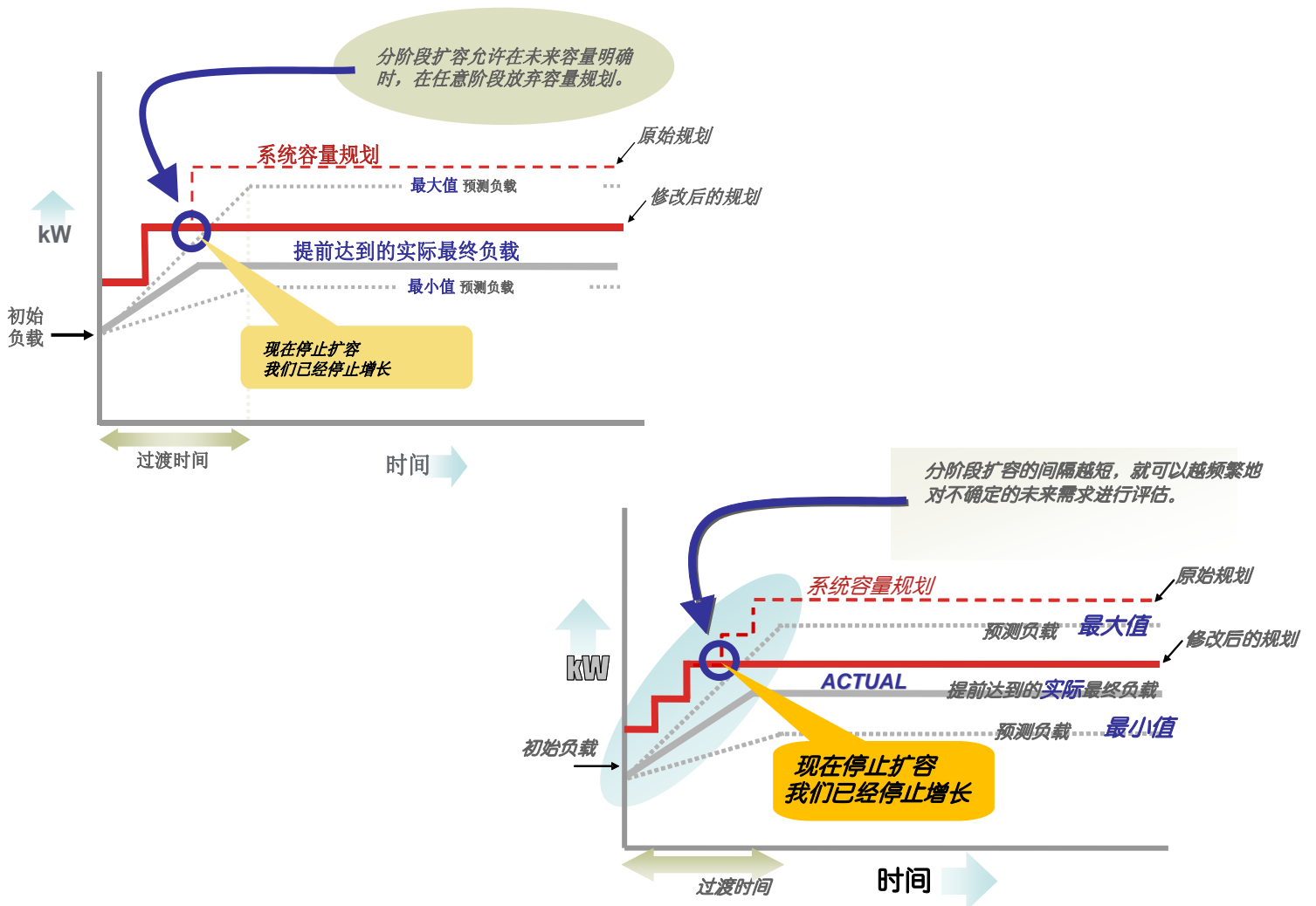
有三个因素使按阶段扩容特别有吸引力：

- **能源已成为一项主要的费用支出。**电费单对尽可能避免过容量起到了强大的激励作用。奖励高效运营的“绿色建筑”激励措施和“需求方管理”计划进一步增加了对运行精简数据中心的激励。一个“合理规划”的数据中心 — 供电和制冷容量与 IT 负载的增长保持同步，比一个闲置容量过多的数据中心高效得多。
- **数据中心很少扩容到其预测的最大规模。**研究表明大部分数据中心的最终负载都远低于规划时预测的最大负载。按阶段扩容减轻了安装浪费所带来的风险。对于大部分数据中心来说，这是按阶段扩容部署的最大优势。
- **闲置容量会产生不必要的维护成本。**即使容量闲置，也必须对已安装的设备进行维护和修理。通过只安装支持当前负载所需的容量，可以避免大量的维修费用 — 对于没有的设备，当然不需要支出维修费用。

图 11 显示了按阶段扩容的情形。注意，不确定性越大，要求按阶段扩容的阶段数量就越多，以便提供额外的决策点对规划进行重新评估和调整。

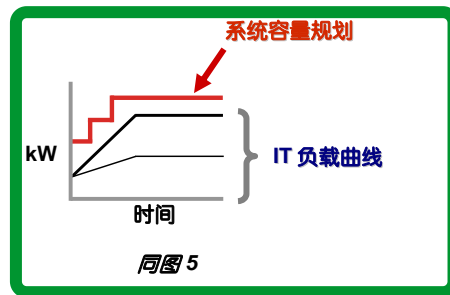
图 11

按阶段扩容提供了完全扩容前的重新评估点



确定系统容量规划

系统容量规划的目标是确保始终有足够的供电和制冷容量来支持 IT 负载。为了确保在必要时提供足够的容量，在设计规划时必须涵盖数据中心生命周期内任意点的最大预测负载。



旧办法：过度建设引起浪费

确保始终有足够容量的最简单的方法是一开始一步到位构建可以支持最大预测负载的基础设施。这是过去一直使用的策略，但这可能会极其浪费，因为在大多数情况下它会导致过度建设和容量得不到有效利用（图 12）。造成这种浪费包括闲置设备的资本费用，以及闲置容量的运营费用。在数据中心生命周期内，对不需要的容量进行供电的成本，以及对其进行维护和修理的维修成本可能会非常庞大（参见第 37 号白皮书《避免数据中心和网络机房基础设施因过度规划造成的资金浪费》）。闲置容量一般有两种产生方式：

- 如果 IT 负载开始时较小并随着时间的推移而增长，系统在过渡期间会过度建设（图 12a）。
- 如果 IT 负载永远达不到预测水平，说明系统在其整个生命周期内过度建设（图 12b）。大部分数据中心永远达不到其预测的满容量 — 实际上，一般数据中心以低于一半的容量运行。

资源链接
第 37 号白皮书

避免数据中心和网络机房基础设施因过度规划造成的资金浪费

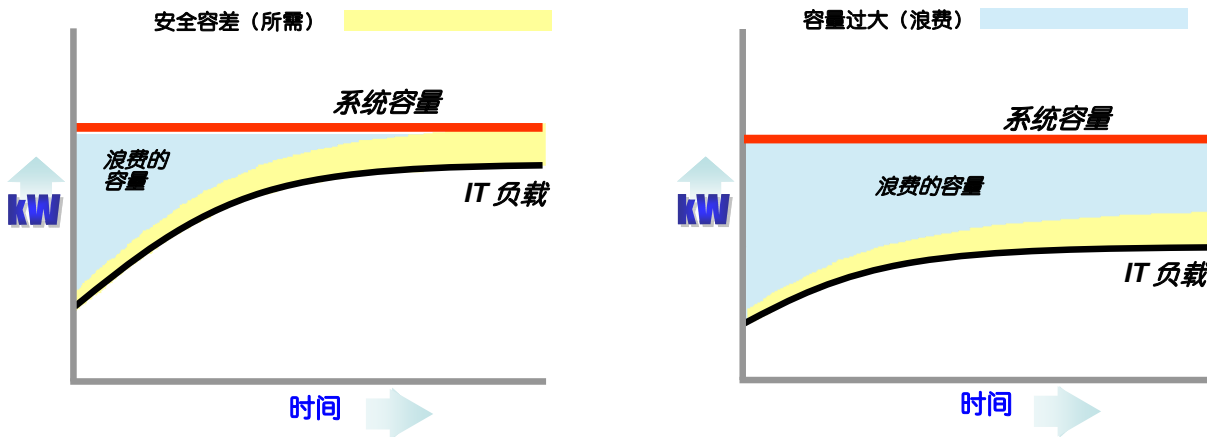
图 12

a. (左)

向满负载过渡期间浪费的容量

b. (右)

数据中心生命周期内浪费的容量（如果 IT 负载达不到预测水平）



新方法：通过按阶段扩容规划减少浪费

如果基础设施可以分阶段部署，上面图 12 中所示的两种过度建设都可以大幅度降低。分阶段扩容具有三个重要优点：

- **过渡期间的容量浪费较少。**如果 IT 负载存在过渡时间，那么分阶段扩容可以使容量在增长期间更紧密地匹配 IT 负载。除了始终有额外容量的安全容差以确保当前负载得到适当的供电和制冷（安全容差），分阶段规划还可以大幅度降低不必要的容量过大引起的浪费（图 13a）。
- **减少增长的不确定性。**如果未来的 IT 负载存在不确定性（情况几乎总是如此），那么随着时间的推移且未来变得更加确定，每个阶段都提供了一个重新评估容量规划的机会（图 13b）。有了信息的更新，就可以延迟下一个阶段、进行阶段性的扩大或缩小，或者完全停止阶段扩容。如果预测的 IT 增长无法实现，该策略可以避免建设过度。
- **使制冷架构的发展有据可依。**机房中的制冷分布方式会影响支持高密度 IT 设备的能力。房间级制冷架构不能锁定高密度“热点”，使机房的物理区域不可用于高密度，即使机房的总制冷容量与机房设备所需的制冷容量相匹配。以递增的方式部署物理基础设施，以支持已知密度要求的行级增量为单位增加电力和制冷容量，这样可以避免无法使用的“分散容量”所造成的浪费。

与图 12 中所示的浪费容量（蓝色区域）进行比较

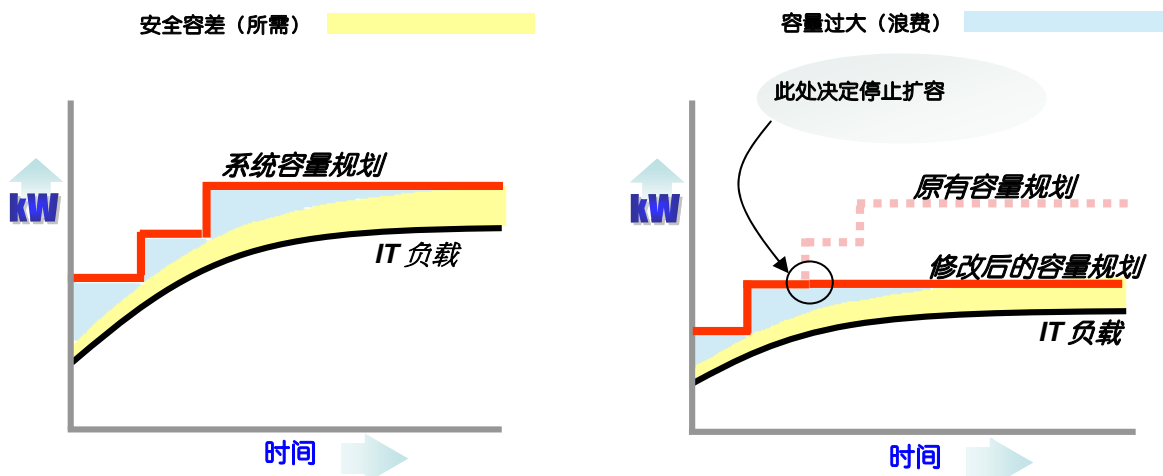
图 13

a. (左)

通过使容量更紧密地匹配负载，减少过渡期间的浪费

b. (右)

通过停止扩容以匹配较小的实际负载，减少数据中心生命周期内的浪费



可扩展和不可扩展组件

为了最大限度地减少过度建设，同时为 IT 负载确保足够容量的目标，基础设施的可扩展和不可扩展组件以不同的方式进行部署：

- **不可扩展组件**在开始时安装，以适应数据中心生命周期内预期的最大负载（**最终负载最大值**参数）。不可扩展组件的例子包括物理机房大小、电气进线口容量，以及预先存在的机房级空调。遭遇这些“硬性”的容量限制可能会严重影响时间、可用性和费用，而且一般被认为是必须不惜一切代价加以避免的。
- **可扩展组件**在开始时安装，用于低于最大值的负载（足以支持**初始负载**一段时间），然后根据分阶段扩容规划的步骤，随时间推移而逐步增加。可扩展组件的例子包括机架、机架级电源保护和分配，以及机架级制冷设备。

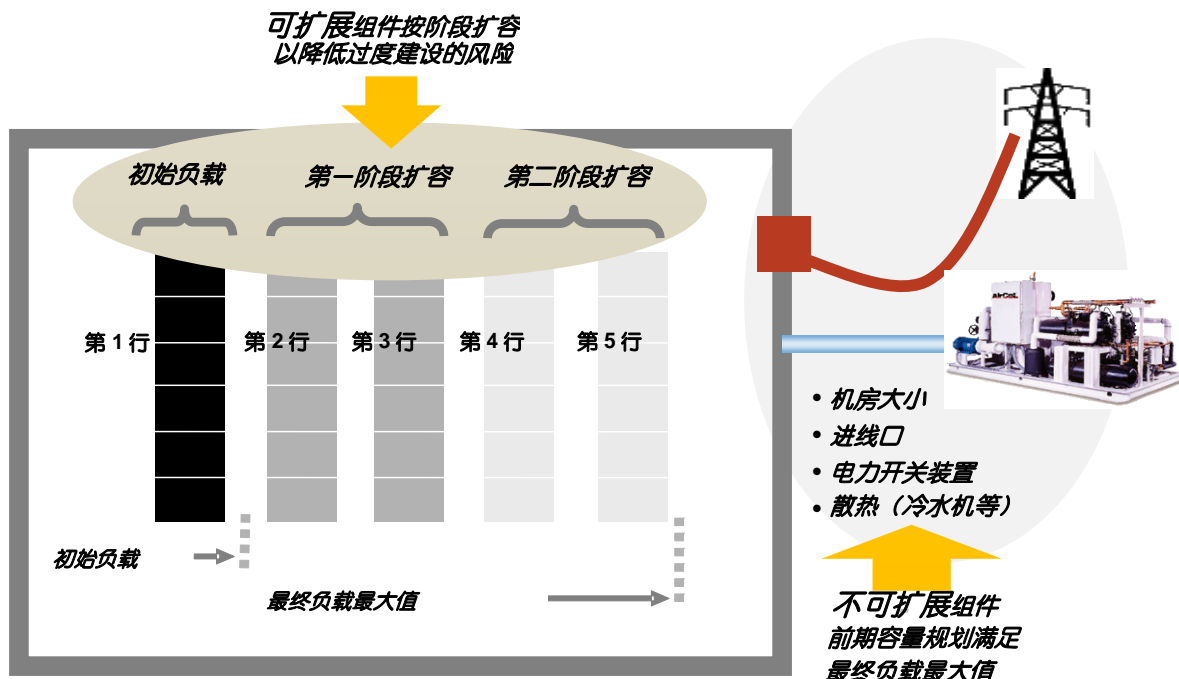


图 14
容量规划的可扩展和不可扩展组件的部署

处理不确定性：“负载最小值”参数的关键作用

最终负载最小值参数是在模型中内置有关未来 IT 负载不确定性的信息的关键所在。

最终负载最大值参数早在几十年前就出现了，是在预测未来 IT 负载时处理不确定性的一种简单方法。由于供电和制冷容量必须适应将来可能产生的任意 IT 负载，因此传统的方法一直是选择一个通用的最大值，然后为了安全起见，在前期就将设施一次性部署到该水平。这种方法虽然有效，但是会造成浪费，前面的图 12 和 13 中显示了造成浪费的两个原因：（1）过渡时间的闲置容量；（2）数据中心生命周期内的闲置容量（如果永远达不到预测的 IT 负载）。

既然基础设施技术支持可扩展供电和制冷，所以**最终负载最小值**参数可以为物理基础设施的设计提供更多的信息。加上能够在分阶段扩容时扩展系统的主要部分，**最终负载最小值**参数为处理不确定性提供了一种强大有效的手段。最小值与最大值相差越大，预测未来 IT 负载时的不确定性就越大。

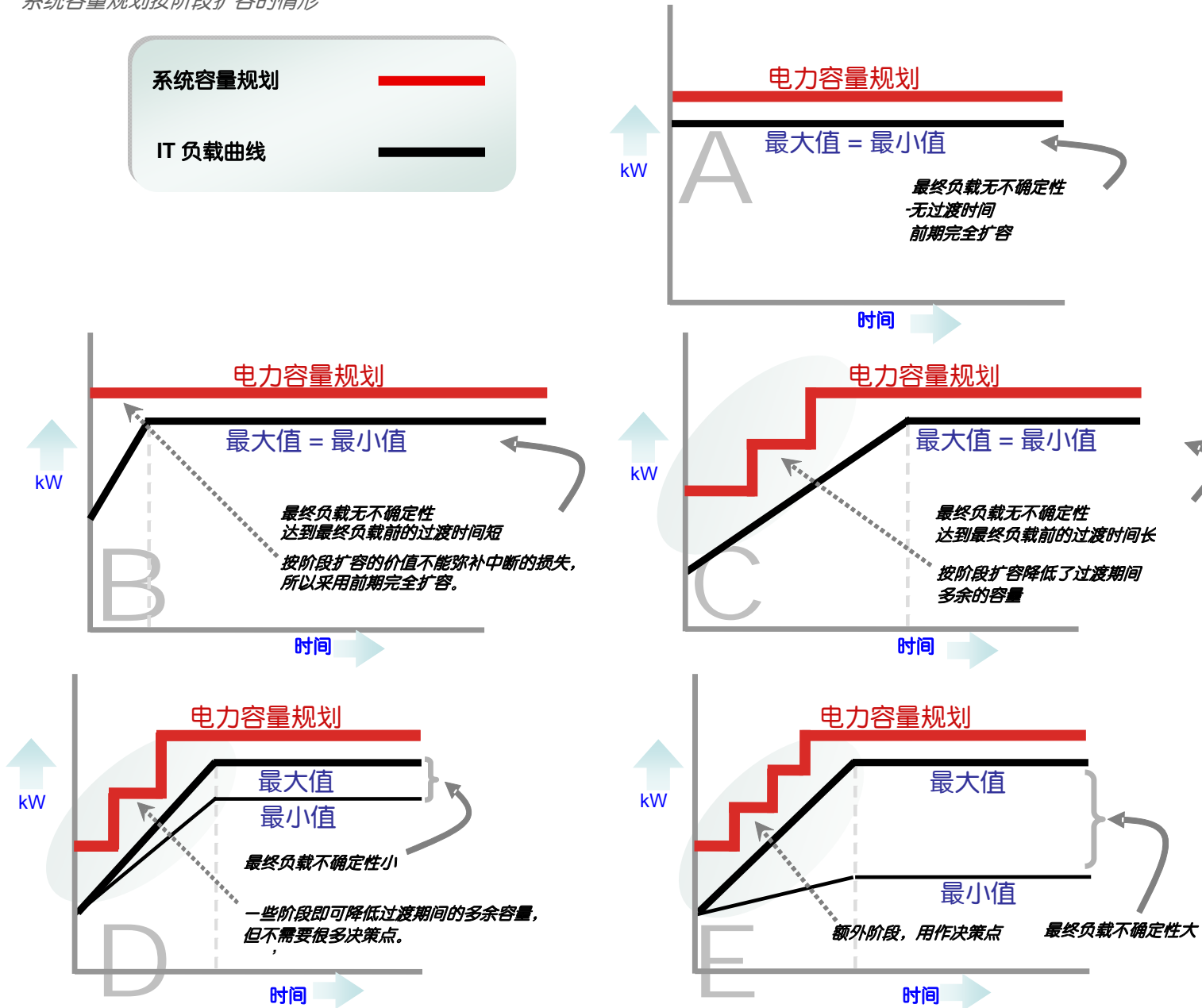
利用最小值与最大值之间的这种差值来衡量不确定性，可以决定是前期构建整个系统还是设计一个按阶段扩容的规划：

- **无不确定性。**如果**最终负载最小值**等于**最终负载最大值**——即最终负载没有不确定性，而且在达到最终负载之前有大量的过渡时间使容量与负载匹配，那么进行分阶段部署的唯一理由就是效率优势。阶段数量将通过权衡（阶段安装时）中断的成本与过渡期间因容量过大而浪费的成本来决定。
- **不确定性很小。**如果**最终负载最小值**仅略低于**最终负载最大值**，分阶段扩容的过渡（提供重新评估点或将容量与负载匹配）的优点可能不足以解释由分阶段部署引起的中断。在这种情况下，前期的一次性部署可能是最佳选择。
- **不确定性很大。**如果**最终负载最小值**比**最终负载最大值**小很多，则一般适合初期构建为小型并逐步扩容的规划，其扩容规模基于下一章节**决定扩容规模的因素**中描述的考虑因素。

图 15 显示了阐述上述原理的几种情形。

图 15

显示IT 负载不确定性和过渡时间如何影响系统容量规划按阶段扩容的情形



确定扩容阶段规模的因素

分阶段部署的规模是通过仔细考虑以下几个因素之间的权衡关系后决定的：

系统架构。考虑中的设计的基本架构将决定系统可以扩展到什么程度，即设计可以如何精细地分解为“积木”。如果有一个参考设计库可供用作设计模板，那么每一个设计都应该有一个“扩展性”属性，用来表示可能的扩容规模。

房间布局。房间物理布局一般会要求对部署步骤进行逻辑分解。这些步骤一般采用行级结构，每个阶段都包括很多行（以及可能的行级电力和制冷）。如果在安装下一阶段的过程中需要对系统进行物理隔离，可能有一个明显的位置可以构筑一道临时屏障。在这种情况下，该屏障的位置将决定物理空间的划分，进而决定扩容规模。

IT 负载的不确定性。如果 IT 负载的未来规模不确定（**最终负载最小值**大大低于**最终负载最大值**），分阶段扩容可以为作出进一步部署的承诺之前的重新评估提供终止点。当不确定性较大时，更小、更频繁的阶段可以为基于开发条件的规划调整提供更多机会（参见图 11）。对于极端的不确定性，这种分阶段部署的“救急”特点成为在设计扩容规模和频率时的主要考虑因素。

数据中心生命周期的不确定性。如果数据中心自身的生命周期不确定——例如，如果已经知道数据中心将不得不关闭或者在生命周期中途发生搬迁转移，分阶段扩容的规模可以将这种风险考虑进去，从而减少停止使用从未使用的备用容量而造成的潜在浪费。如果这种搬迁的可能性将会在短时间内出现，那么可以暂停分阶段扩容。

成本和中断。不论安装效率或设备价格如何，总会有一些与分阶段扩容部署相关的成本和中断。这必须与分阶段扩容规划的战略优势进行权衡。

图 15 显示了扩容规模的几个例子。

成长模型在物理基础设施规划从概念到详细设计的活动顺序中起到了关键作用。

该规划顺序在第 142 号白皮书《数据中心项目：系统规划》中有说明。图 16 显示了成长模型在系统规划顺序内的环境。

在规划程序的早期，用户提供 **IT 负载曲线**作为规划顺序的输入。在规划顺序的后期，根据所选的基准设计及用户的机房布局，确立**系统容量规划**（包括任何分阶段扩容）。（注意：在开始就达到最大扩容的不分阶段的扩容规划也可视为分阶段扩容的一种类型。）分阶段扩容的规模和时机是规划顺序的输出。

成长模型在系统规划顺序中的作用

资源链接
第 142 号白皮书
数据中心项目：系统规划

图 17 概述了成长模型从 IT 负载曲线到系统容量规划的转化。与项目的其它规划活动一样，该活动全部发生在规划顺序内。

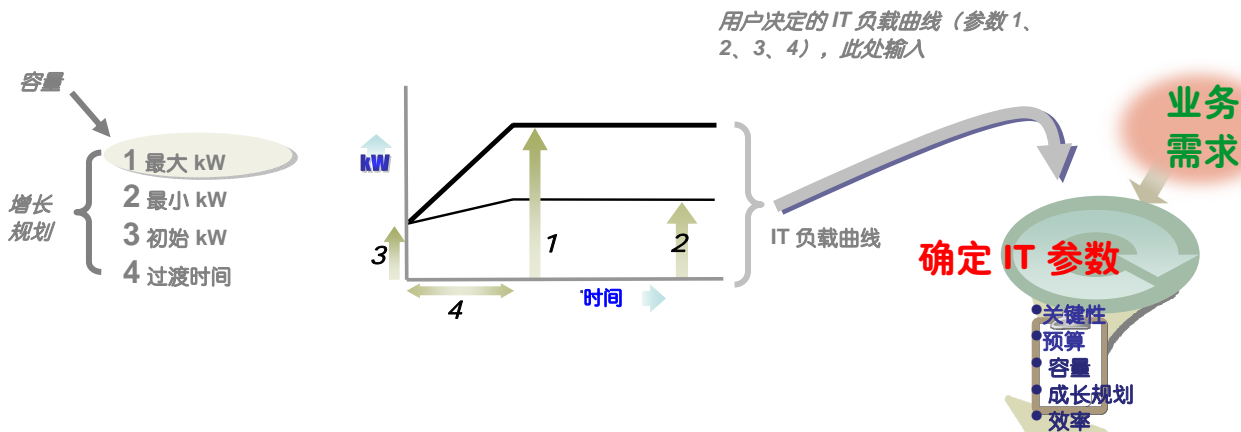
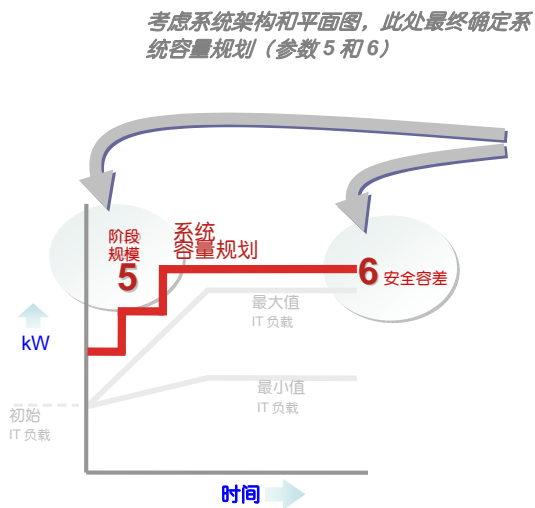


图 16

成长模型在系统规划顺序中的作用 (有关系统规划顺序的更多信息, 请参见第 142 号白皮书 (参考资源章节中的链接))

IT 负载曲线 是规划顺序的一个输入

系统容量规划 是规划顺序的一个输出



选择参考设计

参考设计可以作为创建 IT 负载曲线与设计系统容量规划之间的简化、省时的捷径，为其提供支持。

成长模型的 IT 负载曲线在规划顺序的很早期确定。正如本白皮书前文所述，这种前瞻性的负载曲线为扩容策略的一般思路（全面扩容和分阶段扩容）奠定了基础。一旦识别出这种一般性策略，就可以选择一种参考设计。每个参考设计都有相关的“扩展性”——可适应的扩容规模，使其或多或少地适合一般性扩容策略。

如前所述，预期负载最大值与最小值之差越小，说明成长规划的确定性越高。在这种情况下，所选基准设计的灵活性可以稍弱，只为具体容量而设计，从小容量开始扩展的能力很小。另一方面，预期负载最大值与最小值之差越大，说明确定性越低。在这种情况下，参考设计在其能够适应的扩容规模方面应该非常灵活（适应性强）。

适应性强的参考设计可以扩展，以匹配广泛的容量。适应性不太强的参考设计将适用于具体的容量——尽管具备充足的容量来涵盖向该容量过渡时的较小负载，但这样的使用方式意味着容量过大带来的成本浪费。

> 什么是参考设计？

从 IT 负载曲线开始，DCPI 系统可能有无数的设计方式，但“优良”设计的数量却少很多。这些优良（推荐）的设计库可以快速地缩小可能性。就像家居装饰用品店的厨房设计产品目录一样，这种“参考设计”库为系统设计提供了一般架构的选择。每个参考设计都体现了关键性水平、最大扩容容量、扩展性特点、成本及 PUE。

基准设计是通往用户最终设计的捷径，大部分工程采用内置，但有足够的可变性来满足各种用户项目的具体要求。基准设计库的创建方必须在数据中心设计和具体可用产品方面具备专业知识。

所选基准设计的扩展性特点，加上用户平面图的行布局，为确定系统容量规划的逐步扩容部分的适当扩容规模提供了必要的信息。

图 17

IT 负载曲线向系统容量规划的转化

确定 IT 负载曲线的参数

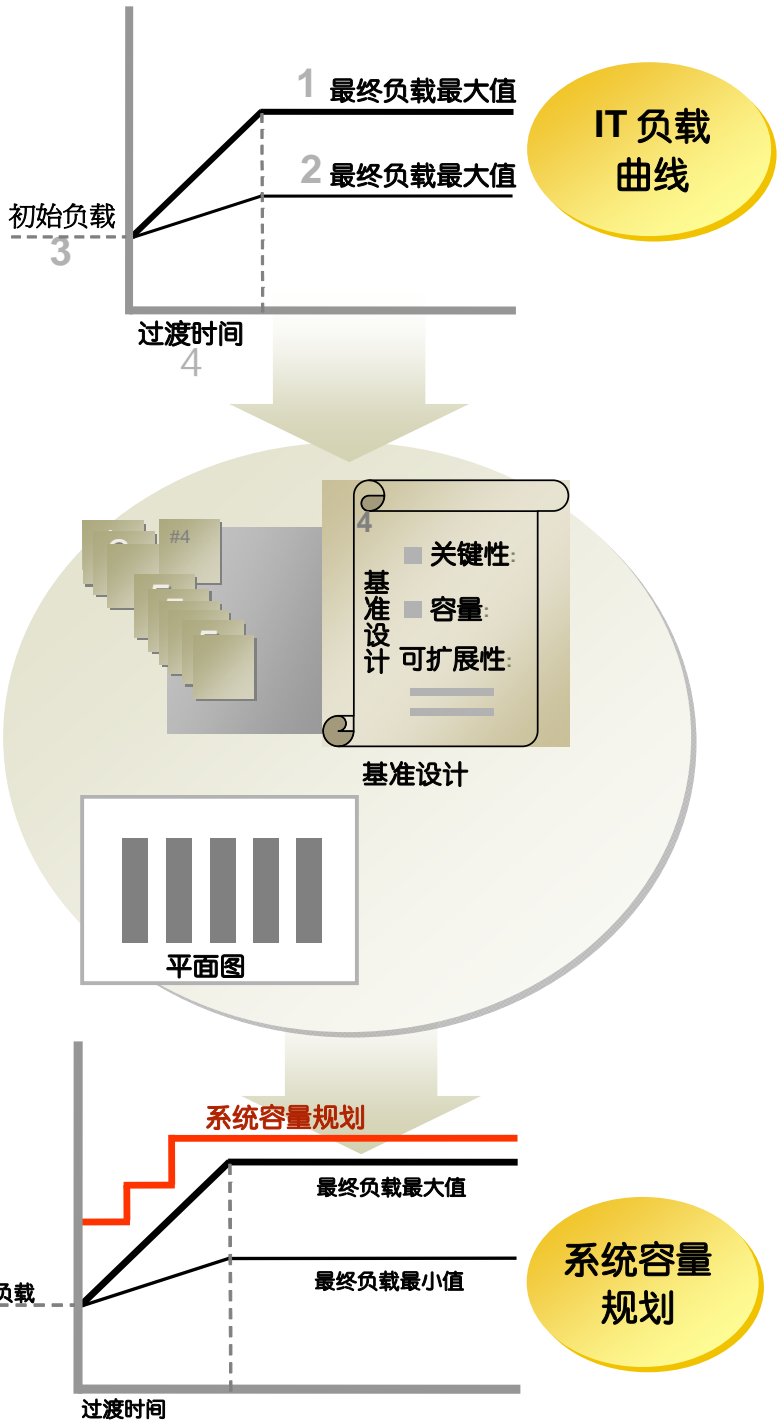
确定扩容策略的大致概念
几个大致阶段，很多个细节阶段，或者全面扩容？

选择参考设计
适应扩容策略

绘制平面图
仅限行占地面积，而非个别机架内容（参见第 144 号白皮书《数据中心项目：建立平面规划》）

最终确定系统容量规划
根据参考设计和平面图确定逐步扩容步骤和裕量

资源链接
第 144 号白皮书
数据中心项目：建立平面规划



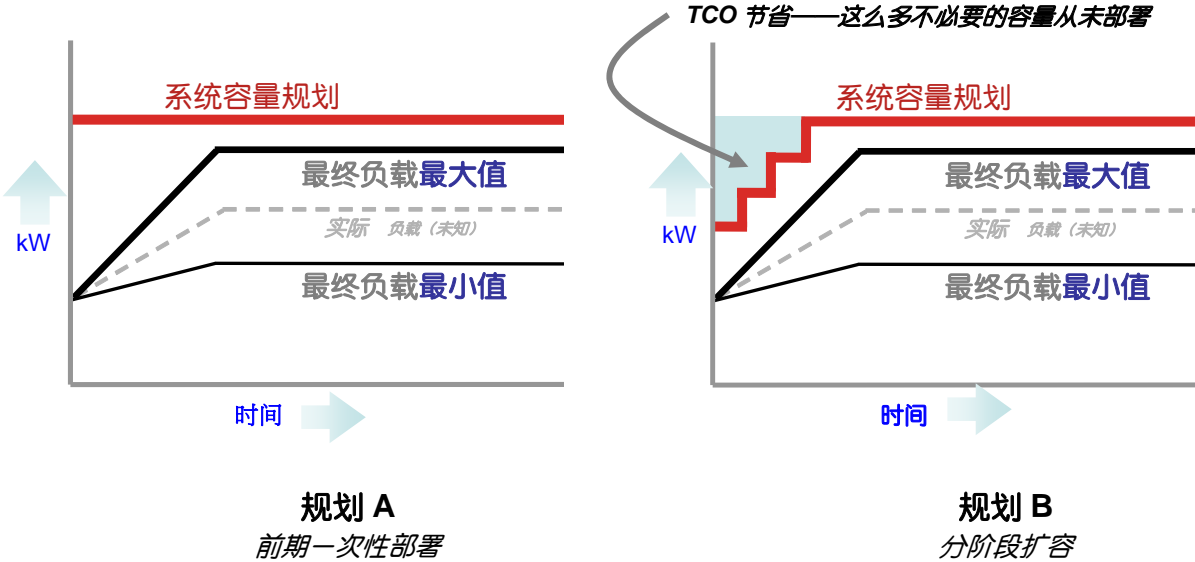
在 TCO 计算中使用成长模型

增长模型是为比较容量规划而进行总体拥有成本 (TCO) 分析时的重要工具。未来 IT 负载的不确定性可能很难评估，但是为了对备选规划的成本作出有依据的决策，这种不确定性是必须以某种方式加以识别和量化的关键因素。本白皮书中描述的增长模型提供了一种简单的方式，可以将不确定性纳入 TCO 计算中。尽管此模型不能代表预测未来 IT 负载时的不确定性的真实范围和细微差别，但是它可以提供一种针对“预期负载”的简单度量标准，这有助于纠正 TCO 分析中经常犯的一个严重错误。

这个错误是：对于在模型中体现不确定性这一难题，规划者的一个共同反应是无视该难题，将**最终负载最大值**视作扩容最终负载进行 TCO 分析，这可能会严重曲解逐步扩容规划的可观战略和财务效益。

考虑一下显示这种错误的图 18 中所示的比较。两张图都表示扩容到**最终负载最大值**，规划 A 显示的是前期完全扩容，规划 B 显示的是按阶段扩容到全面扩容。通过比较这两种情况的 TCO，将会发现阴影部分所体现的成本节省，而这部分就是规划 B 所避免的过大容量部分。如果最终 IT 负载有不确定性（情况几乎总是如此），这种比较会严重低估逐步扩容的战略优势。

图 18
前期扩容和按阶段扩容的比较（采用最终负载最大值）



上述 TCO 分析中的严重错误是假定设施必然会建设到**最终负载最大值**的水平。实际上，数据中心很少能够达到通过**最终负载最大值**参数预测的负载，很多数据中心在生命周期结束时的负载只有假设最大负载的不到一半。

最好的方法是使用**最终负载最大值**和**最终负载最小值**估算不确定性。TCO 分析并不是完全科学的方法——它根据统计学上可能的情形作出假设。几乎不可能精确地预测数据中心的最终负载。在大多数情况下，**最终负载最小值**和**最终负载最大值**都不可能是实际的最终负载。在缺少有关任意特定最终负载可能性的详细信息的情况下，可以将一个合理的“预期”负载作为**最终负载最大值**和**最终负载最小值**的**平均值**，如图 19 中所示。如果对很多同样具有这些最小值和最大值参数的数据中心进行数据汇集，与最大或最小极限值相比，两者的平均值更可能是最终负载，并且对于 TCO 分析更有效。

图 19

作为最终负载最大值和最小值的平均值计算的“预期”负载

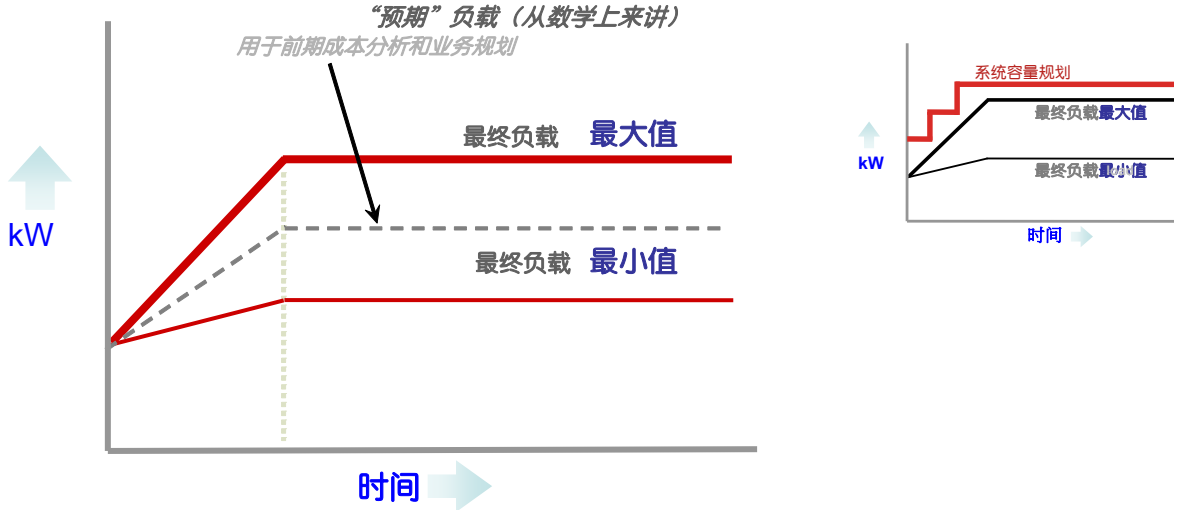
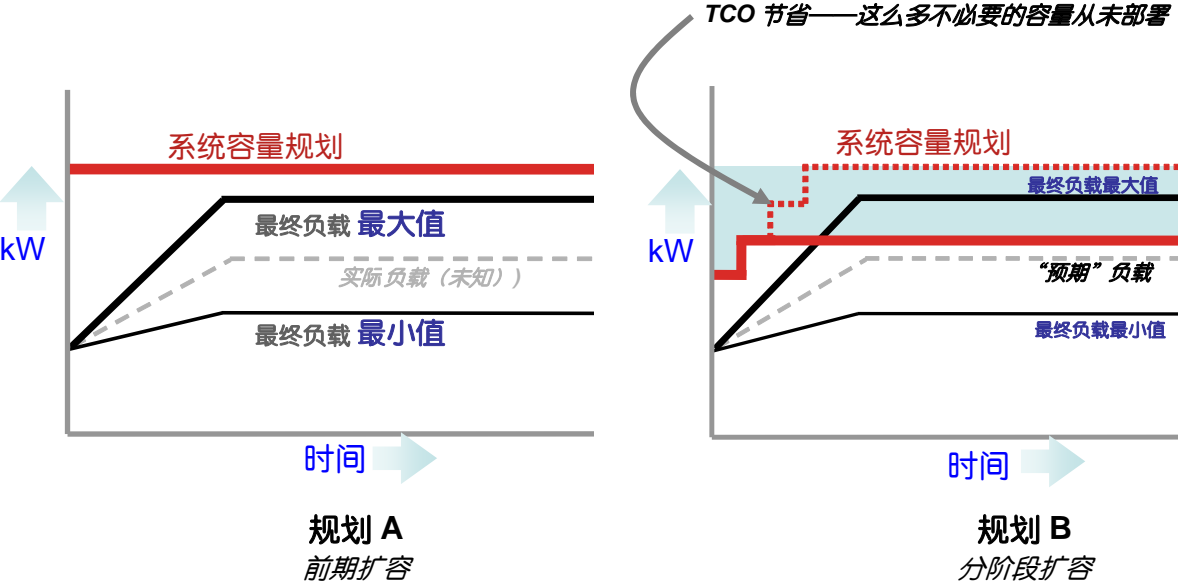


图 20 显示了规划 A 和规划 B 的 TCO 比较，这次使用的是根据最终负载最大值和最终负载最小值参数的平均值来计算“预期”负载的改进方法。

图 20

前期扩容 vs. 逐步扩容的比较 (常采用计算的“预期”负载)



在图 20 的改进分析中，TCO 节省说明不会发生完全扩容到最大容量的可能性。这是一种更有效的分析，因为它包含了可能的结果，而不是两个极限值（最大值）之一的结果。¹ 注意在考虑进行非全面扩容的可能结果时潜在的节省（蓝色阴影区域）更大。必须考虑该结果，因为比起最终负载最大值参数所代表的最大 IT 负载，此结果在统计学上的可能性更大。

如果有不确定性，图 20 的分析 更精确地体现了逐步扩容相对于前期一次性部署的重大优势。

¹ 施耐德电气的 TCO 计算方法默认使用由用户提供的 IT 负载曲线的最终负载最大值与最终负载最小值参数的平均值。然而，一旦将“预期”负载——而非最大可能负载的概念理解为 TCO 分析的适当值，用户就可以应用其它业务信息来调整预期值。与初始描述的最大值和最小值的简单平均值相比，这种方法能够更好地反映不确定性。

TCO 准确分析的日益重要性

当能源成本较低时，往往是出于虚荣心和有备无患的意识，才使数据中心具备大量的备用电力和制冷容量，以便“解决所有问题”。前期全面扩容以支持**最终负载最大值**参数（如图 20 平面图 A 所示）过去一直为完成此目标提供了一种任何人都能胜任的方式。但是今天，随着能源供应趋紧、成本不断飙升，过多的闲置容量在财务和生态上都变得不够可靠。一种同样有效，却更精简的电力和制冷基础设施正在成为新的典范。对设想的扩容策略进行实际权衡比较的能力对于部署一个高效使用的系统至关重要。仔细估算可能的 IT 负载最大值和最小值，然后使用这些极限值估算统计学上“预期”的负载，这是一种对备选设计进行更实际的 TCO 分析的简单有效的方式。

根据本白皮书中介绍的成长模型，施耐德电气的数据中心科研中心开发了一个基于 Web 的计算器，帮助进行数据中心的 TCO 分析。图 21 中显示了施耐德电气 TradeOff Tools™ 权衡工具第 8 个计算器 — 数据中心设计规划计算器。该计算器可以显示出各种容量规划情形随着时间的推移对数据中心成本所产生的影响。用户定义 IT 负载曲线，包括最终负载中的不确定性，以及各种物理基础设施特征，比如模块扩容规模和系统冗余。计算器比较了分阶段扩展到最终预测负载的数据中心 TCO 与最初就最大化容量以适应最终 IT 负载最大值的数据中心 TCO。

图 21
APC TradeOff Tool™ 在线权衡工具第 8 个计算器 — 数据中心增长规划计算器



数据中心设计规划计算器

物理基础设施技术及增长战略规划对关键设计参数的影响



关于本工具 输入

数据中心位置

亚洲 中国

IT 负载详情

初始 IT 负载: 500 千瓦

最终 IT 负载范围: 2.0 兆瓦至 3.0 兆瓦

达到最终 IT 负载的增长时间: 8 年

物理基础设施特性

模块扩容幅度: 100 千瓦

部署率: 最多每年

系统冗余: N 电源 & 制冷系统

制冷系统构架: 机房级 CRAH/冷水机 & 冷却塔

节能冷却模式运行: 完全 部分

财务分析

每度电费: ¥0.68 (不按当地默认值计算)

折旧期: 10 年

投资成本: 10%

分析中包含有: 开关柜 发电机组 冷水机组 高架地板

结果

容量

	按需扩容	一次性部署
可扩容部件最初容量	800 千瓦	3.0 兆瓦
不可扩容部件容量	3.0 兆瓦	3.0 兆瓦
最初模块数	8	
各扩容步骤的模块数	2或3	

电力效率 (PUE)

	按需扩容	一次性部署
前期电力效率	1.72	2.86
最终电力效率	1.52	1.58

关键性

	按需扩容	一次性部署
电源系统	N	N
制冷系统	N	N

所需预算

	按需扩容	一次性部署
前期资本支出	¥88.5M	¥120M
总投资成本 (净现值)	¥105M	¥120M

TRADEOFF TOOLS™

© 2011 施耐德电气版权所有。
T18 Rev1 2011年8月10日

重设 了解更多信息 打印

结论

一个有效的成长模型对于数据中心规划至关重要，因为它对规划者之间混淆和沟通不畅的主要原因：不确定性进行了量化。如果不确定性可以在成长模型中获取和划分，那么其它规划活动就能够按照预先界定的、有组织的过程继续展开。

本白皮书中描述的成长模型既简单又有效。它使用的参数和术语是数据中心规划者所熟悉的——初始负载、最终负载最大值和最小值，以及过渡时间。无需进行复杂的分析即可完成经济、行业和商业方面的预测。这种对最终 IT 负载的精确预测不但非常困难（也许不可能实现），而且毫无必要。只要对两个宽泛的极端——最小值和最大值作出有根据的描述，就足以根据分阶段扩容的简单技巧，制定一个可行的扩容计划，以适应未来的不确定性。

分阶段扩容是一个管理不确定性的强大策略，随着最近供电和制冷领域的发展，能够对模块化要素进行可扩展的部署，从而使该策略成为可能。它纠正了一个长期存在的问题，即由于过度建设达到膨胀的目标容量，导致供电和制冷容量的利用不足，进而造成了浪费。分阶段扩容起到了“方向盘”的作用，可以使扩容步入正轨，不脱离现实——使容量接近负载，考虑到对未来的后续步骤进行重新评估和调整，并且避免由于对过度建设的、可能永远不会使用的基础设施进行投资而造成的浪费。

除了在指导供电和制冷基础设施的设计方面的作用以外，该成长模型在进行 TCO（总拥有成本）分析以比较备选的系统设计并作出选择方面也起到了至关重要的作用。它有助于纠正认为最终负载就是最大预测负载这一严重的问题，实际上最大预测负载在数据中心安装中几乎无法实现。这一常见错误模糊了逐步扩容的实质性 TCO 收益。

IT 业务未来的不确定性是数据中心规划中常见的问题。成长模型是成功规划的一个基本工具，它使用普通的语言来描述 IT 负载的预测，提供可行的策略来管理不确定性，并为 TCO 分析提供有用的输入。

关于作者

Neil Rasmussen 是施耐德电气旗下 IT 事业部—APC 的高级创新副总裁。他负责为全球最大的用于关键网络设备（电源、制冷和机柜等基础设施）科技方面的研发预算提供决策指导。

Neil 拥有与高密度数据中心电源和制冷基础设施相关的 19 项专利，并且出版了电源和制冷系统方面的 50 多份白皮书，其中大多白皮书均以十几种语言印刷出版。近期出版的白皮书所关注的重点是如何提高能效。他是全球高效数据中心领域闻名遐迩的专家。Neil 目前正投身于推动高效、高密度、可扩展数据中心解决方案专项领域的发展，同时还担任 APC 英飞系统的首席设计师。

1981 年创建 APC 前，Neil 在麻省理工学院获得学士和硕士学位，并完成关于 200MW 电源托克马克聚变反应堆的论文。1979 年至 1981 年，他就职于麻省理工学院林肯实验室，从事飞轮能量储备系统和太阳能电力系统方面的研究。

Suzanne Niles 是施耐德电气数据中心科研中心的高级战略研究员，加入数据中心科研中心之前，Suzanne 在卫斯理女子学院（Wellesley College）从事数学方面的研究，而后在麻省理工学院（MIT）获得计算机科学学士学位，并发表关于手写输入识别的毕业论文。Suzanne 拥有超过 30 年针对不同阶层听众，包括上至软件说明书，摄影图片，下至儿歌的多元化的教学经验。



点击图标打开相应
参考资源链接



数据中心项目：系统规划
第 142 号白皮书



避免数据中心和网络机房基础设施
因过度规划造成的资金浪费
第 37 号白皮书



数据中心项目：建立平面规划
第 144 号白皮书



数据中心关键性/等级水平
的规范指南
第 122 号白皮书



浏览所有 白皮书
whitepapers.apc.com



数据中心成长规划计算器
权衡工具 8



浏览所有 TradeOff Tool™ 权衡工具
tools.apc.com



联系我们

关于本白皮书内容的反馈和建议请联系：

数据中心科研中心
DCSC@Schneider-Electric.com

如果您是我们的客户并对数据中心项目有任何疑问：

请与您的 **施耐德电气** 销售代表联系