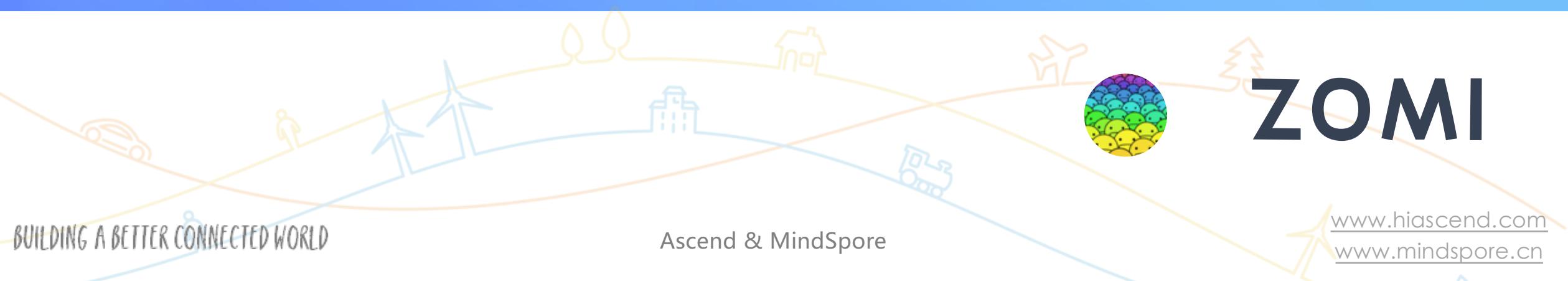


# 分布式算法系列

# 大模型训练挑战



BUILDING A BETTER CONNECTED WORLD

Ascend & MindSpore

[www.hiascend.com](http://www.hiascend.com)  
[www.mindspore.cn](http://www.mindspore.cn)

# 关于本内容

## I. 内容背景

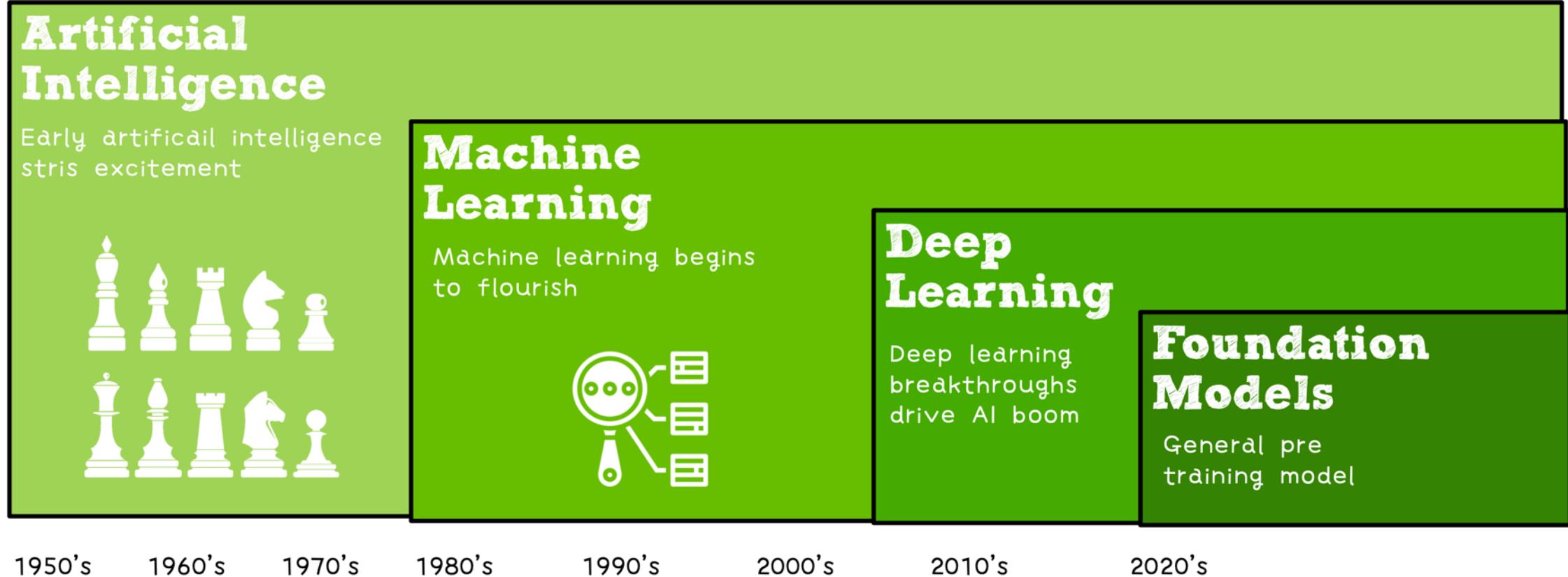
- AI集群+大模型+分布式训练系统

## 2. 具体内容

- **分布式+AI集群**：服务器架构 – 集群软硬件通信 - 通信原语 - AI框架分布式功能
- **大模型与训练挑战**：什么是大模型 – 大模型训练的四个挑战
- **大模型算法结构**：大模型算法发展 – Transformer结构 – MOE结构
- **SOTA大模型算法**：BERT – GPT3 – Switch Transformer

- **分布式并行**：数据并行 – 张量并行 – 自动并行 – 多维混合并行

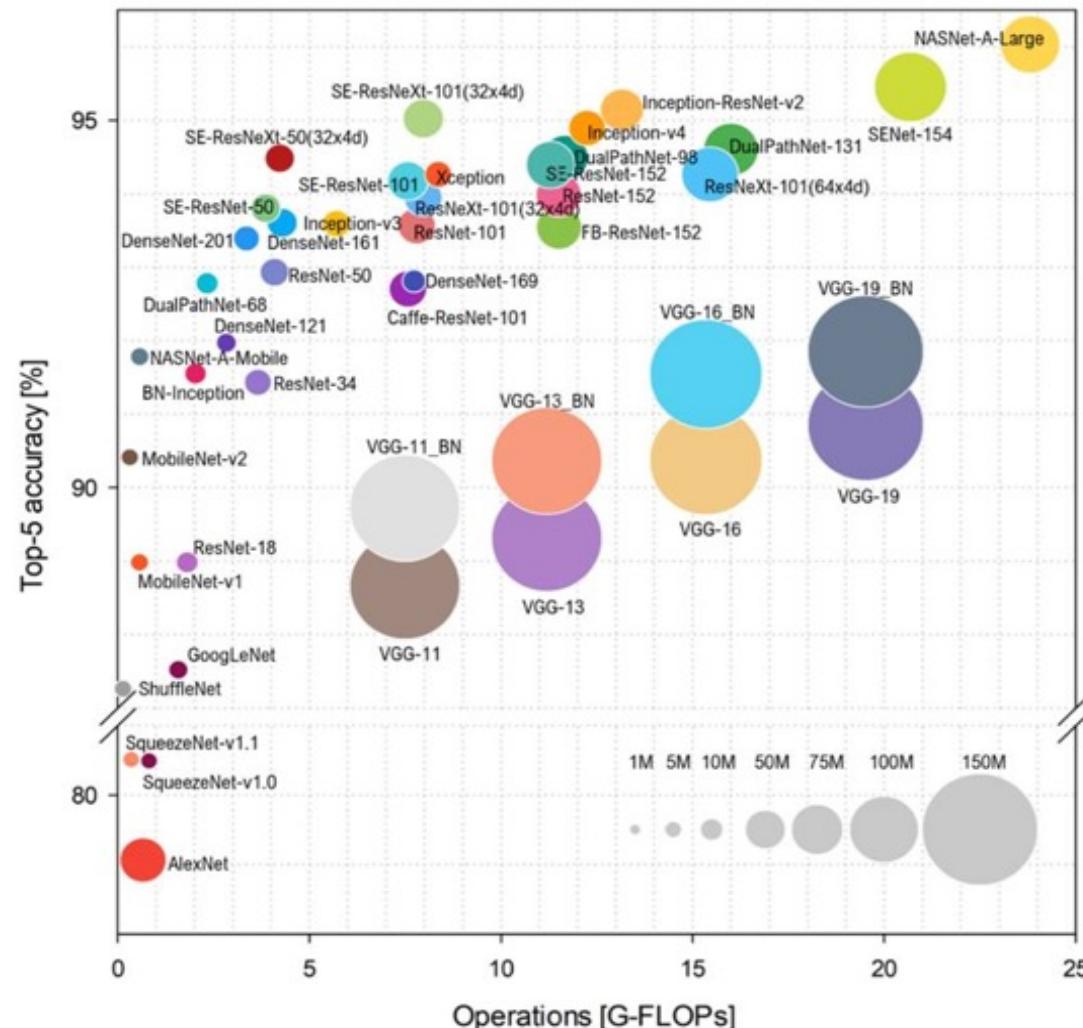
# 人工智能发展与大规模分布式训练关系



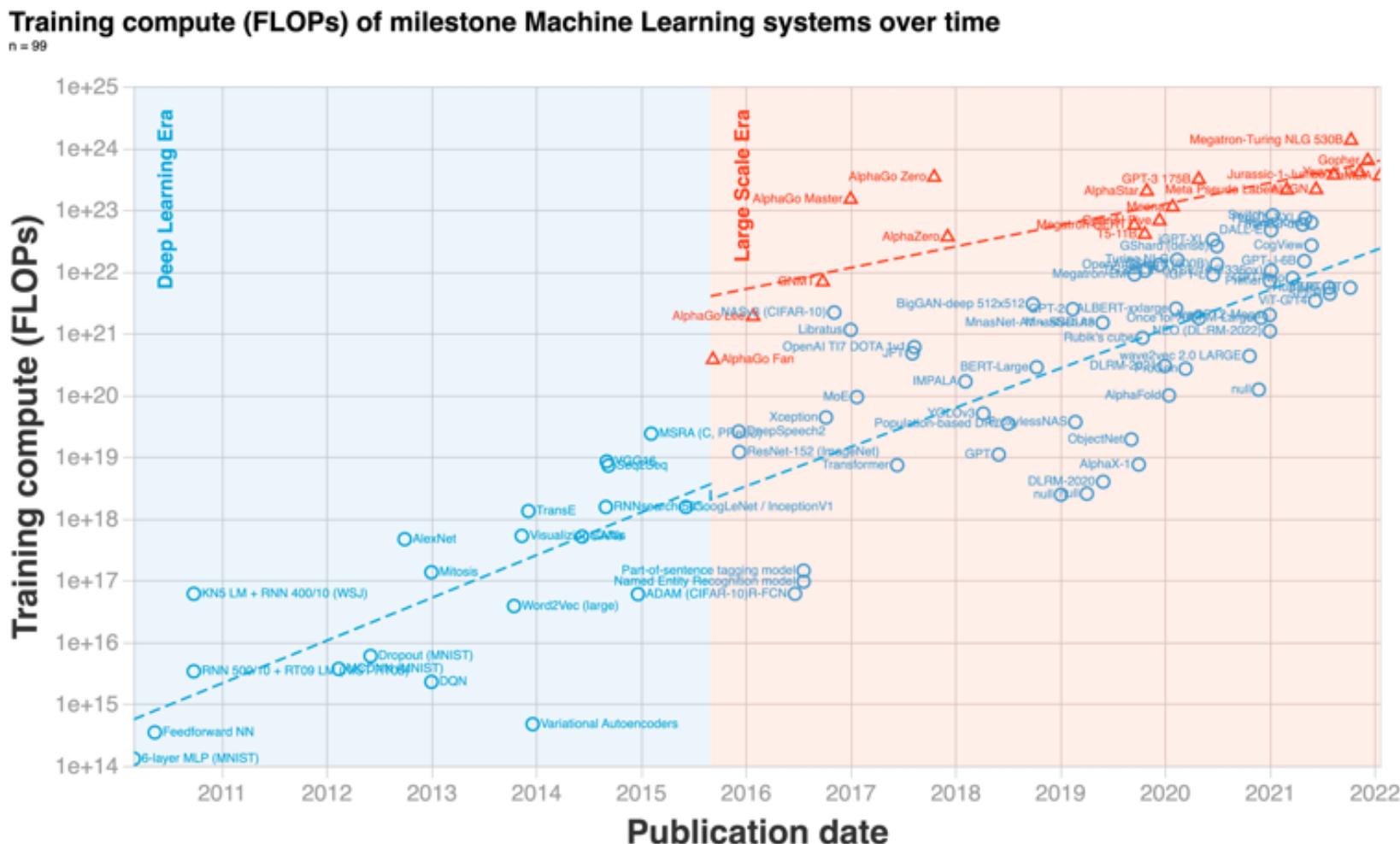
## 思考

1. 为什么预训练网络模型变得越来越重要？
2. 预训练大模型的未来的发展趋势是什么？
3. 如何预训练一个百亿规模的大模型？

# 深度学习迎来大模型 ( Foundation Models )

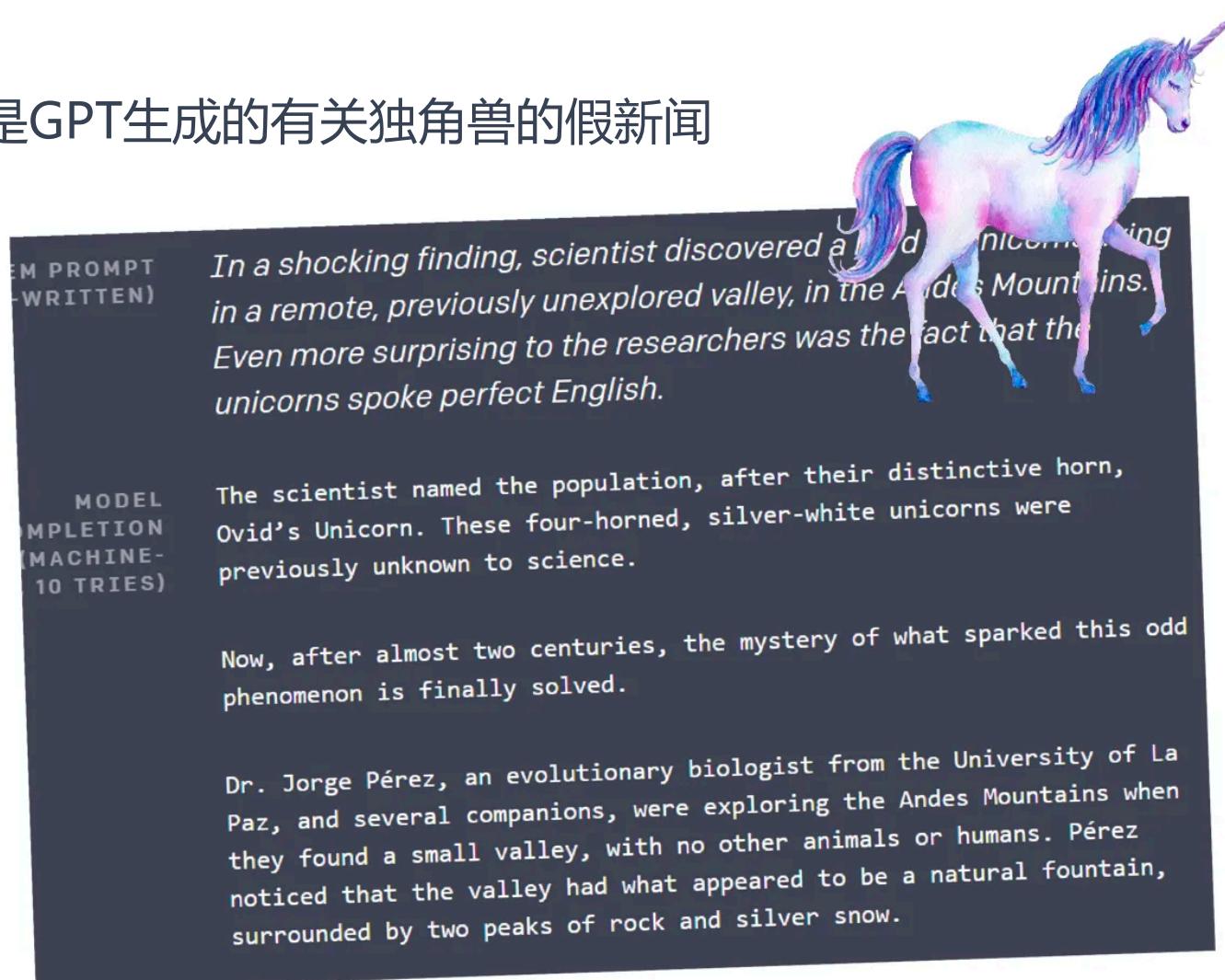


# 深度学习迎来大模型 ( Foundation Models )



# 深度学习迎来大模型 ( Foundation Models )

GPT有生成文章的能力，图是GPT生成的有关独角兽的假新闻



# 深度学习迎来大模型（Foundation Models）

- 让模型变大、让参数量爆炸式增长，真的能让AI模型学习变得更好？
- 大模型能让机器带来真正的人工智能？

# 大模型具体作用 (I)

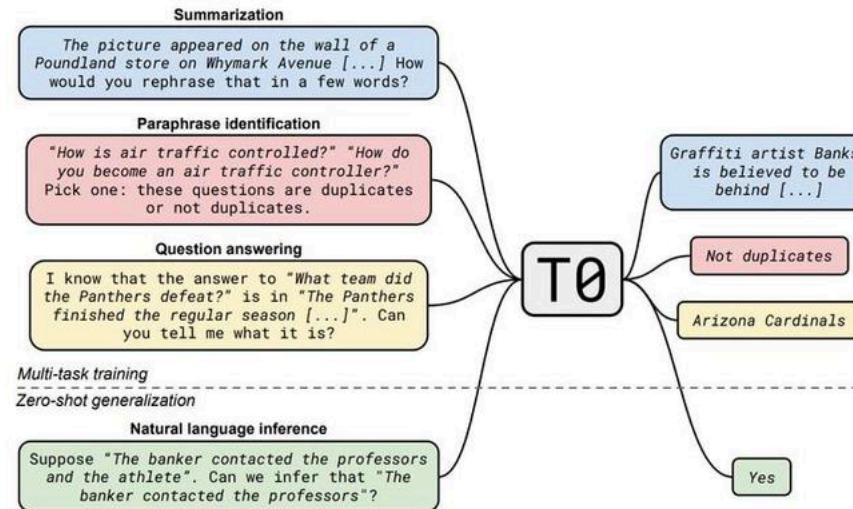
- 模型碎片化，大模型提供预训练方案

Paradigm	Engineering	Task Relation
a. Fully Supervised Learning (Non-Neural Network)	Features (e.g. word identity, part-of-speech, sentence length)	
b. Fully Supervised Learning (Neural Network)	Architecture (e.g. convolutional, recurrent, self-attentional)	
c. Pre-train, Fine-tune	Objective (e.g. masked language modeling, next sentence prediction)	
d. Pre-train, Prompt, Predict	Prompt (e.g. cloze, prefix)	

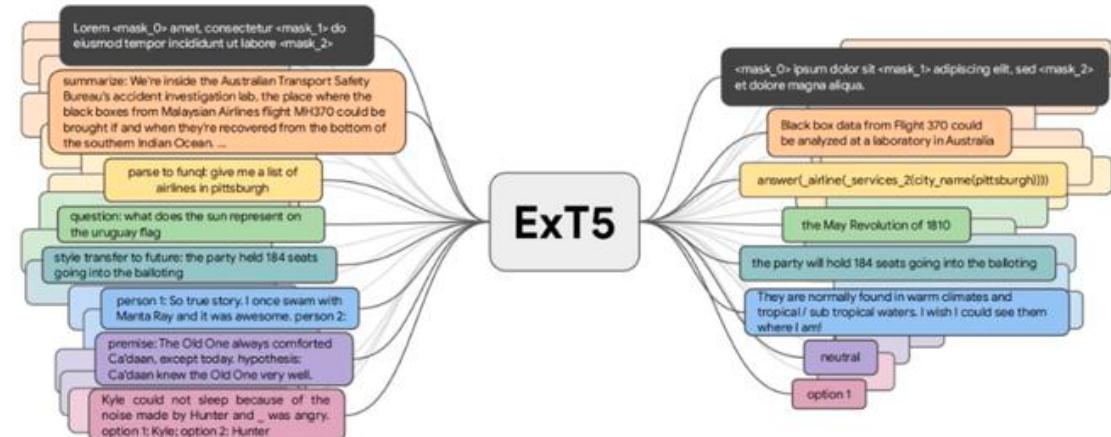
Type	Task	Input ([x])	Template	Answer ([z])
Text CLS	Sentiment	I love this movie.	[X] The movie is [Z].	great fantastic ...
	Topics	He prompted the LM.	[X] The text is about [Z].	sports science ...
	Intention	What is taxi fare to Denver?	[X] The question is about [Z].	quantity city ...
Text-span CLS	Aspect Sentiment	Poor service but good food.	[X] What about service? [Z].	Bad Terrible ...
	Text-pair CLS	[X1]: An old man with ... [X2]: A man walks ...	[X1]? [Z], [X2]	Yes No ...
Tagging	NLI	[X1]: Mike went to Paris. [X2]: Paris	[X1] [X2] is a [Z] entity.	organization location ...
	Summarization	Las Vegas police ...	[X] TL;DR: [Z]	The victim ... A woman ... ...
Text Generation	Translation	Je vous aime.	French: [X] English: [Z]	I love you. I fancy you. ...

# 大模型具体作用 (I)

- 模型碎片化，大模型提供预训练方案



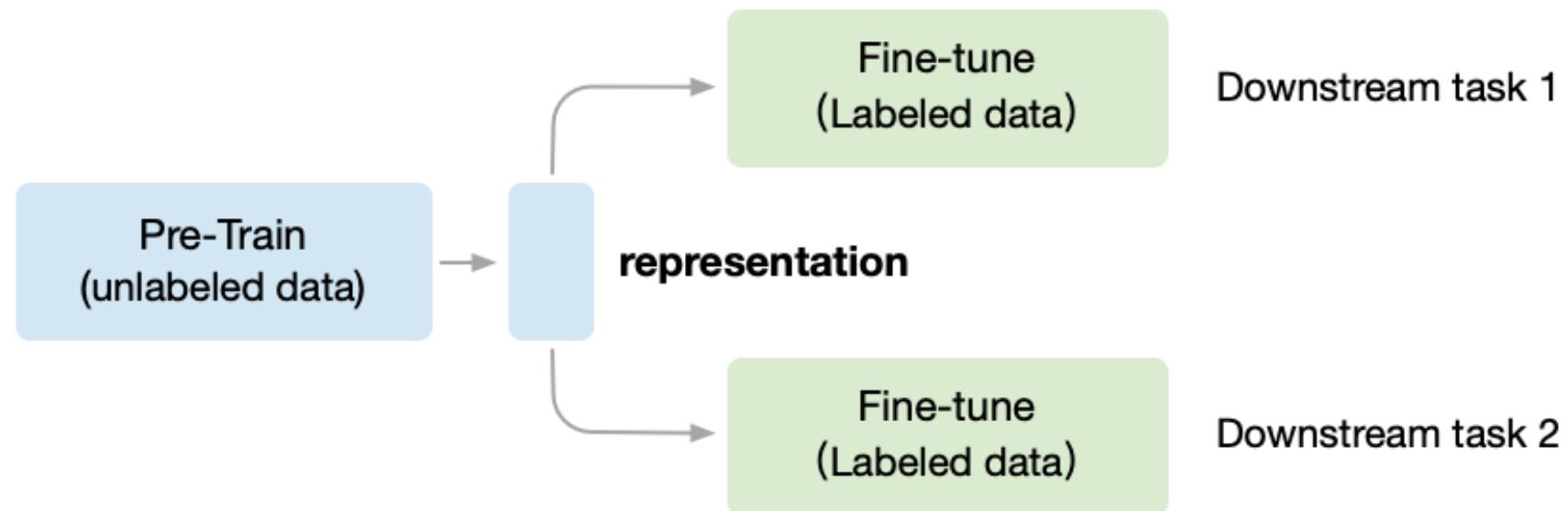
T0 继承Instruction Tuning思想，一共收集了171个  
个多任务数据集，总共创建了1939个prompt



Google ExT5将上述的多任务训练过程前置到预训  
练中，共构建了107个NLP多任务数据集

## 大模型具体作用 ( II )

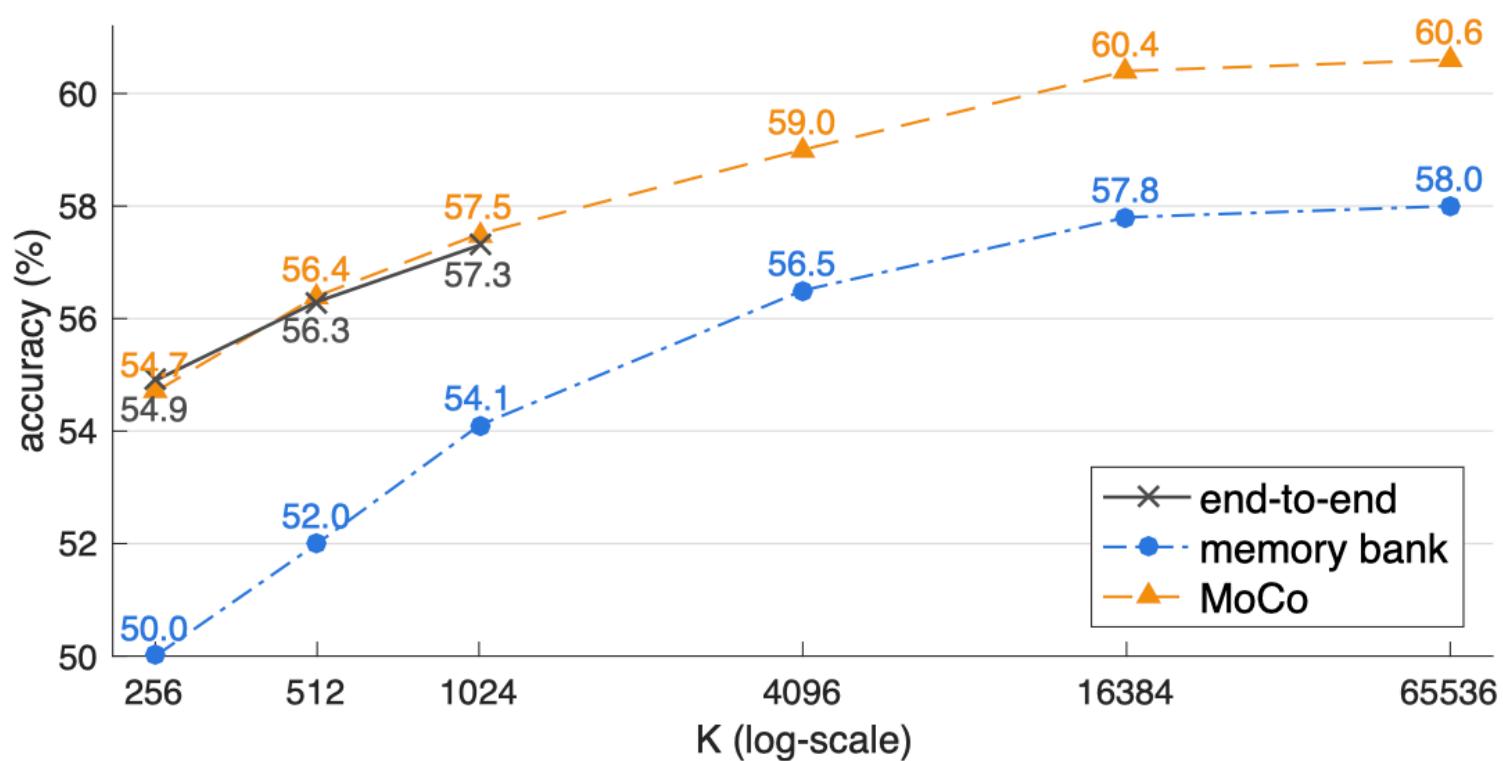
- 大模型具备自监督学习功能，降低训练研发成本



# 大模型具体作用 ( III )

- 大模型有望进一步突破现有模型结构的精度局限

		COCO keypoint detection		
pre-train		AP <sup>kp</sup>	AP <sup>kp</sup> <sub>50</sub>	AP <sup>kp</sup> <sub>75</sub>
random init.		65.9	86.5	71.7
super. IN-1M		65.8	86.9	71.9
MoCo IN-1M		66.8 (+1.0)	87.4 (+0.5)	72.5 (+0.6)
MoCo IG-1B		66.9 (+1.1)	87.8 (+0.9)	73.0 (+1.1)
		COCO dense pose estimation		
pre-train		AP <sup>dp</sup>	AP <sup>dp</sup> <sub>50</sub>	AP <sup>dp</sup> <sub>75</sub>
random init.		39.4	78.5	35.1
super. IN-1M		48.3	85.6	50.6
MoCo IN-1M		50.1 (+1.8)	86.8 (+1.2)	53.9 (+3.3)
MoCo IG-1B		50.6 (+2.3)	87.0 (+1.4)	54.3 (+3.7)
		LVIS v0.5 instance segmentation		
pre-train		AP <sup>mk</sup>	AP <sup>mk</sup> <sub>50</sub>	AP <sup>mk</sup> <sub>75</sub>
random init.		22.5	34.8	23.8
super. IN-1M <sup>†</sup>		24.4	37.8	25.8
MoCo IN-1M		24.1 (-0.3)	37.4 (-0.4)	25.5 (-0.3)
MoCo IG-1B		24.9 (+0.5)	38.2 (+0.4)	26.4 (+0.6)
		Cityscapes instance seg.		Semantic seg. (mIoU)
pre-train		AP <sup>mk</sup>	AP <sup>mk</sup> <sub>50</sub>	Cityscapes      VOC
random init.		25.4	51.1	65.3      39.5
super. IN-1M		32.9	59.6	74.6      74.4
MoCo IN-1M		32.3 (-0.6)	59.3 (-0.3)	75.3 (+0.7)      72.5 (-1.9)
MoCo IG-1B		32.9 ( 0.0)	60.3 (+0.7)	75.5 (+0.9)      73.6 (-0.8)



# 分布式深度学习的意义

- 深度学习训练耗时：

$$\text{训练耗时} = \text{训练数据规模} \times \text{单步计算量} / \text{计算速率}$$

模型相关，相对固定                    可变因素

- 计算速率：

$$\text{计算速率} = \text{单设备计算速率} \times \boxed{\text{设备数}} \times \text{多设备并行效率 (加速比)}$$

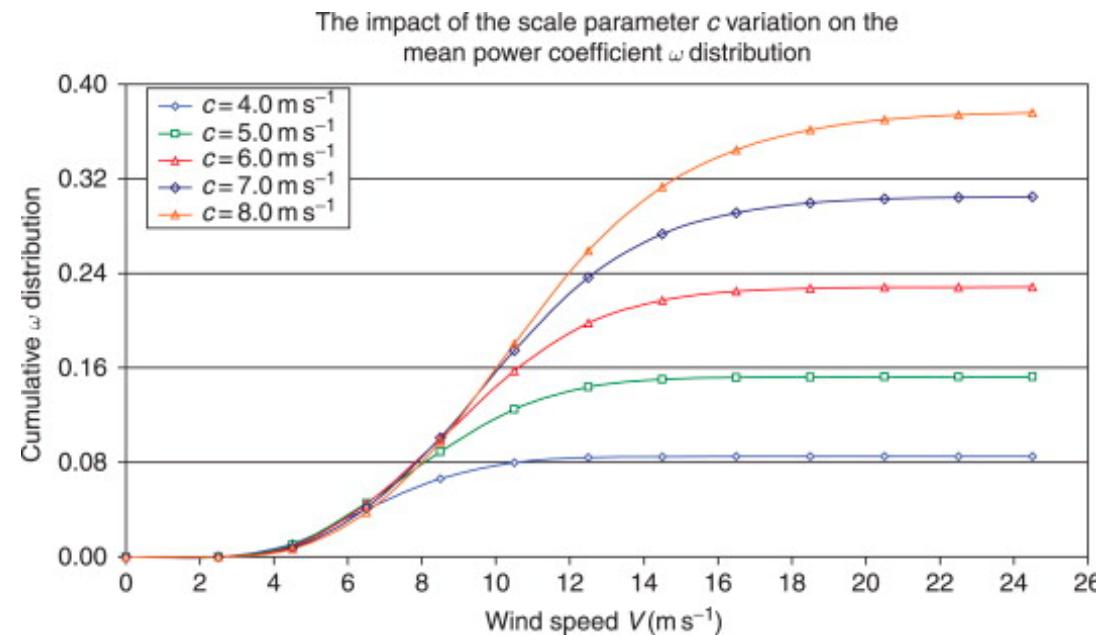
理论上，AI芯片数量越多，模型训练越快

# 加速比

假设单设备吞吐量为 $T$ ， $n$ 个设备系统的吞吐量应为 $nT$ ，系统实际达到吞吐量为 $T_n$ ，则加速比为：

$$scale\ factor = \frac{T_n}{nT}$$

边际效应受限



# 大模型训练挑战

## 内存墙

200B参数，参数内存占用754GB内存，训练过程需要3500GB+内存（权重+激活+优化器状态），一个模型需要100多张卡才能存放下

## 通讯墙

通讯过程，需要综合考虑数据参数量、计算量、计算类型、数据样本量、集群带宽拓扑和通讯策略等不同的因素，才能设计出性能较优的切分策略，最大化利用通讯效率，提高通讯比。

## 性能墙

大规模训练技术中，不仅要求AI芯片的计算性能足够强悍，同时也依赖于AI框架的大规模分布式训练的运行和调度效率，以及在分布式并行等各种优化手段的权衡。

## 调优墙

在数千节点的集群上，要保证计算的正确性/性能/可用性，手工分布式难免全面兼顾

## 大模型的分布式训练

考验的是算法、数据、框架、资源调度等全栈和全流程的综合能力

# 大模型训练挑战（I）：内存墙

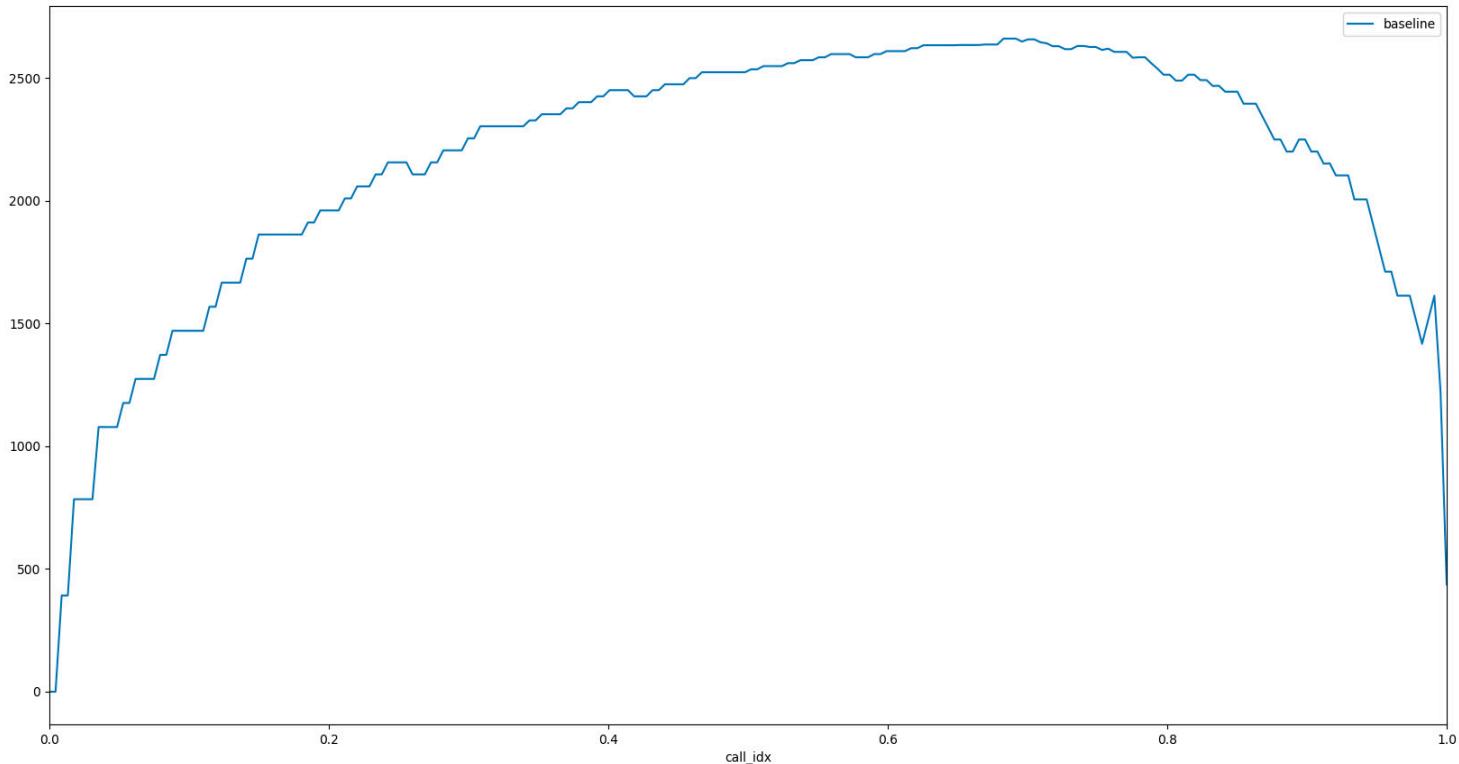
## 内存墙

200B参数，参数内存占用754GB内存，训练过程需要3500GB+内存（权重+激活+优化器状态），一个模型需要100多张卡才能存放下



# 大模型训练挑战（I）：内存墙

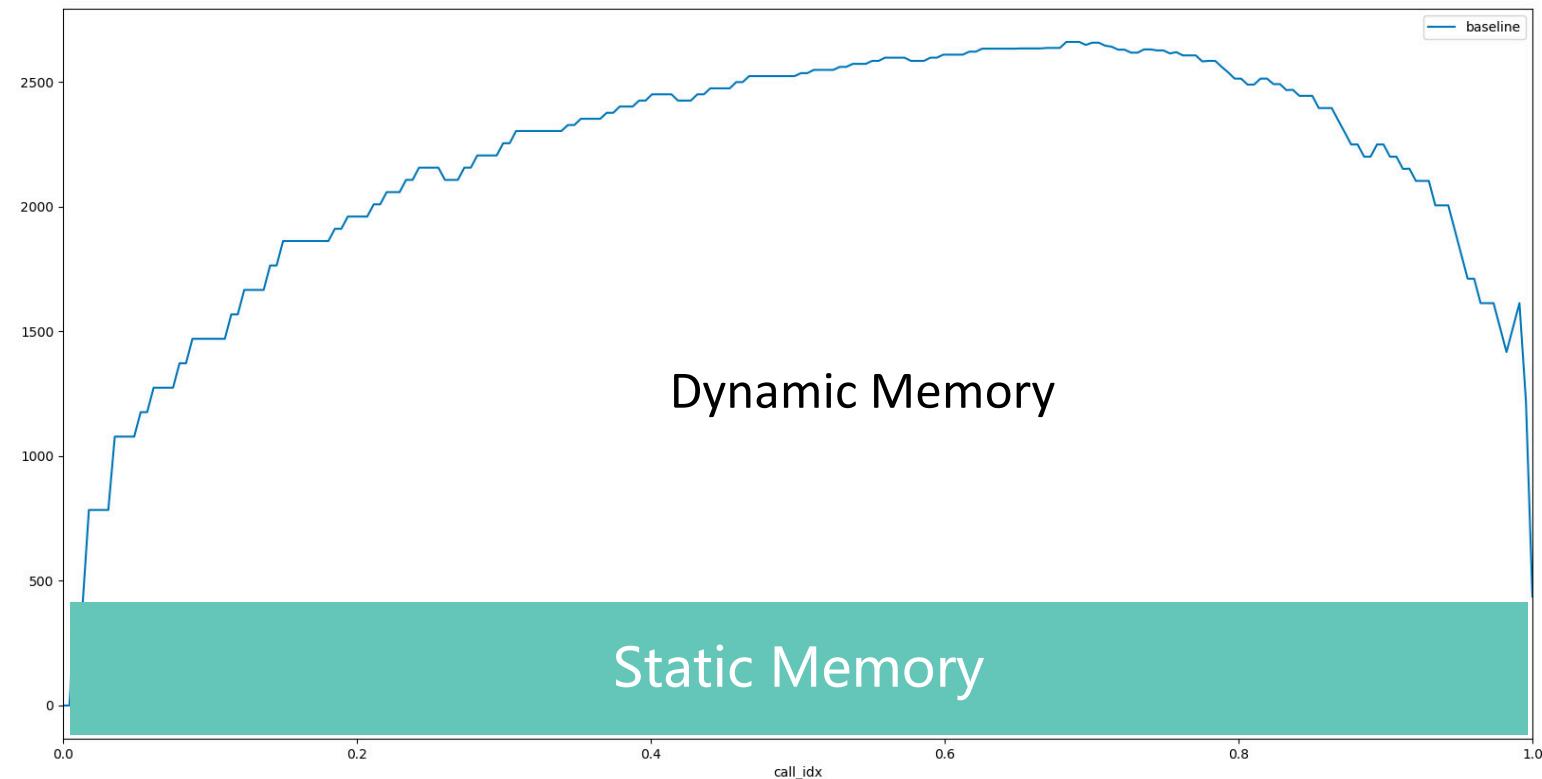
1. 网络模型开始计算的时候，内存占用不断增加，直到达到峰值。
2. 峰值过后内存开始逐渐释放，内存占用慢慢降到320M。
3. 1个step计算结束后，仍有一部分内存驻留，内存保持在320M。



ResNet50 batch size=32 input size=224x224

# 大模型训练挑战（I）：内存墙

- **静态内存**：模型自身的权重参数、优化器状态信息，由于是比较固定的所以称为静态参数。
- **动态内存**：训练过程产生前向/梯度输出、算子计算临时变量，会在反向传播时逐渐释放的内存。



# 内存占用情况——Static Memory

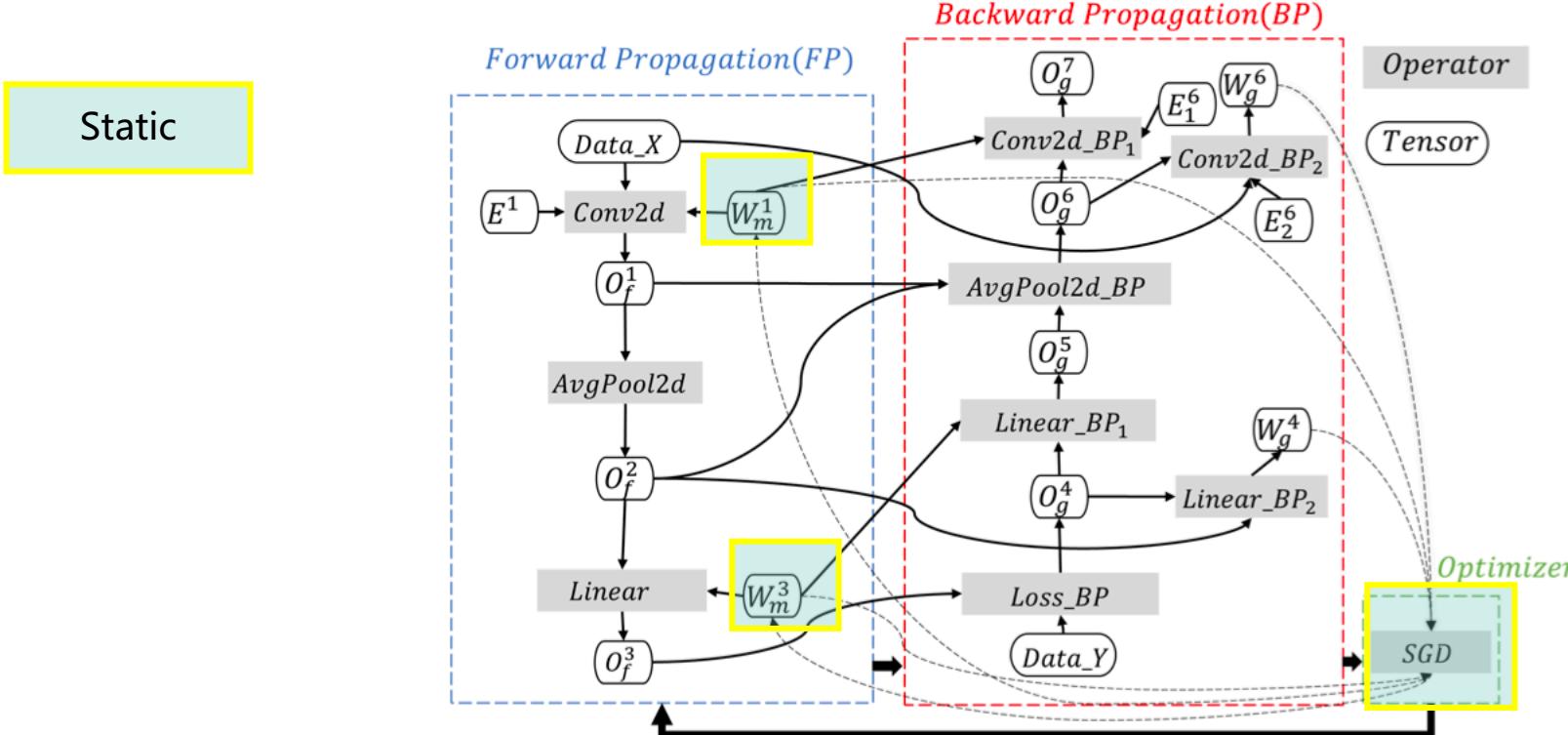
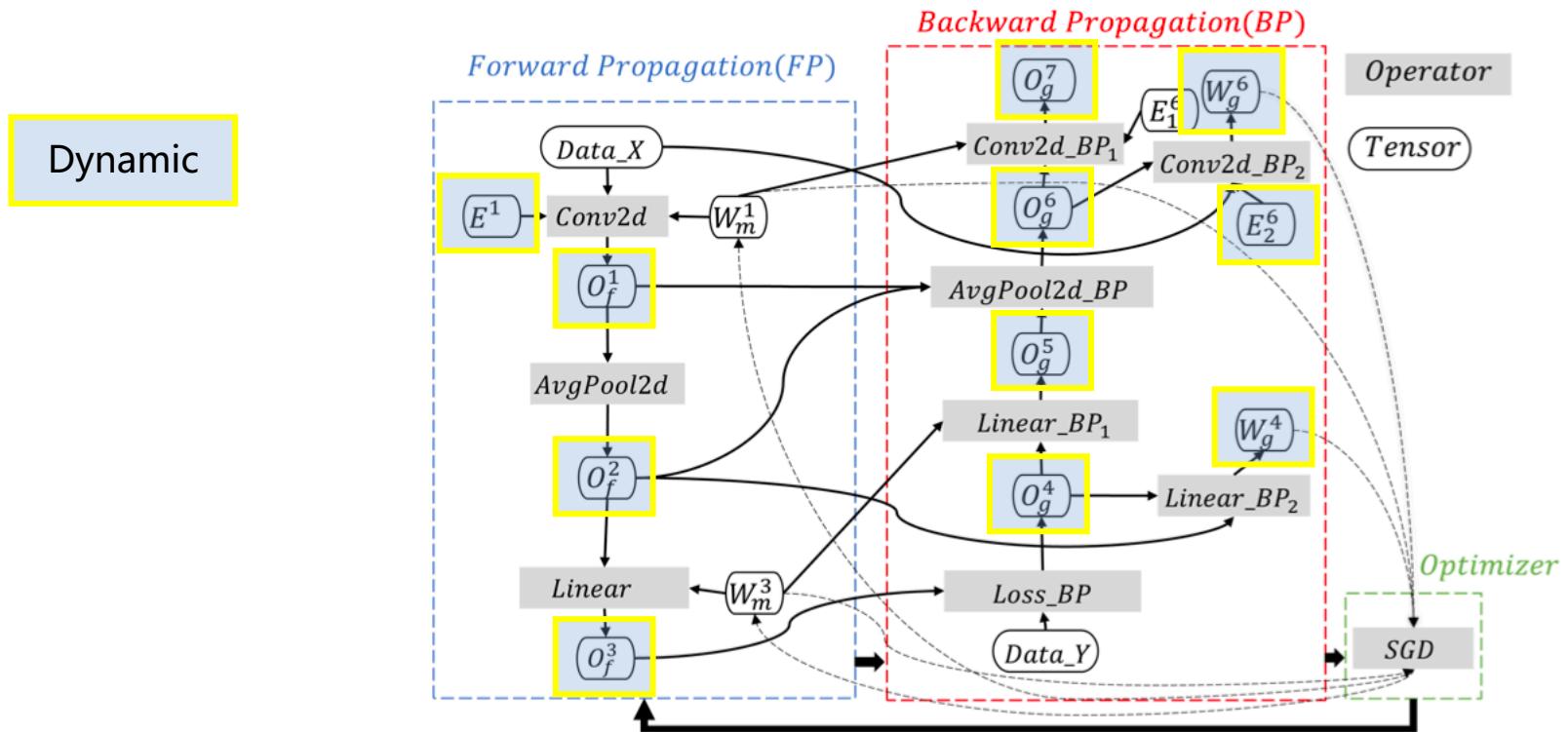


Figure 3: Computation graph for training the DL model in Figure 2. Ovals represent tensors in which  $W$  stands for weight tensor,  $O$  for In/Out tensor, and  $E$  for ephemeral tensor. Rectangles are operators.<sup>2</sup> Dash lines denote weight updates by SGD.

# 内存占用情况——Dynamic Memory



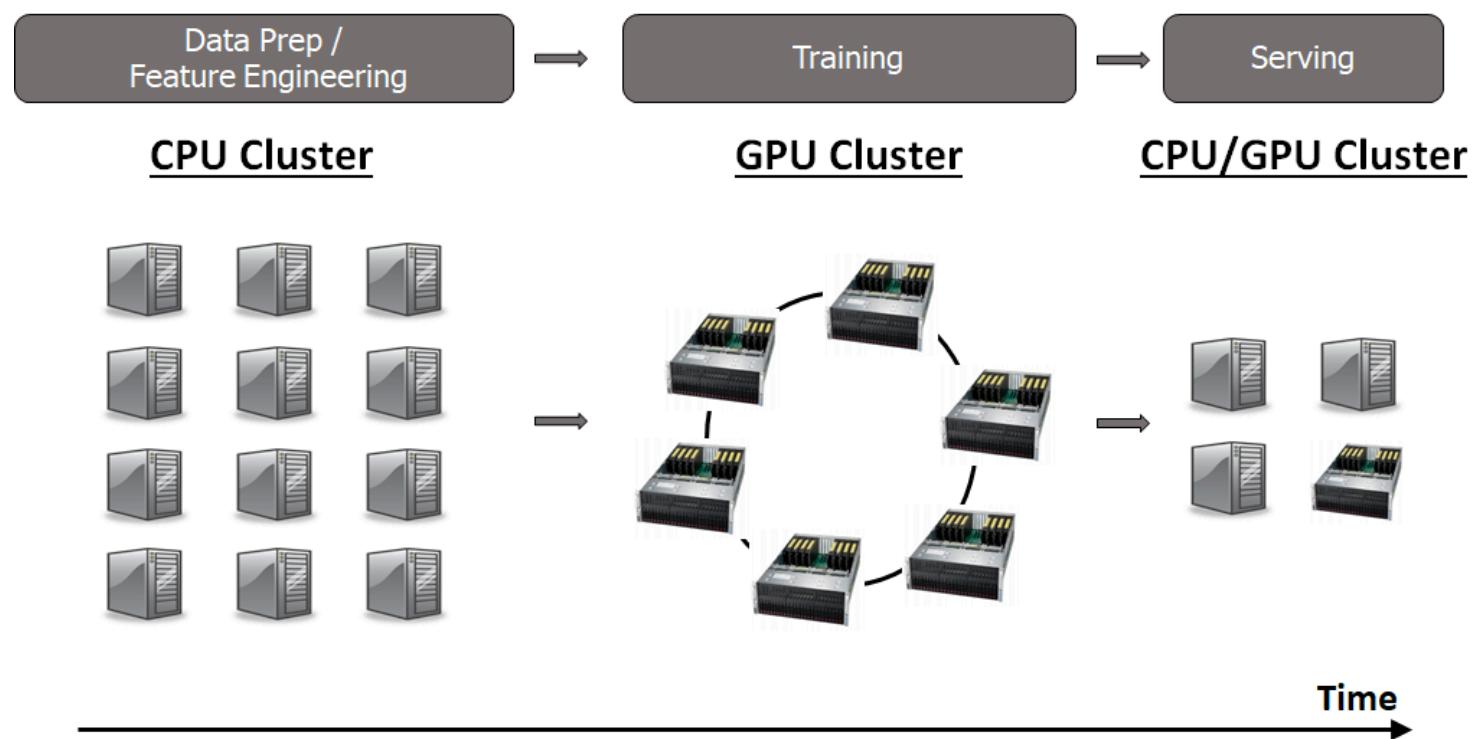
**Figure 3: Computation graph for training the DL model in Figure 2.** Ovals represent tensors in which  $W$  stands for weight tensor,  $O$  for In/Out tensor, and  $E$  for ephemeral tensor. Rectangles are operators.<sup>2</sup> Dash lines denote weight updates by SGD.

## 大模型训练挑战（II）：通信墙

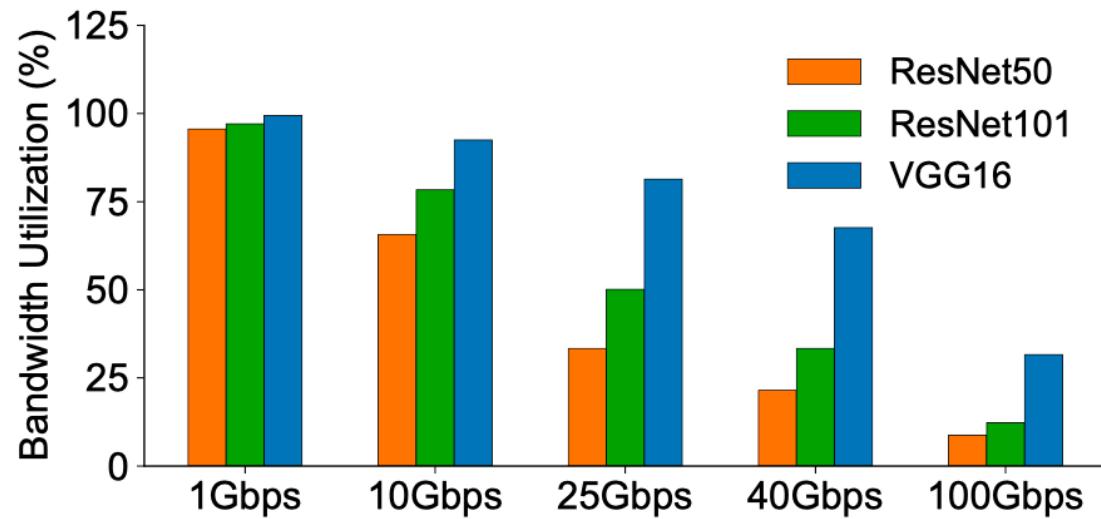
### 通信墙

通讯过程，需要综合考虑数据参数量、计算量、计算类型、数据样本量、集群带宽拓扑和通讯策略等不同的因素，才能设计出性能较优的切分策略，最大化利用通讯效率，提高通讯比。

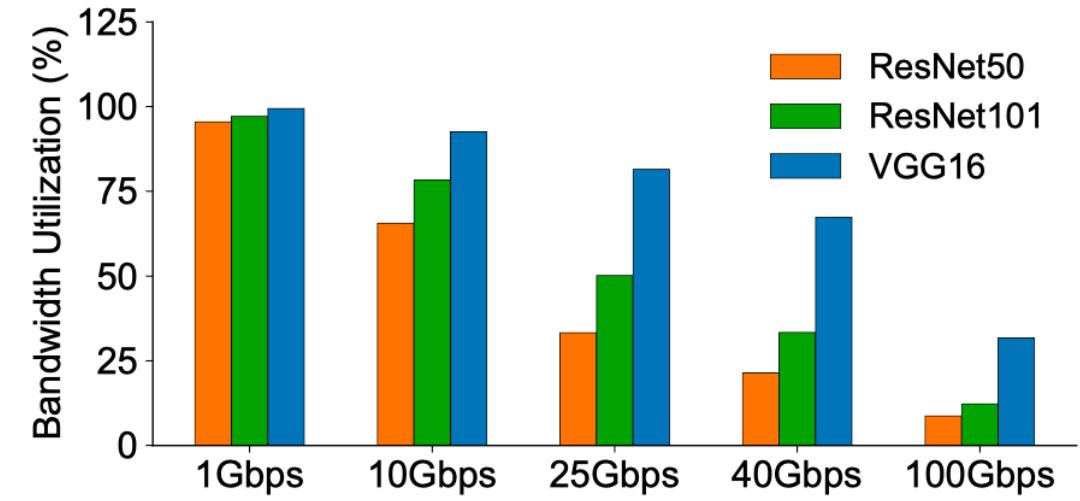
## 大模型训练挑战 (II) : 通信墙



# 通讯测试对比



(a) Network (Recv) utilization.



(b) Network (Send) utilization.

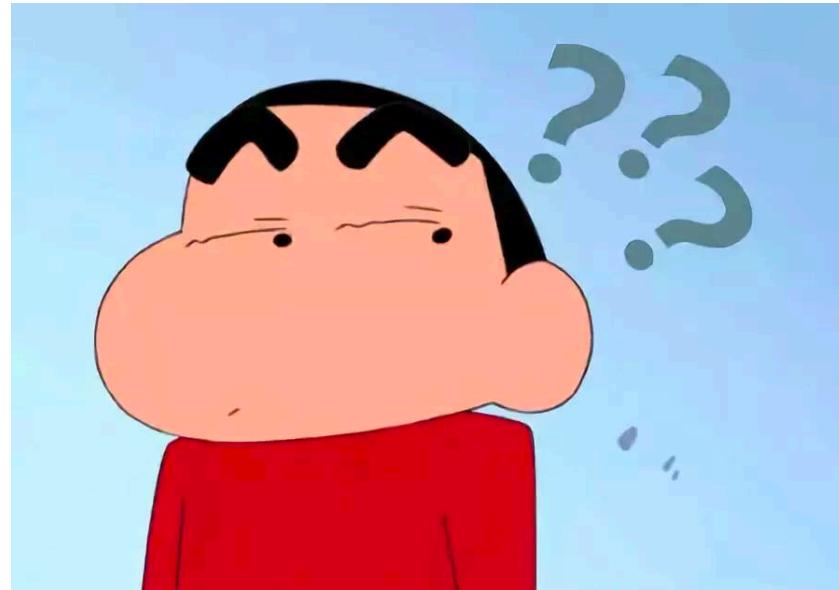
# 大模型训练挑战（III）：通信墙

## 性能墙

大规模训练技术中，不仅要求AI芯片的计算性能足够强悍，同时也依赖于AI框架的大规模分布式训练的运行和调度效率，以及在分布式并行等各种优化手段的权衡。

## 大模型训练挑战（III）：调优墙

- 在数千节点的集群上进行模型开发，听到就头皮发麻。我平时把EfficientNet网络模型魔改，还不一定能够收敛，调一次参数再训练一次，单机多卡一个星期就过去了。那要是大模型训练了1个月遇到Loss跑飞了怎么办？



# 大模型训练挑战（III）：调优墙

## 调优墙

在数千节点的集群上，要保证计算的正确性/性能/可用性，手工分布式难免全面兼顾

## 大模型的分布式训练

考验的是算法、数据、框架、资源调度等全栈和全流程的综合能力

# 大模型训练挑战

大模型的分布式训练

考验的是算法、数据、框架、资源调度

全栈和全流程的综合能力



BUILDING A BETTER CONNECTED WORLD

THANK YOU

Copyright©2014 Huawei Technologies Co., Ltd. All Rights Reserved.

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.