

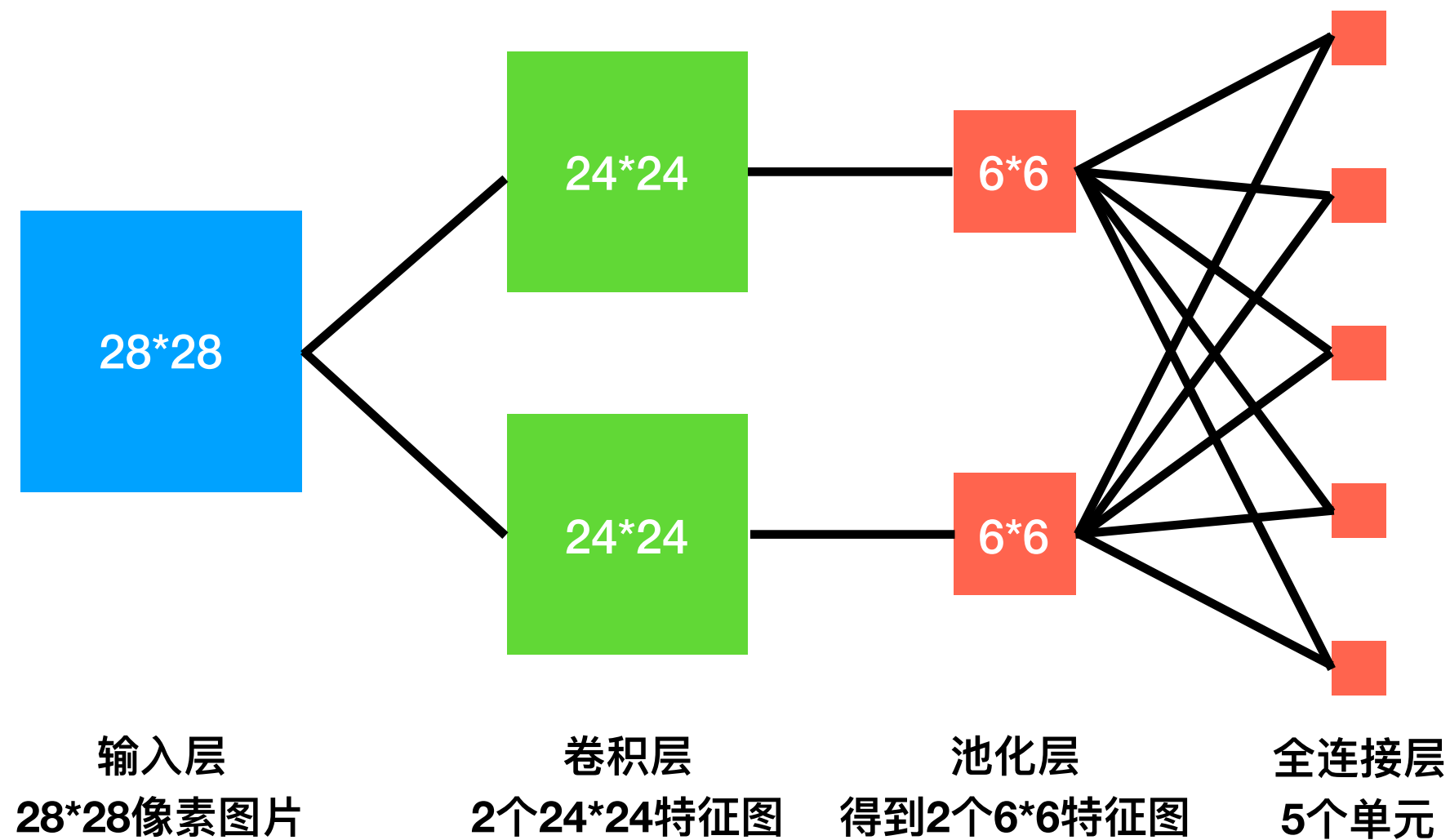
深度学习

卷积神经网络 (2)

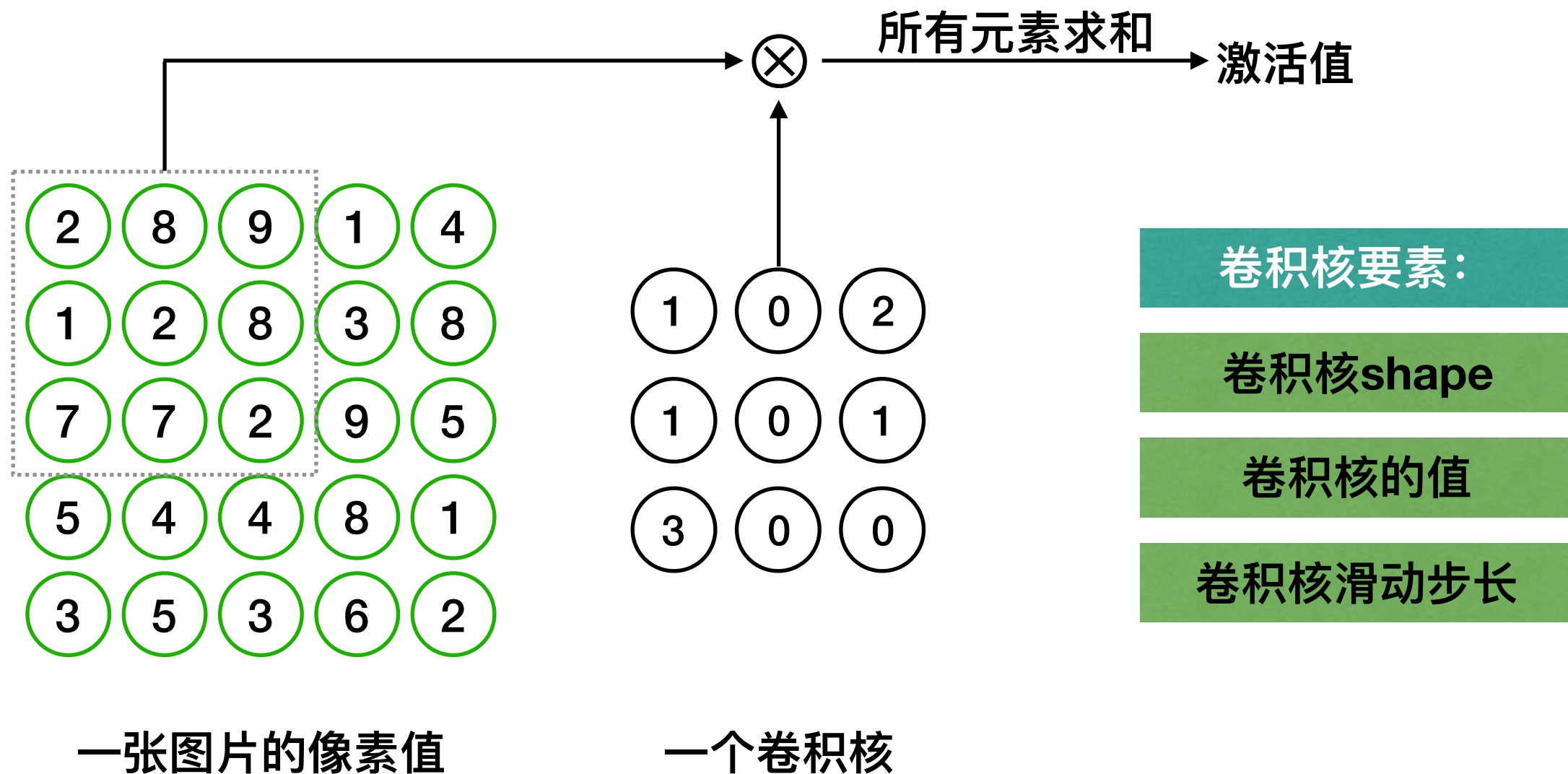
上节回顾

- 卷积核是特征提取器，可以将图像转化为某个特征的分布图。
- 多个卷积核可以提取数据的完整特征。同时会得到多个特征图。
- 特征图规模较大时，使用下采样技术——池化来降维。

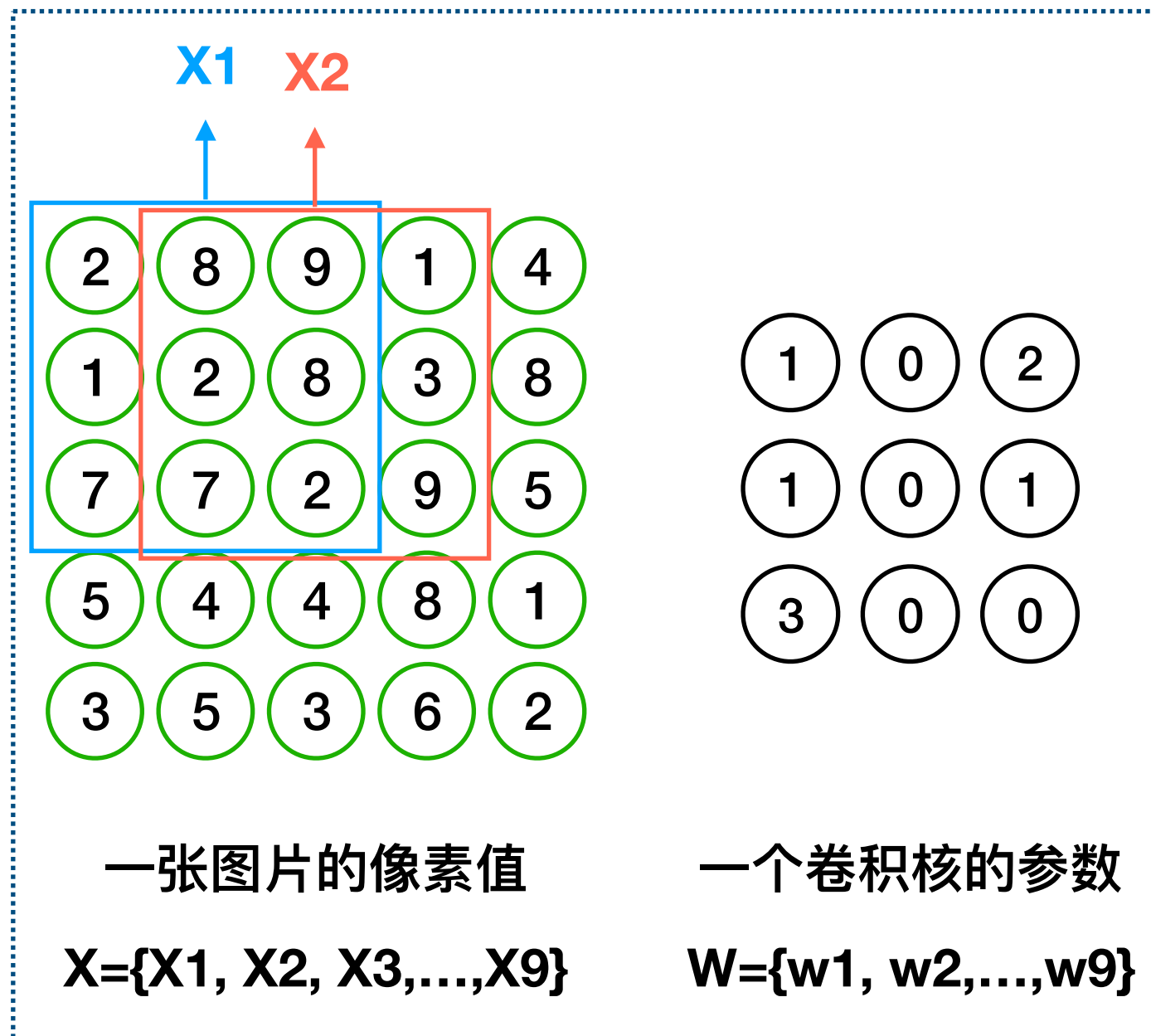
卷积神经网络的基本结构



卷积运算



卷积运算



此处我们规定 a_n 为第 n 个激活值

$$a_n = \text{sum}(X_n \odot W)$$

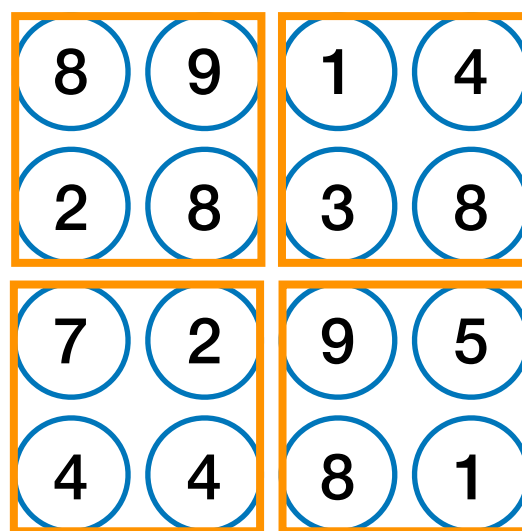
所以 a 可以看做是卷积后得到的特征图。

通常是非线性激活函数

带激活函数的卷积

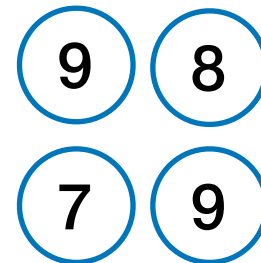
$$a_n = \text{activation_function}(\text{sum}(X_n \odot W) + b_n)$$

池化运算



特征图

最大池化



池化后的特征图

$$a_n = \max(z_n)$$

平均池化



池化后的特征图

$$a_n = avg(z_n)$$

池化核要素:

池化核shape

滑动步长

池化方式

带激活函数的池化

$$a_n = \text{activation_function}(\text{pooling}(z_n))$$

通常无激活函数或为线性激活函数

对特征图进行卷积

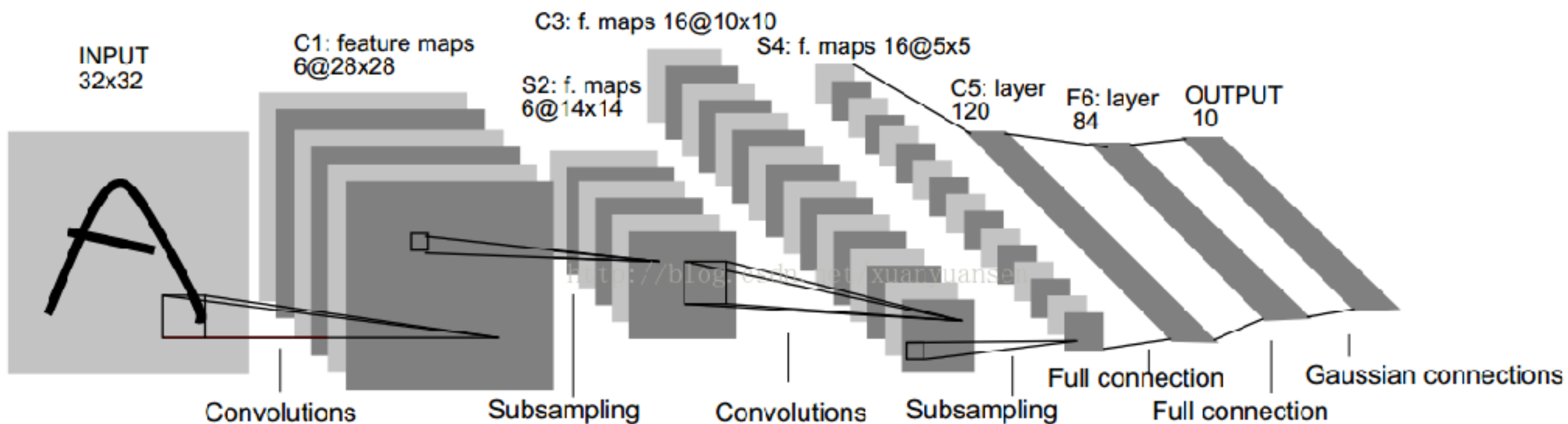


Fig. 2. Architecture of LeNet-5, a Convolutional Neural Network, here for digits recognition. Each plane is a feature map, i.e. a set of units whose weights are constrained to be identical.

思考：对特征图卷积的意义是什么？

对特征图进行卷积

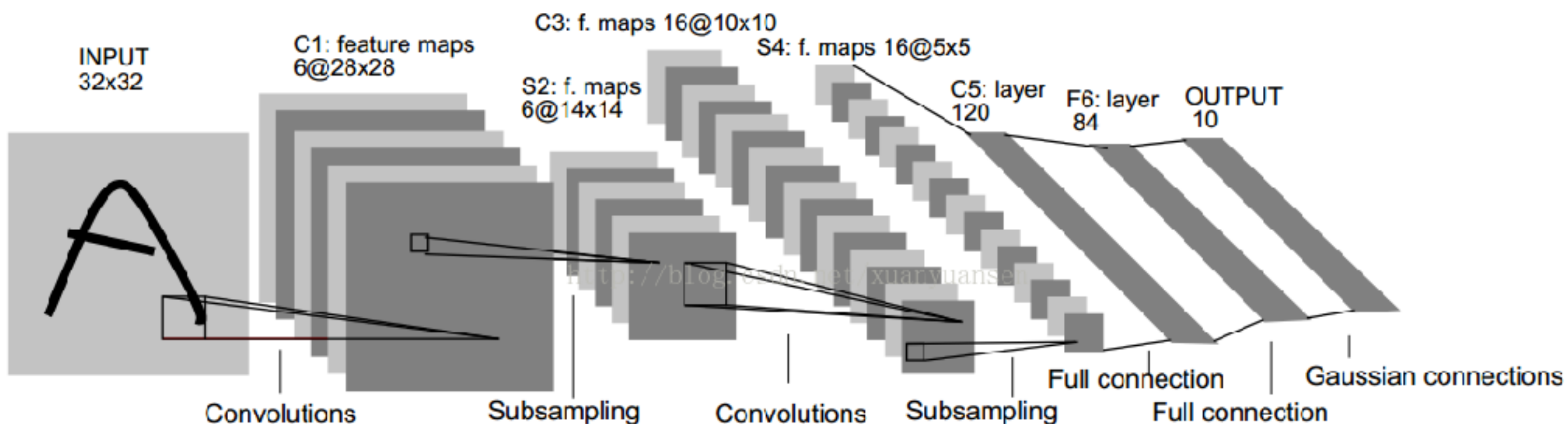
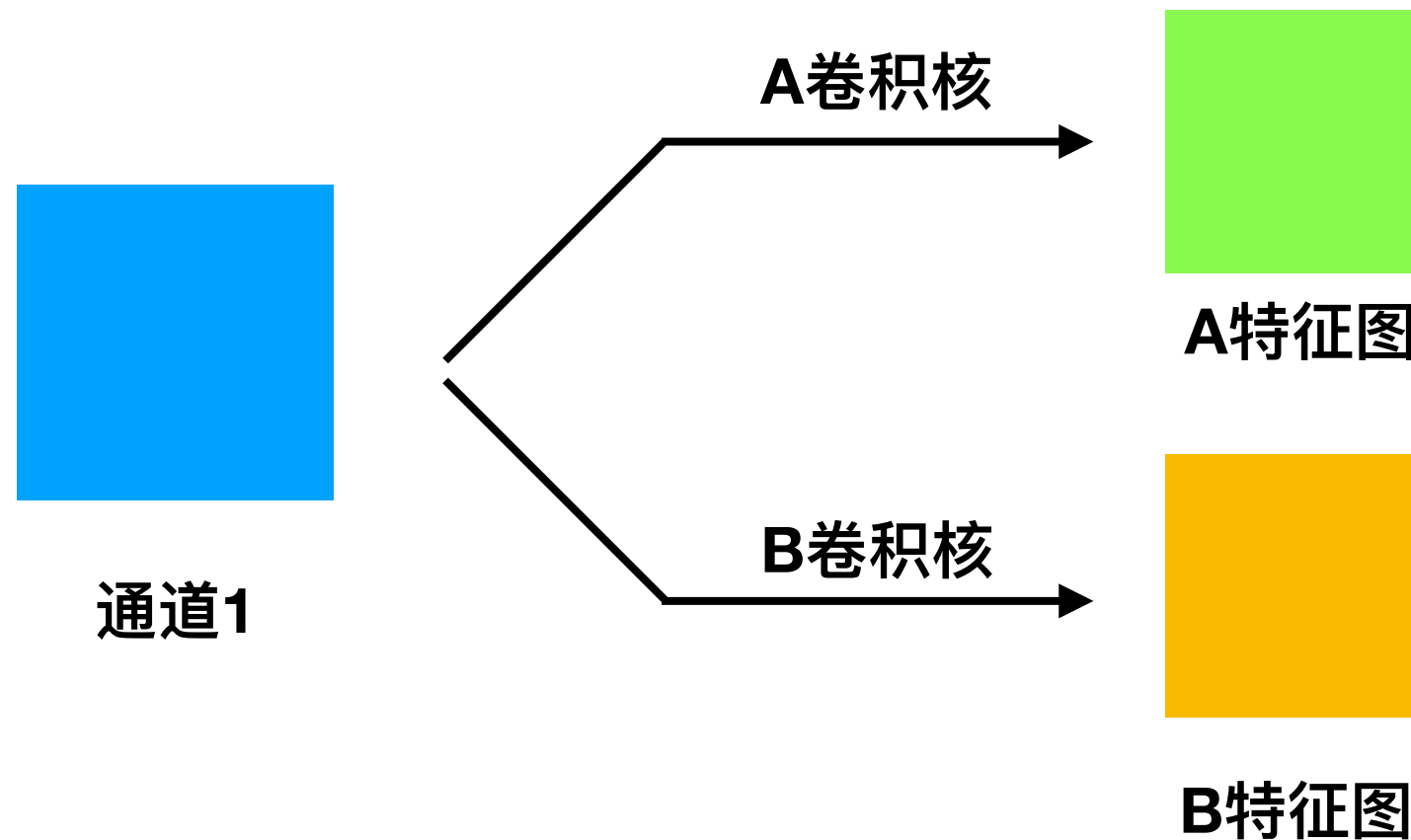


Fig. 2. Architecture of LeNet-5, a Convolutional Neural Network, here for digits recognition. Each plane is a feature map, i.e. a set of units whose weights are constrained to be identical.

特征提取：提取到了相对宏观的特征。

数据降维：多次卷积、池化使得数据的维度进一步降低。

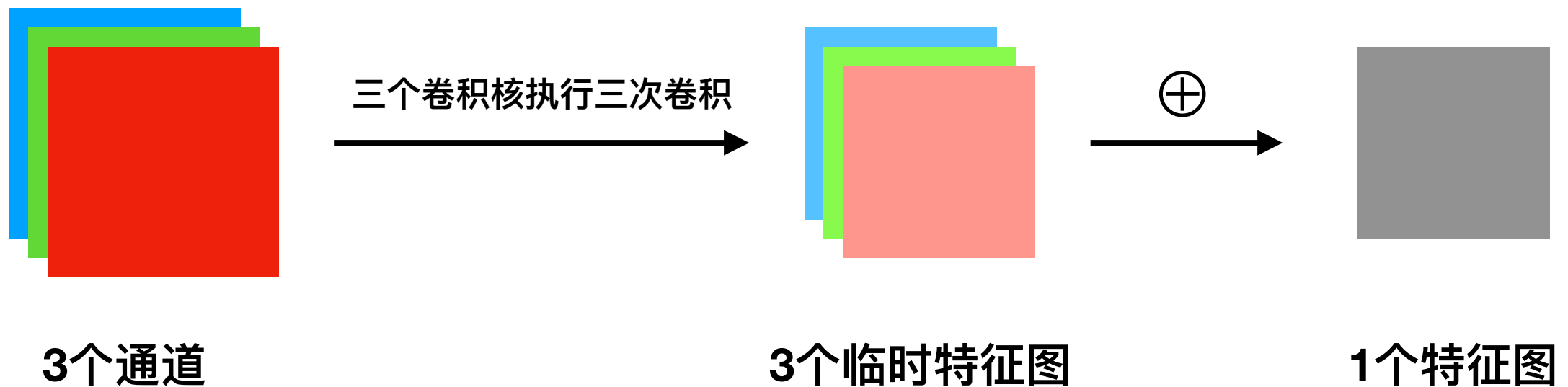
对特征图进行卷积



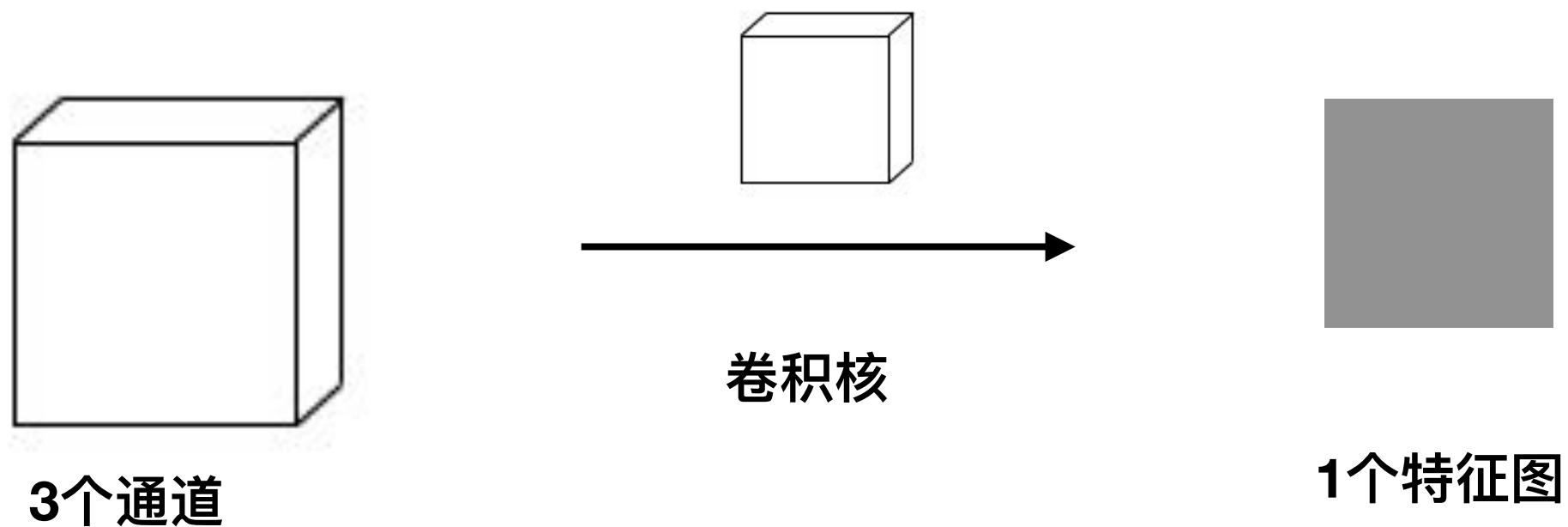
为了方便，我们将图片或者特征图统称为“通道”。

多通道“单核”卷积

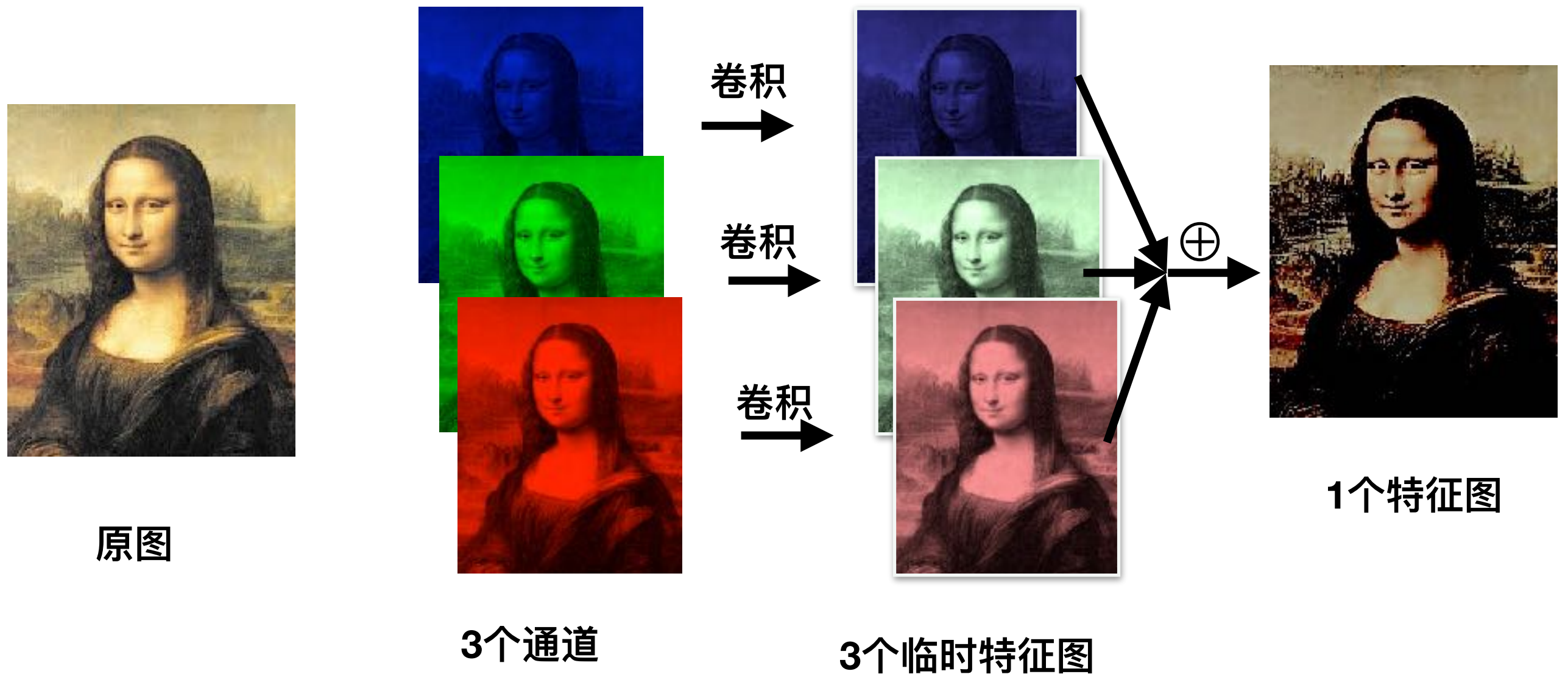
注意：此处多通道“单核”卷积指的是每个通道分配一个卷积核。



多通道“单核”卷积



多通道“单核”卷积示例



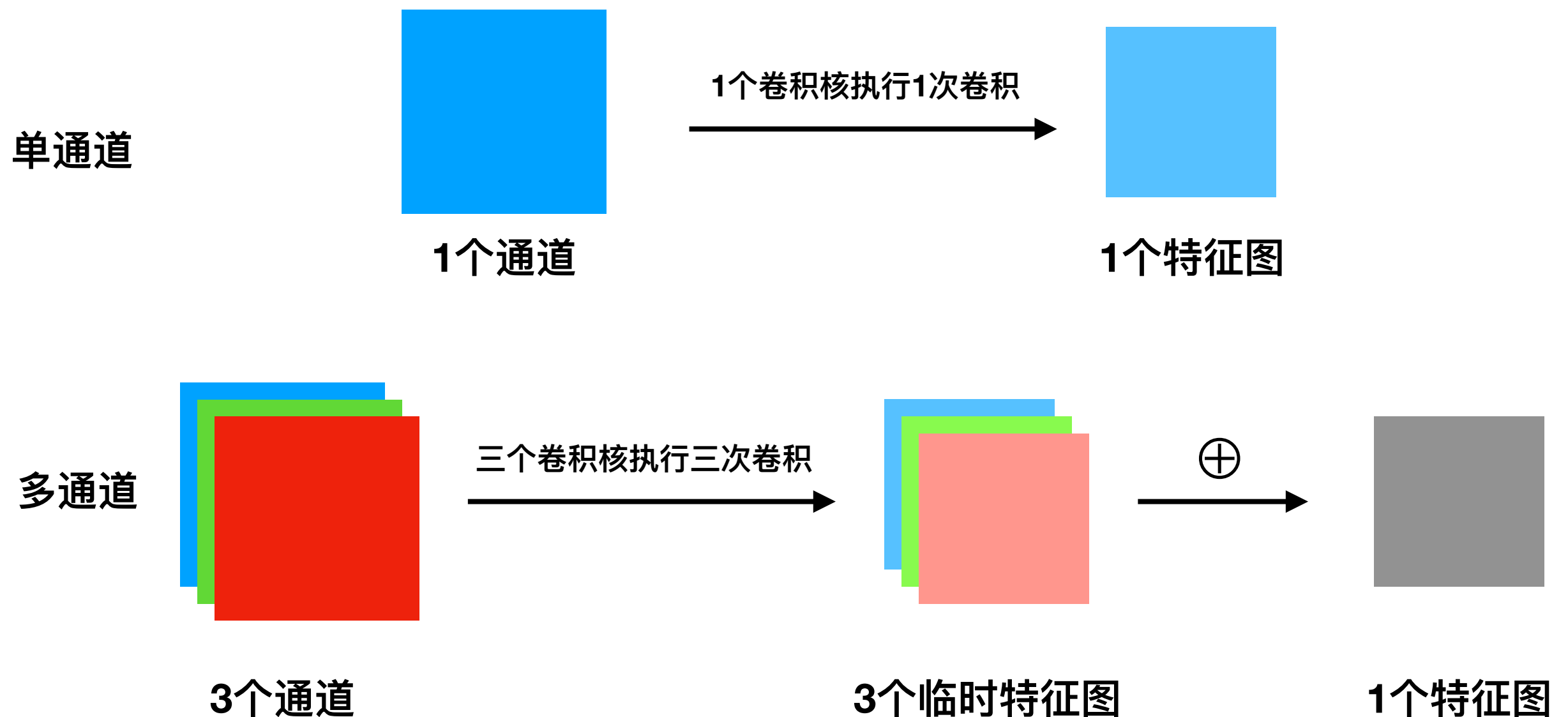
思考？

多通道“单核”卷积中的2D卷积核数量与什么有关？

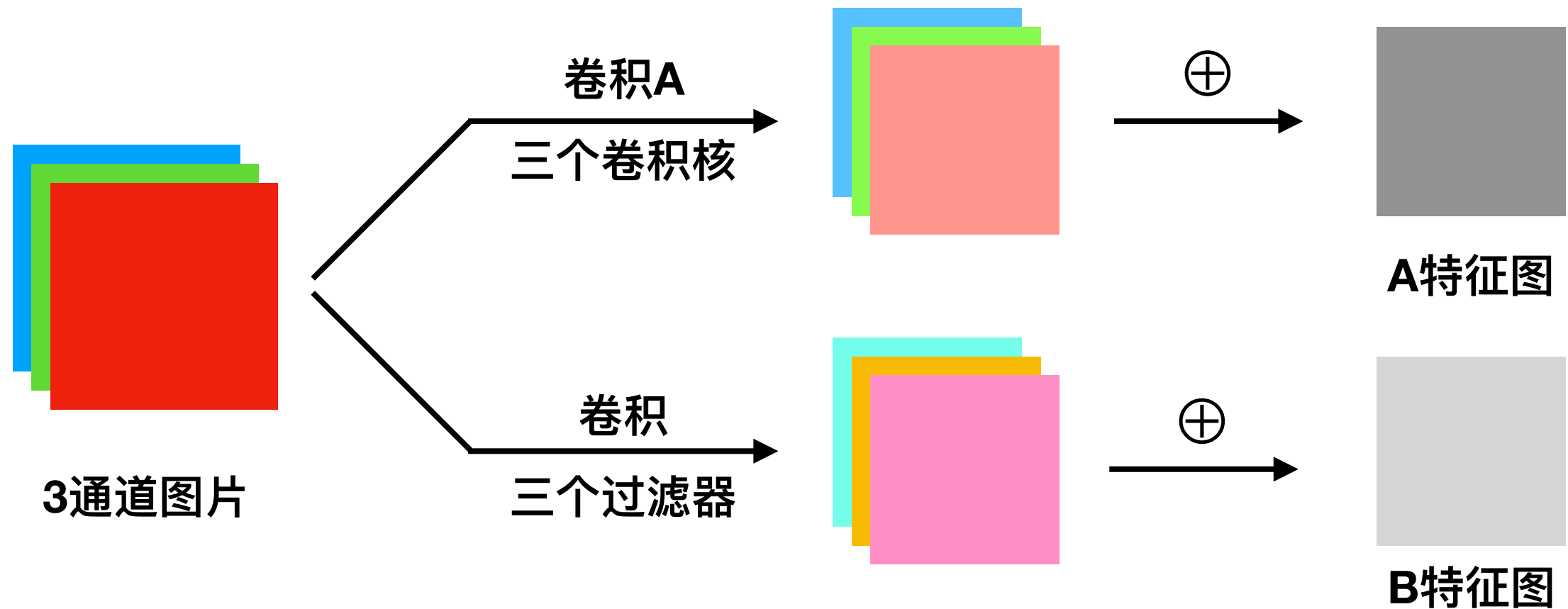
每个卷积核形状否相同？

每个卷积核值是否相同？

单通道与多通道卷积对比



多通道“多核”卷积



小练习

假如有一张大小为12px*12px大小的png图片，用2个3*3大小的卷积核处理。

问题1：得到了几个特征图？

问题2：每个特征图的大小分别是多少？

问题3：“每个卷积”对应多少个卷积核？

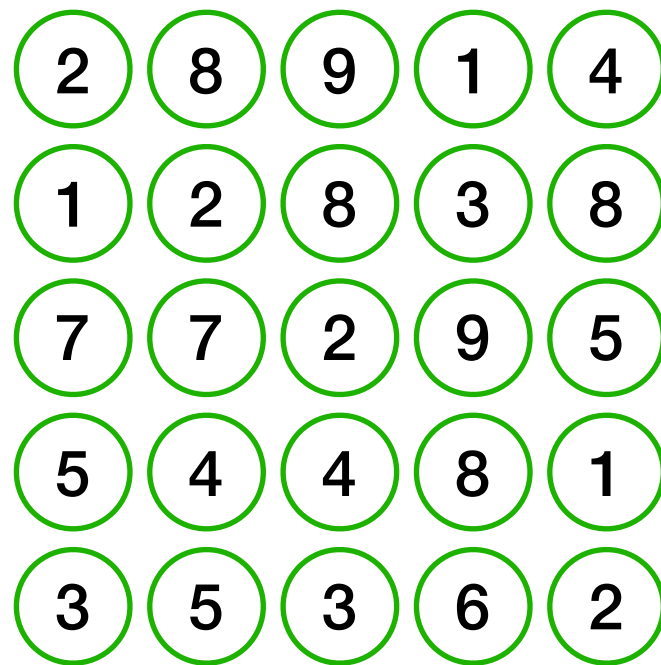
问题4：所有卷积核一共有多少个参数？

卷积核的大小与卷积运算量

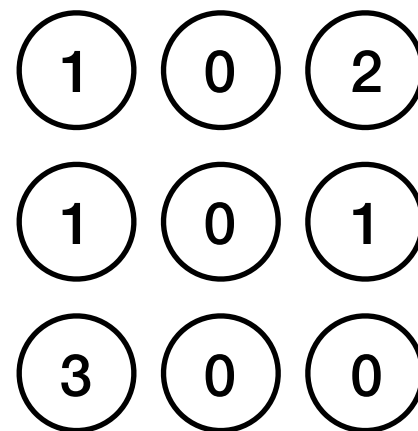
图片大小	卷积核大小	特征图大小	计算量
28px*28px	3*3	26*26	6084
28px*28px	5*5	24*24	14400
28px*28px	14*14	15*15	44100
28px*28px	20*20	9*9	32400

卷积与池化的问题1

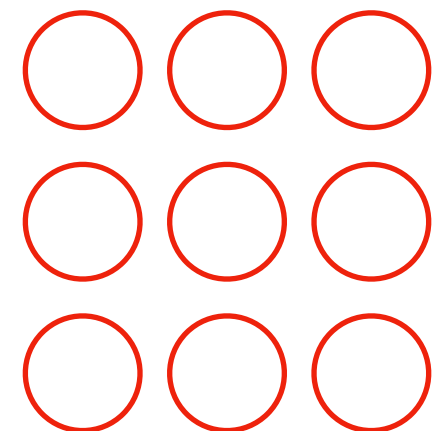
卷积中不同元素参与卷积计算的次数不同



1个通道



1个卷积核

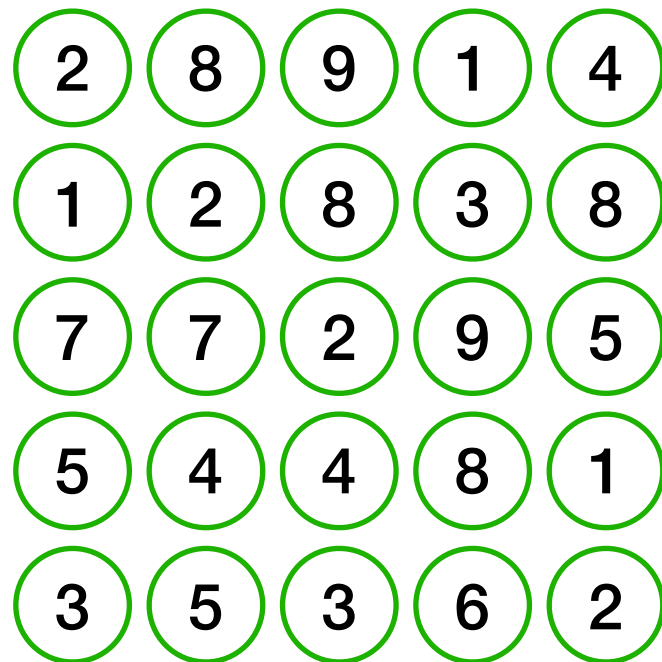


1个特征图

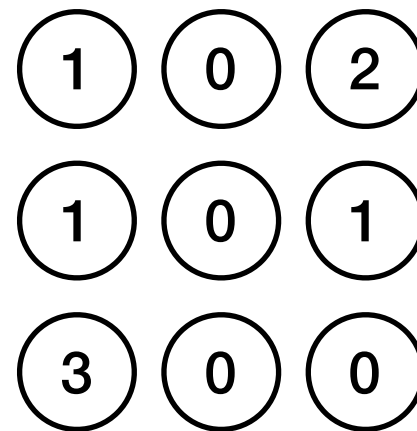
卷积与池化的问题2

卷积与池化的步长不同时，边界处如何计算？

下面卷积步长为3时，特征图是怎样的？



1个通道



1个卷积核

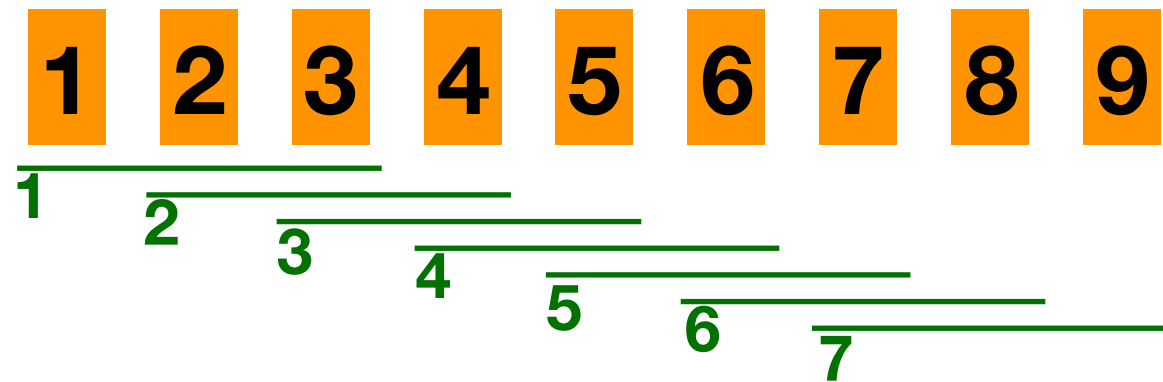
?

特征图

VALID边界处理

padding="VALID"

width: 9
kernel: 3
strides: 1

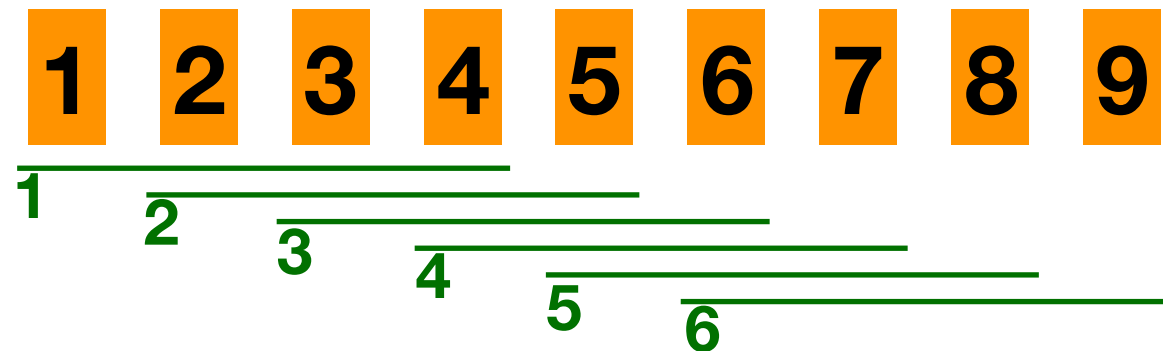


VALID: 只利用有效数据。

VALID边界处理

padding="VALID"

width: 9
kernel: 4
strides: 1

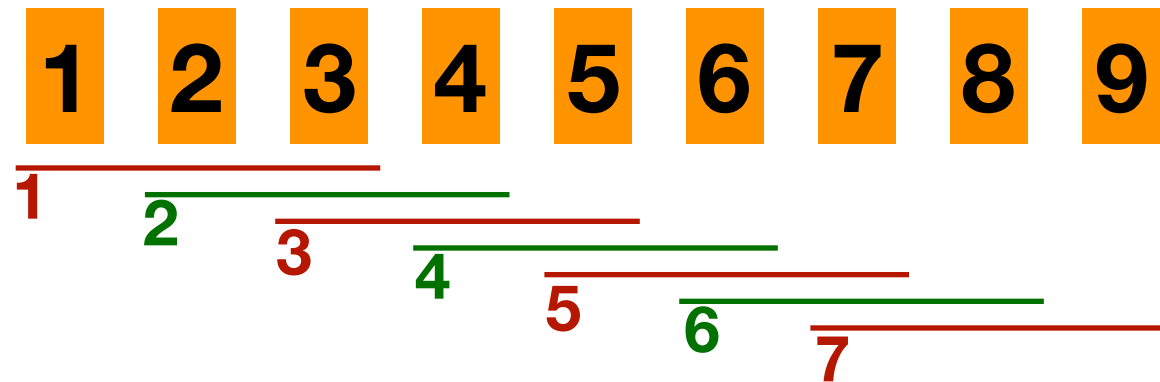


$$\text{out_width} = \text{in_width} - \text{kernel_width} + 1$$

VALID边界处理

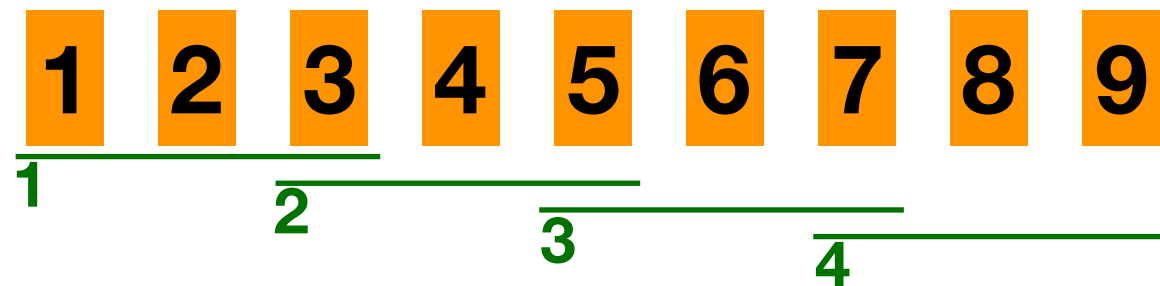
padding="VALID"

width: 9
kernel: 3
strides: 1



padding="VALID"

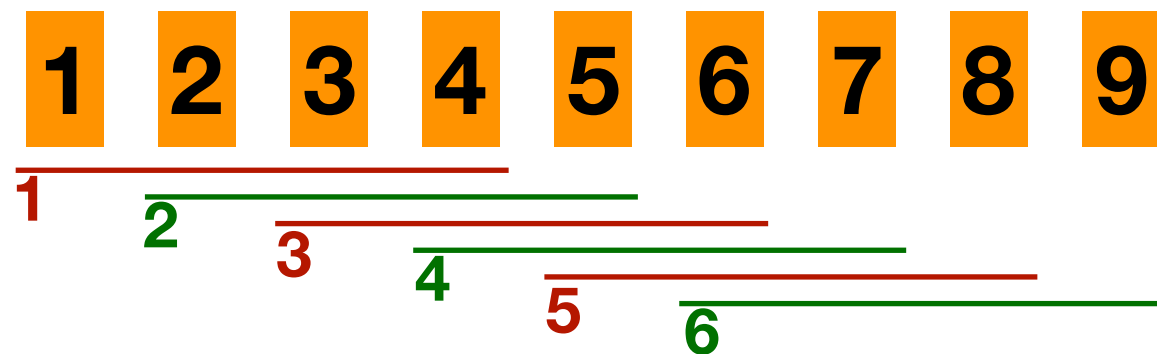
width: 9
kernel: 3
strides: 2



VALID边界处理

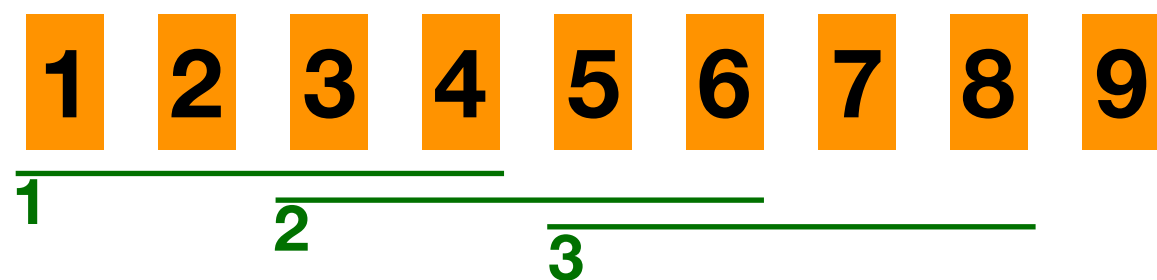
padding="VALID"

width: 9
kernel: 4
strides: 1



padding="VALID"

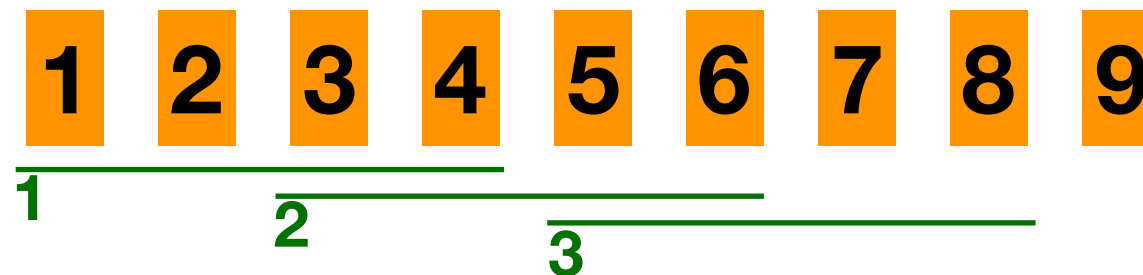
width: 9
kernel: 4
strides: 2



VALID边界处理

padding="VALID"

width: 9
kernel: 4
strides: 2



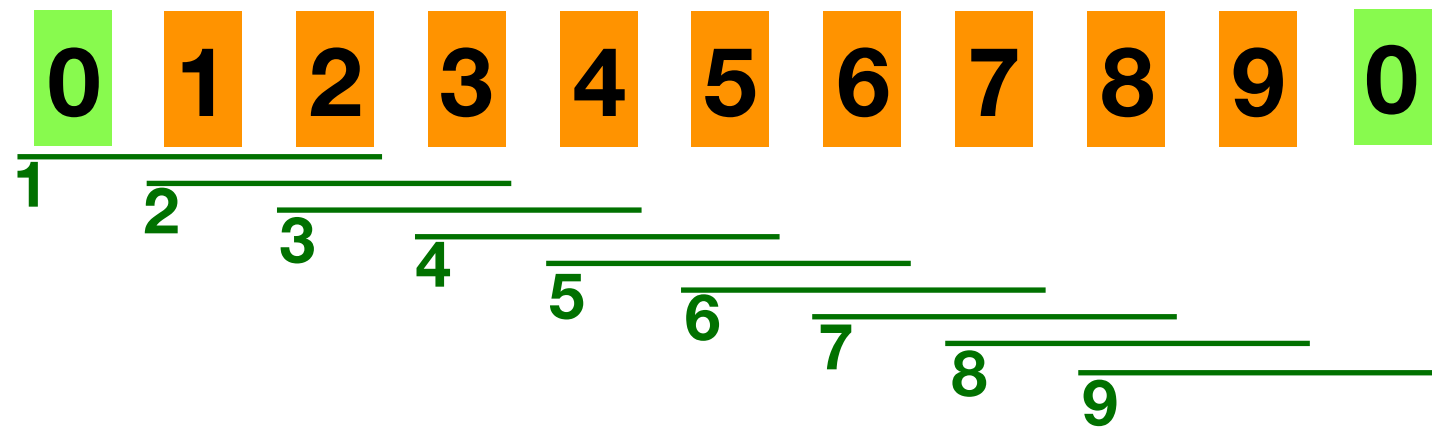
大于1的步长的输出相当于对等于1的步长的输出做了一个平均采样

$$\text{out_width} = \text{ceil}(\text{float}(\text{in_width} - \text{kernel_width} + 1) / \text{float}(\text{strides}))$$

SAME边界处理

padding="SAME"

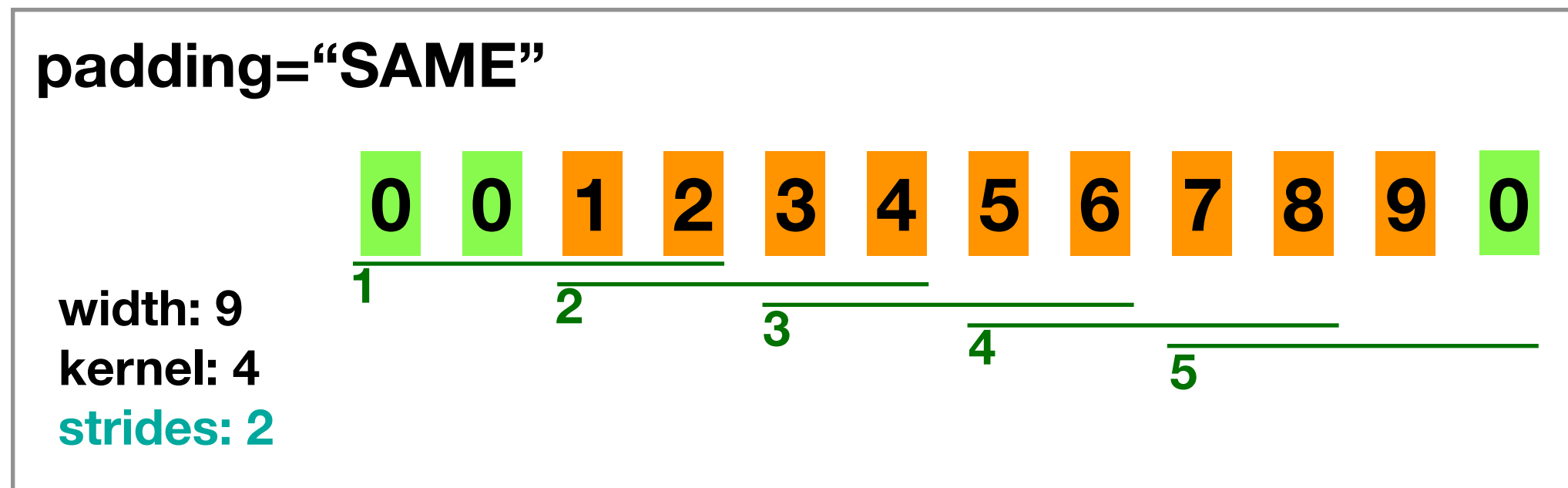
width: 9
kernel: 3
strides: 1



SAME: 需要边界填充。

规定: $\text{out_width} = \text{ceil}(\text{float}(\text{in_width}) / \text{float}(\text{strides}))$

SAME边界处理



规定: $\text{out_width} = \text{ceil}(\text{float}(\text{in_width}) / \text{float}(\text{strides}))$

pad: ?

SAME边界处理

输入边界与输出边界的大小关系

$$\text{out_width} = \text{ceil}(\text{float}(\text{in_width}) / \text{float}(\text{strides}))$$

输入边界与输出边界的变换关系

$$\text{out_width} = \text{ceil}(\text{float}(\text{in_width} + \text{pad} - \text{kernel_width} + 1) / \text{float}(\text{strides}))$$

SAME边界处理

`out_width = ceil(float(in_width + pad - kernel_width + 1) / float(strides))`

↓ ↓ ↓ ↓ ↓

o **i** **p** **k** **s**

$$o = \left\lceil \frac{i + p - k + 1}{s} \right\rceil \quad p?$$

SAME边界处理

$$o = \left\lceil \frac{i + p - k + 1}{s} \right\rceil$$

$$o - 1 < \frac{i + p - k + 1}{s} \leq o$$

$$s(o - 1) - i + k - 1 < p \leq so - i + k - 1$$

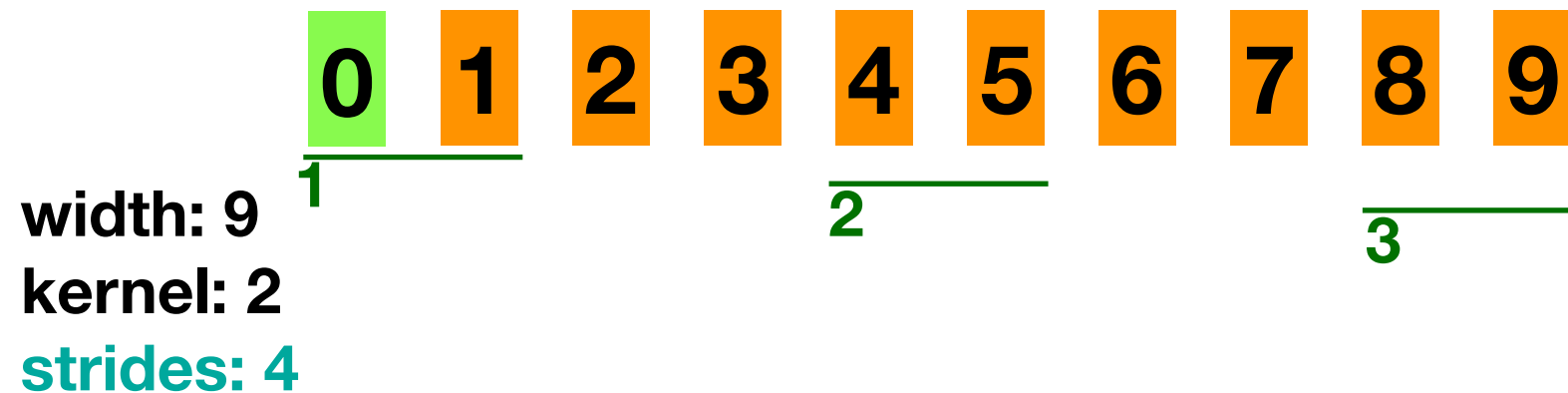
p的取值是一个范围，即在这个范围内填充均可。 使用不同的p填充的意义是什么？

SAME边界处理

$$s(o-1)-i+k-1 < p \leq so-i+k-1$$

i=9, k=2, s=4, 则o=3, p=1, 2, 3, 4 当p=1时:

padding="SAME"

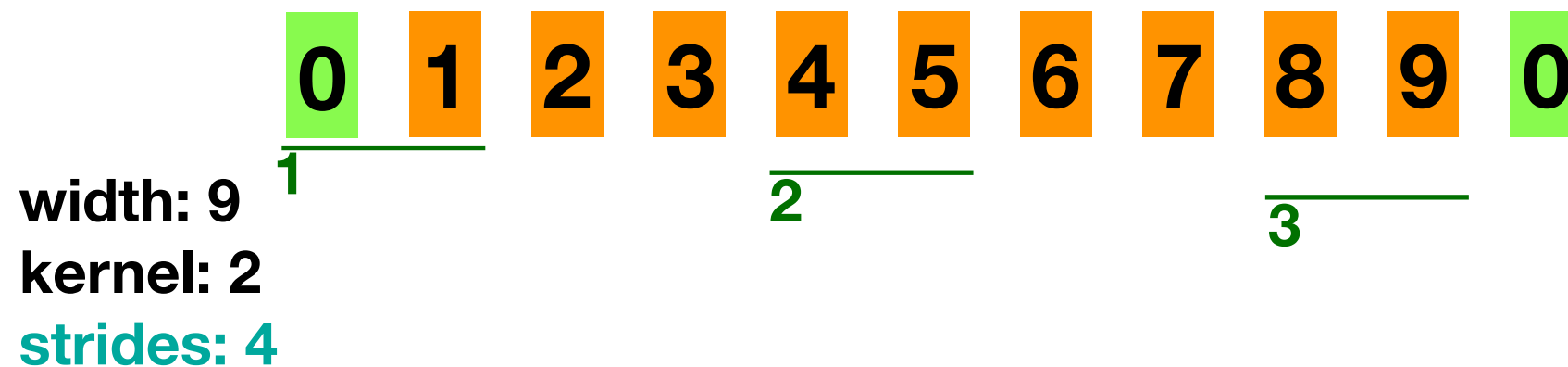


SAME边界处理

$$s(o-1)-i+k-1 < p \leq so-i+k-1$$

i=9, k=2, s=4, 则o=3, p=1, 2, 3, 4 当p=2时:

padding="SAME"

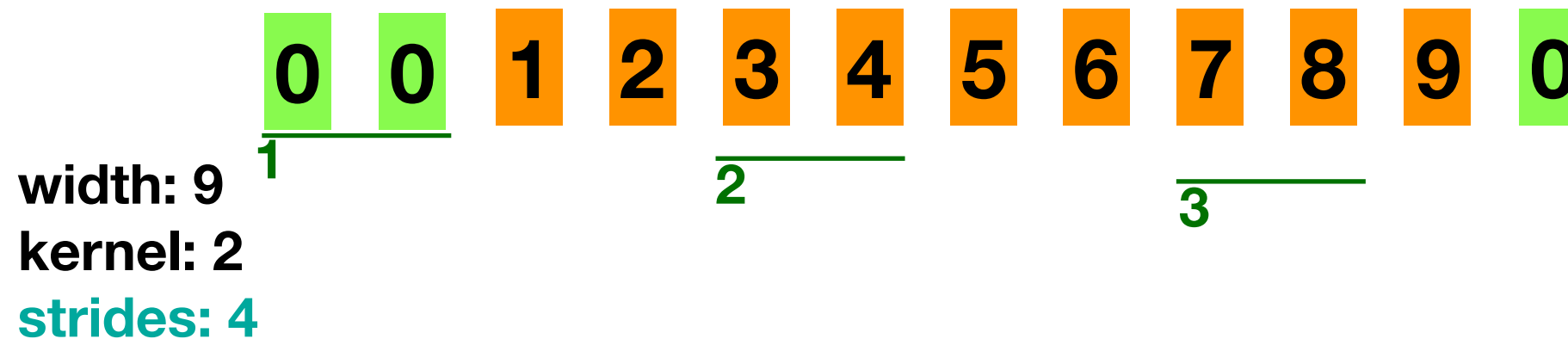


SAME边界处理

$$s(o-1)-i+k-1 < p \leq so-i+k-1$$

i=9, k=2, s=4, 则o=3, p=1, 2, 3, 4 当p=3时:

padding="SAME"

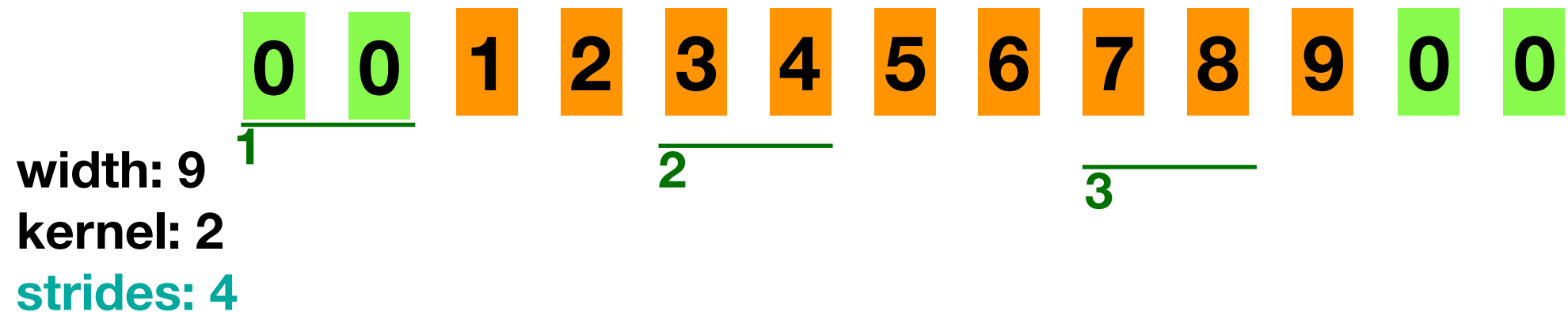


SAME边界处理

$$s(o-1)-i+k-1 < p \leq so-i+k-1$$

i=9, k=2, s=4, 则o=3, p=1, 2, 3, 4 当p=4时:

padding="SAME"



思考： p 可能是负数吗？

SAME边界处理

$$s(o-1)-i+k-1 < p \leq so-i+k-1$$

$$p_{\min} = s(o-1)-i+k$$

SAME边界处理

$$s(o-1)-i+k-1 < p \leq so-i+k-1$$

简化 $p_{\min} = s(o-1)-i+k$

$$\text{if}(i \bmod s = 0) : p = \max(k-s, 0)$$

$$\text{if}(i \bmod s \neq 0) : p = \max(k-(i \bmod s), 0)$$

SAME边界处理

$if(i \bmod s = 0) : p = \max(k - s, 0)$

$if(i \bmod s \neq 0) : p = \max(k - (i \bmod s), 0)$

思考：已知P的大小，填充的0可以放置在哪个位置合适？

SAME边界处理

width: 9

kernel: 5

strides: 4 已知pad=4

填充法一

NO

padding="SAME"



SAME边界处理

width: 9

kernel: 5

strides: 4 已知pad=4

填充法二

NO

padding="SAME"



SAME边界处理

width: 9

kernel: 5

strides: 4 已知pad=4

填充法三 YES

padding="SAME"



SAME边界处理

常用填充方法：

$$top_pad = height_pad // 2$$

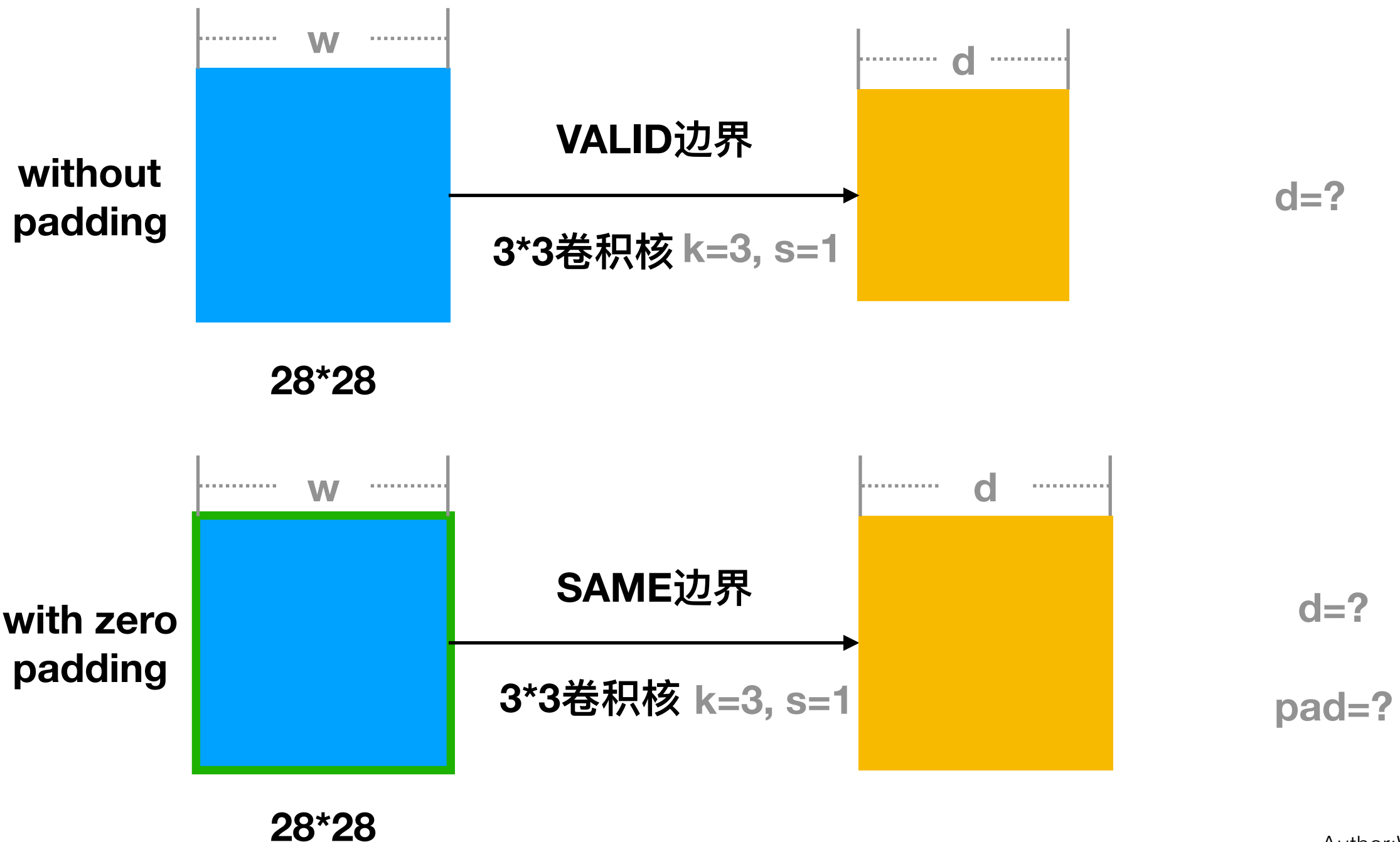
$$bottom_pad = height_pad - top_pad$$

$$left_pad = width_pad // 2$$

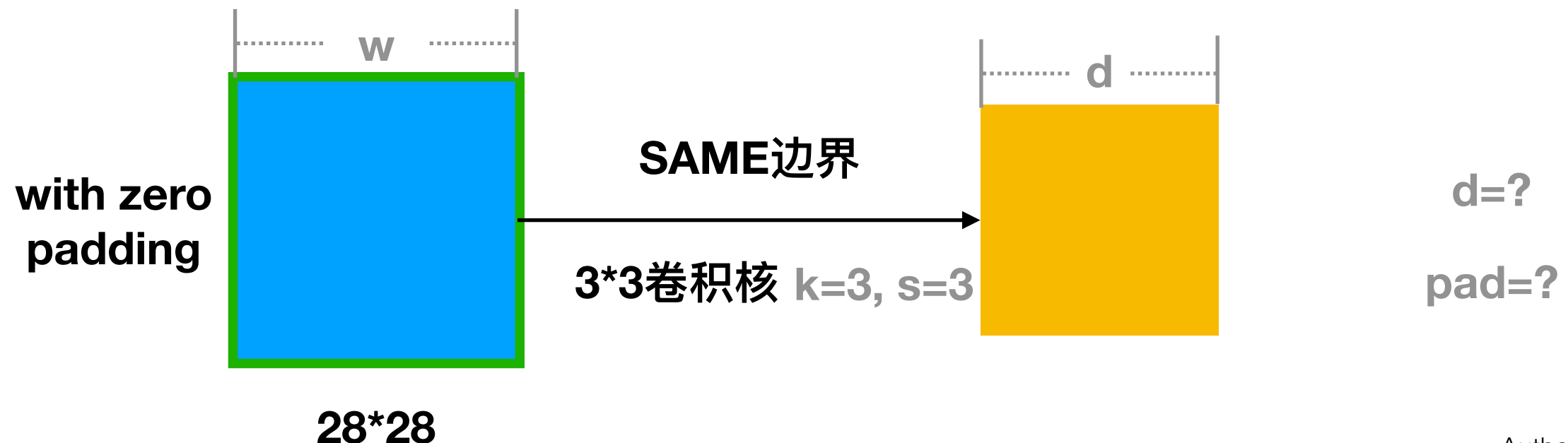
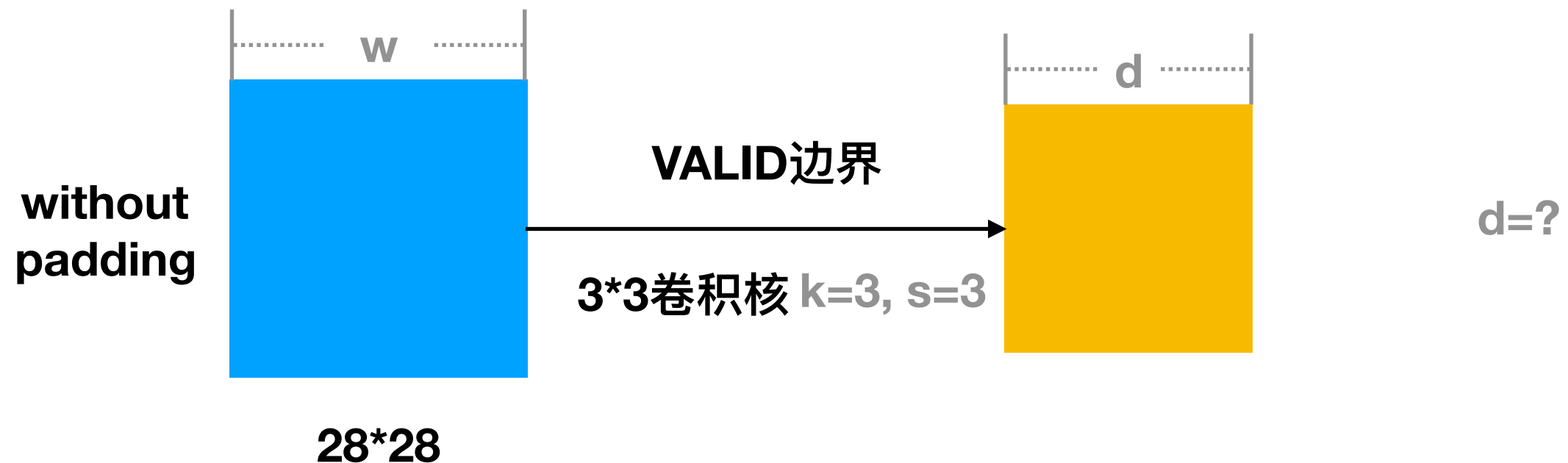
$$right_pad = width_pad - left_pad$$

即：左奇右偶，上奇下偶。

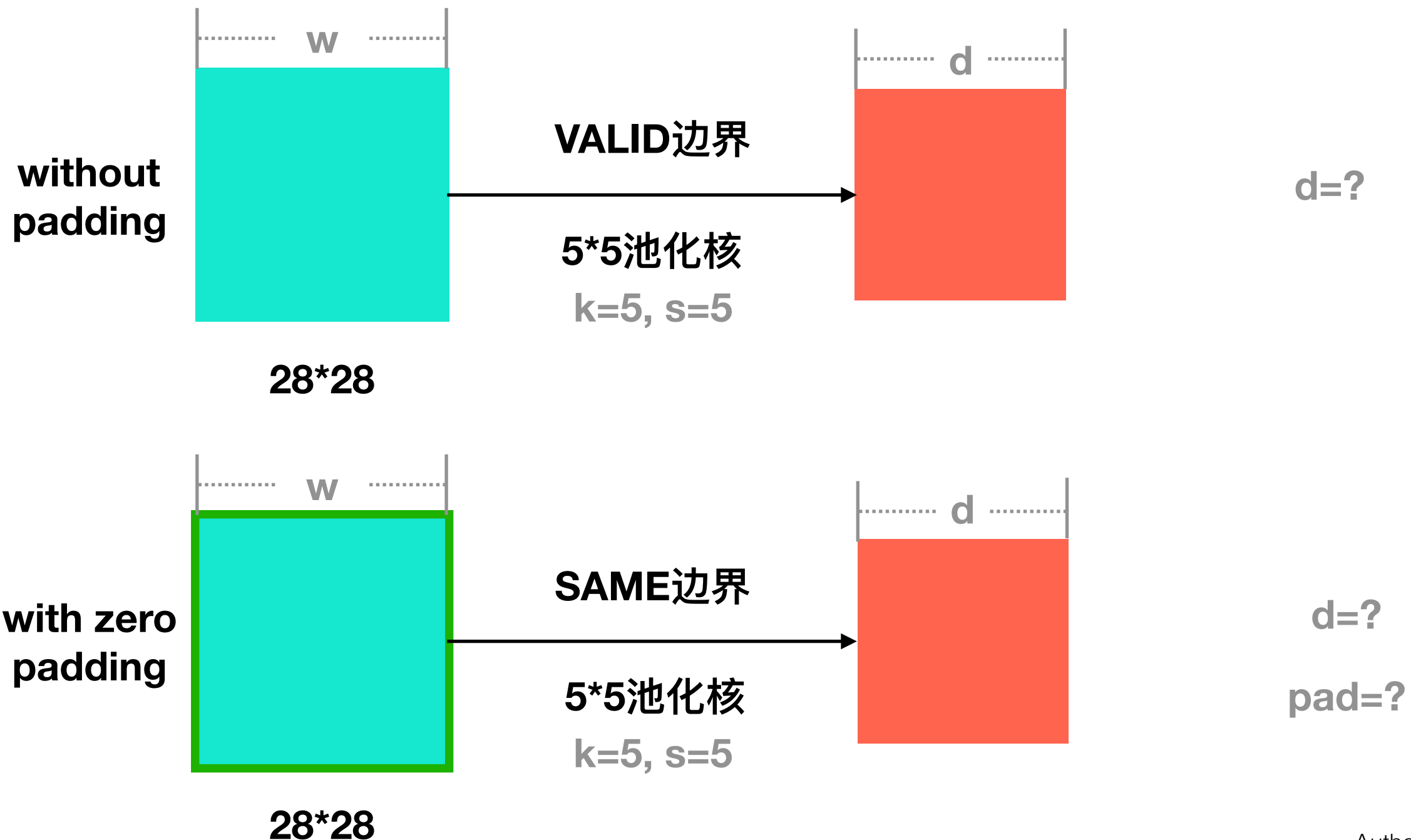
卷积边界处理示例



卷积边界处理示例



池化常用边界处理



边界处理

思考：SAME边界，除了填充0还能填充什么？

小练习

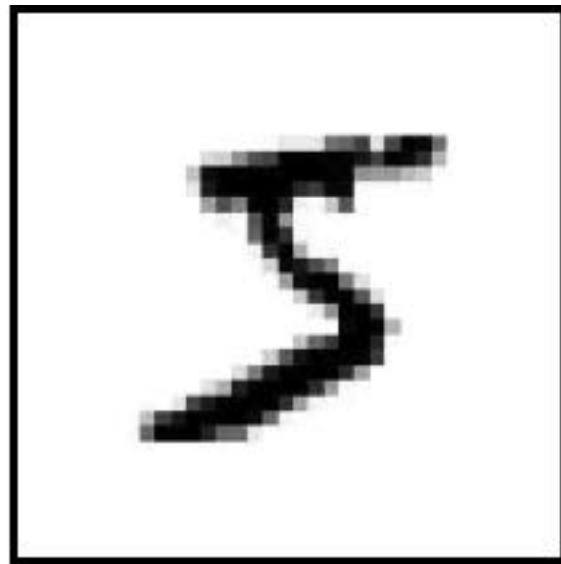
已知单通道的某图片大小为13*15，现使用6*4大小的卷积核以5*7的步长进行卷积，请问：

问题1：使用VALID的边界处理方式，feature map大小是多少？

问题2：如果SAME的边界处理方式，feature map大小是多少？补0的长度是多少？

	边长	卷积核边长	步长	VALID下的map	SAME下的map	补0
width	13	6	5	2	3	3
height	15	4	7	2	3	3

平移不变性



训练时使用的图片



预测时使用的图片

卷积：卷积得到的map是微观特征的激活值，所以特征位置改变时，对应位置的最激活值位置也改变了，但特征之间的相对位置不会改变。而更深层的网络学习到的是微观特征的组合方式，只要特征的组合方式没有变化，**CNN**就能识别。

池化：池化操作会在一定范围内检测特征。以最大池化为例，特征位置改变了，但在池化核的范围内，最大值没有变。

思考：存在 $1*1$ 卷积核吗？如果存在，卷积的结果是什么？有什么意义？

$1*1$ 卷积核是存在的，如果1个特征图通过 $1*1$ 卷积得到了一个新的特征图，则两个特征图的关系是线性的（卷积激活函数是线性的情况下），这时候 $1*1$ 卷积是没有意义的。但如果有多通道的特征图通过 $1*1$ 卷积可以实现通道维度的改变，同时也实现了多个通道信息的汇聚。

小结

- 卷积运算的过程与意义。
- 多核卷积可以得到多个特征图，其数量与核数量相同。
- 多通道多核卷积中的卷积方式。
- 卷积核通常设置比较小，这样运算量比较小，且容易提取到局部特征。
- 卷积与池化常用边界处理包括VALID与SAME两种。VALID可能丢弃一部分信息，SAME可能会用0填充边界。

THANKS