

深度学习如何检测炭疽芽孢

炭疽芽孢杆菌（*Bacillus anthracis*）是炭疽病的罪魁祸首。炭疽病是一种急性传染病，临床上主要表现为皮肤坏死、溃疡等，有可能引致肺、肠和脑膜的急性感染，并可伴发败血症[1]。最可怕的是，炭疽传染性极强，发病迅速，且炭疽芽孢的生命力极其顽强，即使深埋几十年后依然还有很强感染能力，一旦环境受到炭疽芽孢的污染，后果不堪设想[4]。

历史上，炭疽芽孢曾多次被用作生物武器，包括臭名昭著的 731 部队就曾在中国人身上试验过炭疽[5]。这些炭疽实验无一例外带来了惨痛后果。例如，二战期间，英国曾在苏格兰北部的格鲁伊纳岛释放炭疽孢子，此后半个世纪，这片被污染的土地成为名副其实的无人区。1986 年，英国痛下决心，往岛上喷洒了 280 吨甲醛，并将严重污染的表层土移除封存。即便如此，风险还是存在，直到 1990 年，英政府才宣布解除戒严[4]。尽管如此，人们对这个小岛也是敬而远之，吐血大甩卖仅需 500 英镑（约 4300 元人民币），卖了 30 年也没卖出去[6]。



图 1. 格鲁伊纳岛上的警示牌



图 2. 曾被炭疽污染的格鲁伊纳岛，只卖 500 英镑无人问津[6]

面对如此可怕的致病菌，快速的检测手段非常重要。传统检测方法包括涂片镜检、分离培养、动物实验等，但这些方法或者耗时较长，或者检测精度较低。特别是，这些方法需要炭疽菌的浓度达到一定程度才能得到较高的精度，如果真遇到危险情况，很可能造成重大损失。

在 2017 年 Science 杂志的一篇文章中，科学家们用全息显微成像技术结合深度学习，成功实现了对炭疽芽孢杆菌的高精度检测，哪怕是一个细菌，也可以把它抓出来[3]。这一成果极大提高了炭疽的检测精度，在医疗、反恐等方面具有重要意义。

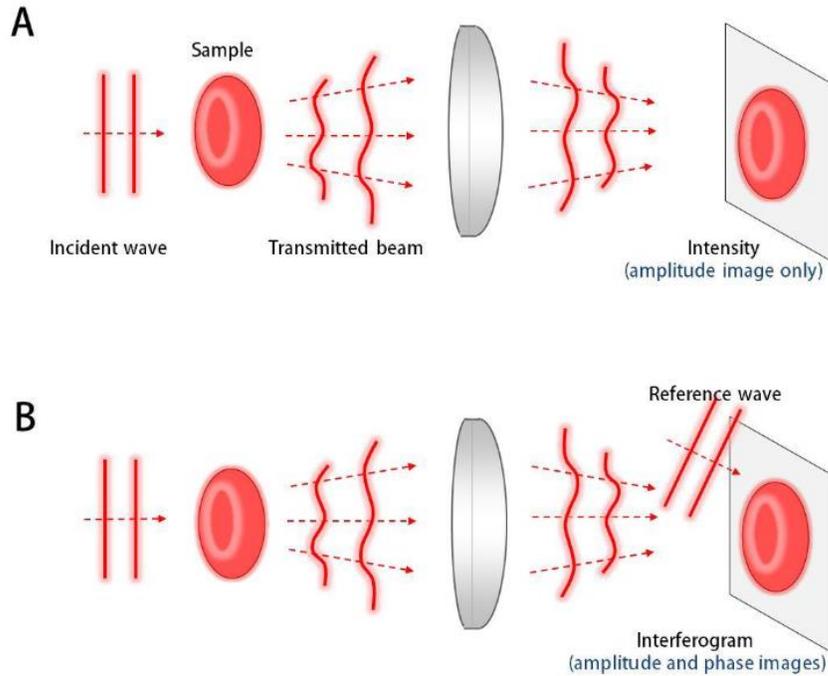


图 2. 上图：传统光学显微镜，只记录光的强度信息；下图：全息显微镜，不仅记录强度信息，还记录相位信息。

什么是全息显微镜呢？我们知道传统显微镜观察的是物体在辅助光源下的明暗变化，这事实上是记录了光的强度信息，如图 1(A)所示。然而细菌实在是太小了，小到很多时候在显微镜下都是透明的。为了解决这一个困难，科学家们研制出了全息显微镜[2]，这种显微镜不仅记录光的强度信息，还记录光在通过物体时的相位改变，如图 1 (B) 所示。因为同时记录了光的强度和相位信息，这种显微镜称为“全息”显微镜。

有了全息显微镜，炭疽菌在镜头前就无所遁形了。如图 2 (A-C) 所示，在全息图中，每种细菌的信息都清清楚楚地显示出来。利用这些信息，科学家们训练了一个深度神经网络来对每个细菌进行种类预测，抓出致命的炭疽芽孢杆菌，如图 2 (D-E) 所示。归功于深度神经网络强大的学习能力，这一模型可得到非常高的预测精度。

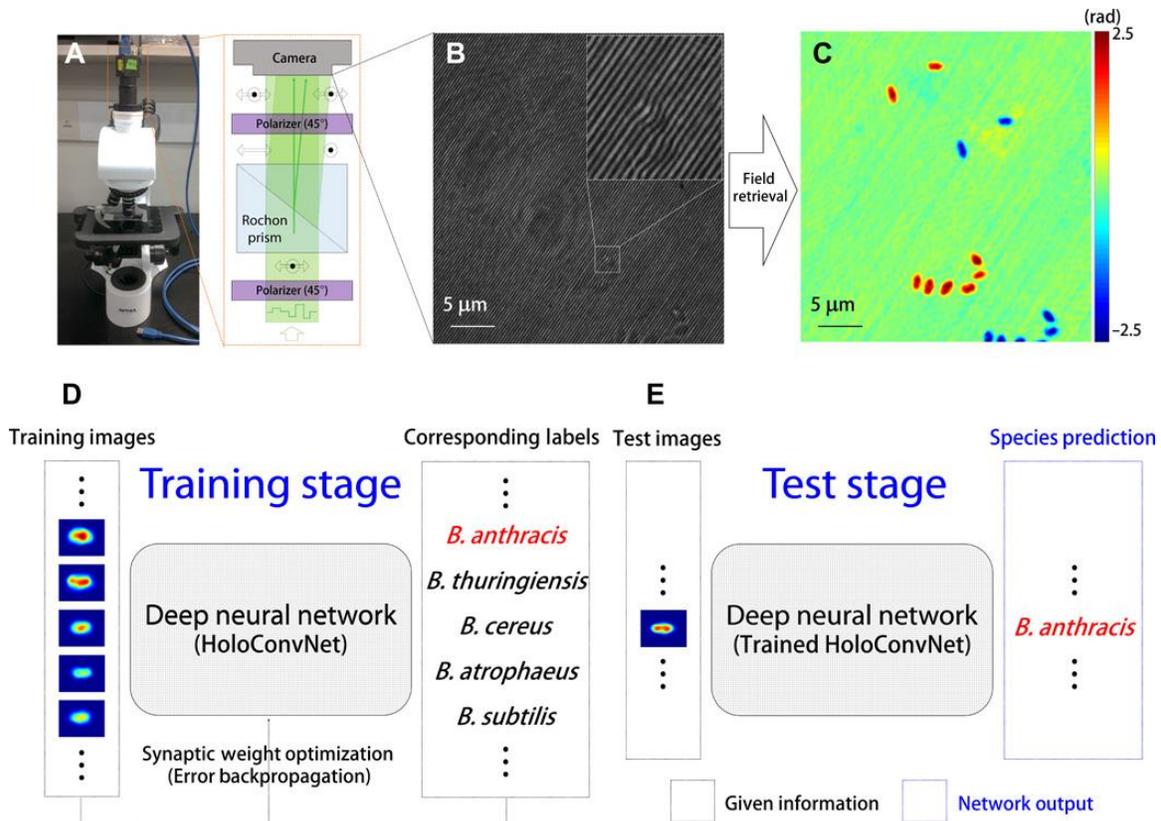


图 3：结合全息显微图像和深度神经网络的炭疽芽孢杆菌预测。A: 全息显微镜设置；B: 全息显微镜下的干涉图；C: 芽孢的相位图；D: 深度神经网络训练；E: 细菌种类预测。

[1] 炭疽病

<https://baike.baidu.com/item/%E7%82%AD%E7%96%BD%E7%97%85/4075660?fr=aladdin>

[2] Lee K R, Kim K, Jung J, et al. Quantitative phase imaging techniques for the study of cell pathophysiology: from principles to applications[J]. Sensors, 2013, 13(4): 4170-4191.

[3] Jo Y J, Park S, Jung J H, et al. Holographic deep learning for rapid optical screening of anthrax spores[J]. Science advances, 2017, 3(8)

[4] 炭疽作为生化武器致死率真的有那么高么？

https://www.zhihu.com/question/34300894?from=profile_question_card

[5] 炭疽芽孢是一种什么样的武器？

<https://zhidao.baidu.com/question/1867058781358235227.html>

[6] https://www.sohu.com/a/323815371_99951564