

中国成功实现“冰封人脑”18个月 “冰冻——解冻”的复活之路 人类还要走多久?

电影《复仇者联盟》里的美国队长在一次打斗行动中坠海被“冰封”，直到数年后才被“解冻”苏醒。那在现实生活中，我们是否也能先把自己“冰封”，再在未来“苏醒”呢?

不久前，上海复旦大学的研究人员宣布，已成功研究出一种使用特制的抑制剂来冷冻保存各种脑类器官或人类脑组织的方法，实现“冰封”人脑18个月后再取出解冻仍保持正常。

据了解，目前全世界已有数百个人选择了将自己的身体冰冻起来，以期穿越至未来得以“复活”，但真正成功的案例依然为零。这条“冰冻——解冻”的“复活”之路还要走多久，依然是未知数。



试图将人体从冷冻到解冻再“复活”仍有漫长的路要走

古老线虫已实现“复活”

2018年，科学家们将在西伯利亚永久冻土中冻结了数万年的古老线虫成功“复活”了。

当时科学家们曾认为，这些古老线虫的生命起始可以追溯到4.2万年前，而在2023年的最新研究中，科学家们通过精确的放射性碳检测技术发现，这些古老线虫至少在4.6万年前就已经在西伯利亚地区存在了，它们一

直保持着“死醒”状态——也叫做“假死”或“隐生现象”。

在“隐生”状态下，生命的新陈代谢能力会被降低到无法检测的水平，相当于给生命按下了暂停键。这样的例子并不少：一种保存了2500万年至4000万年的芽孢杆菌孢子可以重新发芽生长；在古老湖泊中保存的一颗1000年至1500年前的莲花种子，也能

发芽，重新开花；水熊虫、轮虫和线虫等动物都能长期保持“隐生”状态，即使被冰冻了数十年乃至数万年，只要一解冻回到正常温度，它们就能复活，能吃能喝，还能正常繁殖。

此外，即使是再高等一些的动物，比如蛙、蛇、熊之类，它们可以进行冬眠，也能在保持极低新陈代谢水平的状态下持续生命，虽然只有一个冬天

的时间；还有一种生活在阿拉斯加地区的北美林蛙，每年冬眠将近8个月，在-4℃低温条件下冰冻两个月后解冻依然能够存活。

这些似乎都说明，“复活”这件事是可能的。

人类“复活”还不现实

人类能不能也像线虫一样冰冻几万年后再解冻“复活”呢?很遗憾，目前来看，这还是不现实的。

我们应该知道，水变成冰后体积会变大，用瓶子装的水变成冰后很容易就会把原来的瓶子撑爆。人体是由细胞构成，细胞液包裹在细胞壁内，在低温环境下，细胞液会从液态变为固态，这个过程中形成的冰晶会直接损害细胞壁。同时，水分子会慢慢排列成有序晶体结构，这个过程也会排斥本已溶于水的钠盐、钾盐、钙盐等析出，

高浓度的盐分也会让细胞脱水，导致损伤乃至死亡。

前面提到的水熊虫，它们可以将身体蜷缩成桶状，并将身体的含水量降到仅剩3%，几乎等于全脱水状态，成为一具新陈代谢几乎停止的“僵尸虫”。同时，它们的身体能制造一种海藻糖，会取代身体中的水分，防止体液形成冰晶损害细胞。而阿拉斯加林蛙则是通过体内尿素和葡萄糖改变体液浓度，有效降低体液冰点，这样一来，就可大大减少体内结冰水的总量，避

免细胞受伤害。这里提到的海藻糖、尿素和葡萄糖等能防止冰晶出现进而损害细胞的物质，都可称为“冷冻保护剂”。

人工冷冻的第一步，通常就是尽可能减少被冰冻生物的水分，并灌入已注入了甘油等复杂成分的冷冻保护剂，这样就能在生物苏醒后尽可能提高细胞的存活率。

能在自然冰冻中“复活”的脊椎动物不少，像青蛙、蛇、蝾螈、海龟等，都是冷血变温动物。人类作为恒温动物，

无法像这些动物一样快速脱水，也无法自然调节体内“冰冻保护剂”的浓度，人体体温一下降就会出问题，做不到将新陈代谢能力降至最低。而且，即便“冰冻——解冻”后的细胞存活率高达99%，但对于有将近860亿个神经元的人脑来说，也会有8.6亿个神经元死亡，这可能也会影响大脑精密运作的正常功能。所以，从目前的技术来看，仍无法令人类在“冷冻”后再“复活”。

大脑冻存技术发展到什么程度了?



首例“冷冻人” (资料图片)

或许可以这样设想，如果只把意识和相关的大脑保存下来，那么肉体是由碳基构成还是由机械的硅基构成其实都无所谓——“我”还是“我”，就

跟科幻小说《三体》里的角色云天明一样，即便肉体完全消失，只要大脑在，依然能思考。但人类的大脑如何才能被冷冻保存呢?这项技术如今发展到什么程度了呢?

2015年，美国脑保护基金会资助的21世纪医学实验室对兔子进行了完整的醛稳定冷冻保存手术。具体操作为：用戊二醛灌注活体兔的颈动脉固定兔脑，然后在几个小时内缓慢灌注浓度不断增加的乙二醇，最后在-135℃下冷冻。冰冻的大脑被重新加热解冻后，研究人员从大脑切片上观察发现，大脑的结构保存得非常好，突触也很清晰，神经细胞基本没有损伤。

同样方法处理的仓鼠大脑，在出现60%结晶的情况下，解冻后也依然可以被唤醒。

不久前，上海复旦大学邵志成博士的研究团队宣布，他们成功用一种选择性抑制剂来冷冻保存各种脑类器

官或人类脑组织的方法，实现“冰封”人脑18个月取出解冻并恢复正常活力，该方法不会破坏神经细胞结构或影响神经功能活动。这种方法能够实现保护突触功能并抑制内质网介导的凋亡途径，从而大规模且可靠地储存多种神经类器官和活体脑组织。有科学家由此大胆预测：几十年或几个世纪后，绝症患者或可以被冷冻保存，等待有治愈方法的那天再解冻“复活”并得到医治。

早在1967年4月，美国加州大学心理学教授詹姆斯·贝德福德教授因为晚期肾癌逝世，生前他就决定将遗体进行低温冷冻储藏，他去世后，遗体被仓促地放入一个注入-196℃液氮的特制金属容器中。2024年6月，科学家们将贝德福德教授的遗体解冻，发现他的大脑与身体已损毁严重，生命已然不可能重启。但该实验留下了非常珍贵的解冻数据。

美国目前拥有两家最大的人体冷藏公司，据他们透露，目前全世界已有数百人授权将自己的身体冰封在-196℃液氮罐中，等待“复活”。但至今依然没有解冻成功的案例。而绝大多数“冷冻人”生前便已是老年人，有些还患有绝症和严重疾病，他们自身条件的不理想往往会进一步降低“解冻”的成功率。

关于“复活”，需要人类思考的问题还有很多。比如，假设人体保存技术能够成功应用，人人都有机会进入冰柜“休眠”，但在几万年的未来“复苏”后，未来的人类会欢迎一个观念、技能皆落伍的“过去人”吗?倘若看管“冷冻人”的公司破产，谁又来负责这些“冷冻人”的“生命安全”呢?显然，人体“冰冻——解冻”实现“复活”的愿望，无论是在技术、伦理还是法律方面，都还有很远的路要走。

据科普中国