

冰冻青蛙的秘密生活

耐寒蛙类展现出一系列复杂的适应性特征，完美地适应了阿拉斯加严酷的冬季。

新闻来源

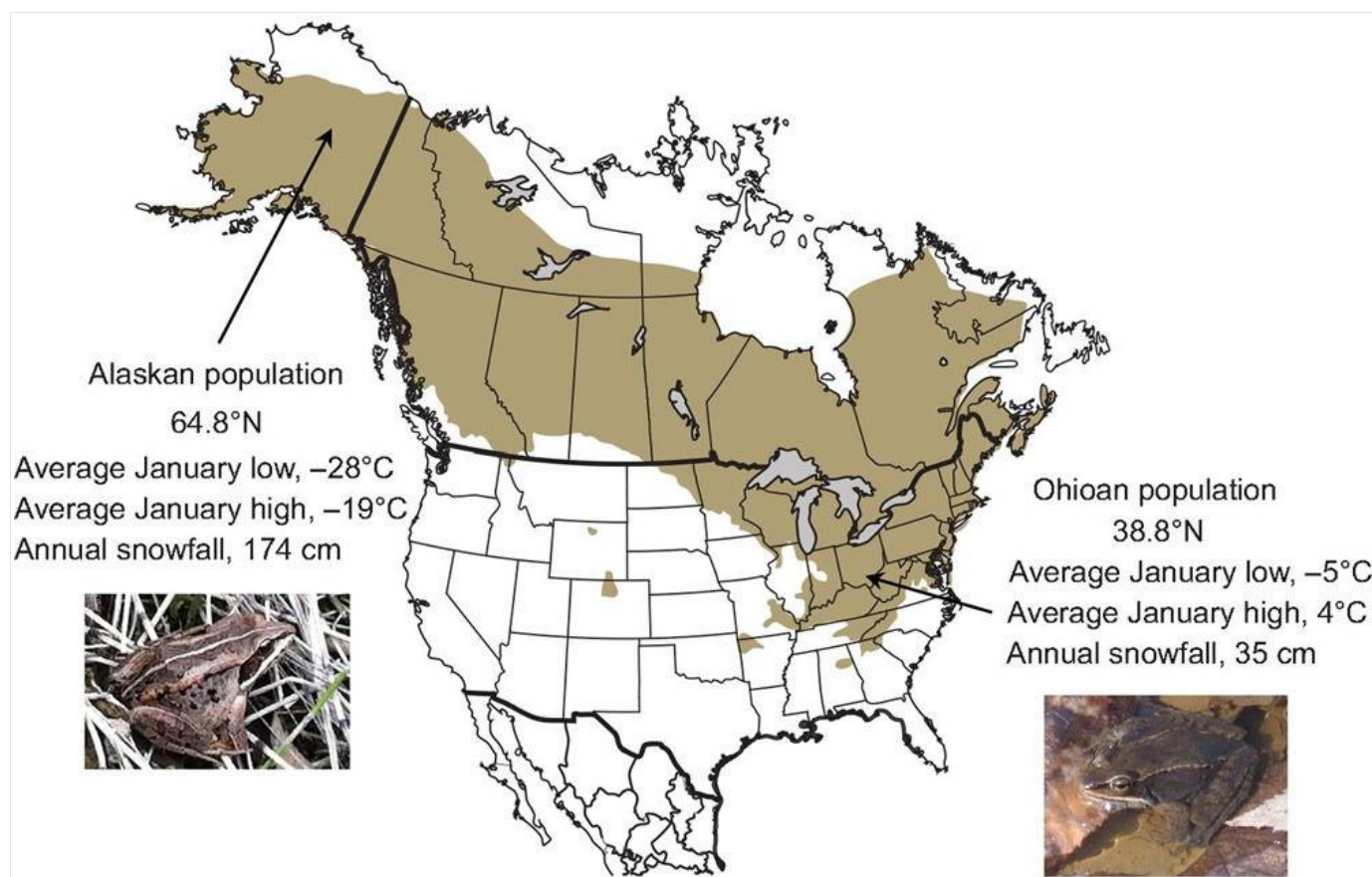
- [《代顿每日新闻》](#)：[迈阿密研究人员研究能被冻住然后解冻复活的青蛙](#)

阿拉斯加林蛙能够耐受冰冻和解冻，其生理机能之精妙令人联想起科幻小说中“假死”的场景。最近一项研究对比了阿拉斯加林蛙和同种的俄亥俄州林蛙，揭示了它们一些独特的适应机制。虽然一只冰冻后在春天苏醒的林蛙并不能为未来冷冻人类提供方法，但它身上那些冰冷的秘密或许能为冷冻移植器官的技术提供启示。

如何冷冻青蛙

阿拉斯加林蛙（*Rana sylvatica*）体长约两英寸，[分布](#)于美国东南部至阿拉斯加一带。这种蛙类仅能躲在地面的碎屑下，免受极寒空气的侵袭，却能在低于零下 18 摄氏度（零下 0.4 华氏度）的低温下存活。¹ 其体内三分之二的水分会从器官中抽取，储存在腹部、淋巴系统和皮下，最终冻结。此时，蛙类停止呼吸，心脏也停止跳动。“心脏停止跳动后，细胞无法获得

氧气，二氧化碳也无法排出体外，”俄亥俄州迈阿密大学的动物学家乔恩·科斯坦佐（Jon Costanzo）说道，“它们处于一种极其危险的状态，体内所有细胞都必须在没有氧气的情况下生存。”



林蛙 (*Rana sylvatica*) 分布范围从佐治亚州北部到阿拉斯加。阿拉斯加林蛙表现出非凡的耐寒性。图片来自 J. Costanzo 等人，“北方林蛙种群的冬眠生理、冻融适应和极端耐寒性”，《实验生物学杂志》 216 (2013): 3461 - 3473, [doi:10.1242/jeb.089342](https://doi.org/10.1242/jeb.089342)。

科斯坦佐实验室里的阿拉斯加林蛙能够耐受长时间的冰冻——在零下 4 摄氏度（24.8 华氏度）的低温下存活两个月——以及零下 16 摄氏度（3.2 华氏度）的低温和多次冻融循环，就像它们在野外经历的那样。

²经历如此严寒的条件后，林蛙的心脏会恢复跳动。它们会在两天内恢复正常的活力，并立即精力充沛地寻找配偶，以确保物种的延续。“这种蛙是北美所有蛙类中繁殖最早的，”科斯坦佐说，“它们在二月份就开始繁殖。”

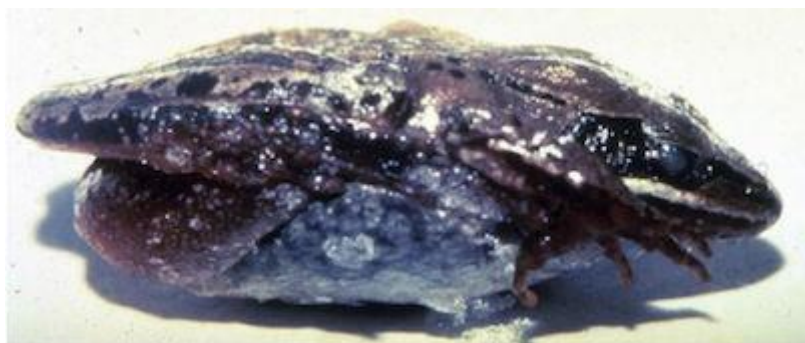
只有少数冷血脊椎动物——例如东部箱龟、一些蜥蜴和蛇类以及少数几种蛙类——在被冷冻后能够正常复苏。研究人员怀疑阿拉斯加林蛙极强的耐寒能力是普通蛙类生理适应的一种夸张表现，而俄亥俄林蛙的耐寒能力则远不及阿拉斯加林蛙。科斯坦佐的团队将阿拉斯加林蛙冷冻至 -16°C (3.2°F) 后成功使其复苏，这个温度比俄亥俄林蛙能够耐受的温度低 10 到 13°C 。

冰晶会损伤细胞和脆弱的组织，因此，如果动物的器官脱水，其耐冻性就显得尤为重要。此外，器官内剩余液体的冰点也需要降低，以防止其冻结。动物体内的抗冻剂通过降低其溶解的液体的冰点，并将水分吸引到可以安全冻结的地方发挥作用。然而，不同耐冻动物的生物抗冻剂的具体成分各不相同。

林蛙体内积累的化学冷冻保护剂混合物与其他耐寒蛙类（如灰树蛙属 *Hyla*）体内积累的冷冻保护剂不同。⁴ 灰树蛙通过积累大量的葡萄糖和甘油来过冬。而阿拉斯加林蛙则在其体液中积累大量的

葡萄糖、尿素以及至少一种尚未鉴定的*渗透调节化合物*。（*渗透调节剂*是影响体液平衡的分子；它们的存在——像任何溶质一样——也会影响其溶解液体的冰点。）

阿拉斯加林蛙的肝脏中会积累大量的*糖原*（一种类似葡萄糖分子链的复杂糖类）。科斯坦佐博士说：“这种蛙就像一个行走的肝脏。”⁵当气温下降时，部分糖原会转化为葡萄糖。血液、大脑和其他器官中高浓度的渗透调节物质，如尿素和葡萄糖，可以防止冻伤。大部分尿素来自肌肉萎缩，按理说，肌肉萎缩应该会让动物醒来后感到虚弱和饥饿。然而，林蛙在冬眠期间并不消耗储存的糖原作为能量。相反，一旦被冻住，它们的代谢几乎停止，从而将糖原作为随时可用的能量来源，等待复苏。一旦解冻，使林蛙适应冬季的大量代谢“异常”就会逆转，使林蛙的生物化学在五天内完全恢复正常。⁶



这只“冰冻蛙”如果掉在地上会发出“砰”的一声。它体内三分之二的水分都已冻结。按照正常标准来看，它的体液生化状态严重失衡，器官脱水，停止

呼吸，心脏也停止跳动。然而，在二月冰雪融化后的两天内，它就能交配了。图片由 Evelyn Dietz 提供，来自 ScienceMag.org。



这些图片展示了一只阿拉斯加林蛙在 -2°C 低温下 24 小时后的复苏过程。第一张照片拍摄于解冻仅 28 分钟后，此时林蛙的皮肤和周围组织开始融化。三个小时后，林蛙的眼睛开始眨动。不到四个小时，林蛙便开始用肺呼吸。大约六个小时后，它开始活动四肢。第二张照片拍摄于十小时后，此时林蛙的行为已恢复正常。图片来自 www.units.muohio.edu 网站上的延时视频。

共享标题

融合式冷冻保存？

研究人员写道：“尽管我们已经了解一些脊椎动物外温动物（冷血动物）适应低温环境的机制，但对于驱动这一性状进化的因素却知之甚少。”

⁷ 他们希望，更好地理解使这些“冰冻奇观”成为可能的低温生物学机制，能够揭示“耐冻适应进化的重要线索”。⁸对“冰冻蛙”现象的进化解释必须至少包含两个独立的进化学事

件，因为不同蛙类物种的耐冻机制各不相同，而进化论者认为这些物种起源于相隔 7800 万年的不同两栖动物祖先。⁹

这里并没有证明进化史……这些青蛙不仅都是青蛙，而且它们甚至是同一物种的青蛙。

科斯坦佐的研究揭示了许多因素必须完美协同作用才能造就阿拉斯加林蛙的“冰冻蛙”现象，但由于其中一些步骤——例如肌肉萎缩和危险的高血糖水平——本身并不利于生存或繁殖，因此其进化解释仍然难以捉摸。这些因素涉及各种酶活性和主要器官功能的协调改变。¹⁰即使没有通常已知会引发此类变化的生理压力，阿拉斯加林蛙的身体也会发生代谢适应，以使其身体为严寒的冬季做好准备。例如，两栖动物通常在脱水时会积累尿素，但本研究中的林蛙即使在水分充足的情况下也会积累尿素。

¹¹它们的肌肉萎缩并非饥饿所致，而是冬眼前的一种受调控的准备阶段，然而，这些蛙类从冬眠中醒来时精力充沛，不仅没有虚弱，反而立即对产卵产生了浓厚的兴趣。这促使研究人员思考这种适应的进化“成本效益”¹²。因此，低温适应过程中每个复杂的生理步骤究竟能带来哪些生存优势，目前尚不清楚。

研究人员指出，阿拉斯加树蛙的适应性很可能是由尚未确定的遗传因素促成的。耐寒树蛙——即那些利用甘油作为冷冻保护剂的树蛙——是四倍体而非像同属其他树蛙那样是二倍体，这表明该物种内部遗传信息的复制使其能够极端地适应寒冷环境。

¹³虽然阿拉斯加树蛙和俄亥俄树蛙是同一物种，但它们的线粒体 DNA 存在差异，因此可能还存在其他遗传差异。¹⁴

应用我们已知的知识

从实际角度来看，深入了解防止蛙脑和蛙肝冻结的机制，或许有助于医学研究人员找到冷冻人体器官的方法。这将延长可供移植的供体器官的配型和运送至最匹配受者的时间。

这里既没有展示进化史，也没有揭示所谓低温生物学进化适应中众多相互作用的组成部分的进化驱动力。所讨论的青蛙不仅都是青蛙，而且甚至是同一物种。既然上帝在 6000 年前而非数百万年前创造了各种各样功能齐全的两栖动物，那么声称其他物种中不同的低温生物学机制趋同进化就显得毫无必要了。这项研究既没有解释，更没有证明阿拉斯加林蛙低温生物学适应背后的进化驱动力。我们从中看到的，仅仅是即使是这单一物种的青蛙，其基因构成中也存在着某种适应性多样性，正是这种多样性使得我们今天所看到

的生物多样性能够从最初被创造的生物种类中发展而来。

读完这篇文章，你心里是否有一些触动？有没有一些新的想法，或者值得你认真思考的问题？或许，你也开始重新思考自己的信仰和人生的方向。

如果你愿意，现在就可以向上帝祷告，打开心门，成为祂的儿女。祷告不需要华丽的言辞，只要一颗真诚的心。你可以这样祷告：

天父上帝，

今天我来到你面前，愿意立定心志，宣告我相信耶稣基督是我的救主，是我生命的主。我愿意离开过去那些不讨你喜悦的生活方式，求你赦免我的过犯。靠着你的恩典，帮助我学习顺服你、爱人如己，活出你所赐的新生命。求圣灵每天引导我、扶持我，使我一生荣耀你的名。奉主耶稣基督的名祷告，阿们。

如果你已经做了这个祷告，愿你知道，你并不孤单。信仰的道路需要陪伴和成长。鼓励你在自己居住的地方，寻找一间合适的教会，与弟兄姐妹一同聚会、学习和成长。

如果你有任何疑问，或在信仰上需要帮助，欢迎随时写信与我们联系。我们愿意倾听，也愿意与你一同前

行。