

**项目名称：** 鱼类抗冻蛋白基因的起源和低温适应的分子发育机制研究

**提名单位：** 上海市教育委员会

**项目简介：**

项目隶属于水产学科—水产基础生物学研究领域。

温度影响生物的生长、发育、繁殖和抗病等基本的生物学过程，对低温具有强大抵抗能力的性状一直是水产和农业育种的重要目标，而深冻状态下的组织和细胞如何保持细胞结构稳定和高效的功能恢复更是面向未来的发展方向。本团队利用生活于冰冻海水中的南极鱼类为材料，研究抗冻蛋白基因起源和功能演化、解析保持细胞生理稳态的主要生物学过程，并通过对具有不同的低温耐寒能力物种之间多组学比较，揭示了鱼类适应极端低温所产生的多种基因、作用的机理和调控鱼类低温耐受极限的分子和细胞生物学机制，并对一些基因在提升动植物的抗寒能力上的功能进行了验证。项目在生物进化基础理论和抗寒基因的应用基础研究上具有以下突破：1) 解析了多种抗冻蛋白基因的起源过程，推动了新基因起源理论的发展；2) 发现了一类在南极鱼卵中具有抗冻功能的新蛋白，提出了融冰性蛋白抗冻的新机制；3) 发现了南极鱼类通过对一些重要基因的大量扩增实现抗冻和适应低温环境的进化机制，从中鉴定出来的重要基因和信号通路（如 hepcidin, ZPC5 和 TGF-beta 信号通路）为研究鱼类低温适应的分子和细胞机制提供了新的框架。这些结果得到国际同行的高度认可，有的已经收入教科书，代表性论著得到 faculty1000, Journal of Experimental Biology 等的专文推荐，8 篇代表性论文产生的他人引用 257 次。成果得到极地优秀论文奖 2 项，海洋科学技术奖一等奖 1 次。

**主要完成人员：**

1. 排名：1

姓名： 陈良标

技术职称：教授

工作单位：上海海洋大学

完成单位：上海海洋大学、中国科学院遗传与发育生物学研究所

重要科学发现的贡献： 领导团队进行了所列的所有研究，设计了研究思路，提出了抗冻蛋白基因起源的新机制。

2. 排名：2

姓名： 许强华

技术职称：教授

工作单位：上海海洋大学

完成单位：上海海洋大学

重要科学发现的贡献： 领导团队揭示了 TGF-beta 信号通路在鱼类血液细胞对低温适应过程中的作用，揭示了南极鱼类 hepcidin 基因进化的适应性进化。

3. 排名：3

姓名： 彭长连

技术职称：教授

工作单位：华南师范大学

完成单位：华南师范大学

重要科学发现的贡献： 负责指导在植物中验证了南极抗寒基因的功能，完成相关论文。

4. 排名: 4  
姓名: 胡鹏  
技术职称: 博士后  
工作单位: 美国宾夕法尼亚大学  
完成单位: 上海海洋大学、中国科学院遗传与发育生物学研究所  
重要科学发现的贡献: 揭示了斑马鱼的低温响应网络和低温耐受的关键调控基因。
5. 排名: 5  
姓名: 邓成  
技术职称: 教授  
工作单位: 南京师范大学  
完成单位: 中国科学院遗传与发育生物学研究所  
重要科学发现的贡献: 验证了鱼类 III 型抗冻蛋白通过“避免适应冲突”机制起源的新基因起源机制。
6. 排名: 6  
姓名: 黄巧  
技术职称: 技术员  
工作单位: 湖南丰晖生物科技有限公司  
完成单位: 上海海洋大学、华南师范大学  
重要科学发现的贡献: 揭示了南极卵壳蛋白促进冰晶融化的机制, 参与了多个基因的抗寒功能验证为。
7. 排名: 7  
姓名: 曹立雪  
技术职称: 副教授  
工作单位: 首都医科大学  
完成单位: 中国科学院遗传与发育生物学研究所、上海海洋大学  
重要科学发现的贡献: 发现了卵壳蛋白的抗冻现象, 在斑马鱼上验证了卵壳蛋白的抗冻功能, 协助完成了多项相关研究。
8. 排名: 8  
姓名: 陈作舟  
技术职称: 高级工程师  
工作单位: 上海海洋大学  
完成单位: 上海海洋大学、中国科学院遗传与发育生物学研究所  
重要科学发现的贡献: 设计跨物种的转录组分析流程, 参与转录组分析。
9. 排名: 9  
姓名: 张俊芳  
技术职称: 教授  
工作单位: 上海海洋大学  
完成单位: 上海海洋大学、中国科学院遗传与发育生物学研究所  
重要科学发现的贡献: 参与构建南极鱼基因芯片, 参与南极鱼类的比较基因组杂交研究。
10. 排名: 10  
姓名: 沈玉  
技术职称: 高级工程师  
工作单位: 中国科学院遗传与发育生物学研究所

完成单位：中国科学院遗传与发育生物学研究所

重要科学发现的贡献： 构建了多种抗寒基因的转斑马鱼模型，协助其他完成人开展研究工作。

11. 排名：11

姓名： 翟万营

技术职称： 工程师

工作单位： 上海海洋大学

完成单位： 上海海洋大学

重要科学发现的贡献： 完成多个地点的南极样品采集，协助项目管理，协助完成多个课题。

12. 排名：12

姓名： 江守文

技术职称： 工程师

工作单位： 上海海洋大学

完成单位： 上海海洋大学

重要科学发现的贡献： 完成基因组，转录组建库和测序任务。

13. 排名：13

姓名： 吴智超

技术职称： 工程师

工作单位： 上海海洋大学

完成单位： 上海海洋大学

重要科学发现的贡献： 协助开展卵壳蛋白的抗冻活性测试，协助转基因斑马鱼构建。

#### **主要完成单位：**

1 单位名称： 上海海洋大学

排名：1

主要贡献： 发现了卵壳蛋白的抗冻功能，提出了新的抗冻机制，鉴定了一批抗寒相关的基因。

2 单位名称： 中国科学院遗传与发育生物学研究所

排名：2

主要贡献： 揭示了鱼类 III 型抗冻蛋白的起源机制，鉴定了南极鱼类适应低温的基因扩增，为鱼类抗寒研究提供了新方向。

3 单位名称： 华南师范大学

排名：3

主要贡献： 对南极鱼钙调蛋白在植物（如烟草）中表达，研究其对烟草耐寒性的影响，发表相关研究论文。

#### **代表性论文（著作）目录：**

序号	论文专著名称/刊名/作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 年月日	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	引用 总次数	是否 国内 完成
1	Transcriptomic and genomic evolution under constant cold in Antarctic notothenioid fish / PNAS	105(35):12944-12949	2008 年	陈良标	陈作舟, Chi-Hing C. Cheng, 张俊芳	134	是
2	6. Evolution of an antifreeze protein by neofunctionalization under escape from adaptive conflict /	107(50):21593-8	2010 年	Chi-Hing C. Chen, 陈良标	邓成	49	是
3	Adaptive evolution of hepcidin genes in antarctic notothenioid fishes / Molecular Biology and Evolution	25(6):1099-112	2008 年	陈良标	许强华, Chi-Hing C. Cheng, 胡鹏	35	是
4	Evolutionary suppression of erythropoiesis via the modulation of TGF-beta signalling in an Antarctic icefish / Molecular Ecology	24(18):4664-4678	2015 年	许强华, 陈良标	许强华	15	是
5	Neofunctionalization of zona pellucida proteins enhances freeze-prevention in the eggs of Antarctic notothenioids /Nature Communications	7: 12987	2016 年	陈良标	曹立雪, 黄 巧, 吴智 超, 曹冬 冬, 马战领	12	是
6	Transcriptome comparison reveals a genetic network regulating the lower temperature limit in fish / Scientific	6: 28952	2016 年	陈良标	胡鹏	12	是
7	Global identification of the genetic networks and cis-regulatory elements of the cold response in zebrafish / Nucleic Acids Research	43(19): 9198-9213	2015 年	陈良标	胡鹏	13	是
8	The over-expression of calmodulin from Antarctic notothenioid fish increases cold tolerance in tobacco /	521(1): 32-37	2013 年	陈良标	杨娜, 彭长 连	13	是