

## 项目名称： 极地鱼类适应性进化机制研究

**主要完成人：** 1. 陈良标, 2. 许强华, 3. 彭长连, 4. 黄巧, 5. 曹立雪, 6. 陆颖, 7. 邓成, 8. 李文豪, 9. 翟万营, 10. 江守文, 11. 沈玉, 12. 吴智超, 13. 张俊芳, 14. 陈作舟, 15. 彭司华

**主要完成单位：** 上海海洋大学, 中国科学院遗传与发育生物学研究所, 华南师范大学

项目简介：

### 1. 项目所属科学技术领域：

海洋科学—海洋生物学

### 2. 研究内容及特点：

鱼类是极地海洋生物链的重要组成部分,在极地海洋的生物进化和生态平衡中占据重要地位,是极地研究的重要内容。长期以来,本团队主要以南极 *Notothernioidei* 亚目(即南极亚目)的鱼类为对象,针对它们为什么能在长期的零下低温中生存,并快速分化形成冰冻海洋中最优势的鱼类种群这个科学问题开展研究,从新基因起源到基因组进化的层面解析了驱动南极亚目物种适应性辐射(adaptive radiation)的遗传基础;系统地发现和鉴定了鱼类适应低温的重要基因和参与的发育过程;并对一些基因的抗寒功能开展了应用研究,取得了一系列重要的创新性成果。

主要学术贡献和重要创新成果有：

1. 丰富了鱼类抗冻蛋白基因起源的理论。在早期主要申请人揭示南极亚目鱼类抗冻糖蛋白基因‘从头起源’和‘趋同进化’等经典案例的基础上,本项目团队完成了极地绵鲷科鱼类 III 型抗冻蛋白基因起源的研究,提出了‘避免适应性冲突’是新基因起源的又一个重要机制,丰富了新基因起源的理论。
2. 从比较基因组学的角度解析了南极亚目鱼类适应性辐射的遗传基础。通过自制基因芯片和比较基因组杂交,发现和鉴定了 118 个基因的大规模扩增是南极亚目鱼类适应长期冰冻环境的主要进化机制,为筛选抗寒基因指明了方向。
3. 发现南极鱼类的卵壳蛋白家族具有促进冰晶融化的功能,回答了南极鱼卵在缺乏传统的抗冻蛋白下如何避免冰冻致死的悬而未决的问题。
4. 通过多组学的系统比较,揭示了抗过氧化和维持蛋白质稳态是极地鱼类细胞适应低温的两个重要的生物学过程;完成了一个南极物种(*Dissostichus mawsoni*)和一个温带祖先物种(*Eleginops maclovinus*)的全基因组测序,发现南极鱼类通过增强硒蛋白基因家族的蛋白合成以消减低温导致的活性氧分子在细胞内积累的具体机制;发现半胱氨酸和小分子氨基酸含量在调节低温下蛋白质分子的柔性上起重要作用。这些机制对了解其他生物在低温环境下的进化具有普遍意义。
5. 首次从个体发育的角度揭示多条南极鱼类适应低温和高氧环境的信号通路;揭示了

南极冰鱼通过改变 TGF-beta 信号通路抑制血红蛋白发生以保存能量和降低血液粘稠度的机制；解析了一些南极鱼类通过抑制软骨钙化和提高肌间脂肪的产生和积累以实现中性浮力以降低水层中游泳所耗能量的分子发育进化过程。这些通路的阐明为深入研究低温适应分子发育机制奠定了基础。

### **3. 应用推广情况**

获得的抗寒基因已经在烟草，小麦，香蕉等鱼类等物种中验证有效。发表的该方面的论文已经得到广泛的应用和多种学术期刊的高度评价。

### **4. 知识产权情况**

发表论文 27 篇，授权专利：4 项。