淡水鱼类远缘杂交关键技术及应用

提名专家：麦康森、张亚平、印遇龙

提名奖种：科技进步奖

提名意见：

姓名：麦康森　**院士：**中国工程院院士 **单位：**中国海洋大学 **专业：**水产学

提名意见

远缘杂交是重要的鱼类育种方法，然而缺乏系统的理论基础和技术。在鱼类远缘杂交中，如能突破杂交后代的生殖隔离难关，建立可育的品系及新的鱼类种质资源，将在鱼类育种和鱼类进化研究方面具有重要意义。该项目通过长期而系统的研究，揭示了淡水鱼类远缘杂交的遗传和繁殖规律，修正了远缘杂交难以形成可育品系的观点；证明了鲤鲂杂交形成鲫的重要途径；创建了一系列可育的新型四倍体鱼品系和二倍体鱼品系，形成了新的鱼类种质资源；建立了一步法育种技术和多步法育种技术，并用这两种育种共性技术研制了多个优良鱼类并进行了推广养殖，产生了显著的经济和社会效益。另外，该项目还证明了雌性鲤与雄性团头鲂鲂杂交形成鲫的重要途径；这也是非常具有创新性的研究结果。该项目相关技术获得 10 项国家发明专利；在 PNAS、Biology of Reproduction、Science China Life Sciences 等专业期刊发表 54 篇论文（其中 SCI 论文 52 篇）；出版专著《鱼类远缘杂交》；1 个优良新型鱼类获得国家级水产新品种证书；相关研究成果获得了 2015 年度湖南省技术发明奖一等奖。该项目研究成果得到了国内同行专家好评。该项目已达到申报要求，申报材料真实有效。特此推荐申报 2018 年度国家科学技术进步奖。提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

姓名：张亚平　**院士：**中国科学院院士 **单位：**中国科学院昆明动物研究所

专业：生物学

提名意见

由于种间生殖隔离的存在，一般认为远缘杂交难以形成可育品系；另外长期以来缺乏可供借鉴的鱼类远缘杂交规律来指导育种实践。因此系统开展鱼类远缘杂交研究在遗传育种和生物进化等方面都具有重要意义。该项目在淡水鱼类中开展了

31 个远缘杂交组合的系统研究，获得了 25 个具有存活后代的杂交组合，揭示了淡水鱼类远缘杂交过程中重要的遗传和繁殖规律，并以此为基础研制了一系列可育的新型四倍体鱼品系和二倍体鱼品系（其中证明了鲤鲂杂交形成二倍体鲫品系的重要途径），形成了新的鱼类种质资源，修正了远缘杂交难以形成可育品系的观点；建立了一步法育种技术和多步法育种技术，利用这两种共性技术研制了多个优良鱼类，推广后产生了显著的经济和社会效益。该项目的相关技术获得 10 项国家发明专利；研究成果在 PNAS、Biology of Reproduction 等专业期刊发表 54 篇论文（其中 SCI 论文 52 篇）；出版专著《鱼类远缘杂交》；1 个优良新型鱼类获得国家级水产新品种证书。该项目研究成果在国内外同行业中处于领先水平，获得了 2015 年度湖南省技术发明奖一等奖。该项目已达到申报要求，申报材料真实有效。特此推荐申报 2018 年度国家科学技术进步奖。提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

姓名：印遇龙 **院士：**中国工程院院士 **单位：**中国科学院亚热带农业生态研究所
专业：畜牧、兽医科学

提名意见

杂交是育种的重要方法，然而动物杂交育种的规律性如何？长期以来缺乏系统的研究。该项目在鱼类的远缘杂交方面开展了系统的研究，以染色体数目为 48 和 100 的淡水重要经济鱼类为主要研究对象，揭示了淡水鱼类远缘杂交的遗传和繁殖规律；证明了鲤鲂杂交形成鲫的重要途径；创建了一系列可育的新型四倍体鱼品系和二倍体鱼品系，形成了新的鱼类种质资源，修正了远缘杂交难以形成可育品系的观点；建立了一步法育种技术和多步法育种技术，用这两种育种共性技术研制了多个优良鱼类并进行了推广养殖，产生了显著的经济和社会效益。该项目相关技术获得 10 项国家发明专利；在 PNAS 等专业期刊发表 54 篇论文（其中 SCI 论文 52 篇）；出版专著《鱼类远缘杂交》；1 个优良新型鱼类获得国家级水产新品种证书；相关研究成果获得了 2015 年度湖南省技术发明奖一等奖。该项目研究成果对鱼类遗传育种具有重要的指导作用，在国内外同行业中处于领先水平。该项目已达到申报要求，申报材料真实有效。特此推荐申报 2018 年度国家科学技术进步奖。提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

项目简介

远缘杂交可以使不同鱼种的基因组组合在一起，导致杂交后代的表现型和基因型发生显著改变，是创制优良鱼类的重要方法。长期以来，鱼类远缘杂交育种缺乏系统的理论指导，在实际操作中存在盲目性，导致育种的成功率低。该项目通过长期而系统的研究，揭示了淡水鱼类远缘杂交的遗传和繁殖规律；证明了鲤鲂杂交形成鲫的重要途径；创建了两性可育的新型四倍体鱼品系和二倍体鱼品系，形成了新的鱼类种质资源，修正了远缘杂交难以形成可育品系的观点；建立了一步法育种技术和多步法育种技术；用这两种育种共性技术研制了一批优良鱼类并进行了推广养殖，产生了显著的经济和社会效益。该项目主要科技创新点如下：

1. 揭示了淡水鱼类远缘杂交的遗传和繁殖规律。当母本染色体数大于父本染色体数时，可形成同源四倍体和二倍体鱼品系；当母本染色体数等于父本染色体数时，可形成异源四倍体和二倍体鱼品系；当母本染色体数小于父本染色体数时，难以获得存活后代；在分子水平揭示了杂交品系的遗传特性，发现嵌合基因是杂交鱼品系共有的遗传特性，有利于降低不同物种的遗传物质之间的不协调性；证明了四倍体鱼和二倍体鱼杂交品系的两性可育性，发现异源四倍体鱼（4n=148）产生的同源二倍体配子和同源三倍体配子是形成同源四倍体鱼（4n=200）品系的重要原因；二倍体杂交鱼品系产生单倍体配子及其受精形成了二倍体鱼品系。以上研究为鱼类远缘杂交研究提供了重要的理论支持。

2. 研制了杂交鱼类品系，创建了新的鱼类种质资源。以鱼类远缘杂交的遗传和繁殖规律为基础，突破远缘杂交 F_1 代生殖难关，研制了可代代相传的 3 个同源四倍体鱼品系和 7 个二倍体鱼品系，证明了鲤鲂杂交形成鲫的重要途径；创建了新的鱼类种质资源，修正了远缘杂交难以形成可育品系的观点。

3. 建立了鱼类远缘杂交关键育种技术。以鱼类远缘杂交的遗传和繁殖规律为基础，建立了一步法育种和多步法关键育种技术。一步法育种技术为：在双亲染色体数目相同前提下，选育具有杂交优势 F_1 群体的育种技术。多步法育种技术为：建立源于远缘杂交的可育杂交品系并用之制备优良鱼类的育种技术。利用这两种技术研制了 5 个新型三倍体鱼和二倍体优良鱼类；2013-2017 年，累计生产优良二倍体和三倍体鱼苗种 18.34 亿尾，推广养殖面积 1200 多万亩，产生了显著的经济和社会效益。

该项目获得了国家公益性行业（农业）科研专项资金、国家自然科学基金重点项目等课题的资助；相关核心技术获得 10 项国家发明专利授权；在 PNAS、Biology of Reproduction、Science China Life Sciences 等专业期刊发表 54 篇论文（其中 SCI 论文 52 篇）；出版专著《鱼类远缘杂交》；1 个新型优良鱼类获得国家级水产新品种证书；相关研究成果获得了 2015 年度湖南省技术发明奖一等奖。

客观评价

1. 学术性评价意见

该项目中有关淡水鱼类远缘杂交遗传和繁殖规律的文章（论文题目：Polyploid organisms）发表在 SCIENCE CHINA Life Sciences（2012）。中国科学杂志社于 2015 年评价如下："为感谢和表彰对《中国科学：生命科学》（SCIENCE CHINA Life Sciences）的发展做出突出贡献的编委和作者……因您的文章'Polyploid organisms'对本刊影响力提升贡献突出，经编辑部提名、正副主编会讨论，您被评选为《中国科学：生命科学》（SCIENCE CHINA Life Sciences）'优秀作者'"。该文被引用 23 次（其中他引 15 次）。

2. 鉴定结论

全国水产原种和良种审定委员会委派桂建芳院士等专家对该项目用一步法育种技术研制的"鳊鲴"（现名鳊鲴杂交鱼）进行现场审查，专家组一致认为："该品种体型介于亲本团头鲂和黄尾密鲴之间，其头小、背高、肉厚，生长速度平均比母本团头鲂快 11.7%，比父本黄尾密鲴快 37.5%……中试养殖，经济和社会效益明显……。

湖南省畜牧水产局组织麦康森院士等一批专家对该项目用多步法育种技术研制的"翘嘴鳊"（现名杂交翘嘴鲂）进行了品种评审，评审委员会一致认为："翘嘴鳊遗传了团头鲂的草食性，具有耐低氧、抗应激能力强的特点……具有优良的养殖经济性状"；"……在常规池塘养殖条件下，成活率达 70%以上，亩产在 1000 公斤到 1320 公斤之间，比父母本增产效益显著"；"评审委员会一致认为：翘嘴鳊是一种优良的养殖对象"。

全国水产原种和良种审定委员会委派桂建芳院士等专家对该项目用多步法育种技术研制的"杂交翘嘴鲂"进行现场审查，专家组一致认为："杂交翘嘴鲂

在湖南、江苏等地中试应用，……增产效益显著，养殖效果好，深受养殖户和消费者的喜爱”。

湖南省畜牧水产局组织朱作言院士等一批专家对该项目用一步法育种技术研制的“合方鲫”进行了品种评审，评审专家组一致认为：“合方鲫制种中的受精率和孵化率分别为90%和80%以上，可以满足规模化生产的要求……”;“合方鲫杂交特征表现在体背高……其体型、体色、肉质和口感接近野生鲫鱼，其具有很好的市场前景”;“合方鲫具有母本的快速生长性状，又具有耐低氧、抗病性强等优良性状……亩产在1000公斤以上……经济效益好，深受养殖者和消费者的喜爱”;“评审专家组一致认为合方鲫是一种优良的新型杂交鲫鱼”。

3. 国内外重要科技奖励

该项目主要研究成果“鱼类远缘杂交技术体系的创建及应用”获得了2015年度湖南省技术发明奖一等奖。

推广应用情况

该项目运用一步法和多步法共性育种技术研制的鳊鲴杂交鱼、杂交翘嘴鲂、合方鲫和异源三倍体鲤等优良的二倍体、三倍体鱼类已在湖南、江苏、广东、广西、江西、福建和重庆等地进行推广养殖，得到了有关水产企业和广大养殖户的好评（**附件三**）。2013-2017年间，累计生产苗种18.34亿尾，推广养殖面积1200多万亩，产生了显著的经济和社会效益（**附件五-28**）。

主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
湖南湘云生物科技有限公司	一步法/多步法育种技术	2013-2017	杨军森/13875192339	累计生产鳊鲴杂交鱼苗种0.7亿尾，合方鲫苗种5.6亿尾、杂交翘嘴鲂苗种0.6亿尾，异源三倍体鲤苗种2.9亿尾，推广养殖面积500多万亩。
苏州市毛氏阳澄湖水产发展有限公司	多步法育种技术	2013-2017	毛觉生/13806135208	五年累计生产生产杂交翘嘴鲂苗种3.2亿尾，推广养殖面积200多万亩。
大丰盛兴水产品有限公司	一步法育种技术	2013-2017	盛亚民/13905113682	五年累计生产生产鳊鲴杂交鱼苗种2.1亿尾，推广养殖面积130多万亩。
广州市金洋水产养殖有限公司	一步法育种技术	2013-2017	潘淦/13802652829	五年累计生产生产合方鲫苗种2.3亿尾，推广养殖面积140多万亩。
常德启腾水产服务有限公司	一步法育种技术	2013-2017	夏腾/18890738783	销售合方鲫和鳊鲴杂交鱼寸子2600多万尾，推广水面达13000多亩。
三明市牧渔良种繁育场	一步法育种技术	2013-2017	刘源泉/13950981363	五年来累计引进鳊鲴杂交鱼苗种400万尾、新型鲫鱼合方鲫苗种500万尾，推广养殖面积3000多亩。

南昌神龙渔业开发有限公司	一步法育种技术	2013-2017	龚小荣/15083517652	鳊鲴杂交鱼具有生长速度快、抗逆性强、含肉率高等优点；合方鲫体型、体色、肉质和口感接近野生鲫鱼。
重庆市旭邦渔业有限公司	一步法/多步法育种技术	2014-2017	吴斯斌/13983220649	四年累计引进鳊鲴杂交鱼苗种 350 万尾，异源三倍体鲤苗种 200 万尾，累计推广养殖水面达 3000 多亩。
公安县城关渔场	一步法/多步法育种技术	2013-2017	盛春立/13094206516	养殖杂交翘嘴鲌及鳊鲴杂交鱼能明显提高养殖效益，每亩比传统的养殖四大家鱼增收 1500-2000 元。
长沙市望城乔口渔场	一步法/多步法育种技术	2013-2017	胡新念/13348614426	鳊鲴杂交鱼和杂交翘嘴鲌的引进，大大改善了我场以前传统养殖方面效益低下的产业结构，每亩经济效益增加了 1000-1200 元。
安乡县大北农长林水产养殖农民专业合作社	一步法/多步法育种技术	2014-2017	夏长林/13974200021	累计养殖鳊鲴杂交鱼苗种 640 万尾，累计推广养殖水面将近 4000 亩。鳊鲴杂交鱼亩产可达到 1100 公斤以上，每亩纯利润 3500 元左右。
泗洪县绿湖水产养殖专业合作社	一步法育种技术	2012-2014	王刚/18657013955	鳊鲴杂交鱼生长速度快、肉质细嫩、含肉率高、抗病力强，每亩的纯利润可达 3000 元以上。
苏州市漕湖水产生态养殖场	一步法育种技术	2012-2016	姚建荣/13507455938	鳊鲴杂交鱼生长速度快，平均亩产不低于 1100 kg。
佛山市顺德区勤鹭水产苗种有限公司	一步法/多步法育种技术	2014-2016	何伟华/13318369088	引进异源三倍体鲤水花 600 万尾及合方鲫水花 1500 万尾，计推广养殖面积约 12000 多亩。
广西南宁道源渔业开发有限公司	鳊鲴杂交鱼	2012-2016	屈培坚/15296497834	引进异源三倍体鲤苗种 1500 万尾，合方鲫苗种 2000 万尾，累计推广养殖水面达 20000 多亩。

主要知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
其他	Polyploid organisms	中国	2012,55(4):301-311	2012 年 5 月	无	湖南师范大学	宋灿，刘少军，肖军，何伟国，周易，覃钦博，张纯，刘筠	其他有效知识产权
国家发明专利	两性可育同源四倍体鲫鱼的选育方法及其品系的建立方法、三倍体鱼的选育方法	中国	ZL201410146126.X	2016.05.18	2071990	湖南师范大学	刘少军、覃钦博、刘筠、罗凯坤、张纯、陶敏、肖军	有效
国家发明专利	团头鲂与翘嘴红鲌间杂交品系的建立方法及翘嘴鳊的培育方法	中国	ZL20120534546.6	2014.05.21	1406551	湖南师范大学	刘少军、肖军、刘筠、陶敏、张纯、康雪伟、罗凯坤	有效
其他	Genomic incompatibilities in the diploid and tetraploid offspring of the goldfish × common carp cross	美国	2016,113（5）：1327-1332	2015 年 12 月 15 日	无	湖南师范大学	刘少军、罗静 、任力、张纯 、陶敏、覃钦 博、罗凯坤、肖军、张亚平 等	其他有效的知识产权

国家发明专利	团头鲂与黄尾密鲴间远缘杂交的方法	中国	ZL200810032197.1	2010.12.01	706585	湖南师范大学	刘少军、刘筠、罗凯坤、胡婕、覃钦博、肖军、肖俊	有效
国家发明专利	日本白鲫与团头鲂亚科间远缘杂交的方法和四倍体杂交鱼的应用	中国	ZL201510014027.0	2017.02.22	2385618	湖南师范大学	刘少军、胡方舟、覃钦博、肖军、陶敏、张纯、罗凯坤、王静	有效
国家发明专利	鲤鱼与团头鲂亚科间远缘杂交的方法	中国	ZL201410771279.3	2017.04.26	2464430	湖南师范大学	刘少军、肖军、王石、赵如榕、胡方舟、陶敏、张纯、刘筠、罗凯坤	有效
国家发明专利	鲤鲫杂交鱼的选育方法及其远缘杂交品系的建立方法	中国	ZL201210449585.6	2014.09.07	1435485	湖南师范大学	刘少军、肖军、谢翔、陶敏、张纯、罗凯坤、刘筠	有效
国家发明专利	黄尾密鲴与翘嘴红鲌亚科间远缘杂交的方法	中国	ZL201210449551.7	2014.03.05	1354856	湖南师范大学	刘少军、肖军、陶敏、张纯、罗凯坤、刘筠、谢丽华	有效
新品种	鳊鲴杂交鱼	中国	GS-02-001-2011	2012.04.13		湖南师范大学	刘少军	

主要完成人情况

1. 刘少军，排名 1

行政职务：湖南师范大学生命科学学院副院长

技术职称：教授

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：主持设计和实施本项目，在第一、二、三项科技创新中做出创造性贡献。

2. 覃钦博，排名 2

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：在第一、二、三项科技创新中做出创造性贡献。

3. 陶敏，排名 3

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：在第一项科技创新中做出创造性贡献。

4. 张纯，排名 4

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：在第一项科技创新中做出创造性贡献。

5. 罗凯坤，排名 5

行政职务：无

技术职称：实验室

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：在第二项科技创新中做出创造性贡献。

6. 肖军，排名 6

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：在第三项科技创新中做出创造性贡献。

7. 王石，排名 7

行政职务：无

技术职称：无

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：在第二项科技创新中做出创造性贡献。

8. 胡方舟，排名 8

行政职务：无

技术职称：无

工作单位：湖南师范大学

完成单位：湖南师范大学

对本项目技术创造性贡献：在第二项科技创新中做出创造性贡献。

9. 周工健，排名 9

行政职务：湖南湘云生物科技有限公司董事长

技术职称：研究员

工作单位：湖南湘云生物科技有限公司

完成单位：湖南湘云生物科技有限公司

对本项目技术创造性贡献：在第三项科技创新中做出创造性贡献。

10. 杨震，排名 10

行政职务：湖南湘云生物科技有限公司总经理

技术职称：会计师

工作单位：湖南湘云生物科技有限公司

完成单位：湖南湘云生物科技有限公司

对本项目技术创造性贡献：在第三项科技创新中做出创造性贡献。

主要完成单位及科技创新和推广应用情况的贡献

本项目主要由湖南师范大学和湖南湘云生物科技有限公司合作完成，及科技创新和推广应用情况的贡献如下：

1. 湖南师范大学是国家“211 工程”重点建设的大学、国家“双一流”建设高校。学校在鱼类遗传育种研究方面具有较好的研究基础和研究平台，拥有“发育生物学”国家重点学科，省部共建“淡水鱼类发育生物学”国家重点实验室，农业部“鲤鲫遗传育种中心”，湖南省“鱼类遗传育种中心”及湖南省高校“鱼类遗传育种”产学研合作示范基地。作为本项目的主要完成单位，湖南师范大学为本项目各项科技创新成果的研发给予了人力、物力和财力方面的支持和保障，为本项目中的文章发表、获奖和国家发明专利的法人代表，为本项目中鱼类杂交技术的研究以及优质杂交鱼类的推广和应用起到了重要的推动作用。

2. 湖南湘云生物科技有限公司集科研、开发、生产、贸易于一体，占地 1000 多

亩，拥有国内一流水平的苗种繁育设备和大水面养殖基地。公司长期与湖南师范大学进行科研合作，在优良苗种生产和推广方面具有独特的优势和坚实的基础，具备年产 10 亿尾苗种的生产能力，是国内最大的苗种生产公司之一，也是国内最大的不育三倍体鱼生产公司。作为本项目的完成单位之一，湖南湘云生物科技有限公司为本项目中多种优质二倍体和三倍体鱼的生产、销售和养殖等产业化环节起到了积极的推动作用。

完成人合作关系说明

该项目是由湖南师范大学和湖南湘云生物科技有限公司合作完成，所有完成人均在这两个单位完成相关研究工作，只是参加研究的时间不同。主要完成人员刘少军（2008.01-今）、覃钦博（2008.01-今）、陶敏（2008.01-今）、张纯（2008.01-今）、罗凯坤（2008.01-今）、肖军（2011.01-今）、王石（2012.09-今）、胡方舟（2012.09-今）等同志共同进行了鱼类杂交育种技术研究，杂交鱼遗传特性研究，杂交鱼品系建立和杂交鱼品种的培育等方面的研究工作，合作的主要方式有品种、论文、专利和获奖等。刘少军、覃钦博、罗凯坤、周工健（2008.01-今）、杨震（2010.01-今）等同志共同进行了优质二倍体、三倍体鱼类的中试养殖和推广养殖，合作方式为共同立项。

整个项目由刘少军同志负责总体设计，统一协调，提出项目研究的技术路线和实施方案，负责组织项目的实施、总结和验收等。项目完成人投入了大量的时间和精力进行项目的研究，各成员分工明确、配合密切，做出了自己应有的贡献。