**2017年度国家科技进步奖公示内容**

|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称** | 锂离子电池凝胶聚合物隔膜及功能电解液的制备技术与应用 |
| **推荐单位（专家）意见** | |
| 我单位认真审阅了该项目推荐书材料，审查了完成人资格，确认推荐书内容真实有效，相关栏目符合填写要求，推荐单位、完成人所在单位公示无异议。  　　该项目经过10余年的研究及攻关，在凝胶聚合物隔膜及功能电解液材料方面形成了国内外同行认可的理论成果，开发出一系列具有自主知识产权的凝胶聚合物隔膜及功能电解液制备技术并实现产业化应用，突破了锂离子电池安全性能差、能量密度低、循环寿命短等技术瓶颈。获得广东省科学技术奖一等奖2项，项目获授权发明专利20余件，发表SCI论文70余篇（其中10篇核心论文引用700余次）、中英文著作3部（章）。  　　该项目技术实施产业化应用后，建成40000吨/年的功能电池电解液生产线，以及2000吨/年晶体LiPF6 和6000吨/年液体LiPF6生产线，打破了高品质功能电解液产品和电池级LiPF6锂盐由日本和韩国垄断的局面。成为国际上最大的锂离子电池电解液制造和供应商，国际电解液市场占有率15%以上，国内动力电池市场占有率65%以上。  推荐该项目为国家科学技术进步奖 二 等奖。 | |
| **项目简介（限1200字）** | |
| 动力电池是国家战略性新兴产业“新能源汽车”最重要的技术之一。锂离子电池是最理想的动力电池，但存在安全性差、成本高以及循环寿命不够长等缺点。本项目针对以上问题，在国家和地方政府重要科技项目资助下，基于十多年基础研究积累，并通过产学研合作攻关，开发出一系列具有自主知识产权的凝胶聚合物隔膜和电解液关键材料并实现产业化应用，突破了国际技术瓶颈和壁垒。项目累计申请发明专利60余件（国际发明专利1件、授权国家发明专利20余件），发表论文70余篇（其中10篇核心论文引用次数700余次）、英文著作3部（章）。主要创新内容如下：  一、为达到凝胶聚合物隔膜高导电率和高稳定性、隔膜高强度和与电极材料的相容性、以及聚合物的易加工性等要求，优选分别含有刚性、柔性、稳定性、以及配位作用等功能基团的单体分子，合成活性高、稳定性好、易于成膜的局部交联共聚物，研究聚合物的分子结构、分子量、聚合物溶液的粘度等物理化学性质。  二、以低成本的聚烯烃无纺布为支撑体，结合无机纳米材料的协同掺杂技术，设计及制备出系列具有高导电性、高稳定性及低成本的凝胶聚合物材料并实现产业化应用。在国际上首次报道室温离子电导率高达5.13 mS/cm的凝胶聚合物隔膜，优于传统P(VdF-HFP)基凝胶聚合物隔膜(1 mS/cm)。  三、揭示了有机电解液体系在正、负极材料表面的分解机理，以固体电解质界面膜控制电极材料及电解液的稳定性为主要技术，在国际上首次提出正、负极并行成膜的理念，并构筑出高稳定、高离子导电性、并同时抑制电极材料和电解液分解的界面膜，解决了磷酸亚铁锂低电导率的问题，实现高电压（4.5 V）含镍三元材料、5 V镍锰酸锂正极材料以及高容量硅负极材料的应用。  四、探索了锂离子电池过充电发生爆炸、燃烧以及电解液热分解的本质机理，提出了“电流关闭”、“自由基捕获”、“路易斯碱络合”的技术理念，开发出电解液稳定、防过充、阻燃等功能添加剂，显著提高了电池的安全性能及电解液的热稳定性（3C/12V 充电不爆炸不起火，电解液85℃存放半年不分解、不变色），优于国内外同类技术（2C/12V、3C/10V过充电爆炸起火燃烧）。  五、提出了“免纯化”合成液态六氟磷酸锂（LiPF6）的新工艺与技术，解决了锂盐LiPF6在制备过程中结晶、纯化的难题，显著提高了生产效率，成本低于日本进口产品50%以上，彻底打破了LiPF6长期由日本企业垄断的局面。同时，提出了系列新型电解质锂盐，为电池性能的进一步提高提供了新的解决方案。  本项目技术的产品，国际电解液市场占有率15%以上，国内动力电池市场占有率65%以上。中国动力锂电池（大锂电）年度品牌榜单的前 10 位有8家企业使用本项目产品，包括 BYD、力神、国轩和 ATL前4家。项目整体技术达到国际先进水平，部分技术处于国际领先水平，获广东省科学技术奖一等奖 2项（科技进步奖和发明奖各1项）。项目技术实现了锂离子电池比能量、安全性及低成本的突破，推动了锂离子电池的技术进步，促进了新能源汽车产业的发展。 | |
| **客观评价** | |
| **鉴定意见及检测报告**  “锂离子电池凝胶聚合物隔膜及功能电解液的制备技术与应用”项目针对新能源汽车推广应用的瓶颈问题：动力电池存在安全性差、能量密度不够高、价格昂贵以及循环寿命不够长等缺点，在国家和地方政府重点科技项目资助下，从凝胶聚合物基质及其隔膜、电解液有机溶剂、功能添加剂、支持电解质锂盐等关键材料开展新理论和新技术的研究，开发出了系列具有自主知识产权的凝胶聚合物隔膜及功能电解液关键材料制备和应用技术，突破了锂离子电池存在的技术瓶颈，并于2004 年起在广州天赐高新材料股份有限公司逐渐实现产业化应用。 项目于2006年4月通过了广东省科学技术厅组织并主持的、成果鉴定会，**认为该项目技术处于国内领先水平，该成果于 2007年获广东省科学技术一等奖（科技进步奖）。**  在传统电解液“功能化”研究基础上，为更进一步提高锂离子电池的安全性能并降低电池成本，我们通过聚合物分子层面设计及组成控制、多元交联、纳米颗粒协同掺杂等相关技术的集成，设计及制备出系列具有高导电性、高稳定性及低成本的凝胶聚合物电解质隔膜材料，将液态电解质“功能凝胶化”，同时详细阐明电极\电解质界面的结构和性质，形成新的自主知识产权技术并实现产业化应用。项目“安全低成本凝胶聚合物电解质材料开发与应用”于 2012 年1月通过广东省科学技术厅组织并主持的成果鉴定会，**认为该项目技术水平处于国际先进水平**。项目成果“锂离子电池凝胶聚合物隔膜及功能电解质的设计与制备技术”于 **2012年获广东省科学技术一等奖（发明奖）。**  项目成果形成产品 15个系列，并建立了企业产品标准，产品经广州威凯检测技术研究院检测，其倍率性能、常温循环性能、过充电及针刺等安全性能均达到或超过了国家 GB/T18287-2000的技术标准指标。经用户检测，本项目产品优于国内外同类型产品，部分用户检测报告见附件。  **平台建设及国内专家评价**  本项目技术实施产业化应用后，建成 40000 吨/年的功能电池电解液生产线，以及2000吨/年晶体LiPF6 和6000吨/年液体LiPF6生产线，打破了高品质功能电解液产品和电池级 LiPF6锂盐由日本和韩国垄断的局面。国际电解液市场占有率15%以上，国内动力电池市场占有率65%以上。中国动力锂电池（大锂电）年度品牌榜单的前 10 的 8 家企业使用本项目产品，包括 BYD、ATL、国轩和力神前4家。  项目成果的应用使广州天赐成为国际上最大的锂离子电池电解液制造和供应商，、国家级高新技术企业和创新性试点企业，并获全国优秀民营科技企业民营科技发展贡献奖和上市（002709）。基于项目技术研究和应用基础，组建了“电化学储能材料与技术**教育部工程研究中心**”，于 2009 获得教育部批准建设（批文号：教科函[2009]91号），并于2012年5月顺利通过由教育部组织并主持的专家验收。  **项目形成的研究成果得到国外同行的认可**：  （1）因在电极材料/电解质界面结构设计及性质控制研究形成的国内外影响力，受国家自然科学基金的邀请为新世纪的物理化学--学科前沿与展望（科学出版社）撰写了“电极/溶液界面固体电解质膜的形成与性质控制”章节；受邀为 Lithium Batteries Advanced Technologies and Applications（John Wiely-Sons）撰写了“Electrolytes for Li Ion Batteries with High Voltage Cathodes”章节以及为Electrolytes for Lithium and Lithium-Ion Batteries（Springer）撰写了“Interphases between electrolytes and Anodes in Li-ion Battery”章节；  （2）我们提出的“并行”成膜的理念受到国内外同行的广泛关注，例如，韩国LG引用我们的成果，将丙磺酸内酯应用于5 V的LiNi0.5Mn1.5O4基锂离子电池中，证实 PS 比 VC 具有更加优越的性能（Electrochem. Commun., 2007, 9: 801）；美国军方研究所的国际知名电解质研究专家Kang Xu研究员评价认为“是5 V正极材料电解液的开创性研究，使得5 V锂离子正极材料的应用成为现实”（Chem. Rev.（IF=45.661）, 2014, 114: 11503）；  （3）我们揭示了5 V镍锰酸锂材料电池容量衰减的机理（J. Electrochem. Soc., 2013, 160：A1）上，该论文被Energy & Environ. Sci., J. Phys. Chem. C等国际知名期刊广泛引用，同时也被U.S. Drive在2013年进行评述；  （4）我们揭示了电极/电解液界面结构与储能电极材料能量密度大小的关系（J. Phys. Chem. Letter. 2013, 4: 132），该论文被Nat. Commu.，Nat. Mater., Chem. Rev., Phys. Rev. Lett. 等国际知名期刊广泛引用；  （5）我们阐明了电解液溶剂分子在电极上的分解机理（J. Phys. Chem. B, 2009, 113:5181; 113:16596），已被国际同行作理论和实验研究结果正确性评判标准，如美国 Sandia 国家实验室的溶剂分子于LixMn2O4 (100) 表面的分解机理研究（J. Phys. Chem. C, 2012, 116: 9852）；（6）我们提出的防过充添加剂对电池的保护机理（J. Power Sources, 2008, 184:427）已被用作为电池安全性设计的指导理论，如国际著名的锂离子电池研究学者加拿大 Dalhousie大学的皇家工程院院士Dahn教授课题组在研究锂离子寿命及安全性评估方法中（High Precision Coulumetry as A Technique for Evaluating the Performance and Lifetime of Li-ion Batteries，Doctoral dissertation）；等等。 | |
| **推广应用情况** | |
| 本项目技术实施产业化应用后，建成广州天赐40000吨/年的功能电池电解液生产线，以及广州天赐2000吨/年晶体LiPF6 和6000吨/年液体LiPF6生产线，打破了高品质功能电解液产品和电池级LiPF6锂盐由日本和韩国垄断的局面。国际电解液市场占有率15%以上，国内动力电池市场占有率65%以上；中国动力锂电池（大锂电）年度品牌榜单的前10的8家企业使用本项目产品，包括BYD、ATL、国轩和万向前4家。  **主要应用单位情况**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **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** | **经济效益**  **（万元）** | | 浙江万向亿能动力电动汽车有限公司 | 功能电解质  （90%以上） | 2006.12-  2014.12 | 邱儒芸  18967125362 | 84600 | | 宁德新能源科技有限公司（ATL） | 功能电解质  （总量40%以上） | 2013.6-2014.12 | 黄凯  186-6640-7150 | 500000 | | 天津力神股份有限公司 | 功能电解质 | 2013.1-2014.12 | 赵强  13821610477 | 180 吨/数千万元（逐年递增） | | 比亚迪股份有限公司 | LiPF6锂盐 | 2013.5-2014.12 | 毛夏平  0752-5118888 | 23.64吨LiPF6盐 | | 合肥国轩高科动力能源股份公司 | 功能电解质 | 2013.5-2014.12 | 韦佳兵  13956093798 | \*\* | | Sony Electronics (Wuxi) Co.,Ltd 索尼电子（无锡） | 功能电解质（63吨） | 2014.2-2014.12 | 毕美丽/杨胜芳  85238262/85238270 | 250 | | 深圳市沃特玛电池有限公司 | 功能电解质  （90%以上） | 2010.1-2014.12 | 关蓉蓉  0755-66835999-8088 | 600000 | | 江苏海四达电源股份有限公司 | 功能电解质  （98%以上） | 2006.9-2014.12 | 陆春艳  13912888128 | 68000 | | 珠海市迅达科技有限公司 | 功能电解质  （70%以上） | 2010.12-2014.12 | 陈改  13824111930 | 60000 | | 宁波维科电池有限公司 | 功能电解质  （60%以上） | 2005.9-2014.12 | 代先兰  0574-86819739 | 50000 |   \*\*为公司机密 | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **主要知识产权目录（不超过10件）** | | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 知识产权类别 | | | 知识产权具体名称 | | 授权号 | | 证书编号 | | 权利人 | | 发明人 | 发明专利有效状态 |
| 1 | 发明专利 | | | 自支撑的锂离子电池凝胶聚合物电解质、及专用聚合物及其制备方法和应用 | | ZL200810029569.5 | | 712664 | | 华南师范大学 | | 廖友好，李伟善等 | 有效专利 |
| 2 | 发明专利 | | | 一种自支撑的锂离子电池凝胶聚合物电解质及其制备方法 | | ZL200810219235.4 | | 667464 | | 华南师范大学 | | 廖友好，李伟善等 | 有效专利 |
| 3 | 发明专利 | | | 一种凝胶态聚合物锂离子电池电解质及其制备方法和应用 | | ZL200910040464.4 | | 778577 | | 华南师范大学 | | 廖友好，李伟善等 | 有效专利 |
| 4 | 发明专利 | | | 掺杂纳米粒子的锂离子电池凝胶聚合物电解质及其制备方法 | | ZL200810219236.9 | | 667465 | | 华南师范大学 | | 廖友好，李伟善等 | 有效专利 |
| 5 | 发明专利 | | | 微交联型凝胶锂离子电池聚合物电解质膜及其制备方法 | | ZL200710029861.2 | | 534230 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 王国忠，张若昕等 | 有效专利 |
| 6 | 发明专利 | | | 一种锂离子电池负极成膜功能电解液及其制备方法 | | ZL200510034734.2 | | 374329 | | 华南师范大学 | | 许梦清，李伟善 | 有效专利 |
| 7 | 发明专利 | | | 锂离子电池电解液及其制备方法与含有该电解液的锂离子电池 | | ZL200810198872.8 | | 571505 | | 华南师范大学 | | 梁英，李伟善等 | 有效专利 |
| 8 | 发明专利 | | | 一种动力型锂离子电池用电解液 | | ZL200610122262.0 | | 468385 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 刘建生，左晓希等 | 有效专利 |
| 9 | 发明专利 | | | 用于锂离子电池的阻燃电解液及其制备方法与应用 | | ZL200910193634.2 | | 880280 | | 华南师范大学 | | 许梦清，李伟善 | 有效专利 |
| 10 | 发明专利 | | | 高倍率锂离子电池用电解液 | | ZL200610122263.5 | | 472224 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 刘建生，左晓希等 | 有效专利 |
| 主要完成人情况 | | | | | | | | | | | | | |
| 第（1）  完成人 | | 姓名 | 李伟善 | | 完成单位 | | 华南师范大学 | | 工作单位 | | 华南师范大学 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目的负责人，参与了项目研制开发的全过程，对本项目的主要科技创新点都做出了重要贡献。  证明材料：  创新点一：专利1、2（附件2、3），专利17-19；论文1、9（附件17、21）；著作1、3（附件14、16）  创新点二：专利3、4（附件4、5），专利20、21；论文3（附件18）  创新点三：专利6、7（附件7、8）专利21；论文2、4-6（附件17-19）  创新点四：专利9（附件10）；论文8、10（附件20、21） | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（2）  完成人 | | 姓名 | 徐金富 | | 完成单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 工作单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目主要完成人，对本项目的主要科技创新点三、五做出了重要贡献  证明材料：  创新点三：专利31、32  创新点五：专利33 | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（3）  完成人 | | 姓名 | 许梦清 | | 完成单位 | | 华南师范大学 | | 工作单位 | | 华南师范大学 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目的主要完成人之一，参与了项目研制开发的全过程，对本项目的主要科技创新点三、四、五做出了重要贡献  证明材料：  创新点三：专利6（附件7）； 论文2（附件17）；著作2、3（附件15、16)  创新点四：专利9（附件10）；论文8（附件20）  创新点五：专利33；论文10（附件21），论文59、62 | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（4）  完成人 | | 姓名 | 周顺武 | | 完成单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 工作单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目主要完成人，对本项目的主要科技创新点三、四做出了重要贡献。  证明材料：  创新点三：专利12  创新点四：专利13 | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（5）  完成人 | | 姓名 | 廖友好 | | 完成单位 | | 华南师范大学 | | 工作单位 | | 华南师范大学 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目的主要完成之一，研制出高电导率的凝胶聚合物电解质及其制备与应用技术，对本项目的主要科技创新点一、二做出了重要贡献。证明材料：  创新点一：专利1、2（附件2、3），专利17、18；论文9（附件21）  创新点二：专利3、4（附件4、5）；论文3（附件18） | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（6）  完成人 | | 姓名 | 张利萍 | | 完成单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 工作单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目主要完成人，对本项目的主要科技创新点三、四做出了重要贡献。  证明材料：  创新点三：专利12、24  创新点四：专利13 | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（7）  完成人 | | 姓名 | 邢丽丹 | | 完成单位 | | 华南师范大学 | | 工作单位 | | 华南师范大学 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目的主要完成人之一，对本项目主要创新科技创新点三、四做出了重要贡献。  证明材料：  创新点三：论文24、26、31、33、35；著作3（附件16）  创新点四：论文4、5（附件18、19） | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（8）  完成人 | | 姓名 | 郭守彬 | | 完成单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 工作单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目主要完成人，对本项目的主要科技创新点三、四做出了重要贡献。  证明材料：  创新点三：专利12  创新点四：专利13 | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（9）  完成人 | | 姓名 | 李斌 | | 完成单位 | | 华南师范大学 | | 工作单位 | | 华南师范大学 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目的主要完成人之一，对本项目主要创新科技创新点三、四做出了重要贡献。  证明材料：  创新点三：专利21；论文6（附件19），论文15、20、25  创新点四：论文8（附件20），论文40、47 | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |
| 第（10）  完成人 | | 姓名 | 张若昕 | | 完成单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | 工作单位 | | 广州天赐高新材料股份有限公司 | | |
| 主要技术创新贡献：本项目主要完成人，对本项目的主要科技创新点四、五做出了重要贡献。  证明材料：  创新点四：专利10（附件11）  创新点五：专利22、33 | | | | | | | | | | | |
| 曾获得国家科技奖情况：无 | | | | | | | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **主要完成单位创新推广贡献** | |
| 第1完成单位 | 华南师范大学 |
| 本单位根据国家中长期发展规划的需要，积极组建国家和地方政府战略性新兴产业的核心技术研究团队。我校李伟善教授的研究团队在锂离子电池凝胶聚合物隔膜及功能电解液材料研究与开发方面具有鲜明的特色，该方向是新能源汽车动力电池的关键技术，一直是我校重点支持的方向。  经过10余年的基础研究以及产学研合作攻关，该项目在凝胶聚合物隔膜及功能电解液材料方面形成了国内外同行认可的理论成果，在此基础上开发出一系列具有自主知识产权的凝胶聚合物隔膜及功能电解液材料制备技术并实现产业化应用，突破了锂离子电池安全性能差、能量密度低、循环寿命短等技术瓶颈。项成果广东省科学技术奖一等奖（科技进步奖和发明奖各一项），项目累计申请发明专利60余件（其中国际发明专利1件、获授权发明专利20余件），发表论文70余篇（其中10篇核心论文引用700余次）、中英文著作3部（章）。  该项目技术实施产业化应用后，建成40000 吨/年的功能电池电解液生产线，以及2000吨/年晶体LiPF6 和6000吨/年液体LiPF6生产线，打破了高品质功能电解液产品和电池级LiPF6锂盐由日本和韩国垄断的局面。国际电解液市场占有率15%以上，国内动力电池市场占有率65%以上 | |
| 第2完成单位 | 广州天赐高新材料股份有限公司 |
| 电解液材料对锂离子电池性能起着非常关键的作用，但国内高品质的电解液产品主要依赖进口。公司股东会议决定将功能电解液材料作为公司的重点发展产品，并于2002年初与华南师范大学建立了产学研的合作关系，积极开展功能电解液的创新性基础研究工作，并安排场地、资金和人力对研究成果进行中试。自2004年起，各项技术不断在我公司实现产业化，至2015年底，本单位为功能电解液产业化累计投入1亿余万元，建成40000 吨/年的功能电池电解液生产线，以及2000吨/年晶体LiPF6 和6000吨/年液体LiPF6生产线。  目前我公司已成为国内最大的功能电解液供应商，电解液产品国际市场占有率15%以上，动力电池电解液国内市场占有率65%以上。成为国家级高新技术企业和创新型试点企业，并获全国优秀民营科技企业民营科技发展贡献奖。公司于2014年1月在深圳成功上市（股票代码：002709）。  产品在SONY、万向电动汽车有限公司、深圳比亚迪股份有限公司（BYD）、天津力神电池有限公司等国内外100多家电池企业及科研机构得到广泛应用。是广州亚运会、上海世博会、深圳大运会电动大巴电池电解液主要供应商。应用本项目成果大幅度提升了锂离子电池的性能，尤其是突破了安全性的技术难题，降低了锂离子电池的生产成本，实现了锂离子电池在电动汽车上的应用，因而推动了电动汽车行业发展，能够实现汽车的零排放。 | |
| **完成人合作关系说明** | |
| 本项目由华南师范大学联合广州天赐高新材料股份有限公司作完成，主要完成人为：李伟善、徐金富、 许梦清、 周顺武、 廖友好、 张利萍 、邢丽丹、 郭守彬、 李斌、 张若昕。其中李伟善是华南师范大学“电化储能材料与技术教育部工程中心”负责人，许梦清、廖友好、邢丽丹、李斌是其培养的博士；许梦清、廖友好和邢丽丹目前是教育部工程研究中心的学术带头人，李斌是教育部工程中心的研究骨干；徐金富、 周顺武、 郭守彬、 张若昕和张利萍是广州天赐高新材料股份有限公司的技术骨干。华南师范大学与广州天赐高新材料股份有限公司自2002 年起已建立了深入的合作关系，共同完成多项广东省和广州市的科技重大专项，合作取得多项科技成果，其中2项获得广东省科学技术一等奖（科技进步奖和发明奖各1项），主要完成人为李伟善、许梦清、廖友好、邢丽丹、李斌、徐金富、张若昕、张利萍等。  本项目第一完成人承诺上述的合作关系说明全部属实，如有弄虚假本人愿承担相关责任。  项目第一完成人（签字）： | |