

# “绿色生物制造”重点专项 2021 年度

## 项目申报指南

(征求意见稿)

本专项的总体目标是：以“绿色发展”理念为指导，聚焦生物技术在产业提升中的重大需求，以产业化为导向，重点围绕生物催化剂的创制，进行基础研究-技术创新-产业示范的全链条设计；揭示生物制造“芯片”-核心工业酶和工业菌种的设计原理等基本科学问题，构建具有自主知识产权的核心生物催化剂，建立现代生物制造产业的支撑技术与装备体系，打破国外专利壁垒，解决我国生物造产业的核心技术供给问题；实现大宗化工产品和化工聚合材料的万吨级生物制造生产及精细化学品生物合成路线产业化，解决一批关键短板化工产品的供应瓶颈；建立生物制造技术在发酵、化工、制药、纺织、饲料、食品等行业的应用，形成绿色产业园区示范，取得显著的经济和环境效益；建立引领未来的生物制造前沿技术系统，抢占新一代产业制高点，为创造以生物质为基础原材料的新型生物制造产业链和绿色低碳生物经济格局奠定技术基础。

2021 年本专项将在工业酶创制与应用、生物制造工业菌种构建、智能生物制造过程与装备、生物制造原料利用、未

来生物制造技术路线及创新产品研发以及绿色生物制造产业体系构建与示范 6 个任务部署 16 个研究方向。项目执行期一般为 3 年，应用示范研究类任务为 4 年。

## 任务一、工业酶创制与应用

### 1. 工业多酶催化体系构建与机制研究\*

研究内容：针对具有工业应用背景的多酶体系，基于计算生物学和大数据等工具设计多酶合成途径，通过对设计途径开展热力学研究，以及反应动力学模型验证，发展多酶合成体系精准设计技术；通过自然酶分子机器仿生，研究多酶催化反应途径的协同和强化方法，探索多酶体系限域和区域化效应等对多酶催化体系效率的影响机制；研究多酶体系中自然和人工辅因子（辅酶）强化、再生和对多酶体系的调控作用；发展基于人工载体的多酶组装、自组装体系和调控策略；利用多酶催化构建如人工光合作用等重要前沿问题及若干具有重要工业应用价值的多酶合成体系。

考核指标：建立高效多酶催化体系构建、调控、优化的理论体系；建立 3-5 个国际首创的多酶催化新反应如人工光合作用；建立面向多酶催化、具有自主知识产权的 1-2 种新型通用性多酶组装方法，1-2 种新型通用性人工载体技术，1-2 种人工辅酶的再生与应用；实现 5-10 个基于多酶催化的重要工业生物化学品或者药品的合成，其中 2-3 个完成吨级

（生物化学品）或者公斤级（药品）中试验证。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：基础前沿。

## 2. 可规模化应用的新型工业酶固定化技术\*

研究内容：针对具有工业应用背景的酶固定化体系，探索适合规模化应用的新型通用性酶特异固定化技术；开发适合规模化制备的、结构表面组成孔径尺寸可控的新型通用性酶固定化载体材料；研究酶固定化载体的化学组成、表界面性质等对酶分子结构、稳定性、催化本征和表观动力学、底物和产物传递过程的影响机制；研究酶催化过程中反应器内的流动和传质等对酶催化过程的影响机制，创新酶催化反应器设计和过程强化理论；利用相关新方法、新技术和新过程，研究若干具有重要工业价值生物化学品或者化学催化难以实现的化学品合成体系，推进在医学诊断上的实际应用。

考核指标：建立 1-2 种具有自主知识产权的可规模化应用的新型通用性（至少适用于 10 种或者以上酶，下同）酶特异固定化技术，获得 1-2 种具有自主知识产权的可规模化制备的新型通用性高效酶固定化载体；实现 10-20 个重要精细化学品、医药中间体或者药品的酶催化体系和过程、或者医学诊断应用，其中 2-3 个完成百公斤级固定化酶或者吨级催化产品中试验证，固定化酶应用成本降低 30%，工业操作

条件下固定化酶半衰期达到 1 个月或者以上。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：重大共性关键技术。

### **3. 新型化学-酶偶联催化技术创建与应用\***

研究内容：围绕若干代表性、具有重要产业意义的药物中间体、农药、精细化学品的规模化制备，利用计算生物学等手段对酶基因数据库进行数据挖掘，设计原子经济性高、反应匹配度好的化学-酶组合合成途径，取代或部分取代目前合成过程中污染严重、过程繁杂、成本高的化学催化步骤；探索相关新酶设计和金属-酶偶联催化新方法；发展酶催化选择性、稳定性及活性在偶联应用条件下（pH、温度、介质等）多目标协同进化策略，提升酶的工业条件适应性；研究偶联催化溶剂体系、反应器设计、反应分离耦合、单元反应集成等新方法和新技术，优化化学-酶偶联催化反应过程相容性、适配性和效率；通过新方法和新技术推动有机醇、有机胺、有机酸、氨基酸、天然产物等的绿色制造转型。

考核指标：发展 3-5 种化学-酶偶联新方法、新技术，包括金属-酶复合催化剂；开拓 10 个以上高效、经济的化学-酶偶联催化一锅法合成新工艺，实现公斤级验证；实现 10 个以上包括芳香类氮杂环化合物、单酰胺、胆酸等重要医药、农药、精细化学品及其中间体的化学-酶法偶联高效合成工

艺，其中 2-3 个实现百吨级、1 个实现千吨级的工业化规模生产。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：重大共性关键技术。

#### **4. 新型饲料工业用酶创制\***

研究内容：针对饲料与动物产品安全、新型饲料资源开发利用等产业重大需求，开发新型功能性饲料工业用酶。开展基于大数据分析的新型酶高通量快速筛选、全新蛋白质设计与分子改良技术研究，创新饲料工业用酶的高效表达技术，构建具有自主知识产权的稳定高产的新型饲料工业用酶生产菌株，实现饲料中霉菌毒素脱毒、杀菌益生、非常规饲料蛋白资源高效利用相关酶的低成本生产，建立新型饲料工业用酶的绿色发酵工艺、后加工工艺，创建酶制剂的多元复配技术和配套应用技术。突破新型饲料工业酶制剂研发中的主要技术瓶颈，构建高效的新型饲用工业酶研发平台体系，有效提升我国饲用酶制剂工业的可持续发展能力。

考核指标：创制具有自主知识产权的新型功能性饲料工业用酶不少于 10 种，重点开发漆酶、毒素水解酶等霉菌毒素脱毒相关酶，几丁质酶、吡喃糖氧化酶等杀菌益生相关酶，单宁酶、脲水解酶等非常规饲料蛋白资源高效利用相关酶等。建立新型饲料工业用酶绿色发酵工艺、后加工工艺及应

用技术各 1 套，3-5 种酶实现千吨级产业化生产，建成 1-2 个中试及产业化基地。新型饲料工业用酶应用后，其应用成本不高于 20 元/吨饲料，饲料中黄曲霉素、玉米赤霉烯酮等主要霉菌毒素消除率不低于 90%，带动养殖业新增产值 100 亿元。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：重大共性关键技术。

## **任务二、生物制造工业菌种构建**

### **5. 医用微生物多糖生物制造产业化示范**

研究内容：针对具有重要医学用途的动物源多糖硫酸软骨素、肝素和透明质酸，研究其生物法人工合成新路线和新工艺。选育、重组改造核心生产新菌株，提升微生物发酵合成多糖（前体）的产量；研究微生物多糖（前体）分子量可控合成的机制与方法；研究酶法/化学法进行位点特异性硫酸化、脱硫酸化、异构化、脱乙酰化等糖链修饰方法、糖链修饰酶的高表达与进化改造方法以及衍生多糖分子的结构鉴别方法；探究生物合成多糖产品的生物活性、构效关系和安全性；开发特定分子量分布的微生物多糖（前体）发酵生产、分离提取以及糖链修饰改造的过程强化与系统优化新工艺，完成代表性微生物多糖生产新工艺的产业化示范生产。

考核指标：选育并改造获得具备产业化价值、一般认为

安全（GRAS）的微生物多糖（前体）高产菌株 3~5 株；其中硫酸软骨素前体、肝素前体和透明质酸的实验室规模发酵水平分别高于 25g/L、20g/L 和 35g/L；解析多糖合成关键酶的晶体结构、发现微生物多糖（前体）生物合成及分子量调控的主要催化机制 2 种以上；实现微生物发酵法可控定制合成低分子量多糖（前体），其中硫酸软骨素前体分子量（Mw）不高于 2 万，肝素前体分子量（Mw）不高于 1 万，透明质酸分子量（Mw）在 5 万-50 万区间实现按需可控。建立酶法或化学法进行糖链特定位点选择性修饰新工艺，生物合成多糖产品与目前广泛应用的动物源相应产品具有化学结构、生物活性及使用安全性指标的等价性。获得生产效率高、工艺安全性好的微生物多糖（前体）发酵生产和分离提取新工艺，建立至少 1 条微生物多糖生产新工艺的产业化示范生产线，重组新菌株大规模发酵水平不低于 20 g/L，年产量达到 100 吨（含）以上。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：产业示范研究。

有关说明：其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

### 任务三、智能生物制造过程与装备

#### 6. 工业菌种高通量选育技术及装备\*

研究内容：针对从海量潜在菌株中快速、高效选育高性能工业菌株的重要需求，开发高通量自动化菌株选育的微流控培养、筛选技术与系统。研发基于微流控技术的微液滴细胞培养和分选平台，发展超高通量筛选培养技术及装备；研究在线传感技术，实现微型化培养中基于紫外可见、荧光等光学信号的关键过程参数快速检测，提高培养通量和筛选效率；利用光电膜片开发具有 pH 和 DO 等实时在线参数检测功能的孔板培养装置小型阵列式平行反应器系统；开发菌种筛选培养的大数据采集和智能分析信息系统，研究工业菌种关键质量参数的实验过程优化和过程质量分析，提高关键质量参数优化效率；将微生物菌种超高通量筛选平台和高通量生物过程工艺开发平台应用于典型工业菌种的选育与工业应用测试，显著缩短菌种研发到工业化应用周期。

考核指标：建立 8-10 个通用性强的高通量筛选模型；研制全自动高通量微生物微液滴培养及分选系统 1-2 套，可实现微生物长时间连续传代培养及基于光学信号的目标产物微液滴超高通量分选，细胞分选速度达到 1000 个/秒，通量比传统方法提升 2-3 个数量级；研制 1-2 套具有光电膜片在线 pH 和 DO 检测功能的 24 或 48 孔板培养装置，研制 1-2 套培养体积 500mL 以下的 4-8 个小型阵列式平行反应器系统，实现 7 个以上参数在线检测；开发平行反应器数据库及菌种筛选培养的大数据和过程特性智能分析系统 1 套，符合



工业菌种过程关键参数优化和数据分析要求；将微生物菌种超高通量筛选平台及高通量生物过程研发平台应用于 3-6 种微生物或其产品高产菌株筛选和过程工艺前期开发，1-2 种产品实现产业化推广。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：重大共性关键技术。

## **7. 高附加值生物制品分离关键材料设计、制造及应用\***

研究内容：面向疫苗、病毒载体、抗体、蛋白质、多肽等结构复杂、稳定性低的生物制品的高效分离纯化需求，研发具有自主知识产权的分辨率高、载量高、分离速度快、抗失活的新型分离介质，设计并建立高效的配套的分离纯化工艺，实现高纯度、高活性生物制品的快速制备。包括但不限于：针对病毒样颗粒（VLP）疫苗、病毒载体等超大生物分子结构复杂、分离效率低的问题，开发具有超大孔结构和柔性手臂与配基的新型分离介质，研究疫苗等超大分子在固液界面上的结构变化规律和稳定策略，提高介质载量和疫苗在纯化过程中的稳定性与活性收率；研发粒径均一、高分辨率的新型分离介质，简化分离步骤，提高分离纯化效果；研究分离介质制备过程的放大规律，实现规模化制备；系统研究分离介质的稳定性、再生方法、使用寿命、配基脱落、溶出物等，对介质进行系统验证和评价，为分离纯化工艺开发和

药品申报提供参考；设计和开发配套的分离工艺，利用所开发的分离介质实现多种生物制品的高效分离和应用示范。

考核指标：针对疫苗、病毒载体、抗体、蛋白质、多肽的高效分离纯化需求，突破分离介质的粒径均一性技术、孔道结构调控技术、功能配基设计与可控修饰技术，开发 10 种以上具有高效分离作用、可再生循环使用的超大孔分离介质（孔径 100-1500 nm）、粒径均一高分辨率介质（Span 值小于 0.8）等新型分离材料；建立 2 条新型分离材料的吨级/批次工业生产示范线，实现分离介质的规模化、稳定生产；设计和开发 5 种以上生物制品（疫苗、病毒载体、抗体、蛋白质、多肽等）的高效分离工艺，分离效率提高 30% 以上，分离成本降低 30% 以上，并实现中试规模应用（临床样品制备），并至少实现 1 个生物制品的生产应用示范。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：重大共性关键技术。

#### 任务四、生物制造原料利用

##### 8. 一碳化合物生物转化制备燃料与化学品技术\*

研究内容：针对一碳化合物（指包含一氧化碳、二氧化碳、甲烷等一碳气体）来源广泛但生物利用效率低、转化途径匮乏的难题，构建高效一碳气体利用工程菌株，研究关键酶的反应路径设计及作用机制；围绕多种可再生能源开发关

键使能技术，建立一碳气体制备可发酵液态底物的化学和生物催化路线，实现工程菌株对一碳气体的高效耦合和集成利用；开发设计一碳气体转化生物反应器及智能控制系统，提高一碳气体生物利用效率和碳原子经济性，实现生物转化一碳气体制备能源化学品的中试到吨级规模的产业化示范，推进生物-化学耦联转化一碳气体高效制备燃料和化学品的低碳、绿色技术路线的建设。

考核指标：挖掘并解析 15 个以上影响一碳气体利用的关键酶和代谢途径，开发 5 种以上可高效利用不同可再生能源形式的体内、外酶及反应路径和高效化学催化剂；构建不少于 10 种可高效利用一碳气体或其衍生底物（甲酸、乙酸、甲醇）的合成路径和工程菌株，实现工程菌利用单一气源倍增时间 < 3h、气源碳转化率 >80%、衍生底物利用速率 >1.5g/L/h；针对不同一碳气体，开发生物转化动力学模型、专用生物反应器和自动化反馈控制系统，实现气体生物转化效率、产能提升 15% 以上；建立一碳气体到能源化学品的全过程技术经济可行性分析模型并确定相关技术、效益限制性因素；开发 2~3 个拥有自主知识产权的一碳气体生物转化工艺包，实现生物转化单一/混合一碳气体或其衍生底物制备 2-3 种重要长链脂肪酸酯和有机酸（碳原子数 >3）的中试以及吨级产业化示范。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：重大共性关键技术。

## 任务五、未来生物制造技术路线及创新产品研发

### 9. 塑料生物解聚关键技术\*

研究内容：针对聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚酰胺（PA）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氨酯（PUR）等塑料品种，挖掘塑料解聚微生物和酶资源，利用重组表达技术构建塑料解聚关键酶元件库，解析塑料解聚酶的催化机制与塑料解聚机制；重构塑料解聚微生物，定向设计和改造解聚酶元件，提高酶对底物的结合能力及稳定性，获得高解聚活性、高稳定性的微生物或酶；开发相关生物解聚整套工艺技术，推进工业应用示范。

考核指标：获得生物法解聚聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚酰胺（PA）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氨酯（PUR）等高分子塑料的新酶和新菌株各 3-5 种，阐明 1-2 种降解为预聚物或聚合单体的新机理；获得具有自主知识产权的高解聚活性、高稳定性的酶或菌种 3-4 种，其中 1-2 种降解到单体的效率达到 70% 以上；建立至少 1 种稳定运行的塑料解聚工艺，实现月处理 1 吨塑料的中试验证。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：重大共性关键技术。

## 10. 先进航空燃料生物制造技术\*

研究内容：以提升现有航空燃料生物合成路线效率、经济性，创制新型航空燃料高效生物合成路线为目标，开展生物航空燃料的绿色生物制造相关研究。针对油脂类原料，开发高效生物与化学催化剂，研究酶与化学协同的高效反应工艺；针对木质纤维素原料，开展菌株构建与发酵工艺优化研究，大幅提升现有木质纤维素原料到生物航空燃料制备过程中醇类、倍半萜类、油脂等中间体的生物合成效率；同时开展新型航空燃料高效生物及生物-化学合成路线创制研究，突破具有更高能量密度等特征的新型高质量生物航空燃料前体生物合成及定向转化等关键技术；开展各类生物合成中间体到航空燃料的定向转化研究，实现碳链定向调控及高效脱氧；通过各单元技术的有机集成形成高效率的航空燃料合成系统，开展中试示范，针对生物航空燃料产品进行质量评价和应用探索。

考核指标：获得支撑油脂类生物航空燃料新型合成路线的 2-3 种高效生物催化剂（脂肪酶、脱羧酶、水合酶等）及配套化学催化剂，所建立的生物与化学协同油脂原料航空燃料合成新路线生产成本较常规加氢裂化路线至少降低 15%；木质纤维素原料到生物航空燃料制备过程中醇类、倍半萜类、油脂等中间体的生物合成效率较现有水平提升不低于 15%；开发有别于上述中间体、充分利用生物质（纤维素及

木质素)合成更高品质航空燃料的路线,燃料能量密度较3号航空燃料提升不低于15%,低温性质(冰点、粘度等)满足3号航空燃料要求;突破生物合成中间体到航空燃料的定向转化技术,实现碳链定向调控及高效脱氧,脱氧效率达到99.99%;完成生物航空燃料生物制造关键技术吨级中试示范,生物航空燃料产品品质至少需满足我国3号航空燃料标准要求。

拟支持项目数:1~2项。

任务属性:重大共性关键技术。

## **任务六、绿色生物制造产业体系构建与示范**

### **11. 低廉生物质资源高值化炼制关键技术与产业示范**

研究内容:以植物油脂加工脱臭馏分等低廉生物质资源为原料,开展复杂组分的结晶分离、分子蒸馏、柱色谱分离、连续化全自动生产、副产物综合利用、酶分子改造及催化过程强化等关键技术的研究,建立高附加值的大豆甾醇、木质甾醇等具有重要用途的高附加值精细化学品的高效绿色制造新工艺,解决目前实际生产中存在的提取收率低、产品纯度低、生产成本低、污染物排放量大等问题;通过生物催化转化技术向甾醇酯等高端产品实现产业链的延伸。建立规模化工业生产示范装置,并研究制定相应产品标准、技术规范和技术指南。

考核指标：实现低廉生物质资源的规模化、高值化利用，预期建成技术水平达到国际领先的 5000 吨/年木质甾醇、1000 吨/年的大豆甾醇工业示范装置，提取收率分别达到 80% 和 85% 以上，产品纯度分别达到 99.5% 和 98% 以上；大豆甾醇联产的维生素 E 的提取收率达到 95% 以上，产品中玉米赤霉烯酮含量小于 25ppb；建成酶法制备植物甾醇酯等高附加值下游延伸产品 2 种以上，酶法转化率达到 97% 以上，并建成千吨级工业化生产线；相比现有工艺，实现生产过程废水近零排放，不使用挥发性有机溶剂，生产成本降低 20% 以上；制定国家或行业标准 2-3 项。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：产业示范研究。

有关说明：其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

## 12. 药用多肽绿色生物制造技术与产业示范

研究内容：针对多肽药物这一医药前瞻领域存在的合成难度大、产率低、成本高、污染重等问题，构建具有自主知识产权的高效、适配不同药用多肽的系列生物表达体系特别是可溶表达体系；发展药用多肽高效分离、纯化（复性）技术；开发若干针对心血管疾病、糖尿病、退化性疾病、生长缺陷、感染、肿瘤等重大或者常见疾病的药用多肽的工业化

绿色生产工艺；开发相关脂肪酸化修饰、糖基化修饰等技术，提高药用多肽的药动学性质。

考核指标：建立完整的药用多肽表达、分离纯化和修饰技术绿色生物制造体系，获得 5-8 个用于治疗心血管疾病、糖尿病、退化性疾病、生长缺陷、感染、肿瘤等重大或者常见疾病的药用多肽的工业生产菌株，发酵产量达到 0.5-1g/L 或以上活性多肽，建立 3-5 套高效分离、纯化方法，建立 1-2 种高效的药用多肽修饰过程和体系，实现 2-3 种公斤级药用多肽规模产业示范，生产成本比现有工艺减低 30%，达到报批标准。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：产业示范研究。

有关说明：其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

### **13. 生物基增塑剂绿色制造关键技术与产业示范**

研究内容：针对血液透析领域医用材料（导管、泵管、血袋）对安全无毒增塑剂重大需求，基于可再生的生物基原料，设计开发新型医用级的生物基增塑剂产品，替代传统邻苯类增塑剂。重点针对可再生的新戊基多元醇和脂肪酸原料，筛选特异性强、稳定性高的酯化专用酶，开发绿色催化技术和酶反应器，完成 1-2 种新产品的基于生物/化学协同的



的绿色制造工艺。开展新型生物基增塑剂的力学、化学、生物安全性能评价和复配评价，系统解决血液导管、泵管、血袋等 3-4 类医用材料的等主要工艺制造和应用环节的要求使用需求。

考核指标：研制 1-2 种可 100% 替代邻苯类产品并且应用医用导管、输液器等一次性医用器件的生物基增塑剂。相关产品及工艺达到以下要求：1) 生物基产品硬度(邵氏 A)  $\leq 75$ ，拉伸强度，MPa  $\geq 16.0$ ，断裂伸长率，%  $\geq 310$ ，180°C 热稳定时间，min  $\geq 50$ ，生物安全性能符合国家安全标准 GB15593-1995。2) 实现绿色合成工艺，生产过程无废水排放，产品纯度大于 98%。3) 建成万吨级工业生产线，产品获得医疗器械耗材相关认证和批号，实现血液导管、泵管、血袋的应用示范。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：产业示范研究。

有关说明：其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

#### **14. 纺织生物技术及产业示范**

研究内容：针对我国纺织行业能耗高、污染严重等问题，开展高效纺织生物技术研发及示范推广。开发应用性能优良、成本合理、适用于纺织工业环境的染整加工及后整理用

酶，利用生物纺织酶分子改造、发酵与分离工艺优化、固定化等技术，提高催化效率与稳定性，降低生物纺织酶生产与应用成本；建立生物纺织酶组装与复配技术，开发稳定高效的生物纺织酶复配工艺，提高多酶协同作用效率与适配性，构建适应我国原材料特性的复合酶制剂；研究生物纺织酶在替代传统棉染整前处理、麻脱胶和羊毛防缩整理等高污染工艺过程中的作用效果、动力学过程、应用特性等，优化生物纺织酶处理工艺，实现技术集成优化，形成有效的纺织生物技术应用新工艺，建立全酶法天然纤维织物染整前处理或后整理等纺织生物技术产业化示范。

考核指标：开发碱性果胶裂解酶、角蛋白降解酶、蛋白酶 K 等 8-10 种高性能纺织工业染整前处理和后整理加工用酶，实现 3-5 种市场亟需的生物纺织酶的高效、低成本生产；开发棉织物全酶法前处理、苧麻复合酶生物脱胶和羊毛生物防缩等纺织生物技术 3-4 项，实现传统高污染高能耗染整工艺的生物法替代，建立 3-4 条全酶法织物染整前处理或后整理产业化示范，综合成本较现有工艺降低 40%，废水排放降低 50% 以上、废气与固废近零排放，能耗减少 30% 以上。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：产业示范研究。

有关说明：其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

## 15. 生物造纸技术及产业示范

研究内容：针对造纸行业高污染、高排放等问题，开展高效生物法造纸技术研发及示范推广。围绕当前酶制剂产品难以满足造纸工业高温高碱等要求的现状，通过酶分子改造等技术等，获得性能和酶系符合造纸工艺要求的新型高效酶品种。研究影响酶生产过程中的关键工艺因素和过程调控，确定最佳产酶过程控制工艺，通过发酵与分离工艺优化等技术、降低生物造纸用酶的生产与应用成本。针对造纸原料、工艺及环境复杂性，优化获得最优复合酶组合制备高效复合酶制剂，进一步优化获得最优酶应用工艺，实现造纸工业的绿色低成本生产。研究生物造纸副产物木质素工程化制备功能分散、抗紫外材料关键技术与工艺，推进造纸原料全组分利用和减排。

考核指标：建立耐高温（高碱）的造纸酶品种的生产流程数学模型，形成液体发酵优化平台数据库，实现新型造纸酶的产业化生产；获得优良造纸酶保护剂和防腐剂 5-8 种；建立造纸专用酶的酶学性质数据库，开发新型生物复合酶法制备淀粉胶及酶法脱墨工艺，使纸浆白度提高 6%ISO，纸浆强度指标提高 15%，减少化学漂白试剂用量 25-50%；最终各种化学品用量累计减少 70% 以上，实现废水近零排放；开发 2-3 种木质素功能分散、抗紫外材料，实现 1-2 种分散材

料的千吨级工程示范及产业化应用。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：产业示范研究。

有关说明：其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

## **16. 基于生物制造的绿色生物医药工业园区示范**

研究内容：围绕生物技术在医药、化工等领域的广泛应用，以及未来生物产业新模式，推进基于生物制造的绿色医药工业园区示范。开展园区全景研究及数据平台建设，分析研究园区重点行业、主要产品生产过程和技术，研究生物制造过程中标准通用模块、关键技术和工艺，重构产品生物制造新技术路线，形成园区生物制造产业链。研究生物制造过程的全生命周期评价与绿色化量化评价体系，建立园区生态评价体系，实现园区资源整合、废物套用和资源化利用。实现园区产业数字化转型，打造安全、环保、循环的绿色智慧医药产业园区，实现绿色生物制造产业示范。开展不同国家生物制造产品的市场准入政策、途径、监管、跟踪等研究，探索构建生物制造产品市场准入安全评价的新技术和新模式，支撑建立生物制造产品的市场准入通道和监管体系。

考核指标：建成基于生物制造的绿色医药工业园区的产业链和全景数据库，完成 5-8 个重点行业、核心产品生产过

程的全生态分析；建立 15 种以上标准通用模块、关键技术和工艺，开发 5 种以上重要产品生物制造新技术，重构 5 种以上重要产品生物制造新技术路线；建立全园区数字化智能管控体系和生态评价体系，形成 1 个沿江沿海医药化工园区的生物制造示范。形成生物制造产品安全评价体系和市场准入模式（包括分类审批途径和监管）建议。项目实施 3 年后园区三废排放减少 50% 以上，园区生物制造总产值超过 300 亿元。

拟支持项目数：1~2 项。

任务属性：产业示范研究。

有关说明：其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

## 申报要求

1. 本专项除有特殊要求外，所有项目均应整体申报，须覆盖全部考核指标。原则上，如无特殊说明，基础前沿类项目，每个项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；其他类项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 家。

2. 对于拟支持项目数为 1~2 个的指南方向，原则上该方向只立 1 个项目，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同的情况下，可同时支持 2 个项目，并建立动态调整机制，根据中期评估结果再择优继续支持。

3. 青年科学家项目可参考重要支持方向（标\*的方向）组织申报，支持 35 周岁以下青年科学家申报，但不受研究内容和考核指标限制。

4. 申报单位和个人必须签署具有法律约束力的协议，承诺各领域项目产生的所有科学数据无条件、按期递交到科技部指定的平台，在本专项约定的条件下对专项各个承担单位，乃至今后面向所有的科技工作者和公众开放共享。如不签署数据递交协议，则不具备承担本专项项目的资格，签署数据递交协议后而不在商定的期限内履行数据递交责任的，则由专项管理部门责令整改，拒绝整改者，则由专项管理部门追回项目资金，并予以通报。

5. 本专项研究涉及人体研究需按照规定通过伦理审查并签署知情同意书。

6. 本专项研究涉及人类遗传资源采集、保藏、利用、对外提供等，须遵照《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》相关规定执行。

7. 本专项研究涉及实验动物和动物实验，要遵守国家实验动物管理的法律、法规、技术标准及有关规定，使用合格实验动物，在合格设施内进行动物实验，保证实验过程合法，实验结果真实、有效，并通过实验动物福利和伦理审查。