

# 《助推计划》高校转化项目登记表

日期 : 2013-3-29

编号 : ZB1304TJ

项目名称	基于铁基纳米材料的重金属工业废水资源化去除技术	所属领域	<input checked="" type="checkbox"/> 先进重大装备 <input checked="" type="checkbox"/> 新材料 <input type="checkbox"/> 新能源 <input type="checkbox"/> 生物医药 <input type="checkbox"/> 电子信息制造 <input type="checkbox"/> 新能源汽车 <input type="checkbox"/> 海洋工程装备 <input type="checkbox"/> 软件和信息服 务 <input type="checkbox"/> 民用航空制造 <input type="checkbox"/> 其它
院校名称	同济大学  ( 盖章 )		
项目成熟度	<input type="checkbox"/> 已实现产业化, 产品供不应求 <input type="checkbox"/> 已实现小批量生产, 产品有市场需求 <input checked="" type="checkbox"/> 已通过中试鉴定 <input type="checkbox"/> 处在中试阶段		
技术水平	<input type="checkbox"/> 国际领先 <input type="checkbox"/> 国际先进 <input checked="" type="checkbox"/> 国内先进 <input type="checkbox"/> 一般水平		
推广范围	<input type="checkbox"/> 国际推广 <input checked="" type="checkbox"/> 国内推广 <input type="checkbox"/> 区域推广 <input type="checkbox"/> 特定地区推广		
知识产权状态	<input type="checkbox"/> 授权国外有效发明专利 <input checked="" type="checkbox"/> 授权国内有效发明专利 <input type="checkbox"/> 国内有效实用新型专利 <input type="checkbox"/> 其它知识产权		
项目获奖情况	无	各类基金 资助情况	<input checked="" type="checkbox"/> 上海市科委基础研究重点项目, “土壤重金属污染修复机理和技术研究” ( 11JC1412600 ), 2012.01-2015.01, 30 万, 参与人。
是否具有以下资料	<input checked="" type="checkbox"/> 项目可行性报告 <input checked="" type="checkbox"/> 查新报告 <input type="checkbox"/> 鉴定证书 <input type="checkbox"/> 检测报告 <input type="checkbox"/> 认定证书 <input checked="" type="checkbox"/> 用户意见		
课题组简介 : ( 概述研发优势和成功案例等。 )  <b>1、 研发优势</b> 本课题组开展 “基于铁基纳米材料的重金属工业废水资源化去除技术” 已有坚实的基础, 经过多年的合作开发, 建立了同济大学 - 崇明、昆山和江西三个铁基纳米材料用于重金属环境修复及资源化的示范基地, 建立了产学研合作的科技公司, 主要从事功能材料的开发、工艺开发、技术集成、设备集成、自动控制等成果的产品化工作。同一些材料或环境工程公司进行技术转让或合作, 产品已经在华东、华南、中部和西南等大半中国广泛使用。申请的发明专利 “纳米零价铁修复重金属污染土壤或污泥的方法”、 “纳米零价铁-电磁耙联合修复重金属污染土壤/污泥工艺” 已获得中国专利授权, 并授权上海富大同诺环境科技有限公司作为合作公司使用。 铁基纳米材料去除工业废水中重金属的应用研究方面, 申请人已对纳米零价铁去除工业废水中重金属的应用做了一定的研究, 主要包括反应器在运行过程中存在的问题、设计及优化、研究规模化应用过程中的处理效率与系统长期稳定性及评价方法。 在前期研究的基础上, 申请人课题组申请了纳米零价铁在土壤、污泥、电镀水等领域的应用技术及			

装置的专利,包括:纳米零价铁-电磁系统去除电镀废水中重金属的方法及其装置、纳米零价铁-电磁耙联合修复重金属污染土壤/污泥工艺、纳米零价铁修复重金属污染土壤或污泥的方法等。在纳米零价铁修复环境介质中重金属污染方面积累了丰富的研究经验。

课题依托同济大学污染控制与资源化国家重点实验室和长江水环境教育部重点实验室,具备分析检测所涉及的高新仪器和设备,在环境科学领域具有良好的研究基础。污染控制与资源化研究国家重点实验室现有房屋面积5000多平方米,现有仪器设备总值近5000万元,其中大型仪器及试验台架价值2000多万元。已建成多个具有国内先进水平的相关实验室,包括水污染控制实验室、环境仿真模拟实验室、固体废物处理与资源化实验室、江河及近海模拟实验室、环境微生物实验室、给水处理新技术实验室、环境监测分析实验室等。具有成套的生态环境科学研究仪器设备及良好的配套设施。实验室在培养和引进学术带头人和研究生培养方面采取一系列有针对性措施,取得富有成效成绩,建立一套适应国家和地方社会、经济发展重大需求、利于人才培养和科技创新、符合高等学校特点的科技创新体系,建立了一支学术思想活跃、知识结构合理、多学科交叉的研究队伍。

在分析和表征方面具有完整水质、水化学研究的仪器设备,例如激光粒度仪、原子吸收光谱仪、电感耦合等离子体发射光谱仪、X射线衍射仪和各种色谱仪等。另外同济大学其他学院拥有众多的材料合成分析设备,高分辨透射电镜、常规扫描电子显微镜及EDS、场发射高分辨扫描电子显微镜等,这些条件可确保本项目工作的顺利完成。其他同济大学暂时不具备的大型设备如XPS等可通过“大型仪器设施共享系统-上海研发公共服务平台”等形式进行使用。另外,重点实验室拟在新一轮实验室平台建设中购置多项高端仪器,能保证本项目的顺利完成。本项目的申请依托同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室。除具有常规水分析仪器外,还得到世界银行组织的贷款支持和教育部211工程、985工程的支持,装备了具有目前国际先进水平的精密分析仪器和设备,其中包括GC/MS、LC/MS、毛细管电泳仪、红外光谱仪、高效液相色谱仪、原子吸收分光光度计、ICP2070等离子体光谱仪、DX-300离子色谱仪、LC/MS/MS等大型仪器。配有Biostat ED全自动发酵设备、无菌操作室等。具备了从事本课题研究试验的实验室和设备,可以为本项研究提供必要的试验设施和分析仪器等方面的研究条件。目前由于上海市对重点学科的大力支持,课题组具有自己的专门实验室有恒温实验室、常规分析室、控制室、仪器分析室等。实验室中已配置了气相色谱仪、高效液相色谱仪、快速水质分析仪、紫外可见分光光度计、红外水分测定仪、高速冷冻离心机和BOD测定仪等常规水分析仪器。

## 2、成功案例

项目申请人研究团队已对铁基纳米材料去除及资源化工业废水中重金属的规模化应用做了深入的研究,主要包括反应器在放大过程中存在的问题、设计及优化、研究规模化应用过程中的处理效率与系统长期稳定性及评价方法。开发的纳米复合材料技术已成功的应用于实际重金属工业水的处理,目前正在运行的中试线如下:

(1) 江西某重金属废水处理中试研究(图1),废水水质中主要含有铜、砷、铅、锌、镍等,其中砷的浓度高达150 mg/L。利用纳米复合材料吸附和还原的双重功能实现对重金属的有效去除,中试规模700 m<sup>3</sup>/d,出水中铜、砷、铅、镍的出水浓度达到出水要求,取得了较好的运行效果。



图1 江西某重金属废水处理中试现场

(2) 湖北某含重金属及砷废水的中试研究(图2), 废水中主要含有铜、砷、锌等, 以纳米复合材料为核心处理单元, 进水中铜、砷、锌的浓度分别达到了1200 mg/L、2200 mg/L、50 mg/L。中试效果达到重金属行业出水水质标准。



图2 湖北某含重金属及砷废水的中试研究

(3) 湖南某有色金属集团有限公司纳米复合材料处理废水的中试研究(图3), 废水水质中重金属主要有铅、铜、砷、镉等, 其中砷的浓度高达70 mg/L, 中试规模300 m<sup>3</sup>/d, 运行状况良好, 出水水质达到重金属行业出水水质标准。



图3 湖南某有色金属集团有限公司纳米复合材料处理废水的中试研究

在前期研究的基础上，研究团队申请了纳米复合材料在土壤、污泥、电镀废水等领域的应用技术及装置的专利，包括纳米零价铁修复重金属污染土壤或污泥的方法，中国发明专利，授权号：201110224750；纳米零价铁-电磁耙联合修复重金属污染土壤/污泥工艺，中国发明专利，授权号：201110360190；纳米零价铁-电磁系统去除电镀废水中重金属的方法及其装置，中国发明专利，申请号：201210039770.8.；纳米零价铁去除污泥中有害物质的方法，中国发明专利，申请号：201210395601.8.；一种选择性分离氯贝酸的核壳式分子印迹聚合物的制备方法及其应用，中国发明专利，申请号：201110310791.4.；一种选择性分离卡马西平的磁性分子印迹聚合物制备方法及应用. 中国发明专利，申请号：201210325770.4.；一种典型酸性药物多模板分子印迹聚合物的制备方法和应用，中国发明专利，申请号：201210181488.3.。

**项目简介：(项目背景、政策导向、应用领域和服务对象、项目进展情况、成熟程度以及项目预计产业化周期、项目鉴定或产品检测报告的结论性表述。如是生物医药项目，写明是否具有临床批文和药证等文件。)**

### 1、项目背景

重金属污染是危害最大的水污染问题之一。目前,我国含重金属工业废水排放引起的环境污染问题,已成为社会各界广泛关注的焦点问题。含重金属工业废水主要来源于机械加工废水、矿山开采业废水、钢铁及有色金属的冶炼废水、电镀厂镀件洗涤水以及电解、农药、医药、油漆、染料等行业废水。废水中重金属的种类、含量及存在形态生产工艺有关,主要包括镉、镍、汞、锌、铜、铬、铅等,其含量也可由几个甚至到上千毫克/升之间。

近年来,我国含重金属工业废水排放量逐年递增。据相关统计显示,我国每年产生约400亿吨废水,其中含重金属废水约占60%,大多未经处理直接对外排放。可见,我国含重金属工业废水排放量巨大,且处于无控制排放状态。研究表明我国大部分的水域都已受到重金属的严重污染,21个沿江主要城市中,攀枝花、宜昌、南京、武汉、上海、重庆6个城市重金属累积污染率已达到65%。Zhang等通过沿长江河口五个工业点的调查发现,石洞口由于附近污染物的直接排放,Cu、Zn和Pb的浓度严重超标。黄河、珠江、海河等也受到重金属不同程度的污染。

我国重金属污染正进入高发期,根据环保部统计,自2009年以来,中国已连续发生30多起重特大重金属污染事件。仅2009年就发生了陕西凤翔铅污染、湖南浏阳镉污染、山东临沂砷污染等重金属污染事件。2011年8月,云南曲靖市因5000吨铬渣违规倒入水库,水体中六价铬超标2000倍,事后受污染水体被排入珠江的源头南盘江,产生极其恶劣的环境和社会影响。2011年3月,浙江台州村民上陶村以及附近的浮排村、葛家村等三村共有501名村民做了血铅检测,血铅异常的有139人,其中儿童有35人。2011年10月,河南省义马市千秋乡梁沟村有大量有毒铬渣长期堆放未妥善处置,土壤和地下水已被污染,村民要到很远的地方获取安全用水,严重威胁当地群众的生命安全。重金属正在通过食物链危害着人体健康。国土资源部曾公开表示,中国每年有1200万吨粮食遭到重金属污染。据2005年对中国洞庭湖区常德、临澧、益阳、汨罗等6个工作区采取的早、晚稻米分析,晚稻米镉含量超标达

41.67%，蔬菜近乎全部超标。辽宁省辽河流域在检测的 3984 项重金属元素中，总计超标 305 项，超标率达到 7.66%。中国工程院院士罗锡文 2011 年 10 月 10 日表示，中国 3 亿亩耕地正在受到重金属污染的威胁，占中国农田总数的 1/6，中国每年因重金属污染而减产粮食一千多万吨。而广东省未受重金属污染的耕地，仅有 11%左右。在中国湘江株洲朱亭段至洞庭湖出口城陵矶，出现了一条长 250 公里、面积约 2058 平方公里的巨大土壤重金属元素异常带，区域内的稻谷、蔬菜，水体中的芦苇、蚌均出现了以镉为主的重金属元素超标。据专家介绍，这与上世纪 80 年代区域化获取的资料相比，如今长株潭地区土壤重金属污染面积增加了 7 个百分点。2012 年 1 月，广西龙江河段检测出重金属镉含量超标，使得沿岸及下游居民饮水安全受到严重威胁。重金属被排入环境后具有永久性，且有明显的累积效应，不仅严重破坏生态安全，还时刻危及人类生命安全。国务院近期通过的《重金属污染综合防治“十二五”规划》强调了重金属污染物治理及研究的紧迫性，严控汞、铬、镉、铅和类金属砷排放总量。重金属的污染已经影响到了社会稳定及国民经济的发展、迫切需要解决。

另一方面，重金属也是不可缺少的工业资源。我国金属资源尤其是有色金属资源相对匮乏。据统计数据显示，我国平均每年进口 50 万吨铜，占每年总铜消耗量的 1/6；平均每年进口镍 20 万吨，占每年总镍消耗量的 40%。而重金属废水中含有大量金属离子，如江西德兴铜矿废水处理前，含有高达 5000 mg/L 的 Cu 离子，100 mg/L 的 Ni 离子，按每年排放 500 万吨废水计算，江西德兴铜矿就流失了 2.5 万吨铜，500 吨镍。一些传统的工艺可以将重金属从水体中去除，例如，化学沉降、离子交换以及电化学法，但这些处理方法都有着明显的缺陷，如去除不完全、能耗高、产生大量的有毒有害污泥。不但没有实现重金属资源的再生利用，反而容易造成二次污染。因此如何高效控制含重金属工业废水污染，如何实现重金属的资源化利用是当前我国亟待解决的问题。

## 2、政策导向

早在 2005 年，国家发改委与原国家环保总局联合出台了《铬渣污染综合整治方案》。2006 年，环境保护部起草土壤污染防治法（专家组草案），同年，耗资几十亿元的全国土壤污染普查启动。2011 年 2 月国务院通过的《重金属污染综合防治“十二五”规划》更加强调了重金属污染物治理及研究的必要性。在《规划》明确了重金属污染防治的目标，即到 2015 年，重点区域重点重金属污染物排放量比 2007 年减少 15%，非重点区域重点重金属污染物排放量不超过 2007 年水平，重金属污染得到有效控制。2009 年 7 月国家成立了以发改委为组长单位，环境保护部、湖南省人民政府为副组长单位的编制领导小组，启动了《湘江流域重金属污染治理实施方案》编制工作，2011 年三月国务院批准了《湘江流域重金属污染治理实施方案》，这也迄今为止，全国第一个获国务院批准的重金属污染治理试点方案。2011 年 5 月环保部下发了《关于加强铅蓄电池及再生铅行业污染防治工作的通知》。2011 年 8 月，环境保护部讨论并原则通过了《重金属污染综合整治实施方案》。2011 年 9 月 7 日国务院常务会议重点讨论如何加强重金属污染防治。同时，《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要（草案）》提出，面对日趋强化的资源环境约束，必须增强危机意识，树立绿色、低碳发展理念，以节能减排为重点，健全激励与约束机制，加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式，增强可持续发展能力，提高生态文明水平。重金属污染控制与资源化有助于协调环境保护和社会经济发展的关系，促进国民经济和

社会持久健全地发展，符合国家重金属污染控制、循环经济与资源节约型社会的总体战略。同时环保产业是国家支持，且需要大力发展的产业。

### 3、应用领域和服务对象

基于铁基纳米材料的重金属工业废水处理及资源化主要应用在制革、电镀、矿冶、有色、印染、光伏、电池等含重金属工业行业废水处理，对这些行业近年来高污染的现状，一方面对其进行去除，同时对其中重金属进行资源化回收。该技术可为工业废水处理厂提供技术支撑。

### 4、项目进展情况

#### (1) 纳米零价铁去除水体和土壤中重金属的研究方面

水体和土壤中重金属的去除是目前重金属污染控制的核心问题也是难点之一。申请人作为第二负责人的上海市科委基础研究重点课题“土壤重金属污染修复机理和技术研究”对土壤中不同种类和不同浓度的重金属的去除做了详细的研究，根据我国重金属的污染现状，选取铬(Cr)、镉(Cd)、铜(Cu)、镍(Ni)、钴(Co)、锌(Zn)为研究对象，对纳米零价铁吸附和还原重金属的去除特性进行了探讨(如图4)，以及吸附-降解一体化的动力学和热力学反应过程，并研究了其它共存物质对纳米零价铁去除重金属的影响。针对土壤中重金属去除过程中纳米零价铁与土壤难于分离的特点，开发了电磁分离系统，成功的实现了重金属与土壤的彻底分离。

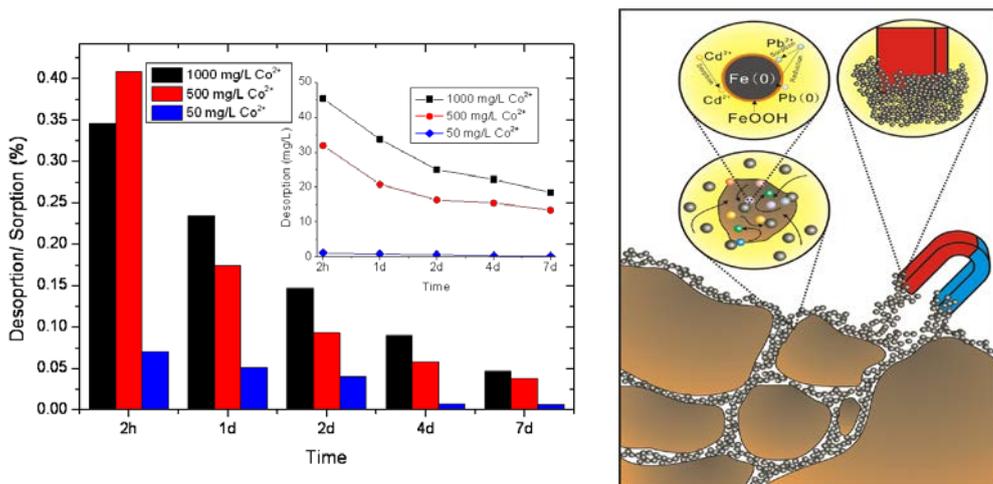


图4 纳米零价铁吸附和还原重金属

#### (2) 纳米零价铁去除水体和土壤中重金属的机理研究方面

申请人课题组对纳米零价铁去除水体和土壤中重金属的机理做了一定的研究，通过各种物化表征深入的研究了纳米零价铁对不同标准电极电位的重金属的去除机理，通过XPS等手段分析了在去除过程中吸附与还原的程度，以及各种作用机理的对重金属的有效去除贡献的量比；探讨了不同种类重金属污染物在纳米材料表面的吸附状态及吸附前后纳米材料微观结构和界面的变化等(如图5)。

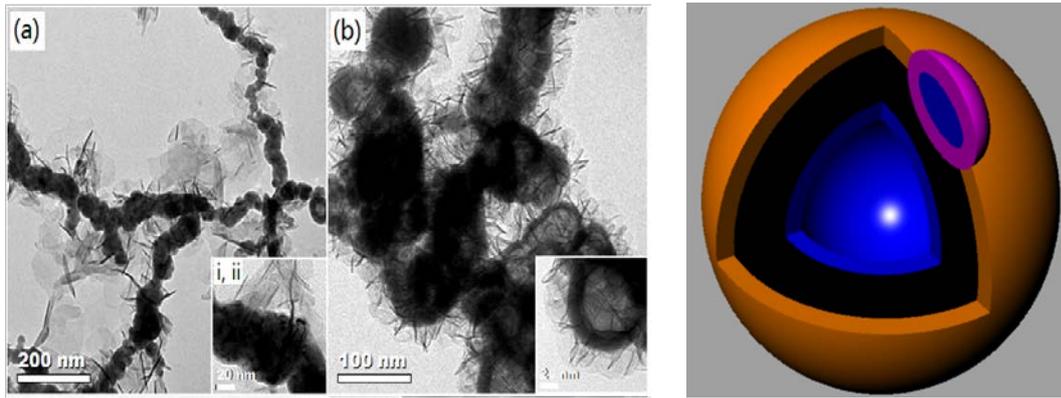


图 5 纳米零价铁 SEM 图和微观结构模型图

### (3) 纳米零价铁去除工业废水中重金属的应用研究方面

申请人课题组已对纳米零价铁去除工业废水中重金属的规模化应用做了一定的研究，主要包括反应器在放大过程中存在的问题、设计及优化、研究规模化应用过程中的处理效率与系统长期稳定性及评价方法。开发的纳米零价铁技术已成功的应用于实际重金属工业水的处理。

### 5、成熟程度以及项目预计产业化周期

成熟程度：已在江西、湖南和湖北建立了铁基纳米材料用于重金属环境修复及资源化的中试生产线，并且中试效果达到重金属行业出水水质标准。

产业化周期：约需12个月。

技术特点：(项目的技术特征和优势，可与国内或国际现有技术进行比较。)

#### 1、项目的技术特征和优势

项目的技术特征包括：高活性低成本铁基纳米材料的设计、制备技术；铁基纳米材料的评价及规模化生产技术；含重金属工业废水中重金属的资源化去除技术。包含自主知识产权的高效反应去除装置、铁基纳米材料高效电磁分离装置、铁基纳米材料-电解沉积耦合资源化去除重金属装置等装置体系以及相应的生产线。

本项目技术路线简单、清洁，能实现零排放，并能实现有用物质的高效回收。在节能减排上有较大优势。以高效纳米铁及其复合材料制备为基础，以高分辨 X 射线光电子能谱仪 (HR - XPS) 为核心，发展能直接观察水环境界面反应过程及动力学研究方法，为水环境固液界面研究提供新视角；进行铁基纳米材料与重金属的反应机理，电解沉积析出重金属的研究；以及电解沉积耦合去除工业废水中的重金属，在国内外具有开创意义；电解沉积技术应用在铁基纳米材料处理的后端，既弥补了铁基纳米材料本身处理工业水中重金属的弊端，也充分发挥了电解沉积法处理高浓度重金属工业废水的优势，形成技术的优势叠加；铁基纳米材料-电解沉积耦合资源化去除工业废水中重金属的系统，既解决了常规处理技术普遍存在成本高、反应慢、易造成二次污染的问题，又实现了重金属的有效资源化。

#### 2、与国内或国际现有技术进行比较

目前,国内外采用的处理含重金属工业废水的方法主要有三类:第一类是废水中的重金属离子经化学反应去除,包括中和沉淀法、硫化物沉淀法、铁氧体共沉淀法、电化学还原法等;第二类是在不改变废水中重金属化学形态的条件下进行吸附、浓缩、分离的方法,包括离子交换、吸附和膜分离等;第三类是借助微生物或植物的絮凝、吸收、积累、富集等作用去除废水中重金属的方法,包括生物絮凝法、生物化学法和植物生态修复等。

中和沉淀法可以有效去除水中重金属离子,但是该法需要投加大量化学药剂,且产生大量的含重金属化学污泥,如工业废水含 $0.1\text{ g/L}$ 的 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ 、或 $\text{Hg}^{2+}$ 能分别产生10倍、9倍和5倍的含重金属污泥,目前对这些化学污泥主要采取堆放处理,极易造成二次污染。硫化物沉淀法是使用硫化剂使重金属离子转化为不溶的硫化物沉淀,常用的硫化剂有 $\text{Na}_2\text{S}$ 、 $\text{NaHS}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CaS}$ 、 $\text{FeS}$ 等。该方法具有沉渣含水率低、不易造成二次污染。但是硫化剂本身具有一定毒性,而且价格较高。电化学法处理重金属废水是在直流电的作用下,使废水中重金属离子在阳极和阴极上分别发生氧化还原反应,使重金属富集,从而使废水中重金属得以去除,并可回收重金属。但是电化学的方法只适合处理高浓度的重金属废水,对于含重金属离子浓度较低的废水处理因其电耗大、投资成本高,在含重金属废水的处理上未能得到普遍应用。

离子交换法是一种重要的重金属废水治理方法,处理容量大,可回收重金属资源,无二次污染。Panayotova等人用离子交换树脂对含铜和铬的废水进行净化,出水中铜和铬的质量浓度均低于 $0.05\text{ mg/L}$ 。但离子交换法最大的缺点是离子交换装置价格昂贵,且不易再生。膜分离法不需加入任何化学药剂,将废水中重金属离子浓缩,回用水资源。Wenrui Zuo等采用三段膜过程,提高水的回收利用率。第一段为超滤或微滤,第二段为电渗析,第三段为反渗透,处理后水中重金属质量浓度低于 $0.01\text{ mg/L}$ 。但膜分离法不适用于处理高浓度重金属废水,且在操作过程中存在重金属浓缩液的处置问题。

生物处理法虽然可以利用自培养的菌种,适合连续生产,成本较低,重金属处理效果较为理想。但是培养菌体要求较高,多余菌需灭菌后才能回用,否则会对环境造成细菌性二次污染;更为重要的是,重金属实际上被当作微生物的食物源消耗掉,本质上并无回收重金属的优势。

综上所述,现有的含重金属工业废水处理技术普遍存在成本高、反应慢、易造成二次污染的缺点。针对我国含重金属工业废水的水质特征,如何实现含重金属工业废水中重金属的高效分离去除?是需要解决的关键性技术问题之一。同时,随着我国重金属污染的日益加剧以及重金属原材料资源的相对短缺,重金属的资源化要求对传统的含重金属工业废水处理理念提出了新的挑战。然而,目前国内对含重金属工业废水的处理主要集中在重金属离子的去除研究方面,而对废水中重金属的资源化缺乏深入研究。且采用的资源化技术较为原始,分离技术落后,分离效率低、分离成本高、二次污染严重。

因此,急需开发经济、高效的含重金属工业废水资源化技术,在去除重金属的同时实现重金属的资源化。以新材料为龙头的新技术的迅速发展为这些问题的解决提供了新的手段和方法。铁基纳米材料独特的还原能力及表面化学使其能高效去除水体中的重金属。早在1999年,Moller等的研究结果表明,用微米级零价铁去除酸性岩排水中的镉离子、铜离子等均有良好去除效果。纳米零价铁( $\text{nZVI}$ )由于其比表面积大,反应速率更高,所需时间更短。研究表明,采用纳米零价铁去除重金属反应速率远高于普通零价铁材料。Mallouk等以聚合树脂为载体负载直径 $10\text{-}30\text{ nm}$ 的纳米零价铁材去除水中 $\text{Cr(VI)}$ 和

Pb(II)，结果发现 Cr(VI)还原成 Cr(III)，Pb(II)还原成 Pb(0)。尽管该材料中铁含量仅为 22.6%，但是反应速率是普通铁材料的 30 倍，两个月以后去除能力仍然是普通铁粉的 21 倍。申请人课题组研究了 nZVI 对不同重金属离子的去除，结果发现纳米铁与水中金属离子反应速率远高于普通零价铁材料，纳米铁与水中金属离子反应快（小于 30 秒），且吸附、处理容量是普通铁材料的 10 到 1000 倍。以上这些研究为开展我国含重金属工业废水的高效控制提供了依据。纳米零价铁材料去除水体中重金属的研究已具备一定的基础。但是国内对于含重金属废水的资源化利用还处于起步阶段。很多方法较为落后，而且对于重金属资源化机理尚缺乏深入的研究开发，急需一个产业化发展的技术研究平台。

**市场前景：(市场规模、市场占有率、市场进入壁垒、市场竞争等状况。)**

本项目成果针对目前的重金属废水处理所面临的问题，针对产业化和应用实际开发的项目技术，项目技术完成后，能够进一步强化控制工业废水中重金属污染，提出切实可行的工业废水中重金属污染的控制措施等均具有重要的理论与工程实际应用价值。

目前，重金属废水排放已将近亿吨规模，而重金属废水处理及资源化技术却远远不能达到现阶段对重金属废水处理的要求。本项目技术，是亟待解决的实际需求，若以 2009 年为例，国内黑色金属矿冶业排放重金属污水 14.1 亿吨，有色金属矿冶业污水 6.6 亿吨，电子机械业排放污水 10.7 亿吨，电镀业排放电镀废水 40 亿吨，共排放 71.4 亿吨。若该项目技术应用到全国 3% 的重金属污水处理厂，则年回收的重金属将产生巨大的经济效益，产业化前景广阔。

在铁基纳米材料用于重金属去除和资源化的技术开发、客户服务和市场推广中，我们积累了非常丰富的经验。我们将这些经验用于开发中，极大增强了于本项目的技术层次，提升了我们对关键技术的把握，从而保障了铁基纳米材料的使用具备很高的技术起点和用户接受度。

**经济和社会性效益：**

**1. 该项目产业化最低投资金额，包括研发投资，生产资料投资，流动资金等；**

该项目最低产业化投资金额为 1000 万。

**2. 对环保和能源要求，土地或厂房面积要求，所需职工人数；**

对环保和能源无特别要求。土地及厂房包括 1500 平方米试验车间，1500 平方米铁基纳米材料生产基地，以及 2000 m<sup>2</sup> 的重金属去除及资源化中试工程调试平台。所需职工人数：8 人左右。

**3. 根据最低投资，预期投产后三年内能达到的年产值、年销售值、年利润；**

年利润 1500 万。

**4. 投资回收期(年)**

约 12 个月。

**合作要求：1. 合作方式、对合作方及合作价格的要求。**

合作开发，专利技术许可实施，或专利转让。