

博士文库

GPSE 低碳高值化发展方法学

——以江门都市农业、食品加工业与
广东面源污染治理项目为例

GPSE DITAN GAOZHIIHUA FAZHAN FANGFAXUE
YI JIANGMEN DUSHI NONGYE SHIPIN JIAGONGYE YU
GUANGDONG MIANYUAN WURAN
ZHILI XIANGMU WEILI

李劲松 李林杰 王瑛 著

梁逸曾 主审

中国环境出版社

GPSE 低碳高值化发展方法学

——以江门都市农业、食品加工业与广东面源污染治理项目为例

李劲松 李林杰 王 瑛 著

梁逸曾 主审

中国环境出版社·北京

图书在版编目（CIP）数据

GPSE 低碳高值化发展方法学：以江门都市农业、食品加工工业与广东面源污染治理项目为例/李劲松，李林杰，王瑛著．—北京：中国环境出版社，2013.7

（博士文库）

ISBN 978-7-5111-1414-3

I. ①G… II. ①李… ②李…③王… III. ①污染源治理—研究 IV. ①X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 066907 号

出版人 王新程
责任编辑 李卫民
文字编辑 许思佳
责任校对 扣志红
封面设计 金 喆

出版发行 中国环境出版社
（100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号）
网 址：<http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱：bjgl@cesp.com.cn
联系电话：010-67112765（编辑管理部）
发行热线：010-67125803，010-67113405（传真）

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 7 月第 1 版
印 次 2013 年 7 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 25
字 数 600 千字
定 价 45.00 元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

自序

理论在一个国家的实现程度，取决于理论满足这个国家的需要程度。对于本书提出的新概念“绿色过程系统工程（Green Process Systems Engineering, GPSE）低碳高值化发展”及其方法学，其主要研究结果与创新点如下：

（1）阐明了本课题研究的国家社会现实需求。其要点有四：一是作为国民经济主体、核心和支柱，包括 3.56 亿人从业的农副食品加工业在内的过程制造业的高污染与低价值及其导致的资源和环境问题越来越突出，我国 2008—2009 年度过程制造业的能耗占全国总能耗的 50%以上，而产生的 GDP 仅占全国 GDP 总量的 16%；二是占全球温室气体排放 19%、占用宝贵的淡水资源 70%的农业及其面源污染治理亟待高效低成本的系统化设计理论与方法，因此须以 GPSE 的低碳高值化技术创新为发展动力，促进产业结构升级，发展高产、优质、高效生态农业和相关高附加值生物产业，保障净天地，洁饮、食、气，夯实中华民族的生存根基；三是过程制造业创汇能力与粮食自给程度关系国家粮食安全与农民增收问题，亟待通过节能、节水、降耗、减排的途径去缓解；四是亟待探索经济发展与环境保护耦合协调的代价小、效益好、排放少、可持续的环保新道路。为此须进行 GPSE 发展理论的创新与过程制造业先进制造技术的集成、转化与应用研究，解决实验室成果产业化过程中的关键技术问题，将科研成果转化为产业界适用的系统化技术（第 1、2 章）。

（2）依据 GPSE 中化学工程设计的“低碳高值化发展”理论，循环经济学的科学基础——过程制造业与循环经济发展的关键理论，以及化学计量学、生产-治污工艺一体化低成本技术科学与生态学研究方法学三者融合的广东农业面源污染治理项目高效低成本系统化设计方法的基础理论，通过多尺度时空的生物化工试验，包括企业及项目尺度的生产与治污工艺一体化低成本技术的小试及中试与工业性试验、多企业的广东江门市开平国家现代农业示范区与广西贵港生态产业园尺度的试验、江门（地级市）地域尺度与生物化工密切相关的经济发展与环境保护融合的环保新道路的探索性试验、江西省省域尺度的发展与保护耦合协调的“山江湖”治理工程试验，完成了新概念“GPSE 低碳高值化发展”假设的验证，给出的“GPSE 低碳高值化发展”指的是治污净天地，即更清洁的水体、土壤、空气与生物质且更有效的技术，特别是农业生物多样性及其生态系统多样性利用低成本技术，以及生产-治污一体化低成本技术，工艺方法尽可能节能、节水并减少自然资源的消耗

与 CO_2 、 CH_4 等温室气体的排放”。揭示了以环境安全导向、以环境—经济—社会综合效益为目标的“低碳高值化 GPSE”整体结构中的 7 个体系，包括发展载体产业结构体系、发展核心能源体系、发展动力技术创新体系、发展平台城乡建设体系、发展环境交易市场体系、发展范例示范推广体系、发展保障政策法律体系。阐明了“GPSE 低碳高值化发展方法学体系”的内涵、层次结构与实践功能，并界定了“GPSE 低碳高值化发展”中的“低碳高值化技术创新”的含义。且采用多学科基础理论综合研究方法，以及观察方法、试验方法、模拟方法、科学抽象方法、类比方法、归纳法、演绎法等自然科学及技术研究方法，初步完成了“GPSE 低碳高值化发展理论与方法学”体系的构建（第 3 章）。

（3）通过理论分析及中药业生产过程控制中的在线近红外光谱（NIR）分析的应用 3 个实例的剖析，深入探讨了基于化学计量学、GPSE 低碳高值化发展理论的过程分析化学（PAC）、多学科过程分析技术（PAT）的快速发展，及其对“GPSE 低碳高值化发展理论与方法学”体系的技术支撑作用，从而进一步充实了信息数据库，将其应用于低碳都市现代农业、农副食品加工业与世界银行广东农业面源污染治理项目实施过程的“高效低成本系统化设计方法”，以及以生产—治污工艺一体化低成本技术、生物多样性及其生态系统多样性利用低成本技术为基础的都市农业及其在节能、节水、降耗、减排的产业化技术体系与低碳高值化可持续发展模式，基本实现了杨友麒先生于 2003 年提出的 GPSE 发展的深化与具体化（第 4 章）。

（4）以事关种养业中沼肥合理利用的养殖场大中型沼气工程为例，对广东农业污染治理项目中的有关建设项目可行性报告的编撰方法学进行了深入探讨，其应用实例为：杭州正兴牧业有限公司饲养奶牛 1 000 头，生猪存栏 5 000 头，粪便污水处理量 150t/d，厌氧发酵罐单体 150m³，共 2 座，日产沼气 160m³。其环境效益体现于污染物削减量 COD_{Cr} 278t/a、 BOD_5 140t/a、SS 153t/a、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 52.6t/a、凯氏氮 61t/a、TP 2.97t/a。其经济效益体现于包括粪便污水治理工程与有机肥的收支相抵后的总收益为 44.046 万元/a，工程回收期为 6.58 年。在社会效益中，当年 24.78 万元的青饲料收入未计入工程总收益，按可比价格计算，可为农民直接增收 12.39 万元，即增收 1.283 万元/hm²（第 5 章）。

（5）构建了绿色产业中生态农业及其生态系统多样性利用技术的低碳高值化发展方法学、种植业化肥农药污染治理技术示范工程低碳高值化发展方法学，以及养殖场污染治理技术与废弃物管理示范工程低碳高值化发展方法学。阐明了化肥农药污染的防治重点是环境中农药残留。同时，对养殖场废弃物中干粪、污水与臭气的产生及危害与处理技术进行了深入研究，且着力推荐先进适用的畜禽粪便处理工艺及设备与有机肥的清洁生产技术的清洁生产（第 6~8 章）。

(6) 将“GPSE 低碳高值化发展理论与方法学体系”应用于国家环保模范城市及农业大市江门治污净天地、探索环保新道路与推进生态文明建设的实践,初步完成了江门市岭南特色都市农业产业化建设规划中农-工-品牌/服务融合型 VEIP 及其低碳高值化中药/生物产业的循环体系设计;揭示了江门市岭南特色都市农业 GPSE 安全食品的层次结构;阐明了良田、良种、良法配套研究的主要成果——江门市岭南特色都市农业“3 型”(资源节约型、环境清洁型、经济安全型)产业化技术体系及环境—经济—社会综合效益型“3 环”(生产—加工—流通)低碳高值化可持续发展模式(第 9 章)。

本书第 1~4 章及第 9 章为李劲松在梁逸曾教授指导下完成的博士学位论文,其中包括李林杰作为博士后研究人员协助合作导师梁逸曾教授指导该生的贡献;第 5 章为王瑛(湖南农业大学经济管理学院硕士研究生)、李林杰合作研撰;第 6~8 章为李林杰在中南大学化学工程与技术博士后科研流动站出站报告的一部分;全书由李林杰负责统稿与校阅。由导师组的梁逸曾教授、司士辉教授、任凤莲教授、许青松教授,以及中南大学博士后研究工作专家小组组长、中南大学本硕博毕业后在日本进行博士后研究 3 年的湖南农业大学资源环境学院农业环境科学与工程博士点领衔人罗琳教授等 5 位博导审阅并提供修改指导意见,由合作导师、二级教授梁逸曾博士审定,在此深表谢意。

还应特别感谢我的导师——湖南大学胡遂教授、环境保护部华南环境科学研究所许振成研究员,以及湖南大学学位评定委员会主席和前校长俞汝勤院士,我攻读博士学位的第一位导师——“化学生物传感与计量学国家重点实验室”(湖南大学)前副主任黄杉生教授,推荐我到武汉大学哲学学院从事师资博士后研究并担任合作导师的二级教授麻天祥博士,湖南省环保厅前总工程师、第六届全国人大代表曾北危教授,湖南农业大学校长周清明教授和前副校长、农业环境科学与工程博士点创始人杨仁斌教授,中国农学会副会长、华南农业大学前校长骆世明教授,广东省环境保护厅副厅长、第 10~12 届全国人大代表陈敏教授等专家和学者在我多年从事的中国(生态)哲学,以及环境科学与工程专业的学习与实践过程中给予的指导和关心。

李林杰

2013 年 6 月于育德街与院士路交会处怡兴苑

目 录

第 1 章	“GPSE 低碳高值化发展理论和方法学”的集成及应用	1
1.1	学术背景：国家需求与目的意义	1
1.1.1	发展绿色经济，建设生态文明	1
1.1.2	亟待缓解：作为国民经济主体、核心和支柱的过程制造业高污染低价值问题——以 3.56 亿人从业的农副食品加工业为例	2
1.1.3	亟待降低成本：占全球温室气体排放 19%、淡水用量 70% 的农业及其面源污染治理	4
1.1.4	亟待重视：制造业创汇能力与粮食自给程度关系国家粮食安全与农民增收	5
1.1.5	亟待探索：路甬祥、周生贤论我国过程工程节能、节水、降耗、减排与环保新道路	6
1.2	研究进展述评	8
1.2.1	从“过程工程（PE）”到“绿色过程系统工程（GPSE）”	8
1.2.2	过程分析化学/技术（PAC/PAT）与控制：化学计量学与生物信息学的协同研究	16
1.2.3	“GPSE 低碳高值化发展理论与方法学”体系的提出	19
1.2.4	应用研究——以都市现代农业、食品加工业与广东面源污染治理项目为例	20
1.3	尚存在的问题与研究目标及内容	30
1.3.1	以往研究中存在的问题	30
1.3.2	研究目标	31
1.3.3	研究内容	31
1.4	研究方法与技术路线	32
1.4.1	研究方法	32
1.4.2	技术路线	35
第 2 章	世界银行贷款广东农业面源污染治理项目研究区域调查观察	36
2.1	广东省农业环境条件分析	36
2.1.1	自然条件	36
2.1.2	社会条件	37
2.2	广东省大气和水环境质量与农业面源污染概况	38

2.2.1	近年广东省大气与水环境质量状况——以 2012 年上半年为例	38
2.2.2	广东省农业面源污染概述	40
2.3	广东农业面源污染治理项目实施地调查观察方法学——以广东与全国同步进行的农业污染源普查实施方案与结果为例	41
2.3.1	普查的目的与意义	41
2.3.2	普查的时点、对象、范围与内容	41
2.3.3	普查的技术路线与步骤	42
2.3.4	普查的方法	43
2.3.5	第一次全国污染源普查结果	45
2.4	珠江三角洲地区社会—经济—自然复合生态系统概况与区域性环境问题	46
2.4.1	社会—经济—自然复合生态系统概况	46
2.4.2	区域性环境问题越来越突出	47
2.5	主要研究区域：江门市资源环境与社会经济概况	49
2.5.1	国家环境保护模范城市之一江门市资源环境概况	49
2.5.2	农业大市江门：珠三角都市群与港澳地区农副产品供应基地	52
2.5.3	构建两高三新现代产业体系，加强工业反哺农业，城市支持农村能力建设	55

第 3 章 实验验证：稻蔗药加工“GPSE 低碳高值化发展理论方法”中的生物化工试验

3.1	GPSE 低碳高值化发展理论与高效低成本系统化设计方法试验原理	58
3.1.1	P.T.Anastas 等人的“绿色化学”理论与闵恩泽等人的研究成果	58
3.1.2	GPSE 中化工过程设计的低碳高值化发展理论	61
3.1.3	循环经济学的科学基础：过程制造业与循环经济的关键理论	65
3.1.4	广东农业面源污染治理项目高效低成本系统化设计方法的基础理论——以化学计量学、工艺一体化技术科学、生态学研究方法学融合为中心	70
3.1.5	“GPSE 低碳高值化发展方法学”及其动力“低碳高值化技术创新”概要	76
3.2	稻糠加工 GPSE 及其肌醇工业性试验中的高效低成本系统化设计方法	81
3.2.1	“9 联产”中肌醇、甾醇生产技术与肌醇工业性试验中模拟退火算法的应用	81
3.2.2	肌醇等“4 联产”及其经济评价	86
3.2.3	小结	87
3.3	稻壳加工 GPSE 技术产业化研究与示范	87
3.3.1	生物质能源工程 I：稻壳气化发电与制汽发电的比较	87
3.3.2	稻壳硅利用技术	88
3.3.3	小结	88
3.4	稻草加工 GPSE 技术产业化研究与示范	89

3.4.1	稻草应用于食用菌生产——以大球盖菇栽培为例	89
3.4.2	稻草制溶剂：低碳直链酮——甲乙酮	90
3.4.3	生物质能源工程 II：稻草与煤制甲醇比较中的生命周期分析方法	90
3.4.4	小结	95
3.5	品牌/服务微笑曲线与稻谷加工过程流通、产出贡献分别为产中 3 倍的实现	96
3.5.1	联合国调查显示：国际名牌占 3%，市场占有率 40%，销售额占 50%	96
3.5.2	小结：稻谷加工 GPSE 流通、产出贡献分别为产中 3 倍的实现路径 综述	96
3.6	国家环保模范城市江门：求索环保新道路——代价小效益好排放少可持续	97
3.6.1	全国最大的甘蔗高值化利用基地“江门甘蔗化工厂”对探索环保 新道路的启示	97
3.6.2	复核专家组：江门市环保工作“重成效，重过程，特色鲜明”	98
3.6.3	巩固提质工作取得新成效	99
3.6.4	环保工作持续创新的实践	99
3.7	广东江门开平市国家现代农业示范区与广西贵港生态工业园（EIP）	105
3.7.1	开平国家现代农业示范区及其低碳高值化中药/生物企业	105
3.7.2	贵港国家生态工业园——以甘蔗制糖 GPSE 低碳高值化发展为中心	107
3.8	现代农业可持续发展途径探索的典范：江西省“山江湖”开发治理工程	111
3.8.1	背景和发展	111
3.8.2	原则与方针	112
3.8.3	主要模式——以南方庭院经济模式赣南猪（禽、鱼）-沼-果（蔬） 为例	112
3.8.4	效果与影响	113
第 4 章 高端计算：化学计量学多变量解析方法与 GPSE 低碳高值化发展分析控制 ——以低成本质量控制中的中药指纹图谱及其 NIR 在线无损分析方法为例		114
4.1	现代近红外光谱分析技术的研究进展	114
4.1.1	发展历程：化学计量学方法使近红外光谱分析技术由“沉睡”到 “独立”	114
4.1.2	国内外近红外仪器及其应用领域的发展现状	114
4.1.3	技术组成、技术优点与局限性	118
4.1.4	定量分析过程、规范与实例：中药银杏中总黄酮和总内酯测定	119
4.1.5	定性分析过程、规范与实例：水中有机污染物的快速鉴别	124
4.2	分析化学的新分支：过程分析化学/技术及其在线 NIR 方法	127
4.2.1	PAC 及其发展的 5 阶段论与 PAT 的崛起	127
4.2.2	在线 NIR 分析系统组成、分析技术实施与系统性能评估	130
4.2.3	PAT 的应用、发展方向与前景	134
4.2.4	应用实例 I：丹参多酚酸盐柱层析过程在线分析与河水 COD _{Cr} 、 BOD ₅ 测定	134

4.2.5	应用实例 II: 中药在线 NIR 指纹图谱应用于质量评价及控制与新药研发	141
4.2.6	应用实例 III: PAT 在线监控发酵床养猪方法的环境—经济—社会效益分析	146
4.3	PAC/PAT、NIR 等化学测量的基础理论与方法学——化学计量学及其软件	148
4.3.1	化学计量学与 PAC/PAT、NIR 及计算机科技的耦合发展	148
4.3.2	化学计量学软件的主要结构与功能	149
4.3.3	化学计量学商品软件概况	153
第 5 章	农业面源污染治理项目技术经济可行性与效益分析——以生态农业中的养殖场大中型沼气工程为例	159
5.1	畜禽养殖场大中型沼气工程建设	159
5.1.1	畜禽粪尿排放量及其特性	159
5.1.2	畜禽养殖场沼气工程技术路线选择	165
5.1.3	大中型沼气工程的设计参数是达到最佳处理效果和经济效益的关键	167
5.2	沼气工程发酵产物的综合利用	169
5.2.1	沼气: 燃烧技术及应用	169
5.2.2	沼肥与作物增产和土壤改良	177
5.3	沼肥利用技术	180
5.3.1	沼肥在种植业中的利用	180
5.3.2	沼肥在养殖业中的利用	183
5.3.3	沼气发酵工程残留物的其他用途	184
5.4	实例: 大中型沼气工程可行性与效益分析	185
5.4.1	概述——以深圳农牧实业有限公司沼气工程为中心	185
5.4.2	杭州正兴牧业有限公司沼气工程	188
5.4.3	嘉兴市秀城区绿嘉园牧业有限公司沼气工程	191
第 6 章	绿色产业中生态农业及其生态系统多样性利用技术	194
6.1	国内外生态农业——农业生态过程工程的研究进展	194
6.1.1	农业生态过程工程——生态农业研究进展	194
6.1.2	生态农业发展的新阶段——生态高值化农业	198
6.1.3	生态高值化农业的载体与农业生态过程工程基本路径——循环农业	208
6.2	农业生物多样性利用原理与低成本技术开发——以农业生态系统多样性为例	209
6.2.1	生态系统生态学、全球生态学与农业生物多样性利用技术的发展	210
6.2.2	农业生态系统多样性的构成、内涵、类型与基本规律	211
6.2.3	农业生态系统多样性利用低成本技术与模式	215

6.3 农业生态系统多样性利用技术开发中土地利用格局及方式变化的影响.....	218
6.3.1 对农业生物多样性保护的影响	218
6.3.2 对温室效应的影响	222
6.3.3 对小气候的影响	224
6.3.4 对碳、氮循环过程的影响	225
6.3.5 对有害生物的影响	229
6.3.6 对环境污染控制的影响	231
6.4 农业生态系统多样性利用低成本技术开发中的生态效应研究.....	233
6.4.1 农业生态系统多样性利用技术开发的理论与实践依据.....	233
6.4.2 生态学效应研究进展	233
第 7 章 绿色种植业中化肥农药污染治理示范工程	235
7.1 种植业过量施用化肥农药的污染及其影响与危害	235
7.1.1 化肥污染及其影响与危害	235
7.1.2 农药污染及其影响与危害	238
7.2 种植业过量施用化肥农药对环境影响的监测方法 ——以农药残留及其 PAT 研究为例.....	242
7.2.1 环境中农药残留的形成	242
7.2.2 农药残留现状与危害	243
7.2.3 PAT 在农药残留检测中的应用.....	244
7.2.4 农药残留研究新课题：生态系统健康新理念与环境痕量污染物 新概念	248
7.2.5 过程分析化学的新原理和新方法 ——以阿特拉津及其监测研究为例	252
7.3 种植业化肥农药污染综合治理示范工程生态高值化发展方法与技术体系.....	255
7.3.1 水肥一体化技术应用示范	255
7.3.2 水稻“三控”施肥技术示范——以新会为例	264
7.3.3 测土配方节肥栽培与化肥污染控制系统模拟分析	268
7.3.4 缓控释肥技术对化肥污染的开支与节肥节水功能	271
7.3.5 农药减量控害增效技术示范工程	271
7.3.6 保护性耕作：固碳减排增效的重要技术	282
第 8 章 绿色养殖业中的污染治理与废弃物管理示范工程	291
8.1 养殖场废弃物的污染特性、治理目标及管理体系	291
8.1.1 养殖场废弃物污染及其特性	291
8.1.2 治理目标、规划及其实施途径	295
8.1.3 管理系统	296
8.2 畜禽粪便的储运和预处理	298
8.2.1 储粪设施	298

8.2.2	畜禽粪便的运输	299
8.2.3	畜禽粪便的预处理	300
8.3	畜禽粪便臭气控制的技术与方法	301
8.3.1	恶臭的产生及危害	301
8.3.2	除臭技术与方法	302
8.4	畜禽粪便污水处理模式与技术	304
8.4.1	概述	304
8.4.2	粪便污水处理模式	304
8.4.3	粪便污水处理技术	309
8.4.4	畜禽干粪处理技术	313
8.5	畜禽粪便的资源化技术	317
8.5.1	资源化特征	317
8.5.2	资源化技术在畜禽粪便肥料化、饲料化、能量化中的应用	317
8.6	畜禽粪便处理技术的研究实施进展	
	——以有机—无机复混肥的清洁生产为例	322
8.6.1	畜禽粪便处理技术与设备	322
8.6.2	畜禽粪便处理的工艺流程及其原理	323
8.6.3	有机—无机复混肥生产制造的工艺流程、设备及应用	325
8.6.4	技术模拟及发展前景	326
 第 9 章 江门市岭南特色都市农业 GPSE 产业化建设规划研究		
	——以江门市现代农业综合示范基地的资源态势与开发方略为中心	330
9.1	岭南特色低碳高值化都市农业 GPSE 产业化建设规划的良好良田良种良法	
	配套研究	330
9.1.1	基地概况	330
9.1.2	核心区资源态势分析	331
9.1.3	核心区规划	332
9.1.4	核心区功能分区与建设内容	332
9.1.5	核心区配套基础设施、成果转化区及辐射带动区建设规划	334
9.1.6	对策措施	334
9.2	从产业生态学到虚拟生态产业园与低碳高值化中药/生物产业	
	——以陈皮、灵芝等产业为例	334
9.2.1	产业生态学的概念与发展历程	334
9.2.2	生态产业的内涵、特点与设计原则	336
9.2.3	生态产业园（EIP）的概念与发展趋势	338
9.2.4	示范基地成果转化/辐射带动区适合发展的高素质农产品深加工	
	载体 VEIP	339
9.2.5	侨乡药乡儒表佛心道骨文化与陈皮灵芝低碳高值化中药/生物产业	
	VEIP——以“全国文明城市”江门慈善友爱的文化软实力与文化经济	

为视角341

9.2.6 开平健之源食品公司中药材灵芝工厂化种植与低碳高值化中药/生物
产业345

9.3 江门市岭南特色都市农业 GPSE “3 型”产业化技术体系.....347

9.3.1 技术创新“微笑曲线”的资源及环境代价与环境—经济—社会效益
系统分析347

9.3.2 有机食品产业化技术体系348

9.3.3 绿色食品产业化技术体系353

9.3.4 无公害农产品产业化技术体系357

9.3.5 小结与研究结果360

9.4 结论：江门市岭南特色低碳高值化都市农业 GPSE 质量效益型
可持续发展模式362

参考文献.....363

第1章 “GPSE 低碳高值化发展理论和 方法学”的集成及应用

1.1 学术背景：国家需求与目的意义

1.1.1 发展绿色经济，建设生态文明

1) “绿色经济”的概念自 20 世纪 80 年代提出以来开展的相关研究

《人民日报》2012 年 11 月 2 日署名陈宗兴的文章认为：绿色经济是与可持续发展理念一脉相承，在发展模式创新过程中出现的新的经济学概念。绿色经济是以市场为导向，以生态、环境、资源为要素，以产业经济为基础，以科技创新为支撑，以社会、经济、生态协调发展为目的，以维护人类生存环境，科学开发利用资源和协调人与自然关系为主要特征的一种新的经济形态。

2) 从世界各国的发展实践看，发展绿色经济需要把握的主要原则

(1) 要把生态、环境、资源作为绿色经济系统运行的基本要素，充分体现生态、环境、资源的价值和利用的公平性；

(2) 要把实现社会效益、环境效益和经济效益三者的综合效益最大化作为发展绿色经济的根本目标；

(3) 要把推动传统经济转型、构建经济全过程的生态化作为发展绿色经济的主要途径；

(4) 要把绿色科技创新作为发展绿色经济的关键手段、重要支撑与动力之源。

3) 推动科学发展的现代化建设新阶段

(1) 发展绿色经济，就是要按照建设生态文明的要求，把生态基础、环境容量和资源承载力等作为前提条件，充分发挥生态、环境对经济发展的先导作用和倒逼机制，逐步构建以绿色科技创新和机制创新为支撑，以绿色能源、绿色生产、绿色消费为基础，符合环境保护和绿色发展要求的经济运行体系，将绿色发展理念贯穿到生产、消费、贸易和投资等经济活动的全过程，从而推动经济、社会、生态实现全面、协调、可持续发展。

(2) 我国在实施可持续发展战略过程中，积极探索和推动经济社会的绿色发展，取得了显著的成绩。主要体现在两个方面：一是理论层面的探索。初步构建起以科学发展观为指导，以生态文明为统领，以生态建设和环境保护、“两型”社会建设和发展绿色经济为支撑的绿色发展理论框架。各级政府提出和实施的新型工业化道路、循环经济、低碳经济、清洁生产、节能减排等，基本上都属于广义的绿色经济范畴。二是实践层面的探索。各地区、各部门积极推动绿色经济发展，大力开展天然林保护工程、退耕还林工程、自然保护

区建设等生态建设和环境保护工程,加大生态、环保基础设施建设投入,陆续启动了循环经济、节能降耗等方面的重大项目和试点示范。特别是国家“十二五”规划专门论述“绿色发展”,提出了若干具体举措,推动“绿色经济”成为国家和地方的重要发展战略。此外,我国还陆续制定了《清洁生产促进法》《环境影响评价法》《可再生能源法》《循环经济促进法》等一系列促进绿色经济发展的法律法规。

1.1.2 亟待缓解:作为国民经济主体、核心和支柱的过程制造业高污染低价值问题——以 3.56 亿人从业的农副食品加工业为例

1.1.2.1 我国过程制造业的高污染低价值问题亟待缓解

1) 无论对于发展中国家还是发达国家,制造业始终是国民经济一个重要的战略组成部分。包括农副食品加工业在内的过程制造业,是我国国民经济的物质基础和产业主体,是经济高速增长的“发动机”和国家安全特别是粮食安全与农民增收的重要保障,亦是科学技术的基本载体,是国民经济和综合国力重要体现。据《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2002),制造业分为农副食品加工业、纺织、服装、钢铁、有色金属、石油化工、设备制造,以及废弃资源和废旧材料回收加工等 31 个行业,依据制造过程,可分为连续流程制造(如冶金、化工、造纸等)和离散制造(机械制造等)两大类,另有一些制造过程属于半连续、半离散制造。^[1]我国是食品生产消费大国,食品生产经营者有 1 000 多万户。但产业素质总体较低,80%以上是 10 人以下的作坊式小企业,还有 2 亿多农产品种植养殖户。如生猪养殖户,我国为 6 700 万,美国为 7 万,中国是美国的 957 倍。我国从事农副食品生产的 3.4 亿人中,文盲和小学文化程度者约占总人口的 40%;食品工业和餐饮行业 1 600 万从业人员中,85%以上是受教育水平相对较低的进城务工人员。^[2]

2) 我国在历史上曾经是制造大国。15 世纪,中国的科学与技术处于世界一流水平,一直到 17 世纪,我国都是制造业大国;17 世纪之后,急转直下。改革开放以来,我国的制造业得到了飞速的发展。1990—2005 年,美国、日本、德国和中国的制造业增加值的年增长率分别为 2.07%、0.65%、1.38%和 7.79%,我国制造业增加值的增长率远高于美国、日本、德国。就制造规模而言,2005 年我国制造业增加值为 7 596.61 亿美元,为日本的 79.79%,美国的 43.70%,位居第三,我国已是一个制造业大国。^[1]

3) 2008 年,美国芝加哥大学诺贝尔经济学奖得主、新制度经济学的创始人、97 岁的罗纳德·H. 科斯(Ronald H.Coase)说,从小读《马可·波罗游记》,对神秘的中国充满了好奇心,中国在唐宋元时代所拥有的财富居世界第一,到了近代突然衰落,改革开放 30 年来中国经济又创造了人类历史上的奇迹,这种大起大落让他看不明白,因此决定拿出自己的诺贝尔奖金邀请中国的企业家与县以上地区干部(占研讨会发言的四成人马)在美国召开中国经济改革研讨会。他请张五常教授撰写一篇论文作为会议开场文章,同时请两位诺贝尔经济学奖得主作为该文章的评论者,世纪老人科斯出席了长达 5 天的会议,天天到会,静坐聆听,清早起床,晚上 11:30 才睡觉,感动着年轻的神州学子。他在开幕和闭幕式上均发表了精彩的讲话,表示“为中国奋斗,就是为世界奋斗”“我将长眠祝福中国”时,许多与会者都流下了眼泪。^[3]

1.1.2.2 低碳高值化的先进制造技术亟待发展

1) 截至 2010 年,中国经济总量达到世界第二。但早在 20 世纪 90 年代中后期,我国以 COD_{Cr} (化学需氧量) 和 SO_2 为代表的环境污染物排放量高居世界第一,化石能源消费量和 CO_2 排放量亦在近年达到世界第一,无论是单位 GDP 的污染物排放量还是能源消费量,远远高于美、日、德等发达国家,亦高于印度、巴西等发展中国家。这些数字说明,我国的经济发展模式是建立在掠夺和破坏自然资源与环境的基础之上的。各种直观的资源与生态及环境问题也陆续集中发生在我们身边。普遍的水资源短缺和水环境污染,大气污染与沙尘暴,生态退化和生物多样性减少等,已普遍引发公众对于健康、生存和可持续发展前景的忧虑。高投入、高消耗、高污染、低效率、低价值的发展道路正在引起越来越多人的反思。^[4]我国还远不是制造强国。2004 年我国的制造业增加值率为 27.5%,而美国为 41.2%,日本为 36.9%。我国制造业的能源与材料利用率低,主要工业行业产品能耗比国际先进水平高出 40%,盈利水平还比较低,经济效益亟待提高。制造业产品偏于低端;重大装备制造技术,特别是核心技术过于依赖国外;我国在国际产业分工中仍处于低技术、低附加值的层次;包括农副食品加工在内的先进制造领域过程工程亟待构建与应用,先进制造技术亟待发展。^[1]

2) 我国人均资源储量不足,45 种主要矿产资源人均占有量不到世界平均水平的一半。随着重化工业高速发展,石油、天然气、铁、铝、铜等主要矿产对外依存度上升,可持续开发率急剧下降。未来 30~50 年内,我国仍将面临人口稳步增加,社会发展对能源与物质需求持续增长的压力,过程制造业仍将长期作为我国国民经济的支柱产业。我国要成为制造业强国,必须依靠科技创新,从源头上解决资源环境可持续发展的瓶颈问题,摆脱粗放式增长方式,加速制造业的绿色化升级,采用资源节约型、环境友好型的绿色制造技术,依靠科技进步实现增长方式转变。^[1]

3) 伴随着全球生态与环境日益恶化和资源短缺,过程制造业的绿色化已经成为人类社会可持续发展的迫切要求,并由此产生绿色制造的概念。绿色制造是综合资源利用和环境影响的可持续制造模式,目标是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品生命周期中,对环境的影响最小,资源利用率最高,通过源头减量控制和资源循环再利用,使企业经济效益和社会环境效益协调优化。其体系结构包括绿色设计、面向环境的材料选择、绿色工艺、绿色包装、回收及再制造技术、面向环境和资源的生态工业技术、全生命周期评价和决策分析等,涵盖了离散制造业与连续流程制造业。目前,绿色制造已经与低碳发展的清洁生产、资源循环利用、产品高价值化等相互融合,构成制造业发展战略。应对可持续发展,我国制造业发展绿色制造技术所面临的问题和发展趋势如下:

①迫切需要大幅度提高能源、资源利用效率,减少废弃物排放的清洁生产、循环经济先进技术。

②迫切需要研发我国特色资源、二次资源、生物质资源等替代资源的清洁、高效、循环利用新技术、新过程,为我国未来 30~50 年内的可持续发展提供资源安全保障。

③我国应把握制造业转型时机,引领科技发展,重新构建我国产业结构,将大宗基础原材料加工与高价值产品服务高度融合,将离散制造业与连续流程制造业高度融合,建立具有

我国产业特色的绿色制造结构和先进技术体系，到 2050 年进入世界先进国家行列。^[1]

1.1.1.3 亟待降低成本：占全球温室气体排放 19%、淡水用量 70%的农业及其面源污染治理

1.1.1.3.1 农业生产亟待高效低成本

1) 新华社《参考消息》2010 年 6 月 4 日转载报道，联合国可持续资源管理国际小组的研究报告指出，农业生产占用了全球淡水产量的 70%、土地使用量的 38%，并占全球温室气体排放总量的 19%。这份递交各国政府的报告称，降低气候变化影响的方法之一是吃更多的素食。

2) 我国近 50 年来工业化农业的负效应，以及近年盲目追求 GDP 导致的生态农业发展低迷，灌溉水、劳动力、农药、化肥 4 项投入迅猛增长，种粮比较效益明显偏低，种养结构失衡，轻种重养，种粮副业化，稻衰猪盛，以猪为首的人畜禽鱼粪尿严重污染流体环境，形成妨碍水资源、耕地、粮食等农产品安全与生态安全的恶性循环。多年来，基于县域水资源、耕地及农产品安全的清洁生产、治水治气、宜居宜业、增产增收、生态安全的诉求日趋高涨。

1.1.1.3.2 养殖业与治理农业面源污染亟待高效低成本——以治理养殖污染物之一的 CH₄ 为例

2006 年末，联合国粮农组织在一份题为《牲畜的巨大阴影：环境问题与选择》（Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options）的报告中比较系统地阐述了动物产品对生态与环境的巨大破坏，特别是牲畜产生的温室气体已经超过了交通运输业，包括汽车、飞机和船只等。该报告的高级撰稿人粮农组织畜牧信息政策科科长 Henning Steinfeld 说：“畜牧生产是造成当今最严重环境问题的最大责任方之一。”畜牧业对环境的破坏相当广泛，包括空气污染、气候变化、水资源的浪费、水污染、森林砍伐、土地和土壤的破坏、生物多样性损失等。该报告同时还指出解决畜牧业造成的环境问题是当前非常紧迫的任务。据肖洁发表于《科学时报》2008 年 10 月 9 日的访谈录《林而达：少吃肉，救地球，还要看国情》，林而达研究员作为中国农业科学院农业与气候变化中心主任，他比较关注的是 CH₄。现以养殖场污染物之一的 CH₄ 为例，说明如下。

1) 反刍动物的 CH₄ 排放总量比汽车的排放总量的确要大，发达国家肉类消费减半是可以的。对于人均肉食消费量还很低的发展中国家广大低收入农民来说，这样的要求是不公平的。基于不同国家的这种肉食消费的差异性，我们不难理解《联合国气候变化框架公约》规定的保护气候的目标之一是包括肉食生产在内的食物生产不受威胁。依照中国的国情，我们期待研究出更有效的减少动物 CH₄ 排放的新技术。笔者认为，在我国城镇过度肉食的人口口中倡导“少吃肉，更健康，救地球”是可取的。

2) 近百年来，大气中 CH₄ 的浓度每年正以 0.9% 的速度持续增加。人为 CH₄ 排放的主要来源有湿地破坏、水稻种植和反刍动物饲养。反刍动物吃的饲料中 6%~8% 没有变成肉和奶，而是变成了 CH₄。虽然大气中 CH₄ 的浓度远低于 CO₂ 的浓度，但 CH₄ 有很强的红外吸收能力，1g 的 CH₄ 引起的温室效应是 1g CO₂ 的 20 倍以上，从而使 CH₄ 在整个温室效应中所占比重仅次于 CO₂。