

太行山山麓平原区土地整治工程设计研究

——以顺平县高于铺镇、腰山镇项目区为例

郑艳东¹, 郑艳茹^{2*}, 李丽颖¹

(1. 河北省土地整理服务中心, 河北石家庄 050051; 2. 河北师范大学资源与环境科学学院, 河北石家庄 050024)

摘要 选取太行山山麓平原区的顺平县高于铺镇、腰山镇土地整治项目区为案例, 应用数学分析法、实地调研法、抽样调查法, 在分析项目区新增耕地来源的基础上, 对项目区土地平整工程、农田水利工程、田间道路工程及村庄整治工程进行规划设计, 以期对太行山山麓平原区的土地整治工程设计提供经验借鉴和方法指导。

关键词 土地整治; 工程设计; 太行山山麓平原区

中图分类号 S28; F303.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)02-00848-05

Research for Land Consolidation Project Design in Taihang Piedmont Plain Area

ZHENG Yan-dong et al (Consolidation and Rehabilitation Center of Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei 050051)

Abstract Selecting land consolidation project of Gaoyupu Town and Yaoshan Town in Sunping County, Taihang Piedmont Plain Area as the case, by using mathematics analysis method, field investigation method and sampling survey method, on the basis of analyzing new farmland origins in the project area, land levelling project, irrigation and water conservancy engineering, country road engineering and village renovation engineering were planned and designed, so as to provide a reference and guidance for land consolidation project design in Taihang Piedmont Plain area.

Key words Land consolidation; Engineering design; Taihang Piedmont Plain Area

目前, 土地整治已成为国家层面的战略部署, 土地整治事业正处于重大战略机遇期, 亟需土地综合整治战略顶层设计的指引^[1-2]。《全国土地整治规划(2011~2015年)》提出实施粮食主产区基本农田整治工程, 补充耕地 19.5 万 hm², 整治后基本农田质量提升 1 个等级。土地整治项目规划设计是土地整治工作的核心, 主要涉及土地平整、灌排设施、道路设施、农田防护工程设施等要素的布设^[3], 在较大程度上决定了土地整治工作的成效^[4]。为了推进土地整治事业的有序发展, 亟需开展土地整治工程设计的相关研究, 提升规划设计方案的科学性和可操作性。

近年来, 江西、天津等省市相继开展了土地开发整理工程类型区划分, 为编制土地开发整理工程建设标准和土地开发整理工程的分类、分区管理布局提供依据^[5-6]。同时, 一些学者选择典型案例区, 开展了针对性较强的土地整治工程设计^[7-8]。李灿等基于生态重建对石漠化山区土地整治项目进行了规划设计^[9]; 王军等以荔波县板寨河头村土地整治项目为例, 进行了农田斑块、农田水利工程、道路工程和生物多样性保护工程的景观设计^[10]; 赵华甫等针对东北典型黑土区的自然资源特点和农业发展态势, 提出了土地平整、田间道路、农田水利、育秧控温、黑土保育等工程布局, 探索了易拆装、抗冻融渗漏的渠道设计和抗返浆田间道路设计等^[11]。比较而言, 土地整治的相关研究集中在项目投资估算、潜力测算与分区、效益评价等方面, 土地整治工程设计、施工、监理、土地权属调整等的研究不足^[12-14], 在一定程度上制约了

土地整治实践; 土地整治规划设计的案例研究集中在山地丘陵区, 山麓平原区的相关研究较少。笔者立足于河北顺平县高于铺镇、腰山镇土地整治项目实际, 在分析项目区新增耕地来源的基础上, 对项目区土地平整工程、农田水利工程、田间道路工程及村庄整治工程进行规划设计, 以期对太行山山麓平原区的土地整治设计提供参考。

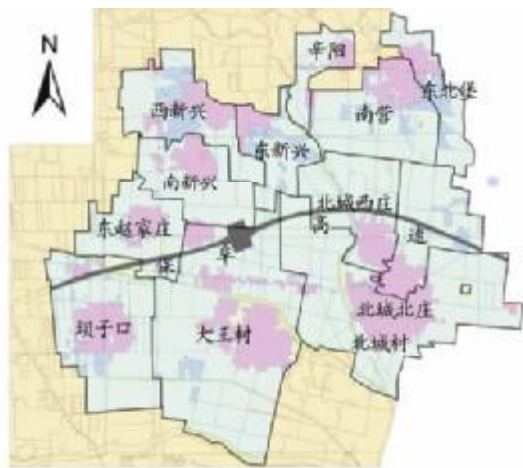


图1 土地整治项目区地理位置示意

1 研究区概况

1.1 项目区位置 顺平县位于河北省中部偏西, 地处太行山东麓与华北平原交接过渡位置, 位于 114°50'8"~115°17'4"E、38°44'35"~39°7'18"N; 西、北部与涞源县、易县交界, 西、南部与唐县相连, 南部与望都县接壤, 东、南部与清苑县毗邻, 东、北部邻满城县; 全县境内分山区、丘陵区、平原区, 东西长 29.5 km, 南北宽 27.2 km, 总面积 712.66 km²; 暖温带半干旱半湿润大陆性气候特征明显, 四季分明, 雨热同期, 适宜多种农作物生长。

项目区位于顺平县东南部(图1), 涉及 2 个镇 12 个村,

基金项目 国土资源部公益性行业科研专项项目(201011016)。

作者简介 郑艳东(1979-), 女, 河北遵化人, 工程师, 硕士, 从事土地整治、区域农业与农村发展研究, E-mail: zhengyandong@126.com。* 通讯作者, 硕士研究生, 研究方向: 资源评价与可持续利用, E-mail: zhengyanru126@126.com。

收稿日期 2012-11-13

分别为高于铺镇大王村、东赵家庄村、坝子口村、北城村、北城北庄村、北城西庄村,腰山镇西新兴村、东新兴村、南新兴村、南营村、东北堡村和辛阳村,总面积 2 290 hm²;地貌类型属于平原,地势平坦,坡降较小,局部存在洼地和缓坡;项目区总人口 20 209 人,人均耕地 0.08 hm²,种植制度以冬小麦、夏玉米一年两熟为主,农业基础设施、机械化程度一般,粮食产量 12 758 t。近年来,随着农业机械化的发展和产业结构调整,农村剩余劳动力增多。农闲时节,大部分劳动力通过外出打工以增加家庭收入。总体来看,项目区有充足的劳动力和土地资源,通过土地整治增加耕地和提高农民收入

的意愿强烈,土地整治的条件成熟。

1.2 项目区土地利用现状 据第二次全国土地调查数据(表 1),项目区现有耕地 1 625.3 hm²,占项目区土地总面积的 70.96%,主要分布在大王村、北城村、坝子口村、南营村、北城北庄、北城西庄和南新兴村;其次是住宅用地(425.7 hm²),占项目区总面积的 18.56%,大王村、北城村和坝子口村的面积较大;园地 130.0 hm²,林地 17.2 hm²,草地 4.3 hm²,公共管理用地 0.8 hm²,特殊用地 1.9 hm²,交通过地 33.6 hm²,水域水利用地 19.4 hm²,其他用地 32.9 hm²。可见,项目区土地利用以耕地为主,后备土地资源有限。

表 1 土地整治项目区土地利用现状 hm²

一级地类	高于铺镇						腰山镇						合计
	东赵家庄	坝子口	北城西庄	大王	北城北庄	北城	东北堡	东新兴	西新兴	南新兴	辛阳	南营	
耕地	98.7	163.1	120.0	344.5	120.1	300.4	50.0	64.4	99.6	111.7	17.7	135.1	1 625.3
园地	1.9	9.9	0.0	9.6	10.9	0.1	16.0	26.3	33.9	0.0	0.0	21.4	130.0
林地	1.8	5.3	6.6	0.7	1.5	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2
草地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	4.3
住宅用地	21.3	50.9	30.1	91.4	28.9	82.7	15.8	18.5	28.6	28.4	0.0	28.5	425.1
公共管理	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
特殊用地	0.2	0.1	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
交通运输	2.4	1.8	3.8	7.2	2.0	6.1	1.0	1.5	1.6	1.6	1.5	3.1	33.6
水域水利	1.6	7.1	1.0	3.2	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.7	19.4
其他用地	3.2	3.2	3.6	6.6	0.2	11.4	0.1	0.1	1.1	2.9	0.0	0.5	32.9
合计	131.1	241.3	166.4	464.4	163.7	408.8	84.1	110.9	164.7	146.4	19.1	189.4	2 290.4

表 2 项目区新增耕地潜力分析结果

项目	土地利用类型	面积/hm ²
耕地增加来源	园地	99.3
	有林地	2.1
	其他草地	2.2
	裸地	0.61
	沟渠	7.7
	田坎	29.8
	小计	141.7
耕地减少去向	园地	19.0
	有林地	28.1
	其他林地	1.8
	农村宅基地	0.3
	设施农用地	0.3
	农村道路	8.6
	新修沟渠	8.2
	小计	66.1
新增耕地面积		75.5

注:此表仅考虑耕地增加来源和减少去向,未对园地等其他地类变化进行分析。

基于实地调研和土地适宜性评价分析,项目区新增耕地潜力分析结果见表 2。由表 2 可知,项目区可新增耕地 75.5 hm²,新增耕地率 3.3%,主要来源包括:①西新兴村、东新兴村等村庄的老龄果树多,多数村民砍伐果树后将园地变为耕地,总计 96.2 hm²;②北城西庄村西北临近蒲阳河的 0.41 hm²林地,土壤条件较好,灌溉设施的完善能使这些地块得到良好灌溉,且这些林地不属于退耕还林项目区;③近年来,村

民自发地改良北城村东部的其他草地,耕作条件明显改善,可新增耕地 2.2 hm²;④大王村的 0.61 hm²裸地已经过村集体平整改良,土层深厚,理化性质良好,达到了农作物的生长条件;⑤根据当地村民意见及土地理化性质,约 7.7 hm²废弃沟渠通过平整翻耕可以变更为耕地;⑥经实地踏勘,约 29.8 hm²的废弃田坎土层深厚,而且田坎呈线状分布在耕地中间,平整翻耕后并经过培肥改良能够达到周围耕地的质量等级;⑦征求村民意见后,约 3.1 hm²园地和 1.7 hm²林地经过有偿砍伐后可作为新增耕地来源。

耕地减少去向:①考虑到第二次土地调查数据至今有些耕地已转变成其他地类,其中 19.0 hm²耕地转变为园地,28.1 hm²耕地转变为有林地,1.8 hm²耕地转变为其他林地,0.3 hm²耕地转变为农村宅基地,0.3 hm²耕地转变为设施农用地。在计算新增耕地面积时,应相应核减 49.3 hm²耕地。②项目区内规划道路总计占用耕地 8.6 hm²,新修沟渠占用耕地 8.2 hm²,故应从新增耕地总量中相应核减。

2 土地整治工程设计方案

依据项目区的水土资源特点和存在问题,结合建设高标准基本农田、增加耕地面积、完善农田灌排设施、改善农村生产生活条件和保护生态环境的要求,合理布设土地平整工程、灌溉与排水工程、田间道路工程、农田防护工程和村庄整治工程,把项目区整体建设成为“田成方、树成行、路相通、渠相连、旱能灌、涝能排”的布局格局(图 2)。

2.1 土地平整工程设计 土地平整工程是进行农业机械化和农田水利、道路等基本建设的基础,是实施土地开发整理项目的关键环节之一。项目区平均坡降约 0.2%,地势

建设标准(试行)》等有关灌溉节水的规定,结合项目区机井布置情况,采用埋设 PVC 管道后地上接移动式软管的输水方式。输水管道埋深要超过冻土层(项目区冻土层距离地面 65 cm)。以机井为布控中心,设置 PVC 管道,设计沟宽 0.2 m,埋深 0.8 m,管道长度 ≤ 500 m,回填土 0.5 m 机械夯实,0.3 m 松填不夯实;根据当地情况,流量约为 $40 \text{ m}^3/\text{h}$,机井流速按 1.25 m/s ,可得管径约为 106.4 mm,故对比商品管规格后选取管径为 110 mm 的 PVC 管。

鉴于西新兴、东新兴和南新兴 3 个村将来发展草莓种植业,需要缩短出水口间距。因此,在铺设这 3 个村的低压输水管道时,支管方向的设计间距为 60 m,每隔 30 m 留一出水口,配置铸铁给水栓;其他村庄的支管间距为 100 m,每隔 50 m 留一出水口,配置铸铁给水栓,以便用软管连接送水入畦,每个给水栓下及弯头处浇筑 C20 混凝土镇墩($0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$)固定;此外,考虑到出水口安全问题,规划在每个出水口设置混凝土保护装置($0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$,U 型水泥槽,水泥混凝土厚度 0.1 m,地下埋深 0.2 m);根据节水灌溉标准和当地实际,共规划直径 $\phi 110 \text{ mm}$ PVC 低压输水管道 193.2 km。

2.2.3 排水工程。项目区排水系统采取明沟排水,按照“十年一遇,三日暴雨,五日排除”的排涝标准布置排水沟。根据地形走势,遵循“项目区内排水沟互通并与项目区外排水沟或河道相连”的原则,沿主要干道单侧的地势较低处布设排水沟,共开挖排水沟 68.3 km。根据顺平县水利资料,项目区的排涝模数为 $21 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{万} \text{ hm}^2)$ 。近 10 年来,项目区的排涝模数呈现降低趋势,在征求水利专家意见后,确定其修正系数为 0.85。根据当地实际情况、土体构型及现有沟渠设计经验,排水沟相关参数设定为:边坡系数为 1:1,糙率 0.025,水沟坡降 $1/2\ 000$ 。排水沟的计算排水流量为 $0.057\ 2 \text{ m}^3/\text{s}$,田块的最大排涝设计流量为 $0.054\ 1 \text{ m}^3/\text{s}$ 。经计算,设计流速 $V_d = 0.27 \text{ m/s}$,不冲流速 $V_{cs} = 0.43 \text{ m/s}$,不淤流速 $V_{cd} = 0.11 \text{ m/s}$,符合 $V_{cd} < V_d < V_{cs}$;排水沟规格为上口宽 1.2 m,深 0.4 m,底宽 0.4 m,挖掘机挖土 $2.18 \text{ 万} \text{ m}^3$ 。

2.2.4 过路涵洞。涵洞是保证沟路相通及排水流畅的建筑物。结合项目区特点及沟、路设计,排水沟经过田间道涵管长度按 6 m 计算,经过生产路时长度按 3 m 计算,项目区内排水沟与道路交叉处设置涵洞,采用管式涵管,共设涵洞 141 座。项目区内过田间道涵洞选用内径 $\phi 300 \text{ mm}$ 、外径 $\phi 420 \text{ mm}$ 、长为 6 m 的预制混凝土管,共计 115 座;过生产路涵洞选用内径 $\phi 300 \text{ mm}$ 、外径 $\phi 420 \text{ mm}$ 、长为 3 m 的预制混凝土管,共计 26 座。

2.3 田间道路工程 根据项目区现有交通情况及总体布局要求,在充分利用原有道路基础上完善项目区的道路网络,包括田间道、生产路两级农田道路。①整修及新修田间道规格:路面宽 4.0 m,路肩宽 0.3 m,路基宽 5.2 m,素土压实路基,12 cm 三七灰土垫层,18 cm C25 的水泥混凝土面层,高出地面 0.3 m。项目区总计整修田间道 75.08 km,新修田间道 12.85 km。②整修及新修生产路规格:路面宽 2.0 m,路基为

2.3 m,素土压实路基,路面为 0.15 m 厚泥结碎石,高出地面 0.15 m。项目区总计整修 2 m 宽的生产路 12.39 km,新修 2 m 宽的生产路 6.42 km。

2.4 农田防护与生态环境保护工程 项目区地处暖温带半干旱半湿润大陆性气候区,主导风向为西北风,项目区林木覆盖率低。为防御自然灾害,调节农田小气候,改善农业生态环境,项目区内应重视农田生态系统建设,同时突出农田生态景观格局效果。农田防护工程主要在田间道两侧进行单排植树,其中,长 5 180 m 的六号公路两侧采用乔灌结合(胸径为 6 cm 的龙须柳和冠径为 151~200 cm 的连翘),龙须柳株距为 4 m,栽种龙须柳 2 590 棵,在龙须柳中间栽种连翘,共栽植连翘 2 590 棵;在贯穿北城北庄和东北堡的南北向田间道路两侧栽植龙须柳,株距 2 m,共计 2 651 棵。在规划的其他田间道两侧种植胸径为 5 cm 的杨树,株距 2 m。另外,坝子口村北和村南以及东赵家庄村南的南北向田间道两侧没有农田防护林,需要加强防护林建设,田间道两侧种植杨树总计 8.5 万棵。所选苗木必须根系完整,杆型通直,无病虫害。在栽植苗木时首先选择栽植坑位置,根据树种根系特点及土壤情况确定树坑规格,一般呈 0.70 m 的正方形,深度为 0.60 m。根系过长时应适当修剪后再进行栽植,浇足定根水后需在坑表面覆一层土,以防土壤水分蒸发。栽植的苗木应保证当年成活率不低于 90%,3 年期末存活率达 80% 以上。另外,为了防护林防虫害和美观需要,可对树苗下半部(1.2 m 以下)刷漆或涂白色涂料。

2.5 村庄整治工程 项目区内各村庄经济基础薄弱,现有基础设施状况较差,亟待通过实施土地整治项目改变村内落后现状。通过调查并征求村干部、村民意见,各村最迫切需要解决饮水难和道路标准低 2 大问题。因此,该项目对村庄内部的饮水井工程和道路工程做出设计安排。

2.5.1 村庄饮水工程。目前,项目区内 9 个村庄存在不同程度的饮水困难问题。考虑到蒲阳河径流污染的影响,为了达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)对生活饮用水水质的要求,保证农民生活用水的持续性,参考当地水文地质条件及现有饮水井的深度和规格,确定采用潜水泵抽取第三含水层作为饮用水来源,规划新打 180 m 饮水井 9 眼,配套安装潜水泵 9 台,型号为 200QJ40-156/12。据此,项目区沿村内主要道路埋设长约 22.54 km 的 110 mm PE 饮水管道。

2.5.2 村庄道路工程。在资金允许的范围内拟对村庄内部的主干道进行修缮和路面硬化。翻修的道路需要拆除现状混凝土路面,拆除的混凝土运送到附近的废弃池塘进行填埋;其他整修道路只需进行路床碾压后,上铺 0.12 m 厚的三七灰土路面基层,0.18 m 厚的混凝土硬化路面。东北堡村有两条 3 m 宽的土路,需要整修为 3 m 宽的水泥混凝土路,长度为 350 m;其他村内规划道路均为 4 m 宽的水泥混凝土道路,共计 18.50 km;西新兴需要将一条 2 m 宽的旧混凝土路面翻修成 4 m 宽的新水泥混凝土路,长度 1.19 km;南新兴和大王村分别有一条 3 m 宽的旧混凝土路面翻修成 4 m 宽的新水泥混凝土路,长度分别为 601 和 745 m;坝子口和北城分

别有一条 4 m 宽旧混凝土路面翻修成 4 m 宽新水泥混凝土路,长度分别为 816 和 448 m。

3 结论与讨论

土地整治工程旨在改善农业生产条件,增加耕地面积,提升耕地质量,增强农用地综合生产能力。通过田、水、路、林、村的综合治理,项目区新增耕地 75.5 hm²,新增耕地率为 3.30%,可新增粮食产能 1 099 t,将有效缓解项目区人多地少的矛盾;通过实施土地平整工程、灌溉与排水工程、田间道路工程和农田防护工程,把项目区的耕地建设成为旱涝保收的高产稳产农田,为种植业结构调整、土地集约化利用和规模化经营奠定了基础;村庄内部饮水井工程和道路工程的设计施工,极大地改善了农村农民生产、生活条件,农村整体面貌得到较大改观。该项目的实施将为太行山山麓平原区的土地整治起到积极的示范作用。

当前土地整治项目大都以土地整治为依托,提升土地产出率,而对于以土地整治为契机,推进现代农业发展的关注不足。我国当前的土地整治规划设计与现代农业发展相脱节,对具体的土地整治工程和措施针对性不强,造成了大量重复建设和资源浪费;土地整治过程中,对农业多功能价值的忽视使土地整治的综合效益难以有效发挥。因此,梳理各级土地整治规划和农业发展规划的定位、规划重点和研究内容,深入研究在“一张图”下的农业发展规划与土地整治规划设计相衔接的新机制、新手段,构建面向现代农业发展的土地整治规划设计技术体系是亟需强化研究的重要课题。

参考文献

- [1] 严金明,夏方舟,李强. 中国土地综合整治战略顶层设计[J]. 农业工程学报,2012,28(14):1-9.

(上接第 820 页)

试验研究,最终得到了此次试验最好的一组复合脂肪酶,油水比 1:3,温度在 40 ℃ 的条件下,1% 的脂肪酶 a 和 1% 的 Lipex100T 脂肪酶制备的复合酶在反应了 84 h 后酸值最高能达到 160.53 mgKOH/g;当把第 1 次反应的油分液出来,加入与第 1 次一样的 2% 的复合酶让其继续反应 84 h,大豆油的酸值最高能达到 169.33 mgKOH/g。

使用脂肪酶进行油脂生物转化,比传统的化学催化具有更多优点:反应操作条件温和,副产物少,节约能源,最大的优点是具有独特的专一性^[11]。复合脂肪酶催化油脂水解的工艺,无论从原料来源、生产工艺,还是从产品质量上看,前景都是广阔的。许多国家的开发步伐正在加快,我国能源相对贫乏,又是耗能大国,努力解决这项课题,无论对于精细化工,还是对于资源利用,都有极大的意义。

参考文献

- [1] ROONEY D,WEATHERLEY L R. The effect of reaction conditions upon

- [2] 鲍海君,徐保根. 生态导向的土地整治区空间优化与规划设计模式——以嘉兴市七星镇为例[J]. 经济地理,2009,29(11):1903-1906.
- [3] 高向军. 土地整理理论与实践[M]. 北京:地质出版社,2003.
- [4] 肖光强,李新举,胡振琪,等. 土地整理成功度评价方法[J]. 农业工程学报,2010,26(3):304-308.
- [5] 蔡海生,赵建宁,曾珩,等. 江西省土地开发整理工程类型区划分研究[J]. 中国土地科学,2011,25(3):19-25.
- [6] 孟广文,柳海岩,秦楠,等. 天津市土地开发整理工程类型区划分研究[J]. 天津师范大学学报:自然科学版,2009,29(3):69-74.
- [7] 刘红萍,李剑峰,姜炎. 海南省土地开发整理工程类型区划分研究[J]. 水土保持研究,2011,18(2):188-191.
- [8] 郎文聚,李振荣. 中国农村土地整治生态景观建设策略[J]. 农业工程学报,2011,27(4):1-6.
- [9] 李灿,罗海波. 基于生态重建的石漠化山区土地整理项目规划[J]. 农业工程学报,2011,27(12):324-329.
- [10] 王军,李正,白中科,等. 喀斯特地区土地整理景观生态规划与设计——以贵州荔波土地整理项目为例[J]. 地理科学进展,2011,30(7):906-911.
- [11] 赵华甫,吴克宁,王自威,等. 中国东北典型黑土区土地整理规划设计模式[J]. 资源科学,2011,33(5):929-934.
- [12] 蔡海生,陈美球,赵建宁,等. 土地开发整理工程类型区划分的概念与方法探讨[J]. 农业工程学报,2009,25(10):290-295.
- [13] 王世元. 在国家投资土地开发整理项目检查情况汇报会上的讲话[J]. 国土资源通讯,2007(8):29-30.
- [14] 温爱存,张继东. 麦积区土地整理实施中的问题与对策[J]. 中国水土保持,2012(5):31-32.
- [15] 王亦兵. 土地整理项目规划设计研究——以尧都区土门镇土地开发整理项目为例[J]. 华北国土资源,2005(3):4-15.
- [16] 彭琼芬. 土地开发整理项目中土地平整工程量的计算研究[J]. 昆明理工大学学报:理工版,2010,35(3):12-15.
- [17] 国土资源部土地整理中心. 土地开发整理项目预算编制与实务[M]. 北京:中国人事出版社,2005:151-160.
- [18] MENG D B,ZHU D L. Research on Classification of Land Consolidation Project Zones in Inner Mongolia[J]. Asian Agricultural Research,2011,3(6):50-54.
- [19] 孙和颜. 土地开发整理综合效益评价——以商河县土地开发整理项目为例[J]. 内蒙古农业科技,2012(4):46-49.
- [1] lipase catalyzed hydrolysis of high oleate sunflower oil in stirred liquid-liquid reactor [J]. Process Biochem,2000,36(1):947-953.
- [2] 黄家贤,李悦,霍岩丽,等. 含环碳酸酯基新型聚合物载体的合成及固定化葡萄糖淀粉酶研究[J]. 高等学校化学学报,2002,23(8):1605-1609.
- [3] 刘海洲,张媛媛,张广柱,等. 固定化酶制备技术的研究进展[J]. 化学工业与工程技术,2009,30(1):21-23.
- [4] 冯超,蒋丽娟,黎继烈,等. 固定化脂肪酶研究进展[J]. 食品工业科技,2011,32(2):373-378.
- [5] 周位. 复合脂肪酶催化制备生物柴油的工艺研究[D]. 武汉:华中科技大学,2007.
- [6] 周位,杨江科,黄瑛,等. 复合脂肪酶催化生物柴油的初步研究[J]. 生物加工过程,2007,5(3):20-26.
- [7] 高宗颖,苏丽,袁丽,等. 多不饱和脂肪酸的应用[J]. 农业产品加工业,2011(2):39-41.
- [8] 张中义,吴新侠. 脂肪酶的研究进展[J]. 食品与药品,2007,9(12):54-56.
- [9] 富海,高昆玉. 脂肪酶催化油脂水解[J]. 精细石油化工,1992(6):5-12.
- [10] 徐宝财,郑福平. 日用化学品与原材料分析手册[K]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [11] 王萍. 脂肪酶专一性在脂质生物转化中应用前景[J]. 粮食与油脂,1998(2):21-23.