

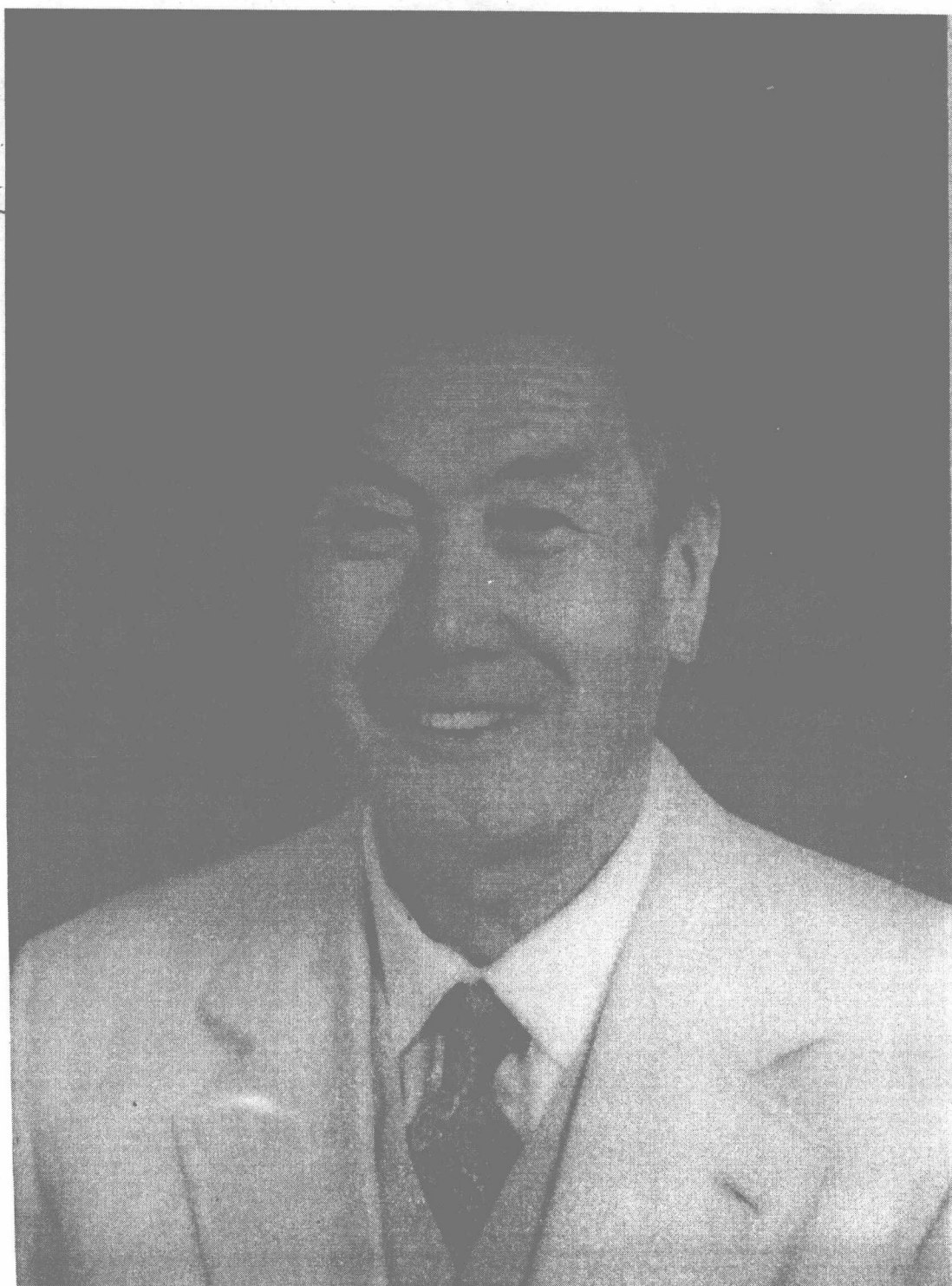
耕作力学研究

RESEARCHES ON TILLAGE
DYNAMICS

— 杜家瑶文选

SELECTED WORKS OF DU JIA-YAO





奖状

0001393

为表扬在我国科学技术工作中作出重大贡献的先进工作者和先进集体，特颁发此奖状，以资鼓励。

受奖者：杜家瑤

全國科學大會

一九七八年

前 言

耕作力学是土壤—耕作机具系统动力学的简称。作者从事此领域中的各项具体研究曾在国内外发表论文、报告数十篇。早期的研究论文(以在苏联出版的《当代耕地机械论文集》中入选的那篇为例),就发表在1962年,至今已四十一年了。

本选集是从作者历年发表的论文中略选十三篇,归为四类,按原发表的书刊扫描集成,并附两份科研成果报告。还将有关的资料作为附件。

对于“作者介绍”一栏是从《人名词典》及《贵阳文史》等书刊中选录的。

用这种方式的《选集》可以真实地反映作者在开拓耕作力学和探索“农业机械有理优化设计方法”科研工作的思路和历程;看出“一步一个脚印”的记录,可供后继者接力攀登,或被引以为“前车之鉴”,作者均感欣慰!

本书中的首篇正文——“耕作力学的开拓与探索”是1991年中国力学学会特邀作者赴京,在力学与农业工程学术研讨会开幕式中所作的综述报告,在本书中可作导论之用。

新中国建立后作者从教育工作岗位奉调入机械工业战线,又奉农业机械部之命组建农机部山地机械研究所以来,在建所工作的同时,作者仍亲自进行科研工作。在参加国内科研交流中,深感农业机械的研制工作大都处于用“边试边改”的原始手段,即是所谓的“CUT AND TRY”,像犁体曲面设计采用的水平元线法也只是苏联的一套“经验性的作图法”,从苏联引进的犁体不适合我国南方水田地区的耕作要求。

作者深感要提高农业机械的设计、研制水平,必需有一门“应用基础学科”,才能使农机具的研制从经验设计(empirical design)的水平提高到有理设计(rational design)。

通过一系列的研究实践,作者从中感悟到需要建立一门耕作力学作为应用基础学科。

本集中“水稻插秧机滚直插式机构设计参数的研究”,就是为我国初创的插秧机构遇到的难题提供原理和计算方法的工作,1960年在南宁市召开的全国水稻插秧机经验交流会上安排了四小时的报告,受到各省市的研究者热烈欢迎,后在研制、生产中已得到应用。

“文革”解放干部后,正值南方十三省(市)在打“歼灭战”——水田犁系列设计,作者应邀去福建,为了帮助解决当时遇到的两大难题:(一)是用“泥塑犁模法”试制的“滚犁结合型犁面”如何绘图设计的困难。(二)是如何设计悬挂机构使得克服“旱耕难入土,而水耕时犁头又下钻”,不能稳定耕深的问题。为此作者提供了“倾斜动线法形成犁面”的方法解决前一难题,又用悬挂机构设计参数(系统)的计算来解决第二个问题。这些研究作者都写成

了论文。以后一机部又给我所下达任务,才建立起“倾斜动线形成犁体曲的研究”课题。

该项成果在1987年全国科学大会获奖后,作者又承担了一机部下达的第二轮课题——犁面设计方法和参数选择。在这些课题中,通过理论与实践的多次反复验证,在否定的否定中探索出一系列耕作力学的创新理论和方法。作者立志要用毕生精力来开拓耕作力学。

改革开放政策实行后,我国的科技交流活动也扩展到“冲出亚洲、走向世界”。

1981年作者应日本地面力学学会田中孝会长之邀请,在日本秩父市举行的地面力学研讨会上作“特别演讲”(日方用语)。在国际学术讲坛上首次宣讲了“倾斜动线形成犁面的数学解析法”和“土壤——耕作动力学研究与犁面数学模型”(见本集)。提出一系列创新理论取代郭列契金、格亚捷夫学派始终奉为经典的“可展曲面作为犁面有利论”等等陈旧甚至错误的理论。会上引起日本专家学者的极大兴趣,会后室达朗教授等还来信向作者表示敬意,认为深受启发……(见附件)。

1985年作者应美国国立耕耘机械实验室主任威廉·R·吉尔(William R. Gill)之邀出席国际土壤动力学大会暨国立耕耘机械实验室(NTML)50周年纪念大会(在亚拉巴马州奥本市举行)。作者以我们课题组已取得的“犁面有理优化设计”为例,在国际会议上介绍了我们取得的科研成果,并首次提出“计算机辅助有理优化设计”(Computer Aided Rational Optimization Design)。发表的论文选录于本集中,并附科研成果报告。

1986年国际地面——车辆系统力学研究会在北京举办第一次亚州太平洋地区学术研讨会,作者发表的论文是:土壤——耕作动力学之系统研究实践。这篇论文综述了作者用系统方法进行的几项研究的实践经验和体会。

1987年作者应美国农业工程学会主席威廉·约翰逊邀请,以主席团成员的身份再次赴美,出席夏季年会。并考察了切斯皮克海湾的污染治理。

作者写出的论文(本集未录)在我国科技法学会获优秀论文奖。

1990年作者应亚洲理工学院邀请赴曼谷讲学,我在亚洲农业工程学术会议上发表的论文主要是讲“耕作机械的有理优化设计方法及理论”也选编入本集。

以上简要介绍了作者用英语在国际会议上发表的几篇论文,试图与国际上相近学科接轨,这是遵照邓小平同志指示:“我国应在国际上占有一席之地”而作的努力。

多年来作者的工作处于“双肩挑”的局面,这些论文又是在接到邀请后匆忙写出的,差错难免,现扫描集成,未经修改校正。作者已年逾八旬,仅将此集作为大半生费尽心血之拙作,奉献于祖国和社会;若有志者借此作为继续攀登之梯,跨学科之桥,作者将深感欣慰。抛砖引玉之作,请读者不吝赐教指正。

——作者。2003年3月31日于贵阳市

作者简介

《中华名人大典》（当代卷）

杜家瑶 男,1922年9月出生,贵州省贵阳市人。农业部南方山地农机化研究所教授。1946年毕业于中央大学机械工程系,1962年负责创建农机部(八机部)山地机械研究所于贵阳(体制几度变动)。历任所长兼总工程师,贵州省机电设计研究院名誉院长,省人大常委、省力学学会理事长,中国农机、力学、计算物理学会常务理事,耕作机械委员会副主任。美国 ASAE 及亚太 AAAE 两工程师学会成员。他献身于耕力学研究,成果累累,荣获全国科学大会颁“在我国科技工作中作出重大贡献的先进科技工作者”奖状,贵州省政府特授“在社会主义建设中成绩优异”奖状。在国内外发表科学论文、报告四十多篇,本专业者可概括五个方面:(1)耕作力学理论与方法——多次在日、美、泰等国讲学,与地面力学、土壤动力学、地面机器系统力学等国际相近学科接轨;九十年代初应中国力学学会特邀在京作“耕作力学的开拓与探索”报告,被选入《力学与农业工程》书中;(2)提出“悬挂机组参数设计计算公式”——早期论文发表于苏联,七十年代又发表具有重大突破性的论文于北京,为我国“悬挂机构设计标准”提供了原理和计算方法;(3)犁体工作曲面定性理论与设计原理;指出苏联权威学派的“可展曲面作为犁面有利论”的误导,提出“非展直纹面作为犁面有利论”,“斜螺旋面犁翼优于正螺面的论证”,“犁面脱土性能原理”等,在国际学术讲坛引起赞誉;(4)倾斜动线形成犁面数学解析法——课题获全国科学大会奖,并专册列入国家成果报告(0113号);(5)高速常速犁面设计方法及参数系统优化设计——入选国家级优秀成果登记(编号:810961),机械工业部组织专家评议总的指出:“与国内外同类课题比较,在深度广度和立论的严密性方面都是先进的”。杜教授发现的新原理,提出的设计法和新机型为国内外采用,均收到提高耕作质量、节能、增产等效益。被誉为“农机耕作力学的先驱开拓者,跨学科塔桥者”而载入《世界名人录》。其兴趣广泛(诗词、音乐、网球等均有所擅长)。杜家瑶被中国力学学会评选列入百名荣誉会员。跨入新世纪后仍感高龄不老,填词明志,不畏攀登!

通讯地址:(550002)贵州省贵阳市兴关路38号山地农机所宿舍2单元4号

记耕作力学

的开拓者

● 梅 开

杜 家 瑶



杜家瑶教授在国外讲学摄影

目 录

前言

作者简介

记耕作力学的开拓者杜家瑶..... 1

——《贵阳文史》2001 年 1 期

(一)

开拓性研究与国际接轨

1、耕作力学的开拓与探索..... 9

《力学与农业工程》、中国力学学会、中国农业工程学会合编、科学出版社. 1994
年出版

2、土壤耕作动力学系统之研究实践（英文）..... 19

国际地面车辆系统力学学会第一次亚洲太平洋地区学术会议论文。
1986 年北京。

3、土壤动力学研究与犁面数学模型..... 29

日本地面力学研究会论文 昭和 57 年（1982）于秩父市（日本）

第一部分 理论基础（英文）（特别演讲）

第二部分 犁面的数学模型（日文）（未录）

4、犁面的有理优化设计与土壤犁耕系统动力学研究..... 40

国际土壤动力学大会论文（英文）。1985 奥本（美国）

5、有理方法和耕具设计的原理（英文）..... 62

国际农业工程学术会议论文。1990.曼谷（泰国）

(二)

早期理论性研究

- 1、工作开始时期悬挂耕具入土行程计算公式之推导
—与西涅阿科夫公式对比..... 72
(俄文),《当代耕地机械论文集》,苏联机械工业出版社,1962.
- 2、拖拉机—悬挂犁机组悬挂参数系统的理论
与设计..... 90
《农机情报资料》1977年11、12期,1978年9期.
- 3、水稻插秧机“滚直插机构”设计参数之研究.....111
《农机学报》6卷4期,1963年11月.

(三)

“倾斜动线形成犁面数学解析法”之发明 与理论创新

- 1、从曲面点类型论“凸胸扭翼”犁面的实质性与非展
直纹面作为犁面的优越性.....124
《农机情报资料》1977年4期
- 2、斜螺面犁翼优越性之浅见.....129
《数学的实践与认识》1978年4期.
- 3、犁体曲面数学模型之抽象
—倾斜动线解析法.....136

(四)

犁面设计方法及参数选择—耕作力学应用研究

- 1、高速和常速犁面数学模型的解析设计及理论基础..... 148
《农机学报》1981 年 1 期
- 2、犁体在犁耕过程中的功率消耗.....167
《农机学报》1983 年 3 期
- 3、犁面设计参数优化方法的研究.....173
《贵州科学进展》

附录一 Research Report

科研成果报告—倾斜动线形成犁体曲面研究.....180 (摘录)

第五章 计算技术的应用..... 183

附录二 Research Report

科研成果报告——犁体曲面设计方法及主参数 选择研究..... 194

机械工业部课题 编号 7821008

国家级成果登记号 (81A) 810961

贵州省山地农机研究所《山地农机通讯》编印 1983 年 3 月。

附录三 Evaluation

犁体曲面设计方法及主参数选择研究课题评议书.....302

组织评议机关——机械工业部

跋.....306

后记.....308

附件： Approvals

I 格·恩·西涅阿科夫博士——《当代耕地机械论文集》

主编，全苏农业机械研究院耕作机械专家**来函**.....309

II 室达朗教授——日本爱媛大学土质力学专家.....310

III 全国水田犁耕作阻力对比试验报告（摘录）.....311

——新水田犁系列设计组（福建省农机研究所主持）

IV 《经济参考》报导——计算机技术首次应用于犁面

研制.....315

——新华通讯社编印，第497期，1983年11月7日

V 经济消息报《新世纪新闻人物访谈》卷书载：

实践“三个代表”的楷模

——记贵州省机电设计研究院名誉院长杜家瑶.....316

（附访谈答问）

杜家瑶教授是贵州省贵阳市人，1922年出生于知识分子家庭，祖籍江苏江阴，代产名流。太高祖会公出仕铜仁，遂率家迁居贵筑，至家瑶已历八代。

其祖父瑞征字熙甫，系清朝通奉大夫，（据《贵阳志资料研究》记述：初为四川渠县令，在任九年，实事求是，举学田、宾兴、卷金、历节、官痘、济米诸有益事，捐俸创置，计典荐卓异，升授知府，出任酉阳直隶州，其政绩详邑志：如阆中建“杜公堤”以治千年水患。贵阳捐建尚节堂新堂，扶助孤寡。得清廷颁“乐善好施”匾额嘉奖。再如文化教育之举，为家乡捐刻经史子集，为贵阳之阳明祠捐刻两幅巨碑，以宣扬王阳明于流放中在修文及贵阳讲学等善举……光绪二十一年五月二十一日卒于贵阳。四川渠县、秀山等地民众于闻仆后建祠立像，以感其德。光禄大夫贵阳名人李端芬为其撰写墓志铭，刻石已出土，现存于贵州省博物馆）。

其父杜澍（藁生）出仕云南，历任路南、大理、昆阳等州、县知事，个旧铜锡矿公司经理；云南蔡锷领导辛亥起义时曾任军医处长，后因军阀混战，遂辞职行



杜家瑶与慈母合影（1980年）

医。在安顺“惠安药房”，以医号“悯苍居士”为社会服务，济世为怀，对穷苦者义诊施药。其母叶幼兰系首期云南女子师范生，在安顺贞静小学任教。

1931年，家瑶仅9岁，不幸父亲去世，母亲只得带着两个孩子回贵阳老家。她操尽心血教育孩子，家瑶考入正谊小学三年级，母亲常常给他讲些故事，像小孔融让梨、小司马光打破大水缸救人、花木兰代父从军、孟母教子、二十四孝等老故事；也讲孙中山、秋瑾等的革命精神，家瑶深受启蒙教益。而背诵一些古诗如：“谁知盘中餐，粒粒皆辛苦”、“四海无闲田，农夫犹饿死”等诗句，在他幼小的心灵上也播下了他立志为农民服务的种籽。

家瑶在学校里是个全面发展的学生，小学毕业时以品学兼优，学校奖给他一枚正谊初中部的校徽，可以免试直升初中。进入初中，他被选为学生自治会的学术股长，主办过校外儿童识字班，又是代表学校参加省、市运动会的网球选手。正谊中学有一些思想进步的老师对家瑶产生了很大的启迪作用，如杨培生（后改名施高，建国后任三机部部长）叫他参加“骆驼话剧社”；音乐教师常学镛（后改名任虹，是鲁迅艺术学院的讲师，建国后担任北京儿童剧院院长）叫他参加“筑光音乐会”。这两个团体都是中共地下党领导的抗日救亡组织。

初中毕业，杜家瑶考进省立高中，随校“疏散”迁到修文县，高班同学乐恭彦（地下党省高支部书记）向他传达了学联的活动，并建议转学回到贵阳。在大夏中学读完高中，此时，他是筑光音乐会干事会的出版股长，刻印过《黄河大合唱》和一些从鲁艺传来的革命歌曲，并积极参加筑光音乐会的演出活动，高中毕业，他名列第一。

抗战期间，中央大学由南京迁重庆，家瑶在贵阳、遵义两次报考中大都被录取，于1942年赴渝，读中大机械工程系，因成绩优异获当时的国民政府主席林森奖学金。毕业时已是抗战胜利的

第二年（1946），正是全国复员期间，中大全校师生都可公费乘船回南京，但杜家瑶眼见湘桂黔铁路在家乡动工兴建，自愿回乡参加都筑段的铁路工程建设。因资金不足，都筑段工程停工，他便转到贵州省模范工厂任设计室主任兼技术科科长，在黔开创以公制为标准的新制度量衡器生产及一些汽车配件制造。继而又在贵阳高级工业学校（机械学院前身）开设机械设计课程，在水初、大夏、豫章等中学执教高中的数理、英语课。

解放初期，人民政府安排杜家瑶先后担任贵阳豫章中学、私立中学和贵阳四中校长。1954年政府号召技术归队，杜奉调贵州省工业厅开创农机工业，先后在机械厅、省农业机械局负责农机科技工作；任省农机研究所所长。1962年奉中央农机部之命创办农机部山地机械研究所，担任所长兼总工程师（该所现为农业部南方山地农机化研究所），1983年因机构调整，山地农机所、电子所、机械所及设计院合并为“机械电子设计研究院”，杜为名誉院长，职称为教授、高级工程师，也就是说从技术归队后，他才得以发挥专长，执着以求，跨越传统领域，在耕作力学方面作出了贡献，而获得国内外行家的赞誉。

二

耕地是主要的农业工作之一。苏联农业力学奠基人B·II郭列契金说耕地“是农业中最重要的、时间最长的、最昂贵和最繁重的工作。每年耕地要消耗几千万个劳动日和数百万吨的燃料”。美国农业工程方面的第一篇博士论文就是E·A·怀特的《犁体对土堡作用的研究》，被誉为耕具理论性探讨之一里程碑。

杜家瑶毕生研究和开拓的耕作力学之特点是着重把土壤——耕作机械——农技要求作为一个动力学系统来研究，使耕作机具设计有理化和最优化，从而提高耕作质量并节约耕作能量，有利于农业增产增收。

早在 20 世纪 60 年代,他为了解决山区地块小应求漏耕段愈小愈好的问题,推导了悬挂耕具的入土行程与悬挂参数的函数关系式,苏联耕作机械专家格·恩·西·科夫博士来函称道:“我仔细地研究了你的论文和公式,比我和塞索夫推导的公式精确而又简便……毫无疑问您将在农机力学理论的领域取得更大的成就”。并直接将此公式取代了他本人原推出的公式用在他的专著《耕作机械设计》一书中。

杜家瑶归队省工业厅时,全国正兴起建国后的农具改良运动,北方已有了 7 吋、8 吋犁,贵州省农业厅已引进了西北生产的 16 号山地犁叫工业厅测绘生产,这两者都属旱耕犁。而广西试搞的水耕用的 53 型步犁尚未成功。杜家瑶从理论与实践相结合入手,到贵阳郊区向农业劳动模范杨玉清学习赶牛犁田,着手设计一种水耕和旱耕通用的新犁型,先后在贵阳通用机械厂和都匀农具厂试制了 18 号、20 号长式、短式等一系列样机,为了能及时地参加即将在杭州举行的全国首次水田农具会议,春节期间他也在都匀连夜挖沟放水泡田作试验。他那新型的水旱通用犁,使来杭州开会的人们开了眼界,曾被人认为一犁不能两用的事,杜家瑶却用了牵引线不同角度的调整、可调的犁体曲面,以及特有的犁体结构等技术,使之迎刃而解了,并先后在杭州、金华、温州试验都获得成功。为此,在 1958 年的全国农具展览会上,经过试验,评选后,给贵州省机械厅杜家瑶及其助手颁发了奖状,这是贵州省在研制新式农具方面获得的第一张奖状。

1960 年 4 月起周恩来总理出访亚、非、拉美三大洲各国,我国同时在三大洲的 8 个国家举办了工业产品展览,贵州参展的水旱通用犁引起了各国人士极大的关注,最后,缅甸政府还征得周总理的同意,留下了参展的贵州新型农具和有关资料。

在中国 1958 年“大跃进”的年代,全国正掀

起深耕的高潮,在上海举办的全国技术革新展览会上,杜家瑶带着又一种新型的“水、旱、深耕通用犁”样机去参展,此犁样机被《改良农具》型谱书选列为首页。而在南昌举办的“第一次全国水田铁轮、犁、耙田间试验会议”,杜氏又带着自己新设计的拖拉机悬挂式的水旱通用犁上阵,并应江西省农机学会的特邀,他在全国性的学术报告会上宣讲了《悬挂机构及犁的水旱通用设计原理和实践》。这是他早期开拓耕作力学的两方面的研究成果。从这时起,他已经开始向前苏联的经典理论权威挑战了。

此时,杜家瑶的科普著作《水旱通用犁》、《水旱深耕通用犁》、《还原性热风化铁炉熔炼土铁的理论与实践》和《土洋结合机床的知识》等,已陆续问世。继而又发表了 30 多篇耕作力学的论文、报告。

三

山地机械研究所的同志在杜家瑶所长主持下,进行“手扶拖拉机悬挂插秧机的研究”课题。此前杜氏在全国第一次插秧机经验交流会上所作的《滚动直插式插秧机设计原理及参数系统之研究》的学术报告,曾受到与会者的热烈欢迎。他们研制成功的插秧机参加了全国机动插秧机在海南岛的集中试验,在参试的 5 种机型中,其他 4 种都是大同小异的“自走式插秧机”,唯有贵州参试的样机是独树一帜的手扶拖拉机悬挂式的,在我国是首倡,它可以使小型手扶拖拉机综合利用,而插秧机结构就可简化,成为配套的一种作业机械。这批样机接着送到湖北大沙湖农场进行第二轮试验时,更受到农场的欢迎,因为大沙湖是一个血吸虫病的疫区,农民如果能够坐在机器上插秧,就可以免遭血吸虫的肆虐。事有出人意料之外者,当杜家瑶等人筹组了“机动插秧机”科研攻关项目,正准备在湖南耒阳插秧机厂着手进行时,“文化大革命”的风暴已经横扫大地……

不过, 还算是不幸中的大幸, 杜家瑶是第一批被“解放”出来的, 他无所顾虑, 应邀参加了在福建泉州进行的“南方 13 省(市)水田犁系列设计”歼灭战, 根据他多年来摸索的经验, 概括了“倾斜元线型犁面”和“瞬心迹可调型悬挂机构”, 指出这是解决水稻田水、旱耕轮作的两个关键所在。并不负众托, 利用春节休假期间, 回到山地农机所赶制出犁体斜元线投影图和有关的数据, 在江苏六合县举行的 13 省市研讨会上作了报告。创造性地提出了《倾斜动线犁面解析法》, 建立了《常速通用型犁面的数字模型》。为了圆这个梦, 他到中国科学院数学研究所去请求协作。这里有他在中学时代的两位同学, 一是越民义, 一是秦元勋, 他曾获美国哈佛大学硕士和博士学位, 并曾参加过解决核装置设计过程中遇到的各种数学问题, 对原子弹威力计算等使用过计算机模拟, 是一个很有建树的数学家。

为了让数学家们多了解跨学科研究的设想, 应对方的要求, 杜家瑶把犁体搬进数学所, 直观地提出了“用三两片规则曲面连接组成犁铧、犁胸与犁翼的数学化方案”。秦元勋听过之后说: “只要能节约工时百分之一, 我国农业方面上百万个劳动日就节省下来了”。于是他欣然应诺参与研究, 并曾到嵩明农机厂看犁的实验。杜氏到云南大学数学系请求用微分几何参加协作时, 该系除有二名老师参加外, 同时也请杜帮助指导毕业班学生作为上机计算的毕业实践。于是, 当 1975 年一机部向贵州山地农机所和镇江农机学院下达“倾斜动线形成犁体面研究”课题, 参与研究的主要有两个研究所(贵州山地农机研究所和中科院数学研究所)、两个大专院校(镇江农机学院和云南大学)、两个工厂(江苏太仓农机二厂和云南嵩明农机厂), 体现了科研、教学、生产三结合。在 1977 年 10 月进行此项课题工作总结时, 课题组的同志对杜氏在主持跨专业的大协作中, 不辞劳累, 在农机、数学、力学、设计、制造、试

验等各方面广泛交流; 长期在外, 日以继夜, 深入工厂农村, 亲自动手, 参加试制、试验, 在各专业之间架起“桥梁”, 使各专业的同志之间逐步建立了共同语言, 引导大家分析批判地吸收前人的研究成果、经验教训, 然后提出的数学模型和理论, 使犁体曲面设计从定性讨论发展到定量分析, 为实现犁体曲面的有理设计和试制成功作出的贡献给予了充分肯定。

经过南方 6 省 9 个试点 5000 余亩和中国农科院北京农场的试验表明, 该课题组设计研制的通用 A 型犁体系列具有水、旱耕作的较广适应性, 作业质量均优于当地最佳对比犁体, 深受群众欢迎。

1978 年 3 月, 党中央和国务院隆重召开了全国科学大会。小平同志在会上透彻地分析了科学技术是生产力的马克思主义观点, 并声明愿意当大家的后勤部长, 鼓励大家共同努力, 继续不断地提高整个中华民族的科学文化水平。在这个大会上, 杜家瑶代表贵州登台获奖, 杜的课题和杜本人并领得重大科技成果奖和全国先进科学工作者两张奖状。

大会期间, 杜氏曾应邀参加了两次学术交流活动。第一次是在应用数学研究所, 作《倾斜动线形成犁面的数学解析法的诞生和展望》的报告; 第二次是由中国科学院副院长华罗庚主持的, 有中国科学院、中国农科院、中国农机研究院、北京工业大学、北京农机化学学院等单位的科学家参加的大会上, 作题为《犁面的数学模型与耕作力学研究》报告。在这同时, 秦元勋也讲了《将计算物理在犁面设计中应用的思路》。事后, 华罗庚对杜提及“如何建立犁体面的优化数学模型?”“目标函数有几个?”等问题。

同年, 我国的《科技成果报告》, 以编号 0113 专册, 出版了《倾斜动线形成犁体曲面研究》共 14 万字, 由中国科学技术情报所编辑, 科技文献出版社出版, 内部发行。

1978 年机械工业部给贵州山地农机研究所

和镇江农机学院下达了“犁面设计方法和参数选择研究”的新课题，具体由杜家瑶和孙一源主持。家瑶将它作为验证耕作力学新原理和新方法的系列研究中的又一个重要项目。中国科学院应用数学研究所的秦元勋、吴声昌和云南大学的邹举等人参与研究。是更进一步的跨学科的课题研究。秦元勋将招收的计算物理的研究生，交两名给杜家瑶和邹举指导，专搞犁面研究中的数值模拟。这种合作带研究生进入课题的办法，比前一段在云南大学数学系结合开门办学指导毕业生实习又上了一层楼。另外，为了要用计算机辅助犁面设计，山地农机研究所又与贵州航空工业 011 基地第一设计所签订合作协议，利用计算机设计了高速犁体的水旱通用型和翻垡型，除原来耕速每小时 5 公里以内的常速犁外，还增大设计为 8、10、12 公里的高速系列。历时 4 年半，杜氏先后抽样验证，新设计的常速和高速的通用型及翻垡型犁体 7 种，写出了 16 万字的科研成果报告《犁面设计方法和主参数选择研究》，向国家交卷。1983 年 10 月由机械工业部组织全国有关专家在贵阳举行了评议会。评议书肯定了具有开拓性和创新的各项主要成果：

(1) 提出了“连接两片非展直纹面的待定曲面族参数法”，建立了数学化的犁面设计数学模型，从而将适应于高速或常速耕作的通用型和翻垡型犁体曲面，统一为 8 个参数定量描述的曲面方程——这是前人无先例的成就。

(2) 应用犁面数用模型结合计算物理学的手段，首次(含带研究生)实现了耕作时土壤沿犁面运动的计算机数值模拟，从而可绘出土粒在犁面上运动的“等时线族”(1980 年杜氏提出)，它与理论土迹线族交叉形成网状图象，即可直观地看出犁耕中土壤的松碎及翻转性能，并进一步计算犁耕功率消耗，建立其动力学模型。

(3) 建立了犁面设计参数优化的数学模型，进行优化设计。

(4) 首次实现了犁面的 CAD/CAM 等先进技术的应用。(1982 年于贵州，中国)

评委会认为：“该课题所提出的设计方法和主参数选择是可行的。课题组的研究工作和国内外同类课题相比，在深度广度和立论的严密性方面都是先进的。在应用计算物理学的方法与耕作力学相结合解决农机工作部件的设计方面，以及采用计算机辅助设计方面所取得的成果是具有开拓性的。在研究方法的某些方面有所创新……为我国犁体设计提供一套比较完整的有理化设计方法。该项研究采用的系统论和研究方法不仅适用于犁面研究，并可供其他方面应用参考。总的指出：与国内外同类课题比较都是先进的。”

次年机械部下达了一项新的任务，由福建农机所负责的新水田犁系列设计组于 1984 年末至 1985 年初，集中各类型水田犁在福州市郊进行对比试验，按单铧幅宽分组对比。测定结果，杜家瑶设计的 20 厘米幅宽的通用型犁名列第一，比定型产品 T-20 降低阻力 20.6%；他设计的 25 厘米幅宽的翻垡型犁和通用型犁名列第一和第二。比定型产品 T-25 降低阻力 33% 和 28%。从而(在杜氏本人未到场的情况下)客观地由国内各省市代表验证了此种有理优化设计法的节能效果。

四

从 1976 年起，杜家瑶历任贵州省革委会委员，第 5、6、7 届省人大常委会委员，先后兼任代表资格审查委员会、议案审查委员会、财政预算审查委员会和教育、科学、文化、卫生委员会等委员。在履行人民代表职责时，常反映基层及科教文卫各界的意见，在会上坦诚直言，积极为法制建设、经济发展、科技兴黔献计献策。1980 年又曾获贵州省人民政府授予“在我省社会主义建设中成绩优异，特予嘉奖”的奖状。

1982 年他曾代表我国力学学会出席了日本

“地面力学研讨会”。在学术会上作“特别讲演”(日方用词),题为《耕作力学研究与犁面数学模型》,深受赞扬。后来,日本室达朗教授等还来函表示敬意,并要求寄赠杜氏其他论文,增进交流。

1988年,他出席了在美国亚拉巴马州奥本市举行的“国际土壤动力学大会”,发表了《犁面有理优化设计和土壤——耕作系统动力学研究》论文。同时还参加了美国国立耕耘机械研究室50周年纪念大会,和在密执安州举行的美国农业工程师学会(ASAE)年会及其“中国研究会”,并被接纳为该会正式会员。

1987年ASAE寄来通知:“杜教授光荣当选为主席团5位国际成员之一”,并应该会主席威廉·约翰逊(W·Johnson)之邀出席了在东海岸边巴尔的摩市举行的1987年年会和主席团会(邓小平同志对此曾作“应占有一席之地”的指示),曾顺便考察了美国著名的“切萨皮克海湾污染治理”,就考察所得撰成题为《一个成功的科技环保立法案例——美国切萨皮克海湾临危地区法案介绍》一文(与教育学院金惠康合作)。1990年他在成都参加中国科技法学会时,曾在学术研讨会上发表了这项报告,同时呼吁我国当务之急是加快科技环保立法,建立行政、司法、科学的监督机制,尽早使我国生态、环保、资源转向良性循环。中国科学法学会评出这篇考察报告为优秀论文,并颁发了奖状和奖金,该文发表在同年第二期的《科技法学》上。

这一年,杜家瑶还在桂林举行的“全国科技进步法研讨会”上,发表了他与金惠康合作的题为《科技进步政策的思考与国外立法借鉴》的论文,其中包括有他本人在日本考察所得的有关促进科技发展的立法经验,得到该会胡克实会长的赞许。

1990年12月杜氏应邀赴曼谷讲学,在亚洲理工学院学术会议中心举行的“亚洲、太平洋地区农业工程学术会”上作了《有理化方法与耕具设计理论》的报告,并放映了有关科学实验的录

像,报告中对农业耕作中耕具的脱土条件,提出了新的理论,引起了强烈的反响。会间还商讨组织了“亚洲农业工程师协会”(AAAE)。回国后,他给省领导递送了一份详细的《赴泰出席国际农业工程学术会议总结》。其中还包括《泰国农业发展经验管见》和《泰国工业化发展途径》两章。

1991年12月,中国力学会和中国农业工程学会在北京联合召开“农业工程中力学问题研讨会”,杜家瑶应邀在会上作了《耕作力学的开拓与探索》的综述报告。在报告中,他说到耕作力学研究的对象既然是一些动力学系统,就应该用系统方法来研究它。根据自己40余年的研究体验,他总结出“土壤——耕作动力学系统分析、综合与优化的六步法”,建立数学模型是其中的重要一步。他指出:“良好的建模等于成功之半”。他指明他本人对耕作力学的研究方法,在某些地方与国外学者有异:一是对耕具的几何抽象,别人喜欢从简,例如把曲面简化为平面,把犁体简化为三面楔等,而他自己则不厌其繁,力求用数用模型来进行科学抽象;另一个是采用计算机模拟预见耕作的工作性能,同时用实验作对照;第三就是采用本人提出的有理优化设计法。当使用计算机进行时称为CARD(Computer Aided Rational Design)(这是1987年他在国际土壤动力学大会上提出的)。

杜氏晚年仍对耕作力学进行了一些方法学上的研究,90年代初他在曼谷举行的国际农业工程学术会议上发表的论文,就是从方法学上探讨“有理化的设计方法”而作的,受到国际专家教授的重视。在新世纪初还被授予世界文化名人奖及论文金奖。

杜家瑶在国内外的学术讲坛上多次提出:“耕作动力学需要用系统的研究实践来开拓,它与农业机械设计学是密切联系的,它与土壤动力学、农业耕作学等学科交叉的边缘地带还有许多地方前人足迹罕至,甚至是处女地,有待我们共同去探索!”