

兰州重离子加速器经济社会效益调研

李 斌, 李思琪

(中国科学院大学人文学院, 北京 100049)

摘要: 大科学装置具有附加的经济社会效益。通过对兰州重离子医用加速器产业化及应用示范基地、武威重离子治疗示范中心暨荣华颐养院、武威重离子辐照诱变甜高粱种植基地的实地调研, 分析得出: 兰州重离子加速器在实现重要的科学目标的同时, 以重离子医用加速器产业和甜高粱种植产业等新兴产业驱动西部地区的经济发展与转型, 以医疗、教育和人才培养方面的贡献带动西部地区的社会发展。兰州重离子加速器已经初步形成了以重离子医用加速器产业和甜高粱产业为代表的新兴产业链, 形成经济发展的新增长极, 在优化西部地区产业结构、促进区域经济和社会可持续发展方面发挥出强大的辐射效应。

关键词: 大科学装置; 兰州重离子加速器; 重离子治疗装置; 甜高粱

中图分类号: N8

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2015)01-0003-13

大科学装置是指通过较大规模投入和工程建设来完成, 建成后通过长期的稳定运行和持续的科学技术活动, 实现重要科学技术目标的大型设施。其科学技术目标必须面向国际科学技术前沿, 为国家经济建设、国防建设和社会发展做出战略性、基础性和前瞻性贡献。^[1]大科学装置在我国又称为重大科技基础设施。中国科学院在“‘率先行动’计划”中明确提出要依托国家重大科技基础设施, 建设一批具有国际一流水平、面向国内外开放的大科学研究中心; 并对大科学研究中心的成果产出提出了要求, 即要提供开放共享、运行高效、用户满意的科技服务, 依托大科学装置形成重大科技突破, 造就一流科学家和工程师, 为国家重大科技基础设施建设提供科学建议和规划方案。^[2]2014年, 中央全面深化改革领导小组第六次会议审议通过了《关于国家重大科技基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见》, 习近平总书记在会议上提出要从健全国家创新体系、提

高全社会创新能力的高度, 通过深化改革和制度创新, 把公共财政投资形成的国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放, 让它们更好地为科技创新服务、为社会服务。

兰州重离子加速器是用于科学技术前沿的专用研究设施。重离子加速器是提供一定能量、一定强度的重离子 ($A > 4$ 的离子) 束的装置。对于加速器来说, 重离子与质子等轻离子的最大差别是它们的荷质比 (Q/A) 不同 (Q 是离子的电荷态, A 是它的原子质量数)。一般情况下, 重离子的荷质比远小于 1 (质子的荷质比=1)^[3]。兰州重离子加速器 (Heavy Ion Research Facility in Lanzhou, 简称 HIRFL) 亦称兰州重离子研究装置, 是我国规模最大、加速离子种类最多、能量最高的重离子研究装置, 主要技术指标达到国际先进水平。HIRFL 由 ECR (electron cyclotron resonance, 电子回旋共振) 离子源、扇聚焦回旋加速器、分离扇回旋加速器、放射性束流线、新建的冷却储存

环主环和实验环等主要设施组成。HIRFL 具有加速全离子的能力, 可提供多种类、宽能量范围、高品质的稳定核束和放射性束, 用以开展重离子物理及交叉学科研究。

已有研究表明, 大科学装置对经济社会所产生的辐射效应是, 通过科技创新链驱动所在地区的高科技产业链, 产生聚集效应, 进而推动整个经济社会的发展。大科学装置在创建新的社会资本方面发挥重要作用, 对增加周围地区的经济收入、新增就业岗位、吸引外来投资、提高教育和医疗水平等都会产生积极的影响。^[4]以大科学装置为中心而形成的创新高地, 科学技术的产出非常高端, 所带动的产业技术门槛高, 辐射面大, 对于满足区域经济社会发展的需要具有独特优势。兰州重离子加速器在实现重要的科学目标的同时, 以重离子医用加速器产业和甜高粱种植产业等新兴产业驱动西部地区的经济发展与转型, 以医疗、教育和人才培养方面的贡献带动西部地区的社会发展。

1 兰州重离子加速器的前世今生

1.1 国家“一五”156个苏联援建项目

1953年起, 新中国开始实施发展国民经济的第一个五年计划。“一五”计划时期我国工程建设的核心和重中之重是苏联帮助设计和建设的“156项工程”, 这些工程几乎涉及了国民经济的所有重要领域。中国科学院近代物理所(以下简称近物所)从苏联引进的1.5米经典回旋加速器是这156项工程中的军事项目之一。“156项工程”实际进行施工的为150项, 44项为军事工程, 106项为非军事项目。44项军事工程有35项布置在中、西部地区, 之所以这样布局, 主要是考虑到改变经济落后地区面貌、就近资源和军事需要等因素。^[5]回旋加速器选址兰州既是出于平衡东西部工业发展的需要, 也是适应国家原子能事业总体部署的需要。由于加速器属于重要的尖端国防技术工业,

其布局必须考虑保密和有可能发生战争的因素。甘肃省地广人稀, 符合战备需要, 符合国防工业布局需要。

1956年8月17日, 中国与苏联签订协议, 由苏联援建中国一台1.5米回旋加速器。为顺利进行这项重点工程的建设, 1957年9月原国务院第三机械工业部(简称三机部, 1956年11月成立, 后改为第二机械工业部, 简称二机部)及中科院联合决定在兰州建造1.5米回旋加速器。

1958年1月成立613工程处, 负责加速器的基建和安装。工程投资由二机部负责, 工程建设的领导和管理由中科院负责。1958年6月, 二机部抽调一批工程技术人员, 在兰州成立了613工程处, 通过轻核反应实验研究, 为我国氢弹研制做出了贡献, 获得1978年全国科学大会奖。

20世纪70年代初, 在国际重离子物理迅猛发展的形势下, 近物所将1.5米回旋加速器改建成能加速较轻重离子的加速器, 在我国率先开展了低能重离子物理基础研究。

1.2 国家“七五”重大科学工程

为了发展我国核科学技术, 使重离子核物理研究尽快进入国际先进行列, 根据中科院(73)科业字第206号文件的精神, 近物所于1973年提出自力更生设计建造“大型分离扇重离子加速器”的方案。从1985年开始, 近物所承担了中科院“七五”重大科研项目“重离子核反应机制研究”。

1988年, 由近物所负责设计建造的国家“七五”重大科学工程分离扇回旋加速器(Separate Sector Cyclotron, SSC)建成并投入运行, 1.5米回旋加速器改建成1.7米扇聚焦回旋加速器(Sector Focusing Cyclotron, SFC)。两台研究装置联合运行, 可以把重离子加速到中等能量, 用以开展远离稳定线新核素合成、中低能重离子碰撞和热核性质、重离子束应用等研究。

1.3 国家“九五”重大科技基础设施

2006年, 面向国家战略需求和国际学科前沿,

以及区域和地方经济社会发展的需要, 近物所树立以重离子物理基础和应用研究为主攻方向的国家研究中心的目标。2007年, 国家“九五”重大科学工程项目“兰州重离子加速器冷却储存环”(HIRFL-CSR)建成并投入运行, 主环成功实现慢引出, 为中高能外靶物理实验和重离子深层治癌临床研究奠定了基础。CSR建设于2008年7月通过国家验收, 技术指标达到国际先进水平, 获得2009年度中科院杰出科技成就奖。

1.4 地位和影响

近物所建成了兰州重离子加速器(HIRFL)国家重大科技基础设施, 主要技术指标达到国际先进水平, 为我国重离子物理及交叉学科研究创造了先进的实验条件, 取得了以新核素合成、原子核质量精确测量、重离子治癌为代表的一批重要科研成果, 使我国进入重离子物理及交叉学科研究的国际先进行列。同时, 在核技术产业化方面也取得了重要进展, 为我国科技、经济、社会的发展和国家安全做出了贡献。

通过兰州重离子加速器建设, 近物所开发了超导、低温、真空、微波、精密磁铁制造等大量高技术, 并将其应用和拓展到核医学仪器、无损检测、环境保护、食品辐照加工等领域。基于加速器技术的工业CT(Industrial Computerized Tomography)可无损地展示被检测物的内部结构及缺陷状况, 因而广泛应用于材料、航天航空、军工、国防等产业领域。在HIRFL上成功研制我国首台重离子治癌装置, 说明了近物所具备了自主研发重离子治疗专用装置并使之产业化的能力。通过合作开展的人体浅层及深部肿瘤治疗试验取得了明显的疗效, 使我国成为继美、日、德之后将该技术成功应用于临床治疗的国家。兰州重离子加速器是大量高新、尖端技术的集成, 是高新技术的源泉, 高新技术产业的摇篮。重离子加速器建造、运行过程中采用的多项前沿技术, 在许多技术领域填补了我国空白, 使国内企业在

相关技术领域有了大幅度提高和突破, 提升了国内设备制造及相关高技术产业的能力, 对国家经济、社会发展相关的关键技术起了引领、带动和辐射作用。

2 重离子治癌装置产业化

外科手术、放射治疗和药物治疗已成为当今医学上治疗肿瘤的三大重要手段。根据世界卫生组织《2014年世界癌症报告》估计, 2012年约有1400万新发癌症病例和820万例癌症相关死亡, 预计今后20年新发病例数将增加约70%。新增癌症病例有近一半出现在亚洲, 其中大部分在中国, 中国新增癌症病例高居第一位。在肝、食道、胃和肺等4种恶性肿瘤中, 中国新增病例和死亡人数均居世界首位。^[6]根据世界卫生组织2008年《放射治疗的风险预测的技术规范》报告所引用数据, 52%的癌症患者在癌症治疗过程中至少应该进行一次放射治疗。与手术和药物治疗相结合, 放射治疗在40%左右的癌症患者治疗过程中扮演着重要角色。^[7]放射治疗主要采用电子束、X射线和 γ 射线等常规射线, 但常规射线进入人体后剂量主要损失在入射通道上, 致使通道周围正常组织损伤严重, 造成明显的毒副作用。

2.1 重离子治癌科学原理及国外重离子治癌进展

重离子治癌是当代公认的先进有效的放疗方法。与常规放疗射线相比, 重离子在人体中的剂量损失集中于射程末端, 在剂量随射程分布曲线末端形成高剂量的布拉格(Bragg)峰, 而在沿途剂量损失很小。通过调节入射离子的能量和方向, 可以使布拉格峰准确落在肿瘤靶区, 因而对沿途和周围健康组织的损伤最小。在肿瘤靶区, 高剂量重离子束形成的高能量损失密度, 使得病灶癌细胞的DNA产生双断裂的几率非常高, 杀伤作用特别明显, 癌细胞几乎不能修复, 治疗后不存留细胞核, 因而重离子的疗效最佳。重离子照射治

疗的时间和疗程比较短, 一般 10 d 左右, 每天照射 1 次, 每次约 10 min。重离子照射治疗照射剂量小, 不需要辅助药物, 患者无痛苦, 照射时间之外可以照常活动, 几乎没有任何毒副作用。因此, 重离子束被国际上誉为面向 21 世纪最佳的放疗用射线, 特别适宜于外科手术、化疗、常规放疗无效或易复发的难治病例。

1975 年, 美国伯克利国家实验室首次利用核物理研究用的高能同步重离子加速器 BEVALAC 开展重离子肿瘤临床试验。到 1992 年 6 月共收治各种难治癌症患者 433 人, 与 X 射线、 γ 射线和电子束等治疗相比, 肿瘤局部控制率提高了 2~3 倍。

日本于 1993 年在国立放射医学综合研究所建成了一台重离子医用加速器, 专门用于重离子束治疗及放射医学研究, 目前已治疗肿瘤患者 8 000 多例。与此同时, 日本于 1996 年在兵庫兴建另一个带电粒子治疗研究装置, 于 2000 年建成。2006 年 4 月开始在群馬大学医学院建造日本第一个紧凑型重离子束治癌装置, 已于 2010 年 3 月正式治疗患者。由于在利用重离子束治癌临床试验上取得了极大成功, 日本政府正式启动了第二个“对癌症控制 10 年战略”, 计划在全日本兴建 60 个重离子束治疗中心, 使日本国民受益于重离子束治癌。

在欧洲, 1996 年在德国重离子研究中心(GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research, GSI)建成了重离子治癌研究装置, 开发了先进的栅网扫描束流配送系统、正电子发射断层术治疗质量保证和基于生物学效应的重离子束治疗计划等先进的治疗技术, 推动了重离子束治癌技术的发展。截至 2007 年, GSI 治疗了头颈部肿瘤患者 400 多例, 总体疗效非常显著。德国海德堡离子束治疗装置于 2002 年 5 月开工, 2009 年底开始治疗, 已治疗 1 000 余例患者。另外, 德国正在马堡兴建一台重离子治疗专用装置。意大利政府 2002 年年底批准在米兰建立国家强子治疗中心, 已建成投入运行。欧洲其他一些国家也在积极推进重离子束治癌装置的应用。

2.2 近物所的基础和实力

近物所于 2006 年 11 月开始碳离子束临床治疗试验研究, 截至 2013 年底已累计试验治疗了 103 例浅表肿瘤患者和 110 例深层肿瘤患者, 包括脑肿瘤、头颈部肿瘤、肝癌、肺癌、腺癌、骨和软组织肉瘤等常规疗法难以实施治疗的肿瘤, 取得了显著的临床治疗效果, 使我国成为继美国、日本和德国三个发达国家之后世界上第四个实现重离子束临床治疗的国家, 受到公众的高度关注, 被誉为大科学装置回报社会的典范。

通过大科学工程建设和临床试验治疗的实践, 近物所培养了一支高水平的重离子束治疗研究和治疗装置研制人才队伍, 掌握了相关技术, 申报了 60 余项发明专利, 形成自主知识产权, 具备了自主研发重离子治疗专用装置并使之产业化的实力。

2012 年近物所及其控股的兰州科近泰基新技术有限责任公司先后与甘肃荣华集团和兰州城投集团签订了两台重离子医用加速器的商务合同, 合同总额 11 亿元, 迈出了重离子治疗装置示范及产业化的关键一步。项目团队设计了世界上周长最小的重离子治癌同步加速器, 攻克了相关关键技术, 部件的批量加工全面推进。2009 年 11 月, 卫生部印发《质子和重离子加速器放射治疗技术管理规范(试行)》, 为重离子加速器放射治疗技术的审核和临床应用管理提供了技术规范。近物所已编写完成了《医用重离子(碳离子)加速器注册产品标准》, 完成了医用重离子加速器检测方案, 建立了医疗器械质量管理体系, 取得第三类医疗器械生产许可证。

2.3 兰州重离子医用加速器产业化及应用示范基地调研

根据《甘肃省发展和改革委员会关于兰州重离子医用加速器产业化及应用示范基地建设实施方案的批复》, 兰州重离子医用加速器产业化及应

用示范基地分两期建设, 建设期 6 年。项目总投资 60.8 亿元, 一期投资 37.6 亿元, 二期投资 23.2 亿元。一期为重离子医用加速器研发制造区和重离子医用加速器应用示范区, 建设总占地面积 300 亩, 总建筑面积 376 500 m²。其中兰州国家级高新技术产业开发区占地 150 亩, 建设重离子科技研发中心、重离子肿瘤治疗中心、兰州肿瘤医院、肿瘤康复中心, 总建筑面积 298 500 m²; 兰州市高新技术开发区和平工业园区占地 150 亩, 建设重离子医用加速器装备制造中心, 总建筑面积 78 000 m²。二期为重离子医用加速器公共服务区, 位于兰州市雁滩湿地公园, 总占地面积 400 亩, 建设个性化肿瘤健康管理中心、重离子医学科技教育中心和重离子公共服务中心, 总建筑面积 246 000 m²。

兰州重离子医用加速器项目由兰州城投集团投资, 科近泰基负责工程建设与维护, 甘肃省肿瘤医院负责装置的医疗运行。目前科近泰基已经完成了大部分设备的加工生产。根据兰州城投公司的文件, 预期 2015 年完成重离子医用加速器的安装与调试, 2016 年兰州肿瘤医院医疗综合楼投入运行。

2.3.1 重离子治癌装备制造基地建设的经济效益

目前, 我国每年新增癌症患者 300 多万例, 按其中的 40%需要做放射治疗估算, 约有百万例的患者可以用重离子束进行治疗, 再加上原有的患者, 按照每台装置每年治疗 2 000 例患者估计, 我国将会有数百台重离子束治癌专用装置的市场需求量, 相当于约千亿的市场空间。

兰州重离子医用加速器制造基地所造医用加速器成本比日本和德国同类装置低, 具有市场竞争力。近物所每年可培养近百名研究生, 在运行

和维护所需人才方面和成本方面具有很大优势。

重离子项目在建成后几年时间, 能够在兰州的 GDP 总量中增加一定的绿色 GDP 贡献率, 近期可以对兰州的支柱型产业结构调整以及三化协调发展发挥明显的示范和带动作用; 远期可使兰州的重离子制造与健康服务产业及农业、冶金能源工业形成三分天下的格局, 并逐步成为支撑兰州整体发展, 并带动和影响周边地区装备制造业、中药种植业、西部旅游业等的最具特色的核心产业。

兰州重离子医学产业项目作为我国首个具备自主知识产权的大型肿瘤健康产业链示范项目, 将成为国家重离子医学领域的重要组成, 具有较大的影响力, 将会对兰州装备制造业和健康服务业产生直接的关联带动和深远的辐射影响, 从而促进兰州医疗服务、医药健康等民生关联产业的跨越式发展。项目为兰州区域的整体转型发展增加了全新的新型战略产业选择, 包括装备制造业、医疗服务业和公共服务业, 为甘肃省装备制造业增加了垄断性的重大市场发展空间。项目带来的科技、文化、商机、人气以及各式发展需求, 将直接促进制造、物流、投资、金融、中介、培训、传播、会展、地产业的交易机会, 带动经济整体繁荣; 特别是能为兰州装备制造企业集群、医药科技创新机构乃至整个医疗服务产业链, 带来更趋稳定和丰富的市场需求, 开拓更加广阔的发展空间, 有助于保持其稳定长久发展。

2.3.2 医疗水平的提高与展望

据甘肃省肿瘤医院院方人士介绍, 由于重离子加速器的带动, 甘肃省部分医院在重离子治癌方面的医疗水平显著提高。近物所与甘肃省肿瘤医院联合成立了国家重点实验室。甘肃省肿瘤医

资料来源: 内部资料《甘肃省发展和改革委员会关于兰州重离子医用加速其产业化及应用示范基地建设实施方案的批复》〔甘发改高技[2012]1801号〕。

资料来源: 兰州城投公司内部资料《兰州重离子医用加速器应用示范基地项目简介》(2014年8月)。

院承担了国家“973”项目“重离子治癌关键科学技术问题研究”暨“中国科学院重离子辐射生物学重点实验室”中临床部分的子课题,甘肃省财政厅也给予临床医学中心持续的经费支持。甘肃肿瘤医院围绕兰州重离子加速器形成了国内一流的医学团队,在国际上也产生了一定影响。2014年7月甘肃省肿瘤医院与法国西部肿瘤研究所结成友好医院。

重离子治癌项目的建设能帮助兰州消化本土专业人才,促进就近就业,同时能够帮助兰州吸引国内外高层次医学人才,逐步形成人才聚集高地,反哺兰州健康产业的可持续发展。项目创办的医疗服务机构和培训机构能够保证相当一部分医疗专业人员从事诊断治疗护理的临床、教学、科研工作,促进相关医学技术的研究与应用,大幅度提升重离子人才的培养,加速相关技术应用的研究深化。

兰州重离子治癌项目让重离子加速器设备与能产生经济社会效益的项目高效对接,提高城市和地方政府的形象,增进人民的健康,产生显著的社会效益。正如科近泰基总经理张小奇所说:“科近泰基的重离子治癌装置跟投资方协议白天治病,晚上做辐照育种。武威建设的装置白天治疗病人,晚上可以做辐照育种、科学实验(如单粒子效应等)。”兰州重离子治癌项目作为首个具备自主知识产权的大型肿瘤健康产业链示范项目,将会对兰州的健康服务业产生直接的关联带动作用 and 深远的辐射影响,从而促进兰州医疗服务、医药健康等民生关联产业的跨越式发展。

2.4 武威重离子治疗示范中心暨荣华颐养院项目调研

武威重离子治疗示范中心暨荣华颐养园项目

由甘肃荣华集团为主体投资建设,由近物所提供技术和设备支撑,荣华集团整体接管武威肿瘤医院为医疗服务配套机构。项目占地3000亩,总投资约16亿元,其中重离子加速器成套设备5.5亿元,其他配套设施建设10.5亿元,建设期2年。主要建设内容包括重离子治疗肿瘤中心、设置床位1600张的配套医院,以及以中医养生为特色的荣华颐养园。

2.4.1 项目进展

项目于2012年5月动工建设,截至2014年9月重离子治疗装置大楼已封顶。项目已累计完成投资9.88亿元。完成绿化50万 m^2 ;即将完成重离子装置大楼装修工程,配套医院诊疗区安装和室内装修工程正在进行之中;荣华颐养园主体工程已完成90%,正在进行重离子治疗肿瘤专用装置安装工作,将于2015年建成投入使用。其他配套设施,如CT、核磁等高端医疗设备已准备就绪。项目将聘请全国著名肿瘤放射治疗专家10余名全面指导重离子诊疗工作。武威肿瘤医院已引进培养了200多名重离子治疗专业技术人员,正在进一步强化相关专业技术知识培训,为项目实施提供人才保障。^[8]

2014年10月,由近物所自主设计、科近泰基公司加工制造的重离子肿瘤治疗示范装置注入器——紧凑型回旋加速器调试成功。该加速器是世界上首台治癌专用的碳离子回旋加速器,也是世界上首台没有任何磁场垫补线圈的重离子回旋加速器。该回旋加速器的成功调试,是我国自主研发的首台重离子肿瘤治疗专用装置项目顺利进行的一个重要里程碑。为了降低造价和便于商业运行,回旋加速器采用了紧凑型设计方案,加速器内没有设置任何磁场垫补线圈,完全依靠高精度

资料来源:本课题组访谈资料《甘肃省肿瘤医院副院长王小虎访谈记录》(访谈时间:2014年11月10日上午,访谈地点:甘肃省肿瘤医院住院2部2楼副院长办公室)。

资料来源:本课题组访谈资料《兰州科近泰基公司总经理张小奇访谈记录》(访谈时间:2014年11月11日下午,访谈地点:武威重离子治疗肿瘤专用示范装置施工现场、甜高粱试验田)。

资料来源:甘肃省卫生厅内部资料《关于武威肿瘤医院增加重离子治疗中心床位编制的批复》[甘卫医政函[2013]8号]。

三维磁场设计、精密加工的深谷型磁铁获得所需的等时性磁场。^[9]武威重离子医用加速器装配现场参见图 1。



图 1 武威重离子医用加速器装置现场
(拍摄者: 李思琪, 拍摄时间: 2014 年 11 月 11 日)

2015 年 1 月, 重离子装置大楼机房的空调设备采购和安装已全部到位。控制大厅、终端治疗室、中控室、数据中心(计算机总机房)装修工作已基本完成。水处理机房的土建工作、天车的安装调试、机房通道的防护门与治疗终端的防护铅墙安装工作已完成。强弱电接地工程基础已开挖, 正在进行后续工作。工艺水设备已进厂, 春节前完成除冷却塔之外的其他设备安装, 保证回旋加速器的工艺水需求。PT 区变电站设备已订购, 正准备安装。预计 2015 年 5 月基本完成调试, 实现终端出束。

2.4.2 经济效益

据估算, 2013 年, 兰州重离子加速器运行总机时 7 896 h, 如果武威重离子医用加速器每年开机不少于 5 000 h, 就可以治疗 2 000 例患者, 如每位患者收费 20 万元, 年收入可达 4 亿元; 在成本方面, 武威重离子医用加速器建造费用 5.5 亿元; 每台装置每年治疗患者 670 例即可达到盈亏平衡点, 每台治疗装置即可实现约 2.6 亿元/a 的治疗毛利润。更保守一些的估计如下: 按照每台

重离子医用加速器 7 亿元成本计算, 有 20 年周期的折旧, 每年 3 500 万元折旧, 每年 3 000 万元运行费和 3 000 万人员成本(包括 30~50 个人运行、200 个护士以及其他成本), 每年总成本 9 000 万元; 按照每个病人 18 万元最低收费, 每年的盈亏平衡点在 500 例, 而我国重离子治疗装置运行的目标是每年治疗患者 2 000 例。由此可见, 重离子治疗装置治疗的获利空间很大。在获得丰厚经济效益的同时, 该装置还将造福人民的健康, 产生显著的社会效益。

据武威肿瘤医院院长叶延程介绍, 建设重离子肿瘤治疗中心, 一方面可以更好地满足肿瘤患者的治病需求, 特别是高端 VIP 患者的治病需求, 提升城市的示范和带动作用。另一方面, 大量患者和陪同人员来治疗, 可带动观光产业和服务业的发展, 重离子治疗中心可成为旅游观光产业的标志性“名片”。如果配套建设一批高水平的诊断平台, 可以为患者打造集癌症诊断和高水平治疗为一体的“健康之旅”。通过武威重离子治疗肿瘤中心暨荣华颐养园的建设, 荣华集团将联合武威肿瘤医院形成以重离子治疗肿瘤为核心的集医疗、科研、教学、产业为一体的现代化医疗卫生园区, 全面带动与重离子相关的工业、农业和第三产业发展。

武威重离子治疗肿瘤中心暨荣华颐养园项目总投资约 16.87 亿元。项目建成后, 将形成以重离子中心园区为核心, 集专科医院、教育园区、医疗器械制造、中药产业区、生物辅照育种基地、工业制造基地、配套综合社区和中药材种植基地为一体的产业配套完善的现代化园区, 可实现直接经济收入 5 亿元, 带动相关产业实现产值 15 亿元, 新增就业 3 000 人以上。^[10]项目投入使用标志着我国第一台拥有自主知识产权的重离子治疗肿瘤装置从基础研究走向了临床应用。

资料来源: 本课题组访谈资料《武威肿瘤医院院长叶延程访谈记录》(访谈时间: 2014 年 11 月 11 日上午, 访谈地点: 武威肿瘤医院会议室)。

2.4.3 社会效益

该项目在武威的实施, 可以为武威、甘肃乃至全国的肿瘤患者带来福音。项目直接辐射甘肃省近 2 700 万人口, 带动西北乃至全国的肿瘤防治事业, 在提升武威肿瘤治疗水平的同时, 也使武威成为区域肿瘤治疗中心, 这将全面带动与重离子相关的工业、农业和第三产业的发展, 提升武威的对外开放水平, 为甘肃乃至全国重离子治疗肿瘤技术的临床应用积累宝贵经验。

以现有恶性肿瘤发病率计算, 项目完成后第一年, 可收治肿瘤病人约 300 人。参考国内外项目相关资料, 以后将以每年 5% 的比例逐年递增。重离子技术的临床应用也突破了常规放射治疗肿瘤的局限性, 使软组织肉瘤、恶性黑色素瘤等一批难治的肿瘤得到进一步的治疗, 取得较好的治疗效果。该技术的应用在挽救患者生命的同时, 也体现出高新技术在促进社会和谐和家庭幸福、提高人民群众健康水平方面的重大影响。

3 甜高粱产业化报告

甜高粱是由普通高粱经重离子辐照后培育的新品种, 分醇用型和饲用型两种类型; 是目前世界上生物学产量最高的新型能源作物之一, 具有耐旱、耐盐碱、适应性强、糖分含量高等特点。醇用型甜高粱茎秆汁液平均含糖量达 19.4%, 比甘蔗的含糖量还要高。从中提取的糖, 是优质的低成本生物化工原料, 在重离子诱变的特殊菌种作用下, 不仅可生产出谷氨酸、酵母等常见的生物化工产品, 还能生产出每吨市场售价数百万元的 β -葡聚糖等高附加值产品。榨糖后的甜高粱秸秆, 在复合菌种作用下青储软化, 蛋白质含量将提高一倍, 达到 8%; 是牛、羊、獭兔的优质饲料草, 每亩地可使农民增加纯收入 600 元, 有助于当地未来养殖业的发展。甜高粱在沙化的盐碱地创造的产业化奇迹, 对保证

国家粮食安全和能源安全、带动区域经济发展、提高农民收入、改善生态环境具有十分重要的意义。

3.1 辐照诱变育种技术介绍及甜高粱产业发展现状

重离子束作为一种先进的辐射源, 在农作物及微生物育种的研究中得到了广泛的应用, 开辟了新的交叉学科领域。重离子束诱变育种技术是近物所发展的一种育种新技术, 该技术突变率高, 突变谱广, 可大大缩短育种周期, 创造新的种质资源, 是药材育种方法的重要创新。^[11]

所谓重离子诱变育种, 就是使用重离子束照射其种子, 使种子的遗传物质 DNA 发生损伤, 在 DNA 修复过程中形成突变, 通过突变体稳定性测试培育出新的品种。育种是个长期的过程, 科技人员通过进行稳定性测试、品种比较试验、区域试验和生产试验, 经过 7 年时间, 终于成功培育出早熟、优质、抗逆的甜高粱品种。2013 年, 重离子诱变选育的甜高粱品种通过了甘肃省品种审定委员会品种认定, 被命名为“近甜 1 号”。近物所还完成了甜高粱汁生产乙醇、白糖、酵母和酵母葡聚糖等产品的技术开发和示范, 其中利用液体深层发酵技术得到了高纯度乙醇, 生产的酵母葡聚糖指标达到国内领先水平。近物所还研发了甜高粱青贮复合微生物菌剂工艺技术及饲料生产技术, 该技术可以为养殖业提供优质饲料。^[12]

3.2 对西北地区的适用性

甘肃省地处西北内陆, 经济社会发展相对落后, 水资源严重不足, 土地利用率低, 生态环境脆弱, 风沙危害严重, 沙漠化土地面积列全国第 5 位, 是全国 4 大沙尘暴策源地之一。2009 年, 全省沙漠化土地总面积 1 192 万 hm^2 , 占土地总面积的 28%。以甘肃省 2004 年沙漠化土地监测数据

资料来源: 武威荣华重离子医院股份有限公司内部资料《武威市甜高粱种植项目介绍》, 载于其内部刊物《重离子通讯》2013 年 11 月 11 日第 3 期 2 版。

和 2009 年沙漠化土地监测数据为基础,对沙漠化土地面积、程度、区域分异及类型变化进行分析显示,甘肃省土地沙漠化呈“整体逆转,局部恶化”的特征^[13]。严重的土地沙漠化,破坏了生态环境,影响了人民的生产生活,已经成为甘肃社会经济可持续发展的生态危机之一。据估计,全省边际性土壤面积约为 1 000 万亩,为甜高粱大面积种植提供了广大空间。

甜高粱是一种碳四作物,光合效率高,生物学产量高,每亩甜高粱能产 6~10 t 糖锤度达 18%~20%的秸秆,生物学产量是玉米和甘蔗的 2 倍多;甜高粱具有适应性强、抗旱、耐劳、耐盐碱的优点,是一种高效节水型作物,整个生育期需水量约为玉米的二分之一,符合西部地区发展节水型农业的要求;甜高粱植株未粗壮高大,郁闭度高,根系发达且容易变成腐殖质,种植甜高粱有利于开发沙荒地、盐碱地、山坡地等边际性土壤,不仅可以防风固沙,防止土壤的流失,而且可以改良边际性土壤,有效改善西部生态环境。

甜高粱产业链以甜高粱种植为龙头,以甜高粱籽粒和秸秆榨汁生产燃料乙醇,延伸到谷氨酸、酵母系列产品、β葡聚糖、丁醇、柠檬酸、乳酸等生物化工产品,秸秆干渣可用于青贮养牛,是集生态

农业、生物化工产品和饲料等生产为一体的循环经济产业。据估算,每亩甜高粱可榨汁 5~6 t 作为生物化工产业的原料,剩下的秸秆渣还可以饲养 10 只羊或 1 头牛。按每只羊现值 1 000 元、每头牛 10 000 元计算,每亩盐碱沙地可以保障约万元畜牧业的产值。甜高粱生长期短,生长迅速。发展甜高粱循环经济产业对提高农民收入、带动区域经济发展、改善生态环境具有十分重要的意义。

3.3 武威、定西种植进展调研

在甘肃省武威市、定西市和张掖市等地方政府的大力推动下,近物所主持的甜高粱循环经济产业示范项目取得重大进展。截至 2014 年,在定西市、张掖市和武威市甜高粱种植面积累计达到了 45.93 万亩,生产秸秆 264.35 万 t,种植业的直接产值达到了 79 237.80 万元。仅张掖市和武威市种植新增效益达到 8 542.80 万元。以甜高粱为主要饲料,武威市和定西市饲养了 317.94 万只羊单位牲畜,产值达到 1 899 508.50 万元,新增效益 50 870.40 万元。在土壤贫瘠、盐碱、干旱缺水的武威市、定西市和张掖市,部分区域实现了早作农业向以草食畜牧业为代表的现代农业转型,产生了巨大的直接和间接效益。2010 年以来的 5 年种植情况及经济效益见表 1。

表 1 2010—2014 年甘肃武威市、定西市、张掖市甜高粱种植规模及其经济效益

年份	种植地区	种植业产值			养殖业产值	
		面积/万亩	产量/万 t	产值/万元	羊单位牲畜/万只	产值/万元
2010	武威市	—	—	—	—	—
	张掖市	1.00	5.00	1 500.00	—	—
	定西市	0.05	0.27	69.68	0.35	350.00
2011	武威市	—	—	—	—	—
	张掖市	1.50	7.50	2 250.00	—	—
	定西市	0.45	2.30	631.12	3.15	3 150.00
2012	武威市	0.005	0.04	12.00	0.08	82.50
	张掖市	2.50	12.50	3 750.00	—	—
	定西市	2.20	11.22	3 366.00	15.40	15 400.00
2013	武威市	5.40	32.94	9 882.00	57.68	63 448.00
	张掖市	3.50	17.50	5 250.00	—	—
	定西市	5.10	26.01	7 803.00	35.70	35 700.00
2014	武威市	12.42	89.40	26 820.00	157.98	1 733 778.00
	张掖市	5.00	25.00	7 500.00	—	—
	定西市	6.80	34.68	10 404.00	47.60	47 600.00
合计		45.93	264.35	79 237.80	317.94	1 899 508.50

数据来源:中国科学院近代物理所内部资料《甜高粱项目应用概况》(2014 年)

重离子辐照诱变甜高粱种植基地位于武威市邓马营湖区, 占地面积 20.36 万亩, 总投资 95 438 万元。2013 年荣华集团在邓马营湖推广种植甜高粱 5 500 亩, 其中饲用型 4 000 亩, 生产优质甜高粱饲草 3.85 万 t, 直接经济效益达到 1 100 万元。用甜高粱复合微生物菌剂 20 t, 青贮甜高粱饲料 2 万 t。饲料柔软、黄绿色、醇香味浓厚、动物适口性好, 且青贮饲料中蛋白质含量提高了 1%。配合其他的精料和粗饲料喂养奶牛 1 万头, 奶牛饲喂青贮甜高粱饲料后, 产奶量增加 1 kg/头·d, 增收 4.7 元/头·d, 年新增利润 1 692 元/头, 1 万头奶牛年新增利润 1 692 万元。2014 年种植饲用型甜高粱 1.2 万亩, 预计使用甜高粱青贮微生物菌剂 84 t, 可生产青贮甜高粱饲料 8.4 万 t, 可饲养奶牛 2.6 万头, 增加利润将达到 4 399.2 万元。2014 年荣华集团在邓马营湖继续推广种植甜高粱 12 000 余亩, 共计达到 18 000 余亩, 预计 2015 年底总种植量达 4.5 万亩, 预计直接经济收入可达 9 200 万元。

武威市农牧局的文件《2013—14 全市甜高粱种植情况》显示: 2013 年在全市推广“种植饲用型甜高粱 5.4 万亩, 亩均产量 6.1 t, 收获鲜秸秆 32.94 万 t, 鲜秸秆平均销售价格为 300 元/t, 生产总值达到了 9 882 万元。收获的鲜秸秆经粉碎、揉丝等加工后, 使用复合微生物菌剂青贮, 饲养了 57.68 万头的羊单位牲畜, 羊平均售价为 1 100 元/只, 总产值达到了 63 448 万元; 每只羊净增加利润 160 元, 养殖业净利润为 9 228.80 万元。取得了良好的直接和间接经济效益。2014 年全市种植饲用型甜高粱 12.42 万亩。经各县区农业技术推广站对 72 个种植点的测产, 预计平均亩产能够达到 7.1 t, 收获鲜秸秆 89.4 万 t, 产值达到 26 820.00 万元; 秸秆经加工后青贮, 搭配其他

精和粗饲料, 可以饲养 157.98 万头的羊单位牲畜, 养殖业产值将会达到 173 778.00 万元, 实现净利润 25 276.80 万元。农民种植积极性高, 依托种养殖大户、规模化养殖场和饲草加工企业, 通过土地流转, 已建成百亩以上连片示范点 41 个, 千亩以上连片示范点 4 个。武威市在荣华颐养院南边为近物所提供了一块甜高粱试验田(图 2)。



图 2 近代物理所在武威市的甜高粱种植试验田
(拍摄者: 李思琪, 拍摄时间: 2014 年 11 月 11 日)

2010 年以来, 定西市和近物所联合进行了饲用型、醇用型甜高粱的种植与养殖相结合的研究和推广工作, 已经取得了丰硕成果: 甜高粱能够在贫瘠、干旱、盐碱的土地上很好地生长, 生物产量大, 饲用型平均亩产量 5.1 t, 糖含量 13.5% 左右; 醇用型平均亩产量 8 t, 糖含量 19.5% 左右。五年来已累计种植甜高粱 14.6 万亩, 生产甜高粱秸秆 74.473 万 t; 用复合微生物菌剂生产青贮饲料(营养价值高, 家畜喜食) 73.8 万 t, 饲喂 102.2 万只羊单位的家畜。五年来定西市种植甜高粱的直接收益达到了 22 273.80 万元, 家畜养殖的间接收益达到了 102 200.00 万元。因此, 在定西市种植甜高粱取得了显著的经济社会效益。定西市提出的“一亩地, 十只羊, 奔小康”形象地描述了种植一亩甜高粱可带来的畜牧业效益。

资料来源: 中国科学院近代物理所内部资料《甜高粱项目应用概况》(2014)。

资料来源: 武威荣华工贸有限公司内部资料《荣华集团甜高粱种植项目情况介绍》(2014 年 9 月 17 日)。

资料来源: 武威市农牧局内部资料《2013—14 全市甜高粱种植情况》(2014 年 9 月 8 日)。

为了解决“百万头肉牛基地”的优质饲料问题,2010—2014年张掖市累计种植甜高粱13.5万亩,累计生产甜高粱有机牧草67.5万t,产值达到了20250万元,与玉米比较新增产值4050万元,新增利润3037.5万元。通过甜高粱引进种植,可以控制和改良盐碱地,提高边际性土地的利用率,增加养殖企业和农户的收入。

3.4 甜高粱产业预测

甜高粱产业化示范工程项目自2006年启动以来,利用重离子辐照成功培育出高产、优质、抗逆的优良品种,引种和推广自主品种种植甜高粱10万亩,开发生物产品10余种。预计2~5年内将增加产值10亿~15亿元,农民增收超过1.2亿元。未来,将建成数百亿产值的产业链。针对甜高粱产业,近物所确定的总目标是:根据“因地制宜,非粮为主;能源替代,能化并举;循环经济,清洁生产”的发展思路,预计5~8年,使甜高粱产业成为我国西部循环经济产业的新品牌,引领西部农业经济跨越式发展,到2020年初步形成甜高粱工业化产业链,将甘肃省打造成为国际重离子辐照育种技术应用、种植基地,推动甜高粱产业集聚发展,形成百亿元产业链。^[14]

通过甜高粱种植发展畜牧业和生物产业相结合的循环经济,开辟新的农业模式,建立百亿元产值的产业链,对于保证国家粮食安全、能源安全,带动区域经济发展、提高农民收入、改善生态环境具有十分重要的意义。

4 其他产业

兰州重离子加速器的经济社会效益以重离子治疗装置产业和甜高粱产业为代表,取得了令人瞩目的成就。在重离子加速器的建设和运行过程中,还形成了一批优势技术及产业化的成功案例,如超导和常规高精度磁铁技术、超高真空技术、

大功率高精度电源技术、高频技术、自动控制技术、束流诊断技术、准直测量和辐射防护技术;并由这些技术带动了一大批甘肃省的地方企业的技术进步,如天水电气传动研究所、甘肃精新电源设备有限公司、兰州电机有限公司以及近物所所办企业科近泰基等。

兰州重离子加速器工程建设中用70%的经费自行研制出的绝大部分设备都在国内加工,绝大部分由西部企业承担,推动了我国(特别是西部)企业的技术进步,培养和造就了一支勇于和善于创新的高素质人才队伍^[15]。近物所与中国空间技术研究院、国防科技大学、中科院微电子所等八家单位合作,开展了航天元器件和线路的空间辐射效应及选用风险评估测试实验,获得了大量珍贵的数据,达到了预期目的,对指导航天电子元器件和系统抗辐射加固具有重要意义。

5 总结

通过对兰州重离子医用加速器产业化及应用示范基地、武威重离子治疗示范中心暨荣华颐养院、武威重离子辐照诱变甜高粱种植基地的实地调研,以及对相关人员的访谈,本文针对重离子医用加速器产业化所实施的“政府支持,企业主导,科研依托”的运行机制,初步分析了兰州重离子加速器项目形成、发展过程中存在的若干问题,针对这些问题尝试提出解决方案。

1) 针对项目推进周期较长的问题,所办企业要进行改制和增强市场意识。重离子医用加速器的商业化之路是一条漫长的艰难之路,自2010年签订兰州重离子肿瘤治疗专用装置项目合同以来,工期一拖再拖,直接导致了企业成本上升,合作企业也从盛达集团改为兰州城投集团。甘肃当地政府对医用加速器产业化的态度非常积极,研究所应借此尽快组建企业(集团),更好地与地方政府衔接。例如,近物所可采用引进社会资源

等手段, 对所办企业(科近泰基)进行现代化企业改制, 并在企业改制过程中对无形资产进行合理评估, 其中要注重专利和技术的评估。企业在主动进行产业转型和升级改造的同时, 要进一步增强市场意识, 对资源进行优化配置, 积极主动加快工程进度。

2) 针对重离子加速器技术先进、不确定强的问题, 研究所和所办企业要为医用加速器产业化和甜高粱产业化提供解决方案。尽管兰州重离子加速器的建设工程为重离子治癌专用加速器的产业化奠定了坚实的技术基础, 但是相关科学问题的不断突破势必为医用加速器的产业化技术带来不确定性。就此, 研究所应具有服务意识, 积极进行探索创造、组织攻关, 解决重离子治疗深部肿瘤面临的关键科学技术问题, 更重要的是优化小型重离子治癌专用装置的设计方案, 为实现治疗装置的产业化发展铺平道路。与此同时, 研究所应为企业专业人员的技术培训提供条件支持。企业也应联合向国家申请专项, 在近物所的帮助下攻克技术问题, 如在省发改委支持下成立甘肃省辐照诱变育种工程实验室, 在省科技厅支持下与武威市农科院和荣华集团合作成立甘肃省重离子生物育种工程技术研究中心等。通过这些创新平台, 可突破一批产业关键核心技术和前沿技术, 打造企业的核心竞争力, 引领战略性新兴产业发展。

3) 针对重离子治疗装置产业化过程中存在的科技成果产业化周期长、技术研发风险大等问题, 中央和地方政府应该给予立项支持。国家的配套资金和项目投入应将大科学装置的社会经济效益纳入考量, 合理考察科研立项条件, 扩大企业扶植范围, 关注新兴国有企业, 为其技术产业化研发提供经济支持。地方政府应牵头支持技术的成果转化, 承担科技成果产业化周期中可能面临的风险和不确定性。一方面, 政府对于已经验证过并得到认可的技术, 应参考国外的通行做法, 简化其验证过程, 有效缩短产品的注册审评周期, 使其尽快进入临床应用, 推进重离子治疗装置的

产业化进程; 另一方面, 应采取适当的政策吸引专业人才, 为科技创新和设备维护提供保障。

4) 针对大科学装置管理冗杂、为经济社会服务不够的问题, 应采取有效措施为企业和社会研发组织分配时间。国家应全盘统筹以大科学装置为代表的科研设备共享, 让设备和项目高效对接, 满足科研需求的同时, 重视其经济社会效益, 盘活闲置设备资源。研究所应转变观念, 借鉴市场化管理经验, 提高所办企业运作效率, 增强企业信心; 对于大科学装置的管理应与其他课题一样, 进行成本核算, 中科院负责技术支持和维护, 由科学目标、经济社会效益目标导向的各个方面形成专家委员会, 进行管理, 负责成本核算、价格标的以及任务安排。要充分重视大科学装置的经济社会效益, 解决其建设、运营过程中不计成本的问题。

致谢

中国科学院大学杜澄教授和尚智丛教授对本文给予指导与支持, 近代物理所袁平副所长、蔡晓红处长在本文调研过程中提供了帮助, 在此致以诚挚感谢!

参考文献

- [1] 中国科学院大科学装置发展战略研究组. 我国大科学装置发展战略研究和政策建议[R/OL]. (2003) [2015-02-27]. <http://news.sciencenet.cn/html/shownews.aspx?id=178381>.
- [2] 《中国科学院“率先行动”计划暨全面深化改革纲要》若干问题问答[EB/OL]. [2015-02-27]. http://www.cas.ac.cn/yw/201408/t20140818_4186714.shtml 2015-02-27.
- [3] 武一. 中国大朗散裂中子源经济影响评估[M]. 北京: 中国时代经济出版社, 2011: 22.
- [4] Zuijdam F, Boekholt P, Deuten J, et al. The Role and Added Value of Large-Scale Research Facilities [R/OL]. The Netherlands: Science Technology & Innovation Group, 2011: 1-3. http://www.technopolis-group.com/wp-content/uploads/2011/02/1379_Report_Large-scale_Research_Facilities_EN1.pdf.
- [5] 张久春. 20世纪50年代工业建设“156项工程”研究[J]. 工程研究: 跨学科视野中的工程, 2009(3): 213-222.
- [6] World Health Organization. 癌症[EB/OL]. [2015-02-27].

- <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/zh/>.
- [7] World Health Organization. Radiotherapy Risk Profile; Technical Manual [R/OL]. Switzerland: World Health Organization, 2008: 5. http://www.who.int/patientsafety/activities/technical/radiotherapy_risk_profile.pdf.
- [8] 朵俊庆. 无中生有抓项目的生动实践: 武威重离子治疗肿瘤中心暨荣华颐养园建设纪实[N/OL]. 武威: 武威日报社, 2014-09-13. <http://www.wg.gansu.gov.cn/jrww/wwwyw/82821.htm>.
- [9] 柯讯. 首台治癌碳离子回旋加速器研制成功[N/OL]. 北京: 中国科学报, 2014-10-09 (1). <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2014/10/304870.shtml>.
- [10] 朵俊庆. 武威重离子治疗肿瘤中心暨荣华颐养园项目快速推进[N/OL]. 武威: 武威日报社, 2015-01-16. <http://wwrb.gansudaily.com.cn/system/2015/01/16/015363777.shtml>.
- [11] 中国科学院近代物理研究所. 利用 HIRFL 开展重离子辐照生物育种研究[EB/OL]. [2015-02-27]. http://www.impcas.ac.cn/kxcb/kpwz/201010/t20101028_2998192.html.
- [12] 兰州市科学技术局. “重离子辐照”甜高粱再添新品种[EB/OL]. [2015-02-27]. http://www.lzkj.gov.cn/xwzx/lzkjdt/201312/t20131211_283747.html.
- [13] 王小军, 陈翔舜, 魏金平, 等. 甘肃省 2004—2009 年土地沙漠化时空变化分析[J]. 中国沙漠, 2013(1): 33-37.
- [14] 刘晓倩. 甜高粱背后的数百亿产业链[N]. 北京: 中国科学报, 2014-07-28.
- [15] 郑千里. 兰州重离子加速器冷却储存环建设意义重大: 项目负责人、中科院副院长詹文龙答本报记者问[N]. 北京: 科学时报, 2008-07-31.

The Investigation Report on the Economic and Social Benefits of Heavy Ion Research Facility in Lanzhou (HIRFL)

Li Bin, Li Siqi

(School of Humanities and Social Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Large scientific facilities have additional economic and social benefits. Through the field research and interviews in Lanzhou Heavy Ion Medical Accelerator Industrialization and Application Demonstrative Base, Wuwei Heavy Ion Medical Machine Demonstration Center and Ronghua Hospital, Wuwei Heavy Ion Irradiation and Mutagenesis on Sweet Sorghum Planting Base, the paper finds that Heavy Ion Research Facility in Lanzhou (HIRFL) has achieved important scientific goals as well as economic and social benefits. The rising industries including Heavy Ion Medical Machine (HIMM) industry and sweet sorghum industry are promoting economic growth and transformation. Lanzhou Heavy Ion Accelerator is also improving local medical and educational level while attracting high-level professionals. The rising industrial chains represented by HIMM industry and sweet sorghum industry have formed growth pole and given an impetus to readjusting and optimizing the industrial structure of western region, as well as improving the sustainable development of the regional society and economy.

Keywords: large scientific facilities; Heavy Ion Research Facility in Lanzhou (HIRFL); Heavy Ion Medical Machine (HIMM); sweet sorghum