



编者:王传初 张翰庭

γ 辐照装置经济有效运行 研讨会文集

●原子能出版社

NATIONAL WORKSHOP
ON ECONOMIC
BENEFICIAL OPERATION
OF γ RADIATION
FACILITIES



中国 青岛

1996年5月27~29日

γ 辐照装置经济有效运行研讨会

主 办 单 位

国际原子能机构亚太地区
核科技合作部门

承 办 单 位

北京核工程研究设计院比尼新技术公司
加拿大诺迪安国际公司
中国同位素与辐射行业协会

γ 辐照装置经济有效运行研讨会

名誉主席： 黄齐陶
主 席： 刘国明
海外主席： Crant R. Malkoske

会议领导小组： 祝 疆 陈殿华 冯建华 王传祯
John T. Corley Gerry M. Defalco

会议筹备组长： 王传祯

组员： 祝 疆 陈殿华 张赫瑚 Gerry M. Defalco
洪伟明 王炜莉

文件资料： 张赫瑚 赵帼夫 薛善忠 肖军和

接 待： 唐在民 王惠礼 王慧娟 刘奇峰 刘 戈
安 伟 曾 涛 薛梅凤 薛 彬

会场及展览： 张登满 王泽民

目 录

贺函	会议名誉主席、中国同位素与辐射行业协会名誉理事长	黄齐陶(1)
开幕词	会议主席、北京核工程研究设计院科技委主任	刘国明(2)
致词	会议海外主席、加拿大诺迪安国际公司副总裁	G. R. Malkoske(3)
致词	中国核工业总公司国际合作局	祝 疆(4)
致词	中国同位素与辐射行业协会秘书长	陈殿华(5)

I. 综合分析

γ 辐照装置经济有效运行的若干问题	王传祯(6)
钴源辐照装置的经济效益分析与评估	徐志成 孙洪珍 冯志雄(16)
中国钴-60 装置辐照香料和调味品的经济效益分析	陈其勋 杨麒麟 陈丽华 徐培书 陈 浩(22)
辐照大蒜的研究及国外贸易	彭新和 李桂荣 许肇梅 赵 光 谷德祥 董志浩(25)
KG 系列印染助剂的生产技术及其生产专用 γ 辐照装置的经济效益分析	张志成 刘占军(37)
γ 辐照装置放射事故的经济和社会影响	范深根 侯庆梅 孙晓博(40)
郑州辐照中心 2.61 PBq 辐照装置经济效益分析	何建中 娄臣义(43)
加强科学管理,努力提高辐射加工的经济效益	倪竹如(45)
$^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照生产热缩管效益分析	王延春 唐 彬 何金谷(49)
试论我国辐照(加工)业的可持续发展	曹宏云 涂书新(53)
对提高中小型钴室经济效益的探讨	沈庆康(58)
小钴源创高效益	侯晓东 于宪军 路敦柱(63)
辐射加工业在工厂的发展历程	陆建青(66)

II. 辐照加工工艺及产品

中国辐照食品卫生标准简介	戴 寅 高 凡 赵丹宇(68)
辐照食品商业化及食品辐照技术向食品工业的转换	徐志成(80)
北京地区辐照食品公众接受水平的调查	阎傲霜 翟 颖 孙中发 施培新 李成林 陈德江 王泽民(90)
食品辐照加工技术的国内外现状	陈其勋 陈丽华 陈 浩 徐培书(94)
辐照食品检测和辐照食品商业化	戚生初 李久强(97)
大蒜辐射保藏研究对河南省经济发展的促进作用	罗继泉 杨宗渠(102)
大蒜辐照的商业化生产	于子厚 张开运 孙守义 王守经 雷 鹏(105)
辐照脱水蔬菜效益分析	张卫东 陈忠海 戚成云 刘 践(111)
γ 射线辐照蕨菜技术的探讨	康熙若(117)

苹果梨辐照工艺的研究.....	康熙若(121)
医疗用品辐射灭菌标准化的趋势与中国的现状.....	阎傲霜(124)
医疗用品辐射灭菌的特点与展望.....	朱南康 陶明山 滕维芳 王春雷 张 颢(128)

Ⅲ. 辐射加工剂量及 γ 辐照装置

加强辐射加工剂量测量的法制管理.....	张彦立 李承华 庞瑞草 刘智绵(131)
中国计量科学研究院面向全国的电离辐射计量工作.....	徐 沔(135)
FJX-648G 改进型工业 γ 辐照装置	王传祯 唐在民 张赫瑚(139)
FJX-648G 型 γ 辐照装置控制系统的设计	刘 戈(142)
BINE 218 B 型多用途 γ 辐照装置的新进展	顾俊仁(147)
山东省辐照中心强 γ 辐照装置九年安全运行工作总结	于子厚 张开运 孙守义 相新林 雷 鹏 王守经 张庆现(152)

Ⅳ. 国外专家报告摘要

FDA 对批准出口医疗用品或一次性卫生用品的 γ 辐照装置的要求	加拿大 J. Chitra(158)
转向伽玛辐照消毒	加拿大 J. Chitra(159)
对出口到美国的辐照食品之要求	加拿大 Frank Fraser 和 Jim Cottee(159)
美国辐照食品商业化的最新情况	加拿大 Frank Fraser 和 Jim Cottee(160)
对出口市场 γ 辐射加工的质量要求	加拿大 G. R. Malkoske(161)
实现向 γ 辐照处理的转变	加拿大 Ruth M. Brinston(161)
关于 γ 辐照消毒的全球市场的最新资料	加拿大 Gordon R. Ashfield 和 Willian P. Wong(161)
γ 辐照消毒和环氧乙烷消毒的质保要求比较	加拿大 洛德朱(162)
中国的 γ 辐照市场概况	加拿大 G. M. Defalco(162)
会议总结报告.....	中国核工业总公司国际合作局 祝 疆(163)

贺 函

各位代表：

值此“ γ 辐照装置经济有效运行研讨会”在青岛召开之际，谨表示热烈的祝贺！

我相信，这次会议的召开，对加强辐照装置的经营管理、安全运行，提高经济效益，对推动辐射加工产业化进程和健康发展，将起到促进作用。

十分遗憾，我因故不能与会。我对来自全国各地的代表，对来自加拿大、韩国、英国等海外朋友们，表示热烈的欢迎！预祝大会圆满成功！

中国同位素与辐射行业协会
名誉理事长



1996年5月24日

开 幕 词

会议主席 刘国明

北京核工程研究设计院

女士们,先生们,朋友们:

正当法国物理学家贝可勒尔发现天然放射性一百周年之际,我们欢聚在中国美丽清洁的海滨城市——青岛,为促进利用射线造福于人类的事业,共同研讨商业化辐照装置经济有效运行问题,这是十分有意义的。我首先对来参加会议的加拿大诺迪安(Nordion)公司副总裁 Malkoske 先生,John T. Corley 先生以及来自加拿大、英国、韩国的其他贵宾和朋友们表示热烈欢迎!对来自全国各地的各位代表表示热烈欢迎!对青岛市副市长亲临会场表示衷心的感谢!

γ 辐照装置是辐射加工技术产业化的重要技术装备。现在全世界已有商用辐照装置近 200 座,总装钴-60 源达 $5.92 \times 10^{18} \text{Bq}$ (1.6 亿居里)。中国现有设计装源能力在 30 万居里以上的商用 γ 辐照装置已达 48 座,总设计装源能力约 3500 万居里,实际装源达 800 万居里,在辐照食品、辐照消毒、辐射化工、商品养护以及辐射育种等领域得到了广泛应用,取得了很多成果和效益。但是,从上面的数据可以看出我国辐照装置还远远没有充分发挥潜力,实际装源量只有设计装源能力的 1/5,有些辐照装置管理还不尽如人意,运行水平和经济效益与世界先进水平相比还有较大的差距。因此,如何使商用辐照装置更加经济有效地运行,不断提高管理水平和经济效益,是辐照行业同事们普遍关注的重大课题。这次会议邀请了加拿大、英国、韩国的朋友,他们将在会上介绍他们的经验,全国辐照界的朋友们也将交流各自的经验、沟通信息、共同研讨、献计献策,这一定会对提高商用辐照装置的经济效益和管理水平起到重大促进作用,一定会推动我国辐射加工行业的产业化进程!

我衷心预祝大会取得圆满成功!谢谢大家!

致 词

会议海外主席 G. R. Malkoske

加拿大诺迪安国际公司副总裁

女士们,先生们,早晨好!

在辐照装置经济有效运行研讨会的开幕式上,我十分荣幸地作为海外主席并代表加拿大诺迪安公司总部对大家表示欢迎!

由于中国所呈现的光明的经济前景,由于作为世界上经济发展最快的国家之一和她所拥有的 12 亿人口,由于会议主办者为提高 γ 辐照技术的敬业精神和具有相应的科学基础,因此在中国举行这个会议是完全适宜的。

中国 γ 辐照事业的巨大潜力使我感到振奋,它充满机遇,除非是我们的想象力和创造性受到局限。

作为诺迪安公司副总裁,我很关注我们两国之间的联系。诺迪安公司与中国已有很长的历史关系。

诺迪安公司及其前股东加拿大原子能公司(AECL)早在几乎 40 年前就已访问过中国,事实上,我们在 1958 年即向中国供应过钴-60 癌症治疗装置,后来许多年中又提供过多套为处理输血用血的临床辐照器。较近时期,我们的 γ 辐照装置又先后为深圳和这座美丽的城市青岛所引进。

深圳辐照中心在 1986 年建成,青岛辐照中心于 1993 年 11 月投入运行。二者的生产能力均为 $0.14 \text{ Mm}^3/\text{a}$ (主要产品为一次性医疗用品,外科用品和食品)。我们诺迪安公司以供应设备、钴源和提供安装服务为光荣,并为尊敬的用户进行现场培训,使他们的操作和管理人员能够掌握自己的装置。

前年 11 月份,在加拿大总理 Jean Chretien 访华期间,诺迪安公司和中国北京核工程研究设计院比尼新技术公司签定了一份双方合作意向书。

故地重游,与比尼公司一起承办这次 γ 辐照加工经济效益研讨会是令人愉快的。此后的几天中定会涌现出许多令人感兴趣的文章和话题。

我们为 γ 辐照事业的未来而欢呼,并让良好的敬业精神在中国继续得到发扬。

感谢各位出席这次会议。让我用汉语说声“欢迎你”!祝大家取得收获,在青岛以及在和你一样关心 γ 辐照未来的人当中度过难忘的时光。

致 词

祝 疆

中国核工业总公司国际合作局

女士们,先生们:

首先,我代表国家原子能机构国际原子能机构事务办公室(中国核工业总公司国际合作局),对来自加拿大、英国、韩国,以及国内的朋友们表示热烈的欢迎。特别是以 G. R. Malkoske 为首的加拿大诺迪安公司的代表团,他们不但为会议带来了精彩的报告,还为会议作了资助。

我们还要感谢青岛市政府,区、镇政府的大力支持,感谢青岛辐照中心和北京核工程研究设计院比尼公司,他们为会议的筹备做了大量的工作。

辐射加工是国际原子能机构十分关心的一个领域,在亚太地区 RCA 活动中,近十年来是最活跃的。自 1985 年以来,在辐射交联、辐射消毒、辐射固化、橡胶辐射硫化、食品辐照保藏和辐射工程等方面在我国举办了几十次活动,这对我国辐射加工产业的形成起到很大促进作用。这次我曾邀请机构负责辐射加工项目的技术官员马克维奇先生与会,他表示十分想来参加这一会议,但与另一个在维也纳召开的辐射加工与环境筹备会有冲突,无法参加了。他表示预祝大会成功。

γ 辐照装置和电子束加速器是当今辐射加工两个主要技术装备。

今天,我们在这里总结钴-60 γ 辐照装置在我国辐射化工、辐射消毒、食品辐照保藏等各方面的经验,进行技术经济分析和总结。明年,我们准备再组织一次电子加速器的经济有效运行研讨会,想必那将是一次内容更为丰富的会议。

今天,全国辐射加工界的人士聚集在这里,交流经验,总结成果,分析问题,探讨与国外合作的途径,总结加强联合的经验,探讨优化组合的途径。通过讨论,一定能在辐射加工的需求与市场、品种、质量、成本、效益等方面得到有益的结果。

这次会议是在 RCA 计划中的一次国内研讨会,我们邀请了国外专家就会议主题作国外情况报告,将会对国内的发展有所启发,同时也会使国外同行对国内辐射加工现状和需求有更多了解。这次会议不仅是专业学术研讨,更重要是商业化经济研讨,因此安排了国内外产品、装置等的信息交流,想必是有益的。

会议期间大家将参观青岛辐照中心,这是一个进口的较先进的设施,想必会给大家以很好的印象。

最后,再次对青岛市、加拿大外宾,以及北京核工程研究设计院对会议的支持表示感谢。预祝大会成功,祝大家在青岛研讨顺利、生活愉快。

致 词

陈殿华

中国同位素与辐射行业协会秘书长

首先,我代表中国同位素与辐射行业协会,对来自国内外的朋友们、同志们表示热烈的欢迎!对这次研讨会的召开表示热烈的祝贺!

中国同位素与辐射行业协会是全国性的以同位素和辐射行业为主的社会团体,法人组织。在全国 170 多个经济协会中,是全国 28 个先进协会之一。成员单位目前已超过 230 多家,几乎包括了全国从事同位素与辐射技术的生产、经营、科研、教学的所有企业、事业单位。

不久前,行业协会召开了二届二次理事会,研讨了“九五”发展计划和 2010 年远景规划。预计辐射加工与处理技术的产值到 2000 年将比目前的产值增长 3 倍以上,这其中主要是辐射化工产品,在国家科委攻关项目中,把辐照食品卫生标准及加工工艺研究列入了发展计划。辐照消毒也受到了国家主管部门的高度重视。就 γ 辐照装置而言,目前全国辐照装置装源能力尚不及设计能力的一半,有很大的发展潜力。国内各相关单位发展也不平衡,效益相差很大;从形势发展看,辐照加工有自己的独特优势,是有需求的。但有需求,不等于有市场。其中,一个关键就是如何增加品种,提高质量,降低成本,增加效益。有需求,没有效益,同样没有市场,更谈不上发展。因此,召开这样的研讨会是十分及时,十分必要的,行业协会愿意也应该在这方面多做工作,例如组织国内外的同行们进行研究,加强推广宣传,协助引进资金、技术和人才,进行成果转让,协作攻关,制定产品与技术的行业标准,等等。希望大家积极提出建议和意见,为我国辐射加工事业的产业化发展,为早日实现“九五计划”而共同努力!

祝贺这次研讨会获得圆满成功!谢谢大家!

I. 综合分析

γ 辐照装置经济有效运行的若干问题

王传祯

北京核工程研究设计院比尼新技术公司

摘 要

本文简要论述经济效益是建设工业 γ 辐照装置的根本目的和衡量工业 γ 辐照装置运行管理水平的最终标准。分析了影响经济效益的若干因素,并提出了一些提高经济效益的途径和措施。

引 言

辐射加工技术与 γ 辐照装置,由于具有效率高、杀虫灭菌彻底、工艺过程简单、操作方便、能耗低、见效快、高度机械化自动化、无污染公害等优点,在食品保藏、医疗用品消毒、商品养护、材料改性、三废处理、农作物及花卉育种等方面获得了广泛应用。据不完全统计,全世界用于辐射加工的大型钴源辐照装置(设计装源能力 1.85×10^{16} Bq 即 50 万居里以上),已超过 180 座,总装源能力超过 1.5 亿居里(见表 1)。美国已建造设计装源能力超过 3.7×10^{17} Bq(1000 万居里)的大型辐射灭菌装置。我国到 1995 年底已投入运行的商用 γ 辐照装置有 48 座(见表 2),最大装源能力为 1.48×10^{17} Bq(400 万居里)。现在全国还有近 20 个省市的数十个单位和地区正在兴建或计划建造大型商业化辐照中心。近年来,亚洲、中东、非洲及南美洲的十多个国家和地区也先后同我们联系,要在本地区建造工业 γ 辐照装置。但建造工业化、商业化的辐照装置经济效益如何,怎样提高辐照装置的经济效益,是人们最关心的基本问题之一。辐射加工技术及辐照装置与其他任何新技术一样,它的经济效益决定了它的生命力,只有能创造重大经济效益的新技术才能得到很快的推广和应用。本文着重分析讨论影响辐照装置经济效益的若干因素,并提出一些提高辐照装置经济效益的途径和措施。

一、经济效益是商业化 γ 辐照装置的生命

1. 经济效益是建设商业化 γ 辐照装置的根本目的

任何一项新技术新装置的发明和发展都是人类物质文明发展的新贡献,其目的是为人类创造更多的物质财富。一般,人们把一项新技术的生命期分为五个阶段,即开发期、导入期、成长期、成熟期、衰退期。其划分的主要标志是它的投入产出比,也就是它的经济效益的大小(见图 1)。辐射加工技术与 γ 辐照装置也不例外。所以说经济效益是工业 γ 辐照装置的生命。建

表 1 世界各国和地区设计的工业 γ 辐照装置一览表

全世界装置总数: 187 座(分布于 45 个国家)		全世界钴-60 应用总量: 155 兆居里(估计)	
装置设计单位	数量	装置设计单位	数量
加拿大 AECL 公司和 Nordion 公司	104 座	西班牙 AEC	1 座
中 国 BINE (核工业二院)	16 座	西班牙 Arago	1 座
前苏联 AEC	11 座	印 度 Baro	1 座
英 国 Marsh	9 座	法 国 CEA	1 座
美 国 RSI(辐射灭菌公司)	6 座	意大利 Gammatom	1 座
法 国 SGN	5 座	意大利 Irrad	1 座
中 国 上海核子所	5 座	英 国 NCI(核化学公司)	1 座
日 本 JAERI	4 座	美 国 AREI(辐射能应用公司)	1 座
瑞 士 Suizer	4 座	美 国 INI(国际中子公司)	1 座
美 国 RTI(辐射技术公司)	4 座	美 国 NPI(中子产品公司)	1 座
阿根廷 CNEA	3 座	比利时 IRE	1 座
英 国 IStron	2 座	中 国 台湾 INER	1 座
德 国 AEC	1 座	中 国 台湾 U. C. J	1 座

表 2 中国商用 γ 辐照装置一览表

序号	所属单位	设计装源能力 (万居里)	目前装源量 (万居里)	投产日期
1	中国原子能科学研究院	30	4	1984.12
2	北京射线应用中心	100	84	1989.3
3	北京军事医学科学研究院	50	17	
4	中国农业辐照中心	50	10	1995.5
5	天津辐照中心	50	20	1988.1
6	上海辐射技术应用推广中心	50	30	1986.9
7	中科院上海原子核研究所	30	6	1975.8
8	哈尔滨光雅辐射新技术有限公司	50	30	1989.10
9	大庆辐照中心	60	10	1988.1
10	核工业大连应用技术研究所	50	13	1989.9
11	沈阳天荣辐照技术应用有限公司	50	12	1991
12	阜新核能辐照公司	30	5	1989
13	丹东锦江山辐射技术有限公司	30	5	1993
14	通化辐照站	30	5	1990
15	长春辐照实业有限公司	50	30	1994
16	中国食品协会延边辐照中心	50	10	1995.12

续表 2

序号	所属单位	设计装源能力 (万居里)	目前装源量 (万居里)	投产日期
17	郑州辐照中心	50	10	1986.5
18	河南省科学院同位素所	30	10	
19	河南中牟辐照中心	50	10	1996.6
20	青岛辐照中心	300	31.5	1993
21	山东省农科院原子能所	30	10	1987.1
22	山东农业大学辐照中心	50	5	1990
23	山东济宁辐照中心	30	10	1994
24	南京辐照中心	50	13.5	1987
25	苏州医学院吴江辐照中心	50	10	1994
26	常熟辐照技术应用厂	30	10	1989.5
27	浙江农科院原子能研究所	30	8	1982
28	浙江农大核农学研究所	50	10	1992
29	慈溪辐照中心	50	10	1994
30	湖南原子能农业应用研究所	50	10	1989.9
31	西北核技术研究所	30	10	1988.9
32	中科院武汉辐照中心	50	10	1991
33	湖北省农科院原子能所	30	10	1993
34	石家庄辐照中心	50	15	1990
35	唐山辐照中心	100	20	1996
36	四川省原子核所	50	18	1978.4
37	四川垫江辐照站	30	10	
38	兰州辐照技术开发中心	50	14.6	1987.10
39	广州辐照中心	100	15.6	1993
40	深圳辐照中心	400	110	1987
41	闽北辐照中心	30	20	1991
42	漳州辐照中心	30	10	1993
43	福建省辐射技术研究开发中心	50	10	1994
44	海南辐照中心	50	10	1995
45	江西农科院原子能应用研究所	30	5	
46	新疆物理所辐射技术开发部	30	11	1987.4
47	云南辐照技术研究所	50	10	1994.8
48	上海科龙辐照中心	50	10	1996.11

设工业 γ 辐照装置的目的除了满足社会需求外,根本上是为了用来创造一定的经济效益。为此,国家规定在项目前期要进行充分的市场调查,要有资格的单位、有资格的技术人员和有经验的经济专家,做出项目可行性研究报告。可行性研究的主要内容应该包括:1. 本地区的市场调查和需求情况;2. 技术方案的确和主要设备的选型;3. 环境影响的分析和评价;4. 基本投资估算及经济分析评价,包括风险性及敏感性分析、投资回收期预测等内容。

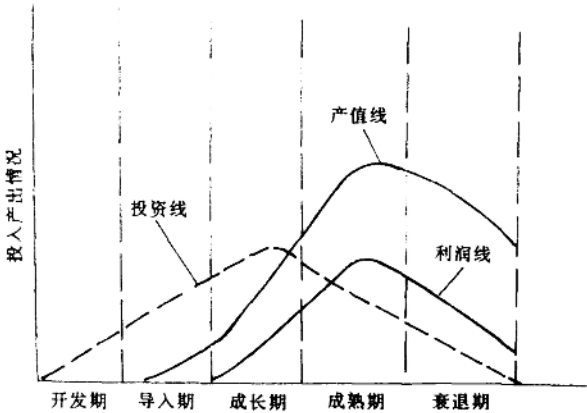


图 1 新技术的技术生命周期

2. 经济效益是衡量商业化辐照装置运行管理水平的最终标准

一座商业化辐照装置建成之后,其经济效益如何则取决于管理水平的高低和运行经营的好坏。在我国的诸多辐照中心中就有这样的例子,在同一年代建造的装置,规模大小、技术水平相同,但取得的效益却相差甚远。

商业化 γ 辐照装置的经济效益包括两个基本方面:一是辐照装置本身的直接经济效益;二是辐照装置的间接经济效益和社会效益。两者都与管理水平有关。

(1) 商业化 γ 辐照装置的直接经济效益

从使用目的上看,商业化辐照装置大致分为三种类型:一种是单纯为辐照加工服务的服务型辐照装置;一种是多用途经营性辐照装置;第三种是专业性生产型 γ 辐照装置。

对于服务型 γ 辐照装置而言,其本身的直接经济效益(A)等于所收取的产品辐照加工费(F)减去辐照成本费(C),即

$$A = F - C$$

不难看出,收费标准的高低、辐照加工的数量和辐照成本的高低,决定了经济效益的好坏。现在辐照加工的商业化应用在我国刚开始不久,还没有统一的收费标准。中国同位素与辐射行业协会辐照加工专业委员会先后在1993年和1995年对北京地区的中成药及全国交联电线电缆的辐照加工的收费标准做过协调并作出了行业的规定。这是我国最早的也是唯一的辐射行

业的收费规定,但执行得并不好,各地相差甚远。现在只能是根据产品本身的价格、吸收剂量大小以及其他方面的因素,由双方共同协商确定。有的收取产品价格的5%~10%作为加工费,有的按辐照成本费的3倍收取。将来应过渡到以单位产品吸收剂量的大小计算收费。有的国家(例如美国、荷兰等)已经按照这种方法收费。例如美国,医疗用品的消毒(25 kGy)辐照加工费为35.3美元/m³。

单位产品辐照成本计算:

$$C = \frac{\text{生产运行费(可变成本)} + \text{折旧费(固定成本)}}{\text{处理量}}$$

从上式可以看出,辐照成本与生产运行费和折旧费成正比,而与处理量成反比。

生产运行费包括:

1. 钴-60源的补充费。钴-60源的半衰期为5.27 a,为保持原有的处理能力,保证辐照产品的产量,隔一定时间应补充新源,平均每年按12.5%补充;
2. 动力消耗,包括水、电、气等;
3. 人员工资及福利基金;
4. 管理费及销售、广告费等;
5. 设备维修费等。

运行费与装置的运行率有直接关系。运行率又与管理、货源、设备的质量及维修有直接关系。国外的装置年运行率可保证8000 h以上,例如美国RSI公司的装置年运行8400 h。而国内的装置年运行在7000 h以上的就是很好的了。

折旧费取决于固定资产投资大小,包含三个方面:

1. 钴源折旧。采用国产钴-60源,其寿命期一般是10 a,即两个半衰期,每年折旧率为10%。而进口源如加拿大诺迪安等公司的双包壳C-188型钴-60源,其寿命期一般为15 a,即三个半衰期,每年折旧率为6.67%;
2. 机械设备投资。一般按15 a折旧,也有按10 a折旧的,折旧率为6.67%~10%;
3. 建筑工程费。一般按25 a摊算,折旧率为4%。

目前我国国产设备中设计装源50~100万居里的 γ 辐照装置,如果初装源20万居里,其固定资产投资约850~1000万元人民币。而固定折旧部分约60~80万元。虽然这一部分费用可计入成本摊算,但实际上是业主的资金回收或者可以用来偿还贷款。

经营性和生产型的装置其效益的计算方法与服务型装置有所不同:

$$\text{年效益} = \text{年产品销售总值} - \text{年总成本}$$

$$\text{年总成本} = \text{产品原料成本} + \text{运行成本} + \text{折旧费}$$

运行成本除了上述五项外还需加上流动资金的利息。

(2) γ 辐照装置的间接经济效益和社会效益

γ 辐照装置的间接经济效益是指由于辐照处理降低甚至避免了产品的损失或者使产品增值而产生的经济效益。这部分效益有时相当可观,而装置的业主却没有拿到或只拿到很少的一部分。

例如,我国的工业产品霉变和腐变造成的经济损失高达数十亿元,其中皮革新皮制品损失尤为严重,采用辐射灭菌防腐的办法可避免上述损失。又如辐射交联电线电缆,提高了耐温耐磨防腐性能,还可以阻燃等,这样不但产品本身可以大大增值,更重要的是减少停电及失火

事故,带来的效益是很大的。这些效益有的是可以用货币直接表达的,但有的却无法用货币的形式表达。如一次性医疗用品辐射灭菌消毒。过去我国大多数医院对医疗用品采用蒸汽消毒,很难达到灭菌要求,交叉感染严重。而采用辐射灭菌,效果很好,消毒彻底并大大降低交叉感染,特别是可以防止乙型肝炎的蔓延。这样可减少疾病,提高人民的健康水平。但它所创造的社会效益是难以用货币直接表达出来的。

对 γ 辐照装置经济效益好坏的描述,一般是用投入产出比 R ,国外叫投资回报率:

$$R = \frac{Q}{I}$$

Q 是指该装置5年或10年中产出的总值; I 是指国家或业主对该装置的总投入值。

工业 γ 辐照装置是属于高新技术,一般投入产出比应在1:5~1:10,最高可达1:(18~20)以上(包括研究开发型辐照装置)。

另一个表达参数为投资回收期。投资回收期是指装置正式投产运行起到收回全部投资的时间,不包括建设期。国外的装置大多数能在2~3a,最多5a回收投资。因我国尚处在科研开发向工业化商业化转化阶段,实际上很多辐照装置还达不到完全商业化条件,主要是产品开发和市场开发还跟不上,大多数需要5~10a才能收回全部投资。

国内有人把钴源的单位居里所创造的价值作为衡量辐照装置经济效益好坏的标志。当然这种表现形式能在某种意义上表达辐照装置管理的好坏,但不一定能全面的描述和表达辐照装置的经济效益,有时还容易给人以错觉,往往装源量很小的装置,这个值都很大,体现不出规模效益。例如一个装源不到2万居里的钴源室,总投资300万元,年创收入达50万元,甚至更多。因此每居里可创产值达25元或更高。但其10a的投入产出比为 $R=50 \times 10 \div 300=1.6$ 。而一个装源30万居里的装置总投资600万元,每年创收入达400万元,每居里产值才13元,但其10a的投入产出比却高达6.7($R=400 \times 10 \div 600=6.7$)。

在市场开发好,货源充足,管理水平相当的前提下,应该说装置规模越大,经济效益越好,投入产出比越大。当然如果管理水平低,市场开发不好,没有充足的货源,那就是另一回事了。

二、影响商用 γ 辐照装置经济效益的若干因素

影响商用 γ 辐照装置经济效益的因素很多,现在主要分析以下几个方面。

1. 固定资产投资

基建投资是决定产品辐照成本和装置经济效益的重要因素。基建投资的大小又直接影响辐照装置能否推广应用。我国基建投资主要由以下几个方面组成:

1. 土建工程费。由于辐照装置需要厚混凝土防护墙(1.8~2.0m厚),又需要6~7m深的贮源井,因此商用辐照装置的土建投资较大,一般占固定资产投资额的30%左右;

2. 设备及安装费。如果采用比较先进的自动化输送设备的国产装置,一般占固定资产的25%左右;

3. 钴-60源费。因国产的钴-60源较少,现在大多数采用加拿大、英国、俄罗斯等进口的钴源。目前新建的辐照装置都是初装源量较低,因此源费只占固定资产投资的25%左右;

4. 土地征用费。各地相差甚远,一般约占投资的10%左右;

5. 其他费用。包括工程前期费、勘察设计费、管理费、综合试车费、人员培训费、不可预见费等,一般占总投资的10%~15%左右。

2. 设备运行率

商用辐照装置投产之后,受生产任务的饱满程度影响的设备运行率,直接影响处理量的大小和影响辐照成本的高低,从而影响整个辐照装置的经济效益。目前国外的商用辐照装置年运行一般可达 8000 h 以上,有的高达 8400 h 以上,而国内较好的装置年运行也只有 6000~7000 h(直接辐照时间)。这意味着在装源量等一切条件全相同的前提下,国内装置比国外装置处理量要低 20%~30%,当然经济效益也要低 20%~30%。

3. 经营管理水平

前面已经说到辐照加工的可变成本,无论是人员工资、水电动力的消耗还是销售、宣传、管理费等的开支,都是由管理水平的高低而决定的,这里不再赘言。

4. 放射源的能量利用率

γ 辐照装置是利用放射源(主要是放射性同位素钴-60 或铯-137)所放出的射线(主要是 γ 射线)对产品进行加工的装置。放射源的能量利用率是指放射源通过射线所释放的能量,实际被产品吸收的能量与放射源放出的总能量之比。这是衡量商用辐照装置设计及管理水平的一个很重要的参数。放射源时刻在衰变,向周围空间释放能量,因装置结构、空间及各种材料的限制,这些能量只能被产品吸收一部分而达到加工目的。

放射源的能量利用率的高低显然直接影响装置处理量的大小。国外的先进装置放射源的能量利用率可高达 40% 以上,而国内的装置有的还不到 10%。这意味着在装源量及其他条件都相同的前提下,处理同一种产品其生产能力竟相差 2~3 倍。可见其经济效益就差之甚远了。

影响能量利用率的因素有:辐照产品的布置,吸收剂量的不均匀系数等。

5. 辐照产品的包装

辐照产品的包装尺寸不统一,就会严重影响辐照产品的布置和排列。特别是在自动化输送线路中,造成辐照产品箱装载不满,降低了处理量和能量利用率,从而影响经济效益。例如荷兰 Gamaster 辐照厂,刚建成时的 1967~1968 年两年内,由于货源不足和包装混乱,影响运行而造成亏损。从 1969 年起统一包装,采用了标准箱,并积极组织货源,很快扭亏为盈并收回投资。

三、提高 γ 辐照装置经济效益的措施和途径

分析影响商用 γ 辐照装置经济效益的因素,采取有针对性的措施,是可以尽快提高辐照装置经济效益的。下面提出一些途径和措施,供商用辐照装置的厂家作为参考。

1. 尽量减少基建投资

减少基建投资的途径:

1. 建设前一定要做好市场调查,有条件的要与主要辐照产品的厂家和客户签定协议或意向。设计院也就可以根据辐照产品的种类、数量、包装形式和尺寸、吸收剂量的大小,确定合理的建设规模。在能满足生产要求的前提下,设计装源量不宜太小。因一座设计装源量为 30~50 万居里的商用辐照装置和设计装源量在 100~150 万居里的装置(不计钴源费),其基建投资只相差 20%~30% 左右,而其处理能力却相差 3~5 倍;

2. 尽量减少辅助厂房及附属设施,降低土建费用;

3. 尽量减少用地,特别要少占或不占良田。但要注意工程地质的好坏。因为辐照室是混凝土结构,体积小而重,要求地质承压力大,如果地质条件不好,其基础费用要大大增加,甚至不低于地上的建筑费用;