

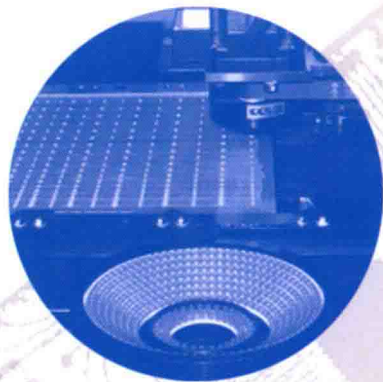
广东省

GUANGDONGSHENG DIANZI ZHIZAO ZHUANGBEI CHANYE JISHU LUXIANTU

电子制造装备 产业技术路线图

罗家祥 胡跃明 编著

石福华 主审



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

广东省

GUANGDONGSHENG DIANZI ZHIZAO ZHUANGBEI CHANYE JISHU LUXIANTU

电子制造装备 产业技术路线图

罗家祥 胡跃明 编著

石福华 主审



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

广东省电子制造装备产业技术路线图/罗家祥, 胡跃明编著. — 广州: 华南理工大学出版社, 2017. 1

ISBN 978 - 7 - 5623 - 5162 - 7

I. ① 广… II. ① 罗… ② 胡… III. ① 电子产品-生产设备-产业发展-研究-广东
IV. ① F426. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 300523 号

广东省电子制造装备产业技术路线图

罗家祥 胡跃明 编著

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼 邮编: 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutcl3@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

策划编辑: 詹志青

责任编辑: 詹志青

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 8.75 字数: 218 千

版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 2000 册

定 价: 28.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前言

当前,全球全面进入了信息时代,电子信息技术极大地改变了人们的生活习惯和工作方式。人类已经很难想象没有电子信息产品的世界。电子信息产品涉及因特网、电子银行、手机、GPS、数字相机、汽车电子产品、便携式电脑等,与人类的生活息息相关,给人类的工作和生活带来了极大的便利。在国防力量上,以电子信息为核心的无人机、雷达系统等,更是各国发展的重点。无论在民用物品,还是国防军用装备上,电子信息产品都是各国竞争和发展的重点。人类对电子信息产品的旺盛需求,带动了现代电子信息技术的高速发展。

电子信息产业被认为是最具有集聚创新资源与要素的产业,是世界上最具有生命力的新型高科技产业,并逐步发展成为世界上第一大产业。电子制造装备是电子信息产业的基础。伴随着7~14 nm 芯片制程及人工智能时代的到来,人类对电子信息产品的多功能、便携式、微型化、高可靠、低成本、绿色环保等方面提出了越来越高的需求,电子制造装备的改进和革新势在必行。尽管我国是电子信息产品的制造大国,且基本形成了从电子材料、高端元器件(包括大规模集成电路芯片及相关贴装器件)到终端产品制造一体化的产业链,但由于核心制造装备长期依赖进口,导致我国电子信息产业的可持续发展能力不足,产品档次和质量难于以高附加值格局参与国际竞争,对我国电子信息产业的发展造成严重的阻碍。

目前,新一代信息技术与制造业深度融合,正引发着一场影响深远的产业变革,促进新生产模式的产生。基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式的变革;可穿戴智能产品、智能家电、智能汽车等智能终端产品不断开拓电子信息产业新领域。这都为我国电子信息产业转型升级和创新发展带来重大机遇,为电子制造装备产业带来无限的发展可能。

电子信息产业作为广东省的龙头支柱产业,通过多年的引进、消化、吸收和再创新,核心制造工艺及装备的技术创新取得了可喜的进展。但随着市场变化、新技术发展等因素的影响,亟待从市场需求和产业发展角度出发,摸清目前电子信息产业中对电子制造装备的需求情况、制造情况(公司销售的)和研发情况(研究所和学校在研的),确定产业发展的方向,明确影响产业发展的技术壁垒,厘清可以攻克的技术难点,制定切实可行的产业发展路线,因而对广东省电子制造装备产业制定技术路线图势在必行。我们在广东省科技厅的资助下,结合广东省电子信息产业和电子制造装备产业的实际情况,按照市场

需求—产业目标—技术壁垒—研发需求的技术路线图制定模式，对广东省电子制造装备产业进行了摸底，制定了本路线图。该线路图致力于为广东省相关科技部门制定电子制造装备产业政策、遴选重大研发项目提供依据，实现产业技术资源优化配置，同时也为其它产业制定产业技术路线图提供借鉴及示范。

本书内容分为8章。第1章介绍电子制造装备现状与技术路线图制定动机；第2章首先概述制定产业技术路线图的基本思路，其次描述制定广东省电子制造装备产业技术路线图的总体思路，介绍各子路线图的制定方法；第3章对电子制造装备的产业现状进行分析；第4章分析电子制造装备市场需求；第5章分析广东省电子制造装备产业发展目标，绘制产业目标技术路线图；第6章分析广东省电子制造装备涉及的关键技术，绘制出产业技术壁垒路线图；第7章分析广东省电子制造装备产业研发项目，绘制研发风险、研发主体和研发模式相关的产业优先研发项目技术路线图；第8章探讨广东省电子制造装备产业发展综合技术路线图的制定与实施。在绘制广东省电子制造装备产业发展综合技术路线图的基础上，明确产业发展原则，提出产业发展总体构想和建议。

本书第1章、第8章由胡跃明编写，第2~7章由罗家祥编写；广东省科技厅石福华主审。研究生罗丹参与了资料的整理和部分子路线图的绘制；研究生林畅赫、倪晓晔、李康婧参与了资料的整理和书稿校对。全书由罗家祥统稿。

本书在编写中得到了广东省科技厅、广东省自动化学会、广东省电子行业协会以及课题组成员的大力支持，同时也得到来自国内高校、研究所、企业的专家和工程师们（详见文末专家名单）的鼎力相助，在此一并衷心感谢。

由于我们水平有限，书中难免有欠妥之处，真诚希望各位读者指正。

华南理工大学精密电子制造装备教育部工程研究中心

罗家祥 胡跃明

2016年12月

目 录

1	电子制造装备现状与技术路线图制定动机	1
1.1	电子制造装备产业技术路线图制定的背景	1
1.2	广东省电子制造装备产业技术路线图制定的目的和意义	2
2	广东省电子制造装备产业技术路线图制定模型	3
2.1	产业技术路线图制定方法概述	3
2.1.1	技术路线图的定义和分类	3
2.1.2	技术路线图的发展历程和现状	4
2.1.3	产业技术路线图制定流程	5
2.2	广东省电子制造装备产业技术路线图制定的思路	6
3	电子制造装备产业分析	9
3.1	电子制造工艺流程	9
3.1.1	芯片制造	9
3.1.2	封装	11
3.1.3	基板制造	12
3.1.4	电子组装	12
3.2	电子制造装备产业内涵	13
3.2.1	芯片制造装备	13
3.2.2	芯片封装装备	14
3.2.3	基板/印制电路板制造装备	14
3.2.4	电子组装制造装备	14
3.2.5	电子制造装备的重要性	14
3.3	我国电子制造装备产业发展历程	15
3.4	电子制造装备的产业环境分析	16
3.4.1	政治环境	16
3.4.2	政策环境	17
3.4.3	产业环境	21
3.4.4	企业整体情况	21
3.4.5	企业的技术水平	22
3.4.6	企业面临的问题	23
3.4.7	电子制造装备产业的 SWOT 分析	23
3.5	装备制造产业投入产出分析	24
3.5.1	投入产出分析法	25
3.5.2	制造业的总体情况	26

3.5.3	制造业结构分析	28
3.5.4	中国制造业最终使用分配系数分析	29
3.5.5	感应度系数和影响力系数分析	30
3.6	电子信息制造装备进出口情况回归预测分析	33
3.6.1	回归分析方法	33
3.6.2	回归分析结果	34
4	电子制造装备市场需求分析	36
4.1	电子信息产品市场需求驱动电子制造装备的发展	36
4.1.1	传统电子信息产品市场	36
4.1.2	新兴电子信息产品市场	36
4.1.3	电子信息产品变革性新技术	39
4.2	电子制造装备需求重点领域分析	39
4.2.1	适应电子信息产品发展的装备	39
4.2.2	先进制造技术中的电子制造装备	40
4.3	电子制造装备市场需求要素的初步分析	41
4.4	电子制造装备需求要素识别方法和实证分析	42
4.4.1	需求要素识别方法简介	42
4.4.2	确定市场需求实证分析	43
4.5	电子制造装备市场需求路线图	47
5	电子制造装备产业发展目标	48
5.1	电子制造装备产业发展目标总体分析	48
5.1.1	世界电子制造装备产业格局分析	48
5.1.2	国内及广东省电子制造装备技术水平与世界先进水平的差距	49
5.2	电子制造装备产业目标要素分析	51
5.2.1	电子制造装备产业的总体目标	51
5.2.2	广东省电子制造装备产业目标	51
5.3	电子制造装备产业目标与市场需求要素关联分析	55
5.3.1	关联矩阵方法	55
5.3.2	电子制造装备产业目标与市场需求要素关联分析结果	56
5.4	电子制造装备产业目标技术路线图绘制	61
6	电子制造装备技术壁垒分析	62
6.1	产业目标所驱动的装备和关键技术	62
6.2	关键技术专利地图分析	64
6.2.1	整机技术专利地图	64
6.2.2	核心技术专利地图	74
6.2.3	专利技术分析结论	81
6.3	广东省自主研发技术的突破口	81
6.4	技术壁垒分析	82
6.5	关键技术与产业目标关联分析	87

6.6 技术壁垒要素路线图绘制	93
7 电子制造装备产业研发需求分析	94
7.1 广东省电子制造装备产业研发项目凝练	94
7.2 研发需求重要性和时间节点分析	95
7.3 产业研发资源分析	98
7.3.1 重点高校资源	99
7.3.2 重点装备制造企业	101
7.3.3 研发资源能力评价	105
7.4 研发主体分析	106
7.5 绘制产业优先研发项目技术路线图	109
8 广东省电子制造装备产业发展技术路线图	110
8.1 广东省电子制造装备产业发展路线总图	110
8.2 产业薄弱环节	110
8.3 广东省电子制造装备产业发展规划	112
8.4 促进产业发展的构想	113
8.4.1 政策导向与平台建设	113
8.4.2 研发资源的整合	113
8.4.3 科研过程的科学管理	115
附录 研讨内容与问卷设计	117
致谢	128
参考文献	130

1 电子制造装备现状与技术路线图制定动机

1.1 电子制造装备产业技术路线图制定的背景

人类对电子信息产品的旺盛需求,决定了电子信息产业的蓬勃发展。美国经济的发达是由于电子信息技术的高度发展,电子信息产业已成为美国的第一大产业;日本经济在战后迅猛发展,是因为日本重视电子信息产业的垄断、开发和利用,使其在国际上占有优势并占领市场,其电子信息产业是仅次于汽车工业的第二大产业。可见,多数国家都重视电子信息产业和电子信息技术的发展,并以此作为振兴本国经济的重要战略措施。

长久以来,电子信息技术伴随着先进电子电路(尤其是极大规模集成电路即芯片)的飞速发展而日新月异。为了提高芯片性能、降低生产成本、有效利用资源,微芯片基本遵循着摩尔定律的发展模式:每隔18~24个月,芯片(集成电路)上可容纳的晶体管数目会增加1倍,性能也提升1倍。人们不仅关注芯片的微型化,也更加关注实现如下目标^[1]:提高芯片或者电子产品的性能;降低电子产品在制造过程中的能源消耗,改进电力利用率,从而为建立能源节约型社会作出贡献,使社会实现可持续发展。

行业内一般将电子制造分为几个关键工艺过程,即芯片制造、芯片封装、基板制造、电子组装等。电子制造装备是电子信息产业的基础,尤其是一些关键设备,如高精度的光刻机、键合机、贴片机等,对电子信息产业的发展起着决定性的作用。要实现上述目标,电子制造装备的技术创新势在必行。没有先进的半导体制造装备,就不可能制造出尺寸微小的各种芯片;没有先进高效的电子组装设备,就不可能有便携式电子信息产品。

电子制造装备涉及微电子、机械、信息、检测、控制、力学等交叉学科,技术难度大,研发和产业化投入大,是电子信息产业的竞争核心。普通的电子制造装备精度不高、价格低,制造的电子产品质量较低,面临激烈竞争。高端的电子制造装备技术难度大、制造企业少、价格昂贵,但能制造出高端的电子产品,且保证电子产品的质量,能够给电子制造企业带来更多的附加值,是电子制造企业的核心竞争点。因此,从某种意义上说,电子制造装备的水平是决定电子信息产业强弱的一个关键因素。

尽管我国是电子信息产品的制造大国,且基本形成了从电子材料、高端元器件(包括极大规模集成电路芯片及相关贴装器件)到终端产品制造一体化的产业链,但由于核心制造装备(包括曝光显影设备、全自动贴片机、光学检测设备等)长期依赖国外淘汰的制造技术,可持续发展的能力不足,产品档次和质量难以以高附加值格局参与国际竞争。

广东省电子制造产业集中,但大多数企业集中在中低端电子产品的制造,在芯片制

造、高精密封装和组装、高品质电子产品制造上仍然与国外高端产品存在较大差距。若要保持广东省电子制造产业的竞争优势,顺应新一代信息技术的发展,意味着广东省必将启动新一轮的产业结构和产业技术结构调整,特别是包括电子制造装备在内的产业规划和调整,从而促进广东省电子信息产业在新的技术浪潮中取得优势。电子制造装备的水平在一定意义上也是决定广东省实现电子制造产业可持续发展的关键。

广东省如何通过产业路线图这个科学的方法,确定广东省电子制造装备发展的产业规划和调整思路,是本书将要阐述的内容。

1.2 广东省电子制造装备产业技术路线图制定的目的和意义

技术路线图是按照市场需求确定市场导向,通过分析产业目标、技术难点等,形成对未来技术前景的看法,是把技术整合进某个产业或者公司发展战略的工具。在美、英、韩、日等技术比较发达的国家和地区,技术路线图被广泛应用于技术创新,并取得很好的效果,我国也逐步运用这种科学的方法来为研发决策提供方向。^[2-5]

广东省地处珠三角地区,拥有雄厚的电子信息产业基础。随着电子制造业的全球化发展,对如何贯彻落实科学发展,促进区域经济的持续协调发展,提出了更高的要求。尽管广东省电子信息产业发达,广东省电子制造装备产业也在国家、省、市的重视下得到了一定的发展,但随着市场变化、新技术发展等因素的影响,亟待从市场需求和产业发展角度出发,摸清目前电子信息产业中对电子制造装备的需求情况、制造情况和研发情况,确定产业发展的方向,明确影响产业发展的技术壁垒,厘清可以攻克的技术难点,制定切实可行的产业发展路线。结合广东省电子制造产业和电子制造装备产业的实际情况,制定电子制造装备产业技术路线图,可充分发挥广东省的市场和研发资源优势,虽然形式简单,却能快速实现电子制造装备产业发展的目标,促进产业的可持续发展,并带动相关产业的发展。

本书所探讨的广东省电子制造装备产业技术路线图问题是围绕我国和广东省经济和社会发展重点关注的问题所提出来的,具有很好的应用前景和实践意义。通过制定本路线图,为广东省相关科技部门制定电子制造装备产业政策、遴选重大研发项目提供依据,实现产业技术资源优化配置,同时也为其它产业制定产业技术路线图提供借鉴及示范。路线图的制定也有利于促进广东省电子制造装备产业的发展,促进珠三角地区经济的长期发展。同时,对我国电子信息产业的发展也具有重要的战略指导意义。

2 广东省电子制造装备产业技术路线图制定模型

2.1 产业技术路线图制定方法概述

2.1.1 技术路线图的定义和分类

技术路线图 (technology roadmap) 最早出现于美国汽车行业, 在二十世纪七八十年代, 为摩托罗拉和康宁用于公司管理和技术领域, 以识别那些可能成功的技术。后来, 美国各公司、行业、国家实验室、政府部门等开始绘制各种路线图, 路线图的应用从技术领域逐步扩展到科学领域。

技术路线图所呈现出来的理念是, 以国家战略、产业发展、市场需求为驱动, 预测未来技术的发展方向和研发着力点。首先, 与传统思维方式不同, 技术路线图以国家战略、产业发展、市场需求为根本动因, 明确企业或产业活动均须以符合未来市场为最终目标, 并不是以技术推动为动因, 强调现存技术的任何作为都必须满足未来市场的需求; 其次, 技术路线图明确了公司或产业的发展目标, 提出了达成目标所需要的技术, 体现了技术服从市场的理念; 最后, 技术路线图描述了达成发展目标的具体路径, 从现在指向未来, 使企业能够识别、选择和开发正确的技术和适当的产品, 并最终达到目标。

技术路线图可分为企业技术路线图、国家技术路线图和产业技术路线图。^[6] 企业技术路线图, 是通过时间序列系统地描述“技术—产品—市场”的发展过程, 标示企业技术位置, 结合自身资源与实力水平, 明确企业定位和未来的研发方向, 进行相应的资源配置, 制定技术经营战略。一般而言, 企业技术路线图的制定不需对整个技术的现状与趋势进行分析, 只需了解产业内或国家已经制定的技术路线图, 随时关注市场需求与技术变化, 进行企业技术选择和部门之间的协作, 以保证赶上技术发展的步伐并努力处于优势地位。

国家技术路线图, 是以政府为主导, 以产学研相结合的方式, 针对某领域未来 5 年乃至更长时期的战略需求和科技发展, 制定科技发展战略, 指导该技术领域战略规划的制作、关键技术项目及相关行动的选择。在国家层面上, 技术路线图可以影响社会的研究方向和投资方向, 有效识别国家现有能力和瓶颈, 识别关键技术, 促进部门间的技术转移等。

产业技术路线图, 是根据区域产业发展状况, 通过时间序列系统地描述“技术—产品—产业”的发展过程, 指明产业技术发展方向, 诱导社会资源合理配置, 引导产业技术研发, 促进产业组织优化, 为产业抓住未来市场发展机会指明方向。

无论是对于国家战略、产业还是企业,路线图作为一种战略管理和规划工具,致力于用科学的方法识别优先发展的技术领域,对整合和优化配置各种资源、自主创新有着重要意义。

2.1.2 技术路线图的发展历程和现状

技术路线图起源于美国汽车行业,最初是汽车制造商以降低生产成本为目的,要求零件供应商提供其生产产品的技术发展路线。20世纪70年代后期和80年代初期,摩托罗拉公司将技术路线图用于技术进化和技术定位,康宁公司采用技术路线图来进行公司的战略部署。之后,技术路线图逐渐被国际知名大公司使用,如飞利浦、微软、三星、朗讯等,用于指导企业发展。20世纪90年代之后,技术路线图在发达国家广泛传播,行业协会和政府将它广泛应用于技术研发管理和国家技术规划工作。

当前技术路线图的研究主要关注其具体应用,即将技术路线图的方法应用到具体企业、产业所涉及的技术领域,解决某个具体领域的问题。例如,美国1992年开始制定《国家半导体技术路线图》(national technology roadmap for semiconductor, NTRS),后来更名为《国际半导体技术发展路线图》(international technology roadmap for semiconductor, ITRS),一直到现在,此路线图制定者仍持续地提供新的版本,以把握在新形势下的半导体技术发展趋势。^[1]利用网络技术,我们可以很容易地发现,路线图已被广泛地用于信息通信技术、制造业、环境与能源、生命科学、机器人等各技术领域。^[7-11]

我国从2004年开始关注技术路线图,国内学术界进行了一些讨论。例如,顾钢(2004)^[12]通过介绍美国和欧洲制定的氢能技术路线图,对我国加快发展氢能提出了一些建议。李雪凤、仝允桓和谈毅(2004)^[13]对技术路线图的概念、特点、作用、分类及其绘制进行了系统的介绍。孟海华(2009)^[14]综述了技术路线图的定义、划分及其类型、制定、重要意义和各国技术路线图实践,从技术史、技术哲学等多个角度探寻产业技术路线图的理论基础,并将路线图制定的方法应用在中国科学技术发展战略研究院支持的“半导体照明产业技术路线图”的制定上。李剑敏(2015)^[15]结合情景分析方法以及STEEP(社会、技术、经济、生态、政策)等研究了基于情景分析的产业技术路线图设计方法,并通过结合价值链升级理论、IDEFO模型以及熵权法对产业关键技术的识别方法进行了研究,最后基于贝叶斯网络和技术创新理论,分析了产业关键技术选择的计算模型。

从技术路线图应用来看,在我国,广东省最早将技术路线图作为技术管理工具,用于产业技术预见和产业政策规划。广东省科技厅在2007年便积极探索创新平台的管理组织创新,组织相关企业、院校完成了多个领域产业技术路线图的绘制,如广东省绿色无铅产业技术路线图、铝产业技术路线图、食品安全检测与评价产业技术路线图、工业产品环境适应性产业技术路线图和陶瓷产业技术路线图等。张颖(2010)^[2]通过问卷调查、专家访谈、理论分析等方法,对湖北省大重型数控机床产业进行研究,通过分析市场需求,确定产业发展目标,分析满足市场需求及实现产业发展目标所需解决的关键技术领域,并确定各个关键技术重点研究领域的研发项目,制定出湖北省大重型数控机床综合技术路线图,提出产业发展对策,为政府产业发展战略制定提供了参考。张进华(2016)^[16]进行了中国汽车产业路线图的分析和整理,旨在提出实现《中国制造2025》中的汽车强国目标的具体路径和措施,识别未来15年汽车产业技术发展方向、关键技术及其优先程度,提供政

府和产业界联合投入、共同推动技术创新的框架,促进新技术研发和应用,编制细分领域的技术路线图,为相关企业开展技术研发活动提供指导。崔晓如和丁云龙(2016)^[17]结合我国遥感卫星产业的发展情况以及当前工业化、信息化发展要求,提出了遥感卫星产业发展的战略目标,并绘制了遥感卫星产业技术创新路线图和开发与应用路线图,为遥感卫星产业在有效载荷、数据处理、平台构建及商业化等方面提供发展路径,在此基础上,提出了遥感卫星产业发展建议。

除此之外,最近几年,产业技术路线图也层出不穷,并广泛地用于对产业的技术预见和产业政策规划,如河北省风电装备产业技术路线图^[18]、中国集成电路封测产业链技术创新路线图^[19]、中国机械工程技术路线图^[20]等等。技术路线图正以一种科学的方法,逐步地被国家、产业和企业用于确定国家战略、产业发展战略和企业发展战略。

2.1.3 产业技术路线图制定流程

从国外的成功经验来看,在绘制产业技术路线图的过程中,需要在时间维度上对系列产品、关键技术难点以及保证技术实现的支撑体系进行全面系统的研究。一张完整的产业技术路线图,纵向包括市场、产业目标、技术和研发需求四个层次,横向是目标实现的时间序列:近期(0—5年)、中期(6—10年)、远期(≥ 10 年)。清华大学技术创新研究中心的李纪珍博士认为,技术研究的开发链条应当包含基础科学、应用科学、共性技术、实验技术、专有技术和应用技术,然后再往商业应用延伸。产业技术路线图回答三个问题:未来的市场和目标是什么?目前的状况是什么?如何到达未来的目标?根据技术路线图强调“市场拉动作用”,重点关注产业内“市场需求—产业目标—关键技术—研发需求—资源需求”以及其它相关问题。^[21]

围绕上述目标,技术路线图的绘制流程包括以下几个方面:

(1) 项目预备阶段。界定产业路线图的范围和边界,调研相关的市场情况、技术发展趋势。技术路线图的界定与划分是确定技术路线图的关键。可以依据产业链状况,采用大类划分方法,由原材料的加工到终端产品的生产这一过程,来界定技术路线图研究涉及的产业边界和范围,包括技术范围与合作范围。

(2) 组建团队,确定领导者和参与者。技术路线图制定是一个复杂的系统工程,因此,必须有一名强有力的领导者和一个通力合作的团队。根据资源优势,团队可由相关领域(产业)研究人员、产业协会的专家、龙头企业中技术研发部门的负责人、大学及科研机构中的相关学者及标准化委员会成员等人员组成。

(3) 技术路线图的制定。分析与预测未来市场需求,分析产业发展目标,确定关键技术和技术难点,对研发需求和研发模式进行初步的分析,并对以上内容进行加工处理,最终形成技术路线图文档。(详见产业技术路线图的实施步骤)确定最后成果,发布技术路线图。

(4) 技术路线图的修正。主要包括技术路线图的检查、咨询和交流,技术路线图的定期评估与更新。

上述技术路线图制定流程中较为复杂的环节为技术路线图的制定。在此环节中,要在前期充分调研的基础上,充分结合产业相关企业、专家和技术人员的意见和建议,形成对产业现状、市场需求、目标分析、关键技术和研发需求的共同观点。该过程可以通过如下

几个步骤来实现:

①产业现状分析

目标: 了解产业发展的背景与现状, 分析影响重点领域发展的环境因素, 认清其在国民经济和区域经济发展或者战略部署中的地位。认清产业发展的基本情况, 分析产业发展现状及其在国民经济和区域经济发展中的地位。

方法: 企业调研、资料查询、产业重要性分析。

②产业市场需求分析

目标: 明确产业发展趋势以及市场驱动力, 准确进行产业发展定位。

方法: 重要产品预测、技术发展预测、头脑风暴法、德尔菲法。

③产业发展目标分析

目标: 在明确产业现状、未来市场对产品和服务需求的基础上, 通过科学的统计方法, 凝聚专家对产业未来发展方向的判定, 确定产业发展目标。

方法: 头脑风暴法、德尔菲法、关联分析法。

④产业关键技术分析

目标: 根据产业市场需求及产业发展目标, 分析影响产业目标实现的关键技术, 并从关键技术中筛选出优先要解决的关键技术瓶颈问题。

方法: 问卷调查、企业调研、专利分析、头脑风暴法、德尔菲法、关联分析法。

⑤项目研发需求分析

目标: 在产业关键技术研究的基础上, 对照产业发展现状, 厘清突破产业技术瓶颈所需要培育和提升的能力, 从而凝练出相关研发项目, 分析研发需求。

方法: 头脑风暴法、德尔菲法。

⑥产业技术路线图绘制

目标: 总结产业的市场需求分析、产业目标分析、关键技术瓶颈分析及项目研发需求分析等工作的研究成果, 确定产业技术路线图的定位与格式, 识别出关键的时间节点, 编制出实用的、目标明确并具有较强针对性的产业技术路线图, 并详细阐明如何配置各阶段需配置的资源、需防范的风险以及应采用的研发模式等。

方法: 头脑风暴法、文档整理。

⑦产业发展对策研究

从已绘制出的技术路线图中, 分析产业发展现状, 研究并提出产业的发展对策。

2.2 广东省电子制造装备产业技术路线图制定的思路

前面所述的技术路线图制定的基本思路是从产业现状出发, 沿着市场—目标—技术壁垒—研发项目的路线, 最后分析产业政策。整个过程是单向传递过程, 始于产业现状分析, 终止于研发项目, 忽略了这些项目能否顺利实施以及帮助产业在未来的市场中取得竞争力的分析和监控。基于此, 本书按照反馈控制思想, 提出了广东省电子制造装备产业技术路线图制定模型, 如图 2-1 所示。该模型明确了技术路线图的制定起始并反馈于电子信息产品消费市场, 包括如下环节:

1) 分析电子制造装备产业情况以及该产业对其它产业的影响

划分产业的重点研究领域并确定研究范围与边界。电子制造装备产业在产业链中的地位和它对其它产业的带动作用进行电子制造装备技术路线图制定的依据。首先介绍电子制造涉及的主要装备；然后分析电子制造装备产业环境和技术现状；接着运用投入产出分析法分析电子制造装备产业与其它产业的关联度，并利用回归分析方法分析几种典型电子制造装备产品近3年的进出口情况，为技术路线图的制定奠定基础。

2) 市场需求技术路线图

首先，从电子产品市场中挖掘目前需求大的产品和潜在需求大的产品，这两类产品驱动电子制造装备的发展，分析电子信息产业的发展对电子制造装备产业的需求状况；然后，采用头脑风暴和群决策方法，识别广东省电子制造装备市场需求要素，并绘制市场需求技术路线图。

3) 产业目标技术路线图

首先，对当今装备需求、先进制造技术发展趋势和广东省电子装备现状进行分析，提炼出电子制造装备的发展目标和广东省电子制造装备产业可能达到的目标；然后，采用头脑风暴和群决策方法，确定广东省电子制造装备产业的发展目标，并运用关联矩阵方法分析市场需求要素与产业目标关联度，识别最终的产业目标；最后，绘制产业目标技术路线图。

4) 技术壁垒（产业关键技术）路线图

首先，根据广东省电子制造装备的产业目标，确定广东省电子制造装备产业可发展的整机技术、关键技术；然后，运用专利文档分析方法识别广东省电子制造装备的关键技术，进一步确定广东省电子制造装备产业急需发展的整机技术、关键技术；达到突破国内空白、提高原有水平、占领未来先进制造技术制高点的目的；最后，绘制出产业关键技术路线图。

5) 项目发展路线图

根据需求的整机技术和关键技术，结合广东省的资源现状，明确可实现目标的项目开展形式。项目的开展期望直接产生经济效益，因此，整机的开发和关键技术的研发期望能直接产业化或者提高现有装备技术水平，降低广东省电子信息产品制造企业的成本、提高产品质量，从而提高电子产品的市场占有率。

根据需求的整机技术和关键技术，结合广东省的资源现状，明确广东省电子制造装备关键技术风险的结果，凝练相关研发项目，确定研发项目的优先级；运用头脑风暴法和群决策方法，重点分析项目主体和研发模式；接着，绘制研发风险、研发主体和研发模式的相关技术路线图。

6) 路线图成功实施的关键要素分析

在绘制广东省电子制造装备产业综合技术路线图的基础上，明确产业发展原则，提出产业发展总体构想和建议。分析产业相关企业、研究所、高等院校、管理部门等在产业未来发展中的定位和职责，以保障路线图所列内容的顺利实施，最终实现产业在未来的市场中取得竞争力的战略目标。

3 电子制造装备产业分析

3.1 电子制造工艺流程

电子制造是以各种电子材料和电子制造技术为基础,通过将电子材料制成元器件,再组装成各种基础部件,最后将各种电子元器件或者部件组成人们所需要的各种各样的电子产品的过程。尽管电子产品种类繁多,但其制造过程基本相同。电子制造工艺流程大致可分为:芯片(集成电路)制造、芯片封装、基板/印制电路板制造和电子组装等几大^[22]部分。

3.1.1 芯片制造

半导体产业自出现开始,其工艺就在不断地改进,以实现更小尺寸的器件和电路制造,并使器件和电路具有更高的密度、更多的数量和更高的可靠性。集成电路的尺寸、所含门电路的数量(密度)是集成电路发展的标志,目前集成度水平已发展成为极大规模集成电路(VLSI)。半导体器件的制造大致可以分为原料制作和晶体生长、晶圆制造、集成电路晶圆生产、集成电路封装和测试几个阶段。

1) 原料制作和晶体生长

开采半导体原材料并根据半导体标准进行提纯。即以沙子(二氧化硅)等为原料,在电弧炉中用碳等还原成为具有多晶硅结构的纯净硅,然后用直拉法或悬浮区熔法从熔体中生产出棒状单晶硅。单晶硅圆片按其直径分为 6in*、8in、12in(300mm)及 18in(450mm)等。

2) 晶圆制造

材料首先形成带有特殊电子和结构参数的晶体,再将晶体切割成晶圆薄片,并进行表面处理。半导体工业也用锗和不同半导体材料的混合物来制作器件和电路。基础工艺包括:直径滚磨、晶体定向、电导率和电阻率检测、切片、晶圆刻号、磨片、化学机械抛光、背面处理、双面抛光、边缘倒角和抛光、氧化、包装。

3) 集成电路晶圆生产

集成电路晶圆生产是在晶圆表面上和表面内制造出半导体器件的一系列生产制造过程。整个制造过程从硅片抛光开始,到晶圆上包含数以千计的集成电路芯片。晶圆制造也称为 Fab、芯片制造或微芯片制造。晶圆生产的基础工艺包括以下几方面:

(1) 薄膜工艺。薄膜工艺是在晶圆表面形成薄膜的加工工艺。这些薄膜可以是绝缘

* in(英寸)为非法定计量单位,1in=2.54cm。