

中国射频滤波器产业组织分析

唐文倩，于保成

(广西大学 经济学院，中国-东盟金融合作学院，南宁 530004)

摘要:随着通信技术的不断升级,人类进入了 5G 时代,对于互联网设备的需求也更加旺盛,射频滤波器作为智能设备的重要组成部分,迎来了发展新机遇。基于产业组织理论的 SCP(结构-行为-绩效)模型,分析中国射频滤波器产业发展现状,发现中国射频滤波器市场发展迅速,但主要生产中高端产品,且企业创新能力不足,企业分布呈现小而散的特点。与国际市场相比,在市场集中度、模块化产品供应能力、技术积累方面都具有较大的差距。建议通过提高滤波器生产良率,积极推进产学研合作,推动中国射频行业模组化发展、企业间协作发展,提升射频滤波器行业的市场绩效。

关键词:射频滤波器;产业组织;SCP(结构-行为-绩效)模型

中图分类号:F425 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)07-0101-05

5G 时代已经来临,人类步入了互联互通、人机深度交互的新时期。2020 年 3 月工业和信息化部发布了《关于推动 5G 加快发展的通知》(工信部通信〔2020〕49 号),强调要“加快 5G 网络建设进度、加大基站站址资源支持、加强电力和频率保障”,体现了国家对 5G 通信建设的重视。

1 射频滤波器产业发展背景

5G 时代,智能终端需要接收(5G/4G/3G/2G)多个频段,离不开一个关键部件——射频滤波器。一般的无线通信射频系统主要由天线、射频前端、射频收发、基带信号处理 4 大模块组成。射频前端位于天线和射频收发两个模块中间,其芯片是实现通信最重要的一部分,也是智能终端产品的重要组成部分。射频前端拥有包括滤波器(Filter/Duplexer)、功率放大器(PA)、低噪声放大器(LNA)、开关(Switch)、调谐器(Tuner)在内的多个产品。其中,滤波器和功率放大器是最核心的两个部件,又以滤波器的业务板块最为难做,但也是最大的业务板块^[1]。滤波器是过滤掉基带外信号的专用关键器件,可以通过电容、电感、电阻等电学元件组合选择性透过信号中特定的频率,极大减弱或抑制其他频率的信号,保留住特定频率内的信号。在实际应用中,滤波器有着广阔的市场,可以分为军用和民用两大类。在军用领域,滤波器在 GPS 导航、军用电

子设备等方面有重要作用;在民用领域,电子设备、智能家居、汽车、生物医学等都需要用到滤波器,最常见的就是智能手机。目前智能手机需要接收 5G/4G/3G/2G 多个频段的信号,还要对 WIFI/BT/GPS 信号进行处理^[2],需要用到多个滤波器,以免信号互相干扰。智能手机可以说是滤波器此类射频器件的最大市场。

不同的应用场景需要的滤波器类型不同。根据实现方式,滤波器可以分为 LC 滤波器、腔体滤波器、声学滤波器、介质滤波器等。在手机无线通信应用中,智能手机由于设备较小、功率相对较低,因此使用的是声学滤波器,优点是体积小性能高,根据声学滤波器结构不同还可以分为声表面波(SAW)滤波器和体声波(BAW)滤波器。滤波器在射频器件中的地位水涨船高,根据 Qorvo 公司的测算,滤波器占射频市场终端的价值比从 54%提升到了 66%。得益于通信技术的升级,从 2G 到 5G,一部手机的射频滤波器使用量从原来的几颗增加到现在的近百颗,年增长率超过 20%,市场需求超过 500 亿颗,市场价值也在不断提升,市场规模不断扩大。根据 QYR Electromics Research Center 的数据,2015—2019 年,全球射频滤波器市场规模从 78.1 亿美元增长到 89.3 亿美元(按销售额),年复合增长率达到 5.1%。

收稿日期:2022-11-11

作者简介:唐文倩(1998—),女,广西合浦人,广西大学经济学院,中国-东盟金融合作学院,硕士研究生,研究方向为区域经济;于保成(1998—),男,山东临沂人,广西大学经济学院,中国-东盟金融合作学院,硕士研究生,研究方向为区域经济。

虽然智能手机使用的高端滤波器有着几十亿美元的巨大市场,但大多都归属于 Qorvo、Murata 等射频器件的巨头公司。据央视财经报道,中国是全球最大的电子信息产品和零部件的生产国,每年生产占全球 70% 的智能手机、80% 的电脑和 50% 以上的数字电视。但中国制造不了高端的手机射频器件,中国在此手机射频器件领域积累较弱,市场供给大多依赖于美国和日本的射频器件巨头公司。手机射频器件曾是《科技日报》2018 年报道中国当时尚未掌握的 35 项关键技术之一,也就是通俗所说的“卡脖子”技术。由表 1 可知,2021 年全球智能手机出货量约 14.3 亿台,中国小米、OPPO、vivo 3 家厂商的智能手机销售量占全球的 31.3%,中国智能手机厂商对射频滤波器的需求量大,国产化替代空间大、需求强烈。

表 1 2021 年全球智能手机销量及市场份额

供应商	销量/万台	市场份额/%
三星	27 232.75	19
苹果	23 923.91	16.7
小米	18 930.54	13.2
OPPO	13 824.21	9.6
vivo	13 601.13	9.5
其他	45 873.39	32
合计	143 385.94	100

数据来源:Gartner。

掌握了 BAW 滤波器批量生产技术的公司只有少数几家,Broadcom 和 Qorvo 两家公司的市场占有率超过 95%,其中 Broadcom 与 Avago 并购重组后一家独大,占据了全球 BAW 滤波器 87% 的市场份额,Broadcom 生产的 BAW 滤波器在市场中最具竞争力,在高端的智能手机应用市场中占据统治地位;SAW 滤波器的主要供应商为 Murata、RF360、TAIYO 等日本和美国的巨头公司。

目前中国从事手机射频滤波器的厂商以研究院所和民营企业为主。SAW 滤波器布局厂商包括中电 26 所、中电 55 所、麦捷科技、信维通信、好达电子、华远微电、卓胜微等;BAW 滤波器厂商包括中电 26 所、天津诺思、麦捷科技、汉天下等。

2 射频滤波器行业进入壁垒

射频滤波器行业属于技术密集型制造业,设计与制造工艺难度高,且全球的滤波器市场主要被美国和日本的企业垄断,市场集中度高。在经历多次整合并购后,全球射频滤波器行业的美日企业呈现寡头垄断、强者恒强的局面。尽管如此,中国国内还是陆续出现了一批射频滤波器企业,包括苏

州汉天下、天津诺思、厦门开元、武汉衍熙等 30 多家,其中苏州汉天下是中国首家全面掌握 BAW 滤波器量产技术的公司。

中国是滤波器的需求大国,但是中国的滤波器厂商整体实力偏弱,生产无法满足国内需求,长期依赖进口,市场话语权有限。中国低端滤波器 SAW 的产量比例只有全球的 1%~3%,而高端 BAW 滤波器产量的占比基本为零。射频滤波器行业进入壁垒较高,中国射频滤波器厂商还有很长的路要走。

滤波器的生产设备较为精细,需要用到模具加工设备、压铸机、数控加工机床、网络分析仪等高价设备,生产线的投资金额较大,批量生产的前期投入成本很高,而且客户的交款期限一般较长,需要有充裕的资金流来支撑,具有较高的资金壁垒。中国的厂商卓胜微,在高端射频滤波器芯片及其模组研发和产业化项目上的总投资就有 22.74 亿元。

滤波器从产品设计到生产制造用到多个领域的关键技术,要生产出符合标准、高性价比的产品,厂商需要长时间的积累,有较高的技术壁垒。滤波器行业领先的厂商在行业内有着核心的工艺和专利,具有较强的技术积累。国外的厂商在滤波器领域就有深厚的积累,他们的生产线较为完善,产能更高。此外,射频滤波器还需要较长的研发周期,SAW 滤波器的研发周期一般要 2~3 年,BAW 滤波器的研发周期更长,需要 3~5 年。如果企业想要研发一款 SAW 滤波器,在 3 年的研发周期内,召集 20 个研发人员,大致需要投入研发费用 5 000 万元。

在这个通信技术快速发展的时代,客户对产品实现互联互通的可靠性和安全性有着更高的要求,希望得到更可靠的保障,因此滤波器使用厂商对于供应商的能力考察和供应商选用也更加谨慎。滤波器厂商向通信设备商进行批量供货,需要先经过通信设备商长时间的考察和审核,有着较高的认证壁垒。在通过了通信设备商的认证之后,供应商就不会被轻易更换,但也要及时更新换代,若跟不上技术革新的脚步,也还是有可能被行业淘汰。

3 中国手机射频滤波器产业现状

中国生产 SAW 滤波器的厂商有麦捷科技、德清华莹、好达电子等,其中麦捷科技与中电 26 所共同生产的 SAW 滤波器产品已经进入华为、TCL、闻泰等企业,好达电子的 SAW 滤波器产品已经进入中兴、魅族等,中国厂商逐步进入中低端手机市场。SAW 滤波器产品消费量不断增长,中国 SAW 滤波器的产能也在不断提高,从 2 亿颗增加到 6.6 亿颗,

自给率从 1.4% 提高到 4.3%，企业的发展和自给率的提升为 SAW 滤波器的国产替代之路提供了强大推动力。中国 BAW 厂商有天津诺思、中电 26 所等，其中天津诺思在 2020 年已经投入产品元生产线与工艺研发线，已有样品或小规模出货，但中国更多的厂商停留在研发阶段。

受中美贸易摩擦的影响，国内射频芯片生产想要实现自主化生产、摆脱对日美企业依赖的需求愈发强烈。由于中国滤波器行业刚起步，本土厂商较少，因而中国本土滤波器企业之间的竞争程度并不高。与国外领先的巨头企业相比，国内滤波器厂商在自主研发能力、技术水平、产业链完整度等方面明显落后，核心竞争力明显不足。目前中国本土厂商提供的产品主要集中于中低端模组，正逐步向中高端模组渗透^[3]。

在中国的射频前端领域中，好达电子、中电 26 所、德清华莹、中电 55 所等企业都有多年的生产研发经验。其中在 SAW 滤波器领域，卓胜微、信维通信和麦捷科技研发进展相对较快，麦捷科技与中电 26 所、信维通信与德清华莹展开了深度合作；在 BAW 体声波滤波器领域，天津诺思、汉天下、开元通信等厂商研发进展较快，天津诺思的高功率容量 BAW 体声波滤波器已经应用于基站领域，汉天下则是推出了全频段 N41 滤波器在内的多款滤波器产品。

中国的天津诺思、开元通信、华芯，以及汉天下等厂商已经成功突围国外巨头射频滤波器领域的技术封锁，研制出有自主知识产权的滤波器芯片产品。目前华为、小米等智能手机出货量大的中国厂商也在通过入资或者合作的方式大力培养国产滤波器，助推滤波器的国产化进程。2019 年 4 月，华为成立哈勃科技投资有限公司，投资了包括山东天岳在内的 10 家企业。

5G 手机出货量、单机价值量和市场份额的增加带动着全球滤波器市场规模的增加，BAW 滤波器的市场渗透率也在持续上升，BAW 滤波器将占据射频滤波器市场越来越多的市场份额，成为滤波器市场的主流^[4]。根据 IDC(互联网数据中心)提供的数据，在中国市场中，由于国产滤波器供应缺口较大，加之过去几年智能手机市场处于 4G 末尾，产品形态变化较少，2019 年滤波器销售额为 26.1 亿美元，相比 2015 年下降了 2.4 亿美元；其中 SAW 滤波器销售额为 14.6 亿美元，BAW 滤波器为 11.5 亿美元，所占比例从 15 年的 30% 提升至 19 年的 44% (图 1)。

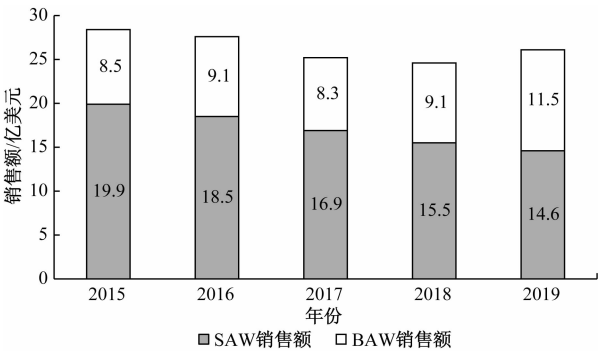


图 1 2015—2019 年中国滤波器细分市场销售额

4 中国手机射频滤波器产业组织存在的问题

4.1 产业集中度低

滤波器行业中国本土厂商较少，生产规模较小，中国市场本土厂商供货比例仅为个位数，究其原因，中国厂商仍存在产品技术工艺和水平不足、生产规模较小、技术研发投入不足等问题。还有不少中国厂商还停留在技术研发阶段，是中国亟待提升、受制于人的关键技术。对于中国的射频滤波器厂商来说，继续通过自主研发突破射频滤波器技术的壁垒，制造出高性能的滤波器并实现批量生产，是未来的努力方向^[5]。中国滤波器厂商上市企业有麦捷科技、信维通信、卓胜微 3 家，根据 3 家公司公布的年报数据(表 2)比较来看，3 家上市公司中，卓胜微的研发人员数量是最高的，可能因为如此，卓胜微已经有了相对完善的 SAW 研发设计团队，已在中国射频前端细分领域具有领先优势^[6]，销售毛利率在 3 家上市公司中也是最高的。另外两家公司中，麦捷科技的研发人员数量占比不到 1/10，研发投入占营业收入比例不足 5%，要在国外厂商滤波器专利数量遥遥领先、领域技术牢牢掌握的背景下对射频技术有所突破，这样的比例还远远不够。

4.2 模块化产品供应能力缺失

国产 SAW 滤波器芯片目前还不能跟上射频前端行业集成模组化的发展趋势，很难纳入集成模块。放眼全球，主流的手机终端中，射频部件的供应商还比较统一。Qorvo、Skyworks 和 Murata 等国外巨头基本占据了手机 PA 模组、接收模组及各个分立部件中的市场份额。华为、三星、苹果及小米手机的射频前端都是这些国外巨头企业供应的产品。在其他类型的手机终端中，国外一些厂商如 MicroWave、RDA 等以及中国一些厂商如汉天下、国民技术等占有小部分的市场份额。但中国厂商并不具备供应模组化产品的能力，主要提供分立部件，而生产分立部件的厂商众多，市场竞争很是激烈。

表 2 2018—2021 年中国射频滤波器上市企业部分经营指标

指标	公司名称	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
研发人员数量占比/%	麦捷科技	9.68	9.76	7.98	7.84
	信维通信	23.16	23.77	21.8	23.24
	卓胜微	53.85	67.28	73.19	68.52
研发投入占营业收入比例/%	麦捷科技	3.36	3.44	4.07	4.51
	信维通信	6.18	8.90	9.54	8.76
	卓胜微	12.9	9.10	6.53	6.57
销售毛利率/%	麦捷科技	18.65	17.49	18.62	21.06
	信维通信	36.51	37.35	30.19	19.17
	卓胜微	51.74	52.47	52.84	57.72

滤波器行业领先的国外厂商不仅在 SAW、BAW 及 Fbar 产品方面具有较强的技术积累,有着核心的工艺和专利,还对射频前端各个环节进行了积极布局。Qorvo、Broadcom 和 Murata 在射频模组产品方面均有布局。Qorvo 的前身是 TriQuint 和 RFMD 公司,两个公司并购后发展成了现在的 Qorvo,极大提升了滤波器产能。现在 Qorvo 拥有自己的工厂,在生产和包装方面具有丰富的经验,还研发出了创新的封装技术,生产的产品同时有着性能稳定、外观小巧、性价比高、功耗低的优势。

5 中国滤波器市场绩效提升策略

5.1 提高滤波器生产良率

中国厂商生产滤波器的良率较低,约为 70%,但国外厂商生产滤波器的良率却可以达到 90%以上。实际上,滤波器成本主要取决于良率,若良率为 50%,成本将会翻倍。从产品的发展趋势来看,BAW 终将会替代 SAW 成为新一代的滤波器主流,并逐步应用在华为、苹果等高端手机市场中。现阶段由于 5G 技术的发展还不够成熟,而且 BAW 滤波器成本较高,SAW 滤波器还是中低端手机市场的主力产品。国际滤波器巨头企业正主攻高频段的 BAW 滤波器市场,中低频段的 SAW 滤波器技术进展相对缓慢,可以成为国产替代的重点领域。中国厂商应做好战略布局,加快技术研发进度、提升产能和跟上产品迭代,夯实中国国产滤波器的技术基础,提高产品生产良率,提高产品的市场竞争力。

5.2 积极推进产学研合作

研发能力是滤波器企业的核心竞争力之一,国外厂商的垄断背后原因在于专利的垄断、技术的壁垒,没有在滤波器方面技术的坚实积累,无法获得长足发展,更无法在滤波器市场有一席之地。滤波器属于高端电子元器件,从事该行业需具备材料学、半导体、化工、测量、电路等跨学科的高端专业人才。由于中国国内外高校很少开办相关综合专业,人才培养主要通过企业自主完成。关键技术

突破需要产学研的协同,才有机会打破西方国家对中国高端集成电路产业发展的制约。德清华莹作为中国滤波器行业的第一梯队企业,以产学研的“德清模式”起步,依托国家级、省级中电企业研究院的技术优势,经过 30 余年的创新发展,产品持续升级创新,出货量和盈利能力不断增强,是行业中具有材料、器件和模块全产业链竞争优势的企业。在电子科技行业,技术创新的关键作用毋庸置疑^[7]。滤波器核心器件和模组的技术积累需要企业和行业持续专注和大量的经验积累,从业者需要保持足够的耐心,跟得上行业创新节奏的公司最终能够获得跨越式的发展。

5.3 推动中国国内射频行业模组化发展

在射频前端芯片集成化、模组化发展的趋势下,为了提高产业链的集成度、射频的模组化,射频行业内的横向并购成为常态^[8]。过去 10 年,半导体产业的整体发展趋势是通过并购实现产业链的整合、优化,利用公司规模获得更多的市场话语权、更低的生产成本。经历了数次收购和兼并之后,目前国际市场上存在 4 家具备完整前端模块生产能力的厂家:Broadcom、Qualcomm、Skyworks 和 Qorvo。射频行业的从业者一直致力于射频前端的集成化和模块化,虽然中国国内的厂商还不具备模块化发展的能力,但是这是一个趋势,需要未雨绸缪、提前布局^[9]。

5.4 加强企业间协作发展

中国国内滤波器行业处于起步阶段,各企业之间是相互促进的关系,应该重视企业之间的交流合作,优势互补、强强联合,形成协同效应,共同推进滤波器的国产化替代和市场竞争力。中国国内射频行业的公司规模小而散,只有联手、整合,放弃内部低端市场的竞争,才有机会挑战国际巨头^[10]。2017 年信维通信就与中电 55 开展了战略合作,入股了中电 55 所旗下的德清华莹,通过入股合作模式,信维通信可以获得德清华莹德优质滤波器产品与技

术资源,加速其在射频领域的布局,同时德清华莹可以利用信维通信所拥有的下游销售渠道和资源,进入闻泰科技、中兴等企业供应链,提升产品销售量和市场份额,对企业未来的发展带来积极影响。

参考文献

[1] 孙晨阳. 通信系统射频前端关键技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2018.

[2] 汤朔,薛超. 射频滤波器材料产业发展研究[J]. 中国标准化,2020(S1):324-327.

[3] 朱彦婕. 射频器件:布局率先启动[J]. 股市动态分析,2018(37):12-13.

[4] 欧阳佩东,衣新燕,罗添友,等. 基于 AIN 的体声波滤波器材料、器件与应用研究进展[J]. 人工晶体学报,2022,51

(S1):1691-1702.

[5] 孙冰.“中国创新”这十年“硬科技”崛起,攻坚“卡脖子”“专精特新”大发展[J]. 中国经济周刊,2022(19):17-19.

[6] 杨洁. 卓胜微上半年净利润同比大增 187%[N]. 中国证券报,2021-08-24(A06).

[7] 刘雅君. 中国大型企业技术创新的产业组织特征研究[J]. 浙江学刊,2016(5):191-195.

[8] 曹虹剑,张建英,刘丹. 模块化分工、协同与技术创新:基于战略性新兴产业的研究[J]. 中国软科学,2015(7):100-110.

[9] 丁琦,博庆贺,邵佩佩. 产业组织模块化视角下中小企业集群升级路径研究[J]. 信息通信技术与政策,2020(3):56-60.

[10] 韩旭,陈守则,艾美杰. 基于竞争-合作视角的当代产业组织发展思考[J]. 农村经济与科技,2016,27(17):154-156.

Organization Analysis of China RF Filter Industry

TANG Wenqian, YU Baocheng

(China-ASEAN Institute of Financial Cooperation,School of Economics,Guangxi University,Nanning 530004,China)

Abstract: With the continuous upgrading of communication technology, human beings have entered the 5G era and the demand for internet devices has become more robust. The development of RF filters as an important part of intelligent devices has ushered in new opportunities. Based on the SCP (structure-behavior-performance) model of industrial organization theory, the current situation of China's RF filter industry development is analyzed and it is found that China's RF filter market is developing rapidly, but mainly produces low-end products. The innovation ability of enterprises is insufficient, and the distribution of enterprises shows the characteristics of small and scattered. Compared with the international market, in terms of market concentration, there is a large gap in terms of market concentration, modular product supply capability, and technology accumulation. It is recommended to improve the market performance of the RF filter industry by improving the filter production yield, actively promoting the cooperation between industry, academia and research, promoting the development of modularization in China's RF industry, and collaborative development among enterprises.

Keywords: RF filters; industrial organization; SCP (structure-behavior-performance) model