宁波市制冷能效提升路线图研究

宁波国际投资咨询有限公司

2020 年 7 月

摘　要

在全人类共同应对全球气候变化的大背景下，世界各国纷纷制定能源转型战略，提出更高的能效目标，出台更积极的低碳政策。对中国而言，节能是我国实现可持续发展的必要手段，而减少温室气体排放也是我国义不容辞的紧迫任务。尽管我国已全面发起能源生产和消费革命战略，但在事关国民经济发展诸多部门和行业的制冷领域，目前仍缺少战略性的专项行动。

为全面提升制冷产品和系统的能效，减少温室气体排放，国家发展改革委、工业和信息化部、财政部、生态环境部、住房城乡建设部、市场监管总局、国管局于 2019 年 6 月 13 日联合印发实施《绿色高效制冷行动方案》，以此来贯彻落实 2019 年《政府工作报告》和国务院《“十三五”节能减排综合工作方案》等文件要求，加快生态文明建设，促进绿色消费，推动高质量发展，积极参与全球环境治理。

作为《绿色高效制冷行动方案》在地方层面的重要支撑，以城市为研究对象开展用能高效、环境友好的制冷行动十分必要和迫切。宁波市在制冷用冷领域拥有巨大的节能减排潜力，同时又具备良好的经济基础、优越的投资环境、健全的政策保障体系和完善的金融支持体系，因此在实施城市制冷能效提升行动上具备诸多优势。

本文以宁波为试点，通过研究应用先进的技术、创新的商业模式及融资手段来实现城市制冷用冷的高效、低碳、环保，探索城市制冷能效提升路线图。

关键词：制冷，能效，商业模式，绿色金融，路线图

目　录

摘　要 I
目　录 II
第 1 章 绪论 1
1.1. 研究背景 1
1.2. 研究意义 3
1.3. 研究方法 4
1.4. 项目活动 4
第 2 章 现状综述 13
2.1. 城市概况 13
2.2. 气候特征 13
2.3. 经济发展 15
2.4. 能源消费 18
2.5. 制冷能效提升前景 21
第 3 章 工业制冷用冷 25
3.1. LNG 冷能利用 25
3.2. 余热制冷 32
3.3. 冷热电三联供 37
3.4. 空气分离 43
第 4 章 冷链物流 48
4.1. 背景 48

4.2. 国内相关情况 49
4.3. 现状 53
4.4. 市场需求 56
4.5. 示范工程 68
第 5 章 公共建筑 70
5.1. 背景 70
5.2. 国内相关情况 70
5.3. 现状 72
5.4. 行动计划 77
5.5. 市场需求 79
5.6. 示范工程 87
第 6 章 其他专业领域 90
6.1. 地铁环控系统 90
6.2. 未来社区 92
6.3. 绿色消费 94
6.4. 制冷剂减排 97
第 7 章 商业与金融创新 100
7.1. 背景 100
7.2. 现有基础 100
7.3. 主要问题 105
7.4. 模式创新 108
7.5. 市场化平台创建 111

第 8 章 工作方案 123
8.1. 路线图 123
8.2. 工作框架 125
8.3. 重点支撑机构 125
8.4. 政策保障 132
8.5. 相关专项行动 135

第 1 章 绪论

1.1. 研究背景

能源的高效、低碳利用已成为全球大趋势。当今世界，化石能源的大量使用，带来了能源危机、生态环境破坏和全球气候变化等一系列问题。主动破解困局、加快能源转型发展已经成为世界各国的自觉行动。在人类共同应对全球气候变化的大背景下，世界各国纷纷制定能源转型战略，提出更高的能效目标，制定更积极的低碳政策，推动可再生能源发展，加大温室气体减排力度。

节能是我国实现可持续发展的必要手段。目前，我国的能源消费总量已跃居世界第一，人均能源消费量也已超过世界平均水平。从能源结构上看，我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国，也是世界上少数几个以煤炭为主要能源的国家之一。根据全球能源发展趋势判断，未来燃煤消费比例会逐步降低；我国国内石油、天然气等资源赋存有限，提高油、气消费比例会进一步增加对外依存度，进而影响国家能源安全；同时，我国的核电、水电、太阳能、风能等新能源目前占比仍然较低，短期内难以填补经济发展带来的能源缺口。因此，眼下我国必须依靠节能手段，提高能源的使用效率，在不增加或少增加能源消耗总量的前提下，实现国民经济和社会的可持续发展。

减少温室气体排放是我国义不容辞的紧迫任务。2014 年 11 月的《中美气候变化联合声明》中，我国明确碳排放力争在 2030 年之前达峰。2015 年 11 月的巴黎气候大会上，我国政府又进一步明确了中国积极减少碳排放和削减其他温室气体排放的具体行动纲领。2016 年 10 月，为进一步降低 HFCs 的全球生产和消费，在卢旺达首都基加利召开的《蒙特利尔议定书》缔约国大会上，全体缔约国达成了《基

加利修正案》，明确了发达国家和发展中国家的具体基线年和 HFCs 削减时间表。根据基加利修正案，包括中国在内的 100 多个发展中国家将从 2024 年起冻结 HFCs 的生产和消费，2029 年起开始削减。

我国正全面发起能源生产和消费革命战略。国家能源委员会 2016 年 12 月发布了《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》，围绕能源革命战略目标，选择了 13 个重点突破领域，通过示范建设和实施重大工程，推动落实各项战略任务。13 个重点领域包括：1、全民节能行动；2、能源消费总量和强度控制行动；3、近零碳排放示范行动；4、电力需求侧管理行动；5、煤炭清洁利用行动；6、天然气推广利用行动；7、非化石能源跨越发展行动；8、农村新能源行动；9、能源互联网推广行动；10、能源关键核心技术及装备突破行动；11、能源供给侧结构性改革行动；12、能源标准完善和升级行动；13、“一带一路”能源合作行动。

制冷领域节能减排潜力大，但目前面临诸多困难。能源革命涉及的 13 个领域相关战略行动的开展，有助于实现国家节能降耗和温室气体控排目标。制冷系统应用于事关国民经济发展的诸多部门和行业，是重要的能源终端用户和温室气体排放源，与上文所述的 13 个重点领域息息相关，因此制冷领域也将是未来节能减排的重要方向之一。虽然我国在提升工业、商业、建筑制冷的能效以及制冷剂更新换代等方面做了大量工作，但是制冷领域的节能降耗潜力还远没有被深入挖掘。先进技术缺乏、融资渠道不畅、商业模式陈旧、项目需求分散等问题严重制约了制冷能效的提升。

开展区域绿色高效制冷行动十分必要。结合《巴黎协定》的中国国家自主贡献目标、2030 年能源革命战略目标和《基加利修正案》的进度目标，为全面提升制冷产品和系统的能效，减少温室气体排放，

国家发展改革委、工业和信息化部、财政部、生态环境部、住房城乡建设部、市场监管总局、国管局于2019年6月13日印发实施《绿色高效制冷行动方案》。以城市为研究对象开展用能高效、环境友好的制冷行动，可作为《绿色高效制冷行动方案》在地方层面的重要支撑。

在宁波市实施城市制冷能效提升行动具有显著的优势。受地理位置、产业结构、经济发展等因素的影响，宁波市工业制冷用冷和冷链物流等重点用冷领域的体量较大，制冷能耗占比较高，制冷领域的能效提升和温室气体减排潜力值得深入挖掘。近年来，宁波市在制冷能效提升方面也作出了诸多积极的探索。在政府的高度支持下，宁波已具备良好的经济基础和完善的金融支持体系，为制冷能效提升行动的实施创造了良好的外部环境。因此，以宁波为试点，应用先进的技术、创新的商业模式及融资手段来实现城市高效、绿色制冷用冷，探索城市制冷能效提升路线图具有十分显著的优势。

1.2. 研究意义

创新性：以区域为研究对象来开展制冷能效提升行动的案例在国际上缺少先例，目前在国家层面实施制冷能效提升行动的只有中国和印度。以城市为研究对象开展制冷能效提升行动是在国家行动的基础上进行细化和延伸，开展此类研究具有较强的创新性。

综合性：本项目研究工作涉及多方面要素的有机整合，旨在通过宁波市制冷能效提升路线图研究，梳理出一批潜在的建设项目，摸索解决技术、资金、商业模式、政策等问题的方案，形成完善的能效提升路线图，为宁波市政府制定能效提升、温室气体控排方面的决策提供有力的参考依据。

实践性：本项目将通过诸多领域的深入调研，在宁波市范围内梳理出一批制冷能效提升相关的建设项目，为国家制冷能效提升行动

方案的落地提供有力支撑。

可复制性：项目的研究成果可以通过专业平台的传播推广，将经验复制到更为广泛的地区。

1.3. 研究方法

项目的研究工作采用下列方法：

（1）文献查阅。通过查阅学术平台资源、权威著作、行业官方新闻等方式，了解制冷领域前沿技术、绿色金融模式、商业模式创新路径以及相关政策标准制定情况等，积累基础文献资料。

（2）会议会展交流。通过参加制冷相关的展览会、学术会议，了解制冷行业的技术进展。

（3）专家研讨。以访谈、研讨会等形式，邀请技术、金融、节能服务、政策等方面的专家为报告的整体方向把关，形成研究的创新点与亮点。

（4）问卷调查。通过当地相关政府部门、行业协会等渠道对用户开展市场调查，了解用户的现状和实际需求。

（5）本地用户拜访。在宁波市范围内对工业制冷、冷链物流、楼宇建筑等领域的重点单位进行走访，进一步了解现状和市场需求。

（6）生产商走访。针对市场调查和用户拜访情况，对行业龙头骨干生产企业进行现场走访，了解前沿技术的应用前景。

（7）示范项目考察。对已经投入商业运行的示范项目进行实地考察，全面了解已投运项目的技术先进性、可靠性、经济性、商业模式可行性以及存在的问题。

1.4. 项目活动

自 2018 年 5 月以来，项目组为广泛搜集素材，深入了解实际情

况，开展了一系列的项目调研活动，具体见**表 1-1**，部分调研活动照片见下文。

表 1-1 主要项目活动列表

序号	时间	地点	活动内容	活动形式	主要参与部门
1	2018-05	宁波	宁波市制冷用冷设施能效状况调查	问卷调查、访谈	市制冷学会、市物流协会、市水产协会、市旅游局
2	2018-06	宁波	宁波市制冷用冷设施建设项目需求调研	问卷调查、访谈	市物流协会、市商务委、市旅游局
3	2018-07-09 到 07-10	宁波	能源基金会工业节能项目组座谈及调研	座谈会、现场访问	镇洋化工、宁波港冷链、三江物流
4	2018-10-16	苏州	“研究并制定高效多联机空调 (热泵) 机组能效标准 (第一阶段)”课题启动会	研讨会	
5	2018-12-05 到 12-07	珠海	第五届国际制冷空调技术交流会	交流会	
6	2018-12-14	北京	中国制冷能效项目技术指导委员会和工作组第一次会议	研讨会	
7	2019-01-18	宁波	中国城市制冷能效提升路线图研究项目启动会	研讨会	
8	2019-03-12	宁波	宁波市公共建筑节能改造情况调研	座谈会	市住建委、市节能监察中心
9	2019-03-14	宁波	宁波市冷链行业现状深入调研	访谈	市冷链协会
10	2019-04-09 到 04-10	上海	中国制冷展	参观、研讨会	
11	2019-04-11	上海	绿色技术银行调研	座谈会	绿色技术银行
			冷热电三联供项目现场调研	现场访问	华电福新能源
12	2019-04-19	宁波	绿色制冷剂推广研讨	访谈	中宁化集团
13	2019-04-28	北京	中国制冷能效项目技术指导委员会和工作组第二次会议	研讨会	
14	2019-05-07	宁波	奥克斯集团调研	座谈会	奥克斯集团
15	2019-05-14	宁波	公共建筑空调系统改造示范项目建设研讨	访谈	宁波大学

序号	时间	地点	活动内容	活动形式	主要参与部门
16	2019-06-03	宁波	能源基金会董事会成员及出资方宁波考察	现场考察	奥克斯集团、招商局物流
17	2019-06-20	北京	2019 绿色制冷大会	交流会	
18	2019-07-03	宁波	探讨天然气分布式冷热电三联供（CCHP）在国内的应用前景	电话调研	西门子
19	2019-09-05	宁波	通过市场和融资创新发展气候友好型制冷行业项目启动会	研讨会	亚洲开发银行
20	2019-09-05 到 09-06	宁波	通过市场和融资创新发展气候友好型制冷行业项目现场考察活动	研讨会	欧尚超市、余姚联海实业、宁波大学、宁波巨化科技
21	2019-09-24	宁波	宁波市《绿色高效制冷行动方案》宣贯会	交流会	宁波市节能协会、海尔空调
22	2019-11-05 到 11-06	济南	第五届绿色生产与消费交流会	交流会	标准化研究院
23	2019-11-05 到 11-06	宁波	金光百货、小冷库实地调研	实地考察	宁波电力公司、江森自控
24	2020-01-10	宁波	专家研讨会	研讨会	宁波市制冷学会等

图 1-1 第五届国际制冷空调技术交流会（珠海）

图 1-2 中国城市制冷能效提升路线图研究项目启动会

图 1-3 中国制冷展主题分享（上海）

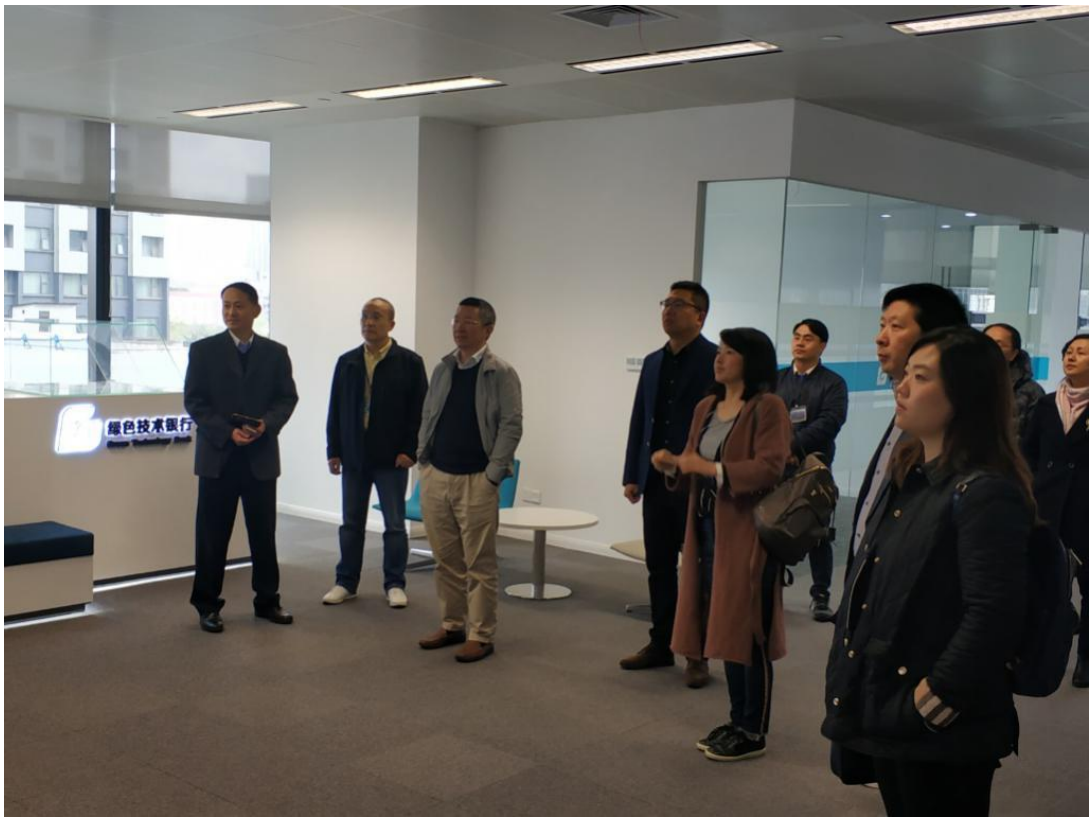

图 1-4 绿色技术银行调研（上海）

图 1-5 国家会展中心冷热电三联供项目调研（上海）

图 1-6 中国制冷能效项目技术指导委员会和工作组第二次会议（北京）

图 1-7 2019 绿色制冷大会（北京）

图 1-8 通过市场和融资创新发展气候友好型制冷行业项目启动会

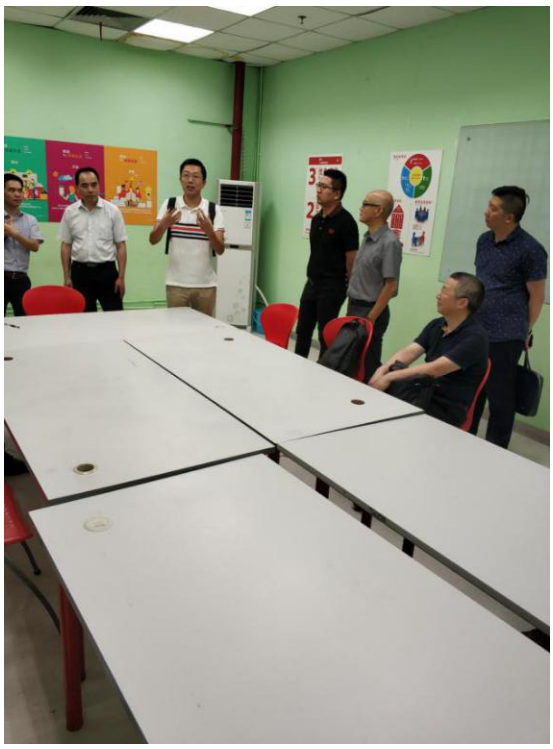

图 1-9 江东欧尚超市冰蓄冷机组考察

图 1-10 余姚市联海实业有限公司冷链设施考察

图 1-11 宁大科技服务大楼三星级绿色建筑考察

图 1-12 宁波巨化余热制冷项目考察

图 1-13 小冷库考察

图 1-14 专家研讨会

第 2 章 现状综述

2.1. 城市概况

图 2-1 宁波城市风光

宁波地处东南沿海，位于中国大陆海岸线中段，长江三角洲南翼，下辖 6 区 2 县 2 市，陆域面积 9816 平方公里，海域面积 8355.8 平方公里，2018 年常住人口 820.2 万，是我国首批沿海对外开放城市、计划单列市、副省级市和世界第一大港口——宁波-舟山港所在地，是长三角五大区域中心之一、长三角南翼经济中心和浙江省经济中心之一。宁波开埠以来，工商业一直是宁波的一大名片，特别是改革开放以来，宁波经济持续快速发展，显示出巨大的活力和潜力。

2.2. 气候特征

宁波地处宁绍平原，属亚热带季风气候，温和湿润，四季分明，冬、夏季长达 4 个月，春、秋季约 2 个月，按《建筑气候区划标准》划分，属于夏热冬冷地区。以平均气温>22℃为夏季、<10℃为冬季、10～22℃为春秋两季的标准划分，一般是 3 月第六候入春，6 月第一

候进夏，9 月第六候入秋，11 月第六候入冬。

根据宁波市气象局资料，2018 年宁波市全年平均气温 17.9℃，最高月平均气温为 8 月的 28.9℃，其次为 7 月的 28.7℃，最低月平均气温为 1 月的 5.5℃（具体见图 2-2）；2018 年全市全年降水量 1503 毫米，其中 5-9 月降水量较多，合计降水量 932 毫米，占全年降水量的 62%（具体见图 2-3）；2018 年全年平均相对湿度 78.8%，其中 12 月最高为 84.4%，4 月最低为 72.2%（具体见图 2-4）。

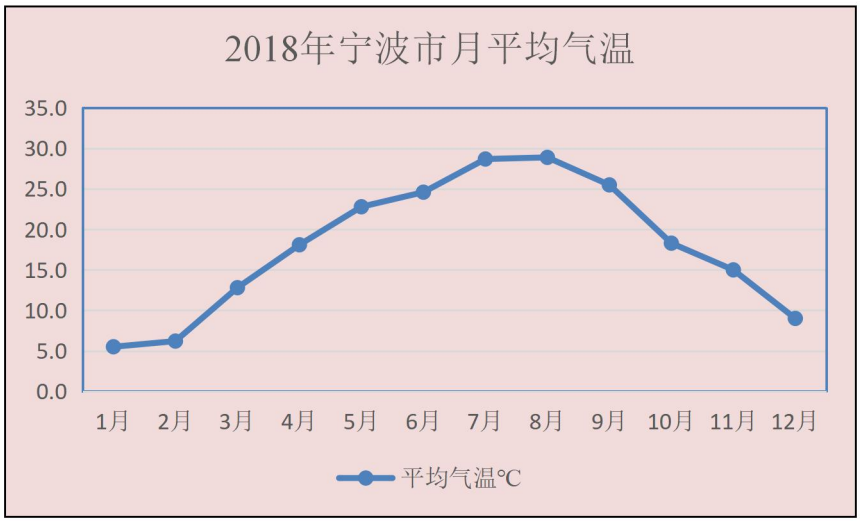

图 2-2 2018 年宁波市月平均气温

图 2-3 2018 年宁波市月平均降水量

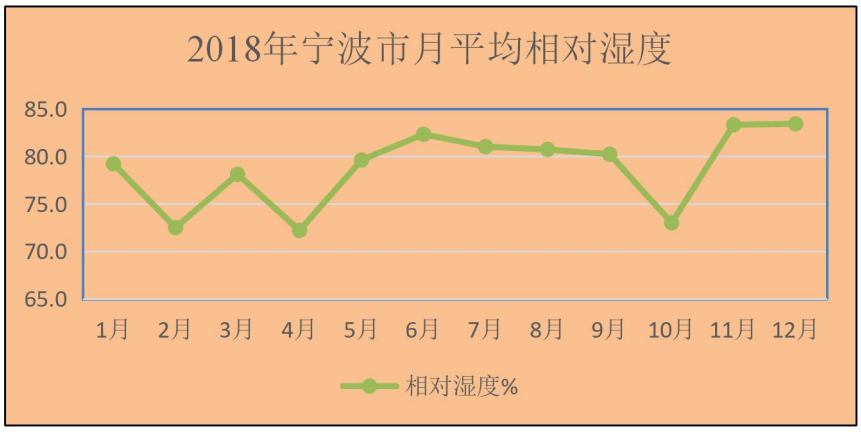

图 2-4 2018 年宁波市月平均相对湿度

宁波地区位于长江以南，不属于市政集中供暖区，冬季普遍采用空调等设备分散式取暖。宁波市民的空调使用时间集中在夏季和冬季。根据居民用电习惯，空调产品的夏季制冷负荷远高于冬季供暖负荷。其中 6 至 9 月为供冷期，根据图 2-2—图 2-4 反映的宁波市气候特征，该时期宁波市的相对湿度和降水量均较高呈现“高温度、高湿度、高降水量”的“三高”特征。12 月至次年 2 月为供暖期，该时期与过渡季节相比，降水量和相对湿度仍然较高。供冷/供暖期的湿度和降水特点决定了宁波区域内对制冷设备的湿度控制具有较高的要求。综上所述，宁波地区整体呈现“**以供冷为主，兼顾供热需求，湿度控制要求高**”的用冷特点。

2.3. 经济发展

2018 年，宁波市地区生产总值 10745.5 亿元，跻身万亿 GDP 城市行列，位居全国第 15（不含港澳台），仅用全国 0.1%的陆域面积创造了全国 1.19%的 GDP，按可比价计算，同比增长 7.0%。按常住人口计算，全市人均地区生产总值为 132603 元。全市 2018 年度 GDP 总量和人均均位居浙江省第 2，仅次于省会杭州，且远高于省内其它城市（详见图 2-5 和图 2-6）。

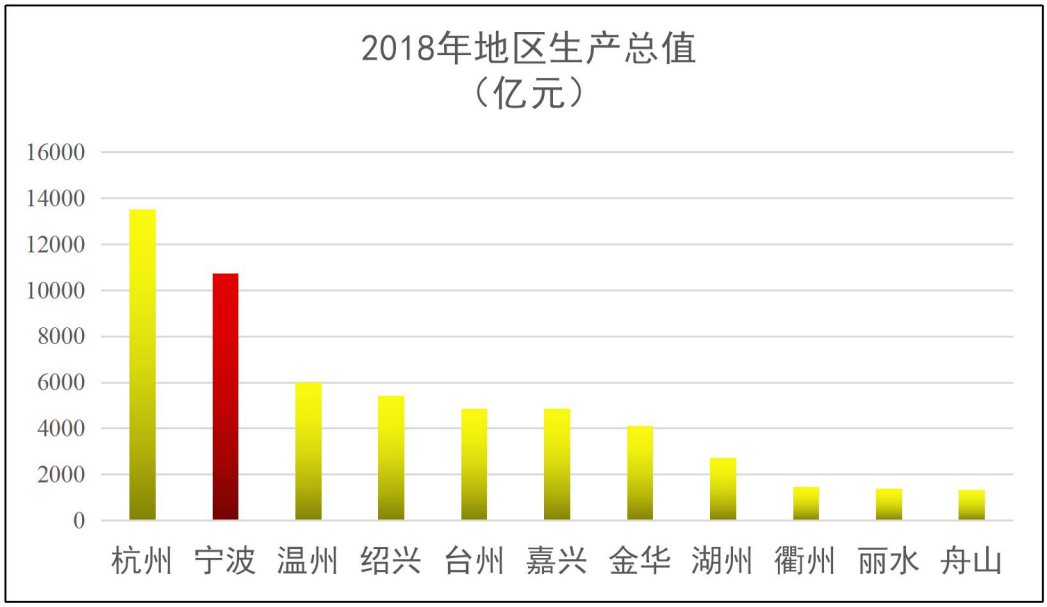

图 2-5 2018 年浙江省各城市地区生产总值

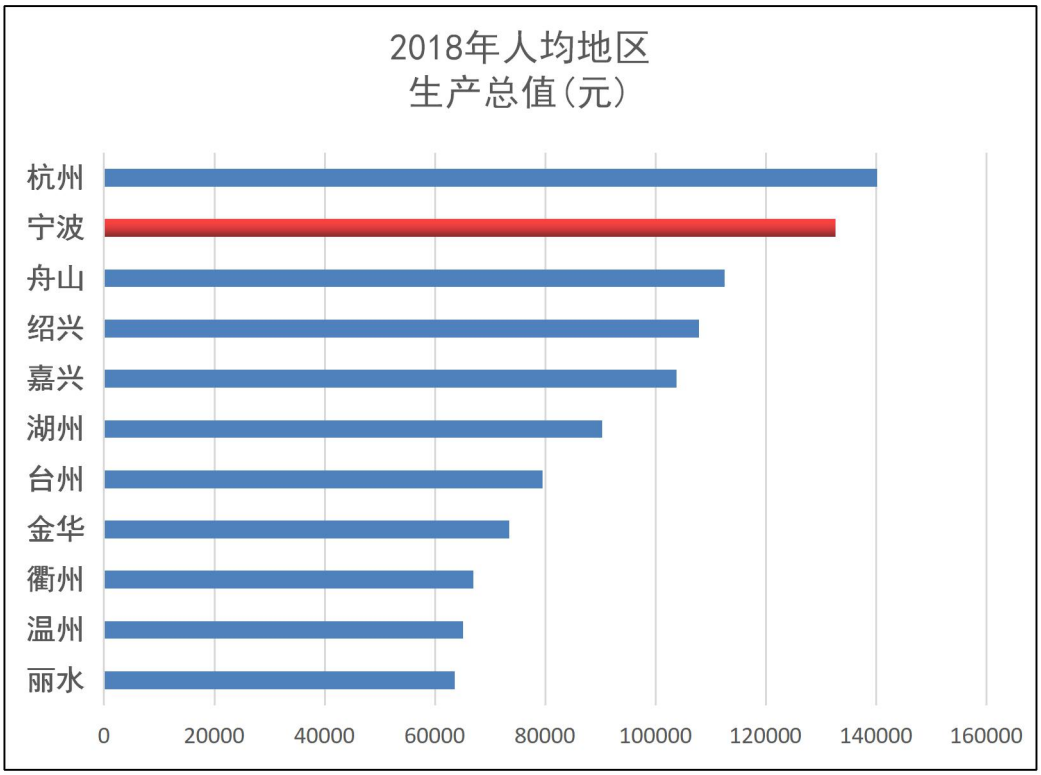

图 2-6 2018 年浙江省各城市人均地区生产总值

分产业看，2018 年宁波市第一产业实现增加值 306 亿元，增长 2.2%；第二产业实现增加值 5507.5 亿元，增长 6.2%；第三产业实现增加值 4932 亿元，增长 8.1%。三次产业之比为 2.8∶51.3∶45.9（图 2-7）。

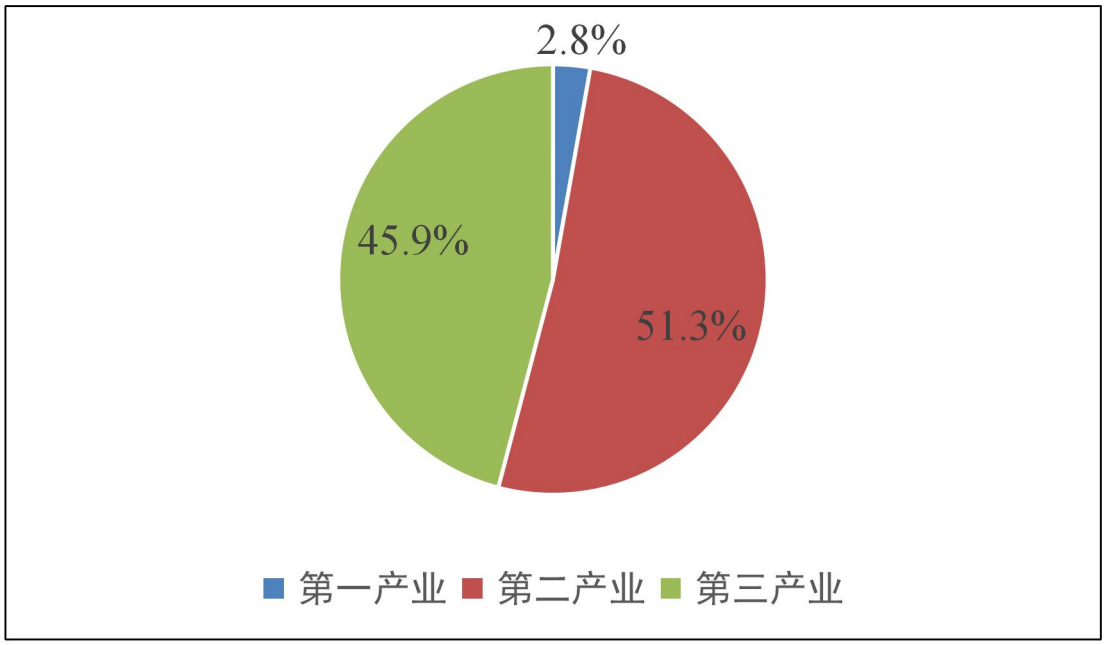

图 2-7 2018 年宁波市产业结构

第二产业方面，制造业素来是宁波重要的城市名片。目前宁波已形成绿色石化、汽车制造、高端装备、关键基础件（元器件）、新材料、电子信息、时尚纺织服装、智能家电等一批产业集群，拥有 9 个全国唯一的产业基地称号，以及一大批实力较强的企业。2018 年，宁波市制造业百强企业创造了 7634 亿元产值，占全市规上工业总产值的 45.4%；国家制造业单项冠军企业 28 家，数量位居全国第一。

2019 年，为推动我市制造业高质量发展，宁波市提出到 2025 年要培育形成绿色石化、汽车 2 个世界级的万亿级产业集群，高端装备、新材料、电子信息、软件与新兴服务 4 个具有国际影响力的五千亿级产业集群，关键基础件、智能家电、时尚纺织服装、生物医药、文体用品、节能环保 6 个国内领先的千亿级产业集群，即“246”现代产业集群。

第三产业方面，宁波具有发展国际贸易得天独厚的优势。坐拥世界第一大港——宁波-舟山港，宁波是首批国家物流枢纽，海陆空交通体系和港航集疏运体系完善。宁波与 220 多个国家和地区建立了投

资贸易关系，是我国第五大开放口岸。2018 年，全市货物进出口总额达 8576 亿元，其中出口 5551 亿元，占全国份额 3.38% ；服务贸易进出口额达 830 亿元，其中出口 555 亿元，占全国份额 3.14%。

2019 年，宁波立足外贸、港口、产业等条件，制定了“225”外贸双万亿行动方案。到 2025 年，通过存量扩张和增量突破，实现进出口总额翻一番，达到 2 万亿元，其中进口、出口分别达到 1 万亿元；其中，跨境电商、数字贸易、服务贸易、优质商品进口、转口贸易分别达到 2000 亿元；机电及高新技术产品出口、能源及大宗商品进口分别达到 5000 亿元。

未来宁波将协同推进“246”万千亿级产业集群建设与“225”外贸双万亿行动，为宁波高质量发展注入强劲动力，为制造强国和贸易强国建设作出更大贡献。

2.4. 能源消费

宁波是我国重要的能源加工和先进制造业基地，因此能源消费体量庞大，且消费结构呈显著的高碳特征，在能源“双控”和温室气体控排的压力下，存在巨大的节能减排需求。

2018 年，全市一次能源消费合计 6914.2 万吨标煤，以传统化石能源为主，可再生能源比例较低。其中消耗原煤 3683.5 万吨，折合 2631.1 万吨标煤；原油 2701.4 万吨，折合 3859.2 万吨标煤；天然气 25.8 亿立方米，折合 309.7 万吨标煤；可再生能源（风能、生物质能、太阳能和水能）114.2 万吨标煤，其中清洁能源（包括天然气和可再生能源）2018 年消费量为 23.9 万吨标准煤，占一次能源消费的 6.1%。

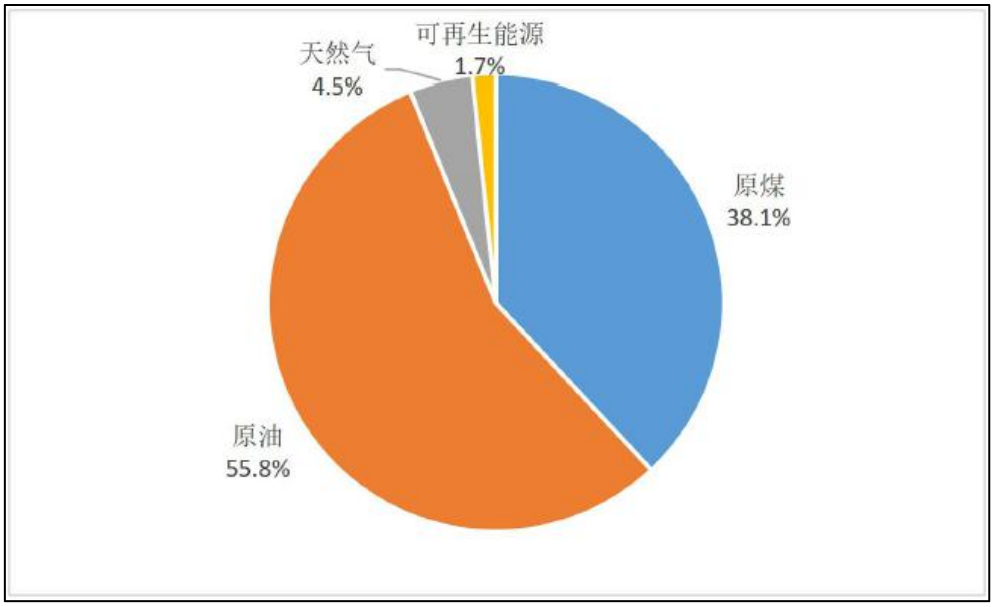

图 2-8 2018 年全市一次能源消费结构

2018 年宁波市全社会能源消费总量为 4422.9 万吨标煤，能源消费主要集中在工业。按产业划分，第一产业 68.7 万吨标煤，占总量的 1.6%；第二产业 3302.9 万吨标煤，占总量的 74.7%（其中工业 3251.2 万吨标煤，占总量的 73.5%）；第三产业 686.8 万吨标煤，占总量的 15.5%；居民生活消费 364.5 万吨标煤，占总量的 8.2%。

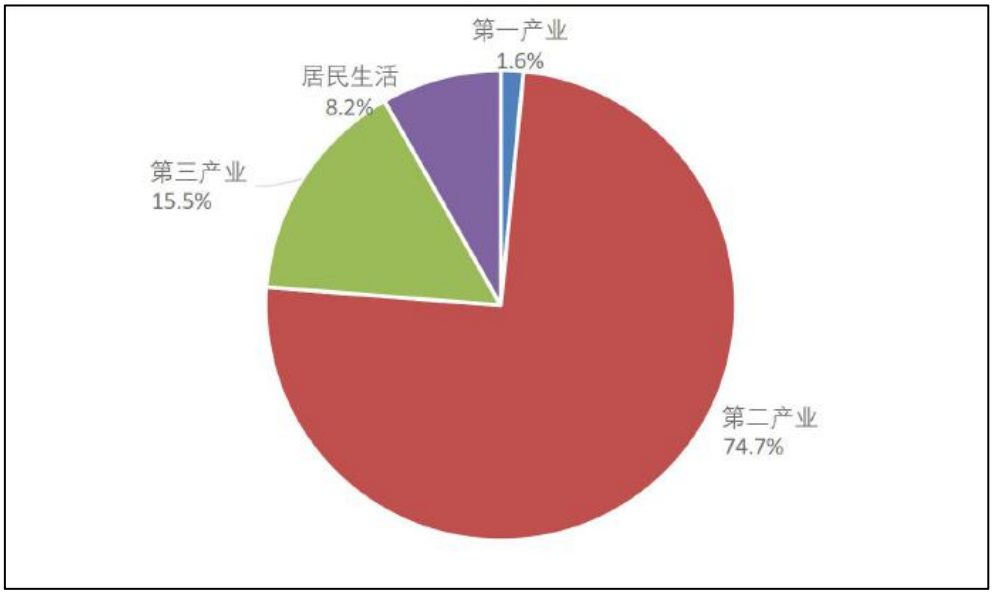

图 2-9 2018 年全市全社会能源消费（按产业）结构

2018 年我市全社会用电 775.28 亿千瓦时，按产业划分，第一产业 2.84 亿千瓦时，占总量的 0.4%；第二产业 579.28 亿千瓦时，占总

量的 74.7%（其中工业 571.73 亿千瓦时，占总量的 73.7%）；第三产业 104.37 亿千瓦时，占总量的 13.5%；居民生活消费 88.79 亿千瓦时，占总量的 11.5%。

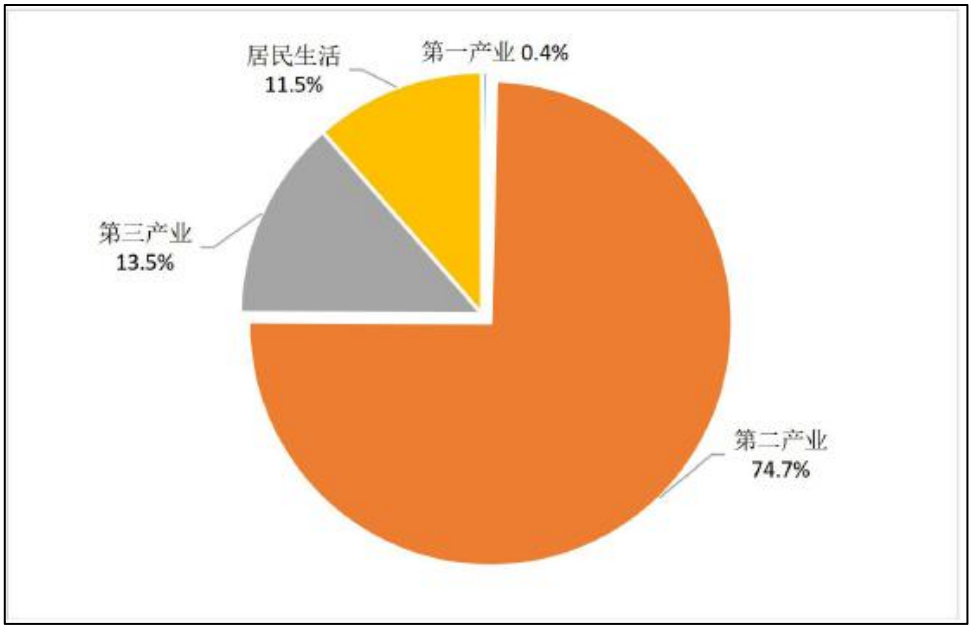

图 2-10 2018 年全市全社会电力消费（按产业）结构

宁波市制冷用冷的电力消费量较大。根据电力部门 2017 年的相关统计数据测算，宁波市仅工业、商业和公共机构三大领域的制冷用电量合计 65.32 亿千瓦时，占 2017 年全社会用电量的 9.2%。其中工业领域制冷用电量 38.66 亿千瓦时，占 59.2%，商业领域制冷用电量 16.83 亿千瓦时，占 25.8%，公共机构制冷用电量 9.83 亿千瓦时，占 15%。

工业领域中，石化行业是最主要的用冷部门。绿色石化产业既是宁波市重点培育的 2 个世界级的万亿级产业集群之一，同时也是一个典型的高耗能行业。今后，随着绿色石化产业的高速发展，势必带来大量包括制冷（或热泵）能耗在内的新增能源消费，制冷能效的提升空间势必日渐增大。

商业领域中，冷链物流行业是最主要的用冷部门。凭着宁波-舟山港深水良港的天然优势和“225”外贸双万亿行动的东风，以进口冷

链为代表的冷链贸易市场在宁波前景广阔。冷链物流企业的制冷能耗占比高、节能降耗潜力大，企业通过能效提升来实现降本增效的意愿十分迫切。

2.5. 制冷能效提升前景

“十二五”以来，国家对各级政府实施以“全社会能耗总量”和“单位 GDP 能耗强度”两项指标为主的节能目标考核评价制度。受经济发展水平、产业布局和节能工作潜力的影响，宁波这样以重化工业产业为主的地区能源“双控”目标任务十分艰巨；同时，作为国家第二批低碳城市试点，宁波需要通过不断强化顶层设计、制度保障和机制创新，持续推进产业低碳化、能源清洁化、生活绿色化、监管高效化，突破资源环境瓶颈，为全市经济社会绿色低碳发展提供有力支持。

宁波市在制冷用冷领域拥有巨大的节能减排潜力，同时具备良好的经济基础、优越的投资环境、健全的政策保障体系和完善的金融支持体系，应用先进的技术、创新的商业模式及融资手段来实现城市高效、绿色制冷用冷，打造资源节约型、环境友好型的“绿色宁波”，是缓解能源“双控”压力、创建低碳城市示范样本的有效途径。

通过相关系列调研，结合地区实际情况分析，宁波市制冷能效提升主要涉及工业制冷用冷、冷链物流、公共建筑等专业领域，具体见图 2-11。

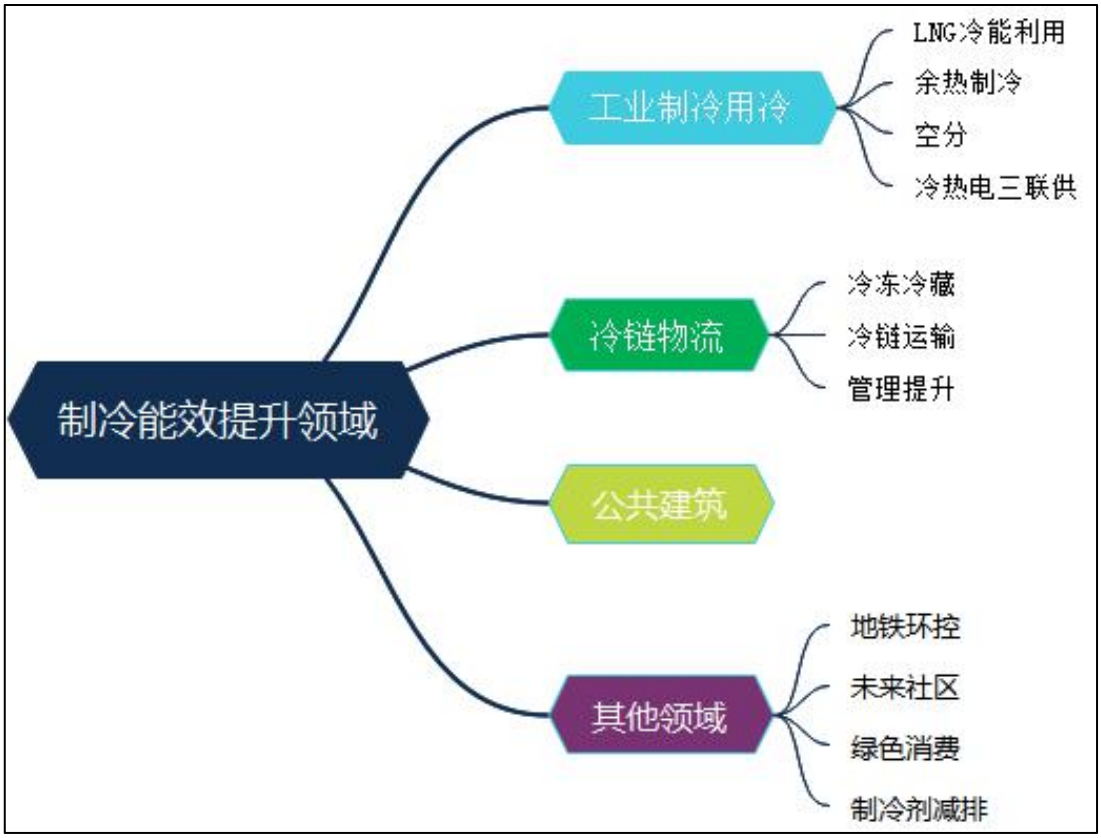

图 2-11 宁波市制冷能效提升主要涉及专业领域

（1）工业制冷用冷

宁波市工业领域的制冷能效提升主要涉及 LNG 冷能利用、余热制冷、空分装置以及冷热电三联供。

LNG 冷能利用：宁波市的 LNG 冷能资源丰富。中海油浙江 LNG 接收站落户宁波，多座 LNG 应急调峰气源站正在规划或建设中，各类 LNG 点供站星罗棋布，LNG 冷能利用潜力可观。

余热制冷：在宁波，以石化为代表的重化工企业数量众多，这些企业存在大量制冷需求的同时，又有大量工业余热的资源未被充分利用，通过余热制冷技术可以有效利用余热资源满足企业用冷需求，符合循环经济理念；与此同时，宁波的热电联产企业体量巨大，通过利用热泵和蓄热装置实现热电协同，提升热电机组灵活性，利用热负荷消纳过剩低谷电力，从而增加可再生能源发电消纳能力。

空分装置：宁波市作为国家七大石化产业基地之一，拥有数量众

多的配套空分装置。为满足培育绿色石化万亿级产业集群的要求，林德气体、中石化、中海油等工业巨头纷纷在宁波布局新建空分装置。鉴于空分装置巨大的制冷电耗，利用 LNG 冷能资源等手段实现新建或改造的空分装置高效节能，有助于企业降本增效。

冷热电三联供：为满足未来宁波市“246”现代产业集群的发展热力需求，除新增集中供热热源点外，针对不在集中供热范围内，又有稳定用热需求的产业项目，拟考虑以天然气分布式冷、热、电三联供系统予以解决。

（2）冷链物流

宁波地处东南沿海，依托宁波港深水良港的巨大优势，其得天独厚的地理位置使得水产加工、食品进出口贸易等冷链物流相关行业十分发达。宁波市冷冻冷藏库规模位居浙江省第一、国内前列。宁波市的冷链物流企业冷链业务的运营成本中，用电成本占 30%左右。随着运行年限的增长，冷冻冷藏、冷链运输设施逐渐老化，能效逐渐下降，面临更新换代需求。同时，冷链物流企业还存在信息化、自动化水平不高，管理粗放，专业技术人员匮乏等问题。应用先进的制冷技术和管理手段，能够帮助冷链物流企业降本增效、健康发展。

（3）公共建筑

根据对宁波市近百家宾馆酒店、商场、超市、医院、学校等部门的公共建筑空调系统的抽样调查发现，大量购置于 20-30 年前的制冷设备至今仍在运行。这些设备能效低、温室气体排放量高，节能减排潜力可观。同时，根据宁波市的宾馆酒店等机构的问卷调研反馈情况发现，受制于资金等因素，宾馆酒店制冷系统技改规模普遍较小。

2019 年 7 月，宁波市 4 个部门联合印发了《宁波市民用建筑能效提升三年行动计划》，其中提到要求各区县（市）人民政府组织实

施本地公共建筑的空调系统制冷能效提升，各区县（市）的每年建筑空调节能量不少于 50 万度电。

（4）其他领域

地铁环控系统： 根据宁波市轨道交通线网规划，2020 年线网规划方案由 7 条线路构成，线路总长约 271.6 km，设站 189 座，8 号线等远期规划线路待进一步明确。按 300 万 kWh/km 的能耗估算，1 至 7 号线年消耗电力 8.15 亿 kWh，其中 50%左右为环控能耗，存在巨大的节能空间。

未来社区：浙江省发改委发布的《浙江省首批未来社区试点创建项目建议名单公示》中，宁波市鄞州区的划船社区和白鹤社区位列其中。未来社区九大场景中的低碳场景涉及探索集中供冷等先进的模式，并将其融入到能源互联网中。

绿色消费：宁波拥有知名的空调生产厂家——奥克斯集团有限公司。依托本土知名企业的技术力量，积极探索在市域范围内培养消费者树立良好的节能意识和使用习惯，充分调动消费者采购高效绿色制冷产品的积极性，在这方面宁波具有天然的优势。

制冷剂减排：宁波市制冷设施普遍采用传统的氟利昂或氨基制冷剂，而 CO_2 等新型制冷剂应用较少。从不同类型设施的制冷剂应用情况看，冷链企业的大中型冷冻冷藏库普遍采用氨基制冷剂，存在一定的安全隐患；小型冷冻冷藏库、冷链运输设施、工业制冷机组、中央空调、家用空调普遍采用氟利昂制冷剂，主要为 R22、R123、R134a、R410a、R404a 等高 GWP 值的制冷剂。此外，目前宁波市缺少专业机构对制冷剂回收环节进行系统化管理。

第 3 章 工业制冷用冷

3.1. LNG 冷能利用

3.1.1. 背景

液化天然气（LNG）作为天然气的一种便捷储运形式，在天然气贸易中比例日益增大。在将天然气供应给下游用户之前，通常需要利用海水将液态低温（-162℃左右）的 LNG 气化至当地燃气管网所要求的温度。LNG 的气化过程将释放大量的冷能，1 吨 LNG 气化理论上可释放约 0.75GJ 冷量，若不能将这部分巨大的冷能进行合理利用，大量的海水将携带这部分冷能进入海洋之中，会造成相应海域冷污染。采购 LNG 时，这部分 LNG 冷能亦是 LNG 能量的重要组成部分，因此要提高 LNG 的能源利用效率，获得更好的经济效益，应当充分利用 LNG 自身携带的高品质冷能。

尽管我国的 LNG 利用技术起步较晚，但作为全球 LNG 需求增长最快的国家，目前已成为全球最大的 LNG 消费市场。我国 LNG 产业自 2010 年开始进入了快速发展期。“十二五”期间，随着国内投产的燃气轮机电站装机容量迅速增长，天然气的需求亦随之增长，进口 LNG 的数量逐年递增。根据相关资料预测，到 2030 年我国天然气表观消费量将达到 5500 亿 Nm^3，占一次能源消费量的 13％～15％，对外依存度将达到 36％左右。大量的 LNG 进口将带来大量的 LNG 冷能，发展 LNG 冷能利用技术，提高其利用面及利用率，具备极为广阔的市场应用空间。

3.1.2. 国内外发展情况

LNG 冷能利用应用广泛，包括制液氮、空气分离、轻烃分离、冷能发电、制取干冰、冷库冷藏等。以美国、日本、韩国等为代表的

发达国家早已开始在LNG冷能利用方面的研究。日本作为最早开展LNG冷能利用的国家，在LNG冷能发电、空气分离、制取干冰等技术上具有较为成熟的实践经验，澳大利亚、韩国等国家在空气分离项目上最具优势，美国及欧盟等在轻烃分离项目上最具优势。其中，冷能发电项目研究历史已超过30年，在所有LNG冷能利用技术中研究历史最长，应用最成熟。

在我国，尽管当前国内大量布局LNG接收站、调峰站、点供站等基础设施，但受技术水平等因素限制，LNG冷能的开发利用严重滞后于LNG基础设施的建设。当前我国LNG接收站的冷能利用项目多为单一利用项目，如空气分离等，部分大型接收站甚至未配套建设相应的冷能利用项目，而针对调峰站、点供站等领域的冷能利用则几乎处于空白状态。同时，接收站设置的单一冷能利用项目无法实现LNG冷能的梯级利用，因此无法形成完整的冷能利用链，造成冷能资源的大量浪费。

3.1.3. 技术路线

LNG冷能利用通常分为直接利用和间接利用两种。目前，直接利用主要集中于低温发电、空气分离、干冰制造、轻烃分离、超低温冷冻、海水淡化、汽车空调、低温养殖栽培等方面，间接利用方式主要有空气分离之后液态氮、液态氧以及液态氩的低温粉碎、低温生物工程、污水处理等。不同的LNG冷能利用方式各有特点，其优缺点、对冷能的需求以及适用场景见**表** 3-1。

表 3-1　LNG 冷能利用方式比较

序号	利用方式	优点	缺点	冷能需求	应用场景
1	空气分离	烟效率高、压缩机尺寸小、能耗低、技术成熟	投资多、占地大、工艺流程复杂、设备多，受液氩、液氧产品价格影响大，受接收站外输量的变化影响大	高、多且要求工艺平稳	与大型 LNG 站配套建设
2	冷能发电	占地少，技术成熟，易大规模，实现产业链短、易于实施	投资多，发电效率较低，受接收站外输量的变化影响	高、多且要求工艺平稳	与大型 LNG 站配套建设
3	低温粉碎	实用性强，能耗低	设备复杂，占地大	中等，要求工艺平稳	产业链下游
4	冷冻冷藏	能耗低，占地少，投资省，维护方便占地小，工艺流程简单	产业链要求较高，选址易受限	中等，要求工艺平稳	与下游用户配套
5	冷能制冰	工艺流程简单，技术成熟，能耗低，占地少，投资低	冷能利用率低	低	适合各类 LNG 站
6	干冰生产	操作压力低，能耗低，产品纯度高	设备多，占地大，产业链要求高	较低	需要与下游市场相匹配
7	蓄冷装置	便于冷能储放	技术要求高，占地较大，增加投资	较高	/
8	空调	便于低品位冷能利用	冷能输送距离较远	较低	需结合周边用户，适合各类 LNG 站
9	低温栽培/养殖	便于低品位冷能利用	占地大	较低	/

3.1.4. 存在的问题

受接收站规模、产业链等因素限制，当前世界范围内的LNG接收站冷能利用率普遍不高，整体利用率在21%左右。LNG冷能利用存在的诸多问题限制了产业的进一步发展，主要问题如下：

（1）利用效率低，且形式单一。现阶段LNG冷能的利用范围十分的广泛，并且不少的项目处于规划和建设的过程中。但由于工程实施和运营储备难以做到同步，导致LNG冷能在利用方式上比较单一；同时受技术瓶颈制约，LNG冷能的开发不够充分和全面，利用效率较低。

（2）供气技术落后。天然气使用之前需要采用低温泵对压力系数较低的LNG压力进行提高，并且通过加热和气化技术使天然气进入管网中。LNG的压力高于8MPa的时候，可以将其2/3的冷能转化成压力。现阶段受低水平工艺制约，转化过程中难以对资源进行有效的利用，造成冷能资源浪费。

（3）气化需求和冷能需求在时空上不同步。燃气需求负荷与昼夜及季节变化密切相关，造成LNG气化负荷波动，因此燃气需求和冷能需求负荷的变化规律存在差异。LNG站在规划、设计的过程中通常缺乏对冷能需求的考虑，通常未预留相应的场地空间，导致大规模冷能难以利用。

3.1.5. 宁波地区LNG冷能应用情况

宁波市目前拥有中海油浙江LNG接收站，其中一期（300万吨/年）已投运，二期项目正在建设中，预计于2020年10月投产。经国家能源局认定，浙江LNG接收站产能为700万吨/年。围绕中海油浙江LNG接收站，宁波市临港办提出了《LNG项目冷能回收利用示范样本园区总体发展规划》，通过对该大型LNG接收站冷能资源的综合

利用，打造 LNG 冷能回收利用示范样本园区。其中，600 吨/日冷能空分一期项目已经投运，取得了良好的经济效益和社会效益。

紧邻中海油浙江 LNG 接收站的梅山港保税区于 2019 年 7 月 24 日正式开工建设梅山湾冰雪大世界项目。该项目由宁波冰雪文化旅游发展有限公司投资建设，充分利用了浙江 LNG 接收站的冷能资源。

在终端站方面，浙江博臣能源股份有限公司、宁波绿源天然气电力公司等一批专业服务商在宁波地区大量布局 LNG 点供站。但由于受前期设计、天然气市场、场地布局等因素的限制，宁波地区点供站的 LNG 冷能利用几乎处于空白状态，市场潜力巨大。

3.1.6. 应用前景

未来宁波仍将加大进口 LNG 接收站基础设施的建设，大力发展 LNG 产业。随着中海油项目二期的推进，梅山港保税区近零碳排放示范区建设的开展，以及一批专业 LNG 终端服务商在宁波地区大量布局 LNG 应急站、点供站，未来宁波市 LNG 冷能回收利用的发展前景十分可观。

位于 LNG 项目冷能回收利用示范样本园区的中海油二期项目正在稳步推进中，除了空分技术，项目还拟引入丁基橡胶和低温冷处理技术路线，尝试对不同的技术路线进行深入的探索和实践。

建设中的梅山港保税区近零碳排放示范区紧邻中海油浙江宁波 LNG 接收站，具备丰富的 LNG 资源。园区内设有 LNG 加气站，港区内的集卡车大多使用 LNG 清洁能源；在冷能需求方面，梅山具有发达的冷链产业，国网北仑供电公司看中了梅山的 LNG 冷能，谋划利用 LNG 冷能建设大数据中心等项目，基于上述诸多有利条件，梅山港在近零碳排放示范区建设中提出了 LNG 冷能梯级利用的设想。

同时，为积极相应国家发改委、国家能源局印发的《关于加快储

气设施建设和完善储气调峰辅助服务市场机制的意见》文件精神，宁波将充分利用港口城市的优势，建立以政府储备和企业商业储备相结合的天然气安全应急储备机制，政府和管道燃气特许经营企业共同投资天然气安全应急储备设施，建设一定规模的应急气源站，其中在中心城区就布局了 7 个 LNG 应急气源站，将为宁波带来更多的 LNG 冷能资源。宁波市中心城区 LNG 应急气源站建设方案具体如下：

表 3-2 宁波市中心城区 LNG 应急气源站建设方案

序号	名称	规模	应急天数	供应范围	占地	建设期
1	俞范 LNG 应急气源站	储存规模：6×150m^3； 小时气化能力： 高压：4×10^{4}Nm^3/h 中压：2×10^{4}Nm^3/h	2020 年应急 1.1 天；2025 年应急 1.8 天	三江片、镇海、鄞州（部分）、海曙（部分）、石化园区、北仑城区等	合建站，总占地约 100 亩	在建
2	绿源电厂 LNG 应急气源站	储存规模：6×150m^3； 小时气化能力： 高压：4×10^{4}Nm^3/h 中压：2×10^{4}Nm^3/h			约 50 亩	远期
3	高新区龙山 LNG 应急气源站	储存规模：6×150m^3； 小时气化能力： 高压：4×10^{4}Nm^3/h 中压：2×10^{4}Nm^3/h			约 60 亩	远期
4	长丰热电 LNG 应急气源站	储存规模：6×150m^3； 小时气化能力： 高压：4×10^{4}Nm^3/h 中压：2×10^{4}Nm^3/h			约 45 亩	远期
5	小港枫林 LNG 应急气源站	储存规模：5×200m^3； 小时气化能力： 高压：4×10^{4}Nm^3/h 中压：2×10^{4}Nm^3/h			约 50 亩	远期
6	北仑 LNG 应急气源站	储存规模：6×150m^3； 小时气化能力： 高压：4×10^{4}Nm^3/h 中压：2×10^{4}Nm^3/h			约 50 亩	远期
7	梅山 LNG 应急气源站	储存规模：4×150m^3； 小时气化能力： 中压：2×10^{4}Nm^3/h	2020 年应急 3 天；2025 年应急 2.2 天	春晓、滨海创业园、梅山岛等	约 20 亩	远期

3.1.7. 示范工程：中海油浙江 LNG 接收站冷能利用

浙江 LNG 项目是中海油与浙江省合作的重大能源项目。LNG 上岸后，转输之前需要气化，在气化过程中将释放大量冷能。该项目以年进口 LNG700 万吨来计算，释放出的冷量相当于 16.3 亿千瓦时的电能。按照一般工业用电 0.6 元/千瓦时计算，冷能价值约为 9.8 亿元。如果冷量不加以利用，而采用海水加热气化，这将造成冷能资源的浪费和环境的冷污染，影响周围海域及陆域的生态环境。

图 3-1 中海油浙江 LNG 冷能空分项目

宁波市临港办在《LNG 项目冷能回收利用示范样本园区总体发展规划》提出了围绕该项目打造 LNG 项目冷能回收利用示范样本园区。该园区位于北仑白峰的宁波 LNG 项目南侧，总用地 29.1 公顷。园区将规划建设 4 个工业项目：600 吨/日冷能空分一期、1000 吨/日冷能空分二期、5 万吨/年丁基橡胶项目、5 万吨/年低温冷处理项目，对液化天然气冷能加以利用，其中一期工程已建成投用，每年可处理

300 万吨 LNG，二期工程（空分二期、丁基橡胶、低温冷处理项目）目前在建设中。

根据对一期工程 600 吨/日冷能空分项目投产后的测算，节能率达到 56%，节水率达到 99%。根据中环联合（北京）认证中心有限公司对一期项目的温室气体资源减排项目审定报告认定的相关数据，一期工程 600 吨/日冷能空分项目的年减排量为 59423.9tCO_2e。

2019 年，该项目日均生产氮气和氧气均为 300 吨左右，氩气 10 吨左右。该项目整体投资近 3 亿元，2019 年利润达 4000 多万，静态投资回收期约 6 年，效益相当可观。

3.2. 余热制冷

3.2.1. 背景

在中国，以钢铁、化工、水泥、煤炭、电力等为代表的工业企业消耗的能源占全国所有能源消耗的 70%以上，这部分工业企业不仅消耗了大量的能源，随之而来的是大量废热的排放，约有 17~67%的燃料消耗量以低品位废热的形式排放到环境中，其中有回收价值的部分约占废热排放总量的 60%左右。大量的余热排放到环境中，不仅造成热岛效应的扩大、环境生态的改变，也导致能源的极大浪费。如果能将工业废热以较低的代价合理利用起来，将其转变为高品位、有价值的能源返回到系统中，不仅符合国家的产业政策，也能为企业和社会带来巨大的经济效益和社会效益。

对于高温烟气的显热回收以及生产过程中可燃气体排放的利用技术当前已十分成熟，利用 500℃以上的高温余热进行发电的技术在各工业领域广泛应用，中温余热利用技术也相对较成熟，商业化应用也较多，但对于 200℃以下的低温余热利用，技术难度相对较高。如何发展循环经济，有效利用好这部分原本要排放到环境中的低温余

热，将有效提高能源利用效率，减少相应的 SO_2，NO_X，CO_2 等污染物排放，进而缓解日益紧张的全球能源短缺问题，具有重要的社会意义和经济意义。

余热制冷就是利用生产过程中的气体或废气、废液，以及某些动力机械排出的低温余热作能源，驱动压缩式或吸收式制冷机/热泵的技术。随着技术的日渐成熟，余热制冷已成为当前回收低温余热的重要路径之一，能有效的节约能耗，降低成本，有着非常广阔的前景。

3.2.2. 国内发展情况

目前，在石化、钢铁、有色金属冶炼、无机化工等高耗能工业部门中，吸收式制冷/热泵机组已大量应用于余热制热（厂区供暖、制取蒸汽）和余热制冷（工艺热回收）场合，具体应用案例如**表 3-3** 所示。

表 3-3 吸收式制冷/热泵机组在高耗能工业部门的应用

序号	工业部门	专业领域	企业	应用效果
1	石化	采油	中石油华北油田分公司	余热制热，第一类热泵原油加热炉，每年可节约原油 1114.4t
2	石化	顺丁橡胶生产	中石油大庆石化分公司	余热制热，第二类热泵，每年节省蒸汽 42400t
3	石化	炼油	中石化金陵石化炼油厂	余热制冷，7000kW，每年节电 990 万 kWh
4	钢铁	鼓风脱湿	兴澄钢铁公司	余热制冷，18600kW，每年节省焦炭 19032t，增加铁产量 15660t
5	无机化工	多晶硅制造	亚洲硅业（青海）有限公司	余热制热，第二类热泵制取蒸汽，每年节约 3000tce

不仅工厂厂区供暖以及工艺热回收过程中使用了以吸收式热泵为代表的制冷技术，在多个建成并运行的低品位工业余热城镇集中供暖系统工程中，在热源侧、末端侧制冷技术的应用也日渐广泛。总体来看，低品位工业余热利用仍处于迅猛发展阶段，低品位工业余热利用率仍较低，通过制冷技术利用工业余热仍存在巨大的空间。

在能源互联网中，热电联产机组扮演了重要的作用，同时也产

生了大量可利用的低品位余热。由于热电机组“以热定电”的运行方式以及现行能源系统供热、供电互相独立的缘故，热电很难以协调运行控制，导致电网调峰能力有限。利用热泵等热电转换技术，并结合蓄热等储能技术，实现热电协同运行，在电源侧能够增加热电厂的发电负荷调节能力，在用户侧能够平抑电力负荷波动，从而满足城市能源系统对热、电负荷的高度需求，并有效地实现新能源并网消纳，构建高效、低碳、可靠的综合能源系统。

2022 年冬奥会低碳能源系统规划方案中就提出了基于热泵和蓄能技术的热电协同方案，规划方案中的“张家口-延庆热电协同供热方案”，在保证严寒期供热能力且电厂机组不进入深度调峰的前提下，发电调节范围可扩大至 35%—95%；同时热力站蓄热调峰系统可增加 10%的削峰填谷能力。相比于常规火电调峰工况，电负荷低谷期最大可增加约 45%，共计 1710MW 的风电消纳能力。另外通过余热回收可充分利用现状热源潜力，实现直接削减燃煤 110 万吨，满足城市发展新增的供热需求，使张家口、延庆地区的供热能耗大大降低，供热系统能源结构更加合理，并为改善大气环境提供有力保障。

3.2.3. 现状及前景

作为华东地区乃至全国重要的能源加工和先进制造业基地，宁波市石化、化工、火电、钢铁等行业体量巨大，热电装机容量大，工业热力消费多，导致大量低品位废热排放到环境中，浪费资源且污染环境。

据统计，2018 年全市规模以上企业生产热力 11722.01 万 GJ，其中地方电力企业供应热力 9754.5 万 GJ。2018 年，全市共有 6000 千瓦及以上地方热电企业 15 家（其中公用热电企业 10 家；自备热电企业 5 家），供热机组 45 台，供热设备容量为 111.39 万千瓦。全市规

模以上工业企业消费热力 10081.2 万 GJ。从统计数据看，宁波市供热用热规模位居浙江省乃至我国南方地区前列。此外，石化、化工等行业生产过程涉及大量的放热反应，这部分反应热也尚未被充分利用。

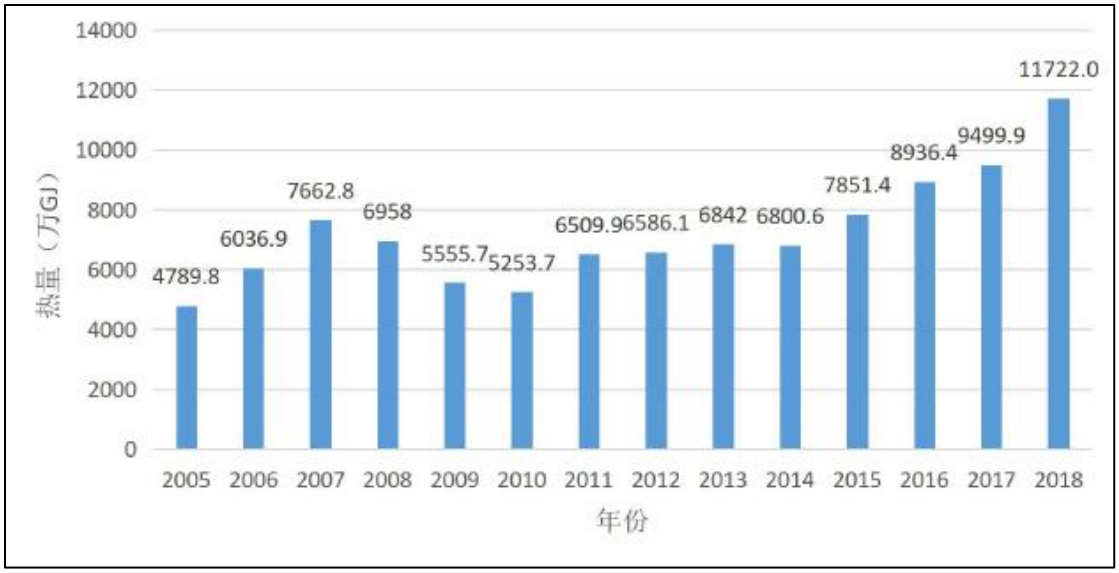

图 3-2 2005-2018 年全市规模以上企业热力生产量

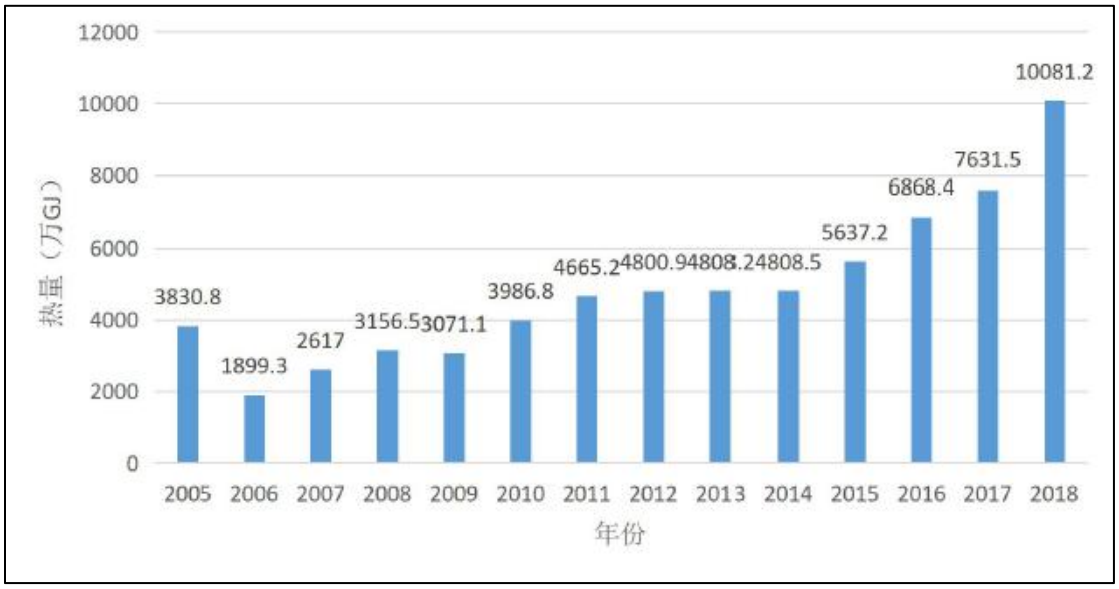

图 3-3 2005-2018 年全市规模以上工业企业热力消费量

作为国内八大石化行业生产基地之一，宁波市的三大工业园区——镇海石化经济技术开发区，北仑经济技术开发区和大榭开发区众多用能企业存在大量的热力消费，而余热资源浪费现象亦十分严重；与此同时，工业园区内仍然有大量企业依赖传统的电制冷来满足企业

的用能需求。因此要树立“把企业当作车间，把园区当作企业”的观念，发展园区循环经济，依托余热制冷关键技术，实施园区企业能源互联互供。

近几年，随着能源互联网概念的兴起，国家电网公司、浙能集团、国家电力投资集团等大型能源集团纷纷谋划在宁波市的重点区域开展综合能源服务，重点区域包括宁波石化经济技术开发区、中意宁波生态园等地。这些重点区域大都包含了热电联产企业和众多热力用户，基于热泵和蓄能的热电协同技术是这些区域开展综合能源服务的重要组成部分，将成为构建高效、低碳、可靠的能源互联网的重要手段。

3.2.4. 示范工程：科元塑胶余热制冷项目

宁波科元塑胶余热制冷项目位于北仑区宁波经济技术开发区青峙工业区，是一家从事精细化工、热塑性弹性体和工程塑料的大型化工企业。

企业在日常的生产过程中副产大量的余热，原先因为设备设施功能问题，这部分余热资源无法进行有效的转化。企业经过设备改造，加装了溴化锂吸收式冷（温）水机组，将余热转化为冷功率，在提升冷能利用效率的同时，也降低了能源支出成本。

改造方案包括：

1、蒸汽型吸收式冷水机组一组，制冷量 1000 冷吨；

2、热水型吸收式冷水机组一组，制冷量 1000 冷吨；

3、卧式冷却泵 2 组；

4、1000m^3 冷却塔 6 组。

3.2.5. 示范工程：宁波巨化正丙醇项目配套溴化锂余热制冷机组

该项目年产 5 万吨正丙醇，项目用冷量较大，制冷温度较低，

同时氢甲酰化装置产生大量反应热。项目配套冷冻系统拟采用 1 台 100kW 离心式冷冻机+1 台 500kW 离心式冷冻机+1 台 50kW 溴化锂机组，为装置供冷。其中 100kW 冷冻机提供装置-40℃的用冷需求；500kW 冷冻机提供装置-20℃的用冷需求；50kW 蒸汽型溴化锂机组通过利用系统余热，提供装置 7℃的用冷需求。

该项目生产过程中的乙烯多相氢甲酰化反应为强放热反应，反应放热通过异戊烷汽化取热，中低温的低压异戊烷蒸气用作溴化锂制冷设备的动力，生产 7℃冷冻水，有效的利用了余热，降低了系统的能耗。

经测算，利用物料的余热，采用溴化锂吸收式制冷，可提供 7℃的冷负荷 799kW。如采用压缩式制冷，按 COP 等于 3 计算，年制冷电耗 266 万 kWh；采用溴化锂制冷机，对余热进行回收，年电耗 34 万 kWh，相比压缩式制冷年节电量 232 万 kWh，折合年节约标准煤 661.2 吨。

3.3. 冷热电三联供

3.3.1. 背景

基于天然气分布式的冷热电三联供系统（CCHP），是一种整合制冷、供热与发电功能的能源梯级利用系统。系统首先利用燃料进行发电，再将发电过程中产生的高温烟气用于制冷或供暖，最后将烟气的残余热量用于加热生活用水。该系统对能源的利用比较彻底，利用效率较高，且能在很大程度上节约能源。

因此，天然气三联供系统对于同时具有冷、热、电需求的场景十分适用。例如：居民楼、宾馆、工业园区等。此外，在用电高峰期，该系统也可以在很大程度上缓解供电压力。相比传统的能量利用方

式，节能、环保是天然气冷热电三联供系统的主要优势，其不仅能够增强能源利用效率，还可以降低环境污染，为我国的能源利用指出一条科学的发展道路。

3.3.2. 国内外发展概况

美国是最早实施发展冷热电联供系统政策的国家之一。20 世纪 30 年代，在洛克菲勒中心和美国国会大厦建筑群建立了第一个大型区域供冷系统。按照规划，美国到 2020 年 50%的新建商用、办公建筑将采用冷热电联供系统，并将 15%的现有商用、办公建筑改造为冷热电三联供系统。

日本资源匮乏，对冷热电联供技术十分重视。到 2007 年底，日本供热营运者和供热服务区域分别达到 86 和 148 个，服务面积约 4400 万平方米，覆盖总建筑物面积 4800 万平方米。日本政府通过相关法令和优惠政策，有条件、有限度地允许分布式发电系统上网，通过优惠地环保资金支持分布式发电系统的建设。

欧洲的分布式能源发展居世界领先水平。2000 年时，丹麦、荷兰、芬兰的分布式能源供能已超过该国总发电量的 50%。其中，丹麦 20 多年来在能源消耗几乎未增加的前提下实现了 GDP 翻一番，而在英国，分布式能源也成为了政府提高能效的重要措施，已有分布式能源系统 100 多座。

受能源禀赋限制，冷热电联供系统在我国的研究和应用起步较晚，其规模和数量与发达国家相距甚远，目前主要涉及工业领域和高层建筑等场合，且以中小容量为主。2011 年 11 月，国家发改委为鼓

励发展天然气冷热电联供系统颁布了《关于发展天然气分布式能源的指导意见》，明确以楼宇分布式和区域分布式这两种分布式能源系统为建设重点，以提升能源利用效率为最重要的目标；近年来地方政府层面也出台了相关的鼓励政策，其中青岛市于2019年12月发布《加快清洁能源供热发展的若干政策实施细则》，针对新建天然气分布式能源项目竣工验收合格后，按照发电装机容量1000元/千瓦的标准给予设备投资补贴。

在各类法规、政策鼓励下，经过长期的探索，冷热电联供系统已基本成型。近年来随着我国天然气西气东输的大力发展，我国对能源品质的要求提高，以及各高校、企业和研究机构对天然气冷热电联供系统的技术研发，使得以燃气轮机和燃气内燃机为基础发展建立起来的冷热电联供系统不断涌现，诞生了上海浦东机场、广州大学城、长沙黄花机场、中关村软件园、北京燃气集团指挥调度大楼、上海迪士尼乐园、上海中心大厦、上海国家会展中心、莘庄工业园区、昆山工业园区等一批影响力较大的项目。

尽管天然气分布式冷热电三联供具有效率高、碳排放低、环境污染少的优点，但从目前国内发展情况看，由于“煤改气”形势出现逆转，其整体发展状况不容乐观。通过对华电集团的上海国家会展中心项目实地考察，以及西门子、华润电力等专业厂家的交流发现，国内天然气分布式冷热电三联供项目的效益普遍不佳，仅少数项目盈利。实践中，经济效益较好的项目通常为以下两种场景：

1）拥有稳定热负荷的工业园区；

2）在机场、火车站、医院等冷、热负荷稳定的公共场所，配套“小而美”的分布式天然气机组。

协鑫能源的昆山工业园项目是国内目前少数处于盈利状态的项目，该项目盈利的关键点即在于其所在的工业园区具有稳定的高品位热负荷需求。

3.3.3. 宁波现有项目

目前宁波的燃气分布式冷热电三联供项目有两个，一个是楼宇型的宁波市委党校项目，由兴光燃气建设；另一个是区域型的宁波四明化工有限公司分布式能源站项目，该项目以宁波石化经济技术开发区内各企业的工艺尾气作为燃料。

宁波市委党校项目：作为宁波市首个楼宇型冷热电三联供”项目，宁波市委党校项目设计投产后，年耗天然气约 115 万立方米，全年发电量约 310 万千瓦时，供冷量约 400 万千瓦时，供热量约 330 万千瓦时，能源综合利用效率在 80%左右。系统包含 1 台 600 千瓦级的燃气内燃发电机、1 台烟气热水型溴化锂机组、3 组燃气锅炉、2 台电制冷机组等。

项目的 600 千瓦级燃气内燃发电机通过燃烧天然气后输出电能供电，内燃发电机发电的同时，产生 400-550℃的高温烟气和 90℃以上的缸套水通过管路进入溴化锂机组后，为用户提供冷、热能需求。该项目输出的能源可用于满足党校的部分用电需求，党校南区生活用水需求，以及#5、6 学员宿舍的用冷、用热需求。

根据项目试运行期间能源综合利用系统的评估预测数据，该项目

每年可节约标准煤 860 吨、减少二氧化硫排放量 23 吨、减少二氧化碳排放 1450 吨、减少氮氧化物排放 380 吨。

宁波四明化工有限公司分布式能源站项目：2019 年 10 月，作为宁波石化经济技术开发区首个分布式能源站，宁波四明化工公司分布式能源站正式并网投用。该分布式能源站助力于宁波石化经济技术开发区“绿色石化、生态园区”建设，拥有节能、环保、安全性好等优势，打破了传统单一的企业内能源梯级利用方式，成功实现园区企业间循环经济发展与能效提升，取得了良好的经济效益与社会效益。

本项目由宁波四明化工有限公司与宁波和盛达能源科技公司合作建设的分布式能源站，占地约 2000 平方米，配置三台 4500kW 的内燃机组和配套的余热锅炉、热水余热回收、输配电以及外部燃料和热力管线等配套的系统，以石化园区各企业的工艺尾气作为燃料，通过系统集成实现电、热、冷三联供，提高了综合能源利用率，每年可节约标煤近 2.5 万吨，减少二氧化碳排放 6 万吨，节约用能成本 1500 万元。

3.3.4. 主要问题

目前，天然气分布式冷热电三联供项目在国内的发展主要存在下列问题：

1）经济性普遍不佳。如果余热不能充分利用，电价又不具备竞争力的话，项目的经济性无法保证。

2）影响国家能源安全。我国天然气对外依存度高，大力使用天然气对于国家的能源安全不利。

3）装备国产化程度低。我国的燃气轮机组装备制造国产化程度较低，导致建设和维护成本居高不下。

4）不同利益相关方之间存在博弈。一方面，以中石油、中石化、中海油为代表的上游企业支持天然气分布式能源发展。国内天然气供应处于寡头垄断局面，尤其管输气市场高度封闭，导致气价居高不下；另一方面，以电网为代表的下游企业倾向于风电、光伏等形式的分布式能源。由于自身利益受损，电网公司对分布式项目并网不上网的方式不支持。

5）政府配套规划建设不完善。政府规划“虎头蛇尾”，往往前期规划项目、招商引资时的热情很高，而在项目引进和落地后，配套的气源供应、热用户、电力并网等环节的配套工作无法及时到位，导致项目单位“骑虎难下”。

6）场景选择不当。大量的项目实践表明，国内项目在设计中存在一味追求“大项目、大负荷”的误区。

3.3.5. 前景

宁波市将在“十四五”期间大力发展“246”现代产业集群，经测算，到 2025 年产业集群的发展将带来年新增热力消费 6700 多万 GJ。针对不在集中供热范围内，又有稳定用热需求的产业项目，考虑以天然气分布式冷热电三联供系统予以解决。

通过对宁波市开展集中供热项目研究发现，宁波中心城区不再适宜新增燃煤热电联产项目，考虑到鄞州东南片、东钱湖片区、三江片区、奉化城区等区域的大型公共建筑设施（办公大楼综合体、大型商

业体、宾馆医院、学校、交通枢纽等)、大型高层住宅群、工业集聚园区及单个大型工业企业具有较大规模冷、热、电需求，可考虑在这些区域因地制宜布局若干天然气分布式能源项目，以满足区域的冷、热、电用能需求，同时缓解现有热源点冬季高峰期供热压力。

同时，在宁海县宁东新城区域，为提高供热可靠性和能源综合利用效率，也可考虑在宁东新城新建天然气冷热电三联供机组，替代原分散锅炉供热为主的现状。

尽管天然气分布式冷热电三联供项目具有良好的社会效益，但能源价格瓶颈制约、应用场景选择不当、政府配套规划设计不合理、不同利益团体之间博弈、“煤改气”形势逆转、天然气进口依存度高、装备国产化程度低等因素制约了此类项目在国内的发展。综合上述因素以及宁波的实际情况考虑，对于天然气分布式三联供项目应当合理选址、谨慎决策。

3.4. 空气分离

3.4.1. 背景

石油化工等大型工程都对空分装置有重大需求。由于大型空分装置结构组成、工艺过程和技术需求等方面的复杂性，70000Nm^3/h 等级以上空气分离类成套装备目前完全依赖进口，国产空分装置能耗比国际先进水平高 10%以上。实现超大型、低能耗空分装备突破是我国面临的重大技术问题。

复杂空气分离类成套装备是工业血液的“造血装备”，其复杂性表现在三个方面：

1）结构组成复杂，由净化器、压缩机、预冷装置、纯化装置、增压膨胀机、换热器与精馏塔等多机组多部机组成；

2）工艺过程复杂，通过空气压缩、净化、换热、冷却与精馏等工艺过程，生产氧、氮或其他稀有气体；

3）技术需求复杂：大型钢铁、大型石化、大型火电等大型工程对空气分离类成套装备提出了不同的技术要求。

3.4.2. 国内外发展概况

复杂空气分离类成套装备核心技术主要来源于法国（法液空）、德国（林德）、美国（Praxair、APCI）等发达国家。随着大型工程对空气分离类成套装备需求不断增长，超大型化与低能耗化作为新一代空分成套装备技术的重要特征，已成为当前空分成套装备技术国际竞争的制高点。

目前，我国生产的空气分离类成套装备在 60000Nm^3/h 等级以下，能耗比国际先进水平高 10%以上。等级上不去，能耗下不来，成为制约国产空分成套装备发展的突出问题。70000Nm^3/h 等级以上的空分成套装备目前完全依赖进口，导致我国工业气体生产能力很大程度受国外公司控制，从工业气体是工业的“血液”这一角度来看，这一局面严重威胁我国重大工程建设与重要工业生产。

要实现超大型、低能耗空气分离类成套装备技术难题的突破，须解决“低能耗驱动的大尺度混合流复杂界面渐变形成规律”、“超大型化多机组多变量关联的场分离与场耦合原理”、“高可靠性关键部机的寿命均衡设计与稳定运行理论”等一系列科学与工程问题。

3.4.3. 宁波空分市场情况

宁波市作为国家七大石化产业基地之一，拥有数量众多的配套空分装置。从空间分布情况看，大、中型空分装置主要布置在三大石化产业聚集区——宁波石化经济技术开发区、北仑区、大榭开发区；建设单位主要是中石化、中海油等石化行业龙头企业以及德国林德气体等专业的国际巨头。中石化的空分装置主要为中石化镇海炼化配套建设，中海油的空分装置包括上文中第 3.1 节提到的浙江 LNG 接收站冷能利用空分项目等，德国林德气体的空分项目主要作为石化产业园区的大型公共气源点，实现产业园区集中供气。此外，还有众多大型的工业企业配套建设了相应的空分装置。

自 1975 年镇海炼化前身——浙江炼油厂开工建设以来，宁波市石化产业发展已有长达 40 多年的历史，部分 80-90 年代投产的空分装置至今仍在运行，这些装置工艺陈旧、老化严重、能耗严重超标，已经成为亟待淘汰的落后产能；另有一部分本世纪初投产的空分装置也存在能效水平不佳的问题，亟须实施能效提升改造；同时，为满足培育绿色石化万亿级产业集群的要求，未来像林德气体、中石化、中海油等工业巨头仍将在宁波布局新建大量的大型空分装置。鉴于空分装置巨大的制冷电耗，利用 LNG 冷能资源等手段实现新建或改造的空分装置高效节能，并适时淘汰落后产能，有助于企业降本增效。基于上述情况，在宁波开展空气分离类成套装置的能效提升，具备广阔的市场前景。

3.4.4. 示范工程：镇海炼化林德气体空分项目

为满足镇海炼化及周边企业新增氧气、氮气需求量，考虑公司现有空分装置及新建空分装置的联网运行需要，宁波镇海炼化林德气体有限公司拟新建两套制氧能力为 90000Nm³/h 的空分装置。

本工程新建空分装置采用分子筛净化空气、膨胀机制冷、液氧泵内压缩等工艺流程，技术来源于德国林德公司。本项目拟采用的深冷法工艺技术主要采用分子筛吸附、空气膨胀制冷、产品氧气内压缩、空气增压循环等先进节能的安全工艺流程方案。该流程方案具有运行可靠快捷、先进、操作方便、部机配置经济合理、安全低耗等特点，已在林德公司承建的多套设备中得到验证。

项目将采用林德独有专利的多层浴式主冷凝器，其设计优点如下：

1）自主研发的多层浴式主冷凝蒸发器，结合全浸式和降膜式的优点；

2）采用全浸式操作，设置液位检测装置，确保在操作时能够维持足够高的 L/V 比、润湿度以及循环倍率，避免碳氢化合物在主冷凝蒸发器中的滞留；

3）多层浴式主冷既节省能耗又能有效防止有害物质积聚；

4）多层浴式主冷避免了降膜式冷凝蒸发器的危险性；

5）主冷凝蒸发器的板式单元由林德自行制造，而非外购；

对氧化亚氮和碳氢化合物（碳氢化合物采用气相色谱仪）的实时监控防止措施；

6）传热温差可低至 1K，降低了空压机出口压力。

项目中低压塔采用专有技术的规整填料，阻力小，降低装置的能耗，是世界上前列的高效规整填料。同时，填料塔具有更宽泛的调节范围。

项目分子筛吸附器采用均一床层的立式径向流单层床分子筛，取消了 Al_2O_3 床层。压力分布更佳均匀，阻力小，能耗更加优化。同时，林德专利高效进口分子筛吸附剂，在吸附碳氢化合物、氧化亚氮和水的性能上都处于世界前列，保障空分的安全。

项目采用林德自产的液体膨胀机（Cryostar）技术，机器效率业内领先且被广泛认可，用来回收高压液空的能量，具有明显的节能效果。

第 4 章 冷链物流

4.1. 背景

冷链物流泛指冷藏冷冻类食品在生产、贮藏、运输、销售到消费终端前的各个环节中始终处于规定的低温环境下，以保证食品质量、减少食品损耗的一项系统工程。它是随着科学技术的进步、制冷技术的发展而建立起来的，以冷冻工艺学为基础、以制冷技术为手段。具体来说，冷链物流的使用范围主要包含初级农产品（水果、蔬菜、肉、禽和水产品等）、加工食品（速冻食品、包装熟食、奶制品和快餐原料等）和特殊商品（医药制剂、生物制品等）。

随着现代物流业的发展和人们生活水平的提高，人们的消费观念已从传统单一的结构往多样化、快捷化、健康化和美味化的方向发展，加之现代化商业的普及和冷冻冷藏技术的逐步提高，冷链物流逐渐成为社会关注的焦点。

冷链物流以保持低温环境为核心，比一般的供应链系统要求更高、更复杂，投资更大，能耗更高。由于全球 40%的食品需要冷藏，而全球 11%的电力消耗用于食品冷链，因此冷链物流的能耗已经受到广泛关注。面对化石能源的日益枯竭和应对气候变化的严峻形势，节能和可持续发展已成为当今人类社会发展的主旋律。

在这样的一个时代背景下，冷链物流领域的节能降耗已成为必然趋势，对整个社会的发展具有十分重要的现实意义。《绿色高效制冷行动方案》中指出：要加快新制定冷库、冷藏车等制冷产品能效标准，制修订冷链物流的绿色设计、制造质量、系统优化、经济运行、测试监测、绩效评估等方面配套的国家标准或行业标准；实施冷链物流绿色改造工程，在农产品、食品、医药等领域支持冷链物流龙头企业集

中更换绿色高效冰箱、冷藏陈列柜、商用冷柜、冷藏车、冷库等制冷设备和设施，建立能耗管控中心，运用物联网、温（湿）度精准控制等技术，实现成本和腐损率双降。

4.2. 国内相关情况

4.2.1. 发展概况

我国冷链物流行业目前仍处于起步阶段，与发达国家存在较大差距。根据中国制冷空调工业协会冷链物流分会的统计数据，2018 年我国冷库总量已达到 4422 万吨，总库容位居全球第三，仅次于印度和美国，十年来增量位居全球第一。从冷链物流各个环节来看，我国的产地预冷是非常薄弱的一环，约 80%的水果、蔬菜不进行预冷处理即在常温下流通，少部分预冷处理也未采用专用设备，没有实现真正意义上的预冷；冷库方面，尽管我国“十二五”以来冷库建设取得了飞速发展，但冷库总量仍不足；冷链运输方面，我国冷链运输发展迅速，公路冷藏运输占货物运输总量的份额不断上升，2014 年我国的冷藏车和保温车保有量为 7.6 万辆，发展迅速。但是冷藏运输设备总量不能满足市场需求。未来冷藏车保有量会持续保持增长态势，预计每年增加 1-2 万辆冷藏车。

根据冷库温区划分的容量占比情况分析，低温库占比 71.9%，中温库及气调库占比 17.1%（其中气调库 4.3%），高温库占比 10.5%，速冻库占比 0.5%，适合储存果品、蔬菜的中、高温冷库比例偏低，具体见下图。

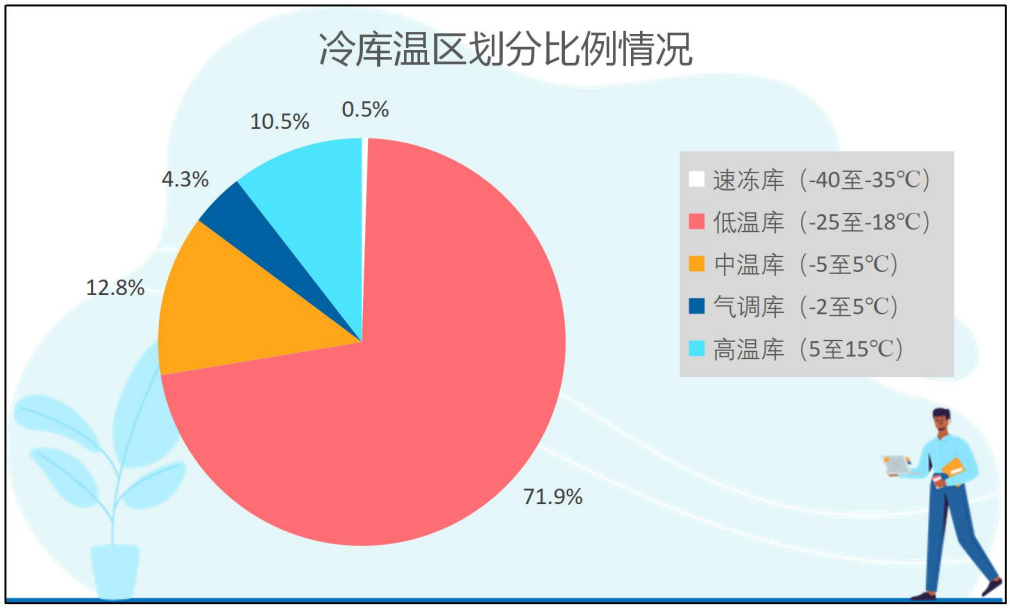

图 4-1 2018 年我国冷库温区划分比例情况

从制冷剂的使用情况看，现阶段冷库产业仍旧以“氨系统、氟系统”为主，其中氨系统占 49%，氟系统占 40%，具体见下图。由于制冷技术的不断革新，CO_2 制冷未来发展极具潜力。

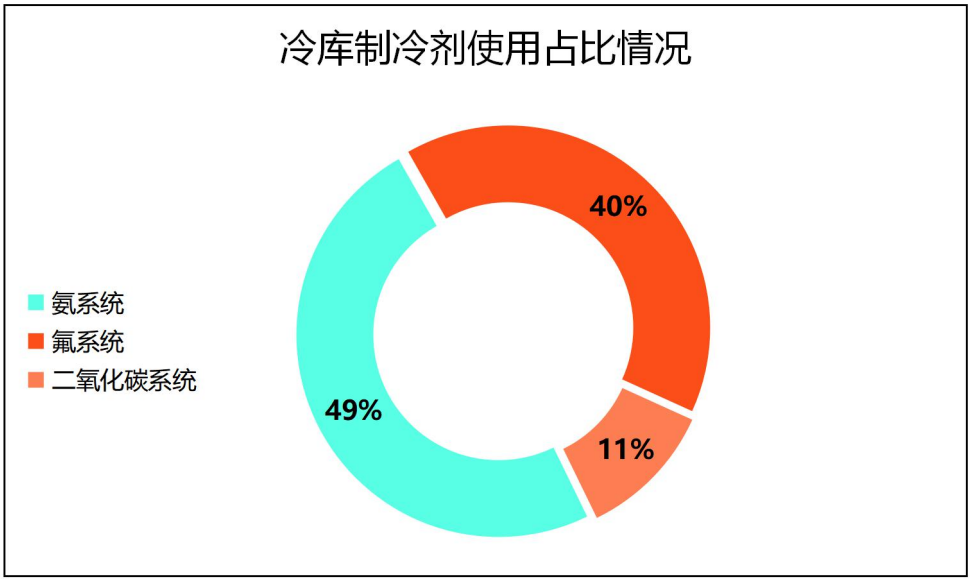

图 4-2 2018 年我国冷库制冷剂使用情况

从建设及运营成本上看，万吨冷库建设成本 4210 万元，其中制冷系统占 13%，保温系统占 14%，合计占 27%。年运营成本 1404 万元，约为建设成本的 1/3，其中水电支出、设备维修保养支出各占 13%，两项合计占 26%。

基于我国庞大的人口基数，我国冷链资源仍严重不足，人均冷库保有量仅为美国、日本等发达国家的 1/5 左右，具体见下图。

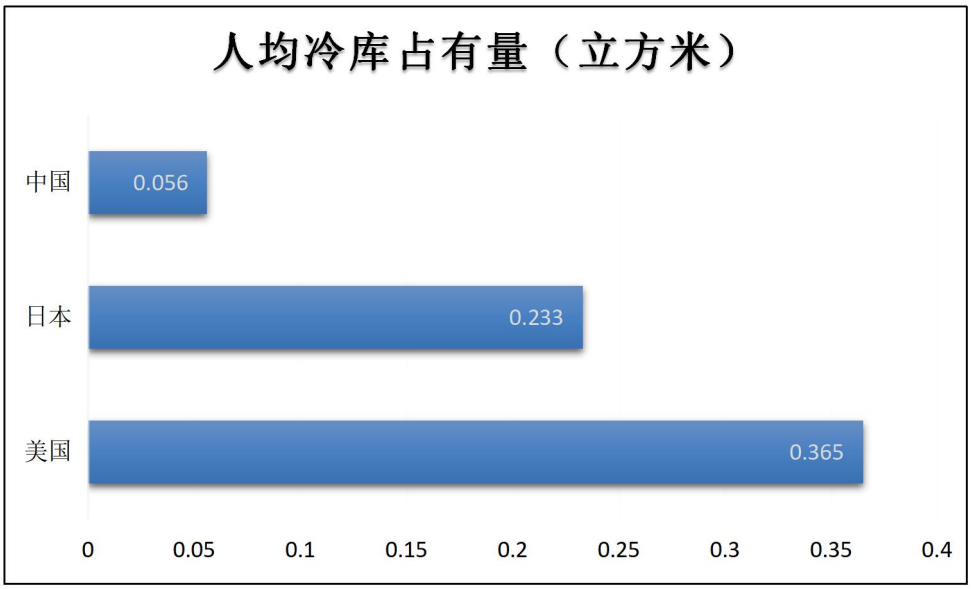

图 4-3 中国、美国、日本人均冷库保有量对比

4.2.2. 能耗状况

冷库制冷系统能耗通常占系统总能耗的 60-70%，其能耗与室外环境温度关联性较大。当前节能主要围绕围护结构和制冷效率展开。2014 年度国内冷链各环节能耗数据汇总如下：

表 4-1 冷链各环节能耗情况（2014 年数据）

序号	冷链环节	单位能耗	总量	总能耗
1	预冷	59kWh/吨	5107 万吨	30 亿 kWh
2	速冻	130kWh/吨	600 万吨	7.8 亿 kWh
3	冷藏	452kWh/吨.年	3320 万吨	150 亿 kWh
4	冷链运输	116.8L/公里.年	7.6 万辆，36 万公里/辆.年	3.2 亿升燃油

根据上述电耗数据，按照 2018 年度 4420 万吨库容量进行推算，年电耗 200 亿 kWh。如果按照先进能耗水平计算，冷库年电耗约 120 亿 kWh，具有近 80 亿 kWh 的节能空间。如果按 0.8 元/kWh 电价计算，可创造 64 亿元的经济价值。考虑冷链其他环节的潜力，冷链物流领域整体的节能和经济效益将更为可观。未来，随着我国冷库容量

的不断攀升，在冷链物流领域开展节能行动势在必行。

4.2.3. 技术路线

冷链物流各环节的冷链装备和系统是冷链物流体系的核心组成，其技术涉及食品品质控制、冷冻冷藏工艺、热工基础、制冷技术等。经过十多年来的努力，特别是近两年的发展，通过技术改造、设备更新和引进，冷藏、冷冻、预冷加工、冷运等冷链设施不断改善。冷库建设正由传统冷库向现代化的钢结构单体拼装库快速转型，制冷工艺从高温、低温发展为预冷、气调、超低温、速冻、恒温、制冰等各种类型。运输车辆向高温、低温和常温“三层温”冷藏车发展，GPS 定位、恒温控制运输和蔬菜真空预冷技术迅速推广。未来，冷链物流企业升级改造的技术路线主要集中在下列方向：

（1）高效、环保、精准的冷链装备技术

①低温强化换热技术：换热器的性能直接决定了制冷系统的效率，需要冻结冷藏换热器（冷风机）、速冻设备换热器、超低温换热设备等不同低温环境下，空气侧强化换热技术、换热器外表面抑制结霜技术、管内气液两相流动强化换热技术等。

②环保工质制冷技术：根据高效、安全、零 ODP、低 GWP 的要求，需要超低温冷藏设备用混合工质制冷技术；针对目前冷链中的分体式商用冷柜、中小型冷库等主要采用 R22 的制冷系统，需要发展中小型冷链装备用新型环保单组分制冷剂、天然制冷剂和混合工质的制冷技术。

③低能耗高效制冷技术：需要无极变容量制冷技术，针对冷冻冷藏应用条件下不同的冷负荷需求对制冷系统进行变容量调节，可以在变负荷工况下实现制冷系统高效运行；在多温区冷库或冷藏车中，需要多蒸发温度的高效制冷循环；需要高效压缩机技术；需要发展冷链

装备制冷系统的智能控制技术，保证系统全工况高效运行。

④冷链设施可再生能源应用技术：可再生能源在冷链设施中的应用，如利用风能、太阳能等可再生能源驱动制冷技术，冷库屋顶配套安装太阳能发电装置等。

（2）基于大数据的绿色冷链物流系统优化技术

①建立冷链物流数据中心，收集各环节实时数据，整合冷链物流资源以实现业内信息共享和协同运作，从根本上降低能源消费强度。

②以冷链物流的高效、环保、低成本为目标，在采用高效、环保、精准的冷链设备的基础上，应用信息技术和大数据，分析冷链物流系统各环节关联关系和运行规律，获得冷链物流系统的优化流程和优化体系。

4.3. 现状

4.3.1. 行业概况

作为经济发达的沿海城市，在宁波发展冷链物流具有得天独厚的优势：作为现代化的深水良港，宁波-舟山港是世界上吞吐量最大的港口，也是中国主要的集装箱中转储存基地，集装箱物流的发展为发展冷链物流提供了坚实的产业基础保障；与此同时，随着居民收入的不断提高，宁波市以及周边地区对农产品、水产品等新鲜食品的需求也不断扩大。

宁波的冷链物流市场主要分布在菜篮子、连锁商贸、农贸批发、进口、电子商务等领域，企业主营模式为仓储、物流以及“仓储＋物流”三种，部分企业涉及贸易和加工。从辖区分布情况看，宁波地区冷链物流企业主要分布象山县、北仑区（含保税区、大榭、梅山）、江北区和鄞州区，其中象山县以水产品加工为主，北仑区以进口贸易为主，江北区以仓储为主，鄞州区以内贸企业为主，其它县市区也拥

有一定数目和规模的冷链物流企业。

截止 2016 年上半年，全市主要运营使用的冷冻、气调库容量 30 万吨，正在投资建设的有 3 万吨，合计 33 万吨。其中，已在运营使用的肉类加工企业冷冻库 5 万吨，水产冷库 15 万吨，蔬菜批发市场冷藏及气调库 10 万吨；正在投资建设的肉类加工企业冷冻库 1 万吨，水产冷库 1.5 万吨，蔬菜批发市场冷藏及气调库 0.5 万吨，具体见下图。冷链运输方面，全市绿通冷藏车保有量 90 多辆。终端方面，大部分大型商业超市、社区生鲜连锁经营点配置了冷藏冷柜设施。

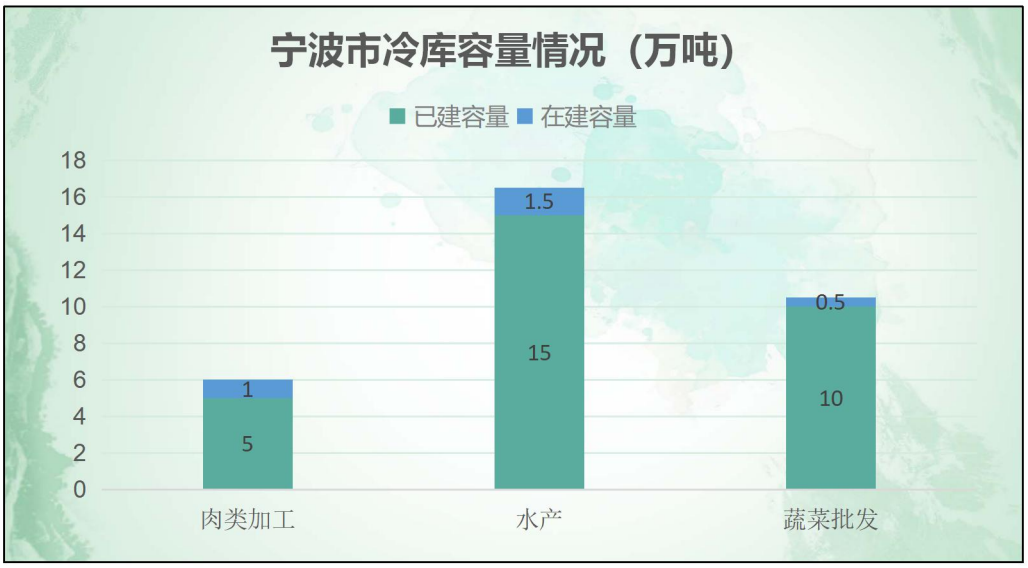

图 4-4 2016 年宁波市冷库容量情况

在先进节能技术应用实践方面，宁波涌现出了宁波蓝雪食品有限公司、宁波港冷链物流中心、招商局物流宁波有限公司、宁波中远海运物流有限公司等一批先进的龙头企业，采用了 CO_2 机组、复叠机组、屋顶光伏等高效、节能的先进装备，并通过提高自动化、信息化、标准化水平，提升冷链整体运作效率。

4.3.2. 存在问题

在良好的行业发展环境下和快速发展的过程中，宁波市的冷链物流行业也暴露出诸多问题，这些问题在一定程度上限制了冷链行业的

制冷设施整体能效水平，主要问题如下：

（1）设施设备无法满足产业发展要求

从整体上看，宁波冷链物流基础设施和技术有待升级。陈旧的设施和落后的技术不但影响了食品质量，也增加了冷链系统的能源消耗。据统计，目前80-90%的农产品都是用普通卡车装运，大量的牛奶和豆制品基本上是在没有冷链保证的情况下运销，易腐物品装车大多在露天而非在冷库或保温场所里操作，造成这种窘境的直接原因就是冷链设施和装备不足，无法为易腐食品流通提供系统性低温保障。

宁波地区的大型冷库80%以上采用氨基制冷剂，根据2018年5月份市安监局调研数据，宁波市共有307家涉氨制冷企业，存在较大的安全风险，其中大部分使用时间较长，面临设备更新换代。中小型冷库大多采用氟利昂作为制冷剂，系统能耗较高，同时对环境破坏性较强，其中很多系统设备已经列入高能耗淘汰目录，由于这些设备规模较小，多处于政府监管盲区，大部分尚未进行落后设备的替换改造。

（2）冷链物流信息化建设缺乏

目前宁波冷链物流企业的信息化程度低，信息网络不完整，信息流通不畅，缺乏统一的区域冷链物流信息平台，物流企业、生产企业和港口之间由于缺乏及时和有效的信息沟通，无法满足区域冷链产品的物流需求，从而导致了港口在区域冷链供应链系统中流通的盲目性，造成资源浪费、效率低下，产生大量不必要的运输能耗。

（3）第三方冷链物流企业较少

随着宁波物流业的快速发展，目前已形成不少中小物流企业集聚区。受冷藏库、低温物流中心、自动化冷冻冷藏立体仓库及各种冷藏技术和设备等限制，第三方物流企业在整条冷藏链中介入较少，因此，目前宁波很多经销商自营物流，功能单一，专业化程度较低，造成整

体运行效率低下。

（4）冷链物流专业人才匮乏

冷链物流的高效运作既需要严格的管理制度，也需要高素质的冷链操作人员。良好的管理和规范的操作既能保持设施的安全稳定运营，也能够提升系统能效，为企业降低能耗，节约经营成本。我国冷链物流起步晚，从冷链物流中心规划、建设、运营，到全程温度控制等质量追溯体系的建立，涉及多个领域的技术及管理业务，都需要冷链物流专业人才。目前，宁波市约有50%的物流从业人员是从传统的物资储运企业转型而来的，缺乏现代物流的专业知识和职业技能，而冷链物流作为物流业中技术要求较高的一类特殊业务，高素质专业人才尤其匮乏。

（5）基础投资存在障碍

冷链运营成本中制冷成本较高，同时随着运行年限的增长，设备逐渐老化，面临更新换代需求。因此，冷链物流企业自身面临的能耗压力较大，节能降耗的需求客观存在。但是冷链物流企业的重资产特征显著，资金流动性差，基础建设项目投资回收期长，风险较高，项目融资存在巨大阻力。

4.4. 市场需求

按全市2016年已建和在建的合计33万吨冷库容量计算，将国内现有情况同先进水平进行对标，具有近6000万kWh/年的节能空间，折合节能量1.71万吨标准煤/年。按0.8元/kWh电价计算，可创造约4800万元的经济价值。

作为中央财政资金支持冷链物流发展综合示范试点城市，宁波市在冷链物流建设方面存在巨大的市场需求。根据甬财政发[2017]901号文件中宁波市中央服务业发展（冷链物流建设）资金分配明细表，

全市共有61家企业152个冷链项目获得宁波市中央服务业发展（冷链物流建设）资金补助，投资总额达5.13亿元，分配补助金额1.78亿元。另外，项目组于2018年5月至7月同宁波市商务委、物流协会、冷链协会、水产协会进行了访谈，并通过各行业协会向冷链物流企业发放问卷调查表，针对冷链物流企业在制冷设施新建/改造方面的需求进行摸底调查，也梳理出了一部分建设项目需求。从总体情况看，宁波市冷链物流建设项目以新建项目为主，改造类项目较少。

4.4.1. 中央服务业发展（冷链物流建设）项目

宁波市中央服务业发展（冷链物流建设）资金分配明细（甬财政发[2017]901号）如**表** 4-2所示：

表 4-2 冷链物流建设项目资金和数量明细

序号	项目分类	项目数量	投资额（元）
1	三头低温保鲜库建设	11	11272766
2	低温分拣加工（生产）车间	28	56687388
3	冷冻冷藏设施项目	31	244974776
4	冷链交接货设施	15	51222400
5	标准化推广应用	34	102749167
6	业务信息系统建设	31	45729556
7	提高冷链物流从业人员素质的专业技术知识和实操技能培训项目	2	520800
	合计	152	513156853

从项目类别情况看，建设项目范围广泛，包括冷冻冷藏设施、低温分拣加工车间、运输设施等基础设施投资项目，以及标准化、信息化、人员培训等管理类投资项目。其中管理类项目投资合计1.49亿元，占比29%。投资的企业（机构）名单、项目内容、投资和补助金额明细如**表** 4-3，所有项目预审投资额合计5.13亿元，补助金额1.78亿元，补助率高达34.7%，极大地推动了全市冷链物流行业的投资积极性。

表 4-3 宁波市中央服务业发展（冷链物流建设）资金分配明细表（单位：元）

序号	项目承担单位	项目分类	预审投资额	单项补助	合计补助金额	所属区域
1	招商局物流集团宁波有限公司	冷冻（藏）库建设	45000000	8000000	10284565	保税区
		冷链交接货设施	3080000	1232000		
		业务信息系统建设	868912	347565		
		标准化推广应用	2350000	705000		
2	宁波保税区涌优贸易有限公司	冷冻（藏）库建设	500000	200000	360000	
		低温分拣加工（生产）车间	100000	40000		
		业务信息系统建设	300000	120000		
3	宁波国际物流发展股份有限公司	业务信息系统建设	4438400	1000000	1000000	
4	宁波保税区港龙仓储有限公司	冷链交接货设施	1500000	600000	1560000	
		标准化推广应用	800000	240000		
		业务信息系统建设	1800000	720000		
5	宁波保税区港龙食品有限公司	业务信息系统建设	2000000	800000	800000	
6	宁波新嘉国际物流有限公司	三头低温保鲜库建设	1143996	457599	457599	
7	宁波兴港货柜有限公司	业务信息系统建设	1750000	700000	4520000	北仑
		标准化推广应用	1400000	420000		
		三头低温保鲜库建设	3500000	1400000		
		冷链交接货设施	5500000	2000000		
8	宁波兴港龙食品配送有限公司	标准化推广应用	807400	242220	242220	
9	宁波市北仑兴港龙冷链产品交易市	业务信息系统建设	2500000	1000000	1000000	
10	太古冷链物流（宁波）有限公司	标准化推广应用	1260000	378000	378000	
11	宁波阿六食品有限公司	冷链交接货设施	1135610	454244	454244	

序号	项目承担单位	项目分类	预审投资额	单项补助	合计补助金额	所属区域
12	慈溪市瑞丰农业投资有限公司	冷冻（藏）库建设	1200000	480000	642000	
		标准化推广应用	540000	162000		
13	慈溪市蔬菜开发有限公司	冷冻（藏）库建设	4332508	1733003	1733003	
14	宁波麦田农业发展有限公司	三头低温保鲜库建设	405110	162044	370716	
		低温分拣加工（生产）车间	521680	208672		
15	三江购物俱乐部股份有限公司	冷冻（藏）库建设	4038571	1615428	6328302	大榭
		低温分拣加工（生产）车间	1330000	532000		
		冷链交接货设施	1280000	512000		
		业务信息系统建设	1672184	668874		
		标准化推广应用	10000000	3000000		
16	浙江亿洋食品有限公司	低温分拣加工（生产）车间	3509000	1403600	2173600	奉化
		业务信息系统建设	800000	320000		
		标准化推广应用	1500000	450000		
17	宁波顺源农业科技有限公司	冷冻（藏）库建设	16446700	6578680	8979680	
		低温分拣加工（生产）车间	4685900	1874360		
		业务信息系统建设	560000	224000		
		标准化推广应用	1008800	302640		
18	宁波市大埠食品有限公司	冷冻（藏）库建设	12155000	4862000	8061100	
		低温分拣加工（生产）车间	5032800	2000000		
		冷链交接货设施	2251000	900400		
		业务信息系统建设	434000	173600		
		标准化推广应用	417000	125100		
19	奉化市兴洋水产食品有限公司	冷冻（藏）库建设	569920	227968	1308168	

序号	项目承担单位	项目分类	预审投资额	单项补助	合计补助金额	所属区域
		低温分拣加工（生产）车间	1692500	677000		
		标准化推广应用	1344000	403200		
20	宁波海上鲜信息技术有限公司	三头低温保鲜库建设	300000	120000	1260000	
		低温分拣加工（生产）车间	80000	32000		
		业务信息系统建设	3488000	1000000		
		标准化推广应用	360000	108000		
21	宁波凌晨农业科技有限公司	冷冻（藏）库建设	630000	252000	1367100	
		低温分拣加工（生产）车间	1279000	511600		
		业务信息系统建设	1100000	440000		
		标准化推广应用	545000	163500		
22	浙江川程冷链物流有限公司	业务信息系统建设	304000	121600	2836600	高新区
		标准化推广应用	9050000	2715000		
23	宁波三掌柜新商业有限公司	业务信息系统建设	1970000	788000	1328000	
		标准化推广应用	1800000	540000		
24	宁波米氏实业有限公司	冷冻（藏）库建设	20800000	8000000	10200000	海曙
		冷链交接货设施	5050000	2000000		
		业务信息系统建设	500000	200000		
25	宁波玖隆生鲜冷链配送有限公司	冷冻（藏）库建设	10000000	4000000	7090000	
		低温分拣加工（生产）车间	5000000	2000000		
		业务信息系统建设	1000000	400000		
		标准化推广应用	2300000	690000		
26	宁波五龙潭芽菜有限公司	低温分拣加工（生产）车间	726496	290598	380598	
		标准化推广应用	300000	90000		

序号	项目承担单位	项目分类	预审投资额	单项补助	合计补助金额	所属区域
27	宁波我土哦物联智能科技有限公司	标准化推广应用	6679000	2003700	2003700	
28	宁波市江徽美食餐饮有限公司	冷冻（藏）库建设	2373656	949462	2798055	
		低温分拣加工（生产）车间	2259731	903892		
		业务信息系统建设	1560000	624000		
		标准化推广应用	1069000	320700		
29	宁波加勒餐饮管理有限公司	冷冻（藏）库建设	2400000	960000	1341000	
		标准化推广应用	1270000	381000		
30	浙江八鲜网络科技有限公司	冷冻（藏）库建设	2160700	864280	1574040	杭州湾新区
		低温分拣加工（生产）车间	146000	58400		
		冷链交接货设施	1628400	651360		
31	宁波杭州湾新区阿立果蔬专业合作	三头低温保鲜库建设	523270	209308	209308	
32	中国宁波外轮代理有限公司	冷冻（藏）库建设	30000000	8000000	12000000	江北
		低温分拣加工（生产）车间	10000000	2000000		
		冷链交接货设施	14375000	2000000		
33	宁波江北笑眯眯仓储有限公司	冷冻（藏）库建设	14500000	5800000	6720000	
		低温分拣加工（生产）车间	1000000	400000		
		冷链交接货设施	1300000	520000		
34	宁波牛奶集团	标准化推广应用	9220000	2766000	2766000	
35	宁波市江北鹭发水产冻品贸易有限	冷冻（藏）库建设	1825000	730000	730000	
36	宁波市菜篮子商品运输服务中心	标准化推广应用	10000000	3000000	3500000	
		业务信息系统建设	1250000	500000		
37	浙江蓝雪食品有限公司	低温分拣加工（生产）车间	5020000	2000000	2914800	梅山
		冷链交接货设施	2287000	914800		

序号	项目承担单位	项目分类	预审投资额	单项补助	合计补助金额	所属区域
38	宁海县商贸集团有限公司	冷冻（藏）库建设	4557510	1823004	3740004	宁海
		低温分拣加工（生产）车间	1080000	432000		
		冷链交接货设施	1000000	400000		
		业务信息系统建设	350000	140000		
		标准化推广应用	3150000	945000		
39	宁海县绿色城堡蔬菜种植专业合作社	冷冻（藏）库建设	10101925	4040770	9164914	
		低温分拣加工（生产）车间	2557950	1023180		
		冷链交接货设施	2367890	947156		
		业务信息系统建设	384520	153808		
		标准化推广应用	10020000	3000000		
40	宁波博森农产品有限公司	冷冻（藏）库建设	1966400	786560	926560	
		业务信息系统建设	350000	140000		
41	宁海盛宁水产有限公司	三头低温保鲜库建设	90770	36308	36308	
42	宁海县山湾果蔬专业合作社	三头低温保鲜库建设	227020	90808	154000	
		低温分拣加工（生产）车间	157980	63192		
43	象山聚鑫水产养殖专业合作社	标准化推广应用	3466667	1040000	1040000	象山
44	宁波易家鲜商贸发展有限公司	标准化推广应用	10980000	3000000	3000000	
45	宁波吉旺果蔬有限公司	三头低温保鲜库建设	3135100	1254040	1576970	
		低温分拣加工（生产）车间	460600	184240		
		标准化推广应用	462300	138690		
46	宁波爱默隆生鲜连锁有限公司	绿色环保冷冻冷藏设施项目	5083300	2033320	2520592	鄞州
		业务信息系统建设	1218180	487272		
47	宁波市鄞州区爱默隆市场管理有限	绿色环保冷冻冷藏设施项目	1674750	669900	669900	

序号	项目承担单位	项目分类	预审投资额	单项补助	合计补助金额	所属区域
48	宁波市鄞州船埠头农产品配送有限公司	业务信息系统建设	1229560	491824	1091824	
		标准化推广应用	2000000	600000		
49	宁波我土哦电子商务有限公司	三头低温保鲜库建设	987500	395000	395000	
50	宁波安和达菜篮子配送有限公司	三头低温保鲜库建设	760000	304000	5268000	
		冷冻（藏）库建设	8190000	3276000		
		低温分拣加工（生产）车间	1790000	716000		
		冷链交接货设施	1010000	404000		
		业务信息系统建设	850000	340000		
		标准化推广应用	760000	228000		
51	宁波市绿盛菜篮子商品配送有限公司	冷冻（藏）库建设	850000	340000	1736000	
		低温分拣加工（生产）车间	2800000	1120000		
		业务信息系统建设	450000	180000		
		标准化推广应用	320000	96000		
52	宁波新江厦连锁超市有限公司	冷冻（藏）库建设	2530200	1012080	1102080	
		标准化推广应用	300000	90000		
53	宁波甬尚鲜餐饮服务有限公司	三头低温保鲜库建设	200000	80000	2717295	
		冷冻（藏）库建设	1343586	537434		
		低温分拣加工（生产）车间	299651	119860		
		业务信息系统建设	750000	300000		
		标准化推广应用	5600000	1680000		
54	宁波宏纬食品有限公司	低温分拣加工（生产）车间	1701600	680640	817360	
		业务信息系统建设	341800	136720		
55	宁波市金地畜禽有限公司	冷冻（藏）库建设	4380000	1752000	2133000	

序号	项目承担单位	项目分类	预审投资额	单项补助	合计补助金额	所属区域
		低温分拣加工（生产）车间	300000	120000		
		标准化推广应用	870000	261000		
56	余姚市联海实业有限公司	冷冻（藏）库建设	18291900	7316760	10959360	余姚
		低温分拣加工（生产）车间	3156500	1262600		
		冷链交接货设施	7457500	2000000		
		业务信息系统建设	350000	140000		
		标准化推广应用	800000	240000		
57	余姚海吉星农产品批发市场有限公	冷冻（藏）库建设	15000000	6000000	6000000	
58	浙江物联智通供应链管理有限公司	冷冻（藏）库建设	2073150	829260	1609260	镇海
		业务信息系统建设	1950000	780000		
59	宁波市物流协会	提高冷链物流从业人员素质	232800	232800	232800	市级
60	宁波市制冷学会	提高冷链物流从业人员素质	288000	288000	288000	
61	宁波市商务委员会	业务信息系统建设	9210000	9210000	9210000	
合计			513,156,853	178,061,624		

4.4.2. 访谈与问卷调查情况

2018 年 5 月至 7 月，项目组通过宁波市商务委、物流协会、水产协会、冷链协会等渠道针对宁波市冷链物流企业经营状况、冷链设施运行现状、建设需求以及资金需求情况开展了访谈和问卷调查，得到部分企业的反馈，具体见**表 4-4** 和**表 4-5**。

表 4-4 15 家企业的冷链设备调查情况

序号	企业名称	冷冻冷藏设备制冷剂	冷链运输设备制冷剂	改扩建/新建计划	配套屋顶太阳能需求	资金需求
1	宁波超星海洋生物制品有限公司	液氨				
2	宁波必可佳食品有限公司	液氨				
3	宁波陆龙兄弟海产食品有限公司	液氨	氟利昂			
4	宁波胖子海味有限公司	液氨				
5	浙江雨中雨水产有限公司	液氨				
6	浙江元虎食品有限公司	液氨				
7	慈溪市天峰水产食品有限公司	液氨				
8	余姚市联海实业有限公司	液氨		有	已建，有需求	有
9	宁波南联冷冻食品有限公司	液氨		有		有
10	瑞丰食品有限责任公司	R22		有	已建，有需求	有
11	宁波市江徽美食餐饮有限公司	R22	氟利昂	有		有
12	浙江蓝雪食品有限公司	液氨	R404a			
13	宁波龙星物流有限公司	液氨		有	已建	
14	宁波绿澳餐饮管理有限公司			有		有
15	招商局物流集团宁波有限公司	液氨			已建	

根据**表 4-4** 调查情况，15 家企业中 14 家企业提供了冷库制冷剂信息，其中 12 家采用氨制冷，另两家采用 R22 作为制冷剂。3 家具有冷链运输设施的企业，运输设施均采用氟利昂制冷剂；有 6 家企业存在建设需求，其中 5 家明确表示需要资金支持。配套屋顶太阳能建设方面，有 4 家企业已建设屋顶太阳能，且其中 2 家有后续建设计划。

表 4-5　9 家企业制冷设施建设项目需求调查情况

序号	建设单位	项目名称	建设内容	投资额（万）	建设时间	备注
1	余姚市联海实业有限公司	果蔬保鲜库	新建库容达 5000 立方，可保鲜果蔬 2000 吨	300	2018.10-2019.10	
		新能源与冷库综合利用开发	新建 0.4 兆瓦太阳能光伏发电与冷库综合开发项目	500	2018.10-2019.03	
		液氮冷冻超低温保鲜技术示范研发	新建库容达 1000 立方，可超低温液氮冷冻保鲜水产品 300 吨研发项目	380	2018.10-2019.05	
2	宁波市北仑通州农业水产发展有限公司	制冷设施改造	制冷系统改造、保温设施整改	200	2018-2019 年	
3	宁波市胖子海味有限公司	冷库改造	液氨制冷改造	200		
4	宁波今日食品有限公司	冷库、结冻制冷设备建设	冷库、结冻制冷设备及冷库	2800	2018 -2019 年	
5	招商局物流集团宁波有限公司	冷链仓库改造	原恒温库改造成冻库	800	2020	由于业务发展，现有冷库容量可能不足，后期将根据业务需求对现有仓库进行改造

序号	建设单位	项目名称	建设内容	投资额（万）	建设时间	备注
6	宁海县金龙浦农业开发有限公司	金龙浦物流园项目	一期：冷链集配中心 30000 平米，农创中心 15000 平米，屋顶太阳能 15000 平米 二期：仓储中心 10000 平米，农资展销中心 10000 平米，农旅中心 5000 平米	一期 15000 二期 15000	一期 2018.5-2019.12 二期 2020.1-2022.12	总体定位：浙江三门湾“农业综合服务中心+产地冷链集配中心+美丽乡村休旅中心”
7	宁波市肉禽蛋批发市场有限公司	冷链物流（冷冻厂）	1、冷链物流基础建设项目 2、低温分拣加工车间与小型冷库建设项目 3、冷链物流业务信息化系统建设项目 4、冷链物流标准化推广应用项目	17000	2019 -2021	
8	余姚市鼎绿生态农庄有限公司	年加工 3500 吨水产项目	新建一座冷库，购置全套制冷设备	1900	2018.01-019.12	
9	宁波万力食品有限公司	屋顶太阳能	屋顶太阳能建设	890	2021 年	

根据**表** 4-5，9 家企业的建设项目计划投资额合计 5.5 亿元，其中宁海县金龙浦农业开发有限公司的金龙浦物流园项目分两期建设，合计投资额 3 亿元，宁波市肉禽蛋批发市场有限公司的冷冻厂项目投资额 1.7 亿元。

根据部分企业资金方面情况反馈，企业通常通过本地金融机构抵押贷款、政府资金补贴等传统渠道进行项目融资，通过绿色金融等新型方式的融资实践较少。由于冷链企业的重资产特征，企业流动资金普遍紧张，建设投资资金缺口较大，对于借助政府力量来拓宽融资渠道的意愿十分强烈。

4.5. 示范工程

图 4-5 江徽美食餐饮有限公司

江徽餐饮冷链基础设施及信息化平台建设：

江徽餐饮的冷链基础设施及信息化平台建设项目的目标是建设一个集冷冻采购、冷冻贮藏、冷冻加工、冷冻配送等功能于一体的现

代化冷链物流项目，打造具有重要影响力的江徽冷链物流服务中心，引领江徽美食餐饮有限公司转型升级，成为宁波地区集餐饮、冷链物流服务于为一体的龙头企业。

项目主体工程（仅包括冷冻（藏）库和低温分拣加工车间，不包括其他建筑）建设面积为 963 平方米，冷冻（库）容积 1026.52 m^3。主要包括三大部分：

一是冷链物流硬件支撑基础设施建设；

二是冷链物流业务信息系统建设；

三是冷链物流标准化、交接货推广应用。

基础设施建设方面，项目主要采用土建复合式冷库的方式储藏农产品。土建复合式冷库采用国际、国内先进的制冷设备和保温材质，灵活运用雪贮、冰贮等技术。

业务信息系统建设方面，项目充分利用车载 GPS 卫星定位系统、温控管理系统、视频监控系统和移动互联技术，建设覆盖全业务流程的信息化管理平台，提升冷链物流智能化运作和管理水平。

标准化、交接货推广应用方面，主要包含两个部分：一是购置专业冷藏运输车辆；二是购置标准化的托盘。

第 5 章 公共建筑

5.1. 背景

公共建筑能耗高，节能减排潜力巨大，是建筑节能工作的重要领域。国务院于 2016 年 12 月印发的《“十三五”节能减排综合工作方案》提出了进一步强化公共建筑节能管理，充分挖掘节能潜力，解决当前公共建筑仍存在的用能管理水平低、节能改造进展缓慢等问题。

《绿色高效制冷行动方案》指出：到 2030 年，大型公共建筑制冷能效要提升 30%。标准引领方面，要制修订公共建筑配套的国家标准或行业标准；节能改造方面，重点支持实施中央空调节能改造工程，支持在公共机构、大型公建、地铁、机场等重点领域，更新淘汰低效设备，运用智能管控、管路优化、能量回收、蓄能蓄冷、自然冷源、多能互补、自然通风等技术实施改造升级，在有条件的地方推广部分时间、部分空间的空调使用方式。

5.2. 国内相关情况

2011 年起，国家财政部、住房和城乡建设部启动实施了公共建筑节能改造重点城市试点工作，先后确定上海、天津、深圳、重庆作为首批重点城市，济南、青岛等八个城市为第二批重点城市，要求每个城市 3 年内根据情况完成 200-400 万平方米的公共建筑节能改造任务，改造后单位建筑面积能耗下降 15%以上。

针对公共建筑能耗中最重要，同时也是最具节能潜力的空调系统部分，各试点城市采取的技改手段较为丰富，覆盖面也普遍比较高。以重庆市为例，各类公共建筑节能改造示范项目技术措施覆盖率如图 5-1 所示，空调系统的技术覆盖率接近 100%。

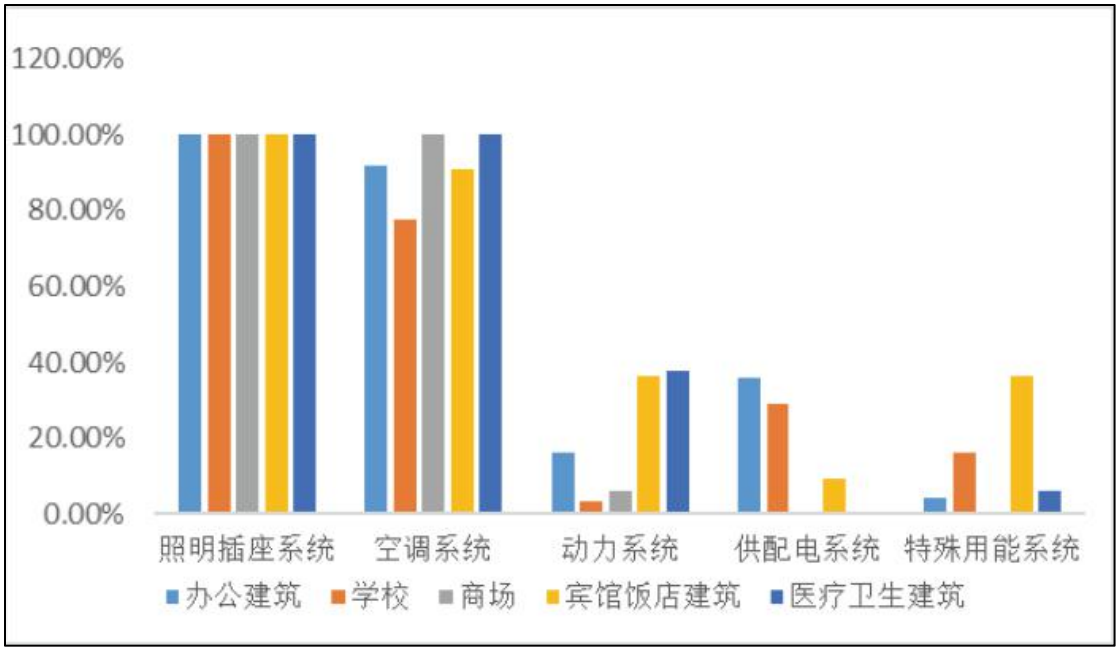

图 5-1 各类公共建筑节能改造示范项目技术措施覆盖率

其中，集中空调系统节能改造措施主要有：

①对实测能效比低于国家规定能效值较大的老旧冷水机组（热泵）进行替换；

②老旧的离心式冷水机组更换为变频离心式冷水机组；

③对系效率或选型不合理的水泵进行更换；

④冷却水泵、冷（热）水泵采用智能变频控制柜，实现变水量系统运行；

⑤采用定风量全空气空调系统，实现全新风或可调新风比运行；

⑥风冷冷水机组（热泵）室外侧换热器增加喷水雾化装置；

⑦加装烟气热回收换热器。

分体式房间空调器节能改造措施主要有：

①对使用年限久、能效低的旧房间空调器进行替换；

②给房间空调器安装节能控制插座；

③利用空调器冷凝水对冷凝器进行喷水降温。

5.3. 现状

5.3.1. 现有实践经验

根据宁波市历年针对公共建筑的能源审计和抽样调查分析，宁波市公共建筑的制冷系统能耗占总能耗的40%以上，因此要实现公共建筑的节能降耗，针对全市的公共建筑暖通空调系统开展能效提升专项行动十分必要而迫切。

宁波市政府相关主管部门多年来对公共机构持续开展能源审计和节能监察工作，掌握了公共机构空调系统用能和节能改造情况。从各项调查工作反馈情况看，医院、宾馆酒店、商贸超市等专业机构均开展了应用不同技术路线的制冷系统节能改造。

医院：宁波市的部分医院为中央空调等大型能耗系统采取了管道保温措施，并有意识地对中央空调系统开展了节能改造。

鄞州人民医院——从2014年起，鄞州人民医院进行了中央空调系统变频节能改造，从实际效果看，节能率达到18%以上。根据实际利用中央空调情况，年节约能源消耗58.76tce，年节约电费8.44万元。

宁波市第六医院——市第六医院通过合同能源管理的方式，实施中央空调水力平衡和高效中央空调机房技术改造。改造完成后，提高了医院室内环境舒适性，节能率约18%。

宾馆酒店：根据2015—2016年宁波市旅游系统59家星级宾馆（酒店）能源审计情况分析，宾馆（酒店）制冷设备主要包括各类型空调和冷库冷柜，其中空调系统是宾馆（酒店）的主要制冷设备，而冷库冷柜的规模体量较小。其中共有26家宾馆（酒店）在3年内针对暖通空调系统开展了节能改造。

在节能技术方面，业主单位采用的技术路线包括空调系统整体节能措施（中央空调能源管理控制系统），机组变频节电措施，使用节

能型水泵，使用地源热泵技术，利用溴化锂机组回收蒸汽余热。

2018 年 7 月，项目组委托市旅游局通过发放调研问卷的方式，向全市宾馆酒店征集了一部分制冷设施建设项目信息。根据当时汇总的 10 家宾馆酒店的项目需求情况（具体见表 5-1），10 家宾馆酒店合计投资额 1873 万，项目涉及制冷剂替换、分体式空调更换、制冷机组改造等方面。

其它公共机构：通过抽样调查、能源审计、节能监察、专家访谈等途径了解，宁波地区的部分大型商场、超市、银行、政府机关等公共机构应用了高效节能的设备和技术，对空调系统进行了相关的节能改造，相关案例如下：

江东欧尚、交通银行——冰蓄冷技术；

鄞州区财税局——地源热泵；

江东欧尚超市——中央空调远程控制；

家乐福超市——空调用电管理；

金光百货——中央空调控制模块改造；

海曙欧尚超市——中央空调水泵变频改造；

华润万家洪塘店——伺服控制；

国际会展中心——设置室内节能温度；

和丰创意广场——相邻建筑间空调系统联动；

宁波大学图书信息中心、象山影视城——空调系统远程运维；

部分大型商场——分时段自动控制。

表 5-1　10 家宾馆酒店制冷设施建设项目调研汇总表

序号	建设单位	建设内容	投资额（万）	完成时间	现状情况		
					设备概况	制冷剂	投产时间
1	东港湾大酒店	制冷设备改造，由原来的溴化锂蒸汽双效机组改为磁悬浮空调机组或离心机与螺杆机组合	100	2020	两台 REW021S 机组，制冷量 739KW，蒸汽消耗量 802KG/H	溴化锂	2008
2	海港东方酒店	中央空调制冷回路改造	100	2018	557kw 麦克维尔机组	氟利昂	2007
3	奉化新世纪溪口大酒店	酒店翻新，客房、餐厅、公共区域空调更换	300	2018	1.8 万㎡，300 台分体式空调	氟利昂	2000
4	溪口四季青藤花园酒店	1、高效制冷剂替换改造；2、动力设施升级改造，降低能耗减少噪音	10	2018	五台国祥 KMS040D(R)-01-BBE 1500KWH/24H 机组	R22	2014
5	奉化君璞大酒店	制冷设施主体改造，选用高效节能制冷设备	15	2018	八台约克 1500KWH24H 机组	R22	2013
6	慈溪国际大酒店	原两台特灵中央空调机组改用两台海尔悬磁浮空调制冷机组替换	178	2020	2 台 RTHB300 机组，560kW	R22	1999
7	南苑环球酒店	改造酒店空调制冷设备主机 5 台，其中 2 台溴化锂机组、3 台特灵机组	580	2018	空调使用面积 6.8 万㎡，800RT，输入功率 466KW	R123	2018
8	余姚宾馆	空调主机扩容，增加磁悬浮空调主机 1 台	250	2019	200 万大卡主机		
9	象山亚朵酒店	新建项目，空调设备安装	200	2018			
10	象山华翔国际大酒店	螺杆机组改成空气源三联供	140	2019	13 台 LR3FX-65/7011 机组，年电耗 40 万 kWh		2016

5.3.2. 技术路线

根据宁波市公共建筑空调系统的调研情况分析，公共建筑空调系统能效提升的主要技术路线如下：

1）主机更换：采用磁悬浮机组等高效先进的主机设备，并选择匹配的型号规格；

2）末端设备更换：采用高效机泵，提高末端耗能设备输送效率；

3）变频：采用变频调速技术，提高系统变工况运行效率；

4）热回收：在具有蒸汽余热的场景中采用溴化锂机组，充分利用余热资源制冷。

5）系统自动控制：提高自动控制系统的智能化水平。

上述技术路线中，尤其以最后一项提高系统自动控制水平最为关键。当前的公共建筑空调控制系统普遍存在自控装置“虚设”问题，在设计端，自动控制装置已经设计到位，但由于自动控制系统的专业性较强，同时工程项目不同参与方衔接不畅，导致施工单位不懂如何安装，用户更无法合理使用自动控制系统，因此相关机构提供的专业化运维服务显得尤为重要。伴随着远程技术和智慧能源技术的发展，高效自动控制系统的应用前景十分广阔。

5.3.3. 主要问题与对策

经多方调研整理分析，公共建筑空调系统能效提升项目的落地实施不仅存在技术方面的诉求，还存在资金、改造动力等诸多方面的问题。针对实践过程中遇到的一系列问题，宁波市也在不断地积极探索相应对策。主要问题及对策如下：

1）用能单位改造资金有限，项目规模偏小

以宾馆酒店为例，根据问卷调研，宁波市宾馆酒店的制冷设施改造受制于资金问题，改造项目规模普遍较小。

对策：针对资金问题，积极引入国际金融机构主权贷款，为当地的公共建筑节能改造提供资金支持；针对规模问题，在开展合同能源管理的基础上，引入“超级合同能源管理”模式，将项目打包实施，以吸引节能服务公司等社会资本投资。

2）业主自身改造动力不足

业主通常对节能效益不敏感，节能补助等鼓励性的政策效果不佳。同时业主方的能源管理存在“高标准立法、选择性执法、普遍性违法”的困境，造成项目推进困难。

对策：

①公共建筑能耗限额管理：宁波市住建委和市节能减排工作领导小组节能办公室拟联合开展实施宁波市公共建筑能耗限额管理，通过用能单位性质确定各类公共建筑的能耗及限值，限值将随着全市公共建筑的能效整体水平提升而进行动态调整。当用户能耗超标时，自行组织或以合同能源管理模式实施节能改造，连续两年超标的公共建筑将实行惩罚性电价，并责令限期整改。

②建立节能信用体系：宁波市节能减排工作领导小组节能办公室拟针对用能单位出台节能信用管理办法，针对高能耗用户采用“失信名单”制度，列入失信名单的单位在融资、政府采购等方面将受到一定的制裁。

3）用能数据流通性差、透明度低

由于能耗监测设施不完善，不同数据平台各自为政等原因，造成用能数据信息流通不畅，给政府的监管和执法带来一定的阻力。

对策：完善公共建筑能耗限额工作的配套制度建设，定期开展能耗信息统计与审计培训，制定建筑节能量核定技术标准体系，健全市级能耗系统平台建设，并做好各涉能部门用能数据的互联互通。

5.4. 行动计划

2017 年，宁波市被纳入国家公共建筑能效提升重点城市之列，目标成为地区公共建筑能效提升的引领标杆。2019 年 7 月，宁波市住房和城乡建设局、宁波市机关事务管理局、宁波市能源局、宁波市节能减排工作领导小组节能办公室联合发布《宁波市民用建筑能效提升三年行动计划》（以下简称《行动计划》）。

《行动计划》提出：到 2019 年底，市机关事务、文产旅游、商务、卫生健康、教育等涉能行业主管部门分别实施不少于 1 个（项目建筑面积不低于 2 万平方米）本行业高能耗公共建筑改造示范工程项目，节能率不低于 15%。通过示范引领，形成行业内以点带面、以面带全的高耗能建筑竞相改造、能效水平走在前列的局面，到 2021 年底，实现全市 360 万平方米的节能改造任务目标，通过合同能源管理模式实施节能改造的项目比例不低于 40%。

为实现上述目标同时《行动计划》提出了具体的“五个行动”，一是新建绿色建筑能效测评行动，二是家庭屋顶光伏试点行动，三是建筑能源执法监察行动，四是既有建筑能效提升行动，五是绿色建材生产和应用行动。《行动计划》还提出通过统一思想认识、落实主体责任、完善政策体系、加强信息公开、强化监察考核等一系列政策措施，为行动计划提供保障。

《行动计划》根据各类机构电耗、综合能耗的相关标准，制定了各类建筑用电限额基准线，具体见**表** 5-2。

表 5-2 公共建筑用电限额基准线

用电单位	分类	单位综合电耗（kWh/m²）
医疗机构单位	三级医院	155
	二级医院	60
商场超市单位	商场	210
	超市	280
饭店单位	五星级或金鼎级标准	145
	四星级或银鼎级标准	105
	三星级及其他标准	95
普通高等院校单位	教学及行政办公楼	45
行政机关单位	40	

针对制冷系统能效提升，《行动计划》提出各区县（市）人民政府应组织实施本地公共建筑的空调系统制冷能效提升，各区县（市）的每年建筑空调节能量分别不少于 50 万度电。根据《行动计划》，2019 年-2021 年宁波市 10 个县市区、6 个功能区以及 5 个重点市主管部门将承担相应的公共建筑能效提升任务。宁波市 2019 年-2021 年的公共建筑能效提升任务分解见表 5-3。

表 5-3 公共建筑能效提升任务分解表（单位：万 m²）

序号	行政区域	2019 年	2020 年	2021 年	合计	备注
1	海曙区	4	10	10	24	
2	江北区	4	10	10	24	
3	镇海区	4	10	10	24	
4	北仑区	4	10	10	24	
5	鄞州区	4	10	10	24	
6	奉化区	4	10	10	24	
7	余姚市	4	10	10	24	
8	慈溪市	4	10	10	24	
9	宁海县	4	10	10	24	

序号	行政区域	2019 年	2020 年	2021 年	合计	备注
10	象山县	4	10	10	24	
11	杭州湾	0	1.5	1.5	3	功能区
12	梅山保税港区	0	1.5	1.5	3	功能区
13	高新区	0	1.5	1.5	3	功能区
14	东钱湖	0	1.5	1.5	3	功能区
15	大榭开发区	0	1.5	1.5	3	功能区
16	宁波保税区	0	1.5	1.5	3	功能区
17	市机关事务局	4	10	10	24	
18	市文广旅游局	4	10	10	24	
19	市卫健委	4	10	10	24	
20	市商务局	4	10	10	24	
21	市教育局	4	10	10	24	
	合计	**56**	**152**	**152**	**360**	

根据任务分解表，到 2021 年宁波市将完成 360 万 m^2 的公共建筑节能改造。若 2022 年以后，按照 152 万 m^2/年的体量来持续推进此项工作，则到 2030 年可以完成约 1700 万 m^2 的公共建筑节能改造。若按各区县（市）的每年建筑空调节能量 50 万度电，以及 40%的制冷能耗占比保守测算，宁波 10 个县市区合计年节电量 500 万度。通过改造工作的持续推进，到 2030 年可实现年节电量 5.5 亿 kWh，其中制冷系统可实现年节电量 2.2 亿 kWh，折合年节能量约 6.3 万 tce。

5.5. 市场需求

2019 年 3 月，宁波市住建委根据前期摸底调研和能效对标工作成果，共摸排出 122 个可列入宁波市公共建筑能效提升第一批示范项目的建筑，其中政府机关办公楼占 59%（72 个），其它建筑类型涉及医院、商场、超市、酒店和非政府部门建筑，具体清单见**表 5-4**。

表 5-4 可列入宁波市公共建筑能效提升第一批示范项目的建筑清单

序号	建筑类型	单位名称	建筑面积 m^2	年度总电耗 kWh	单位综合电耗 kWh / m^2
1	行政机关办公建筑	市气象局	14000	2098470	149.9
2	行政机关办公建筑	市中级法院	64743	3163784	48.9
3	行政机关办公建筑	市农业局	12000	481330	40.1
4	行政机关办公建筑	市市场监管局	44585	2075100	46.5
5	行政机关办公建筑	市水利局	5800	559080	96.4
6	行政机关办公建筑	市公安局	42000	6170130	146.9
7	行政机关办公建筑	市民政局	3004	142921	47.6
8	行政机关办公建筑	市环保局	5212	485485	93.1
9	行政机关办公建筑	市规划局	44660	2645310	59.2
10	行政机关办公建筑	市住建委	12085	706770	58.5
11	行政机关办公建筑	市财政局	47800	1976114	41.3
12	行政机关办公建筑	市检察院	11897	880700	74.0
13	行政机关办公建筑	市发改委	7902	512372	64.8
14	行政机关办公建筑	市国土资源局	35726	2101235	58.8
15	行政机关办公建筑	市农科院	26800	1074929	40.1
16	行政机关办公建筑	市总工会	5995	545312	91.0
17	行政机关办公建筑	市司法局	3880	250945	64.7
18	行政机关办公建筑	市商务委	19857	1284384	64.7
19	行政机关办公建筑	宁波海关	32680	4399950	134.6
20	行政机关办公建筑	市行政中心 1 号楼	22553	978755	43.4
21	行政机关办公建筑	市行政中心 2 号楼	13972	870902	62.3
22	行政机关办公建筑	市行政中心 7 号楼	28718	1378968	48.0
23	行政机关办公建筑	宁波国际金融中心	37740	2352204	62.3

序号	建筑类型	单位名称	建筑面积 m^2	年度总电耗 kWh	单位综合电耗 kWh / m^2
24	行政机关办公建筑	慈溪市机关事务管理局	64000	3286640	51.4
25	行政机关办公建筑	慈溪市人力社保局	24318	858216	35.3
26	行政机关办公建筑	慈溪桥头镇政府	12000	424605	35.4
27	行政机关办公建筑	余姚市建设局	4698	173928	37.0
28	行政机关办公建筑	宁海县国土资源局	15050	582424	38.7
29	行政机关办公建筑	宁海县财政局	13200	544850	41.3
30	行政机关办公建筑	余姚市兰江街道办	11133	469575	42.2
31	行政机关办公建筑	余姚市发展和改革局	3800	161848	42.6
32	行政机关办公建筑	余姚市低塘街道办	8816	383482	43.5
33	行政机关办公建筑	江北区机关三号院	13276	586266	44.2
34	行政机关办公建筑	宁海县检察院	9310	429132	46.1
35	行政机关办公建筑	慈溪市公共资源交管办	3200	151148	47.2
36	行政机关办公建筑	慈溪龙山镇政府	6270	298383	47.6
37	行政机关办公建筑	慈溪市国土资源局	5308	255994	48.2
38	行政机关办公建筑	慈溪市古塘街道明州路 818 号项目	11390	560414	49.2
39	行政机关办公建筑	宁海县跃龙街道	4130	205277	49.7
40	行政机关办公建筑	宁海县公安局	16300	832509	51.1
41	行政机关办公建筑	余姚市国土资源局	6401	343277	53.6
42	行政机关办公建筑	慈溪市卫计局	34500	1860847	53.9
43	行政机关办公建筑	慈溪市规划局	8427	455810	54.1
44	行政机关办公建筑	宁海县审管办项目	22500	1281423	57.0
45	行政机关办公建筑	慈溪崇寿镇政府	3044	190408	62.6
46	行政机关办公建筑	北仑区行政中心 A 楼	21884	1386654	63.4
47	行政机关办公建筑	慈溪横河镇政府	8000	507741	63.5
48	行政机关办公建筑	江北区人民法院	15227	1002377	65.8

序号	建筑类型	单位名称	建筑面积 m^2	年度总电耗 kWh	单位综合电耗 kWh / m^2
49	行政机关办公建筑	慈溪市档案局	6688	446486	66.8
50	行政机关办公建筑	江北区行政中心 1 号楼	26724	1853448	69.4
51	行政机关办公建筑	慈东滨海区管委会	6000	417922	69.7
52	行政机关办公建筑	江北区庄桥街道办事处	8700	612099	70.4
53	行政机关办公建筑	慈城镇人民政府	3000	211244	70.4
54	行政机关办公建筑	慈溪周巷镇政府	15485	1103393	71.3
55	行政机关办公建筑	江北区慈城人民政府	6200	455166	73.4
56	行政机关办公建筑	宁海县西店镇政府	5000	370375	74.1
57	行政机关办公建筑	余姚市人力资源和社会保障局	5000	372891	74.6
58	行政机关办公建筑	慈溪市财政地税局	10500	810294	77.2
59	行政机关办公建筑	慈溪坎墩街道	11796	950238	80.6
60	行政机关办公建筑	慈溪市城管局	7448	624577	83.9
61	行政机关办公建筑	余姚市招投标管理办	4376	371239	84.8
62	行政机关办公建筑	江北区地方税务局	4900	452266	92.3
63	行政机关办公建筑	慈溪胜山镇政府	7460	708597	95.0
64	行政机关办公建筑	慈溪市检察院	10150	964847	95.1
65	行政机关办公建筑	慈溪新浦镇政府	7546	735791	97.5
66	行政机关办公建筑	余姚市财政局	4680	465700	99.5
67	行政机关办公建筑	慈溪市广播电视台	25600	2552632	99.7
68	行政机关办公建筑	江北区公安局	9026	1114785	123.5
69	行政机关办公建筑	余姚市公安局	16800	2285496	136.0
70	行政机关办公建筑	慈溪市交通局	6993	1070329	153.1
71	行政机关办公建筑	宁海县民政局	3000	613160	204.4
72	行政机关办公建筑	慈溪市交警大队	4800	1208186	251.7
73	非政府办公建筑	中国银行股份有限公司宁波市分行	46342	7921920	170.9

序号	建筑类型	单位名称	建筑面积 m^2	年度总电耗 kWh	单位综合电耗 kWh / m^2
74	非政府办公建筑	建设银行股份有限公司宁波市分行	39000	6121160	157.0
75	非政府办公建筑	鄞州农村商业银行股份有限公司	34263	5370000	156.7
76	非政府办公建筑	宁波海盛投资有限公司	39000	4731280	121.3
77	非政府办公建筑	宁波新上海国际物业管理有限公司	60000	6153560	102.6
78	非政府办公建筑	宁波报业传媒集团有限公司	47000	4133550	87.9
79	非政府办公建筑	宁波和邦投资集团有限公司	140000	6809300	48.6
80	非政府办公建筑	宁波和丰创意广场投资经营有限公司	230750	11073913	48.0
81	非政府办公建筑	宁波银亿物业管理有限公司江北分公司	76163	3546120	46.6
82	非政府办公建筑	宁波和信物业发展有限公司	80000	3416880	42.7
83	医疗卫生建筑	慈溪市人民医院	117000	20467900	174.9
84	医疗卫生建筑	宁波市第一医院	93364	8501600	91.1
85	医疗卫生建筑	宁波市第二医院	166653	24770918	148.6
86	医疗卫生建筑	李惠利医院	77356	9753680	126.1
87	医疗卫生建筑	妇儿医院	106734	9497160	89.0
88	医疗卫生建筑	宁波市鄞州第二医院	162000	13254500	81.8
89	医疗卫生建筑	宁波市第九医院	32500	2364602	72.8
90	医疗卫生建筑	慈溪市中医院	31000	2100100	67.7
91	医疗卫生建筑	宁波市镇海区人民医院(宁波市第七医院)	35271	5260880	149.2
92	医疗卫生建筑	奉化区人民医院	68700	5546000	80.7
93	医疗卫生建筑	奉化区妇儿医院	13400	834000	62.2
94	医疗卫生建筑	余姚市第二人民医院	18100	2100300	116.0
95	医疗卫生建筑	余姚市第四人民医院	20300	1918400	94.5
96	医疗卫生建筑	慈溪市第三人民医院	62929	4864100	77.3
97	医疗卫生建筑	慈溪市红十字医院	26583	3736000	140.5
98	商场建筑	宁波城市广场开发经营有限公司国购分公司	31228	6750200	216.2

序号	建筑类型	单位名称	建筑面积 m^2	年度总电耗 kWh	单位综合电耗 kWh / m^2
99	商场建筑	特易购商业(浙江)有限公司宁波兴宁中分公司	13121	3024360	230.5
100	商场建筑	银泰百货宁波江东有限公司	33305	5503500	165.2
101	商场建筑	宁波市北仑金汇百货有限公司	12000	2000000	166.7
102	商场建筑	余姚长发商厦有限公司	15000	2584800	172.3
103	商场建筑	宁波金光百货有限公司	20446	7480700	365.9
104	商场建筑	特易购商业有限公司宁波海曙石碶分公司	16594	4469600	269.4
105	商场建筑	宁波太平洋百货集团有限公司	24000	4309840	179.6
106	商场建筑	浙江华联商厦有限公司	35000	7707300	220.2
107	商场建筑	银泰百货宁波鄞州有限公司	27000	5072340	187.9
108	商场建筑	银泰百货宁波海曙有限公司天一广场分公司	18700	6157150	329.3
109	超市建筑	锦江麦德龙现购自运有限公司	11000	2540000	230.9
110	超市建筑	华润万家生活超市有限公司洪塘店	7500	3157100	420.9
111	超市建筑	象山大润发商业有限公司	24778	5754000	232.2
112	超市建筑	慈溪观海卫大润发商业有限公司	21560	5093680	236.3
113	超市建筑	奉化大润发商业有限公司	22000	5526760	251.2
114	超市建筑	杭州联华华商集团有限公司象山丹南路连锁店	15000	4055400	270.4
115	超市建筑	华润万家生活超市(宁波)有限公司	17304	5020380	290.1
116	超市建筑	锦江麦德龙现购自运有限公司宁波鄞州商场	6000	2704615	450.8
117	宾馆饭店建筑	宁波荣耀置业有限公司威斯汀酒店	51900	7786700	150.0
118	宾馆饭店建筑	慈溪市杭州湾大酒店有限公司	32256	12210000	378.5
119	宾馆饭店建筑	宁波市钱湖国际会议中心开发有限公司宁波柏悦酒店	52190	8481500	162.5
120	宾馆饭店建筑	宁波市恒厚实业有限公司阳光豪生大酒店	36000	6561360	182.3
121	宾馆饭店建筑	宁波金港大酒店有限公司	38403	4285050	111.6
122	宾馆饭店建筑	宁波市世纪盛业中苑大酒店有限公司	6660	849713	127.6

所有 122 个建筑合计面积 352 万㎡，2018 年全年电耗 3.78 亿度，平均单位综合电耗 107.5kWh / m²。各类建筑信息汇总情况见下表。

表 5-5 不同建筑类型信息汇总

序号	建筑类型	数量	建筑面积 m²	年度总电耗 kWh	平均单位综合电耗 kWh / m²	用电限额基准线 kWh / m²
1	行政机关办公建筑	72	1107633	75139539	67.8	40
2	非政府办公建筑	10	792518	59277683	74.8	45
3	医疗卫生建筑	15	1031890	114970140	111.4	二级医院 60，三级医院 155
4	商场建筑	11	246394	55059790	223.5	210
5	超市建筑	8	125142	33851935	270.5	280
6	宾馆饭店建筑	6	217409	40174323	184.8	三星级 95，四星级 105，五星级 145
	合计	122	3520986	378473410	107.5	

从建筑类型看，政府机关办公楼占总量的 59%，其次是医疗卫生建筑，占比 12.3%。由此可见，在政府机关办公楼开展能效提升行动相对顺利，阻力相对较小。

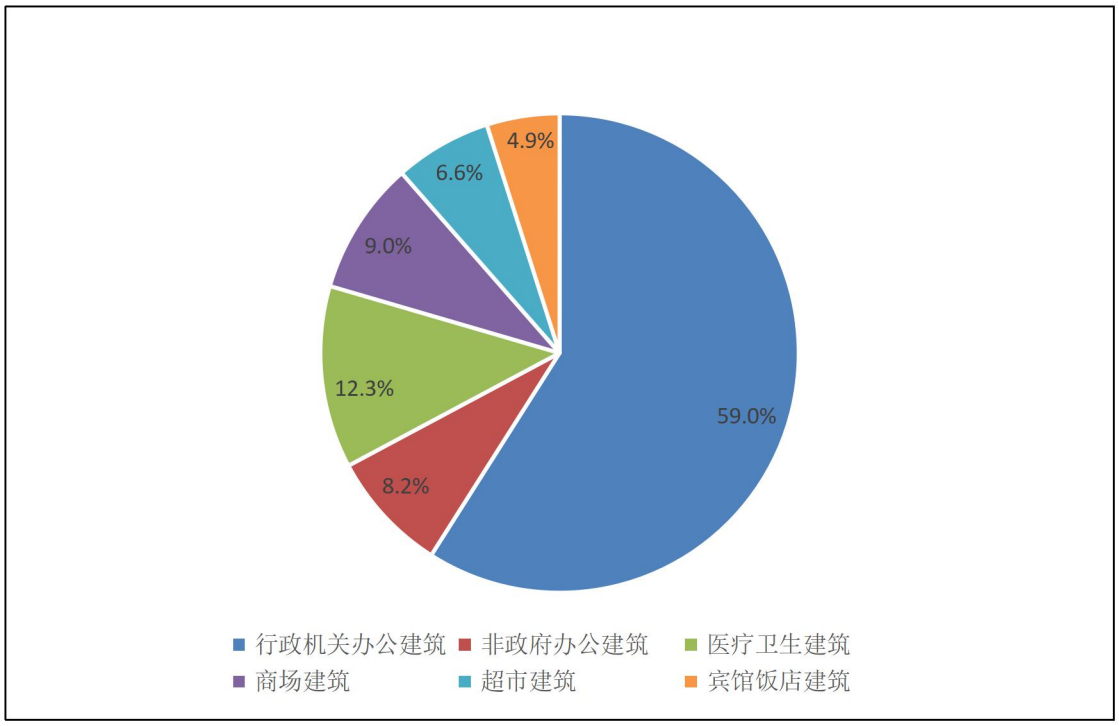

图 5-2 不同建筑类型数量构成情况

从年度电耗构成情况看，医疗卫生建筑占比最高，达到30.4%，其次是行政机关办公建筑，占比20%左右。随后依次是非政府办公建筑、商场建筑、宾馆饭店建筑、超市建筑。

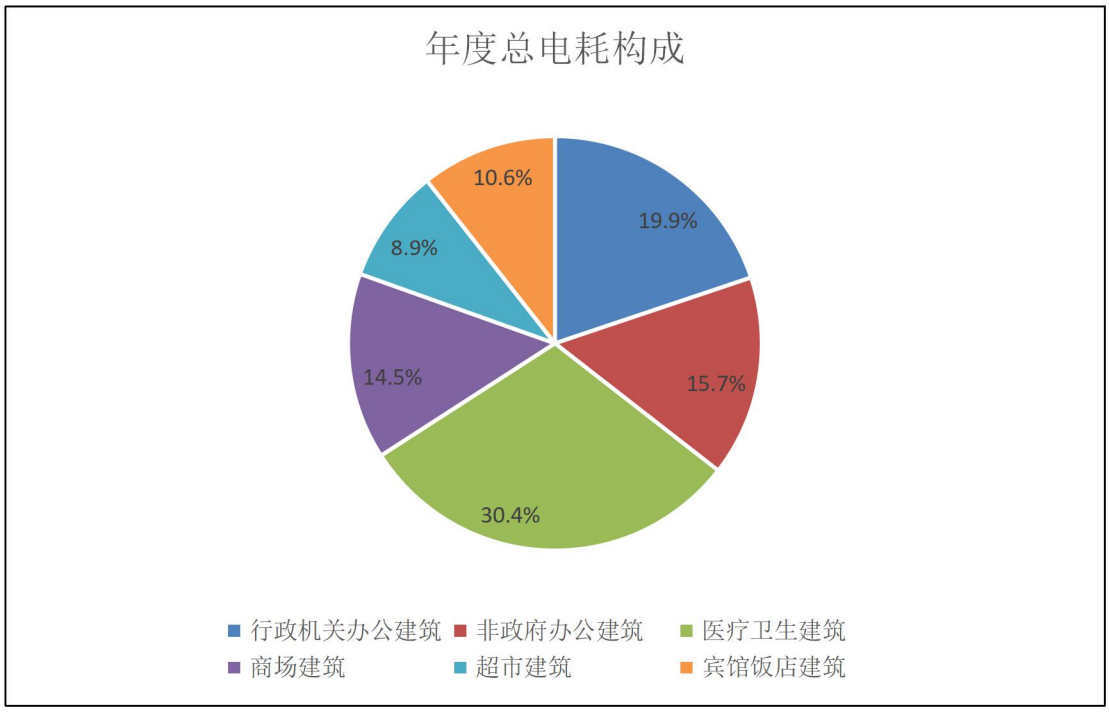

图 5-3 不同建筑类型电耗构成情况

从平均单位综合电耗情况看，除超市建筑略低于用电限额基准线外，其他各个类型建筑的平均单位综合电耗均超过用电限额基准线，其中行政机关办公建筑、非政府办公建筑和宾馆饭店建筑超过基准线较多，具有极为可观的节能潜力。

综上所述，公共建筑能效提升在各类建筑主体中均存在着极为可观的节能潜力，在公共建筑领域实施制冷能效提升行动，可以以政府机关办公楼为突破口，以医疗卫生建筑、各类办公建筑以及宾馆饭店建筑为重点挖潜方向。

5.6. 示范工程

5.6.1. 宁波大学科技服务大楼项目

图 5-4 宁波大学科技服务大楼

宁波大学科技服务大楼于2016年6月开工建设，2018年4月竣工并投入使用，2017年2月获得三星级绿色建筑设计标识。根据《绿色建筑评价标准》（GB/T50378-2014），工程竣工并投入使用一年后，需对绿色建筑技术条文的落实情况进行现场复核，合格后才可获得运行标识。经评审，该大楼的绿色建筑设计充分结合自身特点和条件，综合运用立体绿化、屋顶农场、雨水回用、节水灌溉、地源热泵空调、排风热回收、太阳能热水、光伏发电、光导照明、温湿度监测等主被动绿色技术，在有效控制建造成本的前提下满足了三星级绿色建筑运行标识的要求。

宁波大学科技服务大楼是全球环境基金(GEF)赠款项目，获得

GEF 赠款 70 万美元。该项目的成功实施，将为探索夏热冬冷地区工业建筑绿色建筑适宜性技术和运营管理模式、推进绿色建筑在宁波和中国其他类似气候城市的规模化发展起到了引领示范作用。通过专家评审，宁波大学科技服务大楼成为宁波市首个获得三星级绿色建筑运行标识的建筑，这也是国家绿色建筑评价体系的最高级别。

5.6.2. 宁波银行总部大厦项目

项目概况：宁波银行总部大厦工程位于宁波市东部新城中央商务区鄞州区宁东路 345 号，建设规模 111254m^2（其中地下室建筑面积 31267m^2，地上建筑面积 79987m^2）。

图 5-5 宁波银行总部大厦

设计方案：工程项目空调系统原设计为冰蓄冷系统，根据建筑布局、功能要求、项目特点以及设计标准对中央空调系统基本参数要求，本项目采用整体集成式、模块化、全变频高效节能冷热站系统标准进行设计，并与 ZETA 输配管网水力智能平衡控制系统相结合，系统采用了先进的一次变流量全变频系统，控制系统采用 Armstrong IPC 超高效冷冻机房自动控制系统。项目按照舒适、高效、智慧、节能、稳定可靠的原则，通过对系统末端负荷数据进行建模和三维仿真设计，

以及动态模拟仿真计算，量身制订出匹配本项目的超高效智慧节能系统整体设计方案——集成式全变频自动控制暖通系统。

系统亮点：与传统的中央空调水系统相比，本系统具有诸多亮点，具体如下：

1、**能效高：**系统最高 COP≥7.0、0.65KW/Ton，冷冻机房系统整体年平均运行效率≥COP5.45，比传统冷冻机房节省约 50%的能源支出；

2、**占地少：**原冰蓄冷系统设计机房占地面积 777 平方米，现机房占地面积 294 平方米，节省面积 483 平方米，按地下室 1 万元/平方米成本估算，节省费用 483 万元；

3、**安装便捷：**系统采用模块化结构设计，结构紧凑，所有管件在工厂生产组装，并进行系统预装配组成模块后运抵现场，3 周内完成模块拼装，调试简单，整体施工周期短；

4、**控制系统先进：**项目采用先进的控制系统，采用基于需求的关联、主动控制、多变量、关联、嵌入式、前馈、主动、按需控制，控制精度高，真正实现“一键启停”，并可随时获取系统参数；

5、**可靠性高：**作为先进、节能的集成式冷冻机房，采用全智能化控制系统，采用模块化结构设计，性能佳、风险小，实现 Hartman Loop®远程控制；

6、**舒适性强：**全变频冷冻机房可根据负荷要求进行实时调节，显著改善舒适度；

7、**经济性佳：**系统全自动运行，可减少相应人工费。年维护成本较传统冷冻机房低 50%左右。

第 6 章 其他专业领域

通过调研宁波轨道交通集团有限公司、奥克斯集团有限公司、中宁化集团有限公司、宁波市职业技术教育中心学校等专业机构，我们了解了宁波市其他专业领域在绿色高效制冷方面开展的工作，具体领域包括地铁环控系统、未来社区、绿色消费、制冷剂减排。

6.1. 地铁环控系统

近年来我国城市轨道交通（地铁）事业突飞猛进，截止 2018 年底我国轨道交通运营里程 5295km，全年客运量 212.8 亿人次。作为重要的城市基础设施，今后轨道交通的建设步伐仍将进一步加大，未来远期规划轨交线路将达 700 多条，总里程数将超 30000 公里。

与城市轨道交通事业飞速发展相伴随而来的是其运营能耗的飞速增长。据统计，2014 年北京地铁能耗为 274 万 kWh/km，上海地铁能耗为 300 万 kWh/km，深圳地铁能耗为 350 万 kWh/km。研究表明，环控系统能耗在地铁运行能耗中占重要地位，北方地区环控能耗占总能耗的 1/3，南方地区占总能耗的 50%左右，在动力系统中也具有最大的节能空间。因此，地铁系统的节能主要在于环控（通风空调）系统节能。地铁环控系统节能工作的开展通过运用新的地铁环控系统设计、采用高效地铁专用制冷空调产品、改善系统运行调节方式等手段，从而大幅度减低地铁系统的运行能耗。

2009 年，宁波地铁 1 号线开建，标志着宁波市正式开启“地铁时代”。根据宁波轨道交通集团的远景规划，宁波将建设 8 条地铁线。目前，宁波地铁 1 号线、2 号线、3 号线已先后投入商业运营；同时，4 号线、5 号线正在建设中，4 号线预计 2020 年投运，5 号线预计 2021

年投运；6 号线、7 号线以及远期的 8 号线等线路当前正处在规划设计阶段，尚未开工建设。根据宁波市轨道交通线网规划，2020 年线网规划方案由 7 条线路构成，线路总长约 271.6 km，设站 189 座，8 号线等远期规划线路待进一步明确。

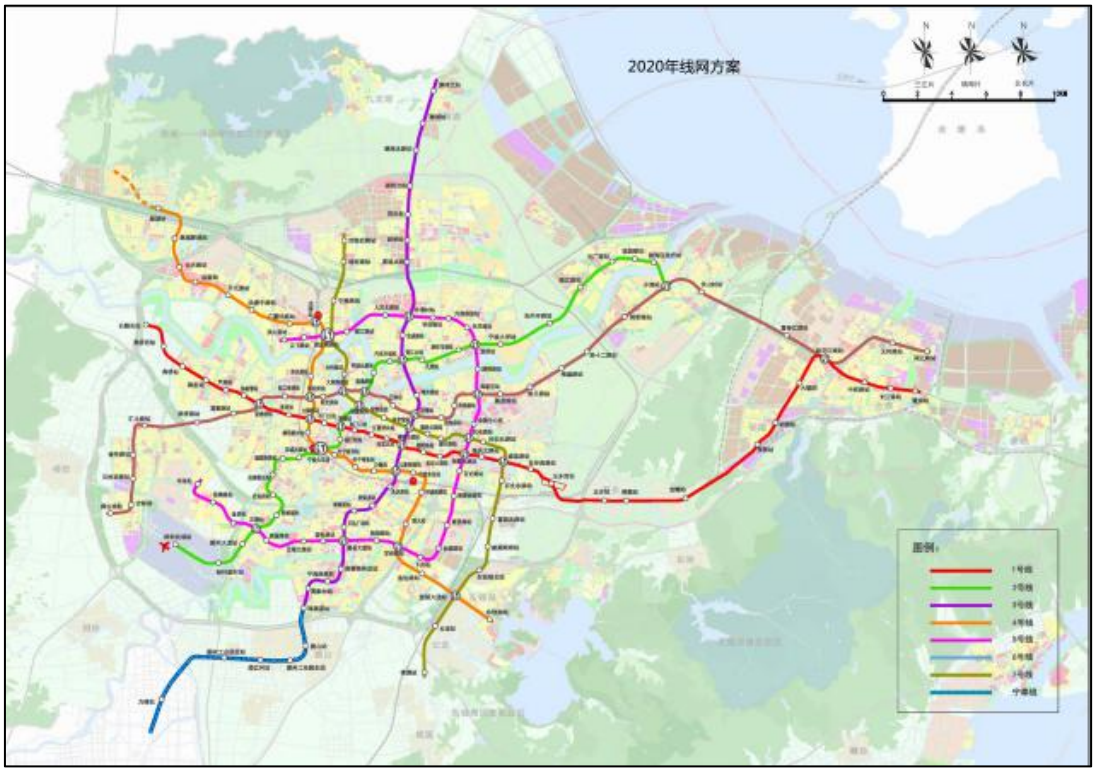

图 6-1 宁波市轨道交通线网规划（2020 年）

参照上海地铁 300 万 kWh/km 的能耗水平估算，1 至 7 号线年消耗电力 8.15 亿 kWh，相当于 2018 年我市全社会用电量的 1.05%，根据南方地区地铁能耗特点，其中环控系统年消耗电力约 4 亿 kWh，如能提高 10%的能效水平，每年将节约电力 4000 万 kWh，节能 1.14 万吨标煤，节能空间巨大。

要实现地铁环控系统的高效节能，应针对其运行现状开展更多的实测研究、掌握基础数据来供分析。同时应采用创新的系统形式和制冷空调产品，更好地适应其环控需求，并在实际运行中进行合理调节、控制。因此，地铁车站地节能高效迫切需要相关制冷空调设备创新产品地支撑，通过改变冷量输送方式、改变通风调节控制等措施有望产

生该领域环控系统的新模式和新途径，也将促进地铁专用制冷空调设备产业的发展，形成制冷空调行业的新增长点。

宁波轨道交通集团有限公司根据已经投运的宁波地铁 1 号线、2 号线的运行能耗情况，以及国内相关城市的调研分析，开展了深入分析，并制定了宁波市地铁系统能效提升的相关计划，包括针对已投运线路的改造、运行调整，以及在建和拟建线路的优化设计等。

6.2. 未来社区

社区是城市治理的基本单元，也是城市品质发展水平的标志。未来社区是以满足人民美好生活向往为根本目的的人民社区，是围绕社区全生活链服务需求，以人本化、生态化、数字化为价值导向，以未来邻里、教育、健康、创业、建筑、交通、低碳、服务和治理等九大场景创新为引领的新型城市功能单元。

对于未来社区的建设，国际上已有前瞻性的探索和尝试。2017 年，谷歌旗下的 Sidewalk Labs 公司宣布在多伦多滨水区建设的一处名为 Sidewalk Toronto 的新兴社区，试图探索解决城市中的各项挑战，包括建立包容且气候友好的社区，改善人们的生活质量并重新构建公共空间。作为典型的智慧城市顶层设计，在该项目方案中，精心选择的一系列尚未广泛应用的城市技术在数字平台、可持续发展举措、绿色建筑以及绿色交通方面为我们呈现出一个完整的未来城市运行愿景，创造更加灵活开放的城市空间。

作为未来社区着力打造的九大未来场景之一，低碳场景的内容包括打造多能协同低碳能源体系，构建社区综合能源系统，创新能源互联网、微电网技术利用，推广近零能耗建筑，建设“光伏建筑一体化+储能”的供电系统、“热泵+蓄冷储热”的集中供热(冷)系统，优化社区智慧电网、气网、水网和热网布局，实现零碳能源利用比例

倍增等一系列内容。

图 6-2 “未来社区”的低碳场景创新

上述低碳场景中，涉及到了“热泵+蓄冷储热”的集中供热(冷)系统，同时还探索引进综合能源服务商，搭建综合能源智慧服务平台，实现投资者、用户和开发商互利共赢，有效降低能源使用成本。

2019 年浙江省两会上，“未来社区”被写入《政府工作报告》，且被定义为2019年浙江省扎实推进长三角一体化建设的“标志性项目”之一。根据《浙江省未来社区建设试点工作方案》（浙政发[2019]8号）和《关于开展浙江省未来社区建设试点申报工作的通知》（浙发改基综[2019]138 号）等文件精神，浙江省发展和改革委员会于 2019 年 6 月公布了《浙江省首批未来社区试点创建项目建议名单公示》，宁波市鄞州区的划船社区和白鹤社区位列其中。

作为国家第二批低碳城市试点，宁波市已在低碳社区的建设方面开展了相关的积极实践。鄞州区的东海花园社区是浙江省低碳试点社区。2016 年起，社区紧紧围绕“建设生态文明，营造低碳社区”为主题，以浙江省低碳试点社区创建为契机，倡导“科学、环保、健康、文明”的生活方式，推进居民参与低碳社区建设的积极性和主动

性，努力把社区营造成为环境优美、人与自然和谐相处的低碳社区。

结合东海花园低碳社区建设的既有经验，宁波市将积极利用浙江省未来社区建设试点工作的契机，从划船社区和白鹤社区这两个试点社区开始着手，整体设计供冷改造方案，探索采用供冷服务托管、按冷量计量收费、制冷需求和能效性能保障合同等创新的商业模式，建设高效绿色供冷系统。

6.3. 绿色消费

随着国家工业化、城镇化进程的加快，消费结构持续升级，能源消耗强度高、利用率低的问题日益凸显，节能减排任务艰巨与日俱增。在实施绿色高效制冷行动，促进节能减排，应对气候变化，加快生态文明建设的大背景下，空调生产企业不断加大变频空调等高效产品的研发力度，也势必要在空调市场上不断提高高效绿色产品的市场占有率，高能效、变频化、环境友好必将成为发展趋势。

然而在实践过程中，传统的家电产品激励政策退出后，往往出现高能效产品市场份额退坡，低能效产品重新抢占市场份额的现象。一方面，消费者信息不对称导致其难以合理地选购高效节能产品；另一方面，目前能效标识的实施方式也很难完全杜绝能效虚标的现象，这些因素都不利于高效节能产品的推广。因此，探索建立节能产品长效推进机制，从消费领域、充分利用市场机制提升高效节能产品的市场份额，为国家节能减排贡献实实在在的节能量势在必行。

2015 年 1 月 8 日，国家发改委等七部门联合发布了《关于印发能效“领跑者”制度实施方案的通知》，明确提出在变频空调、电冰箱、滚筒洗衣机、平板电视等家电产品中实施能效“领跑者”制度。其中上海市作为先试先行的试点城市，通过持续开展“领跑者”制度试点研究

和实践，形成了产品节能消费长效推进机制实现年节电量 4.43 亿度，节电费 3.06 亿元，CO_2 减排量 44.1 万吨，取得了极为可观的节能减排效益，为促进全国范围内的绿色高效制冷消费提供了理想的示范样板。

通过与宁波市知名的空调生产厂家——奥克斯集团有限公司的访谈和现场考察，我们了解了奥克斯公司不同类型的产品在宁波市场的占比情况。2016—2019 年，在宁波地区的空调市场，奥克斯公司变频空调产品数量占比从 30%左右上升至 50%左右。同时，一级能效空调产品的市场占比也达到了 30%以上。在可以预见的将来，高效空调产品仍然具有十分可观的推广空间，尤其在市场环境尚不成熟的县城和农村地区，具有更大的潜力。

尽管当前高效空调产品在宁波的市场占有率稳步提升，但企业在推广高效产品的过程中也不可避免的遇到了一些困难。首先，由于半导体技术的进口依存度较高，产品能效的提升面临成本压力，进而导致高效产品价格高企，降低了消费者选用高效产品的积极性；其次，传统的建筑设计导致大量的空调产品外机安装在相对封闭的环境中，不合理的安装位不但严重影响运行能效，也极大地弱化了高效产品的优势；最后，在大型公共建筑中，不合理的机位配比和使用习惯也导致空调产品能耗升高，造成“节能产品不节能”的现象。

针对在促进高效产品消费的工作过程中存在的问题，奥克斯公司提出了下列建设性想法，能够为政府制定政策、开展相关工作提供宝贵的参考：

1）持续开展“以旧换新”、“以旧换绿”，对新型绿色、高效、智能化家电产品给予一定比例的补贴；

2）优化补贴流程，简化补贴结算手续，减轻生产企业的资金压力；

3）在政府采购中提高准入壁垒，对所采购的产品设置能效门槛；

4）加强与建筑主管部门沟通，优化建筑设计和空调机位配比，合理设置空调安装位；

5）加强技能培训，提升物业公司、售服人员的运维水平；

6）通过高效、新颖的媒体渠道积极宣传引导，培养消费者良好的节能意识、消费习惯和使用习惯。

结合《绿色高效制冷行动方案》、《关于印发能效“领跑者”制度实施方案的通知》等文件精神，根据上海市能效“领跑者”试点情况以及生产企业的诉求等情况，通过学习上海市试点经验，开展制冷家电产品消费领域的能效“领跑者”行动，具有十分积极的意义，对此提出主要的建议措施如下：

1）对于节能贡献大的企业依据节能产品销售量予以一定的税收减免政策和政府荣誉；

2）对于购买节能贡献大的产品的消费者予以 VIP 售后服务，并对购买产品的耗电量给予单独监测；

3）对于进入产品领跑榜的产品，建议直接纳入政府节能采购目录清单；

4）建立地方标准，加速淘汰高耗能产品；

5）加大宣传力度，寻找专业的第三方进行更为有效的宣传；

6）建立网站平台，使消费者能获得更丰富的数据信息支撑；

7）加大卖场工作人员培训，通过卖场人员引导消费、开展宣传。

6.4. 制冷剂减排

为落实国际减排承诺，推动《蒙特利尔议定书》基加利修正案的批准和落实，深度参与全球环境治理，《绿色高效制冷行动方案》针对制冷剂减排提出了一系列要求：

标准引领方面，要加快制修订制冷行业用环保制冷剂产品标准和安全标准，促进低温室效应潜能值（GWP）制冷剂的推广应用。同时，在主要制冷产品能效标识上试行增加制冷剂 GWP 等信息。

绿色供给方面，要求生产企业加大环保制冷剂的研发，积极推动制冷剂再利用和无害化处理。严格落实《消耗臭氧层物质管理条例》和《蒙特利尔议定书》，引导企业加快转换为采用低 GWP 制冷剂的空调生产线，加速淘汰氢氯氟碳化物（HCFCs）制冷剂，限控氢氟碳化物（HFCs）的使用。鼓励制冷产品生产企业创建绿色工厂，严格控制生产过程中制冷剂的泄漏和排放。

绿色消费方面，要加强职业技能培训，要求操作运行和售后服务人员严格落实操作规程，保障制冷设备的高效经济运行，有效防止安装、使用、维修、移机过程中制冷剂泄漏。

政策监管方面，加大对制冷产品回收处理的监管，规范废旧制冷产品和制冷剂的回收、拆解和再利用。鼓励消费者监督、第三方监督、企业互查等社会监督，规范市场行为。

通过生产管理、减注技术、制冷剂回收、效率提升、低 GWP 制冷剂开发应用、使用自然工质、采用颠覆性革命技术等多种方式降低制冷行业的排放，是减少温室气体排放、应对气候变化的重要手段。

在众多制冷剂减排的技术手段中，制冷剂回收是单位减排成本最低的一种方式，也是地方层面最具备可操作性的一种方式。通过建立制冷剂回收装置和提纯装置，用技术手段对制冷剂进行回收利用，替

代直接排放的传统粗放型管理模式，在节约资源的同时，能够减少对气候环境的破坏，从而产生巨大的经济效益和环境效益。

我们通过同中宁化集团有限公司和宁波市职业技术教育中心学校的交流，了解到当前制冷剂回收技术推广的最大制约因素是缺乏回收机构。目前宁波市固废中心等相关机构尚未对此类项目开展相应的建设；制冷剂回收项目的设计，除了加强工艺设施投资建设外，还需要政府深化对供货厂商的制冷剂配额管理、建立和完善回收价格机制，并针对项目建设单位设置严格的准入门槛。目前，国内在这方面的相关工作尚处于空白状态。

针对上述情况，我市的中宁化集团有限公司拟借鉴日本、欧洲等发达国家和地区的做法，借助静脉产业园等相关平台，打造制冷剂回收产业链，项目内容涵盖制冷剂的回收、再生、旧设备拆解、销毁、技能培训等各个环节；宁波市职教中心作为区域培训中心，承担了由环保部主办的制冷系统良好操作培训在宁波地区的培训任务，培训内容也涉及了制冷剂的回收。

低 GWP 制冷剂应用方面，奥克斯空调股份有限公司从 2013 年开始研究新型冷媒替换技术， 2018 年上半年开始全面使用 R32 环保冷媒替代 R22 和 R410A 冷媒，另有一小部分使用 R290 环保冷媒替代。18 年底国内销售的变频产品已全部切换完成，目前公司 R32 产品累计开发 485 款，其中国内销售产品 230 款，海外销售产品 255 款。鉴于 R290 的可燃性，目前替换比例较低。企业 2018 年、2019 年的冷媒使用情况见下表：

表 6-1 奥克斯空调股份有限公司 2018-2019 年的冷媒使用情况

序号	冷媒种类	GWP 值	2018 年		2019 年	
			数量（吨）	比例	数量（吨）	比例
1	R22	1700	1701	17.47%	1428	14.17%
2	R410A	2100	6893	70.81%	4155	41.23%
3	R32	675	1137	11.68%	4454	44.2%
4	R290	3	4	0.04%	40	0.4%
5	小计		9735	100%	10077	100%

从上表可以看出：2019 年，高 GWP 值的 R22、R410A 冷媒使用比相较于 2018 年均出现了下降，而更环保的 R32、R290 用量均大幅度增长，新环保冷媒 R32 和 R290 的使用降低了对全球环境的破坏。

根据企业 2018 年冷媒使用情况，若将 2018 年使用的 R22 和 R410A 全部用 R32 替换，可实现温室气体减排量 1339 万吨 CO_2e，考虑一小部分传统冷媒将采用 R290A 来替换，因此减排量将更为可观。

第 7 章 商业与金融创新

7.1. 背景

所谓绿色金融，是指金融部门把环境保护作为一项基本政策，在投融资决策中要考虑潜在的环境影响，把与环境条件相关的潜在的回报、风险和成本都要融合进银行的日常业务中，在金融经营活动中注重对生态环境的保护以及环境污染的治理，通过对社会经济资源的引导，促进社会的可持续发展。推动用能高效、气候友好的供冷行动是实现巴黎气候协定和蒙特利尔公约的关键举措，属于典型的绿色项目，符合绿色金融的服务范畴。

传统的商业模式缺乏有力和有效的金融与投资机制，相关机构职能分散、各自为政，组织化程度较低，难以实现对绿色项目的高度支持，使供冷优先考虑成本低但能效差、排放高的技术，无法创造市场对用能高效、气候友好的先进供冷技术的需求。因此，设计、实施和推广极具创新的金融投资机制和手段，实践高效、新颖的商业模式，并引导多元化绿色金融产品介入项目建设过程，能够有力和有效地推动用能高效、气候友好的供冷行动深入开展。

《绿色高效制冷行动方案》指出：探索采用供冷服务托管、按冷量计量收费、制冷需求和能效性能保障合同等商业模式，建设高效绿色供冷系统；引导银行业金融机构支持绿色高效制冷生产企业和改造项目融资，落实《绿色信贷指引》，通过绿色贷款、绿色债券等促进绿色高效制冷产业发展；利用国际金融机构的技术援助、低息贷款以及赠款资金，实施制冷能效提升和环保制冷剂替代。

7.2. 现有基础

根据前期调研，宁波市在工业制冷用冷、冷链物流、公共建筑用

冷等专业领域均存在着较为可观的市场需求。与此同时，通过政府部门、金融机构和各类社会资本的多方共同努力，宁波市已经孕育出了良好的投资环境和完善的金融保障体系，为宁波市开展商业与金融创新，推动制冷能效提升提供了强有力的要素保障。

7.2.1. 政府

近年来，宁波市政府在低碳、节能领域的机构建设、政策规划体系、绿色投融资、对外合作等多方面开展了大量的基础性工作。主要工作具体如下：

（1）完善组织机构和规划政策体系。宁波将建设低碳城市作为加快转型发展的重要战略举措。为贯彻落实国家低碳发展战略，2010年宁波成立了节能减排及应对气候变化领导小组，低碳、节能工作管理体系基本形成，相关规划、政策体系逐步完善，相继出台了《宁波市节能“十二五”专项规划》、《宁波市节约能源条例》、《宁波市固定资产投资项目节能评估和审查管理办法》等一批规划和政策措施。

（2）开展实现碳排放达峰目标项目攻坚。2012年底，宁波获批成为国家第二批低碳试点城市，率先明确了碳排放总量在“十三五”期间达到峰值的总体目标。为了实现这一目标，市委市政府明确了原煤消耗总量控制水平，并在可再生能源、绿色交通、海绵城市、绿色建筑、智慧城市等方面开展项目攻坚，有效遏制了能耗和碳排放的增长。

（3）积累项目经验。我市所辖世界银行贷款项目办公室成立于2003年，已成功运作过“宁波市水环境建设项目”、“GEF慈溪湿地项目”等多个项目，具有丰富的项目实施经验。梅山近零碳排放示范区建设、慈溪市交通集团省级近零碳交通试点建设等试点示范项目建设工作当前也正积极开展中。

（4）加强绿色投融资机制支撑。一是持续做大绿色信贷、绿色

债券规模。创新风险分担机制，通过建立信贷贴息和项目担保制度，解决可再生能源发展、产业节能改造、固体废弃物处置、污染物治理等项目融资问题。**二是**撬动各类资本进入低碳、节能经济发展领域。支持市场主体以特许经营、PPP、第三方治理等方式参与城市生态建设。抓住环保税开征契机，谋划设立政府性环保税基金、绿色产业发展基金，吸引民间资本投向低碳、节能项目。**三是**金融支持中小民营企业低碳和节能改造。针对中小民营企业节能减排空间大、资本金规模小、生产不够稳定等特点，通过政府性基金增信、绿色信用评估、绿色供应链金融等方式，鼓励以合同能源管理模式实施一批项目。

（4）加大对外合作引资引智力度。一是多维度与国际机构开展合作交流。紧扣低碳、节能、气候适应型城市建设需要，依托现有良好的合作基础，继续推进与世界银行、亚洲开发银行、欧洲投资银行、全球环境基金、美国落基山研究所、洛克菲勒基金会等国际机构合作，吸引境外资本、专家团队支持宁波高效节能、绿色低碳发展。**二是**谋划建立宁波绿色发展智库。围绕低碳发展路径研究，低碳技术、产品研发应用，加强与国内外高校、科研院所、政府性智囊机构、企业工程技术中心等进行绿色低碳发展交流，常态化组织论坛、研讨，提升全市绿色低碳发展创新力和竞争力。

7.2.2. 社会资本

低碳、节能项目的社会资本参与方以提供合同能源管理服务的节能服务公司为主。根据宁波市节能服务行业调研情况，截至2016年底，本市经国家和市节能主管部门备案的合同能源管理节能服务公司有80家（其中，国家备案22家），主要提供节能新产品、新技术推广和节能改造工程服务等节能技术服务，其中有18家企业的主要业务范围涉及制冷用冷领域，其中有6家为国家发改委和财政部备案的

合同能源管理公司。**表 7-1** 是主要业务涉及制冷用冷的节能服务公司名单：

表 7-1 涉及制冷用冷业务的节能服务公司

序号	公司名称	涉及制冷用冷领域业务内容	备案情况
1	浙江和义能源科技有限公司	中央空调节能管理控制系统	宁波
2	宁波春光节能科技有限公司	太阳能集热器和空气源热泵及其结合技术。	宁波
3	**宁波华谱节能科技有限公司**	**中央空调系统节能技术**	**国家**
4	宁波金易雨节能科技有限公司	中央空调节能改造	宁波
5	宁波杰祥建筑节能科技有限公司	中央空调节能改造	宁波
6	宁波市卓能节能科技有限公司	中央空调节能技术	宁波
7	宁波景安环境科技有限公司	中央空调和分体式空调节能改造	宁波
8	**宁波市科新节能技术有限公司**	**中央空调水节能技术**	**国家**
9	宁波市齐华节能科技有限公司	空调系统节能改造	宁波
10	**宁波阳羽节能服务有限公司**	**中央空调节能**	**国家**
11	宁波绿江环境科技有限公司	空调节能	宁波
12	**宁波能华节能技术有限公司**	**中央空调系统**	**国家**
13	浙江庆隆环保科技有限公司	变频空调节能器。	宁波
14	宁波甬能售电有限公司	空调节能改造	宁波
15	宁波耀辉环境工程有限公司	空调节能、太阳能工程	宁波
16	**余姚市金米萨节能科技有限公司**	**中央空调冰蓄冷、地源热泵**	**国家**
17	宁波和惠节能服务有限公司	中央空调节能	宁波
18	**宁波和谐环保节能科技有限公司**	**溴化锂吸收式热泵余热回用、中央空调系统节能**	**国家**

同时，随着能源互联网技术，分布式发电供能技术，能源系统监视、控制和管理技术，以及新的能源交易方式的快速发展和广泛应用，

综合能源服务（集成供电／供气／供暖／供冷／供氢／电气化交通等能源系统）近年来在全球迅速发展，引发了能源系统的深刻变革，成为各国及各企业新的战略竞争和合作的焦点。国内传统能源产业（电力企业、电网企业、燃气企业、设备商、节能服务公司、系统集成商以及专业设计院等）都在策划综合能源服务转型。

综合能源服务有两层含义：一是综合能源，涵盖多种能源，包括电力、燃气和冷热等；二是综合服务，包括工程服务、投资服务和运营服务。综合能源服务包含三要素：资金、资源和技术。

在宁波，以国网浙江综合能源服务有限公司（简称浙电能源）为代表的综合能源服务公司正在逐步发展壮大。此类公司多为大型能源集团的子公司，拥有雄厚的资金、强大的技术实力、多元化的服务能力和丰富的客户群，同时也具备强大的资源整合能力。

7.2.3. 金融机构

近年来，宁波当地金融机构在相关金融主管部门的支持下，在推进发展绿色金融方面开展了一系列积极探索。

（1）加大绿色领域信贷投入。金融机构通过组织机构、管理制度、产品创新，加大在环保、节能、清洁能源、绿色交通、绿色建筑等领域的信贷资源配置力度，优化资源配置结构，发挥货币信贷政策引导效应。截止 2017 年，11 家金融机构制定了绿色金融信贷管理制度。至 2018 年一季度末，全市绿色贷款余额 1100.58 亿元，投向绿色交通、建筑节能及绿色建筑、工业节能节水环保等项目。

（2）发展多元化绿色金融产品。各类金融机构因地制宜，开发排污权、碳排放权、合同能源管理、未来收益权抵押贷款等多种绿色创新金融产品。如排污权抵押贷款，截至 2018 年一季度，全市累计发放排污权抵押贷款 3.5 亿元，余额 4.0 亿元。银行等金融机构与节

能管理公司、用能企业三方开展合作，通过收益共享、风险共担创新的合同能源管理融资，2014 年以来全市累计发放贷款 64 笔，受益企业超 60 户。

（3）积极推动环境污染责任保险扩面提质。2017 年，全市共为 131 家涉及医药化工、化工物流、危险废物处置、重金属排放等污染高危企业提供 2.67 亿元的环境污染责任风险保障。在提供环境污染风险保障的同时，为提高投保企业的污染风险管控能力，保险公司聘请环保专业机构和行业专家对投保企业进行了企业环境风险评估分析，搭建了企业环境污染风险管理信息平台，为政府环境污染综合治理提供了市场化手段，取得了较好的社会效益。

未来，在主管部门的持续引导下，金融机构将进一步加强绿色金融组织体系建设。加大对重点领域绿色信贷支持力度，服务制造业转型升级、“五水共治”、海绵城市等建设，发展绿色保险，引导企业发行绿色债，支持绿色企业挂牌上市。

7.3. 主要问题

在制冷能效提升项目推进的过程中，项目建设单位通常情况下是以经济利益为核心的，如果缺乏经济利益驱动，改造的积极性会不高，因此难免会与政府的诉求产生冲突。我们通过一系列的调研，发现此类改造项目在实施的过程中，确实存在着诸多亟待解决的非技术问题，主要如下：

1）缺乏一个强大的驱动力

构建一个强大的驱动力，是实施绿色高效制冷行动的关键因素，而政府在其中起到的驱动作用是比较关键的。实际情况是：尽管宁波市在相关政策、法规、标准、制度层面的建设比较完善，但政府机构人员精简，缺乏足够的精力与项目单位一一深入对接。因此，在制定

行动方案的时候需要考虑构建一个强大的驱动力，一个有能力整合多方面资源的市场化平台，工作启动后能够自动循环运作，有利于工作推进。

2）不同类型的项目带来的效益不同，需要仔细甄别和分类

一部分项目经济效益良好，推动比较容易；一部分项目经济效益不明显，但社会效益显著，或对社会所起到的作用是不可替代的，就需要政府资金以及其他资源的注入；而对于一些落后的产能，改造的意义不大，需要一个合理的退出机制。在实际摸排的过程中，对不同类型的项目进行甄别、分类以及制定对策是具有一定难度的。

3）中小型企业融资困难

大型国有企业、工业主体、政府公建等主体融资问题不大，通过节能服务公司合同能源管理的模式，以应收款抵押的形式，即可有效解决风控问题；然而对于民营资本活跃的宁波而言，民营企业在经济活动中扮演着重要的角色，像冷链物流行业大部分为中小型民营企业，现有的绿色金融产品难以满足他们的融资需求。

4）业主单位认识不足，不注重长期效益

节能改造规模和效益通常在企业经营中占比较小，企业负责人往往将重点精力放在扩大生产、提高利润率上，对能耗关注较少，认识不足。业主通常对短期的效益比较注重，对长期的效益缺乏概念。尽管市场空间巨大，金融机构介入的意愿也十分强烈，但由于建设单位本身对长远的经济效益缺乏直观、深入的概念，许多项目由于投资回收期较长，业主积极性不高，绿色金融产品介入存在困难。

5）项目分散，投资吸引力不强

相对于大型节能改造项目而言，大部分制冷项目规模较小，集中度不高，要持续推动改造项目，吸引资金，应出台长效财政政策，并

可以考虑将项目群集成打包，实现规模效应。

6）节能量核定困难

对于节能改造项目而言，方案设计过程中可依据的标准较少，用户不具备审核能力，不能确保设计的质量。同时由于缺乏第三方监督审查机构，能源系统节能诊断、评估方法、检测手段不统一，造成项目节能量测算误差很大，增加了投资风险。最后，节能量的核定受气候、运营情况等多方面影响，如何相对准确的核定节能量，减少审核成本，减少纠纷，都是亟待解决的重要问题。

7）节能服务公司缺乏担保，融资困难

宁波市的节能服务公司体量普遍偏小，轻资产特征显著，缺乏实体抵押物，抗风险能力差。而节能服务公司的收益往往在项目完成后才能获得，金融机构对此类资产的实在性认可度较低，通常不认可将其作为信誉抵押。同时，合同能源管理在我国发展时间不长，金融机构对其缺乏了解，通常将合同能源管理贷款列为高风险贷款项目，获得贷款存在一定困难。

8）绿色金融产品缺乏

当前绿色金融领域仍缺乏针对性的金融产品，金融机构对融资需求及市场空间不了解，对制冷能效提升相关技术未引起足够的重视。

9）金融部门制冷行业技术能力弱

金融机构通常缺乏专业技术人才，对制冷能效了解不深，造成改造市场和资金市场存在严重的信息脱节，进一步加剧融资困难。金融机构往往将此类项目归于普通贷款项目，导致此类项目抵押贷款优势丧失，造成融资障碍。

7.4. 模式创新

7.4.1. 商业创新

一成不变的商业模式难以完成宁波城市制冷能效提升行动的目标，因此，探索在条件允许、意愿明显的企业应用新的商业模式，拓展制冷服务内容和方式显得十分必要而迫切。根据不同的应用场景，主要有以下创新的商业模式可供选择：

（1）由销售制冷设备变为提供制冷服务：“XX 即服务”的模式在国际上日趋流行。在“制冷即服务”的商业模式下，制冷设备生产厂家由制造商变成服务商。工业用户不再需要自己运行制冷设备，像支付水、电、气那样，向服务商采购所需制冷服务。服务商与用户签订服务协定，由服务商在合同期限内保障用户所需的制冷需求，并向用户收取用冷费用。**（“运行+维护+设备”模式，收取用冷费）**

（2）设备日常运行托管合同：企业拥有自己的制冷系统，但将其所有运行完全外包给专业公司。用户与托管服务商签订运行托管合同，向服务商定期支付托管服务费。专业公司确保设备运行处于最佳状态，实现节能减排和运行成本降低。**（“运行+维护”模式，收取托管费）**

（3）设备长期运维合同：企业拥有自己的制冷系统且自己承担日常运行，但与专业公司签订定期“调琴”服务合同，由服务商根据企业的需要和设备运行状况，对制冷设备进行年度、季度或月度的定期能效测试和系统部件的检调，以使设备运行状况始终保持最佳状态。企业按服务频率和深度，依合同向服务商支付服务费。**（提供维护服务，收取维护费）**

（4）“互联网+制冷”模式：以互联网为基础的共享经济理念已经具有很多应用场景，起到了优化资源、减少浪费、降低成本等诸多效

益。“互联网+ 制冷”的应用场景建立了制冷资源共享平台/APP。例如，不同冷库冷藏空间因物品周转时间不一，会有闲置空间。如果通过资源共享，充分利用闲置冷冻冷藏空间和冷链运输设备，将大大提高资源利用效益，减少能耗。通过市场化平台建设，可利用“互联网+”和共享经济的概念，打造宁波乃至全国的制冷资源共享平台，以整合、分享暂时空置的冷冻冷藏空间及冷链运输设备，优化使用制冷资源，以此实现节能减排的目的。

（5）其他创新模式。如合同能源管理、融资租赁等新型商业模式。

7.4.2. 金融创新

如何通过金融创新，建立有效的金融制度安排，在节能减排领域发挥好市场对资金配置的决定性作用，有效调动社会各方资金共同参与，是当前迫切需要解决的问题。融资模式方面，可以探索以下几种主要模式：

（1）国际贷款和社会资本捆绑投资：作为主权贷款，国际贷款的利率通常极其优惠。银行利率相比较高，产生的利差将吸引银行跟投，两者利率中和将获得比银行利率优惠的利率。捆绑投资使投资金额以倍数放大。此模式的探索和尝试可为创新公共私营部门项目合作（PPP）模式，转变政府性资金使用方式，提升财政资金使用效率打开新思路。

（2）贷款循环使用，滚动放大：国际贷款的宽限期通常较长，而各种制冷技改项目的投资回收期大大短于国际贷款期限。在贷款期内，采取项目分批实施、资金滚动使用的运作模式，初始资金可本息回笼后再贷，循环数次。初始投资额在贷款期限内循环使用，将实际投资额数倍放大。

（3）专项投资基金：由政府、银行、基金公司、节能服务公司和其它社会资本等参股投资建立，以项目债券投资及股权投资的方式参与城市制冷能效提升行动的投资，扩大投资规模，并按风险和收益匹配的原则取得在偿还国际贷款和跟投银行贷款之后的收益。

（4）资产证券化：由于城市制冷能效提升行动具有大规模的特性，有利于进行资产证券化。待行动项目建立稳定的现金流后，可将银行跟投部分产生的应收账款作为金融资产分割进行证券化。资产证券化将不流通的金融资产转换成为可流通的资本市场证券，提高资金流动性，盘活银行金融资产，同时吸引包括机构投资人在内的多样化的投资机构。

同时，以融资推动大规模节能减排面临诸多风险。信用风险、还款风险以及节能绩效风险构成了关键的风险障碍。针对诸多风险因素，项目融资在风控机制设计方面，可以探索以下几种主要模式：

（1）电费缴费账单还款。通过将贷款还款渗入电费账单及在中间转贷金融机构建立电费付费账户作为获取贷款的预设条件，账户内的资金将首先用于还本付息，余下部分支付电费，以此增强还款的保障。

（2）违约备偿金。探索多种不同风险损失备偿模式并分析不同模式之成本效益：

①借贷企业预交一定数额的备偿金作为获取国际优惠贷款的先决条件；

②国际贷款额中划拨出某一额度款项作为违约备偿金；

③风险备偿金担保的违约通过宁波市政府在项目股权投资基金里面的投资收益来偿付；

④风险备偿金担保的违约通过国际优惠贷款资金的利差收益来

支付；

⑤上述几个模式的混合。

（3）创新使用保险机制。国内外保险业已经为节能减排开发出履约保险及节能绩效保险等保险产品，使项目实施单位可通过购买保险去除贷款还款违约的风险以及节能未达到合同要求的绩效风险。与违约备偿金相比，通过保险规避风险可以减少资金被占用的成本，使更多资金释放出来进行节能减排投资。同时节能绩效保险可以消除因节能效果未达到预期而影响贷款支付，在保障节能绩效的同时减少支付和信用风险。

7.5. 市场化平台创建

用能高效、气候友好的供冷项目涉足领域广泛、技术路线繁多、投资主体多样。同时，项目建设、运营过程中涉及到业主、金融机构、节能服务公司、政府、设备供应商、工程队伍等诸多利益相关方，不同的项目适合的商业模式和绿色金融产品千差万别。

因此，以大型的综合能源服务公司等机构为主体，整合宁波现有的基础和资源，引入平台公司机制，建设一个强有力的市场化服务平台，在平台上形成规模化整体化的集团模式，能有效帮助节能服务公司、金融机构等相关方介入到制冷能效项目中，形成良性对接模式，提高项目的组织化程度和运作效率，产生良好的规模效应和集聚效应，并能有效降低项目的系统运营风险；同时，由于当前此类项目对政策财政补贴依赖性较强，市场化平台公司的引入还将显著提高项目的市场化程度，减轻政府的财政压力。

7.5.1. 国内相关经验

国家、国内其他城市以及宁波本地有关机构在节能改造金融创新方面已经开展了一系列有益探索，能为宁波市制冷能效提升项目建设

市场化平台工作提供借鉴。国家方面，科技部联合上海市，以《2030年可持续发展议程》为背景，开展了绿色技术银行建设；地方城市当中，作为公共建筑节能改造重点城市的青岛和重庆推出了节能改造创新商业模式；宁波梅山港保税区则在近零碳排放示范区建设中提出了国际能源金融创新中心的方案构想。

（1）科技部/上海市绿色技术银行建设

“绿色技术银行”是绿色发展领域落实2030年可持续发展议程的“技术银行”，是汇聚资源节约、环境友好、安全高效、生命健康等可持续发展重点领域中的先进实用绿色技术，强化科技与金融结合并实现科技成果的资本化、加快科技成果转移转化和产业化、同步服务于国内可持续发展和绿色技术领域南南合作的综合性服务平台。建设绿色技术银行是中国参与全球话语体系的重大战略。

2016年，“绿色技术银行”作为科技部落实联合国《2030年可持续发展议程》和气候变化《巴黎协定》的重大举措，被列入2016、2017年科技部党组一号文件、《全国社会发展科技创新“十三五”规划》。2017年一带一路国际合作高峰论坛后，绿色技术银行工作被科技部纳入《关于落实习近平主席在“一带一路”国际合作高峰论坛科技创新倡议的实施方案》。

由科技部和上海市共同成立的绿色技术银行是汇聚先进实用绿色技术，强化科技与金融结合的综合性服务平台，提供绿色发展领域“技术”+“人才”+“资金”的系统性总体解决方案。

绿色技术银行设立领导小组、管理中心、市场运营主体三层组织结构。**领导小组**是“绿色技术银行”的最高决策机构，由科技部、上海市人民政府和国家有关部委成立；**管理中心**设置海外联络部、信息情报部、法务部、战略规划研发部、政策研究部、专家委员会。**市场运**

营主体由绿色技术信息咨询、评估认证、转移转化、多元化金融主体和众创空间等服务机构组成。

图 7-1 绿色技术银行运营模式

作为一个综合性服务平台，绿色技术银行以市场需求为导向，依托平台内集聚的众多合作伙伴，包括围绕技术创新开展活动的高校、科研院所、企事业单位、服务机构、金融机构等，发挥各自优势，共同梳理、集成绿色技术，加强创新协同，探索绿色技术领域科技成果转移转化机制，破解成果转移转化瓶颈。

（2）地方城市公共建筑节能改造绿色金融实践

作为国家财政部、住房和城乡建设部公共建筑节能改造重点城市，青岛市和重庆市均在商业模式上推陈出新。

①青岛

针对市场上节能服务公司等社会资本薄弱问题，青岛市引入了平台公司机制，并服务于节能服务公司，解决建筑节能项目小而散的问题，通过完善建筑节能金融生态环境，吸引金融资本和社会资金进入建筑节能服务市场，实现多边共赢。

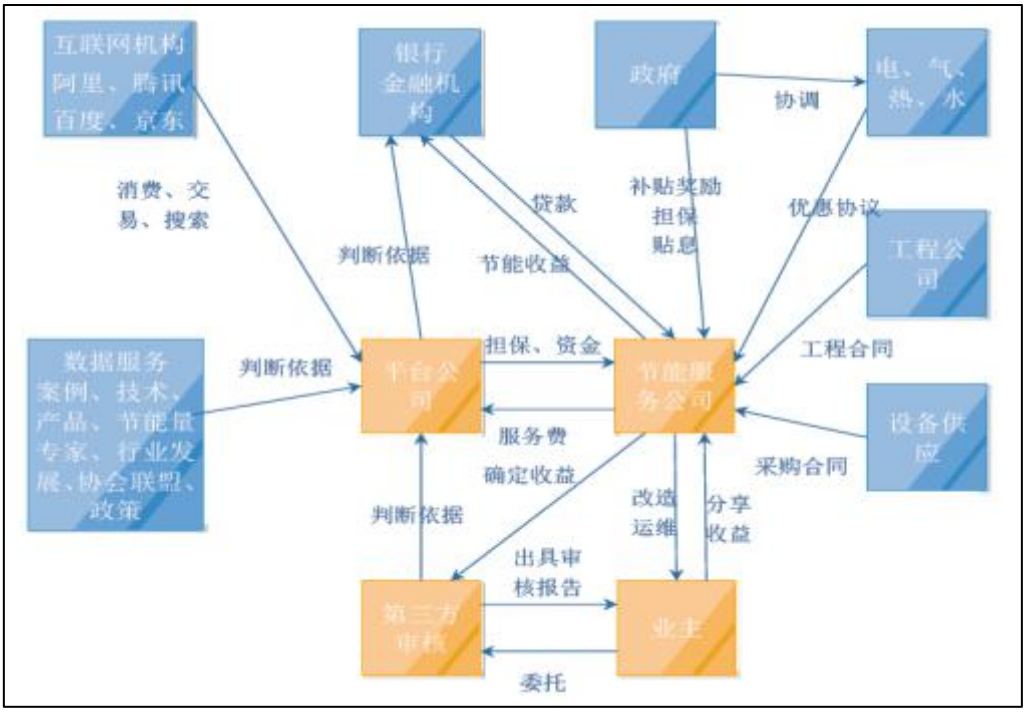

图 7-2 青岛市公共建筑节能改造新模式

②重庆

重庆市形成了政府引导、节能服务龙头企业带动、绿色金融通道畅通、中小型节能服务公司全面参与的“政、企、银”三位一体节能市场服务平台，通过融资信用增级、营运多元化、资金优化配置、扶持本地中小节能服务企业开展节能服务。

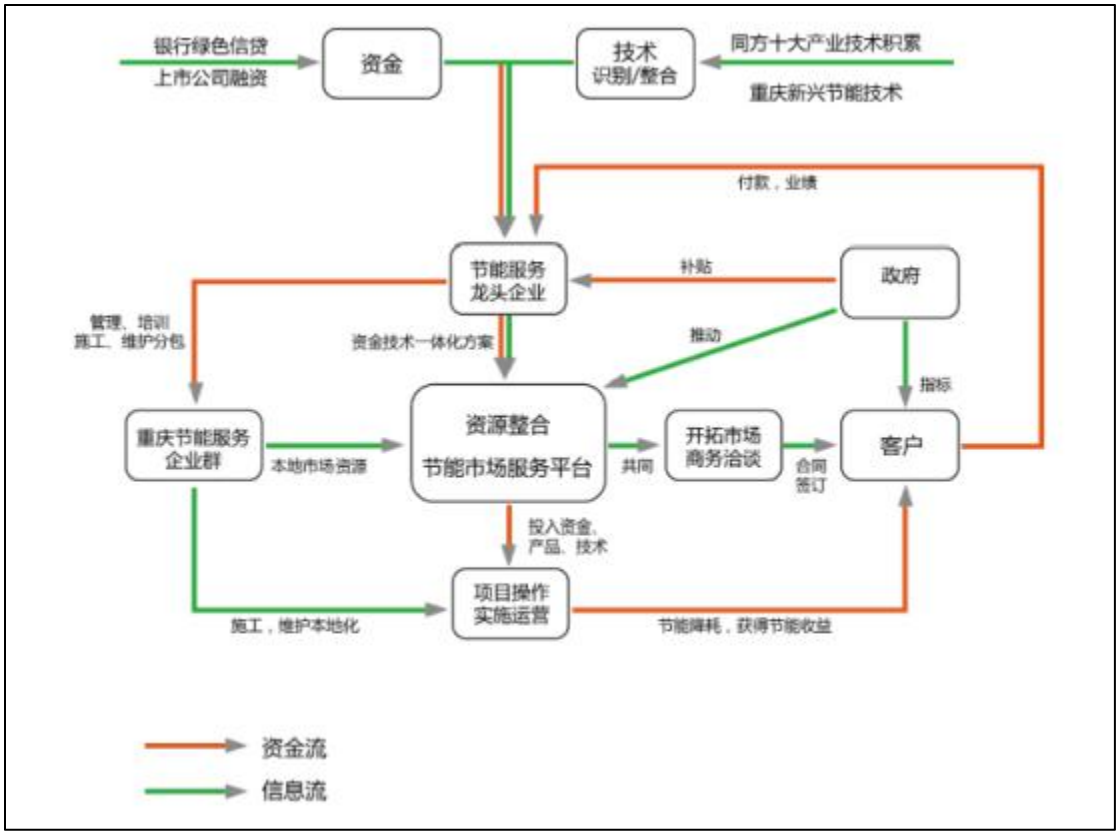

图 7-3 重庆市“三位一体”融资增信运作模式

同时，针对隶属于市财政拨款的机关办公类或公益类建筑，重庆市探索以能源托管为核心，以合同能源管理模式为基础，通过组建特殊目的公司（SPV）来实施建筑节能 PPP 项目。

（3）梅山保税区国际能源金融创新中心方案构想

建设目的：宁波“一带一路”建设综合试验区——国际能源金融创新中心（以下简称“中心”）依托于宁波梅山近零碳排放区，隶属于宁波梅山国际物流产业集聚区管委会。

中心致力于以“**绿色能源、绿色产业、绿色金融**”为服务导向，与国际领先的能源、金融和研发机构合作，成为具有国际影响力的创新平台，打造新能源、新产业、新金融的“宁波模式”，并推动建立符合国家能源和“一带一路”战略的支持性基金。

中心直接服务于梅山新区建设，助力打造高标准国际化的近零碳排放示范区。同时，中心将协助推进宁波“一带一路”综合试验区建设，

打造“一带一路”物流大通道，服务宁波及“长三角”企业拓展“一带一路”沿线国家和地区市场，引导优势绿色产业集群式“走出去”，深度参与全球经济竞争合作，为建设“一带一路”桥头堡和发展“海上丝绸之路”提供支持。

功能定位：中心以解决与零碳示范区建设和“一带一路”相关实际问题为导向，以服务能源、产业、金融的政府政策和企业投资决策为目标，一方面通过探索创新融资模式、新型金融产品和金融服务方式，推动政府以“非补贴”、“非强制”的政策结合市场化手段撬动社会资本，引导资金投资近零碳能源和绿色产业，并推广成功的示范项目及其创新模式；另一方面承接“长三角”地区特别是浙江和宁波地区企业海外投资和贸易互通业务，提供规划设计、风险评估、项目融资、产业落地、政策配套等“一站式”综合解决方案。

中心将打造成为国有资本、社会资本和国际资本互联互通合作平台，建议注册为非营利性的专业研究机构或以金融咨询为主业的平台企业。中心接受由宁波梅山国际物流产业集聚区管委会和宁波市政府共同组建的战略投资决策委员会的直接指导。战略投资决策委员会将负责制定中心的长期发展战略并对重大决策提出建议。委员会还将协调宁波市政府相关部门和宁波梅山近零碳排放区内相关单位，推动政策工具的创新和体制优化改革。

同时，为有效嫁接政府、企业和研究机构，贯通资本和产业，搭建政产学研用共建共享平台，有效推动绿色低碳项目的落地，中心还将在战略投资决策委员会的指导下，募集整合优势资本资源，筹建符合国家能源革命、绿色发展战略和“一带一路”倡议的宁波“一带一路”建设综合试验区国际能源创新产业基金。

中心和基金互为支撑“共同体”，中心为基金提供咨询服务和智力

支持，基金则负责推动方案落地和具体项目实施。

创新模式示例：

创新模式 1：资产评估型清洁能源融资机制（PACE）

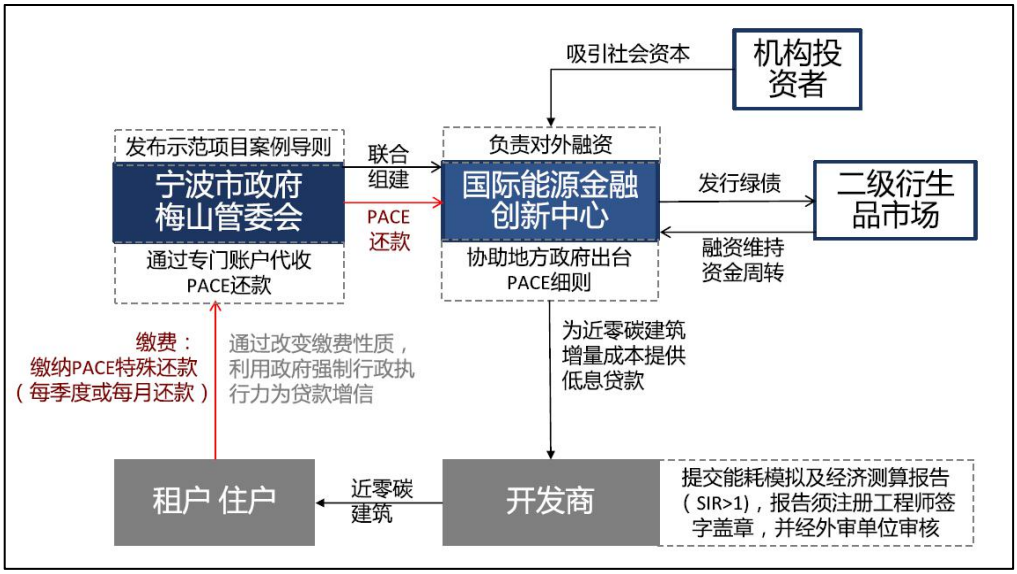

图 7-4 资产评估型清洁能源融资机制示意图

创新模式 2：综合能源服务商账单融资机制（IESP）

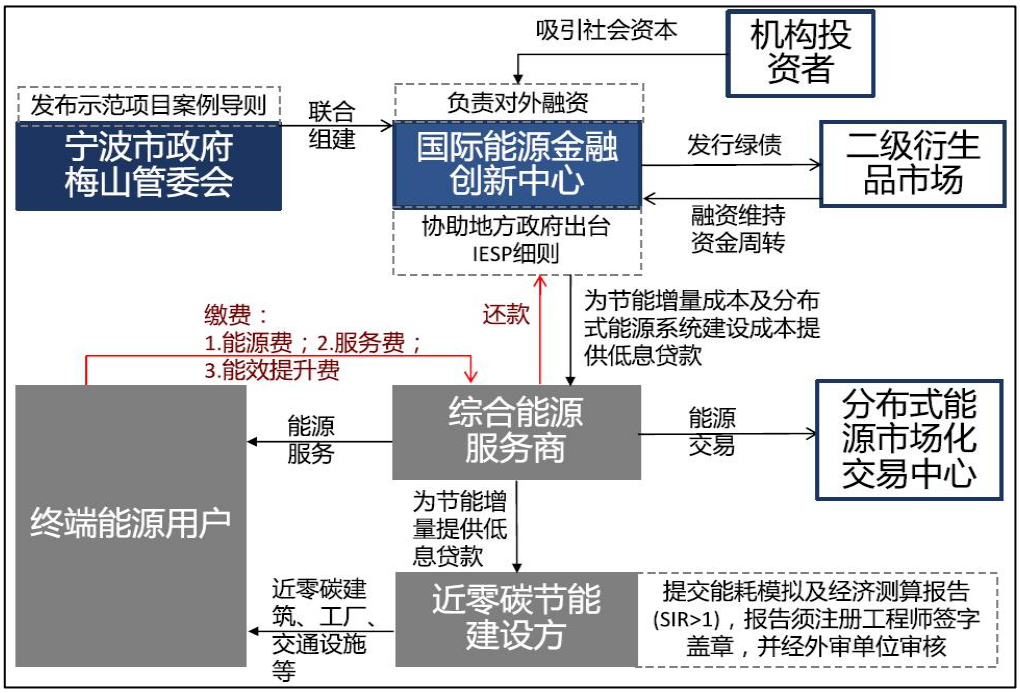

图 7-5 综合能源服务商账单融资机制示意图

7.5.2. 建设方案

借鉴国内相关平台的建设经验，制冷能效提升项目市场化商业创

新平台的建设前期主要依靠政府引导，由政府牵头，以大型综合能源服务公司或类似的机构为依托，成立市场化平台主体。后期，平台通过不断整合各方面的资源，对整个结构框架进行深化完善，政府则通过多方面政策手段为平台的建设和市场化运营提供保障。

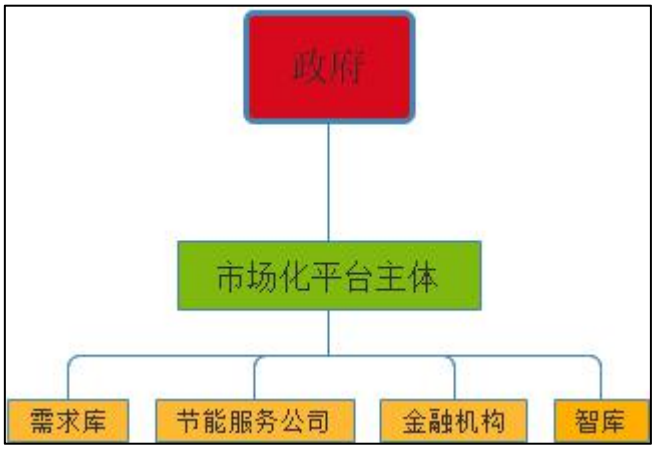

图 7-6 市场化平台建设框架

图 7-6 为市场化平台建设主体框架示意图。在框架体系中，政府的主要职责是推动平台主体建设，引导不同类型的支撑机构接入平台。市场化平台初步建成后，重点是对多方资源进行整合：市场方面，通过政府部门、行业协会、实地考察、节能服务公司等多渠道摸索，在工业、冷链物流、公共建筑、绿色制冷剂推广等方面梳理出一批与制冷能效提升行动相契合的具有可操作性的项目；节能服务公司方面，将基础实力强、制冷项目经验丰富的节能服务公司纳入到平台体系下；金融机构方面，通过金融主管部门和行业协会，引入一批绿色金融机构，为项目的开展提供多元化、个性化、有特色的绿色金融服务，同时利用平台积极与国际绿色资本开展合作；智库建设方面，引入专家库、第三方审核机构、咨询服务机构和信息数据库，并建立科技成果库，为平台运营和项目建设的开展提供技术保障和智力支持。

7.5.3. 运营方案

平台以“政府引导，市场主导”为原则开展运营。从平台运营的角

度来看，典型的制冷能效提升项目经历项目识别与方案制定、项目融资、项目实施、效果评价与结算几个阶段，政府部门在项目实施过程中起到全过程引导作用。针对典型项目，平台运营的大致流程如下。由于不同项目涉及的具体场景、相关主体、考虑因素不尽相同，实际流程会与下文的描述存在一定出入。

（1）项目识别与方案制定

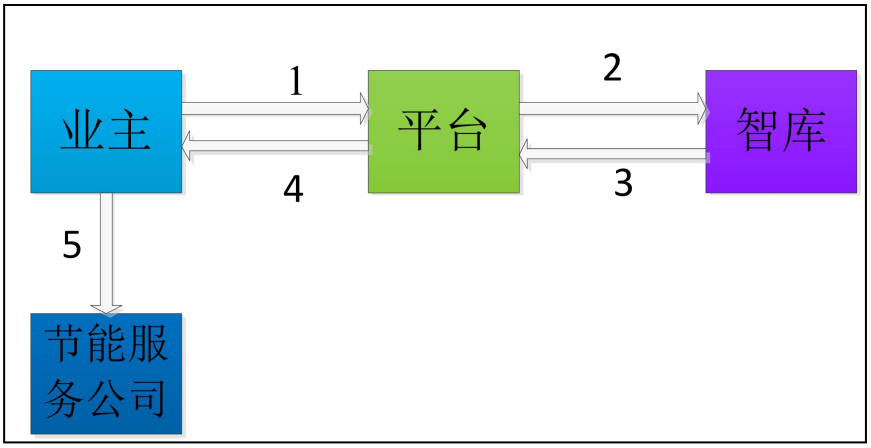

图 7-7 项目识别与方案建议阶段流程

1：平台公司通过节能服务公司等渠道获取市场信息，并进行初步筛选，将符合条件的项目入库；

2：平台公司将入库项目的详细方案交给智库平台的相关专家、咨询机构等，由专家团队进行专业化的分析判断；

3：专家团队进行专业化的分析判断后，确定方案的可行性，并提出科学的方案建议，包括技术路线、商业模式、融资方案等内容；

4：平台公司将专家建议推荐给项目业主；

5：业主根据技术方案和商业模式，可通过借助平台公司的资源选择适合的节能服务机构实施项目，或自主选择实施单位，确定合作方式，达成项目合作协议。

（2）项目融资

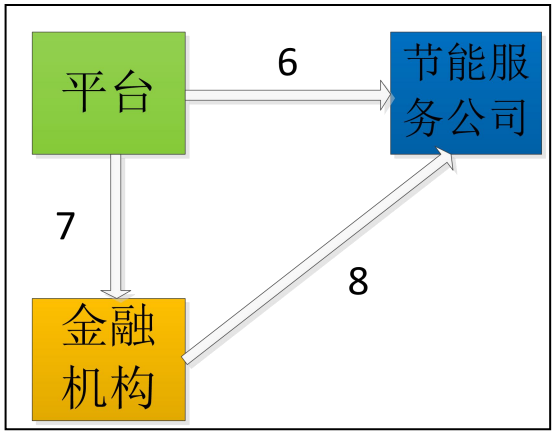

图 7-8 融资阶段流程

6、7：平台公司根据项目的实际情况，通过资金担保等方式为节能服务公司创造完善的融资环境和渠道，同时帮助商业银行或各类基金等金融机构以及国际绿色资本介入到项目中；

8：金融机构为节能服务公司提供绿色金融产品，并针对项目风险设计相应的风控制度。

（3）项目实施

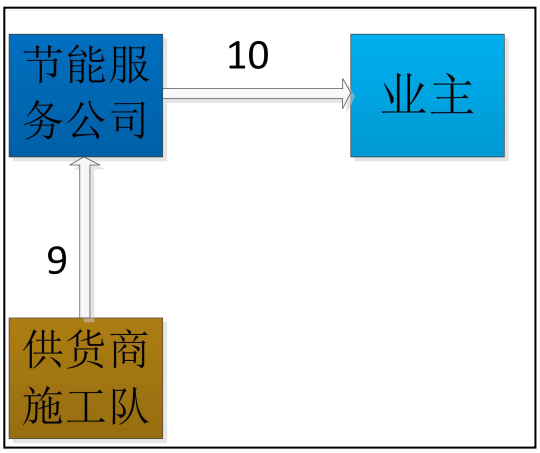

图 7-9 项目实施阶段流程

9：节能服务公司选择合适的供货商和施工队伍，分别签订采购合同和施工合同；

10：项目建设。

（4）效果评价与结算

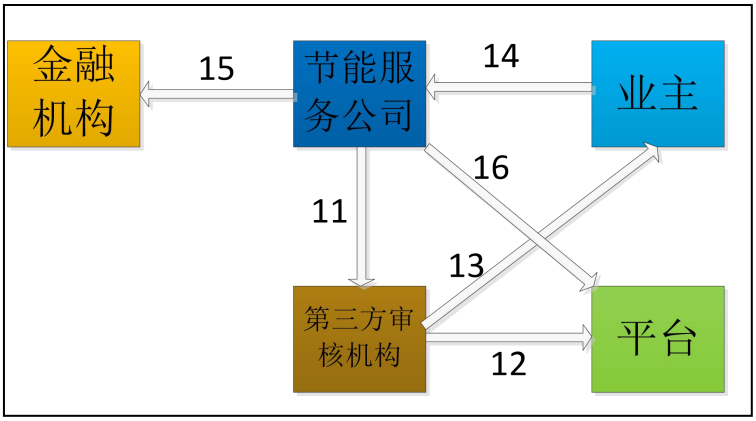

图 7-10 项目效果评价与结算阶段流程

11：项目建设完成后，节能服务公司委托第三方审核机构对项目进行检测，对项目的能效水平进行客观公正的效果评估，保证业主与节能服务公司之间实现公平交易；

12：第三方机构向平台公司出具审核报告，经平台的智库专家评审认可后，可作为认定依据；

13：第三方审核机构向业主出具经平台认定的第三方审核报告；

14：业主与节能服务公司根据审核报告结果进行项目结算；

15、16：节能服务公司向金融机构偿还资金，并向平台公司支付服务费。

（5）政府的引导作用

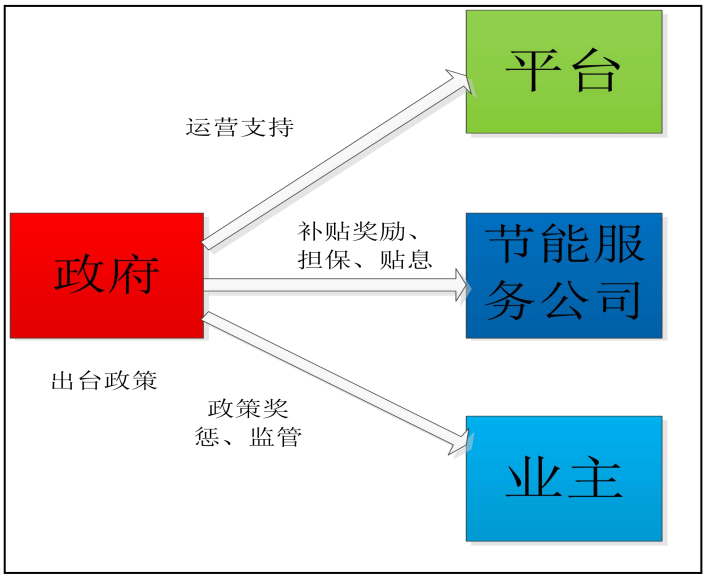

图 7-11 政府在项目过程中的作用

政府部门通过出台政策，采取政府贴息、减免税收、协调出台优惠的能源价格等办法鼓励发展市场，并给予优秀示范项目财政补贴奖励以及一定程度的担保以充分发挥优秀项目的示范作用。同时，政府部门通过必要的行政手段为平台提供运营支持；针对用能单位，政府通过制定奖励性或惩罚性的政策来激励业主开展制冷能效建设项目。

第 8 章 工作方案

8.1. 路线图

根据宁波市制冷用冷领域的实际情况，结合《绿色高效制冷行动方案》文件精神，未来宁波市将在诸多专业领域，广泛征集项目需求，并通过探索和应用创新的商业模式与融资手段，配套制定相关的政策保障措施，全面开展制冷能效提升行动。结合前期的调研情况，针对不同专业领域的项目征集渠道及项目类型如表 8-1 所示，具体的宁波市制冷能效提升路线图如图 8-1 所示。

表 8-1 各专业领域项目征集渠道及项目类型

序号	专业领域	项目征集渠道	项目类型
1	LNG 冷能利用	中海油浙江 LNG 站，华润燃气、新奥燃气、兴光燃气等天然气公司	LNG 接收站、调峰站、点供站的 LNG 冷能回收利用项目
2	余热制冷	石化区管委会等拟开展综合能源服务区域的主管部门	重点区域综合能源服务项目中涉及余热制冷的部分
3	空分	宁波石化协会	石化行业空分装置新建及改造项目
4	冷热电三联供	华润燃气、新奥燃气、兴光燃气等天然气公司	燃气分布式冷热电三联供项目
5	冷链物流	宁波市物流协会冷链物流分会、宁波市制冷学会	冷冻冷藏、冷链运输新建或改造项目及管理提升类项目
6	公共建筑	宁波市住房和城乡建设局、宁波市制冷学会	公共建筑能效提升项目
7	地铁环控系统	宁波市轨道交通集团	地铁环控系统能效提升项目
8	未来社区	宁波市发改委	社区集中供冷项目
9	绿色消费	奥克斯集团	促进绿色消费政策制定
10	制冷剂减排	奥克斯集团、中宁化集团、宁波市职教中心	制冷剂回收、绿色制冷剂替换项目

领域	2022 年	2030 年
LNG 冷能利用	基本建成 LNG 项目冷能回收利用示范样本园区	将示范样本园区经验推广到宁波境内新建的 LNG 接收站
	全面开展梅山港近零碳排放示范区 LNG 冷能梯级利用示范项目建设	全面建成 LNG 冷能梯级利用示范项目，并在宁波市进行推广
	挖掘 5 个 LNG 应急站、点供站冷能利用项目	完成 10 个 LNG 应急站、点供站冷能利用示范项目
工业余热制冷	结合综合能源服务，完成工业余热制冷项目累计投资 2 亿元以上	结合综合能源服务，完成工业余热制冷项目累计投资 10 亿元以上
冷热电三联供	针对不在集中供热范围，又有较大用热需求的区域谋划三联供项目 3 个以上	完成新建三联供项目 5 个以上
空分	完成空分装置改造或新建高效空分装置 3 台	完成空分装置改造或新建高效空分装置 10 台
冷链物流	累计完成冷链物流建设项目投资 500 亿元以上	累计完成冷链物流建设项目投资 1500 亿元以上
公共建筑	累计实施既有公共建筑节能改造 360 万平方米	累计实施既有公共建筑节能改造 1000 万平方米
	大型公共建筑制冷能效提升 10%	大型公共建筑制冷能效提升 30%
地铁环控系统	全面开展宁波地铁 1、2 号线环控系统能效提升行动	宁波市地铁运营线路能效达到国内先进水平
未来社区	建设完成划船社区和白鹤社区“未来社区”集中供冷系统	推广“未来社区”集中供冷系统，实施项目 10 个以上
绿色高效制冷消费	绿色高效制冷产品市场占有率提高 25%以上	绿色高效制冷产品市场占有率提高 50%以上
制冷剂回收	谋划 1 个专业化的制冷剂回收产业项目	形成完善的制冷剂回收产业链
商业和金融创新	探索创新商业模式、融资模式在制冷能效项目中应用	打造运用创新商业模式、融资模式的制冷能效示范项目 30 个以上
	谋划建设市场化平台	全面建成市场化平台，并维持平台的良性运转

图 8-1 宁波市制冷能效提升路线图

8.2. 工作框架

为保障制冷能效提升工作的有序推进，不同参与主体之间需要形成良性的多边合作关系。同时，政府部门要进行宏观调控，必要时在不同的参与主体之间开展及时、有效的协调工作。结合本文“7.5 市场化平台创建”章节的内容，以节能效益分享型合同能源管理商业模式为例，完善的多边合作框架如图 8-2 所示。根据应用场景和商业模式的变化，多边合作框架可在此基础上进行相应的调整。

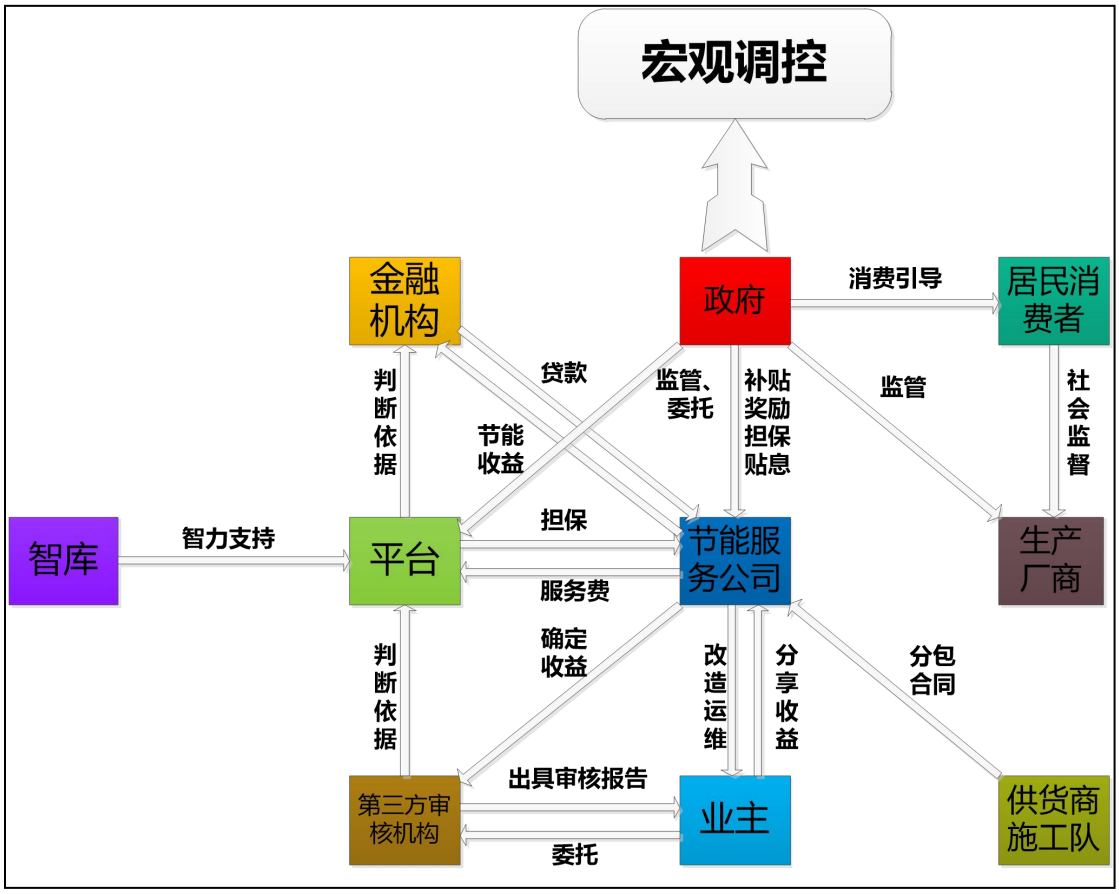

图 8-2 制冷能效提升多边合作框架

8.3. 重点支撑机构

8.3.1. 综合能源服务公司

浙电能源：国网浙江综合能源服务有限公司，简称浙电能源，是

国网浙江省电力有限公司开展综合能源服务业务的全资子公司。公司主营能源服务业务包括：能源资源综合利用、能源基础服务、清洁能源开发供应、电能替代、节能服务、能源数据增值服务、能源金融服务。公司积极探索节能减排、清洁能源高效利用之道，引领能源消费升级。浙电能源公司设立了宁波分公司，以建设城市级综合能源服务商为目标，积极服务于地方经济社会发展。

在制冷供冷方面，浙电能源涉及包括溴化锂吸收式制冷系统、分布式冷热电三联供、冰蓄冷中央空调系统、智慧楼宇智能控制系统、建筑能源管理监控平台、热泵供暖等领域。

此外，浙电能源公司为项目单位提供了灵活多变的商业模式，包括 EMC 合同能源管理模式、BT 模式、PPP 模式、BOT 模式、融资租赁模式等多种方案以实现项目多方共赢。

8.3.2. 节能服务公司

（1）宁波和谐节能科技股份有限公司

企业概况：宁波和谐节能科技股份有限公司成立于 2007 年 3 月，注册资金 800 万。公司一直致力于钢铁、化工行业的节能和能源综合服务。该公司是宁波市节能环保服务行业骨干企业，宁波市先进节能技术一类企业；2011 年，该公司成为宁波市第一批国家发改委和财政部备案合同能源管理公司；浙江省工商局认定 A 级守合同重信用企业；2016 年，公司作为主要的项目实施方参与了中美工业锅炉合作研究项目。目前，公司拥有授权发明专利 2 项，实用新型专利 6 项，受理发明专利 8 项。自成立以来累计实施节能工程 100 多项，为企业实现年节能 40 多万吨标准煤。

核心技术：宁波和谐节能科技股份有限公司深入分析研究石灰窑烟气特性和石灰窑运行特点后，结合长期积累的烟气余热回收经验，

成功开发了“石灰回转窑低温烟气余热回收成套工艺技术及运营经验”，形成专利技术。已经在宁波钢铁 2 台年产 20 万吨石灰窑上成功应用，实现了石灰吨能耗下降 15%，为石灰回转窑提升热效率提供了一个新的方向和趋势。

（2）宁波永拓机电科技有限公司

宁波永拓机电科技有限公司成立于 2006 年，专业从事建筑节能与工业节能领域节能改造，是高效智慧节能中央空调系统服务商，为商业、民用、工业客户专业提供中央空调系统高效智慧节能整体解决方案，以及工业领域流体节能系统解决方案。

公司长期从事省市重点工程、公共建筑、大型房地产开发等基建工程的中央空调系统工程配套供应及服务。公司引进国际高水平节能技术，提供高效节能的冷冻机房自动控制系统、中央空调平衡控制系统、铜管燃气热水炉及节能控制系统等技术与产品，同时为客户提供高品质的系统设计、设备选型、工程安装、施工、售后服务、技术培训等服务。

8.3.3. 金融机构

（1）兴业银行宁波分行

兴业银行是国内最早探索绿色金融的商业银行，从 2006 年在国内首推能效融资产品以来，陆续推出节能减排贷款、碳金融、排污权金融、低碳主题信用卡，2008 年在国内率先承诺采纳赤道原则，并设立专营机构，构建集团化、多层次、综合性的绿色金融产品与服务体系。经过 12 年的发展历程，兴业银行绿色金融探索出了一条集团化“寓义于利，由绿到金”的绿色金融发展之路，以领先的绿色理念、清晰的顶层设计、健全的组织架构和体制机制、卓越的专业能力和创新能力、先进的国际准则，取得了显著的绿色成效，树立了卓越的绿

色品牌影响力和品牌价值。

兴业宁波分行于2013年9月24日同宁波市生态环境局（原环保局）共同签署《金融推进宁波市环境保护工作战略合作协议》，建立和完善排污权交易一级市场配额管理机制，并积极构建二级交易市场，在宁波推进企业间排污权指标交易，逐步形成规范的排污权交易市场。

（2）杭州银行宁波分行

近年来，为贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，进一步发展我国绿色金融市场，加强绿色金融改革创新试验区建设，杭州银行宁波分行坚持“绿色普惠”金融服务理念，以宁波市区域绿色生活、绿色消费、绿色出行等领域为突破口，通过主动对接、信贷资源倾斜、信贷政策优惠等措施积极打造绿色信贷新模式。

为响应浙江省“五水共治”号召，杭州银行宁波分行绿色信贷支持的余姚陶家路江三期整治工程作为余姚市“扩大北排工程”中的重点项目，是以防洪、治涝为主的改善水环境的综合整治项目。项目将沿江居民区整体改造为现代化小区，大大减少了农资垃圾、生活垃圾等对环境的影响，促进了区域商业氛围升级，改善了周边整体经济环境。

未来，杭州银行宁波分行作为支持宁波市地方经济发展的金融主力军，将积极助推“绿色金融”发展，争取在客户覆盖率、贷款增量和社会形象上获得新的成效。

8.3.4. 智库

（1）宁波市制冷学会

宁波市制冷学会成立于1985年6月18日，拥有从事教育、制造、设计、安装、监理、应用、管理等制冷空调专业的科技工作者会员

180 余人，是全市从事制冷空调技术工作者和相关企事业单位自愿参加组成的学术性社会组织，它是具有技术性，专业性，公益性和非盈利性的依法登记成立的法人社会团体，是宁波市科协的组成部分，是中国制冷学会和浙江省制冷学会的成员单位之一，受宁波市商务局和宁波市科协的领导，并受中国制冷学会和浙江省制冷学会的指导。学会督促全市制冷科技工作者积极提高制冷科技工作者的素质，不断更新知识，促进制冷科学技术的发展和普及。

学会根据制冷技术服务于经济建设的不同领域和自身开展科学技术活动的需要，在理事会的直接领导下，设立了学术与科普教育工作委员会、空调热泵专业委员会、冷冻冷藏冷链专业委员会、小型冷机及低温生物医学专业和节能技术咨询委员会等五个专业委员会。

（2）宁波国际投资咨询有限公司

宁波国际投资咨询有限公司成立于 1993 年 2 月，是国有综合性工程咨询机构。公司形成了工程咨询、工程监理、招标代理、政府采购、安全评价、职业卫生、项目管理、工程代建、信息监理等贯穿投资项目建设全过程的业务链条，为客户提供“全方位、一站式”咨询服务。

投资发展研究院是公司专业从事工程咨询业务部门，拥有涵盖石化、化工、机械、电子、轻工、纺织、农业、市政公用工程、建筑、旅游、环保、技术经济、区域经济等各类专业工程咨询技术人员 70 余名，已形成区域经济与社会发展研究、融资咨询、社会评价、产业发展研究、低碳与能源、PPP 项目咨询六大业务板块。其中低碳与能源板块主要围绕低碳经济、碳排放、能源和节能等领域开展相关研究、规划编制、节能评估等工作。近年来凭借团队的研究和人才优势，完成了多个低碳和能源课题，同时还承担了宁波市多个重点项目的节能

评估工作，咨询成果多次获国家和浙江省、宁波市表彰。

8.3.5. 生产厂商

（1）奥克斯集团有限公司

始创于1986年的奥克斯集团，产业涵盖家电、电力设备、医疗、地产、金融投资等领域，连续多年位列中国企业500强。2018年，集团营收860亿元，总资产566亿元，员工3万余名。集团拥有十大制造基地：宁波（3家）、南昌、天津、马鞍山、郑州（在建）、巴西、印尼、泰国（在建），五大研发中心。奥克斯空调位居行业第三；智能电表、电力箱行业第一；在建和运营医疗机构19家。

奥克斯集团旗下拥有2家上市公司（三星医疗601567、奥克斯国际02080），为国家认定企业技术中心、国家级技术创新示范企业和博士后工作站常设单位。持有奥克斯、三星两个享誉全球的知名品牌，品牌价值超250亿元。

作为奥克斯集团规模最大的产业，奥克斯空调经过25年的成长，已经成为中国空调行业前三品牌，销售遍布中东、欧洲、亚太、非洲、美洲等100多个国家和地区。奥克斯空调股份有限公司拥有强大的研发能力，在变频控制、舒适健康技术、智能前瞻技术领域处于行业先进水平。

（2）江森自控宁波办事处

1885年，江森自控有限公司成立于美国，专注于智慧建筑科技与解决方案，是世界500强企业之一。2005年，江森自控合并约克国际，成为全球最大的楼宇自控、暖通空调和冷冻设备的制造及服务商。江森自控针对用能系统整体实施节能技术，作出综合性的节能目标。公司积极为客户提供高效节能的空调、冷冻、自控产品与解决方案。

作为公司在宁波地区的分支机构，江森自控宁波办事处为客户提供一站式能效提升解决方案，包括能源审计与能效分析，节能项目总体规划与实施，节能项目实施效果评估，可再生能源与新能源利用等全系列服务。

江森自控在宁波地区的解决方案应用的部分成功案例如下：

公共建筑：宁波地铁、宁波奥体、宁波银行、航运大厦、中国银行；

制造业：吉利研究院、博格华纳、方太、舟山波音；

酒店：雷迪森广场、南苑环球、富邦酒店、舟山希尔顿；

商业：中青文化广场、万科广场、西子国际、明州里；

医院：李惠利东部新城院区、瑞金医院。

（3）宁波瑞凌新能源科技有限公司

宁波瑞凌新能源科技有限公司致力于零能耗辐射制冷技术的开发与应用，是由国际顶尖科学家领衔的创新团队创建的高精尖技术创新组织，国际首创颠覆性科技成果“辐射制冷超材料”于 2017 年发表于国际顶尖科技期刊《Science》，零能耗降温节能效果显著、规模化和产业化前景广阔、市场应用潜力巨大，对于减缓全球变暖具有划时代意义。

目前公司已发展成为包括宁波瑞凌新能源科技有限公司、节能环保创新与产业研究院、辐射制冷技术产业园等在内的创新组织，现有员工 140 多人，已开发基础性材料产品辐射制冷膜（反射型和透射型）、降温涂料及衍生的近 10 种降温产品，广泛应用于大型建筑、工业厂房、物流储运、太阳能光伏、户外用品、高科技农业、电子电力等领域。公司已与富士康、国家电网、中集集团等 30 家知名企业建立合作关系，在国外著名机场、大型展馆、工业园厂房、电力设备柜

上广泛开展示范应用。

8.4. 政策保障

宁波市在制冷用冷领域存在巨大的能效提升空间和丰富的实践经验，同时也具备良好的市场投资环境。基于上述有利因素，宁波市政府部门有必要联合多方相关单位，通过完善政策激励措施、落实监督管理、积极宣传引导，为宁波市制冷能效提升行动的顺利开展提供完善的政策保障。

8.4.1. 政策激励

宁波市政府部门将从绿色高效产品、政府采购、居民消费、绿色金融、能力建设等角度出发，制定一系列激励政策，全方面推进宁波市的高效绿色制冷行动。

（1）节能惠民工程：响应国家政策号召，持续开展“家电惠民下乡”、“以旧换新”、“以旧换绿”，对新型绿色、高效、智能化家电产品给予一定比例的补贴；同时，积极呼吁上级部门通过优化补贴流程，简化补贴结算手续，减轻生产企业的资金压力；此外，基于制冷产品能效水平城乡存在差异，积极开展“家电下乡活动”，提高乡村地区高效绿色产品的市场占有率。

（2）节能产品（技术）导向目录：将高效节能的制冷产品（技术）列入《宁波市节能、节水技术(产品)导向目录》，目录包含工业制冷、建筑制冷等领域的先进产品（技术）；同时推荐优秀的节能服务公司，鼓励企业委托节能服务公司通过合同能源管理的方式开展制冷项目的节能改造。

（3）政府采购： 完善节能环保产品政府采购制度完善节能环保产品政府采购制度，扩大政府绿色采购范围，加大绿色高效制冷创新产品政府采购支持力度。在工程项目招投标中，鼓励招标人把绿色、

能效指标作为重要的条件纳入产品综合评标标准，提升绿色、能效等指标权重。

（4）商业与金融创新：遵循“政府引导，市场主导”的理念不动摇，通过夯实工作基础、完善政策体系，为本市机构绿色高效制冷项目在商业模式、融资模式、风控机制、市场化平台建设等方面的探索创造良好的市场氛围。

（5）引资引智：积极争取国家专项财政资金以及国际金融机构优惠贷款，为开展高效绿色制冷行动提供资金支持；通过优惠政策吸引专业团队来宁波，通过技术交流、专项诊断等方式为用冷单位提供技术支持。

（6）能力建设：召开市重点用能单位能源管理人员“绿色制冷”相关主题培训班，设计针对性强、实用性高课程内容，为全市重点用能单位打造一支精通制冷系统的能源管理人员队伍打下良好基础；组织在冷链物流等专业领域召开从业人员知识技能提升培训班，打造高水平的从业队伍。

8.4.2. 监督管理

宁波市政府将通过一系列措施强化监督管理。在生产端，严厉打击产品能效虚标、虚假宣传等行为；在消费端，通过行政手段倒逼落后机构实施整改。

（1）产品监督：通过实地走访家电市场，对空调、冰箱、冷柜等制冷产品进行抽查，并对抽查结果进行公示，对违法销售落后产品的商家和产品厂家依法追究相关责任。通过一定的奖惩手段，鼓励消费者、第三方开展监督，规范市场行为，加大消费者合法权益的保护力度。

（2）专项资金监管：在制冷项目建设过程中，会涉及到一部分

中央财政专项资金，如节能改造专项补助资金，中央服务业发展（冷链物流建设）资金，生态文明建设专项资金等。我市将结合中央财政专项资金的绩效要求，进一步加强资金监管和项目审核，对存在方案设计不合理、建设进度缓慢等情况的项目，采取调整企业项目建设计划或取消扶持资质等措施，确保资金的使用效率和安全。

（3）节能监察：在公共机构等领域的用能单位建立节能信用体系，出台节能信用管理办法，针对高能耗用户采用“失信名单”制度，列入失信名单的单位在融资、政府采购等方面将受到一定的制裁。同时，定期开展能耗信息统计与审计培训，制定节能量核定技术标准体系，完善能耗相关的系统平台建设，并做好各涉能部门用能数据的互联互通，为节能监察工作提供可靠的技术支持。

8.4.3. 宣传引导

宁波市政府将积极响应国家的号召，运用多种媒体特别是用好新媒体，普及绿色消费知识，推介绿色产品，推广绿色节能的空调使用方式，倡导健康理性的消费理念，引导节俭、文明、适度、合理的消费模式，营造绿色消费的良好社会氛围。

（1）“节能宣传月”活动：利用每年6月份的“节能宣传月”活动，设立“制冷能效”专题节能宣传，在全市范围内设立现场宣传展板活动，展示制冷相关的技术（产品）。企业代表、机关代表、居民代表分别向全市重点用能单位、各级党政机关等公共机构和广大市民发出制冷节能相关的倡议书。

（2）公益短信：通过联系电信、联通、移动三大运营商，向市民发送制冷能效相关的公益短信，内容包括绿色消费、空调合理使用、举报监督等。

（3）多渠道宣传：利用在本地具有影响力的传统纸媒、手机客

户端、微信公众号进行专项报道，并在已投运的轨道交通路线投放梯牌及灯箱广告，普及相关知识。

（4）网络宣贯：组织市直各单位干部及员工参与绿色高效制冷相关的网上答题，进一步发挥党政机关在节能降耗工作的表率作用。

（5）走进校园：到宁波市范围内的中小学及高等院校开展主题宣传、空调温度检查等系列活动。

8.5. 相关专项行动

8.5.1. 背景

为积极促进节能减排，应对气候变化，加快生态文明建设，宁波市积极参与绿色制冷领域的国际行动。在宁波市发改委的支持下，由亚洲开发银行资助的《通过市场和融资创新发展气候友好型制冷行业》技援项目于2019年9月正式启动。

项目与亚行助力中国生态文明建设目标一致，并支持实现亚行2030年应对气候变化及环境可持续发展目标。本项目将助力宁波设计气候友好高效制冷行动方案在多个部门制冷同时实现温室气体减排和能效提升。同时，宁波希望通过此项目能帮助宁波开发出亚行和国家财政优惠资金支持的高效制冷实施行动，在有力推动气候友好、用能高效的供冷行动的同时帮助宁波制/用冷部门降本提效，创造更多的收益。

项目的主要任务如下：

1）梳理分析制冷领域节能减排现行政策；

2）分析评估先进制冷技术及应用（包括宁波的应用现状及潜力）；

3）设计大规模实施制冷能效提升的商业模式和融资手段；

4）探索“互联网+冷”制冷及制冷领域数据化的应用场景和技术

方案；

5）建立气候友好型制冷的项目库。

项目最终将在宁波设计出最具创新的投融资和贷款机制并积极探索“互联网+冷”等智慧制冷的最新路径，形成可供亚行和国家发改委在国内外广泛推广的绿色智慧制冷的“宁波模式”。

8.5.2. 行动进展

至 2020 年 7 月项目已经取得了一定的进展，主要内容如下：

1）通过研究制冷部门提升能效与降低温室气体排放的最佳国际实践，梳理出了一系列可供宁波借鉴的经验和案例；

2）对当前中国气候友好制冷的标准、市场及技术进行了分析，对先进的标准、技术在宁波的应用前景进行初步判断和谋划；

3）通过对宁波市大量制冷用户的问卷调研，初步建立气候友好型制冷项目库；

4）对既有的实践案例进行了调研，逐步建立示范项目库，并从中提炼出相关经验；

5）实地调研部分制冷用户，并开展了节能诊断；

6）结合宁波市实际情况，开展了“制冷领域可再生能源协同应用”和“新基建下的制冷部门数字化”专项研究，分析了可再生能源协同及数字化在宁波市制冷部门的应用前景；

7）对制冷技改项目收益进行案例分析。

8.5.3. 下一步计划

上述各项工作均已取得了不同程度的进展。根据进度计划，项目整体工作将于 2021 年 8 月全部完成。根据本技援项目成果，后续宁波市将推进相关项目的落地和实践。