



# 中国 制冷 行业

## 战略发展研究报告

中国制冷学会 组织编写

中国建筑工业出版社

# 中国制冷行业战略发展 研究报告

中国制冷学会 组织编写



中国建筑工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

中国制冷行业战略发展研究报告/中国制冷学会组织  
编写. —北京: —中国建筑工业出版社, 2016. 4  
ISBN 978-7-112-19253-3

I. ①中… II. ①中… III. ①制冷装置-机械工  
业-工业发展-研究报告-中国 IV. ①F426. 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 053402 号

本书紧紧围绕我国经济发展和技术支撑中制冷技术的作用和需求, 分析预测未来几年能源生产和消费、建筑环境、食品冷链、北京冬奥会、生命科学、互联网大数据等方面中制冷技术发展趋势, 以及制冷空调的关键技术、设备等。全面反映了当前形势下我国制冷行业发展状况以及国家各行业对制冷技术的需求。

责任编辑: 张文胜

责任校对: 陈晶晶 姜小莲

## 中国制冷行业战略发展研究报告

中国制冷学会 组织编写

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 29 字数: 722 千字

2016 年 4 月第一版 2016 年 4 月第一次印刷

定价: 85.00 元

ISBN 978-7-112-19253-3

(28486)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 本书编委会

主编：江 亿 张 华

委员：（按姓氏笔画排序）

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 于志强 | 马 进 | 马一太 | 马国远 | 王如竹 | 王志强 |
| 尹从绪 | 石文星 | 申 江 | 田长青 | 田明力 | 付 林 |
| 邢子文 | 任传林 | 刘宝林 | 刘拴强 | 刘 静 | 刘晓华 |
| 李 震 | 李善根 | 杨一凡 | 邱利民 | 张秀平 | 陈焕新 |
| 邵双全 | 范增年 | 林文胜 | 孟鑫洋 | 胥 义 | 夏建军 |
| 黄 辉 | 谢晓云 | 蔡小荣 | 翟晓强 |     |     |

# 前 言

在炎热的环境中保持凉爽是人类几千年的梦想，制冷技术的出现使这种梦想变成现实。空调、冰箱已成为现代人们日常生活不可或缺的设备。人类可以在地球最冷和最热的地方生活和工作。制冷技术发展成为一门应用非常广泛的学科，除了与现代人们的医、食、住、行息息相关，还为基础建设和工程提供技术支撑，如地下工程、水利工程、天然气储运、气体分离与液化、大型设施设备（如数据中心、激光器等）的冷却等。同时，制冷技术还为“高新技术”的研究提供重要保障，如超导、超流、核能、天文等方面的研究。

当前，中国经济步入新常态，创新驱动发展战略将发挥突出作用，我国制冷行业正处于创新发展的深刻变化之中。为了全面总结我国制冷行业的发展和需求，中国制冷学会自筹经费，组织国内专家和企业编写《中国制冷行业战略发展研究报告》一书。经过调研、研究讨论和编写，历时一年完成。本书结合行业和时代特点，以中国制冷行业发展的机遇和挑战开篇，从需求和技术两个层面全面阐述制冷技术的创新发展和应用。根据国内经济对制冷行业的需求，介绍了能源生产和消费革命，建筑环境，食品冷链，生命科学，高科技，2022年冬季奥林匹克运动会，互联网、大数据中相关的制冷技术应用和需求，对今后的发展做出了分析。并从制冷系统的角度详细的阐述了制冷工质、制冷（热泵）循环、压缩机技术、换热器技术、制冷阀件、变频控制、吸收式热泵、除湿与加湿技术、冷藏冷冻系统和冷链装备的现状和发展。本书较全面地反映了当前我国制冷行业发展概况。

本书编写过程中得到清华大学、上海理工大学、上海交通大学、天津大学、浙江大学、天津商业大学、华中科技大学、北京工业大学、西安交通大学、广州大学、中国科学技术大学、中国科学院理化技术研究所、国内贸易工程设计研究院、合肥通用机械研究院、烟台冰轮股份有限公司、大连冷冻机股份有限公司、珠海格力电器股份有限公司、广东美的暖通设备有限公司、海尔集团、浙江三花股份有限公司、北京格瑞力德空调科技有限公司、上海万格科学器材有限公司等的大力支持和参与。衷心感谢参与编写工作的全体专家和企业的辛勤劳动和无私奉献。

中国制冷学会  
2016年3月

# 目 录

## 前言

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 中国制冷行业发展的机遇和挑战 .....             | 1   |
| 第 1 章 能源生产和消费革命与制冷技术 .....       | 12  |
| 第 2 章 建筑环境与制冷技术 .....            | 105 |
| 第 3 章 食品冷链与制冷技术 .....            | 176 |
| 第 4 章 生命科学与制冷技术 .....            | 192 |
| 第 5 章 高科技与制冷技术 .....             | 214 |
| 第 6 章 2022 年冬季奥林匹克运动会与制冷技术 ..... | 230 |
| 第 7 章 互联网、大数据与制冷技术 .....         | 258 |
| 第 8 章 关键技术与设备 .....              | 292 |

# 中国制冷行业发展的机遇和挑战

江 亿

我国制冷行业历经改革开放前的 30 年和改革开放后近 40 年两个阶段。第一阶段主要通过自力更生，满足人民生活和工业企业、国防科技基本需要的初级阶段。第二阶段是快速发展阶段，制冷行业成为涉及建筑、食品、交通、信息、能源、医学和各种高科技领域的重要行业，发展成为现代化社会发展、运行中不可或缺的重要领域，制冷产品多样，质量提高，行业一跃成为“世界制造大国”。

改革开放以来，我国制冷行业得到飞速发展，具有全行业的产值体量大、行业国际化普及快、行业渗透力强、行业国际影响显著提高等特征。图 1 是自 1987 年以来制冷行业全行业产品增加值的变化和这段时间内我国 GDP 的增长状况。在改革开放初期制冷行业几乎是从零起步，随着我国改革开放，制冷空调行业与我国经济一样驶入快车道，高速发展。在改革开放的前 20 年（1978~1997 年），制冷行业产值与 GDP 几乎同步发展；而最近 20 年的发展速度高于 GDP 的增长。从 1999 年到 2012 年我国 GDP 增长了近 6 倍，年增长率 14.8%，而制冷产业全行业产品增加值却增长了 8.3 倍，平均年增长 17.7%！这表明，随着社会和经济的发展，我国的经济发展从解决“温饱”问题逐渐发展到提高国家竞争力、提高科学技术水平和人民生活质量。而现代化水平的提高和人民生活质量的提高对制冷技术的各种需求也不断提高，由此加速了制冷行业的发展。

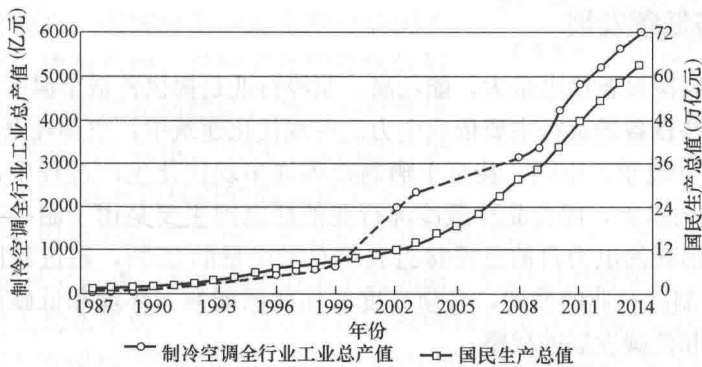


图 1 制冷行业全行业工业总产值与国民生产总值

面对我国制冷空调行业发展新形势，创新驱动、转型发展是行业发展的新理念。谈起制冷行业，人们马上就会想到食品的冷冻冷藏和建筑与室内环境的空调制冷。这确实是制冷业两个最主要的应用领域，关系到人的“食、住、行”。然而，随着社会进步和科技发展，制冷渗入到社会的各个领域和人民生活的各个角落，营造不同温度范围的环境以满足

各种需要：制备接近 0K 绝对温度的环境以满足科学探索的需求；营造低于 120K 以下极低温环境而用于超导、气体分离液化及一些国防尖端技术中；为了生命科学的研究和医学需要而创造 -40℃ 以下的深冷环境；为食品加工储藏和保鲜而维持的 -40~10℃ 的储藏保鲜环境；以及为了保证人的舒适健康所营造的常温舒适环境。随着节能减排要求的不断提高，采用基于制冷技术的热泵手段高效地制备热量也开始成为获取常温范围内的热量的重要途径，于是制冷技术又在各类 35~100℃ 热量的制备中获得广泛应用。

2014 年随着国际经济形势的变化，我国经济发展步入新常态，GDP 由以前持续的高速增长回落到 7%。然而，制冷产业全行业产品增加值并没有出现大幅回落，仍然维持在 7% 以上，这是由于经济产业结构的调整，更增加了社会各界对制冷的需求，表现出制冷行业的坚强性和旺盛生命力。在经济发展的新常态下，尽管建筑业的发展将出现软着陆，由此新建项目对制冷空调产品的需求将有所减少，并且随着国际经济形势的变化，空调制冷产品的出口量的增长也开始下滑。新常态下制冷行业具有如下特点：随着国家对民生的进一步关注，提高食品质量和确保食品安全性的要求将使全国的冷链建设进入快行道；我国大力发展燃气的能源战略将使能源领域对制冷技术与装备的需求成倍增长；互联网+和大数据技术的发展又将形成对数据中心冷却的巨大需求；全民健康工程的建设又会促进在生命科学和医学中制冷技术应用的飞速发展；现代化国防建设也不断对制冷行业提出新的需求和挑战。这样，就使得制冷行业的发展不会减速，而是面临更大的机遇和挑战。经过适应性调整之后，很可能还会出现更大的发展态势。

最近的中央财经工作会议上，习近平总书记强调要“进行供给侧结构性改革”。如何使制冷行业通过这一改革，根据变化了的经济形势而调整、创新，进而实现持续发展，就需要对所面对的社会经济发展态势有清楚的认识。这包括：节能减排与低碳发展的要求，改善大气环境治理雾霾的需要，新型城镇化的发展需求，民生建设和扩大内需的经济发展需求，全面提高中国制造业水平的战略，以及互联网+、“一带一路”战略。这些新需求和新战略，需要全行业共同研究，走出一条转型发展、创新发展之路。

## 1 节能减排与低碳发展

制冷行业和制冷设备用电量大，能耗高。制冷行业是提供营造全温度范围的人工热环境的设备，而这些设备的运行主要依靠电力。在现代化建筑中，空调耗电占到建筑耗电总量的 20%~50%，电子、生物、甚至车辆制造等许多现代化生产过程中，空调电耗也高达生产耗电的 50% 以上，而食品冷藏冷冻行业的耗电则主要是用于制冷。初步统计制冷相关设备的运行消耗的电力目前已经接近我国总发电量的 25%，超过我国能源总消耗量的 10%。因此，制冷行业的发展，必须高度关注我国能源、环境和低碳的形势，以适应国家的节能减排和低碳发展的战略。

图 2 是我国改革开放以来能源消费状况的变化，包括能耗总量、占世界能源消费总量之比以及人均能源消费量的变化。我国的能源消费总量已跃居世界第一（22%，美国第二，16%）。图 3 为 2013 年世界主要国家人均能源消费量，从图中可见，我国人均能源消费量也已经超过世界人均水平，但与美国、西欧北欧各国的人均用能还有 2~3 倍之差。图 4 为我国目前的能源结构，可以看到至今燃煤仍占我国一次能源的 66%。尽管燃油、燃气占总能源的比例约 23%，但已有 50% 以上的燃油、燃气依赖于进口。我国是世界上

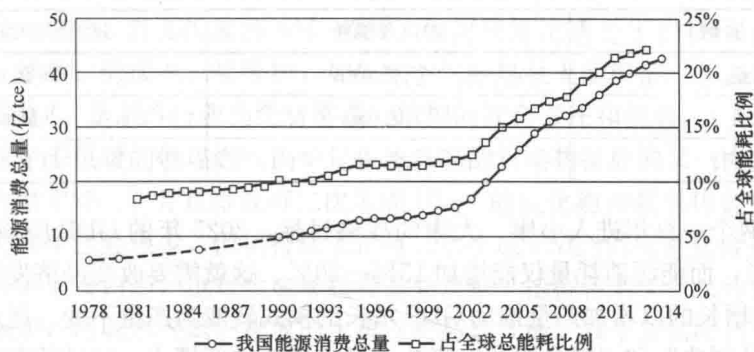


图2 我国能源消费总量

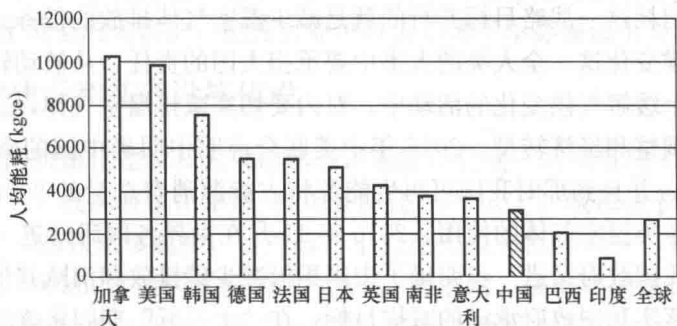


图3 2013年世界主要国家人均能源消费量

燃煤使用量占能源总量比例最高的国家，按照全球发展的态势，燃煤比例必然要逐步降低。我国根据煤炭资源、煤炭生产状况和改善大气环境的要求出发，煤炭消耗量也不会再提高。而国内至今尚未发现新的大型燃油、燃气资源，增加燃油、燃气消费的比例就只能靠加大进口，这又会增加我国燃油、燃气的对外依存度，从而影响能源安全。核电、水电、太阳能、风能等可再生能源之和目前不到我国能源总量的10%，

尽管目前全力发展，但至2025年之前，其总量也很难超过8亿tce。我国未来的能源会如何发展？如果随着GDP的增长和人民生活水平的提高，能源消费持续增长，那么即使人均消费量达到美国人均水平的一半，都要使我国的能耗总量在目前的基础上增长65%。如何供应这一增量？燃煤量不能再增加，燃油、燃气量即使进口量翻倍也只能使总量增长10%，核电、水力以及其他的可再生能源更是很难满足这样的巨大缺口。因此，只能靠节能，改变我们的经济发展模式，在不增加或少增加能源消耗总量的前提下实现经济的持续增长。这是中国经济和社会要持续发展唯一可以走的路。为此，国家发展改革委规划，到2025年全国能源消费总量应控制在47亿~49亿tce，仅比目前增加20%。按照这一目标，工业、交通、建筑三大主要的耗能领域的总量控制目标，其具体指标见表1。

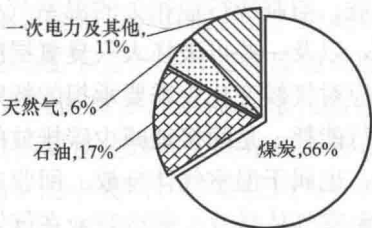


图4 2014年我国能源结构

我国目前能源消费侧现状和未来规划目标 表 1

| 用 能 领 域 | 2014 年能耗 | 规划的 2025 年能耗 |
|---------|----------|--------------|
| 工业      | 25 亿 tce | 28 亿 tce     |
| 交通      | 7 亿 tce  | 9 亿 tce      |
| 建筑运行    | 8 亿 tce  | 11 亿 tce     |

按照我国两个一百年进入小康、大康的战略目标，2025 年的 GDP 应该比 2014 年增长 60%~100%，而能源消耗量仅能增加 15%~20%。这就需要改变经济发展模式，从能耗与 GDP 同步增长的以增加产量推动 GDP 增长的模式转变为产量不变、通过提高产品质量，实现“精品制造”和“精品服务”来拉动经济增长的新模式。这样的变化和调整，对制冷行业是一个挑战，但需求会变化，精品制造和精品服务需要更好的环境控制，也就要求新的和更多的制冷产品。因此这对制冷行业来说又会是一个难得的机遇。

与降低能源消耗这一战略目标并行的就是减少温室气体排放的任务。中央已经非常明确中国在应对气候变化这一全人类的大事中要承担大国的责任，从被动转为主动，对外要积极参与到国际上缓解气候变化的活动中，对内要切实减排温室气体，通过低碳化促进我国的能源结构的调整和经济转型。2015 年中美联合声明中明确中国的碳排放峰值力争在 2030 年之前出现，并且到那时我国可再生能源将占能源消费总量的 20%以上，同时还要进一步消减其他各类温室气体的使用。2015 年 11 月在世界各国研讨进一步缓解气候变化的巴黎会议上，我国政府又进一步明确了中国积极减少碳排放和消减其他温室气体的具体行动纲领。为了落实我国政府承诺的减排目标，在“十三五”期间将逐步确定行业和各地区的碳排放配额，进而为全面实施碳交易打下基础。以后，碳排放权将成为可以在市场进行交易的商品，减少碳排放既可以为节能减排做实质性贡献，还可以从碳交易中获得经济收益。与制冷行业相关的温室气体排放主要是制冷系统消耗能源造成直接和间接的碳排放，以及一些可破坏大气臭氧层的制冷工质的泄漏。积极开展制冷工质替换，是制冷行业在应对气候变化中需要承担的特殊使命。提高各类制冷设备和制冷系统的用能效率，降低运行能耗，是间接地减少碳排放的主要途径。此外，各类煤层气、低浓度油气等向大气排放，也属于温室气体排放。回收这些可燃气，变废为宝，不仅可部分替代燃煤，而且减少了温室气体排放。制冷行业在气体分离、液化等回收利用这些低浓度燃气的技术和应用，也是为减少温室气体排放做出的积极贡献。

这些年来，雾霾现象是困扰我国社会和经济发展和改善民生的严峻问题。我国东部地区大面积接连出现的区域性雾霾现象对居民健康、生活和心理状况都带来严重影响。尽快改善雾霾状况成为社会各界的强烈呼声，也成为对各级政府提出的重要的业绩要求。除了提高能效，降低制冷系统的运行能耗，从而间接地减少在发电时排放的污染物对雾霾的“贡献”外，制冷技术对减少造成雾霾的污染物排放还可以做出直接的贡献。我国北方冬季供暖的大量燃煤锅炉是造成冬季雾霾的重要污染源，其中农村的大量散煤、土暖气消耗的燃煤尽管不到同期北方地区燃煤总消耗量的 10%，但由于其没有任何消烟除尘措施，且燃烧效率低下，这些散煤造成的 PM<sub>2.5</sub> 的直接排放约占到同期燃煤直接排放的 PM<sub>2.5</sub> 总量的一半以上。消除冬季农村土暖气的散煤，最有效的方式是用电驱动的空气源热泵进行供暖，热泵供暖有两方面好处：一方面，空气源热泵产生相同热量所消耗电力的折算煤耗

量约为散煤采暖煤耗量的 50%；另一方面，相同量燃煤发电产生的  $\text{PM}_{2.5}$  的直接排放仅为散煤采暖  $\text{PM}_{2.5}$  直接排放的 6%~7%。如何研发出适合于农村民宅冬季供暖用的空气源热泵，高效、低成本、易维护，如何把空气源热泵大面积推广下去，真正实现农村供暖的“无煤化”，是制冷行业为缓解雾霾应承担的社会责任和机遇。

城镇建筑冬季供暖的燃煤燃气锅炉是生成雾霾的污染物排放的又一大类设备，燃煤锅炉直接排放大量  $\text{PM}_{2.5}$ ，并且排放可二次生成  $\text{PM}_{2.5}$  的硫化物和氮氧化合物。燃气锅炉尽管直接排放的粉尘已经很少，但仍排放大量可二次生成  $\text{PM}_{2.5}$  的氮氧化合物，同时所排放实际为水蒸气的大量白烟，也对生成雾霾有重要贡献。挖掘各类工业余热作为城镇供暖热源从而替代锅炉，回收燃气锅炉排放的水蒸气提高燃气锅炉效率并消除白烟和氮氧化合物的排放，回收大型燃煤锅炉排烟中的潜热余热并对其进行进一步净化，这都需要多种制冷和热泵技术。目前这些技术在内蒙古、山西、山东和北京的很多城市的大量示范工程中都取得了显著的节能与减少污染物排放的效果。让这些技术在北方地区全面应用推广，取消农村的小散煤炉，净化城里的大锅炉，制冷行业可以为治理冬季雾霾做出突出贡献。

## 2 新型城镇化建设和基础设施建设

2000 年以来的城镇化和大规模基础设施建设是这一时期我国 GDP 持续增长的重要拉动力。15 年来，我国城镇化率从 40% 增长到 50% 以上，城镇建筑总量从 150 亿  $\text{m}^2$  增长到 350 亿  $\text{m}^2$ 。高铁从零起步，目前运行里程已经成为世界第一，地铁运行里程数也从 2000 年的不足 500km 发展到目前的 3000km。水电站、核电站的建设也在这段时间得到飞速发展。城镇化和基础设施的建设和发展，形成对制冷空调设备的巨大需求，从而也拉动了制冷行业的技术进步和规模扩大，这可能是 2000 年以来制冷行业的平均年增长率高于这段时间 GDP 的年增长率的主要原因。

现在中国经济进入优化调整的新阶段。城镇化和基础设施建设会有何调整？由此对制冷行业又有何影响？图 5 是我国 2000 年来城乡建筑总量的逐年变化。目前建成建筑已达 560 亿  $\text{m}^2$ ，正在施工尚未完工的建筑 120 亿  $\text{m}^2$ 。据此，我国城乡建筑总量很快将达到 700 亿  $\text{m}^2$ ，按照 14 亿人口总量计算，人均建筑面积（包括居住建筑和公共建筑、商业建筑）将达到 50 $\text{m}^2$ 。图 6 世界主要国家人均建筑面积状况，图中表明，如果我国人均建筑面积达到 50 $\text{m}^2$ ，尽管和美国、北欧、西欧国家相比还有很大差距，但在亚洲就会成为人均建筑规模最大的国家。亚洲之所以人均建筑规模相对美欧要低，是因为亚洲地少人多、资源紧缺、环境容量相对较小。这就使得亚洲的发达国家和地区的城镇化是相对资源节约的城镇化途径，是在较小的建筑规模下实现的城镇化。中国和这些亚洲邻国相比，土地资源、环境容量更为短缺，在生态文明的发展理念指导下，不可能走美国那种“大房大车”的发展模式，因此很难再持续前些年的做法，每年 20 亿~30 亿  $\text{m}^2$  的城镇房屋竣工面积，大规模房屋建设应该接近尾声，建筑业很快将实现“软着陆”。不考虑已经开工的项目，到 2025 年我国城镇新建项目的总量将在 100 亿  $\text{m}^2$  左右，每年新开工建筑总量逐步将减缩到 10 亿  $\text{m}^2$ 。由此，对赖以民用建筑为基础的制冷空调产业该如何调整市场方向，并调整自己的产品结构，就成为需要深入研究的问题。

在可能的新建项目中，与制冷行业关系密切的有如下领域：

**地铁和城市轨道交通。**目前我国城市轨道交通运行里程数为 3000km，规划到 2025

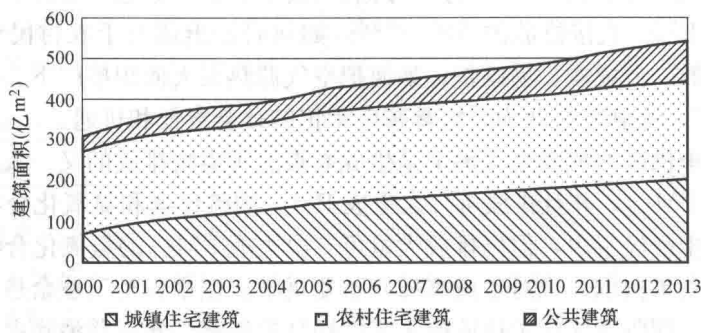


图 5 我国 2000 年来城乡建筑总量的逐年变化

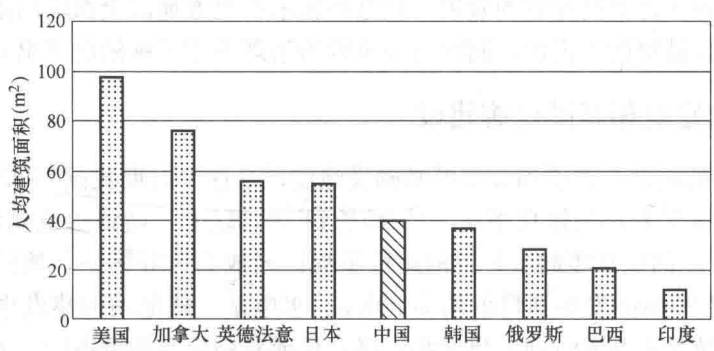


图 6 各国人均建筑面积

年，我国 79 个城市轨道交通总里程数将发展到 13385km，新建车站 1 万座以上，世界上多一半的地铁都将建在中国。地铁也是耗电大户，预计未来全国地铁耗电将达到每年 480 亿度，接近目前全国总用电量的 0.8%。而 50% 以上的地铁用电是车站的辅助用电，其中空调和通风占车站耗电量的 70% 以上。以前地铁空调沿用大型公共建筑中央空调的方式，在系统结构上并不适合地铁的特点，导致系统复杂、投资大、占地多、能耗高。研究开发新的专门使用于地铁车站的空调系统和专用装备，应该是制冷空调行业节能减排的社会责任，也是为大规模地铁建设做贡献的机遇。

**机场和高铁车站。**目前全国规划和正在兴建的大型机场和高铁项目数量巨大，成为基础设施建设中的重要内容，如北京、上海、成都、青岛、厦门等地的新机场等。建成的大型机场和高铁车站往往成为当地的耗电大户，空调制冷又是其高电耗的主要原因。对于这种高大空间、人员密集程度随时变化的交通枢纽建筑，也需要彻底改变空调制冷系统的形式，从而适应其建筑和人员流动特点，大幅度降低运行电耗。为了满足这些新的系统形式的要求，有不少新的制冷空调产品待研究、待开发。

**大型数据中心。**支持互联网+的信息平台也属于重要的基础设施。面对大数据爆炸的发展趋势，建立大型数据中心，满足信息量爆炸式增长对硬件平台的需求，成为各相关行业争先发展的重要领域。大型数据中心设备用电密度高、设备发热量大，冷却系统是维持其安全运行的基础保障。目前大型数据中心单位面积发热量超过 1kW/m²，每个项目需要的冷量都高达数十兆瓦，冷却系统用电占到整个数据中心的 1/3~1/2。由于数据中心完

全是显热负荷，芯片只要在 40℃ 以下就可以正常工作，因此冷却系统工作状态与民用空调完全不同。利用目前集中式空调的设计参数和设备，就会导致目前的高能耗状况。根据数据中心的具体要求，发展专用的机房冷却设备，也是制冷行业需要高度关注的领域。

### 3 民生建设，全面实现小康的需要

在新常态下中国经济的发展将从大规模城镇建设和基础设施建设逐步转为进一步改善居民生活水平，内需驱动，从而全面实现小康。深层次提高生活水平的重点将是医疗服务水平、食品安全与健康水平、文化教育水平和消除贫困人口缩小贫困差别。在这些民生发展建设工程中，制冷行业需要关注什么？

**提高医疗服务水平。**现代医学与制冷技术密切相关。目前正在全国各地兴建的血液、细胞、精子、皮肤等基础材料的储存库，需要快速冷冻技术和长期低温维持的环境；多种疫苗、试剂、药品也需要不同的储存温度环境；采用制冷技术营造低温环境还是新发展起来的治疗手段；制冷技术成为开发新型手术和治疗器械的新方向。建立现代化的生命科学研究体系需要低温技术提供基础保障，建立全民健康保障的医疗系统需要大规模的低温储存体系，发展现代医疗技术需要基于制冷技术的医学器械。这三方面都是全面改善医疗水平对制冷行业提出的需求。

**提高食品安全水平。**食品安全健康是小康社会的基本要求。我国目前食品安全健康水平已落后于经济发展水平和居民收入水平。相比发达国家的现状，尽管中国有“民以食为天”的文化，在食品加工和储藏保鲜上的人均投入却远低于发达国家。由于食品加工、储存和运输过程中造成的变质、腐烂和品质下降既影响了居民的饮食水平，还造成食物的巨大浪费。现在已经是全面建设冷链、提高食品安全、消除储运过程损耗的时候了。在产地全面实行预冷、在加工过程中实现速冷、在储运过程中的保冷以及在销售终端的持续保冷保鲜，是实现全过程高水平冷链的四大关键环节，也将是“十三五”规划中的重要任务。制冷行业是冷链建设的主力军，怎样在这一大规模建设中全面形成冷链的规划建设、装备制造、运行管理能力，进而进军全球的冷链市场，应该是制冷行业需面对的重要课题。

**发展文化教育事业。**全面建设小康的又一项重要任务就是进一步发展我国的文化教育事业。扩大文体设施建设、改善贫困地区中小学办学环境，是发展文化教育事业的两个重要方面。而其中制冷行业也有其需要承担的任务。在贫困地区中小学，冬季普遍没有供暖设施。教室内温度不到 10℃，严重影响学生的正常学习。根据学校的特点，空气源热泵是高效低成本解决中小学校教室冬季供暖的最佳方案。为北方和长江流域农村大约 7000 万中小學生提供冬季教室的供暖设备，这是一项百亿投资的大工程。需要研究专门的低成本、易维护、高效率、专门用于供暖的空气源热泵产品。冬奥会即将在中国举办，利用这一机遇，有关部门提出开展全民冰雪运动，提高中华民族素质的倡议。这需要冰雪运动场馆、大量的制冰造雪装备，也是对制冷行业提出的重大需求。

**改善边远地区人民居住状况。**我国贵州省部分地区、四川省西部藏区等水电资源丰富，化石能源匮乏，冬季气候寒冷，缺少有效的冬季供暖设备，大多数居民室内环境恶劣。分散的空气源热泵是为这些地区提供供暖的最适合技术方式。此外，为了治理雾霾，华北、华中地区农村开始消减散煤土暖气的行动。而空气源热泵也成为替代散煤土暖气的最适宜方式之一。怎样针对这些需求，开发、生产和推广适宜的热泵产品，也是制冷行业

需要重视的领域。

#### 4 制造业发展模式的转型

我国当前经济结构调整的一个重大举措就是改变制造业的发展模式。长期以来制造业关注数量而忽视质量,靠巨量的低价产品实现走出国门,使中国成为世界第一的制造大国。国际市场的饱和使我们不可能继续靠增大产量来维持制造业的持续发展,必须实现由增量向增质的转变,在总量不再增加的基础上通过质的大幅度提升来实现制造业的持续增长。这就将使整个制造业出现大的调整和变革,开展精品制造工程。面对这一形势,制冷行业一方面也应该实现量到质的转变,通过创新,由世界上的制冷大国发展到制冷强国;另一方面又要充分抓住制造业全面升级换代的机会,为他们提供各种适宜的制冷产品。同时,节能减排也成为规范制造业转型发展的主要要求,降低制造业营造生产环境的能源消耗,也是制冷行业需要面对的重要课题。

**高水平净化环境。**现代高质量生产过程的重要标志之一就是对生产环境的高洁净要求。不仅是电子产品产业,纳米相关技术产业,现在正在兴起的生物制药和生物技术产业也是对环境净化程度要求极高的行业。我国在 20 世纪末已经全面具有营造高洁净环境的各项技术。但是,环控系统都成为这类产业的最主要能耗。如何降低运行能耗是高洁净环境技术面临的大问题。通过新的系统形式和相应的高效产品,洁净环境的运行能耗可以有大幅度的下降。而这些低能耗高洁净度的装备和系统不仅可以为工业领域节能产生重要效果,也成为今后大量新建和改建的洁净环境室工程提供产品时竞争的关键点。

**高精度恒温恒湿环境。**机械制造等行业升级改造的重点则是加工环境的高精度恒温恒湿。同样,降低能耗成为目前工业用恒温恒湿环境营造的突出需要。根据初步调查,现在各种工业加工过程的恒温恒湿环境营造系统的运行能耗可以降低 50% 以上。避免冷热抵消、干湿抵消,是这种环境系统运行节能的主要途径。这同样需要新的系统形式,新的设备产品。加快此类高效节能的系统和产品的研发,迎接即将到来的制造业改造引发的对恒温恒湿环境的爆炸式需求,应是制冷行业的责任和机遇。

**极干燥环境。**许多高新技术和产品的生产环境、实验环境和储藏环境需要低湿或极低湿环境,这也构成对制冷技术与产品的新的需求。例如正在飞速发展的电池制造过程就要求极低的室内露点温度,依靠目前的转轮除湿,高温再生,大量的冷热抵消导致高运行能耗。很多国防装备的生产、存放和使用过程也要求低湿环境。除湿产品和低湿环境营造正在成为制冷行业的一个新领域。

**人工气候实验环境。**高性能、高可靠性产品的再一个需求就是大范围的热环境适应性,于是提供大范围温湿度变化的环境实验室也成为制造业发展的新需求。从登月装置实验、军工产品实验,到高压输电防冰雪实验,各行各业都要求各式各样的热环境实验室。随着制造业的全面调整改造,这类实验室将成为一些产业必备的实验环境,这也就成为制冷行业面临的新的市场。

**高污染过程的环境控制。**另一类工业生产过程需要升级改造的是生产过程生成大量污染物的室内环境控制。这里的典型是汽车制造过程中的喷漆工艺。为保证喷漆质量需要控制环境的温湿度,同时还必须排除室内生成的大量油气污染物。目前此类生产车间都实行全面通风换气,环境控制的能耗往往成为全厂的主要能耗。降低这类生产过程的环控能

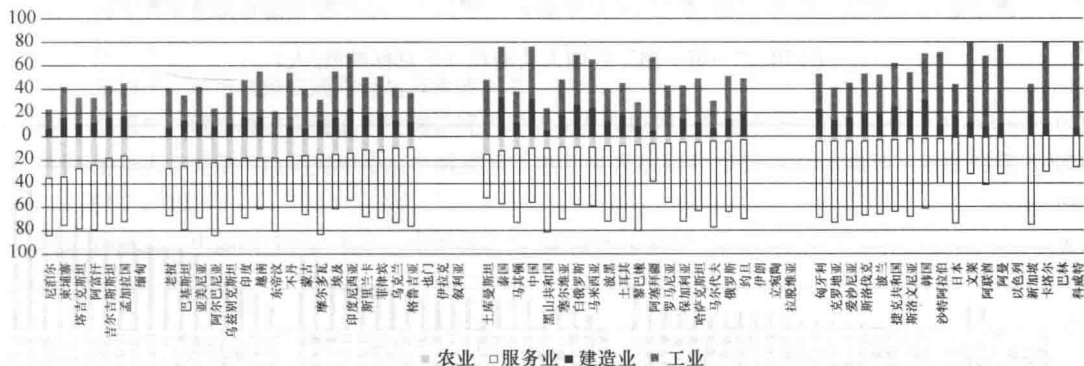
耗,并进一步提高温湿度调控水平,是制造业升级改造中的重要任务,也是制冷行业应该积极配合提供合适的技术与产品的领域。

## 5 为一带一路建设服务

随着国内大规模城镇化和基础设施建设的软着陆,我国巨大的建筑产业向何处发展?随着我国制造业出口趋于平稳、甚至在 2015 年出现下滑,进出口如何持续拉动中国经济发展?面对国内巨大的产能过剩,如何实现中国经济的持续发展?面对这些问题,中央提出“一带一路”战略,并开始通过多方面工作一步步落地实施。“一带一路”就是在路上沿当年的丝绸之路向西、向北方向走出国门,经中亚、西亚、至欧洲,帮助沿途各国进行基础设施建设;海上则是沿当年郑和下西洋之路向南、向西,至东南亚、非洲,开展基础设施建设。通过“一带一路”区域的城市建设和基础设施建设,把我们的周边国家建设好,实现共同发展。当年日本通过家电产业实现了经济腾飞,韩国通过信息产业也进入了发达国家行列。中国要实现经济的持续发展,实现 14 亿人口大国的腾飞,需要有在全球领先的更大的产业。由于近二十年来我国城镇化发展和大规模基础设施建设,我国在这一领域已经有大量世界最强的技术能力和产业能力。如在大型钢结构,高铁、大桥、大坝、电力设施建设上世界领先的建设能力,钢铁、建材等基础材料上世界领先的产能。通过“一带一路”走出去,从规划、设计、建造到全套材料和设备的出口,可以大规模拉动经济发展,缓解去产能的困难,并稳定周边环境,使中国与周边邻国共同富足,和谐发展。这一战略何等英明!这一步的成功将是中华现代史上的光辉一页,也将开辟世界上各国相互支持和和谐发展的新格局。

“一带一路”有多大?图 7~图 11 给出这些国家的基本情况。规划的“一带一路”涉及 66 个国家,包括 39%的世界人口、75%的全球 GDP、53%的全球能源产量以及 59%的全球能源消费量。

制冷行业在“一带一路”战略发展中有什么机遇?城镇化建设、基础设施建设需要大量的空调制冷设备。正是近十多年来我国的大规模城市建设拉动了制冷行业超过 GDP 增长速度的发展,那么未来即将开启的“一带一路”大规模建设又会给制冷行业带来哪些机遇和挑战?我们应该怎样与相关行业携手合作,开辟这一新天地?怎样在这一大规模开发



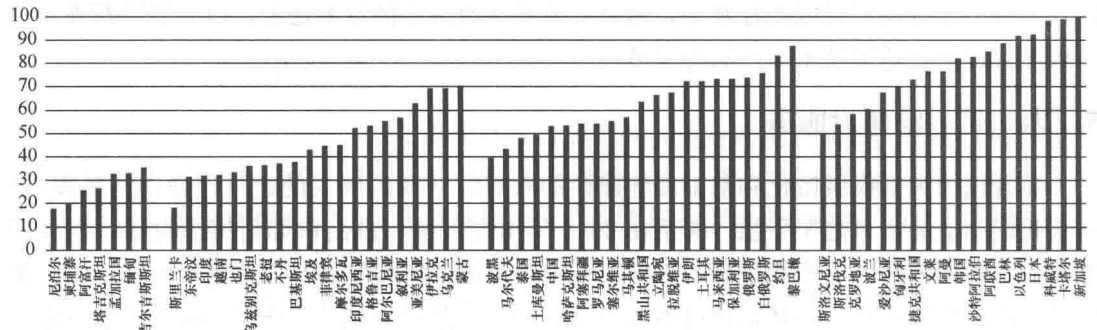


图8 “一带一路”各国城镇化程度（城镇人口占总人口比例）

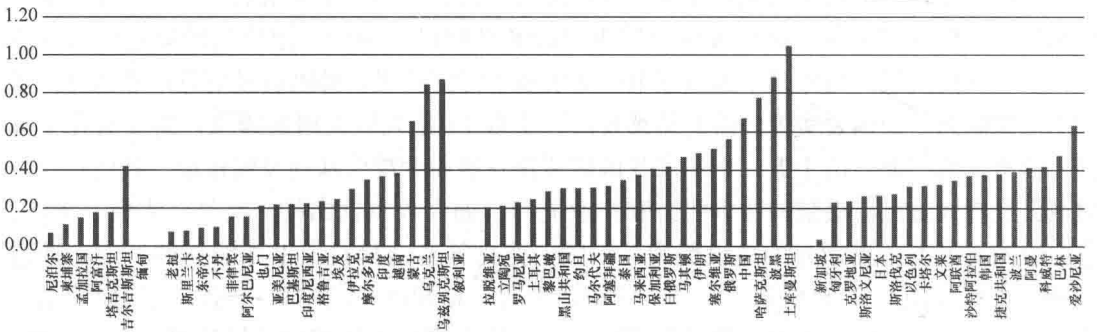


图9 “一带一路”各国单位 GDP 能耗（千克标准油/PPP 美元）

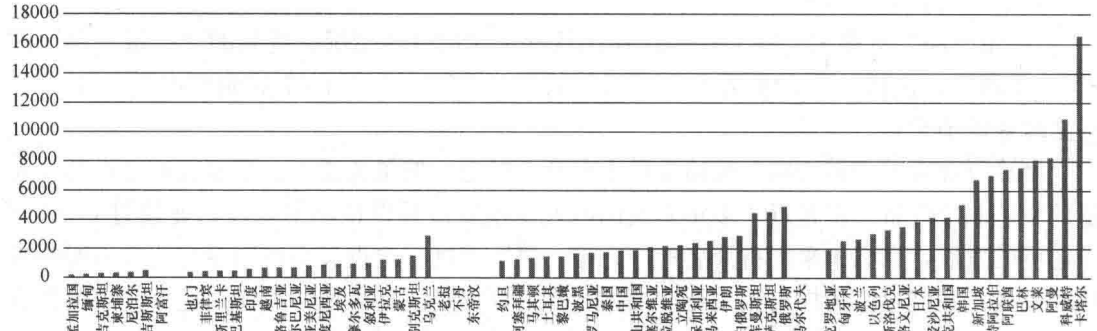


图10 “一带一路”各国人均能耗（千克标准油/人）

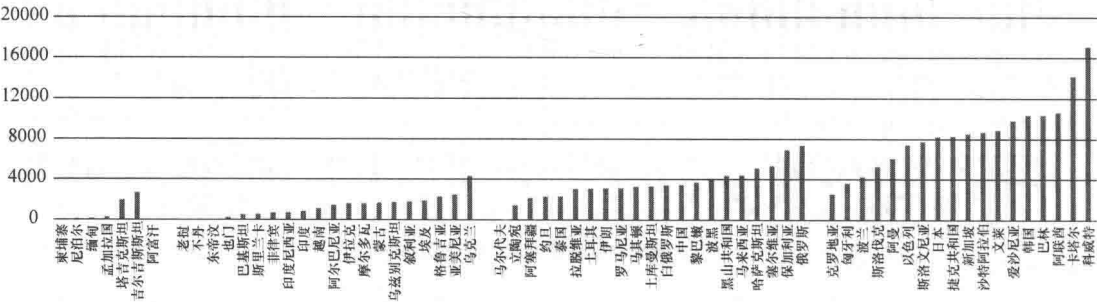


图11 “一带一路”各国人均发电量（kWh/人）

建设中建立起新的高水平科学性的标准、规范体系以保证建设项目的高起点、高质量，同时也打破欧美标准垄断的现状？怎样使我们的装备、产品适应这些新的高水平标准？这些都需要我们尽快谋划、开展工作，从高端做起。

本书是上述内容的全面展开。前7章分别从能源领域、城镇化发展、食品安全、生命科学领域发展、高科技发展、信息化发展以及冬奥会的需求七个方面分析讨论了在新常态下全社会对制冷行业发展的需求和挑战，第8章则列出针对这些需求制冷行业主要的核心技术的现状和发展。希望这本书对制冷行业的企业、学术研究界以及高校在规划未来的企业发展、科研方向以及教学内容中有所启发、帮助，为我国制冷行业新的腾飞做一个铺垫。

## 参考文献

- [1] 刘晓红. 中国制冷空调行业二十年发展情况分析. 制冷与空调, 2010, 10 (1): 4-9.
- [2] 刘晓红, 吴利平, 高珊. 国内外制冷空调行业市场分析. 制冷与空调, 2009 (3): 1-7.
- [3] 张朝晖, 陈敬良, 刘晓红, 等. 再谈中国制冷空调行业的转型升级发展. 制冷与空调, 2014 (1): 1-5.
- [4] 张朝晖, 陈敬良, 刘晓红, 等. 关于制冷空调行业转型升级发展的思考. 制冷与空调, 2013, 13 (1): 1-5.
- [5] 张朝晖, 陈敬良, 高钰, 等. 制冷空调行业制冷剂替代进程解析. 制冷与空调, 2015, 15 (1): 1-8.
- [6] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2015. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- [7] The World Bank [EB/OL], <http://data.worldbank.org/products/wdi>.
- [8] Internal Energy Agency [EB/OL], <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/>.
- [9] 彭琛, 江亿, 姜克隽 等. 中国建筑能耗总量上限的确定. 建设科技, 2015 (14): 27-35.
- [10] 江亿, 李强, 薛澜 等. 我国绿色消费战略研究. 中国工程科学, 2015, 17 (8): 110-121.
- [11] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2015. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [12] 林立身, 江亿, 燕达 等. 我国建筑业广义建造能耗及 CO<sub>2</sub> 排放分析. 中国能源, 2015, 37 (3): 5-10.
- [13] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2014. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [14] 李国庆. 城市轨道交通用能与节能的思考. 2015
- [15] 李国庆. 城市轨道交通通风空调系统的现状及发展趋势. 暖通空调, 2011, 41 (6): 1-6.
- [16] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2010. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [17] 潘秋生. 中国制冷史. 北京: 中国科学技术出版社, 2008