

工业建筑节能

ENERGY EFFICIENCY OF
INDUSTRIAL BUILDINGS

王怡 著

中国建筑工业出版社

工业建筑节能

王怡著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工业建筑节能/王怡著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 7

ISBN 978-7-112-22285-8

I. ①工… II. ①王… III. ①工业建筑-建筑设计-节能设计-研究 IV. ①TU27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 114074 号

本书内容共分 5 章, 分别是: 导论、工业建筑环境、工业建筑通风节能技术、工业建筑供暖与空调系统节能技术和工业建筑体形与围护结构的设计策略。本书从工业建筑室内环境需求及能耗出发, 阐明了工业建筑节能设计分类方法。深入浅出地讲述了工业建筑环境控制能耗的相关理论和技术。重点介绍了高效通风技术、供暖空调技术及围护结构热工参数, 同时配合《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245—2017 中的具体条文进行阐述。

本书可供高校及研究院中从事建筑通风、环境与节能方向研究的科研人员, 以及相关工业建筑设计院的设计人员参考使用。

责任编辑: 石枫华 王 磊 李 杰

责任校对: 焦 乐

工业建筑节能

王 怡 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14 字数: 346 千字

2018 年 9 月第一版 2018 年 9 月第一次印刷

定价: 58.00 元

ISBN 978-7-112-22285-8

(32141)

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)

序

节约工业建筑能耗，是建筑业绿色发展的重要方面。业界在过去的 30 年间，对建筑节能关注的问题普遍集中于民用建筑，基础研究和技术推广得到长足发展，节能标准体系亦比较健全。然而工业建筑明显滞后，相对而言工业建筑节能鲜有创新性成果。究其原因，在于发达国家工业生产发展速度回落，工业建筑不再是其关注的问题，我国建筑节能的科学研究和技术应用，也在总体上导向民用建筑。故而工业建筑经常借用或参考民用建筑节能的研究成果，但二者无论从基本原理还是技术路线，都存在非常大的差异，将民用建筑节能的方法应用于工业建筑，常常并不节能。

中国工业建筑数量巨大，降低工业建筑能耗的国家需求，带动了一批研究和技术人员在工业建筑领域持续性的探索。王怡教授长期坚持从事工业建筑环境与节能的研究工作，是我国该领域的领军人物之一，围绕解决工业建筑中高污染高能耗问题，在国家及省部级多项课题的连续支持下，带领团队经十五年坚持努力，在工业建筑节能设计原理和环境控制能效提升方法等方面取得了可喜成果。系列研究成果成为我国首部工业建筑节能设计标准编制的重要依据，并应用于二十余项大型工程项目，其中多数为社会公益性质项目，对于改善工业建筑环境质量、控制工人职业病源头并降低建筑能耗起到重要作用，很多案例成为企业节能环保工程的典范。

鉴于上述成就，王怡教授 2014 年成为国家杰出青年科学基金获得者，2015 年度入选科技部中青年科技创新领军人才，2016 年度成为第十四届中国青年科技奖获得者，2017 年入选教育部长江学者特聘教授。更加可喜的是，改善工业建筑环境质量并降低运行能耗的迫切需求，为科学研究提供了广阔的空间，催生了科研成果的积累，也锻炼出了一只充满活力的科研队伍。王怡教授带领的团队是陕西省重点科技创新团队，他们注重理论联系实际，同时，注重瞄准学科前沿、加强国际合作。团队的通力合作，不仅取得了现有的成果，也昭示着这支队伍不断进取、逐步提升的未来。

《工业建筑节能》一书，是王怡教授带领团队十余年科研成果的积累，是该领域国际最新发展趋势的综合体现，也是工业建筑节能技术推广和标准实施重要的参考书，其必将成为中国建筑节能发展史上的里程碑。值此出版之际，谨表祝贺，是为序。



2018 年 6 月于西安

前 言

绿色发展是我国实施制造业强国战略的基本方针，绿色工业建筑是绿色制造的基本保障。我国既有工业建筑总面积超过 100 亿平方米，自 2011 年起年竣工面积超过 5 亿平方米，单体建筑规模也不断增长，节约工业建筑能耗并提高其环境质量是国家重大需求。

相对于民用建筑，工业建筑环境所需解决的问题侧重点不同，所以科学问题不一样，导致节能技术对策亦不同。工业建筑室内环境需满足工人健康和生产工艺的要求，为达成所需的环境要求，节能是必须考虑的约束条件，其环境控制能耗的多寡，受到工艺过程的重要影响，工业建筑室内的热源及污染源，是影响环境与能耗的重要因素。对于高热量散发的工业建筑，建筑节能不在于一味加强保温或隔热，而在于针对气候条件、热源强度，采取适宜的通风方式及恰当的建筑围护结构形式。对于高污染散发的工业建筑，通风系统污染物控制能效的提升则成为建筑节能的关键。

近年无论从政府还是业界，对保护环境和工人健康的意识在不断增强，但技术水平和能力仍有待提升，这就导致投入的能耗急剧增大，而问题却经常未能非常有效地解决。民用建筑的快速发展，使其环境与节能问题成为研究的热点，工业建筑相对滞后。自上世纪末，中国建筑节能设计标准逐步走向健全，至今从不同气候区，到不同建筑类型，乃至既有与新建建筑形式，基本都有对应的国家与行业标准的指导，但这些标准基本针对民用建筑特点，这种状况延至首部针对工业建筑的《工业建筑节能设计统一标准》于今年初的实施。鉴于此，无论是进一步完善细化工业建筑的基础研究，还是宣传贯彻工业建筑节能设计标准，都需要系统梳理工业建筑节能的关键科学问题以及近年来的技术进展，上述需求成为编著本书的出发点。

全书从降低工业建筑能耗并提高环境质量的基本理论和节能原理开始，逐步落实到设计理念及技术方法。内容以作者及其团队近十年主持完成的科研项目成果为基础，并阐述了作为主要编制人完成的《工业建筑节能设计统一标准》的编制原则和关键技术。全书共分 6 章，由王怡主稿参加撰写的人员包括西安建筑科技大学工业建筑环境与节能创新团队的青年教师和博士研究生，他们是曹智翔、孟晓静、周宇与黄艳秋。此外，团队的多名硕士研究生为本书做了大量的文字处理、图表绘制工作，使得本书能够如期完成。

工业建筑以其通风技术为代表，在建筑环境学科领域有着悠久的历史。当今，随着人们保护环境和健康意识的逐渐增强，室内空气品质及大气环境质量，已经成为全民关注的焦点、热点问题。希望本书的出版，有助于加强社会对工人作业环境的关注度，进一步提高学界对工业建筑问题的重视，提升工程设计的技术水平，为改善工人作业环境、降低工业建筑能耗，尽微薄之力。

书稿完成之际，特别感谢我的两位导师。本科毕业投到马仁民教授门下进行硕士阶段学习，开始了懵懂的科研路程，期间完成了置换通风的课题，从此与建筑通风结缘。后有幸成为刘加平教授的博士研究生及团队骨干，在团队中的研究工作奠定了我对建筑节能的系统全面认知，真正开启了我对科研的兴趣与追求。两位先生高屋建瓴、睿智通达的品

格，对我产生了深远的影响，成为激励我不断争取进步最重要的源动力，并引导我逐步形成了针对工业建筑的明确研究方向。

由于著者水平有限，书中难免存在问题和不足，希望读者多提宝贵意见和建议。

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 工业建筑概述及其能耗构成	1
1.1.1 工业建筑概述	1
1.1.2 工业建筑能耗构成	2
1.2 工业建筑节能途径	3
1.3 工业建筑节能设计标准	5
1.4 工业建筑节能设计分类	6
1.5 工业建筑节能设计环境参数	8
1.5.1 气候分区	8
1.5.2 室内计算参数	9
第 2 章 工业建筑环境	12
2.1 室内空气流动的基本方式	12
2.1.1 羽流	12
2.1.2 射流	16
2.1.3 汇流	25
2.2 室内颗粒物的受力和运动	27
2.2.1 颗粒物在气流中的受力	27
2.2.2 固态颗粒物的尘化作用	29
2.2.3 液滴颗粒物的蒸发与凝结	31
2.3 工业建筑热环境特征	35
2.3.1 室外气象条件	35
2.3.2 室内源项条件	38
2.3.3 室内热平衡方程	41
2.3.4 热环境特征	44
2.4 工业建筑污染物特征	48
2.4.1 颗粒物的来源	48
2.4.2 污染蒸气和气体的来源	49
2.4.3 污染物分布特征	51
2.4.4 污染物对人的影响	51
2.5 控制指标	53
2.5.1 污染物浓度	53
2.5.2 职业接触限值	54
2.5.3 热应力	54

2.5.4	卫生标准和排放标准	55
第3章 工业建筑通风节能技术		58
3.1	自然通风	58
3.1.1	自然通风的作用原理	60
3.1.2	自然通风的应用形式	63
3.1.3	自然通风的优化设计原则	66
3.2	局部排风	72
3.2.1	局部排风的基本形式	73
3.2.2	局部排风的分类	73
3.2.3	局部排风的优化设计原则	78
3.3	局部送风	82
3.3.1	局部送风的基本形式	82
3.3.2	局部送风的分类	83
3.3.3	局部送风的优化设计原则	84
3.4	吹吸式通风	85
3.4.1	吹吸式通风的基本原理	85
3.4.2	吹吸式通风的分类	86
3.4.3	吹吸式通风的优化设计原则	87
3.4.4	涡旋排风	89
3.5	全面通风	91
3.5.1	全面通风策略	91
3.5.2	混合通风	92
3.5.3	置换通风	93
3.5.4	分区通风	95
3.5.5	单向流通风	97
3.5.6	全面通风的设计原则	98
3.5.7	全面通风的节能优化	101
3.6	复合通风	103
3.6.1	复合通风的基本原理	103
3.6.2	复合通风的分类	103
3.6.3	复合通风的优化设计原则	105
3.7	地道通风	106
3.7.1	地道通风的基本原理	106
3.7.2	地道通风的优化设计原则	107
3.8	空气幕	108
3.8.1	空气幕的基本原理	108
3.8.2	空气幕的分类	108
3.8.3	空气幕的优化设计原则	111
3.9	通风性能评价指标	112
3.9.1	通风性能评价指标的作用	113

3.9.2	全面通风评价指标	114
3.9.3	局部通风评价指标	117
3.10	通风系统其他部分	119
3.10.1	空气末端装置	119
3.10.2	风管	123
3.10.3	风机	126
3.10.4	除尘器	127
第4章	工业建筑供暖与空调系统节能技术	136
4.1	工业建筑供暖系统基本形式	136
4.1.1	供暖系统的分类与选择	136
4.1.2	供暖系统负荷影响因素及末端装置特性	145
4.2	工业建筑空调系统基本形式	146
4.2.1	空调系统的分类与气流组织形式	147
4.2.2	空调系统负荷的影响因素及热湿处理设备特性	152
4.3	蒸发冷却空调系统	154
4.3.1	蒸发冷却空调系统分类与工作原理	154
4.3.2	蒸发冷却空调热工计算与性能评价	157
4.3.3	蒸发冷却空调设计注意事项	158
4.4	辐射供暖和辐射供冷	159
4.4.1	辐射板系统概述	159
4.4.2	辐射供暖系统	161
4.4.3	辐射供冷系统	165
4.5	冷热源节能技术	168
4.5.1	锅炉节能技术	168
4.5.2	热泵技术	171
4.5.3	冷热电三联供	175
4.5.4	工业余热废热利用	176
第5章	工业建筑体形与围护结构的设计策略	179
5.1	工业建筑体形系数的影响分析及要求	179
5.1.1	建筑形式对体形系数的影响	179
5.1.2	工业建筑体形系数限值的要求	181
5.2	工业建筑围护结构保温的基本措施	183
5.2.1	外墙与屋顶保温措施	183
5.2.2	门窗保温措施	185
5.2.3	被动式太阳能利用	188
5.3	工业建筑围护结构防热的基本措施	189
5.3.1	屋顶与外墙隔热措施	189
5.3.2	遮阳措施	191
5.4	既有工业建筑围护结构参数调查与分析	193

5.5 一类工业建筑围护结构节能设计的方法与指标	195
5.5.1 一类工业建筑围护结构节能设计指标	196
5.5.2 一类工业建筑围护结构热工性能权衡判断	199
5.6 二类工业建筑围护结构节能设计的方法与指标	204
5.6.1 二类工业建筑围护结构节能设计指标	204
5.6.2 二类工业建筑围护结构热工性能计算	207
参考文献	209

第 1 章 导 论

1.1 工业建筑概述及其能耗构成

1.1.1 工业建筑概述

工业建筑是由生产厂房和生产辅助用房组成的。其中，生产厂房顾名思义，是指用于生产过程以及为生产准备主要原料的房屋，例如：在黑色金属冶炼工厂里，主要生产厂房为炼铁厂房、炼钢厂房等。生产辅助用房是为生产厂房服务的，生产辅助用房包括仓库及公用辅助用房等。

工业建筑在国家建设和国民经济发展中占有重要的地位。我国目前正处在一个工业建筑快速发展的阶段，我国工业建筑的规模、数量及建设速度位于世界前列。我国每年工业建筑竣工面积如图 1-1 所示，2009~2010 年，工业建筑每年竣工面积的年增幅超过 14%。从 2011 年起，工业建筑年竣工面积超过 5 亿 m^2 。2015 年，工业建筑年竣工面积有所降低，但仍保持在一个较高的水平。同时，目前我国既有工业建筑数量也十分庞大。

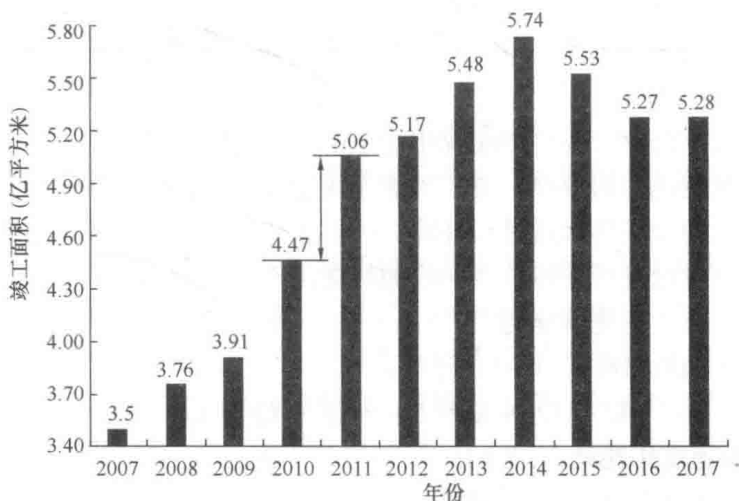


图 1-1 我国工业建筑每年竣工面积

我国产业结构门类齐全、独立完整，根据《国民经济行业分类国家标准》GB/T 4754—2017，我国行业类型分为采矿业、制造业、建筑业等 20 个门类，以制造业为例，分为计算机、通信和其他电子设备制造业、食品制造业、仪器仪表制造业、医药制造业、纺织业、黑色金属冶炼和压延加工业、石油加工、炼焦和核燃料加工业、化学原料和化学制品制造业等 31 个大类。国务院印发的《中国制造 2025》是我国实施制造强国战略的第一个十年行动纲领，制造业是国民经济的主体，是科技创新的主战场，工业建筑是制造业

发展的基本保障，绿色工业建筑是绿色制造的重要组成，工业建筑节能潜力巨大，工业建筑节能整体水平亟待提升。

不同行业的工业建筑形式千差万别，生产过程各个工序之间的衔接对建筑的要求往往左右建筑布局。从工业建筑的基本形式上，可分为单层厂房和多层厂房。其中，单层厂房适用于室内设备或机具高大，在生产过程中往往散发大量余热或污染物的厂房，具有防爆、防震、防辐射等特殊要求的厂房也多为单层厂房。多层厂房适合于生产需要垂直运输、生产要求在不同层高作业的情况，例如面粉厂和化工厂。总体来说，多层厂房具有节约用地的优势，对于生产环境要求较高的电子、精密仪表类企业，以及仓储型厂房，生产上无特殊要求，但设备及产品都比较轻，运输量也比较小的情况，都可采用多层厂房。

1.1.2 工业建筑能耗构成

工业建筑既要为生产服务，满足生产工艺的要求；又要为广大工人服务，满足职业卫生环境的要求。工业建筑室内环境不仅关乎室内作业工人的安全健康，会对生产作业产生重要影响，同时工业建筑中的污染物排放对大气环境亦产生重要的影响，面对不同的环境控制需求，可能产生大量的能耗。

工业建筑能耗不包括生产工艺能耗，它是指工业建筑在使用过程中所消耗的各类能源的总量，包括为保证工业建筑中生产、人员所需的室内环境要求，及其为满足向室外大气的排放标准所产生的各种能源耗量，还包括建筑供水系统及其水处理所产生的各种能源耗量等。生产设备的能耗不计入工业建筑能耗，与工艺设备一体化配套出厂的环保设备能耗不计入工业建筑能耗。

工业建筑能耗的范围主要包含有空调、供暖、给水排水、通风除尘、照明及其他。当涉及其他建筑能耗时，如电梯、电热水器和电风扇等，可根据运行情况，对该部分能耗进行计算。

值得注意的是，余热、可再生能源用于生活、改善室内环境时，是对矿物能源进行补充，作为工业建筑能耗的消减项，应在工业建筑能耗中扣除。余热是按对工艺余热用于生活、改善室内环境的全年热量进行计算。可再生能源是按可再生能源发电用于生活、改善室内环境的全年电量进行计算。当回收的热能用于生产时，为回收该部分能量所消耗和回收的能量均不计入工业建筑能耗。

工业建筑全年能耗可按式(1-1)计算：

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_7 \quad (1-1)$$

式中 Q ——工业建筑年能耗 (kWh)；

Q_1 ——工业建筑空调系统年能耗 (kWh)；

Q_2 ——工业建筑供暖系统年能耗 (kWh)；

Q_3 ——工业建筑给水排水系统年能耗 (kWh)；

Q_4 ——工业建筑通风除尘系统年能耗 (kWh)；

Q_5 ——工业建筑照明系统年能耗 (kWh)；

Q_6 ——其他工业建筑能耗 (电梯、电热水器、电风扇等) (kWh)；

Q_7 ——余热、可再生能源利用量 (kWh)。

工业建筑能耗和民用建筑能耗有较大区别。民用建筑的能耗主要包括供暖、空调、通风、热水供应、照明、电气、炊事、电梯等方面的能耗。从能耗的构成来看，工业建筑和

民用建筑能耗都包括供暖、空调、通风、照明等方面的能耗。但工业建筑能耗不考虑炊事方面的能耗，民用建筑能耗不考虑除尘净化系统、污水处理等方面的能耗。从不同能耗所占的比例来看，工业建筑能耗主要集中在供暖、空调、通风等系统的能耗，而民用建筑能耗主要集中在供暖、空调、照明等系统的能耗。

1.2 工业建筑节能途径

在工业建筑使用过程中，环境质量是控制目标，节能是约束条件。因此，节能的基本途径包括以下三个方面：最大限度地降低用能设备负荷、缩短用能设备的运行时间、提高设备能效。

工业建筑节能是指在工业建筑规划、设计和使用过程中，在满足规定的建筑功能要求和室内外环境质量的前提下，通过采取技术措施和管理手段，实现零能耗或降低运行能耗、提高能源利用效率的过程。

为了实现工业建筑节能，从总体设计上应考虑以下几点：

(1) 工业建筑厂区选址应综合考虑区域的生态环境因素，充分利用有利条件，即综合考虑用地性质、交通组织、市政设施、周边建筑等基本因素，充分考虑气候条件等生态环境因素对工业建筑室内外环境及能耗的影响。

(2) 在厂区总图设计中应避免大量热、蒸汽或有害物质向相邻建筑散发而造成能耗增加，应采取控制建筑间距、选择最佳朝向和绿化等方式，避免相互影响，利用风压通风消除影响。如果在总图阶段未妥善处理建筑群间的相互关系，将会造成对相邻建筑间的不利影响。总体设计应尽量缩短能源供应输送距离，冷热源机房宜位于或靠近冷热负荷中心位置，以减少输送能耗及冷热损失。

(3) 厂区绿化可以有效减少太阳辐射对夏季热环境的不利影响，通过蒸发作用降低空气温度，降低空调运行能耗，还可以对有害物起到吸附、阻滞和过滤作用，减少噪声源对厂区及其周围环境的干扰。

(4) 现今随着集约化生产的需要，联合厂房是工业建筑设计的大趋势，在满足现行消防规范的前提下，生产流程间越紧凑越好。对此，在满足工业需求的基础上，建筑内部功能布局应区分不同生产区域，合理划分生产与非生产、不同热源强度、污染源强度、人员操作区和非人员操作区，对于大量散热的热源，宜放在生产厂房的外部并有生产辅助用房保持距离，对于生产厂房内的热源，宜采取隔热措施。

根据工业建筑能耗的构成，工业建筑节能设计的途径如下：

1. 建筑围护结构节能

降低用能设备设计负荷、缩短用能设备运行时间，是提高建筑节能率的基础和关键。建筑围护结构不是建筑的耗能系统，但其对建筑用能设备的设计负荷和运行时间起到至关重要的作用。围护结构的节能手段包括：提高围护结构的保温隔热性能；提高门窗的密闭性能；合理采用自然通风、天然采光、遮阳等被动式技术。在室外气候、室内热源、经济技术条件允许的情况下，通过被动式技术，可以实现零能耗建筑设计。

2. 供暖系统节能

在我国严寒和寒冷气候区，供暖能耗在建筑能耗中的占比很大，上述气候区经常具有

三个月以上的供暖期。供暖系统节能手段包括：提高锅炉热效率；热源装机容量应与供暖计算热负荷相符；调节好水力平衡，选用变频水泵；管道保温；提高供暖系统运行维护管理水平；完善室温控制调节和热量按户计费等。

3. 空调系统节能

随着工艺对环境要求的不断提高，工业建筑中空调系统的应用日趋广泛，由于工业建筑空间往往比较高、室内热源强度高，工业建筑单位面积空调系统负荷和能耗可比民用建筑高出许多。空调系统的节能手段包括：合理的气流组织方式、提高制冷机的制冷效率；通过变风量系统减低风机运行能耗，机组风量风压合理匹配，选择最佳经济点运行；设置热回收装置；考虑过渡季时全新风或加大新风比的需求等。

4. 通风除尘系统节能

工业建筑环境控制与民用建筑最大的区别在于，室内污染源种类繁多、排放点集中、排放强度高，通风除尘能耗在高散发类工业建筑中是重要的能源消耗，在工业建筑中，通过高效通风技术提高对污染物的控制效率，是工业建筑改善室内环境质量和节能的关键技术，也是工业建筑节能不同于民用建筑节能的最显著的差异。通风除尘系统的节能手段包括：合理采用自然通风、局部通风、吹吸式通风、复合通风、地道通风等高效通风技术；降低通风系统风管阻力；选用高效低阻的除尘净化设备等。

5. 给水排水系统节能

给水排水系统的节能手段包括：设置用水计量水表和耗热量表；给水排水系统器材和器具选用低阻力、低水耗的产品；选择合理的给水系统、高效的供水泵等。

6. 照明系统节能

充分利用天然采光；选用高效节能的光源、灯具与照明电器；采用智能照明控制系统等。

7. 余热、可再生能源

利用生产余热作为供暖空调系统的热源；充分利用太阳能与建筑一体化设计方法，合理采用太阳能光热与光电装备；在条件允许的情况下，采用热泵技术提高供暖系统能效等。

约 100 年前，建筑物的供暖降温以及照明还是属于建筑师领域的工作，也就是靠建筑物自身的建筑学设计来完成。供暖是通过紧凑的设计和壁炉来实现，降温是通过自然的通风及遮阳来实现，照明是通过开窗实现，现在我们常常把这些方法称为被动式技术。到了 20 世纪中期，工程师设计的机械设备成了环境控制的主要手段，即主动式技术。然而，随着现代环境控制技术和设备的不断发展，建筑设计日渐忽视了对建筑环境的调节，造成建筑能耗增加的原因是多方面的，但建筑设计方案未能充分利用被动式调控，不可避免地成为室内热环境恶劣、对设备依赖性增强的重要原因。从 20 世纪 70 年代起，发生世界性石油危机以来的几十年间，建筑的用能观念产生了很大变化，人们普遍认识到建筑供暖降温及照明的最佳途径是建筑物自身设计与机械设备两者并重。总的来说，建筑节能的发展主要表现在两个方面：被动式节能设计重新得到重视；注重用能效率提升和可再生能源利用并举。

近年来民用建筑节能的基础理论与关键技术水平均得到很大提升，相关内容可供工业建筑借鉴，但工业建筑中照搬套用带来的问题依然非常突出。从经济性角度，工业建筑中

的生产活动是以企业盈利为目的，其环境控制成本与企业的利润息息相关。因此，本书倡导的节能技术，都是以比较低的经济投入达到环境控制的目标，不倡导高投入的节能技术。

1.3 工业建筑节能设计标准

在我国，建筑分为民用建筑和工业建筑，民用建筑包括居住建筑和公共建筑。我国的建筑节能研究始于20世纪末，建筑节能研究主要围绕民用建筑展开。1986年建设部颁布的《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ 26—1986是我国第一部建筑节能设计标准，其节能目标是在20世纪80年代通用居住建筑能耗的基础上将供暖能耗降低30%。1995年修订后的该标准JGJ 26—1995，将节能目标提高至降低50%的供暖能耗。2010年再次修订后该标准更名为《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》，其基准能耗沿用1980年代通用居住建筑，将采暖能耗降低65%作为其节能目标。针对公共建筑，《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005，其节能目标是在1980年代公共建筑能耗的基础上将能耗降低50%。2015年修订后的该标准GB 50189—2015与2005版相比，总能耗减少约20%~23%。

从民用建筑节能设计标准的发展来看，节能目标不断提高，但针对工业建筑还一直缺少节能设计标准。主要原因是由于工业建筑涉及不同行业，行业标准虽然也涉及环境控制节能技术措施方面的条文，但是这些节能和技术措施往往存在“头疼治头，脚疼治脚”的现象，很多行业里面提出了局部要求，但是没有具体的措施。例如，工业建筑中的通风除尘系统，仅采用高效低阻的除尘设备，而排风罩捕集效率不高，所需通风量较大，整个通风除尘系统的能耗仍会较高，导致从整个系统节能效果来说是不理想的。实际工业建筑环境控制能耗是整体能耗，如果只考虑局部控制或从解决局部问题的角度出发，缺乏系统整体对环境控制的考虑，容易引起顾此失彼的情况。

鉴于工业建筑节能的迫切需求，为提高工业建筑环境控制能效，改善工业建筑环境质量，2013年10月住建部正式批准编制国家标准《工业建筑节能设计统一标准》。经编制组多年努力，《工业建筑节能设计统一标准》编制完成，2017年5月住建部正式发布该标准实施公告，自2018年1月1日起实施。

《工业建筑节能设计统一标准》编制的原则包括以下三个方面：

第一，宏观、通用原则。从各类工业建筑的共性问题出发，编制宏观的、导则性的工业建筑节能设计统一标准，涉及工业建筑节能设计分类、节能设计参数、建筑及其围护结构热工设计、暖通、空调、采光、照明、电力等专业节能设计的指导性条款，形成通用性标准。

第二，聚焦建筑物节能原则。工业建筑节能标准的目标是在保证建筑物基本使用功能的前提下，利用现有的各专业技术追求最大的节能效果。工业建筑节能是以工业建筑物为目标，集成与建筑物相关的建筑、暖通、空调、照明、电气等专业节能技术和节能要求。因此，要和工业节能区分开来。

第三，借鉴基础上创新原则。工业建筑和公共建筑、居住建筑一样，属于建筑物的类型之一，在建筑节能方面有共同部分，工业建筑节能和公共建筑节能更相近。因此，借鉴

国内外现有公共建筑技术标准的内容，立足创新，围绕工业建筑源项（热源、污染源）、围护结构、设备系统特点增加新的内容，进而形成工业建筑特有的节能设计标准。

《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245—2017 的制定对我国工业建筑节能事业的发展有着非常重要的意义，本书内容将对其中主要条文的含义和要求进行说明和解释，为标准实施起到积极的作用。

1.4 工业建筑节能设计分类

工业建筑节能设计分类是为了在工业建筑节能设计过程中根据不同类型的工业建筑而采取不同的节能措施，而不是对工业建筑形式和行业进行的分类。

不同行业的工业建筑室内环境特征、工艺要求千差万别，其环境控制及能耗方式存在较大的差异。工业建筑节能设计不可一概而论，但也无法按行业分类制定节能设计方法和标准，其原因在于行业种类繁多，并且在同一行业中，工业建筑环境和能耗特点也不尽相同，甚至会有很大差异。

工业建筑虽然行业种类繁多，但是工业建筑能耗主要是指环境控制能耗，环境控制能耗与环境特征息息相关，而环境特征在不同行业中既有差异又有共性。由此，可从环境控制和节能设计角度，提出工业建筑分类，为工业建筑环境控制和节能设计工作奠定基础。具体根据主要环境控制及能耗方式、室内源项特征将工业建筑分为两类，其类别有可能是指一栋单体建筑或一栋单体建筑的某个部位。一类工业建筑及二类工业建筑具体分类情况如表 1-1 所示。

工业建筑节能设计分类

表 1-1

类别	环境控制及能耗方式	室内源项特征	建筑节能设计原则
一类建筑	供暖、空调	通常无强污染源及强热源	通过围护结构保温和供暖系统节能设计降低冬季供暖能耗；通过围护结构隔热和空调系统节能设计降低夏季空调能耗
二类建筑	通风	通常有强污染源或强热源	通过自然通风设计和机械通风系统节能设计，降低通风能耗

对于一类工业建筑，冬季以供暖能耗为主，夏季以空调能耗为主，通常无强污染源及强热源，其环境控制方式和节能设计方法与民用建筑相近，如图 1-2 所示。一类工业建筑节能设计原则是通过围护结构保温隔热遮阳设计和供暖空调系统节能设计，降低冬季供暖、夏季空调能耗。一类工业建筑的典型代表性行业有计算机、通信和其他电子设备制造业；食品制造业；烟草制品业；仪器仪表制造业；医药制造业；纺织业等。

对于二类工业建筑，以通风能耗为主，通常有强污染源或强热源，其室内环境控制方式和节能设计方法与民用建筑存在显著差异。二类工业建筑节能设计原则是通过围护结构保温隔热遮阳设计、自然通风设计和机械通风系统节能设计，降低通风能耗，避免供暖空调能耗，如图 1-3 所示。二类工业建筑的典型代表性行业有金属冶炼和压延加工业；石油加工、炼焦和核燃料加工业；化学原料和化学制品制造业；机械制造等。代表性行业里面

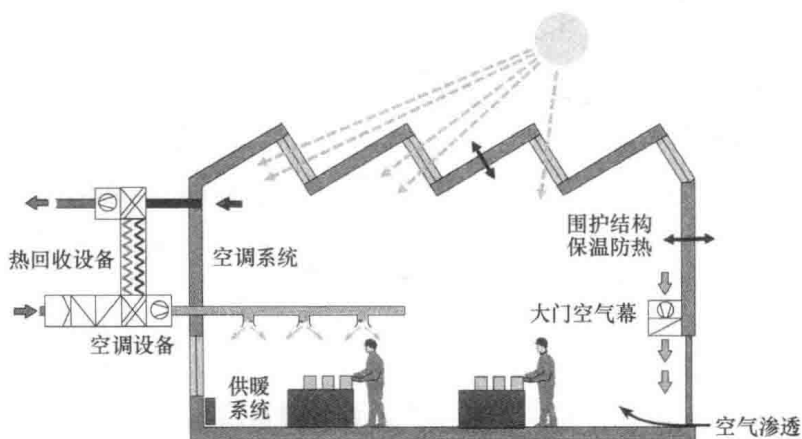


图 1-2 一类工业建筑示意图

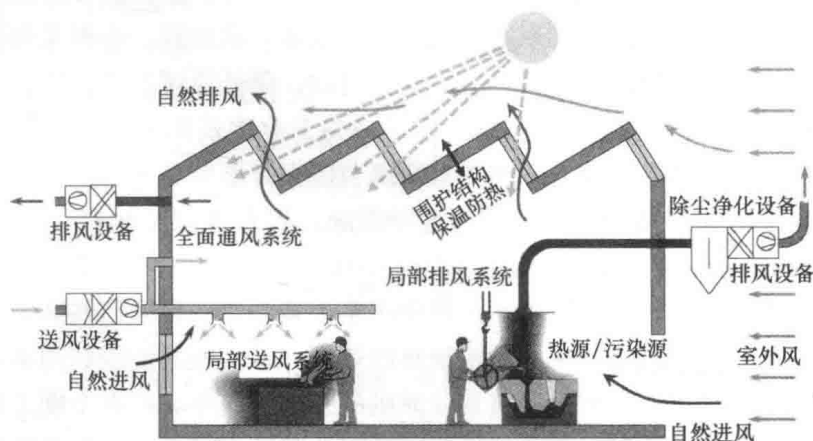


图 1-3 二类工业建筑示意图

表示该行业大部分情况属于这类建筑，并不排除该行业个别情况属于另外一类建筑类型。比如，金属冶炼行业大多数情况是属于有强热源或强污染源的情况，但并不排除该行业个别建筑或部位是以供暖或空调为主要环境控制方式。

强污染源是指生产过程中散发较多的有害气体、固体或液体颗粒物的源项，必须采用专门的通风系统对其进行捕集或稀释控制才能达到环境卫生的要求。强热源是指在工业加工过程中，具有生产工艺散发的个体散热源，一般生产工艺散发的余热强度在 $20\sim 50\text{W}/\text{m}^3$ ，如热轧厂房。此外，在以烧结、锻铸、熔炼等为主的热加工车间，则往往具有固定的炉窑、冷却体等高温散热体，从而形成高余热散发，此时余热强度可超过 $50\text{W}/\text{m}^3$ 。余热强度是指室内人员、照明以及生产工艺过程中产生并放散到室内空间环境中的热量，以建筑单位体积热量计算 (W/m^3)。生产工艺过程中有些设备产生的余热通过局部排风设施直接排至室外，或通过能量回收装置加以利用，并未进入室内环境的热量，不计入影响建筑热环境的热量，如图 1-4 所示。

对二类工业建筑进行节能设计时，必须确定室内热源及设备的散热量，在进行围护结构节能设计、通风设计时，需要建筑、工艺、通风等不同专业的设计人员密切配合。

从表 1-1 中可以看出，分类的目的是为了工业建筑节能设计。在工业建筑节能设计过