

ICS ***

CCS ***

团 体 标 准

T/CABEE 0XX-20XX

既有公共建筑减碳改造技术导则

Technical guidelines for carbon reduction retrofit of existing
public buildings
(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中 国 建 筑 节 能 协 会

发 布

中国建筑节能协会团体标准

既有公共建筑减碳改造技术导则

Technical guidelines for carbon reduction retrofit of existing public buildings

T/CABEE 0XX-20XX

批准部门：中国建筑节能协会

施行日期：XXXX 年 X 月 X 日

中国建筑工业出版社

20XX 北京

中国建筑节能协会文件

国建节协标〔20XX〕 X 号

关于发布团体标准《XXX 技术标准》 的公告

现批准《XXX 技术标准》为中国建筑节能协会团体标准，标准编号为：T/CABEE ***-202*，自 202*年*月*日起实施。

我会委托主编单位收集标准的应用案例，包括但不限于政府部门采信证明文件、市场应用情况、国际标准化组织或国外权威机构采信证明、评优示范工程案例等实施成效材料等，请有关单位予以支持。

现予公告。

20XX 年 X 月 X 日

前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法》及《关于印发<2025 年度第一批团体标准制修订计划>的通知》（国建节协〔2025〕42 号）的要求，由西安建筑科技大学会同有关单位组建编制组，经广泛的调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准和先进经验，并在广泛征求意见的基础上，共同编制了本导则。

本导则的主要内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 建筑本体减碳改造技术；5 设备系统电气化改造技术；6 可再生能源应用及提升改造；7 智慧运维与能效管理；8 碳排放核算。

本导则的某些内容可能直接或间接涉及专利，本导则的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本导则由中国建筑节能协会标准化管理办公室负责管理（联系电话：010-57811281，邮箱：biaoban@cabee.org），由西安建筑科技大学负责具体内容的解释及标准应用案例（包括政府部门采信证明文件、市场应用情况、国际标准化组织或国外权威机构采信证明、评优示范工程案例等实施成效材料）收集。标准应用过程中如有意见或建议，以及标准相关应用案例，请反馈至西安建筑科技大学（联系人：陈新武，联系方式：19903962326，邮箱：chenxinwu6888@foxmail.com，地址：陕西省西安市雁塔路13号，邮编：710055）。

本导则主编单位：西安建筑科技大学

本导则参编单位：住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

清华大学

哈尔滨工业大学

上海建科节能技术有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

中国建筑第八工程局有限公司

中能建城市投资发展有限公司

贵州中建建筑科研设计院有限公司

济南轨道交通集团有限公司

本导则主要起草人员：

本导则主要审查人员：

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	4
4 建筑本体减碳改造技术	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 围护结构系统.....	7
4.3 低碳材料.....	11
4.4 空间改造.....	13
5 设备系统电气化改造技术	16
5.1 一般规定.....	16
5.2 供暖与空调系统.....	17
5.3 生活热水系统.....	24
5.4 供配电系统.....	26
5.5 照明系统.....	30
5.6 电梯系统.....	34
5.7 其他.....	35
6 可再生能源应用及提升改造	37
6.1 一般规定.....	37
6.2 可再生能源条件.....	37
6.3 太阳能利用.....	39
6.4 地源热泵系统.....	42
6.5 空气源热泵系统.....	43
6.6 风能发电系统.....	44
7 智慧运维与能效管理	45
7.1 一般规定.....	45
7.2 智慧系统改造方法.....	46
7.3 智慧系统技术要求.....	48
7.4 柔性系统.....	49

8 碳排放核算	51
8.1 一般规定.....	51
8.2 核算边界.....	52
8.3 核算方法与要求.....	52
本导则用词说明	55
引用标准名录	56
附：条文说明	58

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols	2
3	Basic requirements	4
4	Building carbon reduction renovation technology	6
4.1	General requirements	6
4.2	Enclosure structure system	7
4.3	Low-carbon materials	11
4.4	Space renovation	13
5	Electrical system electrification renovation technology	16
5.1	General requirements	16
5.2	Heating and air conditioning system	17
5.3	Domestic hot water system	24
5.4	Power supply and distribution system	26
5.5	Lighting system	30
5.6	Elevator system	34
5.7	Others	35
6	Application and upgrade of renewable energy	37
6.1	General requirements	37
6.2	Renewable energy conditions	37
6.3	Solar utilization	39
6.4	Ground source heat pump system	42
6.5	Air source heat pump system	43
6.6	Wind power generation system	44
7	Smart operation and energy efficiency management	45
7.1	General requirements	45
7.2	Smart system renovation methods	46
7.3	Smart system technical requirements	48
7.4	Flexible system	49

8 Carbon emission accounting	51
8.1 General requirements	51
8.2 Accounting boundary	52
8.3 Accounting methods and requirements	52
Explanation of wording in this code	55
List of quoted standards	56
Addition: Explanation of provisions	58

1 总 则

1.0.1 为贯彻落实国家关于碳达峰、碳中和的重大战略决策，规范与指导全国既有公共建筑的节能降碳改造工作，提升建筑能效水平，降低建筑碳排放，推动建筑行业绿色低碳转型，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于全国范围内已投入使用的既有公共建筑的减碳改造活动，适用建筑类型包括但不限于：办公建筑、商业建筑、医疗建筑、酒店建筑、文教建筑、体育建筑、展览建筑及其他具有公共性质的建筑；覆盖建筑本体改造、设备系统更新、可再生能源利用、运行管理优化等全方位的减碳改造技术措施。

1.0.3 既有公共建筑减碳改造应坚持因地制宜的原则，结合建筑类型、使用功能以及当地气候、自然环境、能源资源、经济条件等实际条件开展改造工作。

1.0.4 既有公共建筑减碳改造除应符合本导则的规定外，尚应符合国家现行有关标准和中国建筑节能协会现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 空间改造 spatial renovation

通过优化既有建筑功能的空间布局，利用建筑本体保温隔热、自然通风、采光遮阳等固有属性开展设计优化，实现降低建筑运行能耗、削减碳排放的改造行为。

2.0.2 围护结构系统 building envelope system

由建筑围护结构及其功能性部件共同构成的体系，具备空间分隔、物理防护、环境调节等综合功能，主要包含墙、屋面、窗、门、透明幕墙、遮阳设施等。

2.0.3 气候缓冲空间 climate buffer space

介于建筑室外环境与主要使用空间之间的过渡空间，通过调节热量、通风、光照等气候要素，对室外冷热、太阳辐射、气流等外部条件进行过滤缓冲，提升室内热舒适水平，降低建筑能耗。

2.0.4 太阳能热利用系统 solar thermal system

将太阳辐射能转化为热能，为建筑供热水，供暖或（及）供冷的系统。分为太阳能热水系统、太阳能供暖系统以及太阳能供暖空调等复合应用系统。

2.0.5 太阳能光伏发电系统 solar photovoltaic (PV) system

利用太阳能电池的光伏效应将太阳辐射能直接转换成电能的发电系统。

2.0.6 地源热泵系统 ground-source heat pump system

以岩土体、地下水或地表水为低温热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。

2.0.7 空气源热泵系统 air source heat pump system

以空气作为低温热源，由空气源热泵机组、输配系统和建筑物内系统组成的供热空调系统。根据建筑物内系统不同，分为空气源热泵热风系统和空气源热泵热水系统。

2.0.8 BAPV (Building Attached PV)

光伏系统通过支架等附加结构安装于既有建筑表面（常见于屋顶或墙面）。光伏组件与建筑本体相互独立，移除光伏系统后，建筑原有功能与外观不受影响。

2.0.9 BIPV (Building Integrated PV)

光伏组件作为建筑构件，与建筑主体同步设计、同步施工、同步验收。光伏

产品本身承担建筑围护、保温隔热、遮风挡雨、结构支撑等建材功能，移除后将直接影响建筑完整性。

2.0.10 能耗监测系统 energy consumption monitoring system

通过对国家机关办公建筑和大型公共建筑安装分类和分项能耗计量装置，采用远程传输等手段及时采集能耗数据，实现重点建筑能耗的在线监测和动态分析功能的硬件系统和软件系统的统称。

2.0.11 建筑用能管理系统 building energy management system

建立在楼宇自控基础上或采用其他方式对建筑用能设备及系统能耗实施计量、统计、分析、监控、运行优化的集成管理系统。

2.0.12 分类能耗 energy consumption classification

根据国家机关办公建筑和大型公共建筑消耗的主要能源种类划分进行采集和整理的能耗数据，如：电、燃气、水等。

2.0.13 分项能耗 separate energy consumption

根据国家机关办公建筑和大型公共建筑消耗的各类能源的主要用途划分进行采集和整理的能耗数据，如：空调用电、动力用电、照明用电等。

2.0.14 碳排放核算 carbon emission accounting

对既有公共建筑在规定边界和周期内能源消耗及相关活动所产生温室气体排放进行识别、计算与汇总的过程。

2.0.15 建筑减碳率 building carbon reduction rate

改造前后建筑年度碳排放量的差值与改造前建筑年度碳排放量的比值。

3 基本规定

3.0.1 减碳改造应遵循“被动优先、主动优化、可再生能源补充”的原则，优先采用被动式节能技术降低建筑本体能耗需求，优化能源系统能效，合理利用可再生能源。

3.0.2 未达到现行国家及地方碳排放相关法规、政策及标准要求的既有公共建筑，在近期无拆除计划的前提下，应列为减碳改造对象。其具体界定应满足下列范围及条件之一：

1 能耗强度界定：以现行国家标准《民用建筑能耗标准》GB/T 51161 中规定的对应类型公共建筑非供暖能耗指标约束值为基本判定界限。经不少于一个完整年度的能耗统计与审计，其单位建筑面积非供暖能耗持续高于上述约束值的建筑，应优先纳入改造范围。

2 综合碳排放评估：鼓励采用更全面的建筑碳排放核算方法进行界定。当依据现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 等相关标准核算的建筑运行阶段碳排放强度（ $\text{kgCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ），高于项目所在地省级建设主管部门发布的同类建筑碳排放限额指标或引导值时，应列为改造对象。

3.0.3 改造对象实施减碳改造前，应进行综合诊断与评估，包括结构安全、能源消耗、碳排放现状、设备系统性能、可再生能源应用潜力等，并制定减碳改造方案。

3.0.4 减碳改造内容可包括但不限于以下方面：

- 1 公共建筑空间改造；
- 2 建筑外围护结构改造；
- 3 设备系统（暖通空调，生活热水，供配电等）优化；
- 4 可再生能源应用；
- 5 智慧运维平台建设。

3.0.5 既有公共建筑减碳改造工程，必须进行建筑碳排放计算，且满足本导则第8章的相关要求。

3.0.6 减碳改造工程可行性研究报告、设计方案及施工图设计文件，应包含建筑

碳排放计算分析报告、可再生能源利用专项说明及改造后运营管理的技术要求。

3.0.7 改造后的公共建筑，综合能耗强度与碳排放强度应达到现行国家、行业及地方标准的要求，且均不应高于改造前水平。

3.0.8 既有公共建筑减碳改造不应以牺牲室内环境为代价，应根据当地的气候条件，在不影响建筑的热湿环境、声光环境的同时，有效降低建筑碳排放。

4 建筑本体减碳改造技术

4.1 一般规定

- 4.1.1 建筑设计应遵循被动设计措施优先的原则,充分利用天然采光、自然通风,结合围护结构保温隔热和遮阳措施,降低建筑的用能需求。
- 4.1.2 建筑本体减碳改造技术应围绕能耗目标,依据建筑类型及功能需求,结合不同地区的建筑热工分区,进行建筑围护结构系统性能提升、低碳材料应用、空间改造的适应性设计。
- 4.1.3 对外围护结构系统进行减碳改造时,应对原结构的安全性进行复核、验算;当结构安全不能满足减碳改造要求时,应采取结构加固措施。
- 4.1.4 公共建筑的外围护结构减碳改造应根据建筑自身特点,确定采用的构造形式以及相应的改造技术。保温、隔热、防水、装饰改造应同时进行。原有外立面的建筑造型及凸窗等局部保温不利节点应有相应的保温改造技术措施。
- 4.1.5 建筑选材应因地制宜、就地取材,在保证建筑功能的前提下,优先选用综合碳排放量少、资源消耗少、对环境影响小的材料。
- 4.1.6 建筑空间实施低碳化改造时,应在目标运行工况下开展不同物理环境性能空间对整体碳排放影响的评估,并据此进行空间环境调节技术的适配与优化。
- 4.1.7 外围护结构进行减碳改造所采用的保温材料和建筑构造的防火性能应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222、《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

4.2 围护结构系统

I 外墙与屋面

4.2.1 外墙采用内保温改造方案时，应对外墙内表面进行下列处理：

- 1 对内表面涂层、积灰油污及杂物、粉刷空鼓应刮掉并清理干净；
- 2 对内表面脱落、虫蛀、霉烂、受潮所产生的损坏进行修复；
- 3 对裂缝、渗漏进行修复，墙面的缺损、孔洞应填补密实；
- 4 对原不平整的外围护结构表面加以修复；
- 5 室内各类主要管线安装完成并经试验检测合格后方可进行。

4.2.2 外墙外保温系统与基层应有可靠的结合，保温系统与墙身的连接、粘结强度应符合现行行业标准《外墙外保温工程技术标准》JGJ 144 的规定。对于室内散湿量大的场所，还应进行围护结构内部冷凝受潮验算，并应按照现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定采取防潮措施。

4.2.3 外墙非透明围护结构减碳改造采用石材、人造板材幕墙和金属板幕墙时，应符合现行国家标准《公共建筑节能改造技术规范》JGJ 176 的规定。

4.2.4 公共建筑屋面减碳改造时，应根据工程的实际情况选择适当的改造措施，并应符合现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345 和《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的规定。

4.2.5 外墙宜采用下列建筑隔热设计措施降低空调负荷：

- 1 外墙外表面宜采用浅色饰面或隔热反射涂料，减少外墙吸收辐射热量，外墙外表面材料的太阳反射系数（SRI）不应小于 50；
- 2 外墙宜结合建筑立面设计设置垂直绿化，南向和西向墙面宜采用植被遮阳；
- 3 宜控制西向和东向的窗墙比，避免大面积开窗。

4.2.6 屋顶绿化的建筑应符合以下要求：

- 1 坡度：平屋顶、屋面坡度小于或等于 10°的坡屋顶，宜采用屋顶绿化；
- 2 高度：6 层及以下、24m 高度以下的建筑物屋顶，宜采用屋顶绿化；
- 3 荷载：屋顶绿化设计必须充分考虑设计荷载，设计荷载必须在屋面结构承载力的允许范围内。

II 门窗与玻璃幕墙

4.2.7 公共建筑的外窗改造可根据具体情况确定，并可选用下列措施：

1 采用只换窗扇、换整窗或加窗的方法，满足外窗的热工性能要求；加窗时，应避免层间结露；

2 采用更换低辐射中空玻璃，或在原有玻璃表面贴膜的措施，也可增设可调节百叶遮阳或遮阳卷帘；

3 外窗改造更换外框时，应优先选择隔热效果好的型材；

4 窗框与墙体之间应采取合理的保温密封构造，不应采用普通水泥砂浆补缝；

5 外窗改造时所选外窗的气密性等级应不低于现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106 中规定的 6 级；

6 既有建筑更换外窗时，宜优先选用可开启面积大、通风效率优的开启形式外窗。除建筑高度 100m 以上超高层建筑高层楼层因防风、防坠等安全要求对可开启面积作出限制外，其余部位外窗可开启面积不宜小于对应外墙总面积的 12%。

4.2.8 透明幕墙、采光顶减碳改造应提高幕墙玻璃和外框型材的保温隔热性能，并应保证幕墙的安全性能。根据实际情况，可选用下列措施：

1 透明幕墙玻璃可增加中空玻璃的中空层数，或更换保温性能好的玻璃；

2 可采用低辐射中空玻璃，或采用在原有玻璃的表面贴膜或涂膜的工艺；

3 更换幕墙外框时，直接参与传热过程的型材应选择隔热效果好的型材；

4 在保证安全的前提下，可增加透明幕墙的可开启扇。除超高层及特别设计的透明幕墙外，透明幕墙的可开启面积不宜低于外墙总面积的 12%。

4.2.9 外门窗和幕墙构造设计应符合下列规定：

1 外窗的安装位置宜靠近保温层，否则外窗（外门）口外侧或内侧四周墙面应进行保温处理；

2 外窗安装宜采用具有保温性能的附框；

3 外门、窗框或附框与墙体之间应采取防水保温措施；

4 幕墙在梁柱部位应进行有效封堵和保温处理，保温层内侧应设置隔气层，隔气层应完整、严密、位置正确，穿透隔气层处应采取密封措施；非透光幕墙冷凝水的收集和排放应畅通，且不得渗水；

5 幕墙保温材料安装应牢固、可靠,保温材料应连续,交接处应严密有效,并应符合设计要求;

6 幕墙的遮阳设施安装应牢固,并满足维护检修的荷载要求;

7 幕墙通风器的通道应通畅,开启装置应便于维护。

III 遮阳设计

4.2.10 加装外遮阳时,应对原结构的安全性进行复核、验算。当结构安全不能满足要求时,应对其进行结构加固或采取其他遮阳措施。

4.2.11 建筑遮阳设计,应根据当地的地理位置、气候特征、建筑类型、建筑功能、建筑造型、透明围护结构朝向等因素,选择适宜的遮阳形式,并宜选择外遮阳。

4.2.12 夏热冬暖、夏热冬冷、温和地区的建筑各朝向外窗(包括透光幕墙)均应采取遮阳措施;寒冷地区的建筑宜采取遮阳措施。

4.2.13 建筑不同部位、不同朝向遮阳设计的优先次序可根据其所受太阳辐射照度,依次选择屋顶水平天窗(采光顶),西向、东向、南向窗;北回归线以南地区必要时还宜对北向窗进行遮阳。

4.2.14 遮阳设计应进行夏季和冬季的阳光阴影分析,以确定遮阳装置的类型。建筑外遮阳的选用应符合下列规定:

1 南向和北向外窗宜采用水平式遮阳或综合式遮阳;水平固定外遮阳挑出长度应满足夏季太阳不直接照射到室内,且不影响冬季日照的要求;

2 东向和西向外窗宜采用垂直或挡板式遮阳;

3 东南向、西南向宜采用综合式遮阳;

4 可调节外遮阳和外墙的间距宜大于 100mm,以免外墙玻璃被加热。当设置中置遮阳时,应尽量增加遮阳百叶及其相关附件与外窗玻璃之间的距离。

4.2.15 采用内遮阳和中间遮阳时,遮阳装置面向室外侧宜采用能反射太阳辐射的材料,并可根据太阳辐射情况调节其角度和位置。

IV 气密性设计

4.2.16 既有建筑围护结构节能改造阶段,整体气密性宜作为专项设计控制指标,设计阶段应对气密层构造完整性、墙体穿管与预留洞口密封处理、外门窗气密构造及框缝密封措施进行重点设计。

4.2.17 作为气密层的砌体墙体内表面抹灰层应与钢筋混凝土屋面板、楼板或地面相交接，形成完整闭合的气密区。

4.2.18 开关、接线盒在外墙上安装时应进行有效的气密性处理，并符合下列规定：

1 位于砌体墙体上的开关、插座线盒，应在砌筑墙体时预留孔槽，安装线盒时应先用石膏灰浆封堵孔槽，再将线盒底座嵌入孔位内，使其密封；

2 对于穿透气密层的电线套管，在墙体内预埋套管时，应在接口处采用专用的密封胶带密封，同时用石灰灰浆将套管与线盒接口处封堵密实；

3 套管内穿线完毕后，应采用密封胶对开关、插座等的管口进行有效封堵。

4.2.19 建筑门窗、幕墙减碳改造工程应符合下列规定：

1 外门窗框或附框与洞口之间、窗框与附框之间的缝隙应有效密封；

2 门窗关闭时，密封条应接触严密；

3 建筑幕墙与周边墙体、屋面间的接缝处应采用保温措施，并应采用耐候密封胶等密封。

4.2.20 建筑外门窗改造后的气密性应符合现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106 中的相关规定，并应符合下列规定：

1 10 层及以上的建筑其外窗气密性不应低于 7 级；

2 10 层以下的建筑，其外窗气密性不应低于 6 级；

3 外门气密性不应低于 4 级。

4.2.21 透光幕墙改造后的气密性应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 中的有关规定且气密性不应低于 3 级。

4.3 低碳材料

4.3.1 建筑减碳工程使用的材料、构件和设备等，应符合下列规定：

- 1 应符合国家和地方相关标准规范环保要求；
- 2 宜优先选用获得绿色建材评价认证标识的建筑材料和产品；
- 3 宜优先采用高强度、高性能材料；
- 4 宜选择地方性建筑材料和当地推广使用的建筑材料。

4.3.2 建筑结构材料应优先选用高耐久性混凝土、耐候和耐火结构钢、耐久木材等。

4.3.3 外饰面材料、室内装饰装修材料、防水和密封材料等应选用耐久性好、易维护的材料。

4.3.4 建筑门窗、幕墙、围栏及其配件的力学性能、热工性能和耐久性等应符合相应产品标准规定，并应满足设计使用年限要求。

4.3.5 建筑减碳改造中采用的外门窗，应符合下列要求：

- 1 外门窗的传热系数、太阳得热系数和可见光透射比应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的规定；
- 2 旧门窗进行减碳改造时，采用减碳型门窗替换或增设或对玻璃贴膜/涂膜等，应满足设计文件中对产品的热工性能指标要求。

4.3.6 采用的节能膜（贴膜或涂膜）、遮阳卷帘、遮阳百叶遮阳板、遮阳棚、遮阳格栅、天棚帘等或采用建筑一体化遮阳窗其技术性能指标均应满足相应产品标准的规定和设计要求。

4.3.7 屋顶和采光顶减碳改造采用的产品或材料应符合下列要求：

- 1 屋面工程所采用的防水、保温隔热材料应有产品合格证书和性能检测报告，材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。
- 2 采光顶所用的材料应满足现行行业标准《建筑玻璃采光顶技术要求》JG/T 231 中的相关要求。

4.3.8 外墙减碳改造采用的保温系统及组成材料，应符合下列要求：

- 1 外墙保温系统及组成材料的技术性能指标，应符合相关标准的规定和设计要求；

2 外墙外保温减碳改造，其系统及组成材料燃烧性能等级，不得低于现行国家及地方标准的要求：

3 反射隔热保温涂料系统材料，应符合现行行业标准《建筑反射隔热涂料应用技术规程》JGJ/T 359 的规定。

4.3.9 外气密性材料的选择应符合下列要求：

1 应选择适用的气密性材料构成气密层，常见的可构成气密层的材料包括一定厚度的抹灰层、硬质的材料板（如密度板、石材）、气密性薄膜等。孔眼薄膜、保温材料、软木纤维板、刨花板、砌块墙体等不适于用作气密层：

2 普通墙体结构（砌块、剪力墙等）宜采用连续的抹灰层构成气密层；轻质结构（木结构等）应在内侧安装气密膜或气密板以形成气密层；

3 应选择透气率低、粘结耐久、抗老化、形变适配性良好的气密性材料做节点气密性处理，如紧实完整的混凝土、气密性薄膜、专用膨胀密封条、专用气密性处理涂料等材料；包装胶带、聚氨酯发泡、防水硅胶等材料不适合做节点气密性处理材料。

4.4 空间改造

I 保温隔热设计

- 4.4.1 建筑空间改造时应根据功能特征对性能要素进行差异化选择,利用低性能空间作为气候缓冲空间,将普通性能空间置于气候优先位置,高性能空间布置于建筑的内部纵深。
- 4.4.2 在场地允许的条件下,主要功能空间宜优先布置于南侧或采用南北向朝向,以充分利用南向日照,并减少东西向太阳辐射对室内热环境的不利影响。
- 4.4.3 在严寒、寒冷地区,宜利用储藏室、开水间、库房、工具间等对温度要求较低的辅助功能空间形成气候缓冲空间;条件允许时,可将其优先布置于建筑北侧及冬季主导风向迎风面。
- 4.4.4 在夏热冬冷、夏热冬暖地区,宜利用辅助功能空间形成主要功能空间与东西向外围护结构之间的气候缓冲空间;条件允许时,可将其优先布置于建筑东侧和西侧,以降低太阳辐射热对主要功能空间的影响。
- 4.4.5 当建筑空间在水平方向调节余地不大时,可在垂直方向调整建筑的空间组织。在严寒、寒冷地区,使用频率较高空间宜布置于建筑上部,使用频率较低的空间宜布置于建筑下部。在夏热冬暖地区,宜将使用频率低的空间放置于顶部。
- 4.4.6 严寒地区建筑的外门应设置门斗;寒冷地区建筑面向冬季主导风向的外门应设置门斗或双层外门,其他外门宜设置门斗或应采取其他减少冷风渗透的措施;夏热冬冷、夏热冬暖和温和地区建筑的外门应采取保温隔热措施。
- 4.4.7 在严寒、寒冷地区,屋面系统保温宜采用双层屋面,利用其空气间层提升屋顶的保温隔热能力。
- 4.4.8 在严寒、寒冷地区,宜在建筑南向增设附加阳光间、集热蓄热墙等,附加阳光间宜与走廊、阳台、露台等功能空间结合设计。

II 通风设计

- 4.4.9 既有公共建筑改造不宜大规模改动主体结构与建筑外立面形态,应依托原有空间格局梳理优化通风路径;结合项目地域气候、建筑层高条件,优先通过局部调整空间布局、增设通风构造,实现穿堂风、热压烟囱效应、风塔通风,合理构建被动式通风降温体系。

4.4.10 建筑主要功能空间宜垂直于场地主导风向，或有小范围的偏角，有利于利用室外风压驱动内部空气的流动。当日照朝向与主导风朝向冲突时，应根据地方气候的特点和功能需求，确定其优先次序。

4.4.11 建筑宜将进风口与出风口分别设置于建筑相互平行的立面上，并通过减少内部隔断、设置导风构件等方式，形成通畅的水平通风路径。

4.4.12 公共建筑设计宜设置天井、中庭等垂直公用空间。当利用垂直公用空间的通风降温效果不能满足要求时，宜采用通风道等其他措施。可采用以下空间设计策略：

- 1 依靠中庭空间与中庭高侧窗形成烟囱效应增强热压通风；
- 2 通过地道与地道表面的覆土等将室外风降温后引入室内；
- 3 在进风口外围通过设置水面或绿荫降低气流进入温度。

4.4.13 在公共建筑改造中，建筑通风设计应协同利用风压与热压原理，形成复合通风系统。

III 采光设计

4.4.14 建筑应充分利用天然采光。天然采光不能满足照明要求的场所，宜采用导光、反光等装置将自然光引入室内。

4.4.15 公共建筑内部大进深区域天然采光条件偏弱，改造设计宜优先采用导光井、既有中庭构造梳理自然采光路径。中庭具备天然光汇集、传导分配作用，能够将充足自然光送达平面进深最大位置，减少大范围人工照明带来的视觉不适问题。

4.4.16 公共建筑中立面采光条件有限时可采用天窗采光，常用天窗形式有纵向矩形天窗、锯齿形天窗、平天窗等。

4.4.17 公共建筑中阅读区、办公区等照度需求高的空间宜靠近外窗布置，同时设置遮阳措施避免眩光干扰。

4.4.18 展览类及其他有视线管控、观赏展示要求的功能空间，宜采用高侧窗、天窗等上部采光形式，规避直射眩光。

IV 遮阳设计

4.4.19 建筑可依托形体设计实现被动自遮阳，宜沿建筑外围设置连续外廊，或采用底层空间内退的布局方式。由此形成的半室外空间，既可作为交通通行与休

闲活动场地，又能构成高效耐久的外遮阳体系。

4.4.20 建筑可利用建筑构件自遮阳，宜通过深化建筑立面与空间进深设计，利用阳台、挑檐、檐口、廊道等建筑自身的凹凸构件形成阴影区，减少受太阳直射的外表面面积。

4.4.21 夏热冬冷地区，建筑外围护结构外侧宜设置格栅、遮阳板等遮阳构件，并与主体结构脱开布置，形成通风空气间层。

4.4.22 建筑南墙面和山墙面宜采用植被遮阳，建筑南侧场地宜种植枝少叶茂的落叶乔木。

4.4.23 夏热冬冷、夏热冬暖等地区，屋面系统隔热可采取双层通风屋面、相变屋顶绿化、蓄水屋顶、分形冷屋面等方式。

5 设备系统电气化改造技术

5.1 一般规定

5.1.1 公共建筑采暖通风空调、生活热水供应系统、供配电与照明系统的减碳改造宜结合系统主要设备的更新换代和建筑物的功能升级进行。

5.1.2 暖通空调系统的形式，应根据工程所在地的地理和气候条件、建筑功能的要求，遵循被动措施优先、主动措施优化的原则合理确定。

5.1.3 当冷热源系统改造时，应根据系统原有的冷热源运行记录及围护结构改造情况进行系统冷热负荷计算，并应对整个制冷季、供暖季负荷进行分析。

5.1.4 严寒 A 区和严寒 B 区的公共建筑宜设热水集中供暖系统，对于设置空气调节系统的建筑，不宜采用热风末端作为唯一的供暖方式；对于严寒 C 区和寒冷地区的公共建筑，供暖方式应根据建筑等级、供暖期天数、能源消耗量和运行费用等因素经技术经济综合分析比较后确定。

5.1.5 系统冷热媒温度的选取应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。在经济技术合理时，冷媒温度宜高于常用设计温度，热媒温度宜低于常用设计温度。

5.1.6 当利用通风能排除室内的余热、余湿或其他污染物时，宜采用自然通风、机械通风或复合通风的通风方式。

5.1.7 符合下列情况之一时，宜采用分散设置的空调装置或系统：

- 1 全年所需供冷、供暖时间短或采用集中供冷、供暖系统不经济；
- 2 需设空气调节的房间布置分散；
- 3 设有集中供冷、供暖系统的建筑中，使用时间和要求不同的房间；
- 4 需增设空调系统，而难以设置机房和管道的既有公共建筑。

5.1.8 采用温湿度独立控制空调系统时，应符合下列要求：

- 1 应根据气候特点，经技术经济分析论证，确定高温冷源的制备方式和新风除湿方式；
- 2 宜考虑全年对天然冷源和可再生能源的应用措施；

3 不宜采用再热空气处理方式。

5.1.9 使用时间不同的空气调节区不应划分在同一个定风量全空气风系统中。温度、湿度等要求不同的空气调节区不宜划分在同一个空气调节风系统中。

5.1.10 有计量要求的水加热、换热站室，应安装热水表、热量表、蒸汽流量计或能源计量表。

5.1.11 电气系统的设计应经济合理、高效减碳。

5.1.12 太阳能资源、风能资源丰富的地区，应根据当地电网及用户的条件和特点，在经济合理前提下，可使用太阳能发电、风力发电等低碳能源技术。

5.2 供暖与空调系统

5.2.1 供暖空调冷源与热源应根据建筑规模、用途、建设地点的能源条件、结构、价格以及国家节能减排和环保政策的相关规定，通过综合论证确定，并应符合下列规定：

1 有可供利用的废热或工业余热的区域，热源宜采用废热或工业余热。当废热或工业余热的温度较高、经技术经济论证合理时，冷源宜采用吸收式冷水机组。

2 在经济技术合理的情况下，冷热源宜利用浅层地能。当采用可再生能源受到气候等原因的限制无法保证时，应设置辅助冷、热源。

3 不具备本条第 1、2 款的条件，但有城市或区域热网的地区，集中式空调系统的供热热源宜优先采用城市或区域热网。

4 不具备本条第 1、2 款的条件，但城市电网夏季供电充足的地区，空调系统的冷源宜采用电动压缩式机组。

5 不具备本条第 1 款~第 4 款的条件，但城市燃气供应充足的地区，宜采用燃气锅炉、燃气热水机供热或燃气吸收式冷（温）水机组供冷、供热。

6 不具备本条第 1 款~第 5 款条件的地区，可采用燃煤锅炉燃油锅炉供热，蒸汽吸收式冷水机组或燃油吸收式冷（温）水机组供冷、供热。

7 夏季室外空气设计露点温度较低且水资源相对丰富的地区，宜采用间接蒸发冷却冷水机组作为空调系统的冷源。

8 天然气供应充足的地区，当建筑的电力负荷、热负荷和冷负荷能较好匹配、能充分发挥冷、热、电联产系统的能源综合利用效率且经济技术比较合理时，宜采用分布式燃气冷热电三联供系统。

9 全年进行空气调节，且各房间或区域负荷特性相差较大，需要长时间地向建筑同时供热和供冷，经技术经济比较合理时，宜采用水环热泵空调系统供冷、供热。

10 在执行分时电价、峰谷电价差较大的地区，经技术经济比较，采用低谷电能够明显起到对电网“削峰填谷”和节省运行费用时，宜采用蓄能系统供冷、供热。

11 夏热冬冷地区以及干旱缺水地区的中、小型建筑宜采用空气源热泵或土壤源地源热泵系统供冷、供热。

12 有天然地表水等资源可供利用，或者有可利用的浅层地下水且能保证100%回灌时，可采用地表水或地下水地源热泵系统供冷、供热。

13 具有多种能源的地区，可采用复合式能源供冷、供热。

5.2.2 对于公共建筑，只有当符合下列条件之一时，应允许采用电直接加热设备作为供暖热源：

1 无城市或区域集中供热，采用燃气、煤、油等燃料受到环保或消防限制，且无法利用热泵供暖的建筑。

2 利用可再生能源发电，其发电量能满足自身电加热用电量需求的建筑。

3 以供冷为主、供暖负荷非常小，且无法利用热泵或其他方式提供供暖热源的建筑。

4 以供冷为主、供暖负荷小，无法利用热泵或其他方式提供供暖热源，但可以利用低谷电进行蓄热且电锅炉不在用电高峰和平段时间启用的空调系统。

5 室内或工作区的温度控制精度小于 0.5°C ，或相对湿度控制精度小于 5% 的工艺空调系统。

6 电力供应充足，且当地电力政策鼓励用电供暖时。

5.2.3 除下列情况外，不应采用蒸汽锅炉作为热源：

1 厨房、洗衣、高温消毒以及工艺性湿度控制等必须采用蒸汽的热负荷；

2 蒸汽热负荷在总热负荷中的比例大于 70%且总热负荷不大于 1.4MW。

5.2.4 冷热源设备改造中的能效提升符合以下要求：

1 更换锅炉时，其最低设计热效率必须符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 规定。

2 更换户式燃气炉时，其热效率需达到国家标准 2 级能效以上。

3 更换冷水机组时，其 IPLV 和 SCOP 必须满足现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的强制性要求，且总装机容量不得大于计算冷负荷的 1.1 倍。

5.2.5 集中空调系统的冷水（热泵）机组台数及单机制冷量（制热量）选择，应能适应负荷全年变化规律，满足季节及部分负荷要求。机组不宜少于 2 台，且同类型机组不宜超过 4 台；当小型工程仅设 1 台时，应选择调节性能优良的机型，并能满足建筑最低负荷的要求。

5.2.6 采用分布式能源站作为冷热源时，宜采用由自身发电驱动、以热电联产产生的度热为低位热源的热泵系统。

5.2.7 对冬季或过渡季存在供冷需求的建筑，应充分利用新风降温；经技术经济分析合理时，可利用冷却塔提供空气调节冷水或使用具有同时制冷和制热功能的空调（热泵）产品。

5.2.8 冷热源系统，应根据系统设置情况进行减碳改造，应包括以下内容：

1 冷水机组实际能效系数，包括冷水机组实际性能系数（COP）、实际能效比（EER）、综合制冷性能系数（SCOP）等；

2 锅炉运行效率；

3 冷却塔运行性能，包括冷却塔实际运行效率、气水比、漏水量等；

4 自然冷源利用情况；

5 锅炉房气候补偿系统；

6 多联式空调（热泵）机组的制冷综合性能系数 IPLV(C)；

7 换热设备运行性能，包括换热设备单位温差传热量、换热设备热源侧和负荷侧运行阻力等；

8 蓄能系统运行性能，包括蓄能设备的蓄冰率、热损失率、净可用蓄热量比率和容积利用率等；

9 冷热量的计量装置安装及运行情况。

5.2.9 输配系统，应根据系统设置情况进行减碳改造，应包括但不限于以下内容：

- 1 水系统回水温度一致性、供回水温度及温差；
- 2 水泵流量、扬程及效率；
- 4 水系统补水方式及补水率；
- 4 水系统管道跑、冒、滴、漏情况；
- 5 管道保温情况。

5.2.10 末端系统，应根据系统设置情况进行减碳改造，应包括但不限于以下内容：

- 1 新风系统运行情况，包括新风量、新风通风机效率、风机单位风量耗功率、加湿能力及房间空气品质等；
- 2 风系统平衡度；
- 3 日常排风系统运行情况，包括排风通风机效率，风机单位风量耗功率等。
- 4 能量回收装置性能，包括能量回收装置实际热交换效率、排风量与新风量的比值等；
- 5 空气过滤器的阻力情况；
- 6 供暖及空气调节系统分室温度调节控制情况。

5.2.11 严寒和寒冷地区采用集中新风的空调系统时，除排风含有毒有害高污染成分的情况外，当系统设计最小总新风量大于或等于 $40000\text{m}^3/\text{h}$ 时，应设置集中排风能量热回收装置。

5.2.12 当冷源系统采用多台冷水机组和水泵时，应设置台数控制，且宜采用具有实时在线清洗功能的除垢技术；对于多级泵系统，负荷侧各级泵应采用变频调速控制；变风量全空气空调系统应采用变频自动调节风机转速的方式。大型公共建筑空调系统应设置新风量按需求调节的措施。

5.2.13 锅炉房和换热机房应设置供热量自动控制装置；燃气锅炉和燃油锅炉宜增设烟气热回收装置。

5.2.14 集中供暖系统热量计量应符合下列规定：

- 1 锅炉房和换热机房供暖总管上，应设置计量总供热量的热量计量装置；
- 2 建筑物热力入口处，必须设置热量表，作为该建筑物供热量结算点；
- 3 用于热量结算的热量计量必须采用热量表；
- 4 应设置根据室外温度变化自动调节供热量的装置。

5.2.15 锅炉房、换热机房和制冷机房应对下列内容进行计量：

- 1 燃料的消耗量；
- 2 供热系统的总供热量；
- 3 制冷机（热泵）耗电量及制冷（热泵）系统总耗电量；
- 4 制冷系统的总供冷量；
- 5 补水量。

5.2.16 在符合下列条件的情况下，宜采用水环热泵空调系统：

- 1 有较大内区且有稳定的大量余热的建筑物；
- 2 原建筑冷热源机房空间有限，且以出租为主的办公楼及商业建筑。

5.2.17 对于系统较大、阻力较高、各环路负荷特性或压力损失相差较大的一次泵系统，在确保具有较大的减碳潜力和经济性的前提下，可将其改造为二次泵系统，二次泵应采用变流量的控制方式。

5.2.18 对于设有多台冷水机组和冷却塔的系统，应防止系统在运行过程中发生冷水或冷却水通过不运行冷水机组而产生的旁通现象。

5.2.19 对于由于设计不合理，或者使用功能改变而造成的原有系统分区不合理的情况，在进行改造设计时，应根据目前的实际使用情况，对空调系统重新进行分区设置。旅馆、餐饮、医院、洗浴等常年存在生活热水需求的建筑，当采用电动蒸汽压缩循环冷水机组时，宜采用冷凝热回收型冷水机组，或采用空调冷却水对生活热水的补水进行预热。

5.2.20 改造中的水力平衡与能耗限制

1 集中供暖系统和空调水系统必须进行水力平衡计算，并在热力入口、分集水器等关键节点根据水力平衡要求设置水力平衡装置（如静态平衡阀）。

2 循环水泵的选型需满足现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 中集中供暖系统耗电输热比（EHR-h）或空调冷（热）水系统耗电输冷（热）比 EC(H)R-a 的能耗限值要求。

5.2.21 根据建筑功能分区和负荷特性，优化系统制式（两管/四管制、一级泵/二级泵）。一次泵系统的循环水泵宜采用变速调节。二次泵系统的二次侧水泵必须采用变速调节。

5.2.22 集中空调冷、热水系统的设计应符合下列规定：

1 当建筑所有区域只要求按季节同时进行供冷和供热转换时，应采用两管制空调水系统；当建筑内一些区域的空调系统需全年供冷、其他区域仅要求按季节进行供冷和供热转换时，可采用分区两管制空调水系统；当空调水系统的供冷和供热工况转换频繁或需同时使用时，宜采用四管制空调水系统。

2 冷水水温和供回水温差要求一致且各区域管路压力损失相差不大的中小型工程，宜采用变流量一级泵系统；单台水泵功率较大时，经技术经济比较，在确保设备的适应性、控制方案和运行管理可靠的前提下，空调冷水可采用冷水机组和负荷侧均变流量的一级泵系统，且一级泵应采用调速泵。

3 系统作用半径较大、设计水流阻力较高的大型工程，空调冷水宜采用变流量二级泵系统。当各环路的设计水温一致且设计水流阻力接近时，二级泵宜集中设置；当各环路的设计水流阻力相差较大或各系统水温或温差要求不同时，宜按区域或系统分别设置二级泵，且二级泵应采用调速泵。

4 提供冷源设备集中且用户分散的区域供冷的大规模空调冷水系统，当二级泵的输送距离较远且各用户管路阻力相差较大，或者水温（温差）要求不同时，可采用多级系统，且二级泵等负荷侧各级泵应采用调速泵。

5.2.23 在技术可靠、经济合理的前提下，采暖空调水系统可采用大温差、小流量技术。

5.2.24 风机能效与热回收利用原则：

1 空调通风系统的单位风量耗功率（ W_s ）必须符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的限值。

2 设有集中排风的系统，经技术经济论证合理时，宜设置“空气-空气能量”回收装置。严寒地区采用时，应对能量回收装置的排风侧是否出现结霜或结露现象进行核算。当出现结霜或结露时，应采取预热等保温防冻措施。

3 当通风系统使用时间较长且运行工况（风量、风压）有较大变化时，通风机宜采用双速或变速风机。

5.2.25 改造中风系统高效运行与免费冷源利用原则：

1 定风量系统应采取措施实现可调新风比或全新风运行，并宜设计配套排风系统；也可调节运行参数，实现节能运行。

2 变风量系统风机必须采用变频调速。

3 过渡季或冬季，应优先采用冷却塔免费供冷或增大新风比的直接利用室外空气进行降温的方式降温。

5.2.26 当采用人工冷、热源对空气调节系统进行预热或预冷运行时，新风系统应能关闭；当室外空气温度较低时，应尽量利用新风系统进行预冷。

5.2.27 空调系统中系统分区与避免冷热抵消原则及措施：

1 空气调节内、外区应根据室内进深、分隔、朝向、楼层以及围护结构特点等因素划分。内、外区宜分别设置空气调节系统。

2 除温湿度波动范围要求严格的空调区外，在同一个全空气空调系统中，严禁出现同时加热和冷却过程。

3 处理后的新风宜直接送入各空气调节区，避免经过风机盘管机组后再送出。

5.2.28 空气调节风系统不应利用土建风道作为送风道和输送冷、热处理后的新风风道。当受条件限制利用土建风道时，应采取可靠的防漏风和绝热措施。

5.2.29 有人员长期停留且不设置集中新风、排风系统的空气调节区或空调房间，宜在各空气调节区或空调房间分别安装带热回收功能的双向换气装置。

5.2.30 夏季空气调节室外计算湿球温度低、温度日较差大且水资源相对丰富的地区，宜优先采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却或直接蒸发冷却与间接蒸发冷却相结合的二级或三级蒸发冷却的空气处理方式。

5.2.31 机电设备用房、厨房热加工间等发热量较大的房间的通风设计应满足下列要求：

1 在保证设备正常工作前提下，宜采用通风消除室内余热，机电设备用房夏季室内计算温度取值不宜低于夏季通风室外计算温度。

2 厨房热加工间宜采用补风式油烟排气罩；采用直流式空调送风的区域，夏季室内计算温度取值不宜低于夏季通风室外计算温度。

5.2.32 供热末端调控与计量原则：

1 供暖空调系统应设置自动室温调控装置（如恒温阀）。

2 集中供热系统必须在热力入口处设置热量表作为结算点，室内供暖系统宜设置热量分配装置。

5.2.33 新风调节系统的间歇运行需按需控制，具体措施如下：

1 间歇运行的空气调节系统，应设置自动启停控制装置。控制装置可按预定时间表、服务区域是否有人等模式控制。

2 地下停车库风机宜采用多台并联方式或设置风机调速装置，并宜根据使用情况对通风机设置定时启停（台数）控制或根据车库内的一氧化碳浓度进行自动运行控制。

5.3 生活热水系统

5.3.1 生活热水系统改造应以总体减碳、稳定供应、高效管理、保障体验为原则。

5.3.2 有生活热水需求的公共建筑，有条件的应考虑安装太阳能热水系统或光伏-热泵耦合热水系统，并与建筑物主体减碳改造同步设计、同步施工同步投入使用。

5.3.3 在满足用户对水质、水量、水压和水温的要求下，生活热水系统减碳设计应做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、管理方便。

5.3.4 热源系统减碳改造应包括以下内容：

- 1 热源形式，包括电热、余热、废热、太阳能热水、空气源热泵等；
- 2 热源设备的运行时间、使用的燃料及工质；
- 3 热源运行性能；
- 4 建筑使用性质与生活热水系统形式；
- 5 生活热水最高日总用水量、人均最高日用水定额。

5.3.5 输配系统减碳改造应包括以下内容：

- 1 循环方式，包括不循环热水供应方式、半循环热水供应方式、全循环热水供应方式；
- 2 管道敷设方式及保温性能；
- 3 循环水泵效率。

5.3.6 末端系统（洗脸盆、洗涤盆、浴盆、盥洗槽、热水器、花洒、水嘴等器具），应查验节水型器具使用情况。

5.3.7 改造判定：

- 1 生活热水系统的循环水泵未采用变速变流量调节方式时，宜对循环水泵进行变速变流量调节方式的改造。

2 当进行水力平衡调试后，生活热水系统各主支管路在稳定运行条件下的回水温度最大差值大于设计供回水温差的 10%或温差超过 4℃时，宜进行相应的水力平衡改造。

5.3.8 集中热水供应系统的热源，宜利用余热、废热、可再生能源或空气源热泵作为热水供应热源。当最高日生活热水量大于 5m³ 时，除电力需求侧管理鼓励用电，且利用低价电高温蓄热的情况外，不应采用直接电加热热源作为集中热水供应系统的热源。

5.3.9 以燃气或燃油作为热源时，宜采用燃气或燃油机组直接制备热水。当采用锅炉制备热水或开水时，锅炉额定工况下热效率不应低于国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2015 中表 4.2.5 中的限定值。

5.3.10 当采用空气源热泵热水机组制备生活热水时，制热量大于 10kW 的热泵热水机在名义制热工况和规定条件下，性能系数（COP）不宜低于国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2015 中表 5.3.3 的规定，并应有保证水质的有效措施。

5.3.11 当更换生活热水供应系统的锅炉及加热设备时，更换后的设备应根据设定的温度，对燃料的供给量进行自动调节，并应保证其出水温度稳定；当机组不能保证出水温度稳定时，应设置贮热水罐。

5.3.12 无回水循环设施的集中热水供应系统应增设采用节能运行控制的机械循环设施，确保主要使用时间段内干管和立管中的热水循环；循环管道满足下列要求：

- 1 宜采用同程布管；
- 2 当采用同程布置有困难时，热水回水干管、立管可采用限流调节阀、温控阀、导流三通等保证循环效果的措施；
- 3 当支管长度大于 7m 时，宜设支管循环，或支管采取自控电伴热措施；
- 4 当采用减压阀分区供水时，应保证各分区的热水循环；
- 5 当采用热水箱经加压泵供水的集中热水供应系统时，循环泵可与加压泵合用，回水干管可设温控阀或流量控制阀控制回水流量。

5.3.13 集中热水供应系统的管网及设备应采取保温措施，保温层厚度应按现行国家标准《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175 中经济厚度计算方法确定。

5.3.14 生活热水输配系统减碳绿色化改造宜采用下列技术措施：

- 1 热水需求时间不同的区域，宜分别设置热水输水系统；
- 2 设置集中热水水箱的生活热水供应系统，其供水泵宜采用变速控制装置；
- 3 减少热水管道系统的热损失量可用同阻技术取代同程布置；
- 4 为降低热水管道的散热损失，宜选用保温效率高的保温材料，保温层厚度应按现行国家标准《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175 中经济厚度计算方法确定。

5.3.15 生活热水末端系统减碳绿色化改造应采用下列技术措施：

- 1 集中生活热水系统应缩短支管的长度，减少热量损失；
- 2 集中生活热水系统应在用水点采取冷水、热水供水压力平衡和稳定的措施；
- 3 结合公共建筑性质，生活热水系统可采用在近用水点处安装即热式辅热装置的措施全部或部分取代热水循环加热系统。

5.3.16 热水供应系统宜满足以下自控要求：

- 1 贮水温度应控制在 55℃~60℃。当采用热泵热水系统时，贮水温度可适当降低至 50℃；
- 2 热水供应系统循环水泵应采用定时或定温循环开关；
- 3 设有内循环的储水罐，应具有时间程序控制，加热结束后 5min 内自动关闭循环泵。

5.3.17 集中热水供应系统的监测和控制宜符合下列规定：

- 1 对系统热水耗量和系统总供热量宜进行监测；
- 2 对设备运行状态宜进行检测及故障报警；
- 3 对每日用水量、供水温度宜进行监测；
- 4 装机数量大于或等于 3 台的工程，宜采用机组群控方式。

5.4 供配电系统

5.4.1 电气系统宜选用技术先进、成熟、可靠，损耗低、谐波发射量少、能效高、经济合理的节能产品。

5.4.2 供配电的减碳改造应符合下列规定：

- 1 改造期间应有保障临时用电的技术措施，不影响公共建筑的工作、生活环境；
- 2 宜结合系统主要设备的更新换代和建筑物的功能升级进行；
- 3 满足用电安全、功能要求、减碳管理的要求，并应选用高效节能的产品和技术；
- 4 应具备减碳先进性、适用性，可靠性、开放性、兼容性和扩展性。

5.4.3 应针对既有电气系统构成做全方位的减碳分析，在安全、可靠的前提下，变配电系统设计应将减碳作为主要技术经济指标进行多方案比较，优化设计方案，改进机电设备经济运行方式，提高变配电系统运行的实效性。

5.4.4 供配电系统减碳改造应包括下列内容：

- 1 供配电系统容量及结构现状；
- 2 系统中特定配电线路、仪表、电动机、电器、变压器等设备状况；
- 3 供用电电能质量；
- 4 无功补偿情况；
- 5 用电分项计量现状。

5.4.5 既有建筑减碳改造设计应设置能量计量装置，并应满足减碳验收的要求，同时尽量利用原有计量设备或在其基础上扩展。

5.4.6 供配电系统进行减碳改造时，改造方案应按照下列原则设定：

1 供配电系统改造前，应重新对供配电容量、敷设电缆、供配电线路保护和保护电器的选择性配合等参数进行核算，保证末端供电电压满足需求，减小线路损耗，并根据现场勘察情况采取合适方案施工改造，该技术的实施应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052、《低压配电设计规范》GB 50054 的规定；

2 供配电系统改造的线路敷设宜使用原有路由进行敷设。当现场条件不允许或有路由不合理时，应按合理、方便施工的则重新敷设。

3 宜优先选用具备绿色认证或绿色标识产品。

5.4.7 建筑设备使用的电动机应采用能效等级达到 2 级及以上的节能型产品。对仍在运行的旧电机，宜结合更换或改造提升其能效。

5.4.8 建筑设备的电动机及变频器的选用应满足下列规定：

- 1 无调速要求的电动机不应采用变频器，且应工作在高效率运行状态；
- 2 当要求电动机调速但不要求连续调速运行时，宜采用双速或三速电动机；
- 3 连续调速场合采用变频器时，其谐波限值、能效等级及散热条件应符合现行国家标准（如谐波限值应符合《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549；能效等级应符合《变频器供电交流电动机确定损耗和效率的特定试验方法》GB/T 32877；散热等技术条件应符合《1 kV 及以下通用变频调速设备 第 1 部分：技术条件》GB/T 30844.1，并应考虑与原有控制系统的接口匹配。

5.4.9 对变压器的减碳改造应采用下列技术措施：

- 1 改造前宜重新计算变压器容量，计算容量宜考虑用电设备实际耗电功率总和及富余量。变压器容量配置不合理时，宜根据计算容量进行施工改造，改造中宜采用节能变压器；
- 2 调整负载的供电模式宜在确保消防负荷、重要负荷用电的前提下进行，季节性负荷变压器在过渡季节时宜退出运行，减少变压器的空载损耗；
- 3 变压器宜设置通风散热措施，降低变压器的负载损耗。该技术的实施应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052 的规定。

5.4.10 变压器应选用低损耗型，且能效值不应低于现行国家标准《电力变压器能效限定值及能效等级》GB 20052 中能效标准的节能评价值，更换时优先选择能效等级高的产品。

5.4.11 对断路器的减碳改造应采用下列技术措施：

- 1 宜采用智能型断路器，并考虑与原有配电系统的兼容性；
- 2 安装低压断路器的配电柜和配电箱，应综合考虑设备的运行环境，确保设备运行在合适的温湿度环境中，必要时对原有配电箱进行改造。

5.4.12 供用电电能质量改造应根据测试结果确定需进行改造的位置和方法。电能质量的减碳改造宜采用下列技术措施：

- 1 改造前宜分析谐波源，根据波源合理制定方案。供配电系统中的谐波电压和在公共连接点注入的谐波电流允许限值，宜符合现行国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549 的规定；
- 2 三相负载不平衡的回路宜采用调整支路相序或重新分配回路上用电设备

的方法。供配电系统中在公共连接点的三相电压不平衡度允许限值，宜符合现行国家标准《电能质量 三相电压不平衡》GB/T 15543 的规定；

3 电压偏差高于标准值时宜采用合理方法降低电压，电压差允许值应根据用电设备的要求确定。

5.4.13 供配电系统应进行负荷计算与无功补偿设计，并符合下列规定：

1 容量较大的用电设备，当功率因数较低且离配变电所较远时，宜采用无功功率就地补偿方式；

2 当功率因数未达到供电主管部门要求时，应采取无功补偿措施，优先利用现有无功补偿设备；

3 宜利用现有无功补偿设备，并采用自动补偿的方式运行，无功补偿控制器应具备数字化通讯能力，补偿后仍无法满足要求时，宜更换补偿设备。该技术的实施应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052 的规定。

5.4.14 下列公共建筑应设用电分项计量装置，其他公共建筑宜根据建筑规模及使用需求设置用电分项计量装置。

1 单体建筑面积在 20000m² 及以上的大型公共建筑；

2 单体建筑面积小于 20000m²，大于 5000m² 且采用中央空调系统的公共建筑；

3 市（区）两级国家机关办公建筑；

4 单体建筑面积在 20000m² 及以上的工厂建筑配套的办公楼。

5.4.15 设置用电分项计量装置的建筑物低压配电系统应在空调系统、照明系统、电梯系统、信息中心系统、厨房及相关系统的出线回路上设置具有标准通讯接口的分项能耗数据计量仪表，并尽量利用原有配电回路，避免重复改造。

5.4.16 未设置用电分项计量的系统宜根据变压器、配电回路原设置情况，合理设置分项计量监测系统。分项计量电能表宜具备远传功能，宜监测供配电系统电压、电流、有功功率、功率因数、谐波含量等参数。

5.4.17 本导则第 5.4.16 条中规定应设置用电分项计量装置的建筑物所采集的分类能耗、分项能耗数据应传输至市级数据中心。

5.4.18 用电分项计量系统的设计、施工、调试与检查、验收和运行维护应按照现行行业标准《公共建筑能耗远程监测系统技术规程》JGJ/T 285 的规定执行。

5.4.19 水泵、风机以及电热设备应采取节能自动控制措施，改造中应评估原有控制系统的升级可能性。

5.4.20 宜采用分布式光伏和储能技术等措施，降低配电系统的装机容量，并注意与原有供配电系统的衔接。

5.4.21 采用建筑光伏系统的既有公共建筑，宜对机电设备和用能系统同步进行直流供配电改造，但需考虑原有设备兼容性和改造经济性。

5.5 照明系统

5.5.1 室内照明功率密度（LPD）值应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的有关规定，改造设计时应按实际使用功能重新核算。

5.5.2 照明系统减碳改造时，改造方案应按下列原则制定：

1 照明减碳改造应在保证不降低作业面视觉要求、不降低照明质量的前提下，通过选择合理的照度标准，充分利用自然光，选用合适的光源及高效节能灯具，采用合理的灯具安装方式及照明控制装置或系统，并尽可能保留原有可利用的灯具和线路；

2 在满足眩光限制和配光要求的条件下，应优先选用灯具效率或效值高的灯具，灯具效率或效能指标值应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的规定；

3 照明配电系统改造设计时各回路容量应按现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的规定对原回路容量进行校核，避免过载或浪费；

4 照明配电系统改造设计宜满足节能控制的需要，且照明配电回路应配合节能控制的要求分区、分回路设置，并利用原有管线和桥架；

5.5.3 照明系统减碳改造应包括下列项目：

- 1 灯具及光源类型；
- 2 功率因数补偿情况；
- 3 照明灯具效率和照度值；
- 4 照明功率密度值；
- 5 有效利用自然光情况；

6 照明控制方式。

5.5.4 灯具的选择应符合下列规定：

1 使用电感镇流器的气体放电灯应采用单灯补偿方式，其照明配电系统功率因数不应低于 0.9，对于仍在使用的老式灯具，宜优先更换为高效灯具；

2 在满足眩光限制和配光要求条件下，应选用效率高的灯具，并应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的有关规定；

3 灯具自带的单灯控制装置宜预留与照明控制系统的接口，以便未来接入智能控制。

5.5.5 光源的选择应符合下列规定：

1 一般照明在满足照度均匀度条件下，宜选择单灯功率较大、光效较高的光源，不宜选用荧光高压汞灯，不应选用自镇流荧光高压汞灯；

2 气体放电灯用镇流器应选用谐波含量低的产品；

3 高大空间及室外作业场所宜选用金属卤化物灯、高压钠灯；

4 除需满足特殊工艺要求的场所外，不应选用白炽灯；

5 走道、楼梯间、卫生间、车库等无人长期逗留的场所，宜选用发光二极管（LED）灯；

6 疏散指示灯、出口标志灯、室内指向性装饰照明等宜选用发光二极管（LED）灯；

7 室外景观、道路照明应选择安全、高效、寿命长、稳定的光源，避免光污染。

5.5.6 对于不同照度需求的场所，宜采用不同色温的光源营造舒适的光环境，并符合下列规定：

1 对于照度要求小于或等于 200lx 的场所，宜采用暖色温光源；

2 对于照度需求为 200lx~750lx 之间的场所，宜采用中色温光源；

3 对于照度要求大于 750lx 的场所，宜采用冷色温光源；

4 对于可调色温的光源，冬季宜将色温调至暖色调，夏季宜将色温调至冷色调。

5.5.7 公共建筑进行减碳改造时，应充分利用自然光来减少照明负荷。并结合既有建筑采光条件进行优化。

5.5.8 照明系统的减碳改造应采用下列技术措施：

1 宜根据不同的场所，选用合适的照明光源，宜优先选用 LED 节能灯；学校、医院等特殊场所使用时应考虑其色温及眩光问题。该技术的实施应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的规定；

2 公共建筑的走廊、楼梯间、门厅等公共场所的照明宜按建筑使用条件和天然采光状况采取分区、分组控制措施公共场所宜采用集中控制，并按需要采取调光或降低照度的控制措施；大型公共建筑宜按使用需求采用适宜的自动（含智能控制）照明控制系统，改造中应评估原有控制线路的可用性。

5.5.9 照明系统的控制改造设计应遵循分区、分组、定时、感应与调光相结合的原则，在满足使用功能与视觉舒适度的前提下，实现按需照明，最大限度降低能耗，并优先利用原有开关线路和传感器。

5.5.10 应根据建筑的照明要求，合理利用天然采光与联动控制。

1 在具有天然采光条件或天然采光设施的区域，应采取合理的人工照明布置及控制措施；

2 采用导光、反光装置利用自然光照明的场所，宜对人工照明进行自动控制；

3 对日光有较高要求的场所宜采用主动式导光系统；一般场所可采用被动式导光系统；

4 合理设置分区照明控制措施，具有天然采光的区域应能独立控制；

5 可设置智能照明控制系统，并应具有随室外自然光的变化自动控制或调节人工照明照度的功能；

6 靠近窗户的灯具应单独分区、分组，并宜随自然光照度变化，通过照度传感器自动调节关闭或调光；

7 设置电动遮阳装置的场所，照明控制宜与其联动，以优化室内光热环境。

5.5.11 采用场景化照明控制应符合下列规定：

1 公共活动区域：走廊、楼梯间、门厅、电梯厅、卫生间、停车库等公共场所的照明，应优先采用集中开关控制、时钟控制或就地感应控制。在医院、中小学校、幼儿园、老年公寓等有特殊安全需求的场所，选择感应控制时需审慎评估，避免因光线突变导致安全事故；

2 功能稳定区域：办公室、阅览室、教室、按时间规律运行的校园建筑等空间，宜采用时钟控制、感应调光控制；旅馆客房应设置节能控制型总开关；

3 多功能与大型空间：大堂、报告厅、宴会厅、餐厅、会议室、体育场馆等大空间及多功能场所，宜采用智能照明控制系统，实现场景控制、调光控制，以适应不同的使用需求；

4 室外照明：建筑景观照明应设置平日、一般节日、重大节日等多种模式自动控制装置。道路照明与景观照明宜采用光控与时控相结合的控制方式，并应根据天空亮度变化进行修正。

5.5.12 建筑立面照明低碳改造应符合下列规定：

- 1 建筑立面照明应具备分时段进行亮度与效果的智能控制功能；
- 2 应减少超大功率灯具用灯时长；
- 3 广告屏幕应安装光感系统，根据外部环境亮度自动调整屏幕亮度。

5.6 电梯系统

5.6.1 电梯系统减碳改造应包含以下内容：

- 1 电梯类型、数量、额定功率及能效等级；
- 2 电梯设备系统情况，包括电梯驱动、曳引装置的类型，照明、通风空调设备等；
- 3 电梯管理及运行模式；
- 4 节能控制措施。

5.6.2 应采用配备高效电机及先进控制技术的电梯，在改造时优先考虑对现有电梯的驱动系统和控制系统进行升级，而非整梯更换。

5.6.3 电梯能效等级宜达到现行国家标准《电梯、自动扶梯和自动人行道的能量性能 第2部分：电梯的能量计算与分级》GB/T 30559.2的2级能效要求以上，改造时应评估现有电梯能耗水平并确定提升目标。

5.6.4 循环水泵、通风机、电梯电机等动力设备应配置可变转速的装置，在低负荷时降低转速，提高电机效率，改造中宜结合原有电机和控制柜进行变频改造。

5.6.5 扶梯宜使用变频器准确控制电梯电机转速，使电机始终处于合适的频率和最佳节电状态，提高电梯的工作效率。

5.6.6 电梯系统应采用节能控制及拖动系统，并应符合下列规定：

- 1 电梯能效等级宜达到现行国家标准《电梯、自动扶梯和自动人行道的能量性能 第2部分：电梯的能量计算与分级》GB/T 30559.2的2级能效要求以上；
- 2 设有两台以上电梯集中排列时，应具备群控功能。改造中可对现有控制系统进行升级实现。

5.6.7 电梯系统的减碳改造应采用下列技术措施：

- 1 宜选用带有节能装置和具有开放协议接口的电梯，电梯系统宜具有智能群控管理系统与远程监测维护功能；
- 2 扶梯宜采用变频器准确控制电梯电机转速，可通过对现有扶梯驱动系统进行变频改造实现；
- 3 当直梯轻载上行、重载下行以及电梯平层前逐步减速时，宜将运动中负载上的机械能转化为电能存储在储能装置中或回馈到电网中，可在改造中加装能

量回馈装置；

4 单台电梯应具有集选控制、闲时停梯操作、灯光和风扇自动控制等节能控制措施；

5 电梯轿厢及电梯井内宜采用节能灯具及感应控制装置；

6 电梯无外部召唤，且电梯轿厢内一段时间无预设指令时，应自动关闭轿厢照明及风扇。

7 自动扶梯及自动人行步道在全线各段均空载时应暂停或低速运行，并应设置自动控制自动扶梯与自动人行步道的启、停控制装置。

5.6.8 高层建筑电梯系统可采用能量回馈装置，宜采用变频调速拖动方式，改造时应评估现有电梯机房和井道条件。

5.7 其他

5.7.1 既有公共建筑减碳改造时，应结合建筑用途、用户需求及配电条件，同步规划、设计并建设电动汽车（机动车）及电动自行车（非机动车）充电设施，充分利用现有停车位和配电容量。

5.7.2 电动汽车及电动自行车充电设施与停放场所的建设管理，应符合现行相关国家标准、行业标准及所在地相关地方标准的规定。

5.7.3 电动汽车及电动自行车充电桩建设应结合建筑停车位（场）分布、配电容量、用户使用习惯及消防安全要求合理设置。

5.7.4 电动汽车充电桩宜优先利用现有机动车停车场（位）区域进行建设，合理布置并避免影响普通车辆。

5.7.5 既有公共建筑中配建电动汽车充电设施，其主要场景集中于地下停车场。地下停车场设置充电设施时，应满足下列要求：

1 充电设施宜在地下一层，并考虑原有排水、通风条件；

2 充电区应避开建筑疏散通道、楼梯间、避难区等生命通道，且不得影响消防设施的正常使用；

3 充电设施宜集中布置在独立防火单元内，每个单元的停车数量不宜大于18辆，并应设置明显的引导标识和安全警示；

4 应设置独立的机械排风系统，通风量应确保换气次数不小于 6 次/h，以防止可燃气体积聚；

5 宜设置一氧化碳（CO）等有害气体浓度监测报警装置，并与通风系统联动。

5.7.6 电动自行车充电区宜独立设置，并与机动车停车区等保持安全距离或进行物理隔离。其规划与建设应符合下列规定：

1 应优先选择在室外区域设置独立的电动非机动车充电区；

2 严禁在建筑的安全疏散通道、楼梯间、前室、避难层等生命通道及其周边区域设置充电设施；

3 如条件限制必须设置在室内或地下时，该区域必须采用防火墙和防火门与其他区域（尤其是机动车库）完全隔离，并设置独立的直通室外的排烟和泄压口。

5.7.7 在无预设电动自行车充电区域时，应通过评估与设计，创造性地利用或转化既有空间以满足充电功能需求。将建筑中未被充分利用的闲置空间或消极空间改造为充电设施安装点，包括但不限于：

1 建筑局部架空层等可利用空间；

2 报亭、岗亭等小型建（构）筑物改造利用；

3 建筑退线区域、绿化带边缘等位置，设置带顶棚的一体化充电车位。

5.7.8 宜结合建筑光伏系统等可再生能源，设置储电、蓄热（冷）及电动汽车充电设施，并应充分利用电动车充电桩作为建筑储能调峰的一种技术方式，改造中考虑与原有配电系统的互动。

5.7.9 在配电容量受限区域，宜采用有序充电管理策略或储能式充电桩，实现电力负荷的移峰填谷，减少对现有配电系统的增容压力。

5.7.10 宜建立充电设施监控系统，对充电桩的运行状态、充电参数、故障信息等进行实时监测、记录与管理。

1 监控系统应能采集充电桩的电压、电流、功率、开关状态、保护状态等数据，并具备与充电车辆进行必要信息交互的能力。

2 大型充电站点监控系统应预留与上级充电设施信息服务平台或建筑能源管理系统的数据接口。

6 可再生能源应用及提升改造

6.1 一般规定

- 6.1.1 既有公共建筑的用能应通过对当地环境资源条件和技术经济的分析，结合国家相关政策，优先应用可再生能源。
- 6.1.2 既有建筑改造项目中，可再生能源设施宜结合既有建筑更新计划统筹设计，可根据项目条件分阶段实施。
- 6.1.3 当环境条件允许且经济技术合理时，宜采用太阳能、风能等可再生能源直接并网供电。
- 6.1.4 当公共电网无法提供照明电源时，应采用太阳能、风能等发电并配置蓄电池的方式作为照明电源。
- 6.1.5 可再生能源应用系统宜设置用于监测系统节能效益的计量装置。
- 6.1.6 可再生能源建筑应用系统设计时，应根据当地资源与适用条件统一规划。
- 6.1.7 采用可再生能源时，应根据适用条件和投资规模确定该类能源可提供的用能比例或保证率，以及系统费效比，并应根据项目负荷特点和当地资源条件进行适宜性分析。
- 6.1.8 太阳能利用应遵循被动优先的原则。既有公共建筑改造中，宜结合屋面、立面及场地条件合理利用太阳能资源。
- 6.1.9 公共建筑宜采用光热或光伏与建筑一体化系统；光热或光伏与建筑一体化系统不应影响建筑外围护结构的建筑功能，并应符合国家现行标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364 等的有关规定。
- 6.1.10 太阳能利用系统涵盖太阳能热水系统、太阳能集热器、太阳能空调系统、太阳能光伏系统。

6.2 可再生能源条件

- 6.2.1 建筑项目应结合当地年平均水平面太阳辐照量及可用时数，因地制宜设计

太阳能利用系统（如光伏发电系统、太阳能热水系统等）。

6.2.2 建筑项目应充分评估当地浅层地热能资源，在综合评估认为地源热泵系统优势明显的条件下优先采用地源热泵等技术为建筑提供高效供暖和制冷。

6.2.3 公共建筑项目宜将空气源热泵等空气热能利用技术纳入可再生能源利用方案，用于采暖、制冷和生活热水供应。

6.2.4 在风能资源丰富地区，建筑项目可结合自身条件采用小型风力发电设施，为建筑提供辅助电力。风能资源贫乏地区建筑项目不宜配置风力发电设施。

6.2.5 在严寒地区，既有公共建筑深度减碳改造宜优先采用浅层地热能供暖技术，并可结合风力发电作为清洁电力补充。

6.2.6 在严寒地区，太阳能光伏系统宜作为补充能源形式，其设计与应用应充分评估冬季低太阳高度角、短日照时长及积雪覆盖对发电效率的负面影响。

6.2.7 在寒冷地区，应以地源热泵系统与太阳能系统（光伏和/或光热）的综合利用作为适宜方案，以满足建筑冬夏双峰负荷需求。

6.2.8 在寒冷地区具备风能资源的局部地区，可采用分布式风电作为补充。

6.2.9 在夏热冬冷地区，应以地源热泵（包括地埋管式、地表水源式）和空气源热泵系统为核心技术，满足全年制冷、采暖及除湿需求。

6.2.10 在夏热冬冷地区，分布式光伏系统应作为重要的补充能源，优先用于抵消夏季高峰制冷电负荷。

6.2.11 在夏热冬暖地区，太阳能光伏系统和空气源热泵系统可作为适宜技术组合。

6.2.12 在夏热冬暖沿海及风能资源较好地区，可结合分布式风电，构建多元化可再生能源供应体系。

6.2.13 在温和地区，应优先采用太阳能光伏系统满足建筑基础用电需求，并采用空气源热泵满足生活热水需求。

6.2.14 太阳能利用系统适用部位包括建筑屋面、外立面、采光顶及附属构筑物等部位。屋顶改造时，应结合防水与隔热工程一并实施；幕墙更新时，应优先考虑光伏幕墙系统，与采光需求协调。

6.2.15 地源热泵适用于占地条件较好且全年冷热负荷较稳定的公共建筑。

6.2.16 空气源热泵适用于外立面与屋顶资源充足建筑。机组布置应避免噪声、气流干扰室内功能空间；外墙安装时，应与界面改造同步进行，并控制对城市界面

的影响，大空间建筑可采用分区空气源机组，以适应不同负荷。

6.2.17 风能资源适用于高层建筑与开阔地带，经专项风能资源评估及环境影响分析后，可在具备条件项目中审慎采用。风力机安装需满足结构承载与抗风要求；屋顶风机宜与光伏系统形成风光互补模式；风能利用不宜干扰建筑主要功能及景观效果。

6.3 太阳能利用

6.3.1 公共建筑设置太阳能热利用系统时，太阳能保证率应符合表的规定。

表 6.3.1 太阳能保证率 f (%)

太阳能资源区划	太阳能热水系统	太阳能供暖系统	太阳能空气调节系统
I 资源丰富区	≥ 60	≥ 50	≥ 45
II 资源较富区	≥ 50	≥ 35	≥ 30
III 资源一般区	≥ 40	≥ 30	≥ 25
IV 资源贫乏区	≥ 30	≥ 25	≥ 20

6.3.2 太阳能热利用系统的辅助热源应根据建筑使用特点、用热量、能源供应、维护管理及卫生防疫等因素选择，并宜利用废热、余热等低品位能源和生物质、地热等其他可再生能源。

6.3.3 在既有建筑上增设或改造太阳能系统，必须经建筑结构安全复核，满足建筑结构的安全性要求。

6.3.4 太阳能系统应做到全年综合利用，根据使用地的气候特征、实际需求和适用条件，为建筑物供电、供生活热水、供暖或（及）供冷。

6.3.5 太阳能建筑一体化应用系统的改造项目应与建筑更新改造方案协同设计。建筑物上安装太阳能系统不得降低相邻建筑的日照标准。

6.3.6 太阳能系统与构件及其安装安全，应符合下列规定：

- 1 应满足结构、电气及防火安全的要求；
- 2 由太阳能集热器或光伏电池板构成的围护结构构件，应满足相应围护结构构件的安全性及功能性要求；
- 3 安装太阳能系统的建筑，应设置安装和运行维护的安全防护措施，以及防止太阳能集热器或光伏电池板损坏后部件坠落伤人的安全防护设施。

6.3.7 太阳能系统应对下列参数进行监测和计量：

1 太阳能热利用系统的辅助热源供热量、集热系统进出口水温、集热系统循环水流量、太阳总辐照量，以及按使用功能分类的下列参数：

- 1) 太阳能热水系统的供热水温度、供热量；
- 2) 太阳能供暖空调系统的供热量及供冷量、室外温度、代表性房间室内温度。

2 太阳能光伏发电系统的发电量、光伏组件背板表面温度、室外温度、太阳总辐照量。

3 当进行水力平衡调试后，生活热水系统各主支管路回水温度最大差值大于设计供回水温差的 10%或温差超过 4℃时，宜进行相应的水力平衡改造。

6.3.8 太阳能热利用系统应根据不同地区气候条件、使用环境和集热系统类型采取防冻、防结露、防过热、防热水渗漏、防雷、防雹、抗风、抗震和保证电气安全等技术措施。

6.3.9 太阳能热利用系统设计应根据工程所采用的集热器性能参数、气象数据以及设计参数计算太阳能热利用系统的集热效率，且应符合表的规定。

表 6.3.9 太阳能热利用系统的集热效率 η (%)

太阳能热水系统	太阳能供暖系统	太阳能空调系统
$\eta \geq 42$	$\eta \geq 35$	$\eta \geq 30$

6.3.10 应用太阳能热水系统的民用建筑，太阳能热水系统类型的选择，应根据建筑物的使用功能、热水供应方式、集热器安装位置和系统运行等因素，经综合比较确定。

6.3.11 太阳能热水系统安装在建筑屋面、阳台、墙面或其他部位，不得影响该部位的建筑功能，并应与建筑一体化，保持建筑统一和谐的外观。

6.3.12 建筑设计应为太阳能热水系统的安装、使用、维护等提供必要的条件。

6.3.13 太阳能热水系统的管线不得穿越其他用户的室内空间。

6.3.14 建筑物周围的环境景观与绿化种植，应避免对投射到太阳能集热器上的阳光造成大面积、长时间遮挡。

6.3.15 应合理确定太阳能热水系统各组成部件在建筑中的位置，并应满足所在部位的防水、排水和系统检修的要求。

6.3.16 太阳能集热器和光伏组件的设置应避免受自身或建筑本体的遮挡。宜通过

逐时模拟分析满足年发电量或年集热量目标，不宜采用单一日照时数控制。

6.3.17 当直接以太阳能集热器构成建筑围护结构时，集热器应与建筑牢固连接，与周围环境协调，并应满足所在部位的结构安全和建筑防护功能要求。

6.3.18 嵌入建筑屋面、阳台、墙面或建筑其他部位的太阳能集热器，应满足建筑围护结构的承载、保温、隔热、隔声、防水、防护等功能。

6.3.19 公共建筑利用太阳能同时供热供电时，宜采用太阳能光伏光热一体化系统。

6.3.20 光伏系统各组成部分在建筑中的位置应合理确定，并应满足其所在部位的建筑防水、排水和系统的检修、更新与维护的要求。

6.3.21 建筑设计应为光伏系统提供安全的安装条件，并应在安装光伏组件的部位采取安全防护措施。

6.3.22 光伏组件不应跨越建筑变形缝设置。

6.3.23 光伏组件的安装不应影响所在建筑部位的雨水排放。

6.3.24 在多雪地区建筑屋面上安装光伏组件时，宜设置清雪安全通道，或采取融雪措施。

6.3.25 太阳能光伏发电系统设计时，应给出系统装机容量和年发电总量。

6.3.26 公共建筑可利用屋顶面积约占建筑投影面积的 20%，既有公共建筑屋面具具备条件时，宜优先实施分布式光伏改造。商场建筑通常具有较大的连续平屋面资源，其太阳能利用潜力一般高于医院、办公建筑和酒店建筑。其中太阳能可用屋顶面积受阴影、朝向、坡度限制，阴影是最大不确定因素，屋顶类型分布（平顶/斜顶）影响次之。

6.3.27 技术方案的选择必须因地制宜，即充分结合当地的可再生能源资源禀赋（如太阳能辐射照度、风速、地热条件）和建筑自身的用能负荷特性。

6.3.28 在既有建筑改造中，光伏系统的应用主要有两种形式 BAPV 和 BIPV。BAPV（Building-Attached PV）指将标准的光伏组件通过支架系统附加安装在建筑屋顶或墙面上。这种方式与建筑主体相对独立，技术成熟，成本相对较低，对建筑原有结构影响较小，因此是大多数常规改造项目的首选。BIPV（Building Integrated Photovoltaics）指将光伏作为建筑材料产品，直接替代传统的屋顶瓦片、幕墙玻璃、外墙装饰板等。BIPV 使光伏系统与建筑融合，兼具建材和发电双重功能。

6.3.29 屋顶光伏改造首先进行屋顶条件评估，其次是结构复核，防水处理，最后进行安装。

6.3.30 立面光伏改造可与建筑幕墙、外墙保温系统等形成集成技术。

6.3.31 对于医院、酒店、学生宿舍等生活热水需求量大、稳定的公共建筑，太阳能热利用系统改造具有较好的节能效益和经济效益。

6.3.32 在既有建筑改造中，太阳能空调技术通常以混合动力系统的形式应用，即太阳能驱动的制冷模块承担基础的制冷，而建筑原有的电力驱动式制冷模块则作为调峰和备用。该类改造方案由于涉及多种能源系统耦合，系统集成复杂，对控制策略提出较高要求。

6.4 地源热泵系统

6.4.1 公共建筑地源热泵系统设计时，应进行全年动态负荷与系统取热量、释热量计算分析，确定地热能交换系统，并宜采用复合热交换系统。

6.4.2 地源热泵系统设计应选用高效水源热泵机组，并宜采取降低循环水泵输送能耗等节能措施，提高地源热泵系统的能效。

6.4.3 地源热泵系统方案设计前，应进行工程场地状况调查，并应对浅层或中深层地热能资源进行勘察，确定地源热泵系统实施的可行性与经济性。当浅层地埋管地源热泵系统的应用建筑面积大于或等于 5000 m² 时，应进行现场岩土热响应试验。

6.4.4 浅层地埋管换热系统设计应进行所负担建筑物全年动态负荷及吸、排热量计算，最小计算周期不应小于 1 年。建筑面积 50000 m² 以上大规模地埋管地源热泵系统，应进行 10 年以上地源侧热平衡计算。

6.4.5 冬季有冻结可能的地区，地埋管、闭式地表水和海水换热系统应有防冻措施。

6.4.6 地源热泵系统监测与控制工程应对代表性房间室内温度、系统地源侧与用户侧进出水温度和流量、热泵系统耗电量、地下环境参数进行监测。

6.4.7 在既有建筑改造中，地源热泵系统应具备足够场地用于垂直埋管钻孔，或具备可实施水平埋管的场地条件。

6.4.8 改造设计应重点保证地下换热系统的长期热平衡与可持续运行。对于地源热泵，必须进行严格的土壤累计取放热量平衡计算，应避免常年向地下排热（制冷）或从地下取热（制热）导致土壤温度逐年升高或下降，从而引发系统效率下降。

6.5 空气源热泵系统

6.5.1 空气源热泵系统改造应采用下列技术措施：

- 1 对于同时供冷、供暖的建筑，宜选用热回收式热泵机组；
- 2 当冬季室外设计温度低于当地平衡点温度时，空气源热泵系统应设置辅助热源：辅助热源的选择应满足与空气源热泵联合供暖的可靠性、经济性和环保性；
- 3 空气源空调机组室外机的设置应符合下列规定：
 - 1) 确保进风与排风通畅，在排出空气与吸入空气之间不发生明显的气流短路；
 - 2) 避免受高温污浊气流影响；
 - 3) 噪声和排热符合周围环境要求；
 - 4) 便于对室外机的换热器进行清扫。

6.5.2 空气源热泵系统的安装、调试应符合现行国家标准《通风与空调工程施工规范》GB 50738 的规定。

6.5.3 空气源热泵机组的有效制热量，应根据室外温、湿度及结、除霜工况对制热性能进行修正。采用空气源多联式热泵机组时，还需根据室内外机组之间的连接管长和高差修正。

6.5.4 空气源热泵机组在连续制热运行中，融霜所需时间总和不应超过一个连续制热周期的 20%。

6.5.5 空气源热泵系统用于严寒和寒冷地区时，应采取防冻措施。

6.5.6 空气源热泵室外机组的安装位置，应符合下列规定：

- 1 应确保进风与排风通畅，且避免短路；
- 2 应避免受污浊气流对室外机组的影响；

- 3 噪声和排出的热气流应符合周围环境要求；
- 4 应便于对室外机的换热器进行清扫和维修；
- 5 室外机组应有防积雪措施；
- 6 应设置安装、维护及防止坠落伤人的安全防护设施。

6.5.7 在我国夏热冬冷、夏热冬暖及温和地区，空气源热泵（ASHP）技术成熟，应用效果良好。但在严寒及寒冷地区宜采用低温型空气源热泵机组，并配置可靠辅助热源及高效除霜控制措施，融霜排水应采取防冻处理。

6.6 风能发电系统

6.6.1 具备风能资源利用条件的既有公共建筑改造项目，可采用建筑一体化风力发电系统。风力发电设施应与建筑功能、结构安全、建筑形态及周边环境相协调。

6.6.2 采用风力发电系统前，应进行风能资源条件、建筑环境条件、结构安全及技术经济性分析，并应满足工程实施和运行维护要求。

6.6.3 同时具备太阳能和风能利用条件的既有公共建筑，宜采用风光互补发电系统，并应根据建筑负荷特征、资源条件及运行模式进行优化配置。

7 智慧运维与能效管理

7.1 一般规定

7.1.1 公共建筑能耗监测改造应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的相关规定。

7.1.2 节能改造的建筑应对机电设备改造部分进行计量，单体建筑面积 3000m² 以上的国家机关既有办公建筑或 10000m²（含）以上的既有大型公共建筑应进行整体的建筑能耗计量和监测改造。

7.1.3 公共建筑的整体能耗监测与综合能效管控改造，应充分利用既有监测设备及其他智能化系统或设备，实现数据共享，但不应影响原有系统本身技术性能和正常使用。

7.1.4 公共建筑能耗监测改造应覆盖水、电、气等主要用能及可再生能源利用，应采用自动实时数据采集并预留数据上传端口。无法自动采集时应人工采集，并保证能耗数据的完整性、准确性。

7.1.5 公共建筑应设置分类分项能耗计量装置，分类分项计量的设置应符合现行地方标准的有关规定。

7.1.6 对于 20000m² 及以上的大型公共建筑，应建立实际运行能耗比对制度，并依据比对结果采取相应改进措施。

7.1.7 办公、商场、酒店、展演、交通枢纽等功能的超低能耗公共建筑，建筑运行期间的人员服务量数据应接入建筑能耗监测平台。

7.1.8 建筑面积大于或等于 20000m² 且采用集中空调的公共建筑应设置建筑设备监控系统。

7.1.9 建筑能源与环境监控系统宜根据建筑规模和系统功能需求等因素，采用分布式系统和多层次的系统结构。监控系统宜包括现场设备层、集成控制层和管理应用层。

7.2 智慧系统改造方法

7.2.1 参照《国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统楼宇分项计量设计安装技术导则》（住房城乡建设部 2008），结合建筑重点用能设备及用能特点，加装水、电、气等各类能源的计量表计，覆盖建筑总能耗、分类、分项及其子项能耗数据采集；建设设备间通信和数据采集网络，部署综合能效管理系统进行水、电、气、热的能耗数据采集和能耗统计、分析、管理，实现远程能耗数据监测功能；并应能实现数据共享，应能上传至上级管理平台。

7.2.2 计量器具配置应符合下列规定：

1 用电宜配置总表，但不应改动供电部门计量表的二次接线不应与计费电能表串接；

2 变压器后总表应设置为多功能电能表，其他电路应配置三相或单相电表；

3 用电应区分照明插座用电、空调用电、动力用电、特殊用电等：

1) 照明插座用电计量应将照明与插座、走廊及应急、建筑景观照明分项计量。

2) 空调用电计量应设置空调总用电计量，并设置空调主机、空调水泵、冷却塔、空调末端等分项计量。

3) 动力用电计量应对电梯、水泵等分项计量。

4) 计算机房、厨房、洗衣房等特殊用电和重点区域应分项计量。

5) 消防水泵、消防卷帘、应急照明等不常用电路可不计量。

4 用水计量应计量总用水量和集中用水区域的用水量，应进行餐饮、绿化、生活、可再生水源等分项计量；

5 可再生能源用电、发电，柴油发电机发电，储能等各系统应单独计量；

6 建筑内外关键区域应监测环境温度。

7.2.3 能耗监测系统应符合下列规定：

1 根据建筑用能类别，对能源消耗进行监测并进行分类计量，包括：

1) 电量；

2) 水耗量；

3) 燃气量（天然气量或煤气量）；

4) 集中供热耗热量;

5) 集中供冷耗冷量;

6) 其它能源应用量, 如集中热水供应量、蒸汽、可再生能源等

2 特殊区域包括数据中心机房、洗衣房、游泳池、健身房等的用电应单独监测, 其中大型设备的用电宜单独监测;

3 通过安装分类和分项能源计量装置, 采用远程传输等手段及时采集能耗数据, 实现重点建筑能耗的在线监测、动态分析、智能诊断等功能;

4 能耗监测信息应能记录, 记录数据应包括参数和时间标签两部分, 数据采集的时间间隔不应超过 1h, 记录数据的保存时间不应小于 1 年, 并可导出到其他存储介质;

5 宜能提供能源设备的报警和实时通知, 具备能源报警定位和快速故障处置功能;

6 宜具备关键能耗设备的效率、损耗、容量等分析功能;

7 宜能建立能耗模型, 提供不同维度的能源分析报告和数据看板;

8 应具备数据处理能力, 降低数据错误率、掉线率, 宜实现采集设备程序远程升级;

9 云端能耗监测系统应满足信息安全要求, 数据传输应符合国家数据安全标准;

10 用于计费结算的电、水、热/冷、蒸汽、燃气等表具, 应符合国家现行有关标准的规定。

7.2.4 超低能耗建筑用能系统宜以主要房间或功能区域为控制单元, 实现暖通空调、照明和遮阳的整体集成和优化控制, 并宜具有下列功能:

1 在一个系统内集成并收集温度、湿度、空气质量、照度、人体存在等与室内环境控制相关的物理量;

2 包含房间的遮阳控制、照明控制、供冷、供热和新风末端设备控制, 相互之间优化联动控制;

3 在满足室内环境参数需求的前提下, 以降低房间综合能耗为目的, 自动确定当前房间的模式, 或根据用户指令执行不同的空间场景模式控制方案。

7.3 智慧系统技术要求

7.3.1 综合能效管理系统技术要求如下：

1 系统自动实时的数据采集和存储时间宜设置 5min~15min，可调数据存储时间应不少于 3 年；

2 系统应记录分类分项能耗数据的原始表码走字；统计小时日、月、年等能耗数据，并能进行对比分析，提供实用报表功能；

3 系统应具有开放的接口，能够与上一级能耗数据中心的相关系统进行数据共享，避免系统的重复建设；

4 系统宜配置负荷控制和需求侧管理相关接口，对高能耗回路和重要回路等，实现主动负荷控制参与主动需求侧响应。

7.3.2 数据采集要求数据宜通过可靠的 RS-485 或其他通讯方式进行采集、处理和存储。

7.3.3 计量装置配置技术要求如下：

1 电子式电能表

1) 应具有监测和计量三相电流、电压、有功功率、功率因数有功电能等功能，一级负荷还应具有无功、最大需量、谐波含量等监测功能。

2) 应具有数据远传功能，支持 GPON 传输系统标准 DLT645 及 MODBUS 标准开放通讯协议；有功计量精度应不低于 1.0 级。

3) 互感器精度等级应不低于 0.5 级。

2 集中式冷（热）量表

应具有冷（热）量监测和计量功能，应具有数据远传功能，支持 MODBUS 标准开放或相关行业标准通讯协议。仪表计量精度等级应不低于 2.0 级。

3 水表

应具有监测和计量功能，应具有数据远传功能，支持 MODBUS 标准开放或相关行业标准通讯协议。仪表计量精度等级应不低于 2.5 级。

4 流量计

应具有监测和计量功能，应具有数据远传功能，支持 MODBUS 标准开放或相关行业标准通讯协议。仪表计量精度等级应不低于 2.0 级。

5 燃气表、燃油表

应具有监测和计量功能，应具有数据远传功能，支持 MODBUS 标准开放或相关行业标准通讯协议。仪表计量精度等级应不低于 2.0 级。

6 宜覆盖其它主要种类能耗计量，宜集成用能安全的监测设备。

7.3.4 对室内人员行为参数的监测应以弱感知监测为主，减少对用户隐私数据的采集。

7.3.5 人员行为监控系统应具备数据自动实时采集、远程传输和人员状态识别功能，并根据人员状态对能源系统运行参数调控功能。

7.4 柔性系统

7.4.1 既有公共建筑开展柔性系统改造，应优先利用屋面、外立面等既有空间布设分布式光伏，最大化提升可再生能源利用率与碳减排效益。

7.4.2 柔性系统改造应兼容建筑既有机电系统，不得影响原有设备安全运行与建筑正常使用功能，实现交直流配电系统安全协同运行。

7.4.3 柔性系统应具备协同调控能力，推动建筑用电负荷由刚性向柔性转化，支持需求侧响应与电网互动，持续降低建筑运行碳排放强度。

7.4.4 系统配置要求如下：

1 分布式光伏配置应结合建筑可利用空间条件，优先采用 BIPV，兼顾建筑遮阳、围护结构功能与清洁发电需求，装机容量应匹配建筑用电负荷与减碳改造目标；

2 储能系统容量应依据建筑柔性调节指标、光伏消纳需求计算确定，优先选用磷酸铁锂、全钒液流等长寿命、高安全电池，储能容量宜按建筑日均用电负荷的 0.2 倍~0.5 倍配置；

3 直流配电系统宜采用 DC 375V/750V 低压直流架构，优先对空调、照明、充电桩等负荷实施直流化适配改造，减少交直流变换损耗，提升系统用能效率；

4 应对建筑用电负荷进行柔性化分类改造，将空调、水泵、照明、充电桩等划分为可调节、可转移、可中断三类柔性负荷，深度挖掘负荷调节减碳潜力。

7.4.5 控制与运行要求如下：

1 光储直柔柔性系统应采用直流母线电压自主响应控制策略，实现光伏、储能、负荷无通信协同运行，优先就地消纳光伏发电量；

2 系统运行应遵循自发自用、余电储放、柔性调控原则，日间优先光伏直驱建筑负荷，富余电量存入储能系统；夜间或光伏出力不足时由储能放电供电，降低高碳电网购电比例；

3 柔性负荷调控应在满足室内热舒适、空气质量、照度等前提下，优化空调、照明等设备运行参数，实现减碳效益与室内舒适度协同优化；

4 系统应具备并网/离网双模式切换功能，极端工况下优先保障建筑重要负荷供电，提升建筑能源供应韧性与低碳运行稳定性。

7.4.6 监测与计量要求

1 光储直柔系统应单独配置计量装置，分别计量光伏发电量、储能充放电、直流负荷用电量、电网交互电量，所有数据应实时接入建筑能耗监测平台；

2 应实时监测直流母线电压、电能质量、柔性负荷调节状态、储能 SOC 等关键参数，直流母线稳态电压偏差应控制在 $\pm 5\%$ 以内，双极直流系统电压不平衡度不大于 3% ；

3 光储直柔系统运行数据、碳减排核算数据存储时间不应少于 3 年，应具备数据导出与上传至上级能耗及碳管理平台的功能。

8 碳排放核算

8.1 一般规定

8.1.1 既有公共建筑减碳改造项目应进行碳排放核算，核算结果作为改造方案比选、减碳目标制定及实施效果评价的依据。

8.1.2 既有公共建筑碳排放核算应以单栋建筑或建筑群为计算对象，并应明确项目边界、能源统计范围、数据口径及核算周期。

8.1.3 碳排放核算范围应包含改造实施阶段与建筑运行阶段；改造规模大、建材与设备更新占比高的项目，应同步计入主要建材、机电设备生产及运输阶段的隐含碳排放。

8.1.4 碳排放核算所采用的能源碳排放因子、电力排放因子及建材碳排放因子，应采用国家、地方现行标准、行业统计数据或政府主管部门公布的数据。对于具备条件的项目，宜采用分时分区电碳因子开展电力间接碳排放精细化核算。分时分区电碳因子的获取和计算应符合现行有关标准、技术导则或政府主管部门发布的方法要求。

8.1.5 碳排放核算所用数据应优先采用实际监测或统计报表数据。当改造前基准年或改造后运行年的实际能耗数据因计量缺失、数据不完整等原因无法获取时，可采用经校准的模拟方法获取数据，但应在核算报告中明确说明模拟方法、输入参数、软件工具及不确定度分析。

8.1.6 储能系统、虚拟电厂等柔性调节措施宜作为间接减碳措施纳入核算，其减碳效益应依据促进新能源消纳、降低高碳时段用电量等贡献进行量化评价。

8.1.7 既有公共建筑碳排放核算可通过采用绿色电力交易、绿色电力证书交易与碳排放权交易等市场化交易机制扣减剩余碳排放。相关核算应以实际发生的电力消费及对应减排权益为基础，并应保证数据来源真实、可追溯。

8.2 核算边界

8.2.1 碳排放核算边界应为改造项目建设红线范围内的建筑空间、设备系统及相关附属设施。当项目包含多个单体建筑时，应统一确定核算边界、计量方式及统计口径。

8.2.2 既有公共建筑碳排放核算宜包括下列阶段：

- 1 改造前基准运行阶段；
- 2 改造施工实施阶段；
- 3 改造后运行阶段；
- 4 建材与设备生产运输阶段。

8.2.3 改造前、后运行阶段的碳排放核算，均应优先采用连续不少于 1 年的实际运行能耗及碳排放计量数据。当实际数据缺失或不足时，可采用经现场测试标定的模拟方法获取数据，但必须满足本导则第 8.1.5 条关于数据来源一致性的规定。

8.2.4 建筑运行阶段碳排放核算范围应包含暖通空调、生活热水、照明、电梯及给排水等用能系统，同时纳入可再生能源系统、建筑碳汇系统、储能系统等全运行周期碳排放量，宜采用连续 1 年及以上的分项计量数据。

8.2.5 建筑改造实施阶段碳排放核算范围应包括：施工机械、临时用电、材料运输、现场加工与安装、拆除与废弃物清运等过程中消耗的能源。

8.2.6 建材生产阶段及运输阶段碳排放应包含建材原料开采、厂内原辅材料转运、成品建材制造全过程，以及建材自生产厂区运至施工现场的全部场外物流环节；场内材料倒运、施工安装、废弃物清运等能耗碳排放纳入改造实施阶段核算。

8.2.7 既有公共建筑采用绿色电力交易、绿色电力证书等方式进行碳排放核算时，应以实际消费的绿色电量为依据，并应遵循唯一性原则，不得与建筑分布式可再生能源发电、自发自用电量及其他碳减排量重复计算。

8.3 核算方法与要求

8.3.1 建筑运行阶段碳排放量应根据各系统能源消耗量乘以对应能源碳排放因子计算，应符合现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 中的相关规定，

并应扣除可再生能源替代量及碳汇减碳量；储能系统、虚拟电厂等柔性调节措施宜通过动态电碳因子或负荷转移形成的减碳贡献进行单独核算。

8.3.2 建筑改造实施阶段碳排放应按施工过程中能源消耗量及对应碳排放因子计算，应符合现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 中的相关规定。

8.3.3 建材生产阶段及运输阶段的碳排放计算应根据建材及设备用量、运输距离及对应碳排放因子进行计算，并应符合现行国家标准《环境管理 生命周期评价 原则与框架》GB/T 24040、《环境管理 生命周期评价 要求与指南》GB/T 24044 中的相关规定。

8.3.4 建筑减碳率应按改造前后建筑年度总碳排放量变化比例计算，并按下式确定：

$$\eta_c = \frac{C_a - C_b}{C_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中： η_c ——减碳率（%）；

C_a ——改造前建筑年度总碳排放量（tCO₂e）；

C_b ——改造后建筑年度总碳排放量（tCO₂e）。

式（1）中， C_a （改造前年度总碳排放量）和 C_b （改造后年度总碳排放量）应采用同一数据来源类型进行确定。当采用模拟数据时，改造前后模拟所依据的边界条件、气象参数、使用模式、设备效率等关键输入参数应保持一致或进行合理修正，以确保可比性。

8.3.5 拆除更新量较大的项目，宜核算原有构件拆除、废弃物运输及资源化处理过程产生的碳排放。

8.3.6 主要建筑材料及设备更新量较大的项目，必须开展材料与设备生产、运输阶段碳排放核算。纳入核算范围的主要材料总质量不应低于项目材料总质量的95%。

8.3.7 采用分时分区电碳因子核算电力相关碳排放时，应记录因子取值时段、区域来源、数据发布主体及更新频次。

8.3.8 既有公共建筑采用绿色电力交易或绿色电力证书核算建筑减碳量时，应按照国家现行电力碳排放因子或相关规定确定减碳量。

8.3.9 既有公共建筑采用绿色电力交易、绿色电力证书交易、国家核证自愿减排

量（CCER）、碳排放权交易等非建筑减碳措施进行碳抵消时，其碳抵消总量不应超过既有公共建筑减碳前运行阶段年度碳排放量的 20%。

本导则用词说明

1 为便于在执行本导则条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《电力变压器能效限定值及能效等级》GB 20052
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《建筑采光设计标准》GB 50033
- 《供配电系统设计规范》GB 50052
- 《低压配电设计规范》GB 50054
- 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
- 《屋面工程质量验收规范》GB 50207
- 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
- 《屋面工程技术规范》GB 50345
- 《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364
- 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
- 《民用建筑太阳能空调工程技术规范》GB 50787
- 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015
- 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106
- 《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175
- 《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549
- 《建筑幕墙》GB/T 21086
- 《电梯、自动扶梯和自动人行道的能量性能 第 2 部分：电梯的能量计算与分级》
GB/T 30559.2
- 《1 kV 及以下通用变频调速设备 第 1 部分：技术条件》GB/T 30844.1
- 《变频器供电交流电动机确定损耗和效率的特定试验方法》GB/T 32877
- 《建筑照明设计标准》GB/T 50034
- 《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366
- 《外墙外保温工程技术标准》JGJ 144
- 《公共建筑节能改造技术规范》JGJ 176
- 《建筑玻璃采光顶技术要求》JG/T 231
- 《公共建筑能耗远程监测系统技术规程》JGJ/T 285

《建筑反射隔热涂料应用技术规程》 JGJ/T 359
《既有公共建筑节能绿色化改造技术规程》 DB11/T 1998
《超低能耗公共建筑设计标准》 DB11/T 2240
《公共建筑节能设计规范》 SJG 44
《夏热冬暖地区净零能耗公共建筑技术导则》 T/CABEE 004
《建筑碳排放评价标准》 T/GZBECTA 006
《寒冷地区既有公共建筑超低能耗改造技术规程》 T/CABEE 096

中国建筑节能协会团体标准

既有公共建筑减碳改造技术导则

T/CABEE XXX-20XX

条文说明

编制说明

《既有公共建筑减碳改造技术导则》T/CABEE 00X-20XX 经中国建筑节能协会 20XX 年 X 月 XX 日以国建节协标（20**）第 X 号公告批准发布。

为贯彻落实国家“双碳”战略部署，助推建筑领域低碳高质量发展，契合建筑行业绿色可持续发展需求，本导则编制期间，编制组围绕“既有公共建筑减碳改造技术体系”开展了全面、深入的调研工作，总结了国内既有公共建筑减碳改造的实践经验，并参考了国内外相关先进技术与标准规范。

为了便于建设、设计、施工及监理等单位在使用本导则时能正确理解和执行条文规定，《既有公共建筑减碳改造技术导则》编制组按章、节、条顺序编制了本导则的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

编制说明	59
1 总 则	61
3 基本规定	62
4 建筑本体减碳改造技术.....	63
4.1 一般规定	63
4.2 围护结构系统	64
4.3 低碳材料	69
4.4 空间改造	71
5 设备系统电气化改造技术.....	75
5.1 一般规定	75
5.2 供暖与空调系统	78
5.3 生活热水系统	86
5.4 供配电系统	88
5.5 照明系统	90
5.6 电梯系统	94
5.7 其他	95
6 可再生能源应用及提升改造.....	98
6.1 一般规定	98
6.2 可再生能源条件	99
6.3 太阳能利用	103
6.4 地源热泵系统	108
6.5 空气源热泵系统	110
6.6 风能发电系统	110
7 智慧运维与能效管理.....	112
7.1 一般规定	112
7.2 智慧系统改造方法	113
7.3 智慧系统技术要求	113
7.4 柔性系统	114
8 碳排放核算	115
8.1 一般规定	115
8.2 核算边界	117
8.3 核算方法与要求	118

1 总 则

1.0.1 为响应国家“碳达峰、碳中和”战略部署，推动建筑领域绿色低碳转型，本导则旨在为全国既有公共建筑节能降碳改造提供统一的技术指导和实施规范。通过系统化的改造提升建筑能效、降低碳排放，促进建筑行业可持续发展。

1.0.2 本导则适用于全国范围内已投入使用的各类公共建筑，包括但不限于文中列举的几种运行类型。分类依据建筑使用特点和能耗规律，便于针对性制定改造策略。减碳改造应涵盖以下方面：

- 1 包括围护结构保温隔热性能提升、自然采光与通风优化改造等；
- 2 涵盖暖通空调、照明、给排水、电梯等系统的能效提升与智能控制；
- 3 合理利用太阳能、地热能、空气能等，推动建筑能源结构清洁化；
- 4 通过能源监测、智慧运维、行为节能等手段，提升系统实际运行能效；
- 5 改造应避免孤立技术堆砌，强调整体性能优化与系统集成。

1.0.3 因地制宜为既有公共建筑减碳改造的重要准则，改造前需充分考量建筑类别、日常使用需求，结合当地气候特征、场地环境、能源资源条件与地方经济水平开展方案策划，依据项目实际情况选取适配的改造方式，避免照搬通用方案、脱离现实条件盲目改造。

1.0.4 本导则对既有公共建筑的建筑、热工以及暖通空调、给水排水、电气以及可再生能源应用设计中应该控制的、与能耗有关的指标和应采取的节能措施作出了规定。但公共建筑节能涉及的专业较多，相关专业均制定了相应的标准，并作出了节能减碳规定。在进行公共建筑节能设计时，除应符合本导则外，尚应符合国家现行的有关标准的规定。包括但不限于：《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《既有建筑绿色改造评价标准》GB/T 51141、《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 等现行标准。当本导则与强制性标准条款冲突时，应以强制性标准为准。鼓励采用高于现行标准的技术措施，推动建筑减碳水平不断提升。

3 基本规定

3.0.2 本条明确了改造对象的核心判定逻辑：一是“不达标”，二是“近期保留”。重点为“不达标”提供了可量化、可操作的界定方法。推荐以现行国家标准《民用建筑能耗标准》GB/T 51161 的能耗指标约束值作为普适性、基础性的量化界限，该标准提供了不同气候区、不同类型公共建筑的能耗参考值，便于操作执行。同时引入现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 的碳排放核算进行界定，是顺应“双碳”目标、从能耗管理向碳排管理深化的重要体现，鼓励有条件地区先行采用。

3.0.5 本条明确了碳排放计算的强制性和全生命周期视角。计算不仅是改造后效果的评价依据，也是改造方案比选和优化的工具。

3.0.6 本条将减碳要求贯穿于建设程序的全过程。设计文件是指导施工和运行的法定依据，必须将减碳措施具体化、图纸化。要求明确运营管理技术，是为了解决“重设计、轻运行”的问题，确保设计的节能减碳潜力在实际使用中得到发挥。

3.0.7 改造工程的设计、施工、检测与验收应符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366、《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411 等现行国家标准的规定。

3.0.8 碳改造不得以降低室内环境品质为代价。改造前应评估建筑室内热湿环境、光环境、声环境及空气品质现状，改造过程中应：

- 1 结合气候区特点，选择适宜技术，避免因过度保温或密封影响自然通风与舒适度；

- 2 采用可调节、可逆的技术措施，保障使用者对环境的自主调控能力；必要时开展环境模拟与实测验证，确保改造后环境指标符合《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785、《建筑采光设计标准》GB 50033 等现行标准要求。

4 建筑本体减碳改造技术

4.1 一般规定

4.1.1 建筑设计应结合项目场地条件与地域气候特征，在满足建筑使用功能与外立面美观要求的基础上优化建筑形体及内部空间布局，充分利用天然采光降低人工照明消耗，合理组织自然通风及时排出室内余热余湿，同时通过围护结构保温隔热与遮阳构造设置减小围护结构传热带来的冷热负荷，最终实现降低建筑整体用能需求的目标。

4.1.2 建筑规划设计应围绕能耗目标，注重优化空间布局和能源供应方案，项目前期规划方案越科学合理，建筑可挖掘的节能潜力就越大，既定能耗控制目标也更容易落地达成。

4.1.3 减碳改造对结构安全影响，主要是施工荷载、施工工艺对原结构安全影响，以及改造后增加的荷载或荷载重分布等对结构的影响。设计阶段应对上述两类影响分别开展结构复核与受力验算，保障改造后结构整体安全。

4.1.4 外围护结构节能改造要求根据工程的实际情况，具体问题具体分析。虽然不可能存在一种固定的、普遍适用的方法，但公共建筑的外围护结构节能改造施工应遵循“扰民少、速度快、安全度高、环境污染少”的基本原则。

4.1.5 该原则强调建筑选材应平衡功能、环境、经济、文化多重维度，推动建筑业从“资源消耗型”向“生态友好型”转变。从环境可持续性角度看，这样可以减少运输能耗和碳排放；从经济性角度看，就地取材可能降低成本；从文化角度看，使用当地材料有助于保持地域建筑特色。

4.1.6 开展建筑空间低碳化改造前，需结合建筑预期运行工况，分析不同空间物理环境性能差异对建筑整体碳排放产生的影响，量化各类空间的碳排放贡献水平；在此评估结论基础上，选用适宜的空间环境调控技术，提升空间调控节能减碳效益，避免技术盲目配置造成能耗与碳排放增加。

4.1.7 公共建筑的外墙外保温系统、幕墙保温系统、屋顶保温系统等应具有一定的防火攻击能力和防止火焰蔓延能力。结合建筑防火设计长期工程实践及火灾事

故经验总结，完善外保温系统防火构造技术措施，并在公共建筑节能改造全过程严格落实防火管控要求，对防范、降低公共建筑火灾风险，保障人员生命与财产安全具备必要性。建筑外墙、幕墙、屋面等部位实施节能改造时，选用保温材料及配套构造做法的防火性能，必须符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 相关规定。

4.2 围护结构系统

4.2.1 墙面原有涂层、浮灰油污、杂物以及空鼓粉刷层，易造成后续保温层粘结不牢固、起鼓脱落，施工前应对基层进行彻底铲除清理，确保基层洁净、坚实平整。对于受潮霉变、虫蛀、破损脱落的墙面部位，墙体材料已出现劣化，直接铺贴保温材料极易滋生霉菌并造成保温构造损坏，需先对破损位置修补复原；墙体裂缝、渗水点位会持续向内传导潮气，孔洞与墙面缺损位置容易形成保温薄弱节点，改造前应先治理渗漏病害、修补裂缝、填实孔洞，彻底消除渗水隐患；墙面凹凸不平会造成保温层厚薄不均、粘贴密实度不足，需提前对基层修整找平，满足室内保温施工平整度要求。室内给排水、电气各类主干管线应完成预埋敷设、试压及验收工序后，再开展内保温施工，避免后期开槽改动管线破坏保温构造，保证保温系统整体完整性。

4.2.2 公共建筑节能改造中外墙外保温工程的技术要求，应符合现行行业标准《外墙外保温工程技术标准》JGJ 144 相关规定。公共建筑室内温湿度工况复杂，游泳馆、浴室等室内散湿量偏大的特殊场所，在外墙外保温改造设计与施工阶段，还应充分考虑室内高湿度环境带来的影响，针对性设置防潮隔汽构造。

4.2.3 幕墙改造涉及外墙保温构造、密封防水、锚固固定、热桥阻断、气密性控制等多项关键节能减碳构造做法，改造所用材料选型、节点构造设计、现场施工工艺及竣工验收要求，均应符合现行行业标准《公共建筑节能改造技术规范》JGJ 176 相关规定，保障改造后围护结构节能性能长期稳定，顺利达成预设减碳目标。

4.2.4 公共建筑屋面减碳改造形式多样，包含增设保温隔热层、种植屋面、光伏屋面、防水层翻新等多种类型，应结合原有屋面构造、现场条件、使用功能及减碳需求择优选用改造方案。屋面防水设计、构造做法、材料选用、细部节点处理

应按现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345 执行；施工质量控制、工序验收、成品检验等应遵照现行国家标准《屋面工程质量验收规范》GB 50207 执行，保证屋面改造防水可靠、构造耐久，保障减碳改造效果长期稳定发挥。

4.2.5 夏季高温时段外围护结构隔热设计，既要综合考虑太阳辐射、地面反射、室外空气升温带来的综合加热效应，也应利用外表面有效长波辐射实现自然散热。基于该原理，反射隔热外饰面常采用反射隔热涂料，依靠较高的太阳光反射比 α 与半球发射率 ε ，有效降低墙体外表综合温度，减少墙体热量向室内传递。涂料明度是影响太阳辐射反射效果的核心因素，通常明度值越低，太阳光反射比越小，隔热效果越差；实测数据显示白色反射隔热涂料太阳光反射比可达 90.1%，深咖啡色仅为 24.4%，两者数值差距接近四倍。在功能填料体系基本一致前提下，提升反射隔热涂料明度，可同步提高太阳光反射比与近红外反射比；当外墙、屋面外饰面材料太阳反射系数 SRI 不小于 50 时，能够有效降低室外综合温度，减少围护结构传入室内的热量，实现夏季隔热降温。常规外窗含阳台透光部分保温隔热性能弱于墙体，窗墙面积比越大，建筑采暖与空调能耗越高，出于建筑节能控制需要，应对窗墙面积比进行合理限值管控。

4.2.6 屋顶绿化的施工及维护难度会随着建筑高度和屋面坡度的增加而增加。其中建筑高度的增加影响到屋顶绿化的植物和覆土运输、浇灌用水、植物抗风等以及挤压高层屋顶设备放置空间。因此，对于建筑高度小于或等于 6 层建筑（或 24m 及以下）、平屋顶（或屋面坡度小于等于 10° ），宜采用屋顶绿化。

既有建筑屋顶绿化设计时，应进行房屋安全检测，设计荷载应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的要求并根据屋面结构原有荷载设计值进行设计，满足房屋屋顶承载实际要求。荷载计算时应充分考虑静荷载及由雨水、风、雪、树木生长等所产生的活荷载。

4.2.7 严寒、寒冷地区通过提升外窗保温性能，可显著挖掘公共建筑节能潜力；夏热冬暖地区外围护结构节能改造重点则为外窗遮阳体系优化。既有公共建筑门窗节能改造可采用仅更换窗扇、整体更换外窗、增设附窗三种模式：当门窗热工性能检测结果不满足现行行业标准《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177 要求、原有窗框结构完好可继续利用时，可仅实施窗扇更换改造；门窗热工性能不达标且原有窗框老化无法复用的，采取整窗拆除更换方案；若保留原有外窗、窗台宽度

满足安装条件，可采用增设附窗改造形式。更新外窗可根据设计需求选用节能铝合金窗、未增塑聚氯乙烯塑料窗、玻璃钢窗、隔热钢窗、铝木复合窗等节能型材。室内可配套设置手动百叶卷帘、电动百叶外遮阳，或具备热反射、绝热功能的布艺窗帘。为提升窗框与墙体、窗框与窗扇缝隙气密性，应选用高性能橡塑密封条密封；窗框与墙体之间空隙，宜采用高效保温气密材料填充搭配弹性密封胶封堵处理。

4.2.8 增加中空玻璃腔体数量可提升玻璃保温性能，重要建筑或特殊业态建筑可采用双层幕墙、装饰性幕墙实施节能改造。幕墙玻璃更换可选用充惰性气体中空玻璃、三腔中空玻璃、真空玻璃、暖边中空玻璃等产品，提升整体保温能力；如需提升玻璃遮阳性能，在原有玻璃表面贴膜改造时，优先选用可见光透射比与遮阳系数比值大于 1 的高效节能窗膜。幕墙框架宜优先采用隔热铝合金型材，直接外露参与传热的铝合金构件，应采用隔热型材或增设阻断热桥专项构造措施。

4.2.9 对外门窗、幕墙开展构造专项设计，能够有效控制热桥影响、预防结露渗水，保障节能效果与结构使用耐久性。

外窗靠近保温层布置可减小洞口热桥；窗位偏移时，窗框洞口内外侧四周易形成明显热桥区域，产生结露、能耗偏高问题，应对洞口四周增设局部保温。

保温型附框自身具备隔热能力，相较于普通附框可弱化窗框与墙体衔接部位热桥效应，提升安装及密封质量。

外门、窗框、附框与墙体接缝属于围护结构气密薄弱节点，缝隙易产生空气渗透、雨水渗漏及热量散失，设置针对性防水、保温填充及密封构造，可阻断空气渗透、热量散失及雨水渗漏。

幕墙梁柱为典型结构性热桥，应采取封堵与保温构造弱化传热；设置完整严密的隔气层，可阻隔室内水蒸气向保温层内部渗透积聚；非透光幕墙设置通畅冷凝水排水构造，避免渗水。

幕墙保温材料应固定牢固、铺设连续、接缝密闭，施工做法符合设计要求。

同时幕墙遮阳设施长期承受自重、风荷载等外力作用，同时后期需要开展清洁、检修、更换作业，构造安装必须满足结构牢固性要求，构件、连接件承载力需兼顾日常使用荷载与检修工况附加荷载，防止遮阳构件松动、变形、脱落。

幕墙通风器承担室内外换气调节功能，通风通道堵塞会丧失换气作用。因此

要求风道保持通畅，启闭构件布局合理、操作便捷，便于后期日常运维检修。

4.2.10 设置各类遮阳设施可有效减少太阳辐射热量进入室内，外遮阳的空调负荷削减效果最为突出。遮阳设施安装应满足设计及使用要求，保证结构牢固安全；增设外遮阳前应对原有建筑结构开展安全性复核算，若原有结构承载力不满足改造条件，可采取结构加固处理，或改用玻璃贴膜等其他遮阳方案。遮阳设施宜与外窗、幕墙改造一体化设计、同步施工实施。

4.2.11 建筑遮阳的目的在于防止直射阳光透过玻璃进入室内，减少阳光过分照射加热建筑围护结构，减少直射阳光造成的眩光。根据建筑遮阳装置与建筑外窗的位置关系，建筑遮阳分为外遮阳、内遮阳和中间遮阳三种形式。外遮阳是将遮阳装置布置在室外，挡住太阳辐射。内遮阳是将遮阳装置布置在室内，将入射室内的直射光分散为漫反射，以改善室内热环境和避免眩光。中间遮阳是将遮阳装置设于玻璃内部、两层玻璃窗或幕墙之间，此种遮阳易于调节，不易被污染，但造价高，维护成本也较高。

外遮阳可直接反射或吸收 60%~80% 太阳辐射，并将热量散排至室外，大幅降低室内得热，节能效益显著；内遮阳虽可遮挡部分阳光、改善室内舒适度，但构件吸收的辐射热量仍滞留室内，整体节能效果偏弱，改造方案应优先选用外遮阳体系。遮阳构造能够阻挡直射阳光进窗，营造舒适室内热环境，降低室温与空调运行能耗；我国地域气候差异较大，加上建筑使用性质、类型、功能、朝向及造型各不相同，适配的遮阳形式也需针对性确定。

4.2.12 不同气候地区太阳辐射得热差异明显。夏热冬暖、夏热冬冷、温和地区夏季太阳辐射强烈，外窗、透光幕墙得热会显著增加空调能耗，因此各朝向应设置遮阳构造，降低夏季制冷负荷。寒冷地区冬季需要利用太阳辐射采暖，遮阳并非必需设置，从节能综合效益考虑，可根据建筑具体情况酌情选用遮阳措施。

4.2.13 由于太阳的高度和方位角不同，投射到建筑物水平面、西向、东向、南向和北向立面的太阳辐射强度各不相同。夏季，太阳辐射强度随朝向不同有较大差别，一般以水平面最高，东、西向次之，南向较低，北向最低。因此，建筑遮阳设计的优先顺序应根据投射到的太阳辐射强度确定。

4.2.14 伴随全年太阳高度角与方位角周期性变化，遮阳构件投影阴影范围同步改变，外遮阳形式选型可遵循以下原则：

1 水平式遮阳：在太阳高度角较大时，能有效遮挡从窗口上前方投射下来的直射阳光，北回归线以北地区一般布置在南向及接近南向的窗口，北回归线以南地区一般布置在南向及北向窗口。

2 垂直式遮阳：在太阳高度角较小时，能有效遮挡从窗侧面斜射入的直射阳光，一般布置在北向、东北向、西北向的窗口；北回归线以北地区一般布置在南向及接近南向的窗口。

3 综合式遮阳：为有效遮挡从窗前侧向斜射下来的直射阳光，一般布置在从东南向、南向到西南向范围内的窗口，北回归线以南地区一般布置在北向窗口。综合式遮阳兼有水平遮阳和垂直遮阳的优点，对于遮挡各种朝向和高度角低的太阳光都比较有效。

4 挡板式遮阳：为有效遮挡从窗口正前方投射下来的直射阳光，一般布置在东向、西向及其附近方向的窗口。

4.2.15 内遮阳一般为窗内侧安装百叶、布艺卷帘，采光顶下部可设置帘布、折叠挡板等构造；由于太阳辐射已经进入室内空间，内遮阳节能效果弱于外遮阳，但具备安装简便、操作灵活、清洁检修方便的优势，帘体采用镀铝膜复合面料或面料表面直接镀铝工艺，可提升阳光反射能力。采光顶设置中间遮阳或内遮阳时，为进一步优化遮阳效果，宜选用角度可调式遮阳构件，可根据天气、季节自动或手动调节启闭与倾角，灵活管控室内采光与热环境。

4.2.16 气密层是指在建筑围护结构中，形成一条连续、完整且可控的防渗透层，用以阻断非计划性的空气流动。该气密层的连续性要求在墙体、屋面、地面及各类接口处保持完整闭合，并通过合理的节点设计保证不被削弱。

现行建筑节能标准气密性指标多针对外门窗单一构件，建筑整体气密性提升对建筑节能减碳具备明显积极作用。因此，在既有建筑减碳改造过程中，应加强建筑整体的气密性设计，减少建筑外围护结构通过缝隙等散失冷热量，提升整体结构的能效。

4.2.17 气密层需要连续闭合才可有效阻断空气渗透。本条要求砌体墙内侧气密抹灰层与混凝土屋面板、楼板、地面可靠交接，消除构造缝隙断点，围成整体密闭气密空间，提升建筑整体气密性能，减少能耗与内部结露问题。

4.2.18 砌体墙体线盒应砌筑阶段预留槽洞，先采用石膏灰浆填塞周边空隙后再嵌

入线盒底座，消除盒体周边漏气、渗水通道；穿越气密层电线套管预埋阶段，套管接口使用专用密封胶带缠绕密封，套管与线盒间隙采用石膏灰浆填塞密实，阻断缝隙渗透通路；管线穿设施工全部完成后，管口、管线间隙采用密封胶封堵密闭，实现点位气密密封闭环。

4.2.19 外门窗框、附框与洞口间隙，以及窗框与附框之间缝隙是节能管控薄弱节点，处理不当极易渗水并形成热桥；幕墙侧边与墙体、屋面接缝虽不是幕墙能耗主要部位，构造处理缺陷仍会显著降低幕墙整体节能水平。幕墙边框多为金属型材，天然存在热桥效应，缝隙内部应填充弹性闭孔材料饱满填实；同时满足幕墙水密设计要求，外表面配套耐候密封胶封边处理。

4.2.20 外门窗改造后的气密性能是控制空气渗透、降低建筑能耗、避免冷风渗透与内壁结露的关键控制指标，外门窗气密性能检测判定依据现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106 执行。

4.2.21 透光幕墙气密性能检测与结果判定遵照现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 相关规定执行；幕墙拼接接缝数量多、空气渗透路径多于常规外窗，设计改造需兼顾节能降耗与抗风压长期使用要求。

4.3 低碳材料

4.3.1 材料与设备是节能工程实施的物质基础，相关技术指标一般在设计文件中予以明确，或在施工合同内作出约定。设计有明确要求的材料设备，除满足设计条件外，还应符合国家现行产品质量相关标准，实行质量双重管控；针对设计未作出规定、暂无国家及行业标准材料与设备，相关技术要求可在施工合同中约定，或在专项施工方案内予以明确，相关内容经监理单位或建设单位确认后方可使用，此类材料设备的性能指标应满足地方标准或企业标准对应的质量要求。建筑施工阶段能耗与碳排放来源主要包含原材料运输、混凝土制备、钢结构加工、构件吊装、设备安装等环节，材料选型对施工阶段能耗与碳排放水平存在显著影响，合理选用适配的本地化建材，有助于削减材料生产、加工及长途运输环节产生的能源消耗。

4.3.2 建筑主体结构材料的耐久性能，会直接影响建筑整体使用年限与全生命周

期碳排放水平。本条倡导选用高耐久、高性能类结构材料，能够减少后期结构维修、构件更换频次，缩减建筑后续改造乃至重建过程产生的碳排放量。

4.3.3 建筑饰面、内装修、防水密封类材料属于围护体系易损耗配套材料，选用耐久性能优良、后期维护简便的品类，能够减少材料老化破损后的更换频次，降低建筑运维阶段资源消耗与碳排放。

4.3.4 门窗、幕墙、围栏及其配套配件属于建筑围护结构重要组成构件，自身力学性能、热工性能、耐久性能关系建筑结构安全、节能水平与整体服役年限。本条要求相关产品各项性能满足对应现行标准要求，适配建筑设计使用年限，避免因构件性能不足出现提前更换的情况。

4.3.5 外门窗是建筑能耗散失的关键部位，其热工性能直接决定建筑节能减碳效果。本条统一门窗热工性能控制依据，替换门窗需符合现行通用节能规范；旧门窗改造、替换、贴膜涂膜等各类减碳改造方式，均需满足设计热工指标，保证改造质量与减碳成效。

4.3.6 各类遮阳产品及一体化遮阳窗是建筑被动节能减碳的重要措施。为保障遮阳隔热效果、保证设备运行稳定、延长使用寿命，各类遮阳构件、节能膜材料的技术性能需符合产品标准及设计文件相关要求。

4.3.7 屋顶、采光顶是建筑屋面减碳改造的核心部位。屋面防水、保温材料的质量与性能是屋面系统耐久、节能的基础，必须具备合格证明及检测报告，满足标准及设计要求；采光顶材料执行专用行业标准，可规范选材要求，保障采光顶安全、节能、耐久性能。

4.3.8 外墙外保温系统是建筑围护结构实现节能减碳的核心构造形式。本条对外墙保温改造所用材料及整套系统提出管控要求，各类组成材料性能均应符合规范要求；同时对外保温系统燃烧性能进行管控，满足相关消防安全规范规定。

4.3.9 气密层可阻隔空气无组织渗透，起到降低建筑能耗的作用。本条梳理气密层主材与节点密封材料选用原则，划分适用材料与不宜使用材料范围，普通砌体墙体、轻质墙体可分别匹配适宜的气密构造做法，保障气密层构造连续闭合；统一节点部位密封选材要求，避免选用气密性、耐久性能不达标的临时性密封材料。

4.4 空间改造

4.4.1 建筑内部的次要使用功能空间可作为主要使用功能区的“气候缓冲层”，有助于减少冷风渗透与墙体热量散失。该设计思路的核心在于通过增加空气间层或设置缓冲空间，减弱室内空间与室外恶劣气候环境的直接换热作用。

4.4.2 建筑朝向布局是被动式节能设计的关键影响因素。在既有建筑功能改造时，将主要功能房间沿南北向合理排布，能够充分接纳冬季南向日照，提升室内热舒适水平；适度缩减东西向房间占比，缓解夏季东西向强烈太阳辐射引发的室内过热问题，减少采暖与空调系统运行能耗。

4.4.3 严寒、寒冷地区冬季室外温度低、冷风渗透显著。将温度耐受要求更高、使用频次偏低的辅助空间布置于建筑北侧及冬季主导风迎风侧，可形成外围气候缓冲屏障，削弱低温与冷风对主要使用空间的不利影响，降低建筑采暖能耗。

4.4.4 夏热冬冷、夏热冬暖地区东西向太阳辐射强烈，外墙的热量高。利用辅助空间布置于建筑东西外侧形成缓冲空间，可阻隔太阳辐射热直接传入主要使用空间，有效改善室内热环境，降低夏季制冷能耗。

4.4.5 开展建筑功能布局改造时，若水平平面调整空间受限，可从竖向维度优化内部空间排布实现被动节能。严寒、寒冷地区冬季太阳高度角偏低，低层空间易受周边建筑、建筑自身挑檐与墙体遮挡，上部楼层遮挡更少，能够获得更长日照时长、更多太阳辐射得热，天然采光条件也更优越；加之热空气具有向上聚集的特点，建筑上部整体温度相对更高。因此将使用频次较高的主要空间布置于建筑上部，使用率偏低的辅助空间设置在下部，既可借助冬季被动太阳能提升室内基础温度、降低冬季采暖能耗，也能改善室内采光水平，减少日间人工照明消耗；夏热冬暖地区屋面接收太阳辐射热量高，顶层易积聚热量，宜将使用率较低的空间设置在建筑顶部，形成热缓冲层，减少下方主要功能空间得热，缓解夏季室内过热问题。

4.4.6 公共建筑的性质决定了它的外门开启频繁。在严寒和寒冷地区的冬季，外门的频繁开启造成室外冷空气大量进入室内，导致供暖能耗增加。设置门斗可以避免冷风直接进入室内，在节能的同时，也提高门厅的热舒适性。除了严寒和寒冷地区之外，其他气候区也存在类似的现象，因此也应该采取各种可行的节能措

施。

4.4.7 在严寒、寒冷地区，冬季室外气温偏低、昼夜温差大，屋面是热量散失的主要部位之一，可选用带有密闭空气间层的双层屋面构造体系。密闭空腔内部空气流动性弱、导热系数低，具备较高热阻特性，能够有效阻隔室内热量经由屋面向外传导散失，削弱室外低温对室内温度的影响，显著提升屋面整体保温隔热性能。

4.4.8 严寒、寒冷地区冬季采暖需求高，可利用南向有利日照条件设置被动式集热构造。此构造依托太阳辐射获取热能，可辅助提升室内温度，从而削减冬季采暖能耗。附加阳光间不宜独立增设，宜结合建筑原有走廊、阳台、露台等空间一体化规划改造，在实现集热保温功能的前提下，优化空间使用效率，控制改造成本，兼顾功能性、经济性与立面整体性。附加阳光间室内阳光充足可作为多种生活空间，也可作为温室种植花卉，美化室内外环境；阳光间与相邻内层房间之间的关系变化比较灵活，既可设砖石墙，又可设落地门窗或带槛墙的门窗，适应性较强。附加阳光间的冬季通风也很重要，因为种植植物等原因，阳光间内湿度较大，容易出现结露现象。夏季可以利用室外植物遮阳，或安装遮阳板、百叶帘，开启甚至拆除玻璃扇来达到通风降温目的。

4.4.9 在夏季夜间或室外温度较低时，利用室外温度较低的空气进行通风是建筑降温、降低能耗的有效措施。穿堂风是我国南方地区传统建筑解决潮湿闷热和通风换气的主要措施，不论是在建筑群体的布局上，还是在单个建筑的平面与空间构成上，都应注重穿堂风的利用。在烟囱效应利用和风塔设计时应科学、合理地利用风压和热压，处理好在建筑的迎风面与背风面形成的风压差，注重通风中庭和通风烟囱在功能与建筑构造、建筑室内空间的结合。

4.4.10 通过优化建筑空间平面布局，改善原有通风不畅区域的自然通风条件，结合不同房间功能与使用特点排布室内格局，尽可能将主要用房开窗面设置在夏季主导迎风方向。为保障自然通风流通效率，房间进深不宜取值过大，寒冷地区布局设计可规避冬季冷风迎风朝向。

4.4.12 建筑中庭空间高大，在炎热的夏季，太阳辐射将会使中庭内温度过高，大大增加建筑物的空调能耗。自然通风是改善建筑热环境，节约空调能耗最为简单、经济，有效的技术措施。采用自然通风能提供新鲜、清洁的自然空气（新风），

降低中庭内过高的空气温度，减少中庭空调的负荷，从而节约能源。而且中庭通风改善了中庭热环境，提高建筑中庭的舒适度，所以中庭通风应充分考虑自然通风，必要时设置机械排风。

4.4.13 通过将水平贯通的风压通风路径与竖向拔风的热压通风核心在空间上有机结合，可使两种原理相互协同增益，提升整体通风换气效率。

4.4.14 天然采光设计宜优先依靠建筑空间布局实现。当利用建筑设计实现的天然采光不能满足照明要求时，应根据工程的地理位置、日照情况进行经济、技术比较，合理地选择导光或反光装置。可采用主动式或被动式导光系统。主动式导光系统采光部分实时跟踪太阳，以获得更好的采光效果，该系统效率较高，但机械、控制较复杂，造价较高。被动式导光系统采光部分固定不动，其系统效率不如主动式系统高，但结构、控制较简单，造价低廉。自然光导光、反光系统只能用于一般照明的补充，不可用于应急照明。当采用天然光导光、反光系统时，宜采用照明控制系统对人工照明进行自动控制，有条件时可采用智能照明控制系统对人工照明进行调光控制。

4.4.15 既有的中庭能够解决大进深空间的自然采光问题。中庭可起到自然光收集与分配的作用，将充足光线输送至平面进深最大区域，弱化大面积人工照明带来的压抑不适感。中庭设计需要综合权衡利弊，一方面借助中庭改善室内采光，冬季引入太阳辐射热能、夏季依托烟囱效应强化自然通风；另一方面规避冬季热量过度散失、夏季中庭积聚热量过多等问题。

4.4.16 天窗形式与布设位置会形成差异化采光效果，常用纵向矩形天窗整体采光均匀性较好，配置开启扇时自然通风能力突出；锯齿形天窗可充分利用顶棚反射光线，北向布置时仅接收天空漫射光，照度平稳无眩光，适配美术馆等对照光环境要求严苛的空间；平天窗采光效率优于其余天窗类型，布置方式灵活，设计阶段可配套落实防光污染、抵御直射阳光、防止内壁结露等针对性措施。除上述三种常用天窗之外，还可选用大面积采光顶、带状板式天窗、采光罩等多种构造形式。

4.4.17 阅览、办公等采光需求较高的房间适宜临近外窗布置，便于获取充足自然光，不仅采光效果良好，视野开阔也有助于缓解视觉疲劳；直射自然光容易产生眩光干扰，可配套设置遮阳构造弱化不利影响。

4.4.18 博览类建筑可精细化管控光线入射角度，选用高侧窗、天窗等采光形式规避眩光问题，综合搭配百叶、遮阳挡板、防紫外线玻璃、隔热构造等技术措施，在高效利用天然光的基础上，过滤大部分太阳辐射热以及光谱内不利于展品保存的波段。

4.4.19 依托建筑整体形体布局实现被动自遮阳，属于低投入、长效运行的节能减碳技术路径。在条件允许时，可在改造时通过设置连续外廊、底层退台等形式形成半室外过渡空间，无需额外增设遮阳构件，在完善建筑功能布局的同时形成整体性遮阳体系，降低建筑夏季太阳辐射得热总量。

4.4.20 依托建筑固有凹凸构件实现构件自遮阳，是建筑被动节能的重要方式。通过优化立面与空间进深设计，利用阳台、挑檐、檐口等构件形成固定阴影区，减少建筑外墙直射受热面积，无需增设附属设施，可长效降低建筑制冷能耗，减少碳排放。

4.4.21 东西向日晒严重的外围护结构外侧，可设置具备合理进深、与主体室内空间相互分隔的竖向通风空腔，典型形式包含双层表皮通风间层、生态腔体等。该夹层构造夏季可起到遮阳作用，同时借助自然通风及时排出积聚余热，降低围护结构内表面温度，减少室外热量向室内传导。

4.4.22 植被遮阳为生态被动节能措施，能有效弱化墙面太阳辐射升温。树叶随气温的变化萌发、生长和凋零，茂盛的枝叶能阻挡夏季灼热的阳光，而冬季温暖的阳光又会透过光秃的枝条射入室内。植物遮阳费用低，且有利于改善和净化建筑周围环境。

建筑南面栽种的落叶乔木虽然在夏季能起到良好的遮荫作用，但是在冬季干秃的枝干也会遮挡 30%~60% 的阳光。所以，建筑南面的树木高度最好总是控制在太阳能采集边界的高度以下，既能遮挡夏季阳光，又能在冬季让阳光照射到建筑的南墙面上。

4.4.23 夏热冬冷、夏热冬暖地区屋面夏季受热量大，是建筑主要得热部位。本条梳理多种高效屋面隔热改造形式，通过通风、相变、蓄水、绿化、冷屋面等被动隔热技术，降低屋面温度与室内传热量，有效削减建筑夏季制冷能耗，实现屋面减碳节能。

5 设备系统电气化改造技术

5.1 一般规定

5.1.1 公共建筑暖通空调、生活热水、电气照明等系统设备经过长期运行后，其能效水平通常会出现不同程度衰减。同时，既有公共建筑在改造过程中往往伴随着功能调整、空间重构和设备更新。因此，将减碳改造与设备更新换代及建筑功能升级同步实施，有利于降低重复投资，提高改造效率，实现建筑全生命周期综合效益最大化。

系统性改造能够充分协调建筑围护结构、冷热源设备、输配系统及末端设备之间的匹配关系，避免局部改造造成系统整体运行效率下降的问题，实现节能降碳与建筑品质提升的协同推进。

5.1.2 暖通空调系统形式的选择直接影响建筑运行能耗和碳排放水平。不同地区气候条件、能源结构及建筑功能需求差异较大，应结合工程所在地自然条件、能源条件和建筑使用特征进行综合分析。

系统设计应遵循“被动优先、主动优化”的原则。首先通过建筑朝向优化、围护结构保温隔热、自然通风、自然采光等被动技术降低建筑冷热负荷；在此基础上，再合理配置高效冷热源设备、输配系统和智能控制系统，提高能源利用效率。该原则符合国家“双碳”战略和建筑节能发展方向，有利于降低建筑运行阶段碳排放。

5.1.3 冷热源系统改造前，应充分掌握建筑实际运行状态。既有建筑长期运行过程中，围护结构性能退化、使用功能变化以及设备运行策略调整均会导致建筑冷热负荷发生变化。

因此，冷热源改造不应直接采用原设计参数，而应结合系统历史运行记录、能源消耗数据及围护结构改造情况重新进行冷热负荷计算，并对制冷季和供暖季的负荷变化规律进行分析，以保证冷热源容量配置合理，避免出现“大马拉小车”或容量不足等现象，提高系统运行效率和减碳效果。

5.1.4 严寒 A 区和严寒 B 区冬季室外气温低、供暖周期长，建筑供暖负荷较大。

热水集中供暖系统具有供热稳定、舒适性好、运行能效高等特点，是该类地区公共建筑较为适宜的供暖方式。

热风供暖系统存在送风温度高、热舒适性较差、运行能耗较高等问题，不宜作为严寒地区建筑唯一供暖方式。

对于严寒 C 区和寒冷地区，由于建筑规模、能源条件及供暖需求存在较大差异，应结合建筑等级、供暖周期、能源价格及运行费用等因素进行技术经济比较后确定供暖方式，实现节能降碳与经济合理性的统一。

5.1.5 冷热媒参数直接影响冷热源设备效率、输配系统能耗及末端换热性能。

在满足室内环境要求的前提下，提高冷媒供水温度、降低热媒供水温度能够有效减小冷热源设备运行温差，提高冷水机组、热泵机组及冷凝锅炉等设备的运行效率。同时可降低输配系统热损失和输送能耗。

因此，在经济技术合理条件下，应积极推广高温冷水、大温差供冷以及低温热水供暖等技术，实现系统整体能效提升和碳排放降低。

5.1.6 自然通风和机械通风是改善室内环境品质的重要手段。当室内余热、余湿及污染物能够通过通风方式有效排除时，应优先利用自然通风、机械通风或复合通风代替机械制冷。

合理利用室外空气能够减少空调系统运行时间和运行负荷，降低建筑运行能耗。同时，新风能够改善室内空气品质，提高人员健康和舒适水平。因此，应根据建筑类型、气候条件和使用特征优先采用通风措施满足环境需求。

5.1.7 分散式空调系统具有布置灵活、独立控制、初投资较低等特点，在部分公共建筑中具有较好的适用性。

对于供冷供暖时间较短、空调房间分散、使用时间差异较大或既有建筑难以设置集中机房及管道系统的情况，采用分散式空调系统能够避免集中系统部分负荷运行效率低的问题，提高系统运行灵活性和经济性。

特别是在既有公共建筑改造项目中，受建筑结构条件限制，分散式空调系统往往具有较好的工程实施可行性。

5.1.8 温湿度独立控制空调系统能够分别承担室内显热负荷和湿负荷，提高系统运行效率，是当前高效空调系统的重要发展方向。

高温冷源能够提高冷水机组和热泵系统运行效率；新风除湿能够减少再热过

程产生的能耗损失。因此，应结合当地气候条件合理确定系统形式。

同时，应充分利用天然冷源和可再生能源，提高系统可再生能源利用率。由于再热处理属于典型的冷热抵消过程，会造成能源浪费，因此原则上不宜采用再热空气处理方式。

5.1.9 不同空气调节区域的使用时间、室内参数要求和负荷特征差异较大。如果将其划分在同一空调系统中，容易导致系统运行时间延长、控制精度下降和能源浪费。

对于定风量全空气系统，使用时间不同的区域不应共用同一系统；对于温湿度要求明显不同的区域，也不宜共用同一空调系统。

合理分区能够减少无效运行时间，提高系统调节性能，实现按需供冷供热，是建筑节能运行的重要措施。

5.1.10 能源计量是建筑节能管理和碳排放管理的基础。

在水加热系统、换热站及能源转换环节设置热量表、流量计等计量装置，能够准确掌握能源消耗情况，为系统运行优化、能耗诊断和节能改造效果评价提供数据支撑。

通过建立完善的能源计量体系，可实现能源消耗全过程监测和精细化管理，提高建筑运行管理水平。

5.1.11 电气系统是公共建筑运行能耗的重要组成部分，其设计水平直接影响建筑整体碳排放水平。

电气系统设计应遵循安全可靠、经济合理和高效节能的原则，合理选择供配电方式、变压器容量及电气设备，提高设备运行效率，降低线路损耗和待机能耗。同时，应结合建筑能源管理系统和智能控制技术，提高电气系统运行管理水平，实现建筑运行阶段节能降碳目标。

5.1.12 太阳能、风能等可再生能源具有资源丰富、运行过程碳排放低等特点，是建筑领域实现“双碳”目标的重要途径。

在太阳能资源和风能资源丰富地区，应结合当地资源条件、电网接入条件以及建筑负荷特征，合理采用光伏发电、风力发电等低碳能源技术，提高建筑可再生能源利用比例。

采用可再生能源技术时，应综合考虑资源条件、系统效率、经济性和运行维

护要求，实现技术先进性、经济合理性和减碳效益的统一。相关设计应符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368 等现行标准要求。

5.2 供暖与空调系统

5.2.1 冷热源系统是公共建筑运行能耗和运行碳排放最集中的环节，其能耗通常占暖通空调系统总能耗的 50%以上。因此，冷热源方案的选择应综合考虑能源资源条件、能源价格、设备效率、环境影响以及碳排放水平等因素，通过技术经济比较确定。

废热、工业余热属于低碳能源，优先利用可有效减少化石能源消耗和碳排放。当余热资源能够满足冷热负荷需求时，应优先作为冷热源。对于具备较高温位余热资源的项目，采用吸收式冷水机组实现余热驱动制冷，有利于提高能源梯级利用水平。

浅层地热能、地表水、地下水等可再生能源具有资源丰富、运行稳定和碳排放低等特点，应优先利用。当可再生能源系统无法完全满足建筑冷热负荷时，应设置辅助冷热源以保证系统运行可靠性。

对于不具备可再生能源利用条件的建筑，应优先利用区域能源站、城市热网等集中能源供应系统，提高能源综合利用效率。采用分布式能源系统、蓄能系统、水环热泵系统等技术时，应充分考虑建筑负荷特征与能源供应条件的匹配性，实现能源利用效率和减碳效益最大化。

5.2.2 电直接加热属于高品位电能向低品位热能的直接转换方式，从一次能源利用角度分析，其综合能源利用效率通常低于热泵系统。因此，在公共建筑中应严格限制电直接加热设备作为主要供暖热源。

对于受能源条件、环境保护要求或建筑功能限制无法采用其他供暖方式的建筑，可根据实际情况采用电直接加热设备。当建筑采用可再生能源发电且能够满足自身供暖需求时，采用电直接加热不会额外增加运行碳排放，可作为特殊情况应用。

对于工艺空调系统，由于室内环境控制精度要求较高，采用电直接加热设备

能够满足快速响应和精确调节需求，因此允许采用。

5.2.3 蒸汽供暖系统存在输送损失大、系统效率低、运行管理复杂等问题，其能源利用效率通常低于热水供暖系统。

在既有公共建筑减碳改造中，应优先采用热水供暖系统替代蒸汽供暖系统。仅当建筑存在厨房、洗衣房、高温消毒以及工艺加湿等必须采用蒸汽的用热需求时，方可继续采用蒸汽锅炉作为热源。

对于蒸汽负荷占比较高且总热负荷较小的建筑，经技术经济分析合理时，可保留蒸汽系统，以避免过大的改造成本投入。

5.2.4 冷热源设备运行效率直接决定建筑暖通空调系统整体能耗水平，是减碳改造的重要内容。

锅炉、冷水机组及户式燃气炉更新时，应优先选用高能效设备。通过提高锅炉热效率、冷水机组综合部分负荷性能系数以及户式燃气炉运行效率，可有效降低单位冷热量对应的能源消耗和碳排放。

同时，应避免冷热源设备容量过大导致长期低负荷运行，影响设备实际运行效率。因此冷水机组总装机容量应根据实际负荷重新核算确定。

5.2.5 集中空调系统全年运行过程中负荷变化明显，冷热源设备应具有良好的负荷适应能力。

采用多台机组配置方式，可根据实际负荷变化灵活调节运行台数，提高设备在部分负荷工况下的运行效率，降低能源消耗。机组数量过少容易导致低负荷运行效率下降；数量过多则会增加初投资和控制复杂度。

因此，应结合建筑规模和负荷特征合理确定机组台数及单机制冷（热）量，实现设备运行效率与投资经济性的统一。

5.2.6 分布式能源站能够实现冷、热、电三种能源的联合供应，提高一次能源综合利用效率。

利用热电联产产生的余热驱动热泵系统，可进一步提升能源梯级利用水平，实现能源利用效率最大化。相比传统冷热源系统，该类系统能够显著降低一次能源消耗和运行碳排放。

因此，在具备能源条件和负荷条件的项目中，宜优先采用能源梯级利用模式。

5.2.7 建筑在过渡季和冬季往往存在局部供冷需求，此时室外环境能够提供天然

冷源。

通过利用室外空气直接供冷、冷却塔免费供冷或冷热回收技术，可显著减少压缩式制冷机组运行时间，降低系统运行能耗和碳排放。

在实施改造时，应优先评估自然冷源利用潜力，并结合当地气候条件和建筑运行特点合理采用相关技术。

5.2.8 冷热源系统运行性能评价是识别系统减碳潜力的重要基础。

通过分析冷水机组、锅炉、冷却塔、换热设备、蓄能设备以及冷热量计量装置等关键环节的运行参数，可全面掌握系统实际运行效率和能耗水平。

评价结果可用于发现设备效率衰减、系统运行失衡、计量缺失以及能源浪费等问题，为后续减碳改造措施制定提供依据。

5.2.9 输配系统能耗约占暖通空调系统总能耗的 15%~30%，是影响系统运行效率的重要组成部分。

供回水温差不足、水泵效率偏低、水系统补水率过高以及管道保温性能下降等问题均会增加系统运行能耗。

因此，在改造前应重点分析输配系统运行状态，识别输送效率损失原因，并采取针对性措施提高系统输配效率。

5.2.10 末端系统是冷热量最终利用环节，其运行状态直接影响建筑冷热负荷水平和室内环境品质。

新风系统运行效率、风系统平衡状态、排风系统性能、热回收装置效率以及室温控制水平等因素均会影响系统整体能耗。

通过加强末端系统运行性能评价和控制优化，可提高冷热量利用效率，减少冷热源和输配系统无效运行，实现建筑运行阶段减碳目标。

5.2.11 新风负荷是严寒和寒冷地区公共建筑空调系统冬季能耗的重要组成部分。当建筑新风量较大时，新风处理能耗往往占空调系统总能耗的较高比例。

排风能量回收装置能够回收排风中的显热和潜热，用于预热或预冷新风，可有效降低新风处理负荷，提高系统能源利用效率。对于采用集中新风系统且新风量较大的建筑，其节能和减碳效益更加显著。

对于排风中含有有毒、有害或高污染物质的场所，为避免交叉污染，不宜采用排风能量回收装置。设计过程中应同时考虑严寒地区结霜、结露及防冻问题，

保证系统安全可靠运行。

5.2.12 冷热源系统在部分负荷工况下运行时间通常占全年运行时间的 70%以上，因此系统控制策略对实际运行能耗具有重要影响。

多台冷水机组和循环水泵设置台数控制后，可根据负荷变化合理调整设备启停数量，避免设备长期低效率运行。采用在线除垢技术能够减少换热表面结垢，提高换热效率，降低设备运行能耗。

对于变流量系统，采用变频调速控制可根据实际负荷动态调整流量，减少输配能耗。大型公共建筑采用需求控制通风技术，根据室内人员数量或空气品质调节新风量，可避免新风过量供给造成的能源浪费，实现按需供能。

5.2.13 锅炉房和换热机房供热量与室外气象条件密切相关。传统定流量、定温度运行方式容易出现供热过量或供热不足现象，不利于节能运行。

设置供热量自动控制装置后，可根据室外温度变化自动调节供热参数，实现气候补偿运行，提高供热系统运行效率和热舒适性。

燃气锅炉和燃油锅炉排烟温度较高，烟气中仍含有大量可利用余热。通过设置烟气热回收装置，可提高锅炉综合热效率，降低燃料消耗和碳排放。

5.2.14 热量计量是供热系统节能运行和碳排放管理的重要基础。

在锅炉房、换热机房以及建筑热力入口处设置热量计量装置，能够准确掌握供热量输送和使用情况，为系统调节、运行管理及节能诊断提供数据支撑。

热量表能够直接测量供热量，是目前热量结算最准确和最可靠的计量方式。采用室外温度补偿控制技术，可根据室外环境变化自动调整供热量，避免能源浪费，提高供热系统运行效率。

5.2.15 能源计量是开展建筑运行碳排放核算、能源管理和减碳评估的基础条件。

通过对燃料消耗量、供热量、供冷量、设备耗电量及补水量等关键参数进行计量，可准确掌握能源流向及系统运行状态。

计量数据能够为建筑能耗分析、碳排放核算、运行优化以及后续减碳改造提供基础依据，是建立建筑能源管理体系的重要内容。

5.2.16 水环热泵系统能够实现建筑内部余热回收和冷热量转移，提高能源综合利用效率。

对于办公建筑、商业建筑等具有较大内区且全年存在稳定余热的建筑，内区

余热可通过水环热泵系统转移至外区供暖区域，实现冷热平衡利用，减少冷热源设备运行负荷。

同时，水环热泵系统设备布置灵活，对集中冷热源机房面积要求较低，适用于既有建筑改造中机房空间受限的工程项目。

5.2.17 部分既有建筑一次泵系统存在输送距离长、系统阻力大、负荷变化明显等问题，导致循环水泵长期高能耗运行。

对于具有较大节能潜力的一次泵系统，经技术经济分析合理后，可改造为变流量二次泵系统。通过将冷热源侧流量与用户侧流量解耦，实现按需输送和动态调节，提高系统部分负荷运行效率。

二次泵采用变频调速控制后，可根据实际负荷变化自动调整流量，有效降低输送能耗，提高系统整体运行效率。

5.2.18 在采用多台冷水机组和冷却塔的系统中，当部分设备停止运行时，若未采取有效隔断措施，容易产生冷冻水或冷却水通过停运设备旁通流动的现象。

旁通流动会导致系统流量分配失衡，增加循环水泵能耗，并降低冷水机组运行效率，严重时甚至影响设备正常运行。

因此，在改造设计中应通过设置止回阀、电动阀或优化控制逻辑等措施，避免系统旁通现象发生，提高系统运行效率。

5.2.19 既有公共建筑在长期运行过程中，由于建筑功能调整、租户变化及使用模式改变，原有空调系统分区往往已无法适应实际运行需求。

系统分区不合理会导致部分区域过度供冷供热、部分区域控制不足，造成能源浪费和运行效率下降。因此，在减碳改造过程中，应根据建筑当前实际使用功能重新进行系统分区设计，实现按需供冷、按需供热。

对于旅馆、医院、餐饮及洗浴等全年存在生活热水需求的建筑，冷水机组运行过程中产生的大量冷凝热具有较高利用价值。采用冷凝热回收技术或利用冷却水余热预热生活热水，可减少生活热水系统能源消耗，提高能源综合利用效率，实现冷热联供和减碳运行。

5.2.20 供暖空调水系统长期运行过程中，由于设计裕量过大、系统调试不足以及运行工况变化等原因，容易产生水力失衡现象。水力失衡会导致部分区域流量过大、部分区域流量不足，造成供回水温差减小、水泵能耗增加以及冷热源运行效

率下降。

通过开展水力平衡计算并设置平衡阀等调节装置，可改善系统流量分配，提高输送效率和末端舒适性。对循环水泵耗电输热比（EHR-h）及耗电输冷（热）比 EC（H）R-a 进行控制，有利于避免循环水泵选型过大，实现输配系统节能降碳运行。

5.2.21 系统制式对空调系统运行效率和输送能耗具有重要影响。不同功能区域的冷热负荷特征和运行规律存在差异，应根据建筑实际使用需求合理选择两管制、四管制以及一级泵、二级泵等系统形式。

采用变流量运行方式能够根据负荷变化自动调整系统流量，减少循环水泵输送能耗。特别是在部分负荷工况下，变频调速技术能够显著提高系统运行效率，是既有建筑减碳改造的重要措施。

5.2.22 集中空调冷、热水系统应根据建筑功能特点、负荷变化规律及系统规模合理确定系统形式。

两管制系统适用于冷热负荷转换规律明确、全年不同时供冷供热的建筑；四管制系统能够满足不同区域同时供冷和供热需求，提高系统调节灵活性和热舒适性。

对于大型公共建筑和区域供冷系统，应结合系统作用半径、水力特性及负荷分布情况合理选择一级泵、二级泵或多级泵系统，实现系统高效运行和能源优化配置。

5.2.23 大温差、小流量技术是提高供暖空调水系统输送效率的重要措施。

在满足末端换热需求的前提下，提高供回水温差可降低系统循环流量，减少管网阻力和水泵能耗。同时，大温差运行有利于提高冷热源设备运行效率，降低系统投资和运行成本。

因此，在技术可靠和经济合理的条件下，宜优先采用大温差、小流量设计理念，提高系统整体能源利用效率。

5.2.24 风机能耗是建筑暖通空调系统的重要组成部分。单位风量耗功率能够反映风系统输送效率，是评价风系统节能性能的重要指标。

对于集中排风系统，利用排风中的显热和潜热进行能量回收，可降低新风处理负荷，提高能源利用效率。严寒地区应用热回收装置时，应重点关注换热器结

霜和结露问题，并采取必要的防冻措施。

对于运行时间长、工况变化明显的通风系统，采用双速风机或变频风机能够实现按需运行，有效降低风机能耗。

5.2.25 既有公共建筑空调系统在过渡季和部分负荷工况下通常具有较大的节能潜力。

定风量系统通过提高新风比例或实现全新风运行，可充分利用室外自然冷源，减少机械制冷时间。变风量系统采用变频控制后，可根据负荷变化自动调节风量，提高系统运行效率。

对于过渡季和冬季存在供冷需求的建筑，优先利用冷却塔免费供冷或室外空气直接供冷，可有效降低制冷系统运行能耗和碳排放。

5.2.26 新风系统运行方式应与冷热源运行状态协调控制。

当采用人工冷热源进行预热或预冷时，新风系统应具备关闭或调节功能，避免冷热量无效损失。当室外空气参数满足供冷需求时，应优先利用自然冷源进行预冷，减少机械制冷设备运行时间。

合理利用室外空气不仅能够降低建筑运行能耗，同时有利于改善室内空气质量。

5.2.27 空调系统合理分区是提高系统运行效率的重要基础。

建筑内区和外区由于受太阳辐射、围护结构传热以及内部发热量影响不同，其冷热负荷特征存在明显差异，应根据建筑进深、朝向、楼层及使用功能合理划分空调区域。

在同一空气调节系统中同时出现加热和冷却过程属于典型的冷热抵消现象，会造成能源浪费，应避免出现。新风宜直接送入空气调节区，以减少重复处理造成的能量损失。

5.2.28 土建风道普遍存在漏风率较高、气密性较差以及保温性能不足等问题。

当冷热处理后的空气通过土建风道输送时，容易造成冷热量损失、结露以及室内环境控制效果下降等问题。因此，原则上不应采用土建风道输送经过处理的新风和送风。

受条件限制必须采用时，应采取可靠的密封、防漏风和保温措施，保证系统运行效果和能源利用效率。

5.2.29 对于不设置集中新风和排风系统的空调区域，室内空气品质往往难以保证。带热回收功能的双向换气装置能够在引入新风的同时回收排风中的热量或冷量，有效降低新风处理负荷，提高能源利用效率。

该类设备安装灵活、改造难度较小，特别适用于既有公共建筑节能降碳改造项目。

5.2.30 蒸发冷却技术利用水蒸发吸热实现空气降温，具有能耗低、环境友好和运行费用低等特点。

在夏季空气湿度较低、昼夜温差较大且水资源条件允许的地区，蒸发冷却具有较好的应用优势。采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却或多级蒸发冷却组合技术，可显著降低机械制冷需求，提高自然冷源利用率。

因此，在具备气候条件的地区应优先考虑蒸发冷却技术。

5.2.31 机电设备用房、厨房热加工间等空间内部散热量较大，其环境控制要求与普通空调区域存在明显差异。

在保证设备安全运行和使用要求的前提下，应优先利用自然通风或机械通风排除余热，减少机械制冷需求。厨房采用补风式排烟系统能够有效改善操作环境，降低室内负压，并减少空调补风负荷。

合理利用通风措施代替机械制冷，是降低运行能耗的重要途径。

5.2.32 末端调控水平直接影响供暖系统能源利用效率和室内热舒适性。

通过设置恒温阀等自动调控装置，可根据室内温度变化自动调节供热量，实现按需供热，避免过量供热现象。热量计量和热量分配装置是实施精细化能源管理的重要基础，可促进用户节能意识提升和供热系统运行优化。

因此，在既有建筑供暖系统改造中，应同步完善末端调控与计量设施建设。

5.2.33 建筑空调系统和地下车库通风系统具有明显的间歇运行特征。

采用定时控制、人员感知控制或环境参数联动控制等方式，可根据实际需求自动启停设备，避免无效运行时间过长造成能源浪费。

地下车库采用一氧化碳浓度联动控制能够根据空气品质自动调节风机运行状态，实现按需通风，是目前应用成熟且节能效果显著的控制方式。

5.3 生活热水系统

5.3.1 生活热水系统改造应以总体减碳、稳定供应、高效管理、保障体验为原则。

5.3.4 生活热水系统的热源形式包括电加热、余热、废热、太阳能热水、空气源热泵等。

5.3.5 对于输配系统，循环方式包括不循环热水供应、半循环热水供应、全循环热水供应。室内管道敷设方式包括明装、暗装。

5.3.7 各主支管路回水温度的最大差值，可反映了水系统的水力平衡状况。主支管路回水温度的一致性测试工况和方法见现行行业标准《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177。由于水系统设计温差不同，本规程要求温差差值大于限定比例或限定值时，均应进行相应改造。

5.3.8 余热包括工业余热、集中空调系统制冷机组排放的冷凝热、蒸汽凝结水热等。当采用太阳能热水系统时，为保证热水温度恒定和保证水质，可优先考虑采用集热与辅热设备分开设置的系统。由于集中热水供应系统采用直接电加热会耗费大量电能；若当地供电部门鼓励采用低谷时段电力，并给予较大的优惠政策时，允许采用谷电加热的蓄热式电热水炉，但必须保证在峰时段与平时段不使用，并设有足够热容量的蓄热装置。

5.3.9 集中热水供应系统除有其他用蒸汽要求外，不宜采用燃气或燃油锅炉制备高温、高压蒸汽再进行热交换后供应生活热水的热源方式，是因为蒸汽的热焓比热水要高得多，将水由低温状态加热至高温、高压蒸汽再通过热交换转化为生活热水是能量的高质低用，造成能源浪费，应避免采用。医院的中心供应中心（室）、酒店的洗衣房等有需要用蒸汽的要求，需要设蒸汽锅炉，制备生活热水可以采用汽-水热交换器。其他没有用蒸汽要求的公共建筑可以利用工业余热、废热、太阳能、燃气热水炉等方式制备生活热水。

5.3.10 为了有效地规范国内热泵热水机（器）市场，加快设备制造厂家的技术进步，现行国家标准《热泵热水机（器）能效限定值及能效等级》GB 29541 将热泵热水机能源效率分为 1、2、3、4、5 五个等级，1 级表示能源效率最高，2 级表示达到节能认证的最小值，3、4 级代表了我国热泵热水机的平均能效水平，5 级为标准实施后市场准入值。空气源热泵热水机组较适用于夏季和过渡季节总时间长

地区；寒冷地区使用时需要考虑机组的经济性与可靠性，在室外温度较低的工况下运行，致使机组制热 COP 太低，失去热泵机组节能优势时就不宜采用。一般用于公共建筑生活热水用空气源热泵热水机制热量大于 10kW，故规定制热量大于 10kW 的热泵热水机在名义制热工况和规定条件下，应满足性能系数（COP）限定值的要求。选用空气源热泵热水机组制备生活热水时应注意热水出水温度，在节能设计的同时还要满足现行国家标准对生活热水的卫生要求。一般空气源热泵热水机组热水出水温度低于 60℃，为避免热水管网中滋生军团菌，需要采取措施抑制细菌繁殖。如定期每隔 1 周～2 周采用 65℃的热水供水一天，抑制细菌繁殖生长，但必须有用水时防止烫伤的措施，如设置混水阀等，或采取其他安全有效的消毒杀菌措施。

5.3.11 当更换生活热水供应系统的锅炉及加热设备时，机组的供水温度应符合以下要求：生活热水水温低于 60℃；间接加热热媒水水温低于 90℃。

5.3.14 同阻技术是指在生活热水系统中，为了取代同程系统，通过调整、增加部分配水管末端的局部阻力，实现水力平衡而采用的技术，这样可以缩短热水管道长度，从而减少热水管道系统的热损失。热水管道特别是室外直埋热水管道，当工作管使用钢管、外护管使用高密度聚乙烯、保温材料使用硬质聚氨酯泡沫塑料时，保温管及管件应符合现行国家标准《高密度聚乙烯外护管硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》GB/T 29047 的相关规定；当工作管使用钢管、外护管使用玻璃钢、保温材料使用硬质聚氨酯泡沫塑料时，保温管应符合现行行业标准《玻璃纤维增强塑料外护层聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》CJ/T 129 的相关规定。

5.3.15 集中热水供应系统要求采用机械循环，保证干管、立管的热水循环，支管可以不循环。对于不循环的支管，水温往往不够，被用户浪费掉。缩短支管长度，在节约用水量的同时，保证用水点有快速的响应。一般采用多设立管的形式，减少支管的长度，达到节约热能目的。用水点尤其是淋浴设施处冷、热水供水压力平衡和稳定，能够减少水温初调节时间，避免洗浴过程中的忽冷忽热，对节能节水有利。其保证措施包括冷水、热水供应系统分区一致，减少热水管网和加热设备的系统阻力，淋浴器处设置能自动调节水温的混合器、混合阀等。

大量实测研究表明，生活热水系统的热量损失和水量损失情况非常严重，对于实际负荷率较低的公共建筑，尽管采用回水循环加热系统可以在一定程度上缩

短用水点热水出流等待时间，但由于负荷率较低，循环加热过程中的热量损失非常显著，而采用靠近用水点的即热式加热装置虽然可能会消耗一部分高品质能源（如电能），但总量很少，而且能提高用水感受并节约水量。但酒店等性质的建筑集中热水系统的方式更经济，所以要结合公共建筑性质确定是否采用近用水点处安装即热式辅热装置的措施。

5.3.17 控制的基本原则是：

- 1 让设备尽可能高效运行；
- 2 让相同型号的设备的运行时间尽量接近以保持其同样的运行寿命（通常优先启动累计运行小时数最少的设备）；
- 3 满足用户侧低负荷运行的需求。

设备运行状态的监测及故障报警是系统监控的一个基本内容。集中热水系统采用风冷或水源热泵作为热源时，当装机数量多于 3 台时采用机组群控方式，有一定的优化运行效果，可提高系统的综合能效。由于工程的情况不同，本条内容可能无法完全包含一个具体工程中的监控内容，因此设计人还需要根据项目具体情况确定一些应监控的参数和设备。

5.4 供配电系统

5.4.2 本条对供配电系统减碳改造提出了总体原则要求。既有公共建筑多为在用建筑，改造期间应制定临时用电保障方案，确保改造过程不中断建筑正常使用。供配电改造应避免孤立进行，而宜与设备更新换代和建筑功能升级同步实施，有利于减少重复投资，提高改造效率。改造所选用的产品和技术应在满足用电安全和功能要求的前提下，兼顾减碳管理的需要，并应具备一定的先进性和可扩展性，以适应未来能源管理需求的变化。

5.4.3 供配电系统改造涉及变压器、配电线路、无功补偿、电能质量等多个环节，不同改造路径的减碳效果和投资效益差异较大。因此在改造方案制定阶段，应将减碳作为主要技术经济指标之一，进行多方案综合比较。通过优化设计方案和改进设备经济运行方式，可有效降低变压器损耗、线路损耗及设备待机能耗，提高

变配电系统整体运行效率。本条旨在强调减碳应贯穿于方案比选和设计优化的全过程，而非仅在改造完成后进行核算。

5.4.4 供配电系统容量及结构现状是判断系统是否满足改造后用电需求的基础；特定配电线路、仪表、电动机、变压器等设备状况需核查是否存在应淘汰的高能耗、落后机电产品；供用电电能质量诊断应包括三相电压不平衡度、谐波电压和电流、电压偏差等；无功补偿情况需核查补偿方式、容量及调节方式是否符合运行要求；用电分项计量现状调查是后续设置分项计量系统的基础。通过系统诊断，可全面识别供配电系统的节能环节和减碳潜力，为改造方案的制定提供依据。

5.4.5 安装能量计量装置可对改造后建筑能耗进行统计、计量、分析，也是改造效果评估的重要依据。改造设计时，应按减碳量检测要求，设置能量计量装置。

5.4.6 既有建筑供配电系统改造涉及用电负荷变化时，应重新核算供配电容量、电缆截面、线路保护及保护电器的选择性配合等参数。这是保障改造后系统安全可靠运行的前提。线路敷设宜利用原有路由，以减少土建工程量和对建筑正常使用的影响。优先选用具备绿色认证或绿色标识的产品，有利于从源头控制碳排放，推动绿色建材和设备的应用。

5.4.7 电动机是公共建筑中水泵、风机、电梯等设备的核心驱动部件，其能效水平直接影响建筑运行能耗。能效等级达到 2 级及以上的电动机具有较高的运行效率，可有效降低电能消耗。对于仍在运行的旧电机，若整体更换经济性不佳，可结合实际情况采用更换绕组、优化磁性材料等方式提升其能效，避免过早淘汰造成的资源浪费。

5.4.8 无调速要求的电动机不应采用变频器，且应工作在高效率运行状态。当要求电动机调速但不要求连续调速运行时，宜采用双速或三速电动机。有连续调速运行要求的电动机采用变频器时，设计选用的变频器的谐波限制、能效等级以及变频器的散热条件，应满足国家标准的相关要求，并考虑与原有控制系统的匹配。变频器虽能实现节能运行，但自身会产生谐波并增加系统损耗，应在确有调速需求时采用，避免为追求技术先进而盲目配置。

5.4.10 低损耗变压器即空载损耗和负载损耗低的变压器。现行配电变压器能效标准国标为《电力变压器能效限定值及能效等级》GB 20052。

5.4.13 无功补偿是电气系统节能和合理运行的重要因素，有些建筑虽然设计了无

功补偿设备但不投入运行，或运行方式不合理，若补偿设备确实无法达到要求时，经过投资回收分析后可更换设备。容量较大的用电设备一般指单台 AC380V 供电的 250kW 及以上的用电设备，功率因数较低一般指功率因数低于 0.8，离配变电所较远一般指距离在 150m 左右。

5.4.17 应设置用电分项计量装置的建筑物所采集的分类能耗、分项能耗数据应传输至市级数据中心，以便于政府主管部门对重点建筑的能耗进行在线监测和动态分析。统一的数据上传要求有利于建立区域建筑能耗数据库，为碳排放核算、节能政策制定及改造效果评估提供数据支撑。

5.4.18 用电分项计量系统的设计、施工、调试与检查、验收和运行维护应按照现行行业标准《公共建筑能耗远程监测系统技术规程》JGJ/T 285 的规定执行。该规程对分项计量系统的技术要求和实施流程作出了详细规定，是保证分项计量系统规范建设和可靠运行的基础。

5.4.19 水泵、风机以及电热设备是公共建筑的主要用电设备，其运行方式对能耗影响显著。通过采取节能自动控制措施，如根据实际需求调节设备运行台数、转速或启停时间，可实现按需供能，避免设备长期无效运行造成的能源浪费。改造中应评估原有控制系统的升级可能性，在条件具备时优先采用升级改造而非整体更换的方式，以降低改造成本和减少废弃物产生。

5.4.20 分布式蓄电技术能大大降低建筑供配电系统的装机容量，减少增容费，实现电力负荷的大比例移峰填谷和可再生能源的充分消纳，有利于净零能耗目标的实现。还有利于降低电厂和电网的装机容量，减少低负载运行时间，提高发电和输配电效率。分布式蓄电有助于减少每组蓄电池的容量，降低火灾、爆炸风险而且有助于提高蓄电池的总容量。

5.4.21 与交流供配电相比，直流供配电具有更高的电压转换效率、更少的线路损失、人体触电风险更小、设备尺寸小占用建筑空间小、与光伏发电、蓄电池、用电器等连接高效、低成本等优点，是将来建筑供电系统的发展方向。

5.5 照明系统

5.5.1 现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 对办公建筑、商店建筑、

旅馆建筑、医疗建筑、教育建筑、博览建筑、会展建筑、交通建筑、金融建筑的照明功率密度值的限值进行了规定，提供了现行值和目标值。照明设计时，照明功率密度限值应符合该标准规定的现行值。

5.5.2 照明系统减碳改造时，改造方案应按下列原则制定：

1 照明节能绿色化改造要保证满足原有照明功能、性能要求，通过产品、系统节能 性能的提升，以及节能设计、应用上的运维管理，达到节能的目标。合理的灯具安装方式指灯具安装的方向性/角度、高度、位置/排列等因素保证照明质量及节能效果；合理的照明控制指通过合理的控制策略进行人工照明节能、人工照明与日光的综合利用；

2 现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 根据现行国家产品效能标准并结合我国现有灯具效率或效能水平规定了相应指标；

3 照明回路配电设计应重新根据现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 中规定的功率密度值进行负荷计算，并核查原配电回路的断路器、电线电缆等技术参数；

4 照明配电系统改造设计时要预留足够的接口，如果接口预留数量不足或不符合控制系统要求，就无法实施对照明系统的控制，照明配电箱做成后若再增加接口，一是位置空间可能不合适，二是需要现场更改增加很多麻烦。在大型建筑内，照明控制系统应采用分支配电方式。在这种情况下，可以在过道内分布若干个同样类型的分支配电装置，由楼层配电箱负责分支配电装置的供电。由此可以使线路敷设简单而且层次分明；

5 照明功率密度值由现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 针对不同建筑空间类型以及功能使用进行了详细规定。

5.5.3 灯具及光源类型调查是判断是否存在淘汰或低效产品的基础，如自镇流荧光高压汞灯、普通白炽灯等应优先列入更换清单。功率因数补偿情况直接关系照明配电系统的电能利用效率，气体放电灯应采用单灯补偿方式使功率因数不低于0.9。灯具效率和照度值是评价照明质量和能耗水平的核心指标，应在改造前进行现场检测。照明功率密度值(LPD)是现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 规定的强制性指标，改造设计时应按实际使用功能重新核算。有效利用自然光情况调查有助于识别具备天然采光条件但未充分利用的区域，为后续采光联动控制

设计提供依据。照明控制方式调查应评估原有开关线路和传感器的可用性，为控制方案制定提供基础。通过系统诊断，可全面识别照明系统的节能环节和减碳潜力，为改造方案的制定提供依据。

5.5.4 本条对灯具的选择提出了具体要求。气体放电灯配电系统功率因数不应低于 0.9，采用单灯补偿方式可减少线路损耗，提高变压器利用率。对于仍在使用的老式灯具，若其光效低、能耗高，宜优先更换为高效灯具，避免因长期低效运行造成的能源浪费。在满足眩光限制和配光要求的条件下，应选用效率高的灯具，灯具效率或效能指标值应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的规定。灯具自带的单灯控制装置宜预留与照明控制系统的接口，以便未来接入智能控制，这是从全生命周期角度考虑系统可扩展性的重要措施，可避免后续升级时的重复改造。

5.5.5 光源的选择原则：

1 通常同类光源中单灯功率较大者，光效高，所以应选单灯功率较大的，但前提是应满足照度均匀度的要求。对于直管荧光灯，根据现今产品资料，长度为 1200mm 左右的灯管光效比长度 600mm 左右（即 T8 型 18W，T5 型 14W）的灯管效率高，再加上其镇流器损耗差异，前者的节能效果十分明显。所以除特殊装饰要求者外，应选用前者（即 28W~45W 灯管），而不应选用后者（14W~18W 灯管）。与其他高强气体放电灯相比，荧光高压汞灯光效较低，寿命也不长，显色指数也不高，故不宜采用。自镇流荧光高压汞灯光效更低，故不应采用。

2 按照现行国家标准《电磁兼容 限值 第 1 部分：谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）》GB 17625.1 对照明设备（C 类设备）谐波限值的规定，对功率大于 25W 的放电灯的谐波限值规定较严，不会增加太大能耗；而对≤25W 的放电灯规定的谐波限值很宽（3 次谐波可达 86%），将使中性线电流大大增加，超过相线电流达 2.5 倍，不利于节能和节材。所以≤25W 的放电灯选用的镇流器宜满足下列条件之一：（1）谐波限值符合现行国家标准《电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）》GB 17625.1 规定的功率大于 25W 照明设备的谐波限值；（2）次谐波电流不大于基波电流的 33%。

7 室外景观照明不应采用高强投光灯、大面积霓虹灯、彩灯等高亮度、高能耗灯具，应优先采用高效、长寿命、安全、稳定的光源，如高频无极灯、冷阴

极荧光灯、发光二极管（LED）照明灯等。

5.5.6 在冬季或夏季，分别针对冷或热环境适当调整光源色温和照度可节能5%~18%。不同照度场景下的色温选择与人体视觉及热舒适感相关。当室内环境温度下降（如30℃下降到15℃），或持续低温（如15℃房间内暴露时间长达90min）暖色调（如3000K）色温下皮肤温度下降幅度比冷色调明显，但直肠温度下降较小，说明暖色温可使直肠温度保持在一个较高的水平，利于人体体温的维持。暖色温光在高照度下使人感到燥热，在低照度时使人感到舒适；冷色温光在高照度时使人感到舒适，在低照度时使人感到昏暗、阴冷。

5.5.7 除对靠近窗户附近的照明灯具单独设置开关外，还可以在条件具备的情况下，通过光导管技术，将太阳光直接导入室内。

5.5.9 照明系统控制改造应遵循分区、分组、定时、感应与调光相结合的原则。分区控制是根据建筑不同区域的使用功能和时间规律进行差异化控制的基础；分组控制可将靠近窗户的灯具与内部灯具分开控制，便于利用天然采光；定时控制适用于功能稳定、使用时间规律明确的区域；感应控制适用于走廊、楼梯间、卫生间、停车库等人员逗留时间不确定的公共区域；调光控制则可根据实际照度需求动态调节光源输出，避免不必要的过度照明。在满足使用功能与视觉舒适度的前提下，控制改造应实现按需照明，最大限度降低能耗。改造中应优先利用原有开关线路和传感器，避免重复敷设造成的资源浪费和施工干扰。这一原则既考虑了节能减碳目标，也兼顾了改造成本控制和施工便利性。

5.5.10 在照明设计时，应根据照明部位的自然环境条件，结合天然采光与人工照明的灯光布置形式，合理选择照明控制模式。当项目经济条件许可的情况下，为了灵活地控制和管理照明系统，并更好地结合人工照明与天然采光设施，宜设置智能照明控制系统以营造良好的室内光环境、并达到节电目的。如当室内天然采光随着室外光线的强弱变化时，室内的人工照明应按照人工照明的照度标准，利用光传感器自动启闭或调节部分灯。

5.5.11 集中开、关控制有许多种类，如建筑设备监控（BA）系统的开关控制、接触器控制、智能照明开、关控制系统等，公共场所照明集中开、关控制有利于安全管理。适宜的场所宜采用就地感应控制包括红外、雷达、声波等探测器的自动控制装置，可自动开关实现节能控制，通常推荐采用。智能照明控制系统中应设

置包含但不限于照度、人体存在等感应探测器。针对走廊、楼梯间、门厅、电梯厅、卫生间、停车库等公共区域场所的照明，应优先选择就地感应控制，其次为集中开关控制，以保证安全需求。但医院的病房大楼、中小学校及其学生宿舍、幼儿园（未成年使用场所）、老年公寓、酒店等场所，因病人、小孩、老年人等不具备完全行为能力人，在灯光明暗转换期间极易发生踏空等安全事故；酒店走道照明出于安全监控考虑需保证一定的照度，因此上述场所不宜采用就地感应控制。人员聚集大厅主要指报告厅、观众厅、宴会厅、航空客运站、商场营业厅等外来人员较多的场所。智能照明控制系统包括开、关型或调光型控制，两者都可以达到节能的目的，但舒适度、价格不同。当建筑考虑设置电动遮阳设施时，照度宜可以根据需要自动调节。建筑红线范围内的建筑物设置景观照明时，应采取集中控制方式，并设置平时、一般节日、重大节日等多种模式。

5.5.12 现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034，对建筑内部空间进行了诸多照明标准规范制定，对于建筑外立面目前国家规定尚未出台，本导则对建筑立面照明节能部分进行部分补充。根据《照明设计手册》（第三版）要求，照明节能所遵循的原则是在保证照明质量，为生产，工作学习和生活创建好的光环境前提下，尽可能节约照明用电。

5.6 电梯系统

5.6.1 电梯类型、数量、额定功率及能效等级是判断电梯系统整体能效水平和确定改造优先级的基础，应依据现行国家标准《电梯、自动扶梯和自动人行道的能量性能 第2部分：电梯的能量计算与分级》GB/T 30559.2对现有电梯能效进行评估。电梯设备系统情况调查应包括驱动装置类型（如液压驱动、蜗轮蜗杆驱动、永磁同步无齿轮驱动等）、曳引装置类型、轿厢照明与通风空调设备等，不同驱动方式的能效差异显著，永磁同步无齿轮驱动方式通常具有较好的节能效果。电梯管理及运行模式调查应涵盖电梯的调度策略、闲时运行状态、群控配置情况等。节能控制措施调查应评估现有电梯是否具备集选控制、闲时停梯操作、轿厢照明和风扇自动控制等功能。通过系统诊断，可全面识别电梯系统的节能环节和减碳潜力，为改造方案的制定提供依据。

5.6.2 既有公共建筑电梯系统改造时，应优先采用配备高效电机及先进控制技术的电梯产品。永磁同步电机驱动的五齿轮曳引机相较于传统蜗轮蜗杆曳引机，可显著降低传动损耗，提高电能利用效率。调频调压（VVVF）控制技术能够根据电梯负载和运行速度需求精确调节电机输入功率，减少不必要的电能消耗。在改造实施路径上，应优先考虑对现有电梯的驱动系统和控制系统进行升级，而非整梯更换。驱动系统升级主要指将传统液压驱动或蜗轮蜗杆驱动更换为永磁同步五齿轮曳引驱动，控制系统升级主要指将传统继电器控制升级为微机控制或 VVVF 控制。这一原则有利于延长既有电梯设备的使用寿命，减少整梯更换带来的材料消耗和废弃物排放，降低改造成本，符合资源节约和循环利用的绿色改造理念。当现有电梯井道尺寸、底坑深度、机房条件等无法满足驱动系统和控制系统的升级要求时，经技术经济比较后，可采取整梯更换方案。

5.6.3 乘客电梯宜选用永磁同步电机驱动的五齿轮曳引机，并采用调频调压（VVVF）控制技术和微机控制技术。对于高速电梯，在资金充足的情况下，优先采用“能量再生型”电梯。

5.6.6 电梯能耗是公共建筑能耗的主要组成部分。选择电梯时，应合理确定电梯的型号、台数、配置方案、运行速度、信号控制和管理方案，提高运行效率。群控功能的实施，可提高电梯调度的灵活性，减少乘客等候时间，并可达到节约能源的目的。

5.7 其他

5.7.1 既有公共建筑减碳改造是完善充电基础设施的重要契机，充电设施的规划与建设应与建筑改造工程同步开展，避免后期重复施工造成资源浪费和对建筑正常使用的干扰。充电设施建设应结合建筑用途、用户需求及配电条件进行统筹规划，充分利用现有停车位空间和配电容量，降低增容改造成本。同步设计、同步施工有利于合理预留管线通道、设备安装位置及计量装置接口，提高充电设施建设的系统性和经济性。

5.7.3 停车位（场）分布决定了充电设施的安装位置和可达性，应优先选择靠近配电间、便于电缆敷设且不影响车辆通行的车位。配电容量是制约充电设施建设

规模的关键因素，应在改造前进行用电负荷核算，评估现有配电系统对充电负荷的承载能力。用户使用习惯涉及建筑内人员的通勤模式、停车时长及充电需求时段，合理把握使用特征有利于提高充电设施的利用率和用户满意度。消防安全要求应贯穿充电设施规划、设计、施工和运行全过程，确保充电设施与建筑内其他功能区域满足防火分隔及安全疏散要求。通过综合协调上述因素，可避免充电设施建设中的盲目性和安全隐患。

5.7.5 既有公共建筑的电动汽车充电场景多集中于地下停车场，但地下空间通风条件相对封闭，充电设备在运行过程中可能产生的热量和可燃气体如不能及时排除，将带来安全隐患。要求充电设施宜设在地下一层，主要考虑地下一层在消防疏散、通风条件和管线接入方面优于更深楼层。充电区应避开建筑疏散通道、楼梯间、避难区等生命通道，且不得影响消防设施的正常使用，这是保障火灾等紧急情况下人员安全疏散的基本要求。充电设施宜集中布置在独立防火单元内，每单元停车数量不宜大于 18 辆，便于实施火灾隔离和应急处置，同时应设置明显的引导标识和安全警示。独立的机械排风系统换气次数不应小于 6 次/h，可有效稀释和排除充电过程中可能产生的可燃气体。一氧化碳（CO）等有害气体浓度监测报警装置与通风系统联动，可实现有害气体超标时自动启动通风，是保障地下充电区域空气质量和人员安全的重要技术措施。

5.7.6 电动自行车充电过程中存在电池过热、短路等引发火灾的风险，其停放和充电区域应独立设置，并与机动车停车区等保持安全距离或进行物理隔离，防止火灾蔓延。室外设置是最优选择，有利于火灾烟气迅速扩散，减少对建筑内部人员的威胁。严禁在建筑的安全疏散通道、楼梯间、前室、避难层等生命通道及其周边区域设置充电设施，是吸取近年来电动自行车火灾事故教训的重要规定，这些区域一旦发生火灾将直接阻断人员疏散路径。如条件限制必须设置在室内或地下时，必须采用防火墙和防火门与其他区域完全隔离，并设置独立的直通室外的排烟和泄压口，确保火灾时烟气能够及时排出，保障人员安全疏散和消防救援工作的开展。

5.7.7 既有公共建筑在建设之初往往未预留电动自行车充电区域，改造时应通过评估与设计，创造性地利用或转化既有空间以满足充电功能需求。建筑局部架空层等可利用空间通常具备较好的通风条件和人员可达性，适宜改造为集中充电区

域。报亭、岗亭等小型建（构）筑物改造利用具有投入小、见效快的特点，可用于设置小型充电站点。建筑退线区域、绿化带边缘等位置设置带顶棚的一体化充电车位，可在不影响建筑主体功能和景观效果的前提下，提供室外充电服务。上述措施旨在引导在有限的空间条件下，通过灵活多样的方式满足电动自行车充电需求，避免因缺乏预设场地而放弃充电设施建设或违规占用安全通道。

5.7.8 本条对建筑及周边的储能系统、储能设施提出了建议，也是为了进一步提高建筑可再生能源应用比例。以电动汽车为例，通过建设充放一体的电动汽车充电桩，不但有利于降低交通过程中产生的大气污染物排放，同时也有利于将电动汽车作为分布式储能设施，对可再生能源电力进行更好的消纳和利用，进而提高建筑整体可再生能源应用比例。国务院办公厅关于加快电动汽车充电基础设施建设的指导意见指出：原则上每辆电动汽车要有一个基本充电车位，社会公共停车场具有充电设施的停车位不少于总车位的 10%。电动汽车充电桩用电负荷等级应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052 的规定，且充电桩电能计量应符合现行国家标准《电动汽车交流充电桩电能计量》GB/T 28569 或《电动汽车非车载充电机电能计量》GB/T 29318 的相关要求。

5.7.9 储能式充电桩内置储能蓄电池组，可在用电低谷期充电、高峰期放电，降低电网冲击与用户电费支出。如果采用储能式充电桩，则不需要对电网进行改造，只需要增加储能用电池组；储能式充电桩减小了对配电变压器的容量需求，降低了电网改造的资金投入。根据国家电网对峰谷时段和价格的划分，可在用电低谷期对储能电池进行充电，然后在用电高峰期通过储能电池对电动汽车进行充电，降低了用户的电费支出。

6 可再生能源应用及提升改造

6.1 一般规定

6.1.1 《中华人民共和国可再生能源法》规定，可再生能源是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。目前，可在建筑中规模化使用的可再生能源主要包括浅层地热能和太阳能。《民用建筑节能条例》规定：国家鼓励和扶持在新建建筑和既有建筑节能改造中采用太阳能、地热能等可再生能源。在具备太阳能利用条件的地区，应当采取有效措施，鼓励和支持单位、个人安装使用太阳能热水系统、照明系统、供热系统、采暖制冷系统等太阳能利用系统。

在进行建筑设计时，应根据《中华人民共和国可再生能源法》和《民用建筑节能条例》等法律法规，在对当地环境资源条件的分析与技术经济比较的基础上，结合国家与地方的引导与优惠政策，优先采用可再生能源利用措施。

6.1.2 《民用建筑节能条例》规定：对具备可再生能源利用条件的建筑，建设单位应当选择合适的可再生能源，用于供暖、制冷、照明和热水供应等；设计单位应当按照有关可再生能源利用的标准进行设计。既有建筑改造中，可再生能源设施应与改造工程同步设计、施工和验收；分阶段实施时应预留结构、管线、电气和运维条件。

目前，公共建筑的可再生能源利用的系统设计（例如太阳能热水系统设计），与建筑主体设计脱节严重，因此要求在进行公共建筑设计时，其可再生能源利用设施也应与主体工程设计同步，从建筑及规划开始即应涵盖有关内容，并贯穿各专业设计全过程。供热、供冷、生活热水、照明等系统中应用可再生能源时，应与相应各专业节能设计协调一致，避免出现因节能技术的应用而浪费其他资源的现象。

6.1.3 利用可再生能源应本着“自发自用，余量上网，电网调节”的原则。要根据当地日照条件考虑设置光伏发电装置。本条所称直接并网供电，是指可再生能源发电系统经逆变后直接接入建筑配电系统，实现就地消纳，并可根据实际运行模式选择余电上网或不上网方式。

6.1.5 提出计量装置设置要求，适应节能管理与评估工作要求现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 对可再生能源建筑应用的评价指标及评价方法均作出了规定，设计时宜设置相应计量装置，为节能效益评估提供条件。

6.1.6 可再生能源有多种类型，建筑可再生能源利用方式包括太阳能利用系统，以及地热能、空气热能驱动的热泵系统。本条规定了在实际选择应用时的基本原则。

6.1.7 可再生能源的利用，其具体形式的选用，要充分依据当地资源条件和系统末端需求，进行适宜性分析，当技术可行性和经济合理性同时满足时，方可采用。太阳能、地源热泵系统、空气源热泵系统的应用与项目所在地的资源条件密切相关，应根据资源禀赋、以可再生能源的高效利用为目标，选择经济适用的技术方式和系统形式；应对实施项目进行负荷分析、系统能效比较，明确其具有技术可行、经济合理的应用前景时，才能确保实现节能环保的运行效果。

热泵系统需要采用热能或者电能驱动，当采用化石能源燃烧获得的电能或热能作为驱动能源时热泵系统供热量消耗的驱动化石能源量，应低于提供相同热量直接燃烧所需化石能源量。

6.2 可再生能源条件

6.2.1 我国太阳能资源具有明显区域差异，可依据国家气象数据进行评估。项目设计应综合考虑当地太阳辐射条件，优化太阳能利用方案，以充分发挥太阳能资源优势。

6.2.2 我国地热资源丰富，资源主要分布在黄淮海平原和长江中下游平原等地。在资源丰富地区大规模开发浅层地热能可显著降低建筑供暖制冷能耗，提高能源利用效率。

6.2.3 空气热能资源较太阳能分布广泛，被国际组织和我国多地认定为可再生能源技术。采用空气源热泵等技术可充分利用环境空气中的热能，为建筑提供高效的冷热水供应。

6.2.4 我国部分地区风能资源较为丰富。应结合建筑一体化设计采用小型风力涡

轮机可为建筑补充可再生能源电力。而我国中东部平原地区及新疆部分盆地区域风能资源有限，大规模利用风力发电的经济性较差，应优先考虑其他可再生能源形式。

6.2.5 根据现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176，严寒地区冬季寒冷且采暖期长，既有公共建筑运行能耗通常以冬季供暖为主。既有公共建筑实施深度减碳改造时，应优先解决稳定供热与高效供热问题。浅层地热能供暖技术通过地源热泵利用浅层岩土体或地下水中的低品位热能，受室外低温环境影响较小，能够在严寒气候条件下保持较高运行效率，适用于具备场地资源和实施条件的项目。严寒地区部分区域同时具备较好的风能资源条件，可结合区域能源结构和建筑用电需求，采用分布式或集中式风电作为清洁电力补充，提高建筑运行阶段可再生能源利用比例。

6.2.6 严寒地区部分区域太阳能资源条件较好，但冬季采暖高峰期通常伴随太阳高度角低、有效日照时间缩短及积雪覆盖等情况，光伏系统实际发电能力可能受到影响。因此，太阳能光伏系统宜作为建筑运行能源的补充形式，与其他供热或供电系统协同配置。系统设计时，应结合当地气候条件对组件朝向、安装倾角、积雪滑落条件及检修维护方式进行优化，并合理评估冬季发电折减因素，提高全年综合发电效益。

6.2.7 寒冷地区冬季存在明显采暖需求，夏季部分地区同时具有制冷需求，建筑运行负荷呈现季节性变化特征。地源热泵系统兼具供暖与制冷能力，可根据季节转换实现冷热联供，适用于全年运行时间较长、冷热需求相对稳定的公共建筑。太阳能系统可通过光伏发电降低建筑运行用电负荷，或通过太阳能热利用系统承担生活热水及部分热负荷需求。将地源热泵与太阳能系统组合应用，有利于提高可再生能源利用效率，形成适应寒冷地区建筑全年冷热需求的综合能源方案。

6.2.8 寒冷地区整体风能资源条件存在区域差异，部分山口、沿海、高原及开阔地带具备较好的风能开发条件。对于具备资源条件且满足结构安全、噪声控制和运维要求的项目，可采用分布式风电系统作为补充能源，与太阳能光伏等系统形成多能互补，提高建筑能源供应的稳定性和灵活性。

6.2.9 夏热冬冷地区夏季高温高湿，冬季湿冷，建筑全年通常同时存在制冷、采暖及除湿需求。该地区既有公共建筑改造宜采用兼具供冷供热能力的热泵系统作

为主要技术路径。地源热泵系统运行效率较高，适用于具备场地条件、冷热负荷较稳定的项目；地表水源热泵系统可在具备水体资源条件的地区应用。空气源热泵系统技术成熟、布置灵活、改造适应性较强，适用于场地受限或分期实施的既有建筑项目。根据建筑功能和负荷特征合理选择热泵形式，有利于满足全年运行需求并降低建筑碳排放。

6.2.10 夏热冬冷地区太阳辐射强度与夏季建筑制冷负荷高峰在时间上具有一定匹配关系。既有公共建筑设置分布式光伏系统，可优先满足空调系统及其他设备的白天用电需求，实现就地发电、就地消纳，降低高峰时段电网负荷和运行成本。系统实施时，应综合考虑屋面条件、遮挡因素、结构承载能力及并网条件，提升实际运行效果。

6.2.11 夏热冬暖地区夏季持续时间长，建筑能耗主要集中于制冷、除湿及生活热水供应，冬季采暖需求较低。太阳能光伏系统可利用较好的日照条件提供建筑运行电力，适用于办公、商业、公共服务等多类型建筑。空气源热泵系统在该地区运行环境较好，可高效承担空调制冷及生活热水供应任务。采用太阳能光伏与空气源热泵组合方式，有利于提高电力替代比例和系统综合能效，适应夏热冬暖地区建筑用能特点。

6.2.12 夏热冬暖沿海及部分风能资源较好地区受海陆风和季风影响，具备一定风能利用条件。对于场地开阔、建筑高度适宜且满足结构安全要求的项目，可结合分布式风电系统，与太阳能光伏系统协同运行，形成多元化可再生能源供应体系。实施过程中应重点考虑台风荷载、盐雾腐蚀、设备耐久性及维护安全等因素。

6.2.13 温和地区全年气候相对稳定，建筑采暖与制冷需求总体较低，运行能耗主要集中于照明、设备用电、新风系统及生活热水等基础负荷。太阳能光伏系统可用于满足部分基础用电需求，降低建筑常规能源消耗。空气源热泵系统适用于全年稳定的生活热水负荷，具有设备布置灵活、运行效率较高等特点。对于温和地区既有公共建筑，通过配置光伏系统与热泵热水系统，可较为经济地提升可再生能源利用水平。

6.2.14 本条规定了太阳能系统在既有公共建筑中的适用部位与应用条件。太阳能利用系统主要包括太阳能光伏发电系统、太阳能热利用系统及相关复合利用形式，其实施效果与建筑屋面、立面及功能空间条件密切相关。

1 既有公共建筑通常具备一定规模的屋面资源，屋面区域受遮挡影响相对较小，便于设备布置、检修维护及并网接入，因此宜作为太阳能系统优先实施部位。商场、展览馆、会展中心、体育馆等建筑多采用大跨度屋盖形式，屋面连续性较好，适宜规模化布置光伏组件；办公楼、医院等建筑屋面面积相对有限，可结合建筑运行需求采用光伏发电、太阳能热水或复合利用系统。

2 对于高层办公楼、酒店、博物馆等建筑，建筑立面面积较大，可作为太阳能利用的重要补充界面。既有建筑改造时，可结合幕墙更新、遮阳设施增设或立面整治，同步设置光伏幕墙、光伏遮阳构件等系统，提高建筑外围护结构的能源利用效率。实施时宜优先选择朝向条件较好、遮挡较少且便于维护的立面区域。

3 太阳能热利用系统适用于生活热水需求较大的公共建筑，如酒店、医院、体育场馆等。对于博物馆、展览馆等对室内环境稳定性要求较高的建筑，可结合建筑能源系统综合设计，合理采用太阳能辅助供能方式。

6.2.15 本条规定了地源热泵系统在既有公共建筑中的场地条件、空间条件及适用建筑类型。地源热泵系统利用浅层地热能进行供暖、制冷或热水供应，其应用效果与场地资源、地下空间条件及建筑负荷特征密切相关。

1 占地规模较大、场地完整度较高的既有公共建筑，如体育馆、展览馆、会展中心等，通常具备布设地埋管换热系统的条件，可优先评估采用地埋管地源热泵系统。对于位于城市中心区、用地紧张或场地受限的建筑，如高层办公楼、医院等，可根据当地水文地质条件和周边基础设施情况，研究采用地下水源热泵、能源隧道换热等替代形式。

2 地源热泵系统通常需配置机房、集分水设施及附属设备空间。既有建筑改造时，应结合地下室、设备层、裙房或附属空间条件，统筹安排机房及管线路径。对地下空间不足的项目，可结合建筑屋面、裙房或独立设备用房设置相关设备，并合理组织竖向管线连接。

3 地源热泵系统适用于全年冷热负荷较稳定、运行时间较长的公共建筑，如医院、商场、酒店等。对于博物馆、档案馆等对室内温湿度稳定性要求较高的建筑，亦可结合专业环境控制需求采用该系统。

6.2.16 本条规定了空气源热泵系统在既有公共建筑中的建筑界面条件、环境协调要求及功能适配性。空气源热泵系统布置灵活、改造周期较短，适用于既有公共

建筑清洁能源替代和分阶段更新改造。

1 空气源热泵机组通常需布置于通风良好、具备安装及检修条件的室外区域，如屋面、外廊、设备平台或建筑周边场地。办公楼、酒店、医院等建筑若具备较充足的外立面设备平台或屋面资源，可优先考虑采用空气源热泵系统。

对于博物馆、展览馆、会议中心等对声环境要求较高的建筑，实施空气源热泵改造时，应采取有效的隔声、减振及消声措施，并结合建筑立面更新、屋顶景观或附属构筑物进行设备隐蔽化设计，降低对建筑形象及周边环境的影响。

2 空气源热泵系统模块化程度较高，可根据建筑使用需求实施分区改造、局部替换或分期建设，适用于既有锅炉、电加热或低效冷热源系统的清洁能源替代项目。

6.2.17 本条规定了风能利用系统在既有公共建筑中的环境条件、建筑形态适配性及建筑一体化应用方式。分布式风电系统受风资源条件、建筑高度、周边遮挡及运行维护条件影响较大，实施前应进行专项评估。

1 位于城市开阔区域、滨海地区、高层建筑群顶部或风资源条件较好的项目，可结合屋面条件设置小型风力发电机组，用于补充建筑用电或应急电力供应。对于建筑密度高、周边遮挡严重、近地面风速较低的城区项目，风能利用潜力通常有限，应审慎采用。

2 体育馆、会展中心等体量较大、建筑形体相对独立的公共建筑，若位于开敞地带，可结合屋面边缘、附属构筑物或外围空间布置小型风电系统，形成补充供能设施。

3 对于部分高层办公楼、展览馆等建筑，可结合建筑造型、转角空间或幕墙系统进行一体化设计，采用导风构件、风能幕墙等方式提升建筑与能源设施的融合度。实施过程中应重点满足结构安全、噪声控制、振动控制及维护管理要求。

6.3 太阳能利用

6.3.1 本条规定了太阳能供热利用系统的太阳能保证率要求。太阳能保证率是反映太阳能系统承担建筑热负荷比例的重要指标，也是评价系统节能效益和经济合理性的重要参数。

太阳能保证率的取值受项目所在地太阳能资源条件、建筑热负荷特征、系统形式、集热器性能、蓄热能力及辅助热源配置等因素影响。保证率过低，将降低可再生能源替代效果；保证率过高，则可能导致集热面积过大、系统利用率下降以及初投资增加。因此，工程设计中应结合建筑全年运行需求和太阳能资源条件进行综合确定，在保证系统安全稳定运行的前提下，实现技术合理性与经济性的统一。本条规定的保证率取值参考现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 的有关规定。

6.3.2 太阳能资源具有波动性和间歇性特征，其输出能力受气候条件、昼夜变化和季节变化影响较大。为保证建筑能源系统连续、稳定运行，太阳能利用系统应配置辅助能源系统。

辅助能源系统的设置应根据建筑负荷特征、太阳能资源条件和运行模式进行综合确定。在满足系统可靠性的前提下，宜优先采用区域能源、工业余热、热泵系统及其他低碳能源作为辅助热源，以提高系统综合能效和可再生能源利用水平。

6.3.3 既有公共建筑建设年代和结构形式差异较大，建筑结构承载能力和耐久性可能存在一定差异。太阳能系统设备及其附属设施安装后，将增加建筑结构荷载，并可能影响建筑围护结构及防水系统性能。

因此，在既有公共建筑实施太阳能利用改造前，应对建筑主体结构、围护结构及相关构件进行专项复核与安全评估。对于不满足安全要求的建筑，应采取结构加固或优化安装方案等措施，确保建筑主体结构及太阳能系统长期安全运行。

6.3.4 本条规定了太阳能热利用系统的全年运行要求。太阳能热利用系统的经济性和能源利用效率与系统全年运行时间密切相关。

对于仅满足单一季节需求的太阳能系统，易出现设备利用率偏低、投资回收期延长以及非运行季节系统闲置等问题。因此，系统设计时应充分考虑建筑全年热负荷需求特征，通过生活热水、供暖、制冷、蓄热等多种方式实现能源梯级利用，提高系统全年运行效率和综合效益。

对于采用太阳能供暖系统的项目，应重点分析非供暖季节的热量消纳途径，避免因热量过剩导致系统过热、运行效率下降及安全风险增加。

6.3.5 本条规定了太阳能利用系统与建筑一体化设计要求。太阳能利用设施作为建筑能源系统的重要组成部分，其设计、施工及运行均应与建筑主体协调统一。

在既有公共建筑改造中，应结合建筑功能、建筑形态、外围护结构及建筑风貌要求，合理确定太阳能系统的形式、位置及安装方式。太阳能系统的设置不应影响建筑正常使用功能、围护结构性能及建筑安全性能。

当太阳能构件兼作建筑围护结构时，还应满足相应建筑部位的热工性能、防水性能、气密性能及安全防护要求，实现建筑功能与能源功能的协调统一。

6.3.6 本条规定了太阳能利用系统的安全要求。太阳能利用系统在长期运行过程中，除应满足能源利用要求外，还应满足结构安全、电气安全、防火安全及人员安全等要求。

太阳能系统及其支撑结构应根据实际荷载条件进行设计，并满足风荷载、雪荷载、地震作用及长期运行荷载要求。系统与建筑主体结构之间的连接应安全可靠，并应避免因结构变形、温度变化等因素造成构件损坏。

当太阳能构件作为建筑外围护结构组成部分时，还应满足相应建筑部位的功能要求。对于设置于人员活动区域上方的太阳能设施，应采取必要的防坠落、防脱落和安全防护措施，防止对人员和环境造成影响。

6.3.7 本条规定了太阳能利用系统运行监测要求。运行监测是保障太阳能系统安全、稳定和高效运行的重要技术措施，也是开展运行评价和节能效果分析的重要基础。

通过对系统运行参数进行实时监测，可及时发现设备故障、运行偏差及性能衰减问题，提高系统运行管理水平。监测内容应根据系统类型和运行需求确定，主要包括太阳辐射、介质温度、流量、能耗及系统产能等关键参数。

监测数据还可为系统优化运行、节能评估及后续工程设计提供参考依据。

6.3.8 本条规定了太阳能热利用系统的安全性和可靠性要求。太阳能热利用系统在运行过程中可能受到低温冻结、高温过热、设备故障及极端气候条件等因素影响，因此应采取必要的安全保障措施。

对于严寒及寒冷地区，应重点考虑系统防冻问题，避免因介质冻结导致设备和管路损坏。对于高太阳辐射地区或热负荷波动较大的系统，应采取有效的防过热措施，避免设备长期处于超温运行状态。

同时，系统还应满足抗风、抗雪、抗震、防雷及电气安全等要求，并结合当地自然环境条件和运行特点，合理配置相应的安全保护装置，保证系统长期稳定

运行。

6.3.9 本条规定了太阳能热利用系统集成热效率要求。集热效率是评价太阳能热利用系统运行性能的重要指标，其水平受集热器性能、系统配置、运行控制策略及建筑负荷特征等多种因素影响。

太阳能热利用系统设计时，应根据建筑热负荷需求、太阳能资源条件及系统运行模式，合理确定集热器面积、蓄热容量和控制策略，避免因系统配置不合理导致集热效率偏低。提高系统集成热效率不仅有利于提升太阳能利用率，也有利于降低系统全生命周期运行成本。

6.3.10 本条规定了太阳能热水系统类型选择原则。太阳能热水系统形式较多，不同系统类型适用于不同气候条件、建筑功能及用能需求。

系统设计时，应综合考虑项目所在地太阳能资源条件、建筑热水负荷特征、建筑空间条件、运行管理要求及经济性等因素，通过技术经济比较确定合理的系统形式。系统选择应以安全可靠、运行稳定、维护方便和综合效益合理为原则。

6.3.11 太阳能集热器是太阳能热利用系统的核心设备，其布置方式直接影响系统运行效果及建筑整体协调性。

集热器可结合建筑屋面、外墙、阳台、遮阳构件及其他建筑部位进行布置。设计时应充分考虑太阳辐射条件、建筑功能需求、结构安全及建筑美观要求，实现太阳能利用设施与建筑主体的协调统一。当集热器兼作建筑围护结构时，还应满足相应部位的建筑功能要求和安全性能要求。

6.3.12 太阳能系统设备的使用寿命通常低于建筑主体结构使用寿命，因此在建筑设计阶段应充分考虑系统后期运行维护和更新更换需求。

系统设计应预留必要的安装、维护、检修和更换空间，并采取相应的安全保障措施。对于屋面、立面等高空安装部位，应结合建筑条件设置检修通道、安全锚固设施及人员防护措施，提高系统运行维护的安全性和便利性。

6.3.13 太阳能热水系统管线布置应充分考虑建筑使用安全、运行维护及产权管理要求。

既有公共建筑改造中，太阳能热水系统管线宜布置于公共区域、设备管井或专用技术空间内，避免穿越独立使用空间。当受建筑条件限制无法避免时，应采取可靠的防渗漏、防冷桥及维护措施，以减少对建筑正常使用的影响。

6.3.14 太阳能利用系统的运行效果与太阳辐射获取条件密切相关。建筑周边环境变化、景观设施设置及植物生长均可能对太阳辐射接收产生影响。因此，在建筑景观设计、绿化设计及后续环境更新过程中，应综合考虑太阳能系统的采光需求，避免因遮挡导致系统发电量或集热量下降，确保系统长期运行性能。

6.3.15 本条规定了太阳能热利用系统与建筑设计协同要求。建筑设计阶段应根据系统形式、系统容量及建筑功能需求，合理安排集热器、蓄热设施、管道系统及附属设备的空间位置。系统布置应满足结构安全、防水、排水、保温、防腐及检修维护等要求，并应与建筑、结构、给排水、电气等专业协同设计，保证系统运行安全和建筑整体性能。

6.3.16 太阳能集热器和光伏组件的运行效果受太阳辐射资源、建筑遮挡、气候条件及运行策略等因素影响较大。传统采用特征日或单一时段评价的方法难以全面反映系统全年运行性能。因此，系统设计宜采用逐时动态模拟方法，对全年发电量、集热量及系统运行性能进行分析评价。通过建立全年运行工况模型，可更加准确地评估系统能源产出能力，提高系统设计的科学性和运行可靠性。

6.3.17 太阳能集热器作为建筑构件使用时，应同时满足能源利用功能和建筑使用功能要求。当集热器作为屋面、墙体、阳台栏板等建筑构件时，除应满足集热性能要求外，还应满足结构安全、防水、保温、隔热、防火及安全防护等相关要求，确保建筑整体功能和运行安全。

6.3.19 太阳能光伏光热一体化系统可同时实现电能和热能输出，提高单位面积太阳能综合利用效率。该系统通过降低光伏组件运行温度，可在一定程度上提高发电效率，同时回收余热用于建筑供热、生活热水或其他用途。但系统性能受建筑热负荷特征、系统运行模式及经济性等因素影响较大，工程应用时应结合建筑实际需求进行综合分析和合理配置。

6.3.20 建筑设计与光伏系统设计应同步开展。光伏系统的类型、规模及布置方式将直接影响建筑空间布局、结构形式及外围护构造。设计过程中，应统筹考虑光伏组件布置、设备安装、线路敷设、辅助设施配置及检修维护需求，合理安排系统各组成部分的位置关系，并满足建筑防水、防火、排水及运行安全要求。

6.3.21 光伏组件安装位置可能存在构件脱落、破损等安全风险，因此应采取必要的安全防护措施。对于设置于建筑立面、阳台、挑檐及人员活动区域上方的光伏

系统，应通过设置防护设施、优化构造形式及合理组织人员活动区域等措施，降低系统运行过程中对人员安全造成的不利影响。

6.3.22 建筑主体结构在伸缩缝、沉降缝、防震缝的变形缝两侧会发生相对位移，光伏组件跨越变形缝时容易遭到破坏，造成漏电、脱落等危险，故光伏组件不应跨越主体结构的变形缝。

6.3.23 光伏组件不应影响安装部位建筑雨水系统设计，不应造成局部积水、防水层破坏、渗漏等情况。

6.3.24 冬季光伏组件上的积雪不易清除，因此在多雪地区的建筑屋面上安装光伏组件时，应采取融雪、扫雪及避免积雪滑落后遮挡光伏组件的措施。如采取扫雪措施，应设置扫雪通道及人员安全保障设施。

6.3.25 光伏发电系统设计除应确定装机容量外，还应对系统实际运行能力进行评价。由于标准测试条件与建筑实际运行环境存在差异，装机容量难以准确反映系统实际运行效果。因此，工程设计时应结合项目所在地气象条件、建筑遮挡情况、系统形式及运行模式，对系统年发电量进行预测计算，并作为系统性能评价和经济分析的重要依据。

6.3.28 建筑光伏系统主要包括附加式光伏建筑（BAPV）和建筑一体化光伏（BIPV）两种形式，两者在建设方式、技术特点及适用场景方面存在差异。

对于以增加发电功能为主要目标的既有建筑改造项目，附加式光伏系统通常具有施工便捷、投资较低等特点；对于涉及建筑围护结构整体更新、建筑功能提升或建筑外立面改造的项目，建筑一体化光伏系统可实现建筑功能与能源功能的协同设计，具有较好的综合应用价值。

因此，在既有公共建筑深度减碳改造过程中，应结合改造内容、建筑功能、投资条件、运行需求及全生命周期效益等因素，对不同技术路线进行综合比较和合理选择。

6.4 地源热泵系统

6.4.1 全年冷、热负荷不平衡，将导致地埋管区域岩土体温度持续升高或降低，从而影响地埋管换热器的换热性能，降低运行效率。因此，地埋管换热系统设计

应考虑全年冷热负荷的影响。当两者相差较大时，宜通过技术经济比较，采用辅助散热（增加冷却塔）或辅助供热的方式来解决，一方面经济性较好，另一方面也可避免因吸热与释热不平衡导致的系统运行效率降低。

6.4.2 地源热泵系统的能效除与水源热泵机组能效密切相关外，受地源侧及用户侧循环水泵的输送能耗影响很大，设计时应优化地源侧环路设计，宜采用根据负荷变化调节流量等技术措施。

6.4.3 地源热泵系统能否应用以及采用何种系统形式，与项目所在地工程地质条件、水文地质条件及地热资源条件密切相关。因此，在方案设计阶段，应开展必要的资源调查和工程勘察工作，结合项目特点合理选择地源热泵系统类型。

对于采用浅层地埋管地源热泵系统的大型项目，岩土体热物性参数是确定换热系统规模和评价长期运行性能的重要基础参数。当项目规模较大时，应通过现场热响应试验获得岩土体导热系数、体积比热容等关键参数，提高系统设计的准确性和可靠性。

由于单位延米换热量受测试条件、运行工况及测试方法等因素影响较大，仅能作为工程经验参考，不能直接作为地埋管系统设计依据。

随着工程规模增大，地下温度场分布的空间差异性也随之增加，因此热响应试验点位数量应根据工程规模合理确定，并尽可能覆盖主要换热区域，以保证测试结果的代表性和可靠性。

6.4.4 浅层地埋管系统长期稳定运行的关键在于维持地下热环境的动态平衡。当系统全年吸热量与排热量长期失衡时，会导致地下岩土体温度逐渐偏离初始状态，从而降低系统换热能力和运行效率。

因此，系统设计时应充分考虑建筑全年冷热负荷变化特征，对计算周期内的地下热平衡状态进行分析。对于大规模地埋管地源热泵系统，由于运行周期长、负荷变化复杂，应采用动态模拟方法进行长期运行分析，评估地下温度场变化规律和系统运行性能。

对于存在明显内热扰动、使用功能变化较大或运行模式复杂的建筑，应分析其对地下热平衡状态的影响。在建筑全生命周期内可能发生功能调整的项目，宜预留冷热平衡调节设施接口，以提高系统适应性和长期运行能力。

6.4.5 冬季有可能发生管道冻结的场所，应采取添加防冻剂等措施来避免因管道

冻裂造成系统无法使用。

6.4.6 本条对地源热泵系统的监测和控制提出要求，是保障地源热泵系统安全高效运行的必要条件。其中的关键参数包括代表性房间室内温度，系统地源侧与用户侧进出水温度和流量，热泵系统耗电量需要对热泵主机、输配水泵及辅助设备分别电量计量。

6.5 空气源热泵系统

6.5.4 空气源热泵融霜技术多样，融霜时间过长会影响系统能效，优异的融霜技术是机组冬季运行的可靠保证。机组在冬季制热运行时，室外空气侧换热盘管表面温度低于进风空气露点温度且低于 0°C 时，换热翅片上就会结霜，会大大降低机组制热量和运行效率，严重时导致机组无法运行，因此必须融霜。融霜的方法有很多，优异的融霜控制策略应具有判断正确、融霜时间短、融霜修正系数高的特征。

6.5.5 空气源热泵系统在严寒、寒冷地区应用，如发生冻结问题，会导致系统无法使用，造成用户财产损失等危害，为保障安全，在可能存在冻结风险的地区应用空气源热泵系统，要注意采取相关措施避免冻结造成系统无法使用。

6.6 风能发电系统

6.6.1 风力发电是建筑领域可再生能源利用的补充技术之一，其应用效果受区域风资源条件、建筑形态、周边环境及运行维护条件等因素影响较大。与集中式风电相比，建筑分布式风力发电系统规模较小，主要用于补充建筑运行电力需求或作为局部备用电源。

建筑风力发电系统宜采用建筑一体化设计方式，与建筑功能、空间组织及结构体系协调统一。风力发电设施可采用屋顶布置、附属构筑物布置或独立支撑等形式，但均应满足建筑结构安全、运行安全及建筑环境协调要求。在既有公共建筑改造过程中，宜结合建筑屋面更新、外围护结构改造及能源系统升级同步实施。

6.6.2 风力发电系统的技术可行性和经济合理性与项目所在地风资源条件密切相关。由于建筑周边风环境受地形地貌、建筑群遮挡及局部气流组织影响较大，仅依据区域气象资料难以准确反映建筑实际风能利用条件。因此，在既有公共建筑实施风力发电项目前，应开展专项风资源评估，并综合分析风速、风向频率、风功率密度及风环境稳定性等参数。

除风资源条件外，还应结合建筑结构承载能力、设备振动、运行噪声、景观协调、设备维护条件及全寿命周期经济性进行综合评价。对于风资源条件较差、环境敏感性较高或运行维护困难的项目，应审慎采用建筑风力发电系统。

6.6.3 风能和太阳能资源具有一定的时空互补特性。太阳能发电主要集中于白天，而风能发电在夜间、阴雨天气及部分季节转换期间仍可保持一定输出能力。采用风光互补发电系统，有利于提高可再生能源供能系统的稳定性和建筑能源自给能力。

既有公共建筑采用风光互补系统时，应根据建筑用能特征、太阳能资源条件、风能资源条件及电网接入方式，合理确定风力发电与光伏发电系统容量配置。对于采用储能系统的项目，还应综合考虑储能容量、运行控制策略及系统安全要求，提高系统整体运行效率和经济性。

7 智慧运维与能效管理

7.1 一般规定

7.1.7 办公、商场、酒店、展演、交通枢纽等功能的建筑人流量较大，人员热扰相对较大，对超低能耗建筑运行造成一定影响，需要根据建筑内人流量确定不同的运行策略，因此人员服务量数据应接入建筑能耗监测平台，为后期运行调适提供基础条件。

7.1.8 引自国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015—2021 中第 3.3.6 条。

7.1.9 建筑能源与环境监控系统，应根据建筑规模和系统功能需求等影响，进行系统性、整体性的顶层架构设计，以确保系统功能满足不同用户的使用需求。

监控系统一般包括现场设备层、集成控制层和管理应用层。现场设备层主要由末端感知设备、执行器和现场通信网络组成，其功能是进行数据实时监测和自动采集，并将采集的数据上传至数据中心，同时执行器接收集成控制层传达的控制指令并执行。末端感知设备主要包括：带远传功能的智能仪表（电表、气表、水表、冷表、热表）、室内外环境参数传感器（室内温度、相对湿度、二氧化碳浓度等，室外温度、相对湿度、太阳辐照度）、设备运行状态参数（进出水温度、流量、压力、功率、电流、电压、频率等）传感器和人员行为传感器等。执行器主要用于执行控制器发出的指令，如风阀、水阀、变频器等。集成控制层主要包括数据中心和控制器、通信网络。数据中心将现场传感器采集的数据集成存储到服务器中。控制器根据管理应用层制定的优化运行控制策略和传感器采集的设备运行参数，对现场设备的优化运行参数进行优化调整，并将优化运行控制指令发送给现场设备层的执行器。管理应用层主要由能源管理系统软件、人机界面和通信网络组成。能源管理系统软件主要实现数据预处理、数据挖掘、数据预测，并根据预测结果制定优化运行控制策略。人机界面提供用户操作的界面。

7.2 智慧系统改造方法

7.2.4 超低能耗建筑需要更精细的节能控制，建筑供冷供暖、照明遮阳、新风等系统之间应实现优化联动控制，以充分利用自然通风、自然采光、自然得热等被动式手段，结合供冷、供暖和照明设备的补充，尽可能降低建筑的运行能耗。超低能耗建筑宜以单个房间或使用时间功能相同的室内区域为控制对象，居住建筑包括卧室、起居室等；公共建筑包括独立办公室、开放式办公房间、会议室、报告厅、多功能厅等。通过将本地设备就地集成，优化联动，改善控制效果，最大限度地减少建筑用能需求。

7.3 智慧系统技术要求

7.3.4 室内人员情况及行为的感知监测应可分为强感知式和弱感知式。

强感知式监测主要以影像分析、身份识别、人体状态监测等技术获取的数据为基础，对人员情况及行为进行分析，可实现数据与人员身份的一一对应，如视频监控、人脸识别、热红外成像监测、智能可穿戴设备监测等。

弱感知式监测主要以随身设备、环境变化、能耗计量数据为基础，通过多个变量存在关联性并互相引证，推测人员情况及行为，可实现对空间内人员数量及活动状态的基本预测，如 Wi-Fi 信号定位技术、红外传感器、门磁开关感应器、压力感应器、温湿度传感器、二氧化碳传感器、噪声传感器、照度传感器以及功率计等。人员感应探测的元件多种多样，但不论使用哪种方法和设备，均以不影响被测对象隐私为前提，在保证数据的正确性同时避免给室内人员造成干扰或心理负担，使得人性化与高效率并存。

7.3.5 数据自动采集与实时通信是保障数据获取准确性的基础，也是准确识别系统运行状态、开展运行诊断和故障预判的前提。而数据采集系统整合了信号、传感器、激励器、信号调理、数据采集设备和应用软件。在数据大爆炸的互联网时代，数据的类型也是复杂多样的，包括结构化数据、半结构化数据、非结构化数据。结构化最常见，即具有模式的数据。非结构化数据是数据结构不规则或不完整，没有预定义的数据模型，包括所有格式的办公文档、文本、图片、XML、HTML、

各类报表、图像、音频和视频信息等。当这些复杂数据完成采集后，系统需具备人员状态识别能力，并根据人员状态对能源系统的运行参数进行合理调控。

7.4 柔性系统

7.4.2 既有公共建筑机电系统复杂，光储直柔改造需保证交直流系统兼容稳定，避免改造过程影响建筑正常使用。

7.4.3 柔性调控是光储直柔实现高效消纳与减碳的核心，通过负荷柔性化参与电网互动，可进一步降低建筑碳排放强度，贴合公共建筑节能减碳需求。

7.4.4 系统配置要求

2 储能容量按日均负荷的 0.2~0.5 倍配置，是兼顾柔性调节效果与经济性的最优方案，符合既有公共建筑改造投资管控与减碳效益平衡要求；

3 低压直流配电可减少交直流变换损耗 5%~10%，直流化负荷更适配光伏直驱，是提升能效、降低碳排放的关键配置。

7.4.6 监测与计量要求

2 明确直流电能质量指标，可保障系统安全稳定运行，避免电压异常导致设备损耗上升、减碳效果下降。

8 碳排放核算

8.1 一般规定

8.1.1 既有公共建筑减碳改造涉及围护结构、设备系统、可再生能源利用及运行管理等多个环节，仅以能耗降低作为评价指标难以全面反映项目减碳成效。开展碳排放核算有利于量化不同改造方案的减碳潜力，为改造方案优选、减碳目标制定及实施效果评价提供依据。

8.1.2 碳排放核算应明确计算对象和统计范围，避免出现重复统计或遗漏统计的问题。对于建筑群项目，应统一能源计量边界、数据采集方式和核算周期，确保不同建筑之间核算结果具有可比性。

8.1.3 既有公共建筑减碳改造不仅影响建筑运行阶段碳排放，同时也会产生施工过程以及材料生产运输过程的碳排放。对于涉及大规模更新改造的项目，建材与设备隐含碳排放占比较高，仅核算运行阶段可能无法全面反映项目整体减碳效益，因此应开展计入隐含碳的碳排放核算。

8.1.4 碳排放因子是建筑碳排放核算的重要基础参数，其准确性直接影响核算结果的科学性和可比性。能源碳排放因子、电力排放因子及建材碳排放因子应优先采用国家、地方现行标准以及政府主管部门发布的数据。

随着新型电力系统建设和新能源装机比例持续提高，电网碳排放强度呈现显著的时间差异和区域差异。采用统一年度平均电力排放因子虽能够满足常规核算需求，但难以反映建筑实际用电行为对应的碳排放特征。

分时分区电碳因子是指在特定时间尺度和空间范围内单位用电量对应的碳排放水平，可按照年、月、日、小时等不同时间尺度，以及全国、省级、市级、园区等不同空间尺度进行核算。采用分时分区电碳因子能够更加准确反映建筑运行阶段电力消费产生的间接碳排放，特别适用于配置分布式光伏、储能系统、需求响应、虚拟电厂及建筑能源管理系统的项目。

分时分区电碳因子的计算宜依据国家、地方现行技术文件或政府主管部门发布的方法执行。现阶段《湖州全域电碳因子计算技术实施细则（试行）》为地方

试点技术文件，其计算框架、碳排放与电量平衡核算思路可供各地编制本地方法时借鉴，其基本原理基于电力碳量平衡和电碳因子水平评估方法，通过区域内发电碳排放量、跨区输入输出电量及对应碳排放量计算获得分时分区电碳因子。

电力平均二氧化碳排放因子可按下式计算：

$$CF = \text{电力系统碳排放总量} \div \text{电力系统总供电量}$$

其中，电力系统碳排放总量包括区域内化石能源发电产生的碳排放以及外来输入电量对应的碳排放；总供电量包括区域内发电量和输入电量。

当项目具备分时电量数据和对应电碳因子数据时，建筑运行阶段电力间接碳排放量宜按下式计算：

$$CEe = \sum(Ei \times CFi)$$

式中：CEe——建筑运行阶段电力间接碳排放量（kgCO₂）；

Ei——第 i 时段用电量（kWh）；

CFi——第 i 时段对应的分时分区电碳因子（kgCO₂/kWh）。

8.1.5 既有建筑改造中，部分项目因历史数据缺失或计量设备老旧，无法获取完整的实际运行数据，采用模拟方法作为替代是行业通行做法。为确保改造前后减碳效果的客观可比性，必须强制要求数据来源的一致，避免“实际-模拟”混用造成的偏差。模拟时建议采用与现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 相一致的计算方法和本地化参数。

8.1.6 储能系统、虚拟电厂等柔性调节措施通常不直接减少能源消耗，但能够通过削峰填谷、促进可再生能源消纳、降低高碳时段用电负荷等方式间接降低碳排放。因此，其减碳效益宜结合动态电碳因子、负荷转移量及新能源消纳情况进行评价，并避免与可再生能源发电减碳量重复计算。

8.1.7 根据《国家发展改革委等部门关于加强绿色电力证书与节能降碳政策衔接大力促进非化石能源消费的通知》（发改环资〔2024〕113号），绿色电力证书作为我国可再生能源电量环境属性的唯一凭证，可作为绿色电力消费的重要证明，并逐步应用于能源消费统计、节能评价及碳排放核算等工作。根据《可再生能源绿色电力证书管理实施细则（试行）》，绿色电力证书实行“一证对应一千千瓦时可再生能源电量”的管理模式，具有唯一性、可追溯性和不可重复使用等特征，是证明绿色电力环境属性的有效依据。

非建筑本体减碳措施是指未直接降低建筑自身能源需求或提高建筑能源利用效率，而是通过绿色能源消费或环境权益交易实现碳排放抵消的措施，包括：绿色电力交易、绿色电力证书交易（绿证）、国家核证自愿减排量（CCER）、碳排放权交易形成的合法碳配额、国家有关部门认可的其他碳减排权益等。

上述措施均应具有合法来源，并提供交易合同、结算凭证、绿色电力证书、CCER 注销证明、碳配额交易证明等有效证明材料。无法提供证明材料的，不应计入既有公共建筑建筑减碳量。

8.2 核算边界

8.2.1 明确核算边界是开展碳排放核算的前提。建设红线范围内的建筑空间、设备系统及附属设施均应纳入核算范围。对于涉及多个单体建筑的项目，应采用统一的边界条件和统计口径，保证核算结果的一致性。

8.2.2 本条参考建筑全生命周期碳排放核算思路，将改造前运行、改造实施、改造后运行以及建材与设备生产运输等阶段纳入核算范围。项目可根据改造规模和数据获取条件选择相应核算深度。

8.2.3 运行阶段碳排放数据是评价改造前后减碳效果的核心参照，连续一年以上的数据可有效反映建筑季节性变化及设备运行特征。当实际监测数据不完整时，可采用能源账单、物业统计资料或经校准的模拟分析结果进行合理修正和替代，但须确保改造前后数据来源一致。

8.2.4 运行阶段通常是既有公共建筑生命周期碳排放的主要来源。核算时应覆盖主要用能系统，并考虑可再生能源系统、建筑碳汇系统以及储能系统等对碳排放的影响。采用连续一年及以上的分项计量数据有助于提高核算准确性。

8.2.5 改造实施阶段碳排放主要来源于施工机械运行、施工用电、材料运输和废弃物处理等活动。对于施工周期较长或改造规模较大的项目，该阶段碳排放可能占有一定比例，应予以关注。

8.2.6 建材与设备生产运输阶段属于隐含碳排放的重要组成部分。本条明确将原材料获取、生产制造以及场外运输过程纳入核算范围，而施工现场内部运输、安装及拆除等活动产生的碳排放则归入改造实施阶段核算，以避免重复计算。

8.2.7 本条明确绿色电力相关碳减排核算的唯一性要求，防止同一电量或同一减排权益被重复计入。建筑利用屋顶光伏、风电等分布式可再生能源发电并自发自用时，该部分电量已经替代了常规电力消耗，其减排效果应直接体现在建筑能源碳排放核算中，不应再通过购买绿色电力证书或参与绿色电力交易进行重复核算。同理，建筑购买绿色电力后，该电量的绿色属性已经通过交易确定，不应再将同一电量对应的绿色电力证书再次用于减排核算；使用国家核证自愿减排量（CCER）或碳排放配额进行抵消时，也不得对同一部分碳排放进行重复抵扣。

碳减排权益应遵循“一项环境权益对应一次碳减排核算”原则，确保碳排放核算真实、准确、可追溯。

8.3 核算方法与要求

8.3.1 建筑运行阶段碳排放核算应按照能源消费量与相应碳排放因子的乘积进行计算，并符合现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 的有关要求。对于采用可再生能源发电、建筑碳汇等措施的项目，可根据实际替代效果扣减相应碳排放量。储能系统、虚拟电厂等柔性调节措施形成的减碳贡献宜单独核算。

8.3.2 改造实施阶段碳排放主要由施工活动产生，其核算方法与运行阶段类似，可根据施工过程中的能源消耗量及相应碳排放因子进行计算。

8.3.3 建材生产与运输阶段碳排放核算属于生命周期评价的重要内容。核算时应结合建材及设备用量、运输方式、运输距离以及相应碳排放因子进行计算，并遵循现行国家标准《环境管理 生命周期评价 原则与框架》GB/T 24040、《环境管理 生命周期评价 要求与指南》GB/T 24044 的基本原则和方法要求。

8.3.4 减碳率用于反映改造项目碳减排效果，宜以建筑年度总碳排放量变化比例进行评价。计算时，改造前基准年与改造后运行年的碳排放数据来源须保持类型一致，即同为实际计量数据或同为模拟估算数据，避免因数据口径不同导致减碳率计算失真。采用模拟数据时，应确保改造前后的边界条件、计算方法及主要输入参数具有一致性，具体执行本导则第 8.1.5 条相关规定。

8.3.5 对于拆除量较大的项目，拆除施工、废弃物运输及资源化处理过程可能产生较为明显的碳排放。开展相关核算有助于更加全面地评价改造项目的环境影响。

8.3.6 主要建筑材料及设备通常占建材隐含碳排放的大部分比例。规定主要材料总质量不低于项目材料总质量的 95%，兼顾核算完整性与实际操作性，避免因大量小宗材料统计困难而增加核算成本。

8.3.7 分时分区电碳因子能够反映不同时间和区域电力系统碳排放强度的变化特征。采用动态因子开展核算时，应保证用电数据与因子时间尺度相匹配，以提高核算精度。

8.3.8 分绿色电力减碳量应依据建筑实际消费绿色电量确定，不应按照购买合同容量、交易规模或计划电量计算。绿色电力消费量应与绿色电力交易结算数据或绿色电力证书记载电量保持一致。绿证实行每 1000kW·h 对应 1 张绿证，不足 1000kW·h 部分应按照国家有关规定处理。

8.3.9 在充分发挥建筑自身降碳技术潜力的基础上，对于建筑自身资源条件有限但又有承担减排责任意愿的业主，允许其通过非建筑降碳技术措施抵消剩余自身不可减少的碳排放。既有公共建筑减碳前运行阶段年度碳排放量应依据本导则规定的方法计算得到。本条参考《建筑碳排放评价标准》T/GZBECTA 006 团体标准和零碳建筑评价实践经验，结合既有公共建筑减碳改造特点，提出 20%的控制要求，以保障减碳效果的真实性和可持续性。