

ICS \*\*\*

CCS \*\*\*

# 团体标准

T/CABEE 0XX-20XX

## 热带城市建筑低碳节能技术 应用指南

Guidelines for the Application of Low-Carbon and  
Energy-Saving Technologies in Tropical Cities' 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

XXX 技术标准

Technical standards for XXX

**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 XXXX 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。

协会委托主编单位收集标准的应用案例（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），并对案例进行宣传。

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（试行）》（国建节协〔2017〕40号）及《关于印发〈2024年度第一批团体标准制修订计划〉的通知》（国建节协〔2024〕42号）的要求，由XXX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，共同编制了本指南。

本指南的主要内容包括：1总则；2术语；3基本规定；4建筑规划与设计；5围护结构与材料；6空调；7给水排水；8电气；9可再生能源应用；10施工与运行。

本指南的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本指南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XXX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。指南应用过程中如有意见或建议，以及指南相关应用案例，请反馈至\*\*\*（联系人：\*\*\*，联系方式：\*\*\*，邮箱：\*\*\*，地址：\*\*\*，邮编：\*\*\*）。

本指南主编单位：

本指南参编单位：

本指南主要起草人员：

本指南主要审查人员：

# 目 次

<b>1 总则</b> .....	<b>7</b>
<b>2 术语</b> .....	<b>8</b>
<b>3 基本规定</b> .....	<b>9</b>
<b>4 建筑规划与设计</b> .....	<b>10</b>
4.1 一般规定 .....	10
4.2 建筑规划 .....	11
4.3 建筑设计 .....	12
<b>5 围护结构与材料</b> .....	<b>14</b>
5.1 一般规定 .....	14
5.2 高性能围护结构 .....	14
5.3 材料 .....	15
5.4 建筑气密性 .....	15
<b>6 空调</b> .....	<b>16</b>
6.1 一般规定 .....	16
6.2 空调 .....	18
6.3 空调冷源 .....	18
6.4 空调管网 .....	20
<b>7 给水排水</b> .....	<b>21</b>
7.1 一般规定 .....	21
7.2 给水、热水系统 .....	22
7.3 排水系统 .....	23
7.4 非传统水源 .....	23
<b>8 电气</b> .....	<b>24</b>
8.1 一般规定 .....	24
8.2 供配电系统设计 .....	24
8.3 照明系统 .....	25
8.4 电梯设备 .....	26
8.5 监测与控制 .....	26

<b>9 可再生能源应用</b> .....	<b>27</b>
9.1 一般规定 .....	27
9.2 太阳能系统 .....	27
9.3 地热能系统 .....	29
9.4 空气源热泵系统 .....	29
9.5 风能发电系统 .....	29
<b>10 施工与运行</b> .....	<b>30</b>
10.1 一般规定 .....	30
10.2 施工 .....	30
10.3 运行与管理 .....	32
<b>本标准用词说明</b> .....	<b>34</b>
<b>引用标准名录</b> .....	<b>35</b>
<b>附：条文说明</b> .....	<b>36</b>

## 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻国家双碳目标战略，引导热带城市建筑向低碳节能方向发展，制定本指南。

**1.0.2** 本指南适用于热带城市新建、改（扩）建的民用建筑低碳节能设计、施工和运行。

**1.0.3** 热带城市建筑低碳节能设计、施工和运行除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和当地地方现行有关标准以及现行中国建筑节能协会有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 热带城市 Tropical Cities

指位于热带气候区域的城市。在我国，热带气候区主要分布在海南岛、雷州半岛、云南南部以及台湾南部等地区。

### 2.0.2 节能诊断 Energy-saving Diagnosis

通过能源费用账单和设备历史运行记录等的统计分析，对建筑能源效率及能耗水平进行客观考察，筛选产生能源浪费的环节，为节能改造提供依据的过程。

### 2.0.3 热舒适 Thermal Comfort

人对周围热环境所做的主观满意度评价。影响人体热舒适的因素主要包括物理、生理和心理三个方面。

### 2.0.4 热习服 Thermal Acclimatization

在反复周期性热暴露下，人体对于热环境所产生的一系列自发的适应性生理反应。由于不同人群所处的热环境时间不同，基于热习服现象的对不同的热环境满意度不同，进而形成对热环境的需求差异。

### 2.0.5 常居人群 Long Term Residents

从建筑的使用角度，常居人群指长期在某建筑内生活或工作的人群。

### 2.0.6 临居人群 Temporary Residents

从建筑的使用角度，临居人群指因出差、旅游在某建筑内生活或工作的人群。

### 2.0.7 建筑碳排放量 Building Carbon Dioxide Emission

在设定计算条件或实际运行条件下，以年为周期流入建筑红线内的能量和流出建筑红线外的能量，按碳排放因子换算为碳排放量后，两者的差值，即建筑运行阶段自身能源消耗产生的碳排放量。

### 2.0.8 建筑能耗监测系统 Monitoring System of Building Energy Consumption

通过建筑内安装的分类及分项能耗计量装置，采用本地存储或远程传输等方式实时采集能耗收据，实现在线监测与动态分析功能的硬件系统及软件系统的统称。

### 3 基本规定

**3.0.1** 热带城市建筑应根据热带地区气候特征和项目特点,合理规划建筑总平面、确定合适的朝向和建筑形态、合理安排室内空间。在保障建筑空间功能要求的前提下,为被动式节能技术的应用提供适宜条件。

**3.0.2** 建筑的总体规划应为可再生能源利用创造条件,合理配置可再生能源利用的空间和场地。

**3.0.3** 建筑设计所采用的节能技术的选用应遵循“被动优先,主动优化”的原则。

**3.0.4** 热带城市节能低碳技术宜将自然采光、通风、遮阳、能耗系统、碳排放的模拟作为建筑设计依据,以此优化设计阶段系统方案。

**3.0.5** 建筑内人员短暂停留的区域宜设计为开敞或半开敞空间,开敞或半开敞空间内宜采用吊扇之类的机械装置加强空气流动。

**3.0.6** 热带城市建筑应优先考虑降低内部环境调控负荷。

**3.0.7** 热带城市的滨海/岛屿城市的可再生能源应用的设备和低碳节能建筑材料应有良好的抗风、抗盐雾侵蚀性能要求。

**3.0.8** 建筑施工应按照精细化施工的理念,采用更加严格的施工质量标准,进行全过程质量控制。

**3.0.9** 建筑装修进行全装修,应防止装修对隔热性能的损坏和对气流组织的影响。

**3.0.10** 建筑的运行与维护应建立节能管理制度,并制定设备系统的节能运行操作规程。

## 4 建筑规划与设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 热带城市节能低碳规划与设计应遵循以下原则：

- 1 建筑布局应根据气候特点和季节性气候变化确定；
- 2 设计中应融入绿色生态理念，保护并利用场地内的自然生态资源；
- 3 设计应结合未来功能变化，并应预留节能设施增加或技术改造实施的空间。

**4.1.2** 低碳技术应用方案策划应采用各专业协同设计的组织形式进行。

**4.1.3** 低碳技术应用方案策划应在节能专篇的要求下进行相关分析。

**4.1.4** 热带城市的居住区热环境设计应符合《城市居住区热环境设计标准》JGJ 286 中的规定。

## 4.2 建筑规划

**4.2.1** 建筑场地规划应有利于营造适宜的微气候，通过优化建筑空间布局，合理规划景观、绿化，增强自然通风、天然采光、室外遮荫、减弱热岛效应，以营造清凉空间。

**4.2.2** 建筑单体朝向以南北向布局为主，建筑群错位行列式布局，以最大化冬季日光获取并减少夏季太阳直射。若受场地限制需东西向布局，需通过相邻建筑遮挡、外挑遮阳构件等方式强化遮阳。

**4.2.3** 场地主入口宜位于上风侧，建筑布局应利于区域夏季主导风的气流通风组织，联通场地内建筑间隙、庭院绿地等开敞空间形成日常通风廊道，避免出现空气滞流区。不宜采用封闭围合式布置，当受条件限制必须采用时，应采取首层架空、单体之间设置气流通道等措施提升场地通风效果。

**4.2.4** 建筑布局在满足日照等要求的前提下，宜考虑采光设计，为建筑充分利用天然采光创造有利条件。

**4.2.5** 增设连接各单体建筑与场地主出入口的风雨连廊，实现步行空间连续遮荫。当条件受限时，可结合林荫树打造连续遮荫连廊。

**4.2.6** 场地规划应合理增加绿地和水体面积，提高乔木数量，地面宜采用浅色铺装等太阳辐射反射系数高的面层材料，减少地面辐射得热，改善室外热环境，降低热岛强度。

**4.2.7** 规划设计时应预留合理空间，以便为利用光伏、风力等可再生能源创造有利的场地条件。

**4.2.8** 规划设计时应关注植被绿化、水环境、城市形态、材料表面、降温设施及其它相关问题，规划建设清凉城市。规划中应设置防风防涝等相关技术措施，增加城市韧性和生态环境的建立和维护。

### 4.3 建筑设计

**4.3.1** 建筑设计充分利用自然通风、天然采光以及围护结构隔热等被动式建筑设计手段，降低建筑的用能需求。

**4.3.2** 建筑形体宜采用错落布局或凹凸造型，形成自遮阳效应，减少东西立面的太阳辐射直射面积。应采用合理的遮阳措施，并与建筑立面一体化设计，预留通风间隙。固定遮阳构件的遮阳深度应通过太阳高度角模拟确定，确保夏至日正午有效遮挡直射光，冬至日允许阳光入射；活动遮阳装置应覆盖东、西向外窗，抗风性能需满足当地台风荷载要求。

**4.3.3** 建筑功能配置应遵循热环境分区原则，划分自然通风区与空调控制区，集约化布局以减少冷热干扰。

**4.3.4** 合理布局建筑平面，采用单廊式或双廊错位式等利于形成穿堂风的平面布局。合理设置通风开口面积，主要房间宜布置于通风优势朝向且开窗位置应形成对流通风路径。

**4.3.5** 建筑剖面设计宜采用底层架空和空中花园。通过建筑开口方向与高度差形成风压差，结合导风墙、拔风井、自然通风器、太阳能拔风道等诱导气流措施，增强室内气流。

**4.3.6** 建筑屋顶宜采用隔热通风措施的平屋面。

**4.3.7** 建筑主要功能房间应充分利用天然采光。对于大进深空间、地下空间宜通过半地下室、天窗或光导管系统等方式充分利用天然光。

**4.3.8** 建筑应设置合理的窗墙比和窗地比。宜采用高透光率 Low-E 玻璃，并结合内遮阳装置减少眩光。

**4.3.9** 系统性应用建筑底部架空层设计，集成导风板、湿度缓冲层等被动式除湿技术，形成多尺度通风网络驱散湿热空气；结合遮阳格栅、攀缘绿植系统及透水铺装，同步实现室内外热湿环境调节与全天候遮阳避雨功能，塑造具有微气候适应性的热带城市灰空间。

**4.3.10** 应优先将楼梯间、设备间等低使用频率次要功能空间配置于西向界面，集成垂直绿化遮阳系统或相变蓄热墙体构造，形成热缓冲空间；主要功能房间外围宜设置阳台、深廊等过渡空间，进深 $\geq 1.5\text{m}$ ，使主要功能空间太阳辐射得热系数降低。

**4.3.11** 宜运用水体蒸发冷却效应与植物蒸腾固碳机制，通过景观水体模块化布局与立体绿化系统协同构建热缓冲带，实现热环境调节与碳汇效能双重增益。

**4.3.12** 建筑造型设计应简约，无大量装饰性构建，减少材料使用，减少碳排放。

## 5 围护结构与材料

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 围护结构的设计应充分考虑热带气候区的高温、高湿和强太阳辐射特点，优先采用高性能隔热材料和气密性措施，以降低建筑冷负荷，提升室内热舒适性。
- 5.1.2 围护结构应优先采用获得绿色建材标识或认证的材料。
- 5.1.3 可应用喷淋/喷雾技术作为围护结构节能措施。

### 5.2 高性能围护结构

- 5.2.1 外墙及屋面应采用隔热性能优良的构造形式。
- 5.2.2 建筑的外墙宜采用通风隔热构造，或采取遮阳、垂直绿化等措施。钢结构等轻型结构体系，其外墙宜采用空气间层。
- 5.2.3 屋面隔热采用常用的保温材料进行隔热，还可采取架空层、绿化屋面、含水多孔材料面层、蓄水屋面等方式进行隔热处理。
- 5.2.4 建筑透光屋顶的迎光面应考虑遮阳设计，并宜设置活动遮阳，其中多层建筑应采用外遮阳。
- 5.2.5 应选用保温隔热性能和力学性能良好的外门窗系统。外窗（透明幕墙）的传热系数（K）、遮阳系数（SC）、太阳得热系数（SHGC）、窗框的传热等宜根据当地气候特点，通过性能化方法进行优化设计和选择。
- 5.2.6 外窗、透明幕墙等透光围护结构应选用合理的平均传热系数（K）和太阳得热系数（SHGC 值）。
- 5.2.7 应综合考虑减少外窗传热得热和加强自然通风的要求，合理设计建筑各朝向的窗墙面积比。
- 5.2.8 建筑外窗及透光幕墙应考虑在不利朝向进行遮阳设计，同时应综合考虑建筑朝向、房间功能、外观效果、安全性以及环境影响等因素，选择适宜的遮阳形式。
- 5.2.9 建筑外围护结构宜尽量控制热桥的形成与存在，必要时可对建筑外围护结构进行无热桥设计。
- 5.2.10 透光围护结构可应用保温遮阳独立控制技术。

### 5.3 材料

5.3.1 宜在保证安全的前提下，使用可再利用建筑材料和可再循环建筑材料。

5.3.2 现浇混凝土宜采用预拌混凝土。

5.3.3 应合理采用高强建筑结构材料，如高强钢材和高强混凝土。

5.3.4 外围护结构保温隔热材料选择时，应优先采用高质量、高性能材料。

5.3.5 外墙和屋面的外表面应采用浅色饰面或隔热反射涂料，减少外墙和屋面吸收太阳辐射热量。

5.3.6 在室内装修设计中，空调房间的天花、墙面、地面宜采用轻质材料。

### 5.4 建筑气密性

5.4.1 建筑围护结构气密层应连续并包围整个外围护结构，选择适用的气密性材料。

5.4.2 建筑的外门窗应有良好的气密性能。

5.4.3 围护结构洞口、电线盒、管线贯穿处等易发生气密性问题的部位应进行节点设计和处理。

5.4.4 不同围护结构的交界处以及排风等设备与围护结构交界处应进行密封节点设计和处理。

5.4.5 装配式建筑的外墙板、楼板等预制构件的接缝、连接节点及构件预留孔洞应采取可靠的气密性构造措施和施工工艺。

5.4.6 建筑墙体施工应采用气密性材料和施工工艺，避免墙体出现裂缝和孔洞，确保墙体自身的气密性。

## 6 空 调

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 热带城市民用建筑空气调节工程应满足人体健康舒适所需的室内环境参数要求。针对不同功能建筑的使用人群，应以常居人群和临居人群进行区分，按不同的人群分别进行空调系统的设计。

**6.1.2** 建筑空气调节工程建设和使用过程中对环境的影响和产生的污染物控制应符合现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T18883 的有关规定。

**6.1.3** 建筑通风与空气调节工程设计与施工应选用安全、高效、节能的设备和材料，并应符合建筑防火、节能、环境、电气及工程质量控制的通用性技术要求。

**6.1.4** 宜根据建筑所在位置条件，对被动式节能技术、可再生资源进行调研，在室内环境营造中因地制宜的利用可再生资源。

**6.1.5** 宜根据室内环境营造负荷、被动式技术应用条件和可再生资源条件，采取减少空调使用时间和减少空调使用面积的方式优化空调系统的设计和运行。

**6.1.6** 空调设计时，室内设计计算温度和相对湿度应符合下列规定：

1 常居人群且以机械制冷的空调建筑，主要房间空调供冷设计计算温度不大于 29℃、相对湿度不大于 60%，或设计计算温度不大于 27℃、相对湿度不大于 70%；

2 常居人群且以风扇为手段的建筑，主要房间空调供冷设计计算温度不大于 30℃；

3 临居人群且以机械制冷的空调建筑，主要房间空调供冷设计计算温度不大于 29℃、相对湿度不大于 60%，或设计计算温度不大于 27℃、相对湿度不大于 70%；

4 工艺性空调区应满足工艺对室内温度、湿度的要求。

**6.1.7** 集中空调系统的最小新风量及新风系统应符合下列规定：

1 最小新风量应满足表 6.1.7-1~6.1.7-2 的要求。

**表 6.1.7-1 主要房间每人所需最小新风量**

房间类型	新风量 (m <sup>3</sup> / (h·人))
------	------------------------------

办公室	30
客房	30
多功能厅	20
大堂、四季厅、咖啡厅	10
宴会厅、餐厅	20
游艺厅	30
美容室	45
理发室	20
住宅	-

表 6.1.7-2 高密人群建筑每人所需最小新风量/ (m<sup>3</sup>/ (h · 人))

建筑类型	人员密度 PF (人/m <sup>2</sup> )		
	PF ≤ 0.4	0.4 < PF ≤ 1.0	PF > 1.0
影剧院观众厅	14	12	11
商场营业厅	19	16	15
博物馆等展厅	19	16	15
公共交通等候室 (层高 ≤ 6m)	19	16	15
歌厅	23	20	19
酒吧	30	25	23
保龄球房	30	25	23
体育馆	19	16	15
健身房	40	38	37
教室	28	24	22
图书馆	20	17	16

2 空调系统应具备全新风运行的功能，在空调季初期、末期以及在过渡季需要时实现全新风运行；

3 新风进风口及输送过程应避免污染，且不得从建筑物内的楼道及吊顶内吸入新风。

#### 6.1.8 空调系统设计应保证系统运行高效安全，并符合下列规定：

1 空调水系统和风系统进行水力计算时，应同时进行管路水力平衡校核，环路不平衡率应小于相关标准的规定值；

2 空调水系统和风系统配置的泵或风机的实际工作点应处于高效区；

3 空调水系统和风系统应预留用于“调节”和“调适”位置及相应的孔洞。

#### 6.1.9 空调水系统的水质应满足设备安全运行的要求；用于直接处理空调系统空

气的水，如果处理后的空气直接送入室内，则处理用水的水质应满足现行国家标准中的生活饮用水的卫生要求。

**6.1.10** 空调系统的检测与监控，应符合下列规定：

- 1 检测系统启停、运行及事故处理过程中的安全运行参数；
- 2 集中监控系统控制的动力设备应具备远程自动控制、远程手动控制和就地手动控制功能；
- 3 监控管理系统应设有能耗、水耗的监测和参数超限报警、事故报警及报警记录功能。宜实现按用户的能耗监测，监测数据保留时间应不少于 1 年。

**6.1.11** 通风与空调设计应满足现行国家规范《建筑环境通用规范》GB 55016 中消声与隔振的要求。

## 6.2 空调

**6.2.1** 应根据建筑物的使用者，按常居人群和临居人群分别进行空调室内环境参数的设置并进行负荷计算。

**6.2.2** 应按照建筑空间功能、空调负荷、空调使用时间等特征进行分区，实现分区的系统控制。

**6.2.3** 应校核建筑的自然通风效果，拓展自然通风技术的应用范围。在自然通风能够满足要求的开敞空间，应采用自然通风技术满足环境热舒适要求。

**6.2.4** 根据空调负荷的计算，对于常居人群的建筑，宜考虑加装风扇，形成“风扇”或“风扇+空调”的模式进行空调。

**6.2.5** 对于空调末端，宜安装末端使用的调节装置，满足不同人群的个性化需求。

**6.2.6** 对于使用辐射供冷的空调末端，应明确具备确保表面防结露的措施。

**6.2.7** 空调区空调系统的新风量计算应符合下列规定：

- 1 人员所需新风量根据人员的数量、活动和工作性质，以及在室内的停留时间等确定，并符合本指南第 6.1.7 条规定；
- 2 空调区的新风量除应满足人员新风量要求外，还应满足空调区风量平衡和空气气流组织的要求。

## 6.3 空调冷源

**6.3.1** 鼓励热带城市建筑根据当地资源条件因地制宜的采用节能低碳环保的空调冷源，包括天然的及工业余冷等。

**6.3.2** 供冷系统冷源及附属用能设备的选择应符合现行国家标准《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350 中对于超低能耗公共建筑的有关规定、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 以及当地相关标准及文件的规定。

**6.3.3** 建筑的各功能区域宜进行差异化的负荷分区设计，每个功能区宜单独设置冷源，供冷末端应能实现独立或区域调节。

**6.3.4** 供冷系统设计应符合下列规定：

1 在分析空调负荷构成的基础上，选用高 COP 值的冷水机组满足较为稳定、周期性变化规律明显的空调负荷；选用调节性能优良的冷水机组满足随机性强的空调负荷。

2 在分析空调负荷构成的基础上，冷水机组的选型及台数应充分考虑部分负荷时段的空调负荷，确保在部分负荷条件下每台冷水机组基本上处于满负荷运行状态。

3 空调冷源的耗电，应充分结合当地电网的负荷特征，实现与电网的协同协调。

4 应采取措施降低过渡季节空调能耗，有条件时应优先直接或间接利用自然冷源。

**6.3.5** 在条件允许时，空调冷源宜直接接入可再生能源生产的电能。

**6.3.6** 空调冷源设计和运行时，应充分调研项目周围余热余冷供给能力，实现余热余冷的应用。

**6.3.7** 空调冷源设计和运行时，应在调研核算的基础上，与建筑的其他用能协同供给。

**6.3.8** 冷热源、循环水泵、空调末端、通风机等用能设备进行节能改造时，选型应与应用场景及能耗水平相适配，其效率应符合下列要求：

1 分散式房间空气调节器能效应达到《房间空气调节器能效限定值及能效等级》GB 21455 中规定的 1 级能效要求。

2 集中空调水泵、风机应达到相应能效评价标准的一级能效要求；空调冷热水系统循环水泵的耗电输冷（热）比应较现行国家标准《民用建筑供暖通风与空

气调节设计规范》GB50736 要求降低 20%以上；单位风量耗功率应满足现行《公共建筑节能设计标准》GB50189 中的相关要求。

## 6.4 空调管网

6.4.1 空调冷水机组冷却水循环并联水泵和冷冻水循环并联水泵应根据不同的并联水泵台数进行并联后的综合水泵性能参数的校核计算，确保不同台数并联的综合性能满足管网的水力要求。

6.4.2 空调冷却水使用的冷却塔积水盘高度应以确保回水管满管流为原则，防止回水管倒吸空气。

6.4.3 与室外连通的风系统管路应设置密闭型电动风阀，并与相应系统联动。

6.4.4 空调循环水泵、通风机等用能设备应采用或增加变频调速和能耗监控措施。

6.4.5 各风口及主要风道宜安装风量调节阀。

6.4.6 空调水系统管道布置应结合建筑物形状，实现同程式布置。

6.5.7 空调冷冻水系统应根据空气系统的分时分区运行要求，安装自动阀，配合空气系统的运行实现非运行时间的关闭。

## 7 给水排水

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 应根据城市的气候、地理、水资源等条件，统筹、综合利用水资源，与其他专业、系统进行协同及一体化的给水排水设计，根据技术先进性与可靠性相结合、经济合理性、可持续发展原则选择适宜的给排水低碳节能技术。

**7.1.2** 给水排水设计应符合现行国家标准《建筑给水排水与节水通用规范》GB55020、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《建筑给水排水设计标准》GB50015、《民用建筑节能设计标准》GB50555 及现行相关国家标准和规范的有关规定。

**7.1.3** 给水排水设计应因地制宜，以适应热带城市气候特点为原则。优先采用被动式低碳技术设计策略，合理设置水资源循环利用、可再生能源及余热、废热等低碳资源利用。

**7.1.4** 给水排水设计选用的工艺、设备、器具和产品应为节水和节能型。

**7.1.5** 管道材料的选择应优先使用可再利用和可再循环的材料，并应满足耐腐蚀、寿命长的要求；采用耐腐蚀、水头损失小、密闭性能及耐久性能好的阀门及管件。管网漏损率宜优于现行国家、地方标准规定的目标值。

**7.1.6** 水泵能效等级应符合现行国家标准《清水离心泵能效限定值及节能评价》GB19762 和《污水污物潜水电泵能效限定值及能效等级》GB32031 的有关规定。

**7.1.8** 穿屋面及建筑外墙的管道应有热桥处理技术措施。

**7.1.9** 给水排水工程施工应符合现行国家标准《建筑给水排水与节水通用规范》GB55020、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 及现行相关国家标准和规范的有关规定。

**7.1.10** 施工应优先采用预制装配式技术。

**7.1.11** 施工应积极深度应用 BIM 技术。

**7.1.12** 应对施工过程中的废弃物进行分类回收。

**7.1.13** 应根据给排水系统特点，对相关设施进行定期维护及高效清洗。

**7.1.14** 宜构建物联网监测网络对给排水系统进行智能监测与动态调控。

## 7.2 给水、热水系统

**7.2.1** 给水系统应充分利用市政压力直接供水，水压不足时应采用节能的加压供水方式，并根据建筑高度、用水需求及运营能耗合理划分供水分区。

**7.2.2** 生活用水、生活热水、道路广场浇洒、景观绿化及工艺用水的用水定额、水压等标准应符合现行国家标准《建筑给水排水设计标准》GB50015 和《民用建筑节能节水设计标准》GB50555 的有关规定。

**7.2.3** 应按照使用性质、管理单元及计费要求，分项、分级设置计量水表；水表宜采用智能水表。

**7.2.4** 应优化管道路由，尽量缩短管道长度，减少弯头和阀门的数量，并合理确定管径，减少水头损失，降低热水管道热量损失，节约能耗。明露敷设的生活给水管道不宜设置在阳光直接照射处，并宜设保温。

**7.2.5** 水嘴、淋浴喷头内部宜设置限流配件，坐式大便器宜采用设有大、小便分档的冲洗水箱；公共建筑的洗手盆应优先选用感应式节水龙头。

**7.2.6** 生活给水、热水、消防、生产和工艺用水、非传统水源利用系统等的水池和水箱应设溢流信号管和溢流报警装置，且其进水阀门应与溢流报警水位自动联动关闭。

**7.2.7** 集中热水供应系统的热源选用应进行技术经济比较，宜采用可供利用的废热或工业余热、太阳能、水源或空气源热泵等作为热源。

**7.2.8** 燃气或燃油锅炉、户式燃气热水器、户式电热水器、空气源热泵热水机组等性能参数均应优于现行强制性工程建设规范《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 的规定以及现行国家标准中有关能效限定值的要求。

**7.2.9** 热水系统设计应保证用水点处冷、热水供水压力平衡，热水循环系统应设置保证循环效果的有效措施。

**7.2.10** 热水箱（罐）、热水设备、阀门应选用高效保温材料。热水管道穿越墙体或楼板时，应做好密封和保温处理。

**7.2.11** 绿化灌溉水源应优先选择非传统水源，并采用节水设备和技术，宜采用智能灌溉系统。可在绿化灌溉系统中引入太阳能、风能等可再生能源，为灌溉设备提供动力。

### 7.3 排水系统

- 7.3.1 在排水系统设计时，优先考虑重力流排水。
- 7.3.2 对污水源头进行分类与减量，合理设置污水分类收集设施，可将有毒有害等特殊污水单独收集后委托有资质的专业机构处理。
- 7.3.3 室外排水管道应优先利用自然地形进行重力排水。
- 7.3.4 雨水系统应强化源头减排，并优先采用绿色雨水基础设施。
- 7.3.5 在排水设备选型时，优先选用高效节能型产品。
- 7.3.6 合理使用污水源热泵技术。

### 7.4 非传统水源

- 7.4.1 应根据建筑特点，因地制宜的统筹、综合利用非传统水源，包括市政中水、回用雨水、建筑中水、海水等，形成水资源循环利用。遵循“优水优用、劣水劣用”的原则，喷洒路面、绿化浇灌等用水优先采用非传统水源。
- 7.4.2 非传统水源的水质处理工艺应优先采用低碳、低能耗、自用水量少的处理技术工艺，并宜采用可再生能源驱动。
- 7.4.3 非传统水源利用应进行技术经济比较，可采用梯级利用和分质回用。
- 7.4.4 设有非传统水源利用系统的建筑，给水、消防水池或水箱清洗时排出的废水、溢水宜排至非传统水源系统回收利用。

## 8 电气

### 8.1 一般规定

8.1.1 建筑用能终端应优先实施电气化转型，确保终端用能碳排放强度降低至基准值以下。

8.1.2 用能终端设备应采用高效节能型号。

### 8.2 供配电系统设计

8.2.1 应根据建筑用途、规模及重要性，确定合理的供电系统结构。对公共建筑和重要建筑应设置双电源供电系统，并宜具备自动切换功能。

8.2.2 宜设置高效节能的变配电系统。建筑变配电系统设计应兼顾供电可靠性、电能质量、系统能效与智能控制能力。

8.2.3 配电系统宜采用分层分区供电方案，设置合理的低压配电干线，降低线路损耗。

8.2.4 建筑应优先采用高效变压器及低损耗电缆，配电设备选型应符合国家能效标准和绿色建筑评价标准的相关要求。

8.2.5 在具备条件的项目中，宜结合峰谷电价及负荷调节需求，设置建筑级或小区级储能系统，实现削峰填谷、错峰运行，提升电能利用效率。

8.2.6 电力系统应与可再生能源系统（如光伏、风能等）统筹设计，确保电气安全、负荷协调和能量管理集成。

8.2.7 总建筑面积超过 2000 平方米的公共建筑、政府投资建筑及绿色建筑项目应设置建筑能源管理系统（BEMS），对供配电系统运行状态、能耗数据进行实时监测与智能控制。鼓励其他建筑根据运行需求配置相应的能耗监测系统。。

8.2.8 宜充分利用建筑自身条件及周边区域条件设置多种形式光伏组件，最大程度利用太阳能资源。

8.2.9 屋顶光伏系统铺设面积不应低于屋顶总面积的 50%，有条件的建筑宜在建筑物立面设置光伏系统。

**8.2.10** 光伏发电系统与其他设备安装位置应满足建筑与结构安全、电气安全的要求，光伏发电组件应采取相应的防台风、防腐蚀、防雷、抗震、防火等技术措施。

**8.2.11** 光伏建筑一体化形式下的光伏构件设计工作年限宜与建筑相同，光伏组件宜采用可更换结构形式。

### 8.3 照明系统

**8.3.1** 室内照明数量、质量、照明功率密度限值应满足国家相关规范标准。

**8.3.2** 应选择高效节能光源和灯具，除特殊要求外，光源应选用 LED 灯。

**8.3.3** 地下车库、建筑内无外窗大开间场所，宜利用光传导系统引入自然光，满足日间照明需求。

**8.3.4** 照明控制系统设计应符合下列规定：

1 应结合建筑使用情况及天然采光情况，进行分区、分组或自动调光的照明控制；

2 走道、楼梯间、门厅、电梯厅、卫生间、停车库等公共区域的照明，应采用声光、定时、就地感应等控制；

3 大开间办公室、会议室等非公共区域应进行分区、分组控制；宜结合自然采光情况进行照度调节等智能控制；

4 大空间、多功能、多场景场所如大堂、人员聚集大厅等的照明，应采用集中控制、分组控制，宜采用智能照明控制系统进行场景控制；

5 设置电动遮阳的场所，宜采用照度控制并与遮阳装置进行联动；

6 设置光导管等自然采光装置的场所，应设置辅助照明。辅助照明宜优先采用照度调节控制；

7 道路照明光源宜采用太阳能路灯或风光互补路灯；

8 景观照明应设置平时、一般节日、重大节日等照明模式，不同模式下可分时段、分区域精细化控制；

9 户外 LED 广告屏幕宜采用光感控制，根据外部环境亮度自动调整屏幕亮度。

## 8.4 电梯设备

**8.4.1** 电梯应配备能效等级不低于三级的高效电机，优先选用永磁同步无齿轮曳引机，并采用变频调速技术或带能量反馈的 VVVF 技术。

**8.4.2** 电梯控制系统设计应符合下列规定：

1 自动扶梯与自动人行道应具备拖动及节能控制装置，并设置感应传感器控制自动扶梯与自动人行道的启停；

2 当 2 台及以上电梯集中布置时，电梯控制系统应具备按程序集中调控和群控的功能；

3 电梯无外部召唤，且电梯轿厢内一段时间无预设指令时，应具有延时自动关闭轿厢内照明和风扇的功能。

## 8.5 监测与控制

**8.5.1** 公共建筑宜设置楼宇自控系统并能根据末端用冷、用热、用水、用电等使用需求，自动调节主要供应设备和系统的运行工况。

**8.5.2** 公共建筑应设置能耗监测系统及能耗和碳排放监测平台，对建筑能耗进行监测和记录，并应符合下列规定：

1 应按用能核算单位和用能系统，以及用冷、用热、用电等不同用能形式，进行分类分项计量；

2 公共建筑设置的能耗监测系统应覆盖建筑内所用的能源种类，并应保证空调、照明、生活热水以及电梯分项能耗数据的获取；

3 应对特殊用能单位或部门进行独立计量；

4 应对关键用能设备或系统能耗进行重点计量。如制冷设备、生活给水、照明系统和电梯等；

5 应对可再生能源应用系统进行单独计量；

6 应对给排水系统进行实时全面监控和管理，并通过数据分析优化运行参数，提高设备运行效率，降低能耗。

## 9 可再生能源应用

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 热带城市建筑可用的可再生能源包括但不限于太阳能、风能、生物质能源和热泵技术提供的能源。

**9.1.2** 可再生能源设计方案策划，应进行需求核算和潜力分析。

**9.1.3** 可再生能源设计、施工应与建筑的设计、建设一体化进行。

**9.1.4** 建筑所在区域使用可再生能源，区域范围包括建筑本身的物理边界范围内，经过批准，可再生能源所涉及的区域可以包括建筑业主所涉及的行政管理范围。

### 9.2 太阳能系统

**9.2.1** 太阳能光伏发电系统设计应符合下列规定：

- 1 太阳能光伏发电系统应有专项设计并作为设计文件的组成部分；
- 2 光伏方阵的布置应结合太阳辐照度、风速、雨水等气候条件及建筑朝向、屋顶结构等因素进行设计，经技术经济比较后确定方位角、倾角和阵列间距。在沿海地区，应特别考虑防风措施；
- 3 太阳能光伏发电系统输配电和控制缆线应与其他管线统筹安排、合理布置，满足安装维护的要求。在雨水较多的地区，应做好缆线的防水处理，防止因进水导致短路等故障；
- 4 太阳能光伏发电系统优先采用“自发自用、余电上网”方式并网运行，同时输配电系统应具有相应的并网保护功能，并安装必要的计量装置。

**9.2.2** 光伏构件直接构成建筑围护结构时，应与建筑周围环境相协调，应满足所在部位的结构安全和建筑围护功能的要求。太阳能光伏发电系统在屋面的布局不应影响建筑消防疏散及消防设施的安全运行。光伏构件的安装应采用耐腐蚀材料并进行表面防腐处理。

**9.2.3** 建筑集成太阳能光伏发电系统宜充分利用建筑及周边区域自身条件设置多种形式光伏组件，最大程度利用太阳能资源。屋顶光伏发电系统安装倾角不宜超过 30°。建筑立面安装太阳能光伏发电系统宜优先布置于东、西朝向且兼顾构造

安全、用电安全及美观性。

**9.2.4** 太阳能光伏发电系统光电转换效率应符合设计文件的规定，当设计文件无明确规定时应符合表 9.2.4 的规定。光伏发电系统采用彩色光伏组件时，系统光电转换效率应不低于低设计值的 85%。

**表 9.2.4 不同类型太阳能光电系统光电转换效率 $\eta_d$  (%)**

晶体硅系统	薄膜系统
$\eta_d \geq 14$	$\eta_d \geq 11$

**9.2.5** 光伏建筑一体化形式下的光伏构件设计工作年限宜与建筑使用年限相同，光伏组件宜采用可更换结构形式。

**9.2.6** 室外停车场宜结合可再生能源系统，设置储电、蓄热、充放一体的电动汽车充电桩等储能装置。

**9.2.7** 太阳能集热器的设置应避免受自身或建筑本体的遮挡，满足不少于 4h 日照时数的要求使用。

**9.2.8** 太阳能热水系统的选择可遵循下列原则：

1 公共建筑、公寓及有特殊使用要求的住宅宜采用集中集热、集中供热的太阳能水系统；

2 普通住宅宜采用集中集热、分散供热的太阳能水系统或局部热水供应系统；

3 小区设太阳能集中热水系统时，太阳能集热系统宜按分栋建筑设置，当需合建系统时，宜控制集热器阵列总出口至集热水箱的距离不大于 300m。

**9.2.9** 宿舍、公寓、医院住院部和酒店等设有太阳能热水系统的建筑，应实施集中热水管理。对于酒店建筑，集中热水管理应具备根据客房入住率自动调节热水供应量的功能，以节约能源。

**9.2.10** 太阳能集热系统效率和太阳能热水系统的太阳能保证率应符合下列规定：

1 太阳能集热系统效率不应低于 42%；

2 太阳能热水系统太阳能保证率不应低于 50%。

### 9.3 地热能系统

9.3.1 浅层地源热泵系统方案设计前，应对项目场地进行场地调研，完成土壤的冷热响应实验。

9.3.2 中深层地热资源的利用应获得地矿管理部门委托的专业机构获得专项勘察报告。

9.3.3 地源热泵系统设计应进行全年动态冷热负荷、系统释热量与吸热量计算分析，合理确定地热能交换系统，并宜采用与其他冷热源联合运行的方式。

9.3.4 地源热泵机组的能效不应低于现行国家标准《水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级》GB30721 规定的节能评价价值。

### 9.4 空气源热泵系统

9.4.1 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与规定条件下，其性能系数（COP）应符合表 9.4.1 的规定。

表 9.4.1 热泵热水机性能参数(COP)(W/W)

制热量 H (kW)	热水机形式		性能参数(COP)
H ≥ 10	一次加热式		4.40
	循环加热	不提供水泵	4.40
		提供水泵	4.30

### 9.5 风能发电系统

9.5.1 在风环境评估适宜区域，可采用建筑一体化风力发电装置及风光互补道路照明系统，并将风能利用技术纳入区域能源规划与建筑项目能源专项设计。

## 10 施工与运行

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 施工组织设计应包括建筑节能工程的施工内容，建筑节能工程施工前，施工单位应编制建筑节能工程专项施工方案。施工单位应对从事建筑节能工程施工作业的人员进行技术交底和必要的实际操作培训。

**10.1.2** 建筑低碳节能工程采用的新技术、新工艺、新材料、新设备，应按照有关规定进行评审、鉴定。施工前应对采用的新施工工艺进行评价，并制定专项施工方案。

**10.1.3** 建筑设备系统和可再生能源系统工程施工完成后，应进行系统调试，调试完成后，应进行设备系统节能性能检验并出具报告。受季节影响未进行的节能性能检验项目，应在保修期内补做。

**10.1.4** 建筑设备系统应在投入运行一年内完成系统的调适。

**10.1.5** 应采取全生命期的管理理念实施运营管理，建筑运行管理单位宜在设计阶段开始介入项目的技术规划，应全程参与项目的调试、验收、交付，并应编制相应运行管理手册。

### 10.2 施工

**10.2.1** 外墙保温施工应符合下列要求：

1 外墙保温施工应在外门窗和基层墙体上的预埋件安装完成并验收合格后进行；

2 外墙保温层须保证保温的连续性，应粘贴平整且无缝隙。外墙保温为单层保温时，宜将保温板加工成直角阶梯状防水构造采用压扣方式连接；当采用双层错缝粘贴体系时，内层保温板宜采用点框粘贴，外层保温板采用满粘法；采用岩棉带薄抹灰外保温系统时，岩棉带的宽度不宜小于 200mm；

3 保温层应采用断热桥锚栓固定，断热桥锚栓安装应至少在保温板粘贴 24h 后进行；安装锚固件时，应先向预打孔洞中注入聚氨酯发泡剂，再立即安装锚固件；

4 防火隔离带与其他保温材料应搭接严密或采用错缝粘贴，避免出现较大缝隙；如缝隙较大，应采用发泡材料严密封堵；岩棉防火隔离带应全部采用满粘法；

5 装配式夹心外墙板竖缝、横缝应做断热桥处理。

#### 10.2.2 围护结构气密性处理应符合下列规定：

1 气密性材料的材质应根据粘贴位置基层的材质和是否需要抹灰覆盖气密性材料进行选择；

2 建筑结构缝隙应进行封堵；

3 围护结构不同材料交界处、穿墙和出屋面管线、套管等空气渗漏部位应进行气密性处理；

4 气密性施工应在热桥处理之后进行；

5 对装配式剪力墙结构预制实心外墙板内叶板，竖缝宜采用现浇混凝土密封方式，横缝应采用高强度灌浆料密封；

6 装配式框架结构外墙板内叶板竖缝和横缝均宜采用柔性保温材料封堵，并应在室内侧进行气密性处理；

7 外叶板竖缝和横缝处夹心保温层表面宜先设置防水透汽材料，再从板缝口填充直径略大于缝宽的通长聚乙烯棒。板缝口宜灌注耐候硅酮密封胶进行封堵；

8 装配式夹心外墙板与结构柱、梁之间的竖缝和横缝应在室内侧设置防水隔汽层，再进行抹灰等处理。

10.2.3 设置外遮阳构件时，应在外窗安装已完成、外保温尚未施工时确定外遮阳的固定位置，并安装联结件。联结件与基层墙体之间应进行阻断热桥的处理。

10.2.4 通风与空调整能工程中的送、排风系统，空调风系统，空调水系统的安装应符合下列规定：

1 各系统的安装制式应符合设计要求；

2 各种设备、自控阀门与仪表应按设计要求安装齐全，不得随意增减和更换；

3 水系统各分支管路水力平衡装置、温控装置与仪表的安装位置、方向应符合设计要求，并便于观察、操作和调试；

4 空调系统应能实现设计要求的分室（区）温度调控功能。对设计要求分栋、分区或分户（室）冷、热计量的建筑物空调系统应能实现相应的计量功能。

10.2.5 机电系统施工应符合下列规定：

- 1 机电系统安装应避免产生热桥和破坏围护结构气密层；
- 2 对风系统所有敞开部位均应做防尘保护；
- 3 机组安装及管道施工过程中应作消声隔振处理。

**10.2.6** 太阳能系统的施工安装不得破坏建筑物的结构、屋面、地面防水层和附属设施，不得削弱建筑物在寿命期内承受荷载的能力。

### 10.3 运行与管理

**10.3.1** 建筑的运行与管理应建立低碳节能管理制度及设备系统节能运行操作规程。

**10.3.2** 运行与管理应在保证运行安全和满足室内环境设计参数的前提下，选择最利于建筑节能的运行方案，并应符合下列要求：

- 1 立足建筑设计，针对建筑在围护结构与材料、空调、给水排水、电气、可再生能源等方面的特点进行运行、维护和管理；
- 2 根据室外气象参数和建筑实际使用情况做出动态运行策略调整。

**10.3.3** 建筑运行时应充分利用建筑的气候响应设计措施，在运行中利用自然条件改善室内环境，降低能源消耗：

- 1 当室外温度处于舒适区域，且空气质量较好时，应开窗通风，充分利用自然通风；
- 2 对于室内天然采光良好的区域，应加强照明控制系统的管理，充分利用自然光，减少照明的开启。

**10.3.4** 公共建筑应每 2 年进行一次能源审计，应根据能源审计的结果，对建筑围护结构隔热系统等关键部位进行维护和检验；对围护结构热工性能进行检验，对于热工性能减退明显的部位应及时进行整改。

**10.3.5** 建筑使用过程中，应根据建筑的能耗数据、建筑的使用情况记录和气象数据，调整运行策略或使用方式。必要时，应对建筑用能系统进行再调适。

**10.3.6** 办公、商场、酒店、展演、交通枢纽等功能公共建筑，建筑运行期间的人员服务量数据直接入建筑能耗监测平台。

**10.3.7** 宜设置室内环境质量监测系统，对建筑室内环境关键参数宜分层、分朝向、分类型进行监测和记录。

**10.3.8** 公共建筑运行期间室内设定温度，不得超过设计值 2℃，对作息时间固定的建筑，在非使用时间内应降低空调运行温湿度和新风控制标准或停止运行空调系统。

**10.3.9** 建筑构件的维护和保养应满足以下要求：

- 1 应对建筑围护结构隔热系统等关键部位进行定期维护和保养，如发现故障，应及时进行维修；
- 2 应定期对太阳能光热、光伏组件表面进行清洁，保障太阳能的使用效果；
- 3 应定期检查太阳能光热、光伏系统支架，保障系统在台风天气下的安全性。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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：

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：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

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

- 《声环境质量标准》 GB 3096
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 GB 12523
- 《玻璃幕墙光热性能》 GB/T 18091
- 《民用建筑设计统一标准》 GB 50352
- 《海南省建筑工程防水技术标准》 DBJ 46-048
- 《建筑采光设计标准》 GB 50033
- 《建筑抗震鉴定标准》 GB 50023
- 《建筑抗震加固技术规程》 JGJ 116
- 《建筑玻璃应用技术规程》 JGJ 113
- 《海南省建筑钢结构防腐技术标准》 DBJ 46-057
- 《电能质量监测设备通用要求》 GB/T 19862
- 《安全标志及其使用导则》 GB 2894
- 《电能量计量系统设计技术规程》 DL/T 5202
- 《地面用薄膜光伏组件设计鉴定和定型》 GB/T 18911
- 《建筑用太阳能光伏夹层玻璃》 GB 29551
- 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
- 《低压配电设计规范》 GB 50054
- 《民用建筑电气设计标准》 GB 51348
- 《采光顶与金属屋面技术规程》 JGJ 255
- 《建筑遮阳通用技术要求》 JG/T 274
- 《建筑光伏系统应用技术标准》 GB/T 51368
- 《建筑装饰装修工程质量验收标准》 GB 50210
- 《建筑幕墙》 GB/T 21086
- 《玻璃幕墙工程技术规范》 JGJ 102
- 《金属与石材幕墙工程技术规范》 JGJ 133

中国建筑节能协会团体标准

热带城市建筑低碳节能技术应用指南

T/CABEE XXX-20XX

条文说明

## 编制说明

《XXX》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。

(第二段为标准内容介绍.....)

为了便于.....在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《XXX》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,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

<b>3</b>	<b>基本规定</b> .....	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>建筑规划与设计</b> .....	<b>41</b>
4.1	一般规定 .....	41
4.3	建筑设计 .....	41
<b>5</b>	<b>围护结构与材料</b> .....	<b>43</b>
5.1	一般规定 .....	43
5.2	高性能围护结构 .....	43
5.3	材料 .....	47
5.4	建筑气密性 .....	48
<b>6</b>	<b>空调</b> .....	<b>50</b>
6.1	一般规定 .....	50
6.2	空调 .....	51
6.3	空调冷源 .....	51
6.4	空调管网 .....	53
<b>7</b>	<b>给水排水</b> .....	<b>54</b>
7.1	一般规定 .....	54
7.2	给水、热水系统 .....	56
7.3	排水系统 .....	58
7.4	非传统水源 .....	59
<b>8</b>	<b>电气</b> .....	<b>62</b>
8.1	一般规定 .....	62
8.2	供配电系统设计 .....	62
8.3	照明系统 .....	63
8.4	电梯设备 .....	64
8.5	监测与控制 .....	64
<b>9</b>	<b>可再生能源应用</b> .....	<b>66</b>
9.1	一般规定 .....	66
9.2	太阳能系统 .....	66

9.3 地热能系统.....	68
9.4 空气源热泵系统.....	69
9.5 风能发电系统.....	69
<b>10 施工与运行.....</b>	<b>71</b>
10.1 一般规定.....	71
10.3 运行与管理.....	71

### 3 基本规定

**3.0.1** 宜结合夏季的主导风向，在内部空间隔断设计时应减少空气流通的阻挡墙体，提高自然通风能力；同时，以室内环境、能耗和碳排放指标为约束目标，采用性能化设计方法合理确定技术策略，优先采用遮阳、自然通风、天然采光、围护结构隔热等被动式措施降低建筑供冷空调需求，并结合设备能效提升和可再生能源利用，实现建筑能耗的大幅度降低。

## 4 建筑规划与设计

### 4.1 一般规定

**4.1.3** 热带城市建筑低碳技术应用方案策划以定量分析及优化为核心，应进行建筑和设备的关键参数对建筑负荷及能耗的敏感性分析，并在敏感性分析基础上，结合建筑全寿命期的经济效益分析，进行技术措施和性能参数的优化选取。

**4.1.5** 《城市居住区热环境设计标准》JGJ 286 中详细介绍了城市居住区中有关建筑布局、平均迎风面积比、通风、遮阳、渗透蒸发、绿地与绿化等指标的设计建议，可有效提升居住区热环境，防止住区过热。

### 4.3 建筑设计

**4.3.1** 合理的遮阳措施是改善室内环境、降低空调能耗、提高节能效果的有效途径。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021 第 3.1.15：夏热冬暖地区居住建筑的东、西向外窗的建筑遮阳系数不应大于 0.8；夏热冬暖地区甲类公共建筑南、东、西向外窗和透光幕墙应采取遮阳措施。

**4.3.2** 热环境分区设计通过优化空间布局与围护结构性能，实现“被动优先、主动优化”的低碳目标。

**4.3.3** 热带地区湿度大，自然通风可有效降低室内湿度，减少空调使用时间。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021 第 3.1.14 居住建筑外窗通风开口不应小于房间面积的 10%或外窗面积的 45%；公共建筑主要功能房间的外窗（包括透光幕墙）应设置可开启窗扇或通风换气装置。

**4.3.4** 平屋面通过架空层或覆土种植降低热传导，坡屋面结合光伏板倾斜角度优化发电效率，同时减少太阳辐射吸收。

**4.3.5** 通过天然采光设计与技术创新，热带城市建筑可大幅降低照明能耗，提升空间健康性与舒适度。

**4.3.6** 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021 第 3.1.4 夏热冬暖地区居住建筑窗墙面积比南北向应不大于 0.4，东西向应不大于 0.3。其中每套

住宅应允许一个房间在一个朝向上的窗墙面积比不大于 0.6。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021 第 3.1.18 居住建筑的主要使用房间（卧室、书房、起居室等）的房间窗地面积比不应小于 1/7。

**4.3.9** 在建筑设计中应系统整合立体绿化技术，通过屋顶花园、垂直绿墙、生态廊道等多维绿化手段，同步提升城市碳汇容量与降温效能。优先选用热带适生且具有高固碳效率的植物品种（如乔木类的榕属、棕榈科植物，灌木类的九里香、龙船花等），构建乔-灌-草复合群落结构，通过多层次植被配置增强单位面积的碳封存能力。

**4.3.10** 简约造型设计是热带城市建筑实现低碳目标的核心策略之一，通过减少冗余装饰、优化材料用量、协同被动式节能技术，可显著降低隐含碳排放与运营能耗。

**4.3.11** 计算机模拟技术是热带建筑低碳节能设计的重要支撑工具，通过量化分析与多目标优化，可系统性解决遮阳、通风与采光矛盾，确保设计成果符合《海南省“十四五”节能减排综合工作方案》中“城镇新建建筑 100%绿色化”的目标要求。

## 5 围护结构与材料

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 热带地区气候特征为高温、高湿、强太阳辐射，围护结构的设计应优先考虑隔热和遮阳性能，其热工性能应满足一定的要求，确保建筑能够有效减少太阳辐射得热，同时保持良好的自然通风和采光条件。

**5.1.2** 材料的选择应考虑其导热系数、反射率、抗风、抗盐雾侵蚀性等性能，确保其在热带气候条件下的长期性和节能效果。考虑材料的全生命周期碳排放，选用绿色低碳建材，优先选用本地化生产产品以减少运输能耗。

**5.1.3** 根据本课题组在华南地区的实测研究（广州无限极广场），喷雾技术可有效降低围护结构表面温度（表面可降低 15~25℃，室内温度可降低 2~3℃），雾层对太阳辐射有阻碍作用，可有效减少透过屋面进入室内的热量进而降低屋面冷负荷，节约空调能耗。屋面喷雾技术的回收期 3~5 年，经济效益较好。

### 5.2 高性能围护结构

**5.2.1** 外围护结构热工性能的优劣，可决定建筑整体的节能效果。非透光围护结构（外墙、屋面）的热工性能主要以传热系数来衡量，平均传热系数为包括主体部位和周边热桥（构造柱、圈梁以及楼板伸入外墙部分等）部位在内的传热系数平均值。热带城市公共建筑和居住建筑的外墙及屋面平均传热系数指标应分别符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 中夏热冬暖地区公共建筑围护结构热工性能限值和夏热冬暖地区居住建筑围护结构热工性能限值的要求。

**5.2.2** 通风隔热外墙利用热压和风压的综合作用，使间层空气流通，带走墙体外表吸收的热量，从而达到建筑隔热和制冷目的。

可在建筑外墙上设置遮阳构件，构件宜呈百叶或网格状，或在遮阳板和墙面之间留有空隙，可避免遮阳装置对自然通风造成阻碍。百叶状遮阳板可以在遮阳的同时，不妨碍通风，其热工性能可优于实体遮阳板。遮阳构件应考虑热带地区高湿防腐要求与防风荷载要求。

在满足防风荷载要求的前提下，鼓励采用垂直绿化系统，结合植物遮阳与蒸发冷却效应降低冷负荷。

钢结构等轻型外墙体系宜设置空气间层，并与建筑外窗通风口连通形成对流风道，减少墙体向内传热，从而起到隔热作用。

**5.2.3** 在结构设计允许的条件下，屋面可采用砖砌支架支撑细石混凝土板来设置架空层，遮挡太阳直射辐射的同时利用架空层通风带走太阳辐射得热。

由于热带城市湿度较大且雨水充沛，屋面建议多采用绿化屋面、含水多孔材料面层、蓄水屋面等隔热措施，来遮挡甚至隔绝太阳辐射，降低屋面热流强度和屋面得热，增大屋面的热阻，最终减少屋面的传热。当采用这些做法时，需要同时确保结构安全和加强屋面的防水构造做法。

**5.2.4** 为了不影响室内空间的采光和自然通风，同时减少空调运行时间，所以要求屋顶透光部分采用活动遮阳，便于在环境变化时可以对遮阳系统做灵活调控。通常采用外遮阳板、外遮阳帘、内遮阳天篷帘或者中空玻璃中置遮阳百叶等方式，宜采用电动操作方式，经济条件允许时可采用智能化系统进行自动控制。

**5.2.5** 建筑外门窗系统的保温隔热性能是影响热带城市建筑节能设计的关键。影响外窗节能性能的主要因素有外窗太阳得热系数、遮阳系数、玻璃层数、Low-E膜的层数和位置（采用 Low-E 玻璃时，要达到较低的太阳得热系数，膜层宜位于最外片玻璃的内侧）、中空玻璃的填充气体、边部密封、型材材质、型材截面设计等。

热带城市建筑的外门窗，其门窗型材宜采用隔热和力学性能优良的铝塑共挤、铝木复合、断热铝合金等复合型材；门窗幕墙的玻璃应采用镀膜玻璃（包括镀热反射膜、Low-E 膜等）、贴膜玻璃（包括贴热反射膜、Low-E 膜等）、涂膜玻璃等遮阳型的玻璃系统，或采用由上述玻璃品种组合的中空玻璃。玻璃外窗应选用较低的太阳得热系数（SHGC 值）和自遮阳系数（Sc 值）。

**5.2.6** 根据热带城市的气候特点，应重点对透光围护结构的得热进行控制，外门窗、屋面天窗等应以尽量减少夏季辐射得热，降低冷负荷为主。对于公共建筑，外窗玻璃的太阳得热系数 SHGC 值应尽量取低值，结合外遮阳，降低综合太阳得热系数，平均传热系数（K）和太阳得热系数（SHGC 值）应符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 中夏热冬暖地区公共建筑外窗（包括透光幕墙）热工性能限值的要求；对于居住建筑，为了有效降低外窗的综合遮阳系数，外窗玻璃应选用合理的太阳得热系数，结合外窗自遮阳和外遮阳，降低综合

遮阳系数，平均传热系数（K）和太阳得热系数（SHGC 值）应符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 中夏热冬暖地区居住建筑透光围护结构热工性能参数限值的要求。

**5.2.7** 在建筑节能设计中，窗墙面积比是影响建筑能耗的重要因素之一。外窗和屋面透光部分的传热和得热远大于外墙，窗墙面积比越大，外窗在外墙面上的面积比例越高，就有越多的太阳辐射热透过玻璃进入室内，越不利于建筑节能。建筑不同朝向的窗墙面积比对于建筑节能的影响也有不同，根据热带地区的气候特点，东西向的影响会更大。一般来说，出于减少外窗传热得热的考虑，应控制建筑东、西朝向的窗墙面积比，避免大面积开窗。参考《海南省住宅建筑节能和绿色设计标准》DBJ 46-039-2016 中 5.1.3 条要求，住宅建筑各朝向的单一朝向窗墙比，南、北向不应大于 0.4；东、西向不应大于 0.3。

然而公共建筑一般室内人员密度比较大，建筑室内空气流动，特别是自然、新鲜空气的流动，是保证建筑室内空气质量符合有关标准的关键。在春、秋季节和冬、夏季节的某些时段普遍有开窗加强房间通风的习惯，这也是节能和提高室内热舒适性的重要手段。外窗的可开启面积过小或使外窗完全封闭，会严重影响建筑室内的自然通风效果，不利于室内空气流通和散热，不利于节能，也不符合室内热舒适和空气品质的要求。因此公共建筑应综合考虑减少外窗传热得热和加强自然通风的要求，保证一定的外窗可开启面积，可以减少房间空调设备的运行时间，节约能源，提高舒适性。

**5.2.8** 建筑遮阳是热带城市解决隔热和降低能耗的一种高效、经济的措施，对防止室内温度上升有明显作用，并对均衡室内温度具有一定作用。

根据不同的分类方法，遮阳分为很多类型。按所处位置可分为外遮阳、内遮阳、自遮阳；按可调节性分为固定遮阳和活动遮阳；按所用材料可分为混凝土板遮阳、金属板遮阳、织物遮阳、玻璃遮阳和植物遮阳等；按布置形式可分为水平遮阳、垂直遮阳、综合遮阳和挡板遮阳等。

外遮阳即能避免太阳光直接照射，同时又可以反射和吸收热量，其性能远优于内遮阳。固定外遮阳可能会与采光、自然通风、视野等方面产生矛盾，所以应对建筑物进行日照分析，平衡各方要求，确定遮阳的位置、材料、形式以及构件尺寸。活动外遮阳可根据太阳高度角和室外天气情况自动调节，也可按照个人喜

好自由控制遮阳系统，灵活实用。

由于热带城市接近赤道，早晚阳光入射角度低，正午太阳高度角大，各朝向遮阳形式宜采取：东向、西向为垂直遮阳或活动挡板遮阳；南向、北向为水平遮阳或综合式遮阳。宜采用外遮阳体系以实现最优隔热，结合可调节设计如格栅或百叶帘，以应对雨季或旱季光照变化。也可利用自身凹凸形态或功能性构件形成自遮阳。注意需通过日照模拟确定遮阳构件尺寸，平衡采光与通风需求。

**5.2.9** 由于围护结构中的钢筋砼构件，如：窗过梁（窗台板）、圈梁、构造柱、框架柱、剪力墙、框架梁、悬挑构件等；外墙上固定导轨、龙骨、支架、轻钢雨棚、外挑装饰构件、穿墙管道等；女儿墙、土建风道、穿屋面管道、落水管等；外窗分隔窗框、外门窗框与基层墙体连接处等部位的传热系数远大于主体部位（一般为轻集料砌块墙体）的传热系数，易形成热流密集的通道，亦即所谓的热桥。

建筑中的热桥大大影响建筑节能，因此建议对这些热桥部位采取保温、隔热处理，减少围护结构热桥部位的传热损失。

无热桥设计是指对围护结构中潜在的热桥构造进行加强保温、隔热以降低热流通量的设计，可遵循以下规则：

- 1 避让规则：尽可能不破坏或穿透外围护结构；
- 2 击穿规则：当管线需要穿过外围护结构时，尽量保证穿透处保温连续、密实无空洞；
- 3 连接规则：在建筑部件连接处，保温层宜连续无间隙；
- 4 几何规则：避免几何结构的变化，减少散热面积。

建筑外墙保温层宜连续完整，围护结构表面若有满挂钢丝网的抗裂、防脱落构造、预埋件构造或围护结构外保温系统有连接锚栓等的，宜采取阻断热桥措施。比如：采用断热桥锚栓，该锚栓的有效锚固深度宜 $\geq 35\text{mm}$ ，塑料圆盘直径宜 $\geq 60\text{mm}$ 。因为建筑外围护结构上的锚栓、预埋铁件、金属钉等相对保温层来说，其导热能力大大增加，热桥效应明显。

当管线、管道必须穿透外围护结构时，宜在穿透处预埋厚度 $\geq 50\text{mm}$ 的不燃保温套管或留有条件以便采用不燃保温材料将缝隙填塞密实，填塞厚度 $\geq 50\text{mm}$ 。因为建筑外围护结构上的管线管道穿透是外围护结构的一个热工薄弱环节，容易造成较大的热桥效应和较差的气密性结果，预埋穿透套管及缝隙填塞密实的不燃

保温材料是有效的措施。

外窗宜尽量减少分隔窗框；外门窗与基层墙体的连接件宜采用阻断热桥的处理方式。

**5.2.10** 传统遮阳形式结构材料单一，性能不可调，智能控制匮乏。而学界广泛研究的建筑外遮阳技术与玻璃本体节能技术存在成本高昂、安全耐久性差，难以进行产业化推广的缺点。

保温遮阳独立控制技术是以内置或内侧遮阳薄膜升降调节的方式，控制薄膜与玻璃之间成的封闭空腔，从而实现透明围护结构保温与遮阳性能的动态调节。在晴天时，可以控制薄膜全关，使得透光围护结构 SHGC 最低降至 0.08，传热系数 K 值降至 0.3W/m<sup>2</sup>；夜晚时，可控制薄膜全开使得 K 值升至 1.65W/m<sup>2</sup>，有助于降温。此外，我们还开发了带有约束指标的智能控制系统，自动调节透明薄膜帘的升降状态，优化室内光热环境，降低建筑总能耗和眩光指数。经动态能耗分析，本产品在我国各热工分区最高节能率达 29.8%。并支持接入智能家居，进一步增强调控便利性。

### 5.3 材料

**5.3.1** 可再利用材料是指在不改变所回收物质形态的前提下，可以进行材料的直接再利用，或经过再组合、再修复后再利用的材料（包括料石、管道、预制混凝土板、木材、钢材、部分装饰材料等）。

可再循环材料是指对无法进行再利用的材料，通过改变物质形态生成另一种材料，即可实现多次循环利用的材料（包括钢、铸铁、铜、铜合金、铝、铝合金、不锈钢、玻璃、塑料、石膏制品、木材、橡胶等）。在保证安全的情况下，使用可再利用材料和可再循环利用材料，可以减少生产加工新材料带来的资源、能源消耗和环境污染，具有良好的经济、社会和环境效益。

**5.3.2** 与现场搅拌混凝土相比，预拌混凝土产品性能稳定，易于保证工程质量，且采用预拌混凝土能够减少施工现场噪声和粉尘污染，节约能源、资源，减少材料损耗。

**5.3.3** 采用高强混凝土可以减小构件截面尺寸和混凝土用量，增加使用空间。普通楼板及层数较低的结构可采用普通混凝土。采用高强钢材可减轻结构自重，

减少材料用量。

**5.3.4** 热带城市建筑围护结构隔热要求比较高，而外墙以增加保温层厚度的办法来达到目标，可能带来耐久性和安全性（比如外墙的脱落或保温材料燃烧）以及影响建筑面积计算等等一系列问题。所以，应优先采用高质量、高性能保温材料，尽量减小保温层厚度。外墙保温隔热可根据项目实际情况采用外保温隔热、自保温隔热或内保温系统。外墙保温材料可采用保温砂浆、挤塑板、岩棉板等多种材料。

屋面保温材料选择时，除满足更高保温性能外，还应具备较低的吸水率和吸湿率以及较好的抗压性能，以满足上人屋面的荷载要求。屋面保温宜设置40mm~65mm的挤塑聚苯板，或者增加其他保温材料，推荐采用固物化能耗的材料，如加草黏土、纤维素、玻璃和矿物棉。可在屋面防水层上敷设隔热材料（例如现场喷涂聚氨酯硬泡体），增强屋面隔热性能。

**5.3.5** 外墙和屋面的外表面应采用浅色饰面或热反射涂料，也就是说，面层选用较低的太阳辐射吸收系数材料，可反射较多的辐射热，降低室内的太阳辐射得热量和围护结构的内表面温度。

**5.3.6** 间歇使用空调的房间，采用轻质内装材料，可以减少室内热惰性，使得房间能够尽快达到所需温度，不仅节能，还能提高室内的舒适度。在春夏之交的潮湿天气，可缓解室内结露现象。

## 5.4 建筑气密性

**5.4.1** 建筑气密性对建筑能耗产生较大影响，因此气密性保障应贯穿整个施工过程。外围护结构墙体剪力墙对拉螺栓孔应严格封堵，填充墙气密性抹灰应采用高性能湿拌抹灰砂浆或干混抹灰砂浆，施工工艺应达到气密性要求。

**5.4.2** 在风压和热压的作用下，气密性是保证建筑外窗保温、隔湿性能稳定的重要控制性指标。热带城市一般气候炎热潮湿，雨量充沛，多热带风暴和台风袭击，要求外窗及阳台门具有良好的气密性能，一方面保证在开空调制冷时室外热空气不要过多地渗漏到室内，另一方面也是保证建筑使用安全。门窗应采用气密性能良好的材料，并采取相应的气密性措施，如密封条、密封胶等。门窗洞口应进行密封处理，避免出现缝隙和孔洞。

热带城市公共建筑和居住建筑的外门、外窗的气密性分级应分别符合《公共建筑节能设计标准》GB 50189 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75 中的相应要求。

**5.4.3** 围护结构洞口、电线盒和管线贯穿处等部位不仅仅是容易产生热桥的部位，同时也是容易产生空气渗透的部位，其气密性的节点设计应配合产品和安装方式进行设计和施工。穿墙管线可采用套管、密封胶等材料进行密封处理。穿透气密层的电力管线等宜采用预埋穿线管等方式，不应采用桥架敷设方式。

**5.4.4** 热带城市气候炎热潮湿，提高围护结构气密性可有效降低潮湿空气侵入，降低夏季空调能耗，防止出现墙面结露现象，因此应对围护结构交界处以及排风等设备与围护结构交界处进行密封节点设计。

**5.4.5** 装配式建筑预制构件间的接缝（水平缝、垂直缝、现浇节点连接缝）及构件预留孔洞是气密性薄弱环节，易导致空气渗透、增加空调能耗及潮湿空气侵入。设计应明确气密层连续性和接缝、孔洞的密封节点详图。接缝应选用耐候性好、弹性恢复率高的专用密封胶进行可靠密封，必要时采用多重密封措施。预留孔洞须在功能完成后及时使用相容、粘结性强的专用材料严密封堵。施工须严格按设计及产品要求操作，确保密封饱满、封堵密实，并进行质量检查。

## 6 空 调

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 研究表明，热带城市人群对所在气候区的环境适应性存在常居人群和临居人群的显著区别，从理论上分析，这一现象可以追述到人群的热习服。编制组针对海南省的人群发布以及由于热习服形成对建筑室内热工环境的适应性开展研究，发现常居人群和临居人群对建筑室内热舒适的需求存在明显差异。因此，结合常居人群和临居人群的差异化需求，按不同的人群分别进行空调系统的设计，既能满足热舒适需求，也是节能减排的有效措施。

**6.1.5** 根据 6.1.1 对热带城市人群按常居人群和临居人群的划分以及热舒适需求的差异，这一现象为热带城市建筑按照空间和时间的空调系统建设与运行奠定了基础。即追求减少空调服务面积、减少空调运行时间的节能减排措施有了进一步的空间。

**6.1.6** 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 规定了我国民用建筑室内空气热工参数的设计值，未来将发布相关的全文强制的通用设计规范。结合上述国家规范以及课题组针对热带城市的专题研究，按照长居人群和临居人群划分，形成了本条款的热带城市专门的建筑室内空气热工参数设计值。

**6.1.7** 根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 有关我国民用建筑室内空气热工参数的设计值，兼顾未来将发布相关的全文强制的通用设计规范，结合课题组针对热带城市的专题研究，确定了本条款的热带城市专门的建筑新风量设计值。

**6.1.8** 空调系统的风系统和水系统具有与管网相匹配的阻力特性并形成特有的管网阻力特性曲线，管网阻力特性曲线与泵或者风机的性能曲线的交点，是管网的工作点。在管网布局和设计时，应结合泵或者风机的性能曲线确定工作点。所确定的工作点应确保管网在设计工况、部分负荷运行工况及其他条件下均使泵或者风机工作在高效区。

**6.1.9** 采用水对空气直接处理，水质直接影响空气的品质，因此要求其水质达到饮用水的标准。

**6.1.10** 公共建筑能耗监测是建筑节能减排的主要数据来源，国家有强制性要求，

空调系统能耗是建筑能耗的主要组成,应该进行有效监测并保留一定时间内的数据。条件允许时,对居住建筑的主要能耗宜进行监测。

## 6.2 空调

**6.2.1** 根据 6.1.1 和 6.1.6 的要求,在空调设计时应应对建筑空间的主要使用者,按照长居和临居进行分类并按照长居和临居人群的热舒适需求进行室内空气热工参数的设置和空调负荷的计算。

**6.2.2** 按照功能、空调负荷、空调使用时间等特征进行分区,以特征一致或较为一致的空间划为一个区域进行设计和运行,有利于空调系统统一的启动停运管理。

**6.2.3** 热带城市特有的环境条件和长居人群与临居人群对热舒适需求的差异要求,为热带城市建筑自然通风技术应用建立的特有的基础。在保障人体热舒适需求的前提下,最大限度的利用自然通风,实现节能减排。

**6.2.4** 风扇是一种低能耗的强化人体与环境对流换热的方法。根据热带城市长居人群与临居人群对热舒适需求的差异要求,宜更多的采用风扇或风扇+空调的形式实现建筑室内环境的营造。

**6.2.6** 辐射供冷末端是一种既节能又能够提升舒适度的方式,但由于表面结露问题导致这种空调末端的应用受到制约,在热带城市建筑中,这一问题尤为突出。因此当采用辐射供冷末端时应严格控制末端表面空气温度高于空气的露点温度。

**6.2.7** 除满足 6.1.7 条规定外,空调的新风量也是决定建筑内部空气流向的主要因素之一,包括决定了房间空气压力分布,因此,在确定空调系统新风量时,除要求满足人员对新风量要求外,还应保障各空调区域的空气压力分布要求。这一要求对于医院建筑而言,尤为重要。

## 6.3 空调冷源

**6.3.1** 空调冷源耗能是建筑空调系统能耗的主要组成之一,鼓励采用天然冷源,如地道风、水井水等,可以在一定时间段内解决空调用冷,实现空调节能与减排。另外,建筑周围有富裕的工业冷源冷量,如冷库等,条件允许时可以加以利用。

**6.3.2** 空调冷源的能源使用效率是建筑空调系统能耗和碳排放的主要来源之一。

热带城市建筑的室内环境营造能耗主要是空调能耗，根据热带城市的特点，本条款提出了空调冷源设计时所应该遵循的原则和相关的主要的标准规范。其中，在热带城市建筑空调系统冷源设计选型时有一下特别要求。

1 冷水机组的性能系数（COP）及综合部分负荷性能系数（IPLV）应达到现行《冷水机组能效限定值及能效等级》GB 19577 中的二级及以上能效要求；

2 空气源热泵低环境温度名义工况下的综合部分负荷性能系数 IPLV(H)应达到现行国家标准《低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值及能效等级》GB37480 中的一级能效要求；

3 多联式空调（热泵）机组名义工况和规定条件下的机组能源效率等级 APF 应达到《多联式空调(热泵)机组能效限定值及能效等级》GB21454 中规定的一级能效要求；

**6.3.3** 对于面积大，需要几个空调系统实现空调服务的建筑，每个空调系统所承担的空调建筑使用的时间、负荷会存在差异。将不同使用要求的建筑置于同一空调系统中，会产生由于空调使用时间、负荷不一致情况，造成如“大马拉小车”等问题，显然是不合理的。因此，宜将空调需求特征比较一致的建筑置于同一个空调系统内，便于空调系统的节能运行和控制。

**6.3.4** 空调冷源是空调系统的最大能耗发生的设备，减少冷源机组启动时间是最有效的节能措施，因此应尽可能使用自然冷源，特别是在空调初期和末期。冷源机组运行在满负荷或接近满负荷工况下能效是比较高的，因此应配合空调分区运行控制冷水机组的运行台数，尽可能使冷水机组在满负荷或接近满负荷工况下运行。另外，随着节能减排工作的进展，公共电网的绿电比例越来越高，电网对建筑用能的“柔性”调节要求也越来越高，冷水机组的运行时间，应该尽可能满足公共电网的协同要求。

**6.3.5** 热带城市及城市周边的可再生资源有其特殊的优势，如太阳能发电、风电等资源比较丰富。现有直流设备和技术也越来越成熟。条件允许时可采用直接接入的方法使用可再生能源生产的电能。

**6.3.6** 结合城市及城市周边的工业余热，采用吸收式制冷的方式作为空调冷源，可以实现工业余热的应用。

**6.3.7** 其他用能协同供给包括但不限于生活用热水、医院医疗健康用热水、厨房

用热等。

## 6.4 空调管网

**6.4.1** 泵与风机并联运行时，并联机组的性能曲线将发生改变。因此应对并联机组的性能曲线进行重新核算，与管网阻力特性曲线共同确定工作点，确保每台机组均工作在高效区。

**6.4.2** 冷却塔回水管应确保满管流，产生非满管流现象会导致系统失去稳定性并增加能耗。冷却塔积水盘高度是确保满管的基本条件，因此应校核冷却塔积水盘高度，一般不小于 500mm。

## 7 给水排水

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 给水排水设计应遵循气候适应性、地理特征匹配性及水资源可持续性原则，统筹市政供水、雨水回用和再生水等资源，基于用水场景需求实施分质供水策略，优化管网布局实现输配效率提升，强化非传统水源利用，绿化灌溉、车库及道路冲洗、洗车等的用水等应优先采用市政中水、回用雨水、建筑中水等非传统水源，实现水量平衡，实现水资源全生命周期的低碳化管理，践行低碳发展。按技术先进可靠、经济合理、可持续原则选用低碳节能技术，实现资源高效利用与节能减排目标，践行海绵城市与碳中和发展理念。

**7.1.3** 给水排水设计应结合热带气候特点，如高温、高湿、强日照、强降雨等，以环境适应性为原则，优化给排水系统设计。优先采用自然通风、遮阳隔热、生物滞留设施等被动式技术；优先采用雨水调蓄回用、再生水系统及生物滞留设施，构建海绵城市框架下的水资源循环利用体系；优先采用太阳能、空气能等可再生能源；实现低碳资源高效利用，打造一个低碳、高效、可持续的给排水系统。通过这些策略，不仅提高了资源利用效率，还实现了节能减排，实现水资源高效循环与城市韧性提升，促进了城市的可持续发展。

**7.1.4** 优先采用节能节水技术和设备，降低能源消耗和水资源浪费。

**7.1.5** 给水排水管道选材中，应优先采用耐腐蚀性强、全寿命周期长且可循环再生的绿色建材。设计中应充分使用可再利用和可再循环的建筑材料，宜优先使用本地化建材。应用可再循环材料和可再利用材料，契合可持续发展理念，能有效减少资源消耗与环境污染。本地化建材可以降低建材生产运输过程中的能源和资源消耗。从全生命周期角度，长寿命则意味着降低更换频率，减少维修成本与施工对周边环境的干扰，保障管道系统长期稳定运行，有效减少资源消耗。

阀门及管件作为给排水系统关键部件，其性能直接影响系统运行效率与使用寿命。采用耐腐蚀、水头损失小、密闭性能及耐久性能好的阀门及管件，可有效提升管道系统的整体性能。耐腐蚀性能可避免介质侵蚀导致的泄漏与结构损伤，延长设备寿命，减少维护成本。水头损失小要求阀门流道设计优化，如采用直通

式阀体、流线型阀芯，水头损失小能耗更低。密闭性能好可防止介质渗漏，避免水资源浪费或污染。耐久性则要求材料抗疲劳、抗老化，通过寿命周期测试保障长期可靠运行。选用此类产品可降低系统能耗，减少水资源浪费，对提升给排水系统整体效能与可持续性具有重要意义。综合考虑这些因素，不仅能提升系统的整体性能，还能实现节能减排目标，支持可持续发展的理念。

给排水管网漏损控制以“节水优先、系统治理”为原则，可通过“管材升级 + 压力调控 + 智能监测”三位一体，实现热带城市管网漏损率 $\leq 8\%$ （严于国家标准），支撑低碳节水目标。

**7.1.6** 水泵作为给排水系统核心设备，水泵能耗占比高，执行国家能效标准可有效降低运行电耗，减少碳排放。通过限定最低能效水平并推广节能型产品，既能保障设备性能，又能推动行业技术升级，实现能源高效利用与低碳运行目标，符合绿色建筑与可持续发展导向。通过限定最低能效水平并推广节能型产品，既能保障设备性能，又能推动行业技术升级，实现能源高效利用与低碳运行目标，符合绿色建筑与可持续发展导向。

**7.1.7** 洗衣房、厨房等集中用水区域是水系统能耗与水资源消耗的重点环节。洗衣房、厨房这类用水大户，选用高效节水设备意义重大。这些场所用水频次高、水量大，高效节水设备能大幅降低水资源消耗。洗衣房宜选用节水型洗衣机。洗衣房、厨房等大用水量场所的应优先选用 1 级用水效率等级的设备，同时关注设备的耐用性和维护成本，确保其全生命周期内节水效果稳定。推广使用高效节水设备，是实现建筑节能减排、践行绿色低碳发展理念的关键举措。

**7.1.8** 建筑围护结构热桥部位易产生能量损失和冷凝水问题，热桥效应会导致热量在冬季流失、夏季渗入，增加空调和采暖负荷，影响能效。穿屋面及外墙管道作为典型热桥，其热桥处理是建筑节能与防冷凝的关键环节，需采取有效的热桥处理技术措施，以提升建筑的能源效率和舒适度。通过热桥处理，可有效降低建筑能耗，提升建筑室内环境舒适度。

**7.1.9** 建设水资源管理信息系统是提升给排水系统智能化水平的核心举措。该系统通过物联网技术集成传感器、智能仪表等终端设备，对水量、水压、水质等关键参数进行实时监测，并借助自动控制技术实现水泵、阀门等设备的动态调节，构建集数据采集、分析决策、设备联动于一体的智慧管理平台。该系统的建设对

实现水资源精细化管理、推动低碳运行具有重要意义，符合国家智慧水务发展战略方向。

**7.1.10** 可减少现场湿作业、焊接、切割，降低施工噪音、粉尘和能耗；提高质量精度，减少返工浪费；缩短工期，降低现场管理能耗；减少建筑垃圾。

**7.1.11** 可减少设计变更和返工，避免材料浪费和重复施工能耗；提高施工效率，缩短工期。

**7.1.12** 减少废弃物处理量，降低处理能耗；回收资源，减少新材料生产能耗。

**7.1.13** 保持系统高效运行，避免能耗升高；延长设备寿命，减少更换；减少化学清洗剂使用。

## 7.2 给水、热水系统

**7.2.1** 根据建筑的高度、用户的用水需求以及运营能耗，合理划分供水分区，可以有效避免水资源浪费和能量损耗。分区设计不仅能够提升系统的运行效率，还能降低维护成本，延长设备使用寿命。通过精确匹配每个分区的供水压力与实际需求，实现节能减排目标的同时，保障用户用水的舒适度与安全性。这一策略有助于优化资源配置，促进可持续发展。

**7.2.3** 分项、分级设置计量水表时，智能远传水表是核心选择，需结合管理精度、投资成本，并根据不同场景选择适配类型，以满足精准计量、实时监控及智慧化管理需求，实现从“粗放管理”到“精准管控”的升级。商铺等末端用户计量水表可采用带预付费和阀控功能的智能水表。水表需符合现行《智能水表》GB/T 36546、《物联网水表》CJ/T 449 等标准。

**7.2.4** 优化管道路由设计是降低能耗、提升系统效率的重要环节。通过缩短管道长度、减少弯头及阀门数量，可有效降低水流阻力，减少水头损失，降低水泵能耗。管径确定需结合水力计算与经济流速，在满足流量需求前提下，避免因管径过小导致能耗增加。针对热水管道，应通过保温材料选型与厚度计算，降低热损失。明露敷设的生活给水管道应避免阳光直射，防止水温升高引发微生物滋生及管道老化，同时需设置保温层，减少环境温度对水质及能耗的影响。

**7.2.5** 水嘴、淋浴喷头设置限流配件及便器分档冲洗是建筑节水的关键措施。水嘴、淋浴喷头内部设置限流配件，可有效控制出水量，避免超压出流浪费水资源，

同时保证使用舒适度。坐式大便器采用大、小便分档冲洗水箱，能根据实际需求选择冲洗水量，节水效果显著。公共建筑洗手盆优先选用感应式节水龙头，其非接触式操作既卫生又节水。这些措施共同作用，不仅可以显著降低水耗，还能提升用水效率，符合节能减排及可持续发展的要求。

**7.2.6** 本条文要求水池和水箱设溢流信号管及报警装置，进水阀与溢流报警水位联动关闭，旨在防止水溢出造成水资源浪费和安全隐患。溢流信号管可及时发现溢流情况，报警装置能迅速提醒管理人员采取措施。进水阀与报警水位联动关闭可有效避免因进水阀故障或控制失灵导致的溢流事故，确保水池和水箱的安全运行，同时节约用水，保障供水系统的稳定性和可靠性。这一措施体现了智能管理与节能减排的理念。

**7.2.7** 这些热源具有节能、环保等优点。利用这些热源不仅能降低对传统化石燃料的依赖，减少碳排放，还能显著提高能源利用效率，实现节能减排目标。废热、余热可充分利用现有资源，减少能源浪费；太阳能是可再生能源且无污染；水源、空气源热泵能高效转换能量，运行成本低。设计需建立能源成本模型，比较不同热源的全生命周期成本，确保方案经济性最优。合理选择热源可降低热水供应成本，减少对传统能源的依赖，符合可持续发展理念。

**7.2.9** 热水系统设计需确保各用水点冷热水供水压力平衡，以提供舒适的使用体验并避免水资源浪费。热水循环系统必须设置有效的循环措施，如采用循环泵和合理布置回水管路，减少用户等待热水时间，并降低冷水排放造成的浪费。这些措施共同保障了热水供应的舒适性、即时性和经济性，同时也有助于节能减排目标的实现。

**7.2.10** 热水箱、热水设备及阀门选用高效保温材料，可减少热量散失，提高保温性能，降低能耗。热水管道穿越墙体或楼板时，需做好密封和保温处理，防止热桥效应导致的能量损耗。密封可防止水分渗入，避免保温材料受潮降低保温效果，同时防止热量从缝隙散失，保温处理则能有效阻隔热传导，减少热量损失。

**7.2.11** 绿化灌溉系统设计应遵循资源节约与可持续原则，非传统水源可减少对市政供水的依赖和自然水资源的消耗。智能灌溉系统的应用可以根据天气条件、土壤湿度等因素自动调整灌溉量，确保植物得到适量水分的同时避免浪费。此外，引入太阳能、风能等可再生能源为灌溉设备提供动力，不仅降低了运行成本，还

减少了碳排放。这种综合策略实现了资源的高效利用与环境友好目标，促进了园林绿化的可持续发展，同时支持了节能减排措施的有效实施。

## 7.3 排水系统

**7.3.1** 在排水系统设计中，优先考虑重力流排水是确保系统高效、可靠运行的关键。利用自然坡度实现污水和雨水的自流排放，可以减少对机械提升设备的依赖，降低能耗和维护成本。重力流系统结构简单，故障点少，运行更加稳定可靠，同时也便于日常管理和检修，维护成本低。此外，合理的管道布局与坡度设计能够有效防止堵塞，确保排水顺畅。采用这种设计不仅经济实用，还能提高系统的耐用性和环境适应性，符合节能减排及可持续发展的要求。通过精心规划，最大化利用地形优势，实现自然排水是最优选择。

**7.3.2** 污水源头分类与减量是实现减污降碳的重要举措，可以有效分离不同类型的污水，特别是将有毒有害的特殊污水单独收集并外运处理。这种方法不仅有助于提高污水处理效率和效果，还能减少对环境的潜在危害。分类收集能够降低后续处理难度和成本，同时便于资源回收利用。对于有毒有害等特殊污水，因其成分复杂、危害大，需单独收集并外运至专业处理设施进行处理，防止对环境和人体健康造成危害。此举既减少了污染物排放，又降低了污水处理难度和成本。这种策略体现了污染源头控制的理念，有利于构建更加绿色、安全的城市水循环系统。

**7.3.3** 室外排水管道利用自然地形高差，可使排水管道布置更合理，减少管道埋深和长度，降低建设成本。同时，重力排水能避免因机械故障导致的排水不畅问题，提高排水系统的可靠性。

**7.3.4** 在城市雨水管理中，源头减排和优先采用绿色雨水基础设施（Green Stormwater Infrastructure, GSI）是实现可持续发展的核心策略，是实现城市可持续发展的关键路径。通过科学规划、技术创新和政策引导，推动“灰绿结合”，提升城市韧性、减少内涝风险、改善水环境并促进生态可持续性，形成适应气候变化的弹性城市雨洪管理体系。

绿色基础设施不仅能减缓雨水径流速度，减少洪峰流量，还能通过植被和土壤的自然过滤作用，去除雨水中的污染物，改善水质。应根据地形、土壤、气候

条件选择适合的绿色基础设施类型；并从源头（屋顶、道路）、过程（绿地、湿地）到终端（蓄水池、河道）分层管理雨水。

室外雨水沟可优先采用生态边沟或植草沟设计，可实现雨水收集、转输与净化，减少径流污染，补充地下水；可以有效提升雨水管理的自然处理能力；是海绵城市建设的重要组成部分。生态边沟和植草沟有助于增加雨水下渗，补充地下水资源，并为城市提供更多的绿化空间，增强美观性和生物多样性。设计应优先选用耐冲刷、根系发达的本地植物，搭配碎石垫层增强渗透效果，确保最大流速 $\leq 0.8\text{m/s}$ 。此外，这种设计减少了对传统硬质排水设施的依赖，降低了建设和维护成本，体现了可持续发展的理念。

7.3.5 在选择排水设备时，优先考虑高效节能型产品对于提升系统效能和降低能耗至关重要。同时，设备应满足密闭性、耐久性要求，降低泄漏风险与能耗损失。通过投资于高效节能的解决方案，可以在设备的生命周期内获得更好的经济效益和环境效益，支持可持续发展的长远目标，减少碳排放，符合绿色建筑与低碳发展目标。这体现了对环境保护责任的承担以及对资源节约的追求。

**7.3.6** 污水源热泵以生活废水为热源，通过热泵机组将生活废水中的低品位热能转化为高品位热能，其节能效果显著。污水源热泵系统优先采用污水专用换热器或间接式换热系统，确保防堵塞、防腐蚀及水质适应性。合理使用污水源热泵技术，可有效降低能源消耗，减少温室气体排放，体现了环保与节能的理念，助力实现节能减排目标，推动可持续发展。正确实施此技术可以带来显著的环境和经济效益。

## 7.4 非传统水源利用

**7.4.1** 因地制宜根据建筑特点统筹利用非传统水源，是实现节水和低碳目标的重要措施。建筑应结合自身条件，优先采用市政中水、回用雨水、建筑中水等非传统水源用于喷洒路面、绿化浇灌等，减少对优质饮用水资源的消耗。遵循“优水优用、劣水劣用”原则，合理规划用水，避免优质水源浪费。市政中水水量稳定、水质可靠，适合大规模应用；雨水收集利用可结合海绵城市建设，减少径流、补充地下水；沿海建筑可探索海水用于冲厕或工业冷却。这些做法不仅提高了水资源的利用效率，还降低了对自然水源的压力，实现了节水与环保的目标。通过合

理规划和科学管理，有效促进水资源的可持续利用，助力可持续发展。

**7.4.2** 非传统水源水质处理工艺应遵循低碳节能原则，优先采用如生物滤池、人工湿地等自然处理系统，可采用生物膜技术、厌氧消化等低能耗工艺，并结合膜分离、臭氧催化氧化等高效技术降低自用水量。同时，结合可再生能源驱动的处理工艺，如利用太阳能、风能等为水处理设备提供动力，可进一步减少对传统能源的依赖。通过优化处理工艺和能源结构，不仅能够提升水资源循环利用效率，还能促进节能减排目标的实现。这种策略体现了对可持续发展原则的遵循，有助于构建更加环保和高效的水处理体系。

**7.4.3** 非传统水源利用时，梯级利用和分质回用是重要的技术经济策略。非传统水源利用需通过全生命周期成本分析，比较不同水源（中水、雨水、海水）及处理工艺的经济性。梯级利用模式应遵循“高质高用”原则，例如优质再生水用于工业冷却，尾水用于生态补水，实现多次利用，提高水资源重复利用率。分质回用则是根据不同用水需求对水源进行分类处理，确保水质与用途匹配，降低处理成本。梯级利用是将高水质需求场景的排水经处理后用于低水质需求场景，实现多次利用，提高水资源重复利用率。两者结合可优化水资源配置，减少新鲜水取用，降低处理能耗与成本，具有显著的经济效益和环境效益。构建非传统水源循环利用：“分质收集-分级处理-梯级回用”闭环系统；可显著减少碳排放，助力水资源循环与低碳发展。

**7.4.4** 这种做法不仅减少了水资源的浪费，还降低了对外部供水的需求。这体现了“资源循环利用”和“优水优用，劣水劣用”的原则，有助于提高水资源利用效率，减少建筑运行中的水足迹，并促进节能减排目标的实现。这一措施符合绿色建筑理念，降低运营成本，同时减少废水排放对环境的影响，实现建筑排水的可持续发展。

**7.4.5** 智慧管控系统通过物联网、大数据及人工智能技术构建排水系统智能感知网络，实现全流程动态调控；可以实现对非传统水源利用系统的动态调控与优化，从而提升整体能效。通过安装智能传感器和控制器，实时监测水质、水量及设备运行状态，并根据实际需求自动调整操作参数。此外，基于大数据分析预测用水高峰和低谷，合理调配水资源，进一步提高系统的响应速度和效率。这种智能化不仅降低了运营成本，还促进了节能减排，支持可持续发展目标的实现。智

慧管控的应用使水资源管理和利用更加高效、环保。

## 8 电 气

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 建筑用能终端优先实施电气化转型,采用高效电气设备替代化石燃料设备,并与低碳或零碳能源系统(如光伏、风电)协同设计,确保终端用能碳排放强度降低至基准值以下。热带城市建筑需特别强化空调、通风等电气化设备的能效控制,以适应高温高湿环境。

**8.1.2** 要求照明、空调、电梯等用能终端设备采用高效节能型号,核心目标是通过源头设备能效升级显著降低建筑运行能耗,照明系统须选用 LED 高效光源,空调设备需满足 一级能效或更高标准。

### 8.2 供配电系统

**8.2.1** 在设计阶段,需要根据建筑位置、建筑特征等因素,充分挖掘建筑本体以及周边区域的可再生能源应用潜力。除建筑光伏一体化等常规技术措施以外,亦可以考虑结合场地规划,设置风光互补路灯、光伏车棚等设施。

**8.2.2** 海南省太阳能资源丰富,屋顶作为应用光伏系统的合适场所,应尽可能利用屋面进行布置,建筑屋顶光伏系统铺设面积不应低于屋顶总面积的 50%,其中 50%包含必要的安全间距、检修通道等在内且为光伏组件面积。考虑到多数建筑建筑高度较高,在保证安全性的条件下,建筑物立面可设置光伏系统。

**8.2.3** 海南省地处低纬度地区,全年太阳高度角较高。根据研究表明,光伏系统安装倾角宜与当地纬度保持一致,布置倾角在最佳倾角  $12\sim 13^\circ$  发电量衰减较小,综合考虑海南省太阳能资源与地理位置,确定光伏系统安装倾角不宜超过  $30^\circ$ 。由于海南省处于我国最南端,终年太阳高度角较高,南向立面太阳辐射量相对较小,在早晚期间,建筑东西向立面太阳辐射量较多,从全年太阳辐射情况而言,东、西向立面太阳辐射量优于南立面太阳辐射量,所以在建筑立面上光伏系统应优先布置于东、西向立面,以便获得更高的太阳辐射量。

**8.2.4** 一般情况下建筑的设计寿命是光伏系统寿命的 2 倍~3 倍。光伏组件及系统其他部件在构造、形式上应利于在建筑围护结构上安装,便于维护、修理、局部更换。因此建筑设计不仅要考虑地震、风荷载等自然破坏因素,还应为光伏系

统的日常维护，尤其是光伏组件的安装、维护、日常保养、更换提供必要的安全便利条件。

**8.2.5** 当光伏系统作为建筑构件为建筑服务时，应考虑其工作年限，保证在建筑使用过程中能够正常运行，因此采用光伏建筑一体化形式下，光伏构件设计工作年限宜与建筑相同。光伏组件使用年限约为 25 年，与建筑使用年限有较大差别，因此光伏组件宜采用可更换的结构形式，方便建筑后期更换与维修。

**8.2.6** 从供电稳定性的角度，并网光伏系统可以确保建筑供电的稳定性。从减少对公共电网冲击和经济性角度，灵活利用柔性控制，采用“自发自用、余电上网”的方式可以实现最佳效果。同时配备自发自用并网防逆流保护功能。每个低压并网点的容量范围不应超过 400 kW，且项目整体装机容量不宜超过所接变压器容量的 85%。每台变压器允许的并网点数应根据变压器容量、电网承载能力和配网规划综合确定，原则上不超过设计上限。

**8.2.7** 本条对建筑储能系统、储能设施提出了建议，也是为了进一步促进提高建筑可再生能源应用比例。储电设备的效率对于有效利用可再生能源电力，平抑用电负荷波动，降低对电网的影响十分重要，因此应选择高效的电池模块。

### 8.3 照明系统

**8.3.2** LED 照明光源近年来发展迅速，是发光效率最高的照明光源之一。当选用 LED 光源时，其性能稳定性、一致性方面应满足相关标准的要求。此外，在降低照明能耗的同时，应保障视觉健康。光源颜色的选取应满足现行国家标准《建筑照明设计标准》(GB50034)及《建筑环境通用规范》(GB55016)的要求。

**8.3.3** 在地下房间或建筑内无外窗大空间场所，将自然光引入，不仅仅为了照明节能，更主要的是可有效地改善光环境质量。具体设置的区域和位置，要在满足土建条件基础上，通过技术经济比较确定。

**8.3.4** 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。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、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。

## 8.4 电梯设备

**8.4.1** 电梯能耗是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。采用变频调速拖动以及能耗回馈装置的电梯,可进一步降低电梯能耗,从经济效益上考虑,推荐在楼层较高、梯速较高、电梯使用频次高的零能耗建筑中使用。

**8.4.2** 自动扶梯一般普遍存在低载或空载运行的状况,采用节能控制,可实现有乘客时自动平稳进入快速运行状态、无乘客时自动进入慢速或延时停止状态,可以有效地节约能源。当两台及以上电梯集中设置时,应具备群控功能,优化减少轿厢行程。当电梯无外部召唤时,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,降低轿厢待机能耗。

## 8.5 监测与控制

**8.5.1** 楼宇自控系统可对建筑内的主要用能设备进行自动控制,是建筑节能的手段。楼宇自控系统应实现传感、执行、控制、管理等功能。传感、执行部分中应包含信息采集和现场执行等设备,根据系统要求实时收集现场数据,为系统内及系统间的协调运行提供数据基础;控制部分中的自动控制器,应能根据现场传感器获得的运行参数及管理系统提供的控制指令,实现对现场执行设备运行参数的自动计算,并将需求指令发送给现场执行设备;管理软件或设备应实现将不同功能的自控系统集成,实现不同子系统间数据的综合共享,进行数据分析,提出优化策略。楼宇自控系统应能根据末端多种需求实时调节供应设备的使用时间及工况调节,延长设备使用寿命,提高系统运行效率,降低能源资源消耗。

**8.5.2** 零碳建筑对各项用能要求较高,其目的是降低运行期间建筑能耗水平,由

于在运行期间运行策略等问题，使得零碳建筑并未运行在其最佳工况，需通过对各项能耗水平的检测，调整运行策略，因此需要对零碳建筑实施分项、分楼层计量，了解不同区域、不同类型能耗情况，为调整运行策略提供基础条件。公共建筑设置能耗和碳排放监测平台，方便建筑实时监控能耗情况。能耗分项计量系统应能实现机电系统能耗或能耗较大的中央空调系统、热泵热水系统、多能互补、多能耦合系统等能耗分项、建筑节能管理组织架构能耗分项、建筑使用功能分区能耗分项、分楼层能耗分项计量，并应设置能耗、能效和碳排放监测控制平台，实现平台的监控功能，避免只监不控。

## 9 可再生能源应用

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 太阳能、风能、生物质能源和热泵技术提供的能源是热带城市建筑切实可用的规模化应用的可再生能源，这些可再生能源的应用可以明显替代常规能源的使用，达到节能降碳的显著效果。热带城市建筑还可以因地制宜的应用其他可再生能源，如潮汐能，但应该进行技术经济测算，避免形象工程。

**9.1.2** 可再生能源设计应按照需求核算、潜力分析。首先进行需求核算，确定建筑在节能降碳目标下的可再生能源替代量；潜力分析则结合建筑所在区域和自身条件进行可再生能源供应能力的范围分析；基于供需两者的匹配分析，进而选择一种或多种可再生能源形式作为解决方案进行深化设计。

**9.1.3** 热带城市建筑的可再生能源应用，包括新建和改扩建项目，应实现设计和建设的一体化。一体化的要求可以避免相关的管井冲突、供电和结构安全等问题。

**9.1.4** 在可再生能源应用中，建筑自身所在的物理边界范围内安装可再生能源相关的装备，是比较常见的做法。在实际操作时，为最大限度的利用可再生能源，往往会在建筑的周边，即建筑业主的行政管理边界范围内安装使用可再生能源的装备，这是科学合理的方法，应该鼓励。

### 9.2 太阳能系统

**9.2.1** 从供电稳定性的角度，并网光伏系统可以确保建筑供电的稳定性。从减少对公共电网冲击和经济性角度，灵活利用柔性控制，采用“自发自用、余电上网”的方式可以实现最佳效果。

**9.2.2** 光伏建筑一体化的目标之一是保持建筑的美观性，光伏构件的布置不应破坏建筑形体的完整性、美观性。直接采用光伏组件作为光伏构件，光伏组件不应跨越建筑变形缝设置，不应影响安装部位的建筑排水系统设计。某些建筑的屋面的某些区域会作为消防疏散及消防设施放置的空间区域，因此安装的光伏构件等，不能占据此区域。光伏构件的安装应采用耐腐蚀材料并进行表面防腐处理，以适应高盐分的海洋环境。

**9.2.3** 在设计阶段，需要根据建筑位置、建筑特征等因素，充分挖掘建筑本体以及周边区域的可再生能源应用潜力。除建筑光伏一体化等常规技术措施以外，亦可以考虑结合场地规划，设置风光互补路灯、光伏车棚等设施。

光伏系统安装倾角宜与当地纬度保持一致，布置倾角在最佳倾角 $10^{\circ}$ 以内发电量衰减较小，综合考虑海南省太阳能资源与地理位置，确定光伏系统安装倾角不宜超过 $30^{\circ}$ 。

由于海南省处于我国最南端，终年太阳高度角较高，南向立面太阳辐射量相对较小，在早晚期间，建筑东西向立面太阳辐射量较多，从全年太阳辐射情况而言，东、西向立面太阳辐射量优于南立面太阳辐射量，所以在建筑立面上光伏系统应优先布置于东、西向立面，以便获得更高的太阳辐射量。

**9.2.4** 本条文依据现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801对太阳能光电系统的光电转换效率作出相应规定。

**9.2.5** 当光伏系统作为建筑构件为建筑服务时，应考虑其工作年限，保证在建筑使用过程中能够正常运行，因此采用光伏建筑一体化形式下，光伏构件设计工作年限宜与建筑使用年限相同。光伏组件使用年限约为25年，与建筑使用年限有较大差别，因此光伏组件宜采用可更换的结构形式，方便建筑后期更换与维修。

**9.2.6** 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。

**9.2.7** 应避免安装太阳能集热器时被建筑自身及周围设施的遮挡。在不影响建筑效果的前提下，提供尽量多的布置太阳集热器的场所。

太阳能集热器安装在建筑屋面、阳台、墙面或其他部位，不应有任何障碍物遮挡阳光。太阳能集热器总面积根据热水用量、建筑上可能允许的安装面积、当地的气候条件、供水水温等因素确定。无论安装在何位置，要满足全天有不少于4h日照时数的要求。

为争取更多的采光面积，建筑设计时平面往往凹凸不规则，容易造成建筑自身对阳光的遮挡，这点特别注意。除此以外，对于体形为L型或U型的平面，也要注意自身的遮挡。

**9.2.8** 编制此条的总原则为：系统宜小、宜简单。本条对目前居住建筑和用热水

量大的几种比较典型的公共建筑的太阳能热水系统的选择做了比较。

太阳能热水系统通常是由上述几种系统类型组合在一起的。从使用功能考虑，应优先使用承压式系统；从建筑美观考虑，应优先使用分散式系统；从水质卫生考虑，应优先使用间接式系统。而普通住宅因存在管理困难，收费矛盾等众多难题，宜采用集中集热、分散供热系统或分户设太阳能热水器的局部系统；低层和多层住宅的屋面面积充裕，设置分散或集中太阳能热水供应系统均可；高层住宅在五层以下一般较难满足太阳能热水系统光照要求，因此推荐采用集中一分散供热水系统。针对宾馆、医院、游泳馆、公共浴室等用水量大的公共建筑，因使用要求较高且管理水平较好，则建议选用集中供热水系统，同时辅助能源建议使用空气源热泵机组。别墅是高档住宅，热水使用时间不固定，宜设置强制循环、分散式系统，当有人居住时，应能保证 24h 连续供应热水。本工程除列出的典型建筑的推荐选型，其他建筑形式亦可参考使用。随着工程案例和应用场合的进一步扩展，设计师应根据实际情况，因地制宜地通过多种系统的合理搭配，实现系统的高效运行。

**9.2.9** 宿舍、公寓、医院住院部和酒店建筑对热水的需求量较大，在有热水需求且具备条件的建筑应采用太阳能热水系统，且应采用集中的管理方式，集中管理有助于提高集热效率，降低热量损失。对于酒店建筑，集中热水管理宜具备根据客房入住率自动调节热水供应量的功能，以节约能源。

**9.2.10** 太阳能集热系统效率、太阳能热水系统的太阳能保证率和供热水温度是保证太阳能热水工程质量和性能的关键参数，必须达到设计时的规定要求，或国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364-2018 和《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013 规定的指标，才能真正实现太阳能热水工程的节能效益。

### 9.3 地热能系统

**9.3.1** 通过土壤的冷热响应实验，获得每延米土壤的换热能力，是浅层地源热泵设计的依据。

**9.3.2** 中深层地热能资源属于矿产资源，必须经过专业机构的勘察和管理部门的审批方可进行应用的设计和建筑。审批的内容包括地热水的允许开采量。

**9.3.3** 本条规定了地热能交换系统设计要求及与其他冷热源系统联合运行要求。对于地埋管换热系统，全年总释热量与总吸热量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，地埋管系统设计时应应对全年冷热负荷计算，确保地埋管系统的全年总释热量与总吸热量基本平衡，即两者的比值在 0.8~1.25 之间。当两者相差较大时，应通过技术经济比较，采用辅助冷源或热源，或者采用与其他冷热源系统联合运行的方式解决。

对于地表水或地下水换热系统，应进行全年冷、热负荷分析，确保地表水换热盘管的换热量或地下水的持续出水量满足地热能交换系统的最大吸热量或释热量的需要。

根据全年冷、热负荷的变化特点，合理配置地源热泵系统与其他常规能源系统容量，通过调整不同冷热源系统的运行策略，从而保证整个供暖空调系统的高效运行。

**9.3.4** 作为地源热泵系统中的核心设备，水（地）源热泵机组的能效达到节能评价等级，是保证系统节能性的前提和基础。

## 9.4 空气源热泵系统

**9.4.1** 根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015，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与规定条件下，其性能系数（COP）应符合表 9.4.1 的规定。

## 9.5 风能发电系统

**9.5.1** 本条建议在上述经科学评估确认风环境适宜的区域，可选用与建筑和环境融合度高的风能利用技术。

建筑一体化风力发电装置是指将小型风力发电设备集成于建筑屋面、立面或特定结构部位，作为建筑构件或附属设施，实现发电功能并保持建筑美学。其设计需满足结构安全、运行可靠、低噪声等要求。风光互补道路照明系统是指结合太阳能光伏与小型风力发电技术，为道路、广场等公共区域的照明设施提供电力

的离网或并网系统。

## 10 施工与运行

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 建筑施工前应对现场工程管理及技术人员、施工人员、监理人员进行专项培训。

**10.1.3** 建筑设备系统和可再生能源系统施工完成后，须进行系统调试，调试是确保各系统按设计要求正常运行的关键环节，通过调试可优化系统性能、提高能效，节能性能检测达到设计要求，并未后续的性能检验奠定基础。建筑竣工验收备案前应进行建筑能效测评。

### 10.3 运行

**10.3.6** 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宜接入建筑能耗监测平台，为后期运行调适提供基础条件。

**10.3.7** 低碳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。