

上海市建筑光储直柔系统技术导则

上海市住房和城乡建设管理委员会

2023 年 12 月

目录

1. 总则	1
2. 术语	2
3. 基本规定	3
3.1 基本技术要求	3
3.2 建筑光伏指标	3
3.3 建筑储能指标	5
3.4 建筑直流配电系统指标	5
3.5 建筑柔性控制指标	7
4. 设计措施	9
4.1 一般规定	9
4.2 建筑光伏	9
4.3 建筑储能	11
4.4 建筑直流配电系统	13
4.5 建筑柔性系统	18
5. 施工与验收	22
5.1 一般规定	22
5.2 施工要求	22
5.3 验收要求	28
6. 运维管理	31
6.1 一般规定	31
6.2 运行技术要求	31
7. 评价	34
7.1 一般规定	34
7.2 评价方法	34
8. 引用标准名录	36

1. 总则

1.0.1 为贯彻执行国家的技术经济政策，提升本市建筑可再生能源的生产和消纳能力，推广建筑光储直柔系统技术，制定本导则。

【条文说明】本技术导则的建筑光储直柔系统主要以分布式光伏发电给建筑提供可再生能源，通过储能系统、直流配电系统和柔性控制系统等综合技术手段，实现分布式光伏在本地的大比例消纳。其他可再生能源形式，如风力发电系统可参照执行。

1.0.2 本导则适用于本市新建、改建和扩建的民用建筑与区域开展建筑光储直柔设计、施工、运行和评价，其他类型的建筑可参照执行。

【条文说明】本导则适用于新建、改建和扩建的办公建筑、居住建筑、商业建筑、医院等民用建筑及工业园区通用建筑。工业园区具有大面积可安装光伏屋顶资源，但由于工厂设备对用电的稳定性、安全性要求较高，设备用能特性及柔性控制等相关的研究偏少。在整体园区规划中，园区的通用建筑同样可参照本导则执行，制程工业建筑不纳入直流配电系统设计及柔性控制系统调控，但可纳入混网系统参与消纳光伏发电。其他类型建筑，如学校、医院等建筑可参考执行。

1.0.3 建筑光储直柔系统的设计、施工、运行和评价，除应符合本导则的规定外，还应符合国家和本市现行有关标准规定。

1.0.4 建筑光储直柔系统应遵循系统化设计、全过程质量控制理念，实现建筑光储直柔技术低碳、经济、可持续发展。

2. 术语

2.0.1 光储直柔系统 solar DC system with energy storage for flexibility improvement

配置建筑光伏和建筑储能，采用直流配电系统，且用电设备具备功率主动响应功能的新型建筑供配电系统。

2.0.2 交直流混合系统 AC/DC hybrid power systems

使用交流配电与直流配电两种形式混合的新型建筑供配电系统。

2.0.3 直流负载 building DC load

储能设备以外，接入光储直柔系统直流母线的用电负载。

2.0.4 光伏发电自用率 self-consumption ratio

建筑光储直柔系统年光伏发电利用量与全年光伏发电总量的比值。

2.0.5 储能利用率 battery usage factor

储能设备年累计充电量与 365 倍储能容量的百分比。

2.0.6 柔性调节能力 flexibility

建筑及其使用者，利用电气设备、电化学储能、储热（冷）、建筑围护结构热惰性或用行为调整等手段，实现建筑光储直柔系统用电功率主动调节的能力。

2.0.7 功率主动响应 active power response

设备根据直流母线电压变化，通过调整工作状态改变自身用电功率，对直流配电系统功率调整需求主动做出的响应。

3. 基本规定

3.1 基本技术要求

3.1.1 本导则规定的建筑光储直柔系统应包含分布式光伏、储能、直流配电系统及柔性控制系统。

3.1.2 光伏系统可采取一种或者多种分布式光伏形式，并在满足国家、上海市相关标准的相关规定下，宜装尽装。

3.1.3 储能应遵循安全、经济、稳定、高效原则，结合建筑用能特性合理配置储能设备。

3.1.4 建筑光储直柔系统中直流用电器应从直流母线侧取电。

3.1.5 柔性控制系统应在保证直流配电系统稳定运行的前提下，具备调节功率的能力。

3.1.6 建筑光储直柔系统应遵循优先自发自用原则。

3.2 建筑光伏指标

3.2.1 建筑光储直柔系统的光伏发电自用率指标应满足以下规定：

1.系统全年光伏发电用电量在 10 万 kWh 以内，光伏发电自用率应不低于表

3.2.1-1 的指标要求；

2.系统全年光伏发电用电量不大于 100 万 kWh，光伏发电自用率应不低于表

3.2.1-1 指标要求的 95%；

3.系统全年光伏发电用电量大于 100 万 kWh，光伏发电自用率应不低于表

3.2.1-1 指标要求的 90%。

表 3.2.1-1 光伏发电自用率指标。

光伏全年发电量/系统负荷 全年用电量 r	光伏发电自用率	
	公建	居建
$r < 0.3$	100%	80%
$0.3 \leq r < 0.4$	95%	75%
$0.4 \leq r < 0.5$	90%	70%
$0.5 \leq r < 0.6$	85%	65%

$0.6 \leq r < 0.7$	80%	60%
$0.7 \leq r < 0.8$	75%	55%
$0.8 \leq r < 0.9$	70%	50%
$0.9 \leq r < 1.0$	65%	45%
$1.0 \leq r < 1.5$	55%	40%
$r \geq 1.5$	40%	30%

【条文说明】建筑光储直柔系统应可计量，根据第7章评价对象要求，建筑光储直柔系统范围可为独栋建筑、建筑群、园区或建筑内部分区域。

根据建筑光储直柔系统规模大小划分三个等级：光伏年发电用电量10万kWh以内、10~100万kWh、高于100万kWh，光伏发电自用率分别执行表格指标值的100%、95%、90%。小型项目光伏年发电量一般在10万kWh以内，包括低层商业、办公、超低能耗建筑或部分示范性区域，因总成本低、用电特性相对清晰，要求满足表格指标值的100%。园区级项目可安装屋顶光伏资源较多，但由于末端用能复杂，因此对于光伏年发电用电量大于100万kWh的项目，要求光伏发电自用率指标不低于表格指标值的90%。

由于不同项目光伏装机容量、负荷用电情况差别较大，随着光伏全年发电量与系统负荷全年用电量的比值 r 的增大，系统负荷可消纳光伏的能力下降，因此降低光伏发电自用率指标要求。对于光伏发电自用率 R_p 应按下式计算：

$$R_p = (1 - E_1/E_2) \times 100\% \quad (3.2.1-1)$$

式中： R_p ——光伏发电自用率

E_1 ——系统在计算统计周期内的上网总电量

E_2 ——分布式光伏系统在计算统计周期内的总发电量

3.2.2 新建政府机关、学校、工业厂房等建筑屋顶安装光伏的面积比例不低于50%，其他类型的公共建筑屋顶安装太阳能光伏的面积比例不低于30%，居住建筑屋顶安装太阳能光伏的面积比例不得低于30%。改建、扩建公共机构、工业厂房建筑屋顶光伏覆盖率达到50%以上。

3.3 建筑储能指标

3.3.1 应配置不少于一种形式的储能，因地制宜设置储能容量配比。

【条文说明】储能的形式包括但不限于化学储能电池，双向充电桩、蓄冷、蓄热等，鼓励双向充电桩的应用，加大建筑光储直柔系统调控的柔性度和灵活度，帮助消纳分布式光伏。

3.3.2 电化学储能应由建筑柔性控制系统统一监控，参与光伏消纳。

3.3.3 高效利用系统配置的电化学储能设备，储能利用率应高于 70%，并满足《民用建筑直流配电设计标准》T/CABEE030 的安全要求。对于蓄冷、蓄热类型的储能设备，储能利用率应高于 17.5%。

【条文说明】储能利用率是电池行为和性能的一项重要指标，可帮助了解电池在全年是否被高频率和高效率利用。储能利用率越高，说明系统配置的储能容量合理，可有效控制系统成本，同时也体现系统柔性控制策略充分调用储能，实现运行经济化，收益最大化运行，因此鼓励提高系统储能利用率。储能利用率定义为储能设备年累计充电量与 365 倍储能容量的比值，对于运行项目，储能设备年累计充电量可在管理系统上直接读取，计算公式如下：

$$\text{储能利用率} = \text{储能设备年累计充电量} / (\text{储能额定容量} \times 365) \times 100\%。$$

储能利用率高于 70%的制定依据为：对于民用建筑，尤其是办公类公共建筑，其主要用电时间为周一至周五共五天时间，在此期间每天实现储能设备一次充放电；周末两天用电较少，不考虑储能设备的充放电过程，则每周的储能利用率为 $5/7 \times 100\%$ 约等于 70%，当一年中每周的用能方式类似时，可得到全年的储能利用率为 70%。

蓄冷、蓄热类型的储能设备的储能利用率与电池类储能设备的储能利用率的计算方法相同。由于蓄冷、蓄热类型的储能设备仅能提供冷、热类的能量，无法提供照明、插座等类型的电力能量，因此其通常仅在制冷、供暖季节使用，当制冷、供暖季节时长均为 3 个月时，蓄冷、蓄热设备的储能利用率为 $1/4 \times 70\% = 17.5\%$ 。

3.4 建筑直流配电系统指标

3.4.1 系统的直流负荷指标应满足以下规定：

- 1.办公及商业建筑直流负荷功率占光伏发电功率的比例应不小于 20%;
- 2.居住建筑直流负荷功率占光伏发电功率的比例应不小于 8%;
- 3.园区光储直柔系统末端直流设备宜装尽装。

【条文说明】建筑光储直柔系统应遵循“直流发电直流用电”的设计原则，尽可能减小直流到交流的逆变损失。同时，直流负荷也是实现建筑柔性重要调节资源。因此，本条文对直流负荷功率占光伏发电功率的比值做了基本规定。

3.4.2 民用建筑的直流配电系统电压等级不宜多于三级，优先采用 DC750V、DC375V、DC48V，DC220V 和 DC24V 作为备选电压等级。

3.4.3 建筑光储直柔系统供电电能质量应符合下列规定：

- 1.系统稳态电压应在 85%~105%标称电压范围内；
- 2.在负荷大幅快速波动情况下，系统暂态电压波动不应大于 5%标称电压；
- 3.在正常运行条件下，直流电气系统中电压纹波峰峰值系数和有效值系数应分别小于 1.5%和 1.0%。

【条文说明】纹波系数，电压或电流中交流分量与直流分量之比，通常以百分数表示。交流分量峰峰值与直流分量之比，称为纹波峰峰值系数；交流分量有效值与直流分量之比，称为波纹有效值系数。电压偏差，直流电气系统实际电压与标称电压之间的偏差相对值，单位%，持续 10s 以上的为稳态电压偏差，持续时间介于 10ms-10s 的为暂态电压偏差。

3.4.4 直流配电系统的暂态电压调节性能应满足下列规定：

- 1.当功率以每秒 20%额定功率的速率增加或减小时，所引起的电压偏差允许值不应大于额定电压的 1%；
- 2.当功率在 100ms 内从 20%额定功率上升到 80%额定功率，或从 80%额定功率降低到 20%额定功率时，所引起的电压偏差允许值不应大于 5%额定电压，电压调节时间应小于 500ms。

【条文说明】此条文所说的“功率”是指光伏和负荷的功率；当末端用电设备额定电压为 48V 时，应配备稳压设备。

3.4.5 直流配电系统应具备并网/离网状态切换功能；在恢复并网、黑启动、短路故障恢复等直流母线电压建立过程中，直流母线电压恢复时间宜小于 1.0s。

3.4.6 建筑光储直柔系统的变换器及负载应具备功率可调的能力，宜采用直流母线电压控制的模式。

3.5 建筑柔性控制指标

3.5.1 建筑光储直柔系统应监测光伏发电自用率，定期调整柔性控制策略达到光伏发电自用率的指标要求。

【条文说明】监测光伏发电自用率，若半年光伏发电自用率低于指标要求的90%，宜调整建筑光储直柔系统柔性控制策略，调节变换器和负载功率；若一年的光伏发电自用率低于指标要求的80%，应调整光储直柔系统柔性控制策略，调节变换器和负载功率。

3.5.2 建筑光储直柔系统最大负荷容量调节比例应高于10%，宜高于20%。

【条文说明】最大负荷容量调节比例 δ_{max} 应按下列公式计算：

$$\Delta P = \max\{|P(t) - P_0(t)|\} \quad (3.5.2-1)$$

$$\delta_{max} = \Delta P / P_0(t) \quad (3.5.2-2)$$

式中： ΔP ——光储直柔系统最大负荷调节容量（kW）

$P(t)$ ——光储直柔系统在t时刻的实际负荷功率（kW）

$P_0(t)$ ——同一时刻不调节时的基线功率（kW），基线功率为可调节负荷在没有参加调节时，按照一定的时间周期计算得到的用电负荷曲线

3.5.3 建筑光储直柔系统单次调节电量比例应大于10%，宜大于20%。

【条文说明】单次调节能力，在保障建筑自身正常运行的条件下，可调资源依据单次外部指令在30min~2h内，调节自身用电负荷功率的能力。单次调节电量比例 γ 应按下列公式计算：

$$\gamma = \frac{\int_t^{t+T} |P(t) - P_0(t)| dt}{\int_t^{t+T} P_0(t) dt} \quad (3.5.3-1)$$

式中： γ ——光储直柔系统单次调节电量比例

T ——按最大调节容量调节时，光储直柔系统可以保持的最大可持续的时长（h）

3.5.4 功率偏差指标和电量偏差指标应小于40%，宜小于20%。

【条文说明】建筑光储直柔系统连续调节能力指标包括相对于全天24小时计

划目标功率曲线的功率偏差指标和电量偏差指标。连续调节能力为在保障建筑自身正常运行的条件下，可调资源依据连续外部指令在全天 24 小时内，调节自身用电负荷功率的能力。功率偏差指标为调节期间，建筑光储直柔系统在 t 时刻（15min 时间窗）的平均功率与调节指令的目标功率绝对差值与调节指令的目标功率的最大比值；电量偏差为 24 小时调节周期内，同时刻实际功率与调节指令的目标功率绝对值的累计之和与调节指令目标功率累计之和的比值。功率偏差指标 α_p 和电量偏差 α_Q 应按下列式计算：

$$\alpha_p = \max \left(\left| \frac{P(t) - P^*(t)}{P^*(t)} \right| \right) \quad (3.5.4-1)$$

$$\alpha_Q = \frac{\int_t^{t+T} |P(t) - P^*(t)| dt}{\int_t^{t+T} P^*(t) dt} \quad (3.5.4-2)$$

式中： α_p ——各时刻（15min 时间窗口）平均功率偏差

α_Q ——整个调节过程调节电量偏差

$P(t)$ ——建筑光储直柔系统在 t 时刻的平均功率（kW）

$P^*(t)$ —— t 时刻的调节指令的目标功率（kW）

T ——全天 24 小时为调节周期

3.5.5 建筑光储直柔系统单次调节时长应大于 1h，宜大于 2h。

【条文说明】单次调节时长，指建筑光储直柔系统运行功率达到目标控制功率，且功率偏差始终控制在容许范围以内时间长度，单位 min，应按下列式计算：

$$T_2 = T_{(\alpha_p - \alpha)} - T_{[0.9 \times (P^* - P)]} \quad (3.5.5-1)$$

式中： $T_{(\alpha_p - \alpha)}$ ——光储直柔系统运行功率偏差首次超容许范围的时刻

$T_{[0.9 \times (P^* - P)]}$ ——光储直柔系统运行功率首次达到调节指令目标值 90% 的时刻

α ——调节过程中容许的最大功率偏差值

4. 设计措施

4.1 一般规定

4.1.1 建筑光伏发电系统应根据建筑物的类型和使用功能，与建筑结合，综合考虑太阳光照条件、安装条件、并网接入等因素进行选型和设计，不应降低相邻建筑物的日照标准，符合所在建筑部位的建筑性能和设计使用年限的规定，满足安装和维护的要求。

4.1.2 应考虑建筑平面布局、建筑负荷、光伏发电自用率、经济性等因素，设计适宜电量和功率的储能系统，增强建筑柔性调节能力；储能系统设计在满足安全性和可靠性的同时，宜优先采用新技术、新工艺、新设备、新材料。

【条文说明】应根据建筑物的用途、规模、使用特点、负荷变化情况、参数要求、所在地区气象条件和能源状况，以及设备价格、能源预期价格等，经技术经济比较确定储能形式和储能容量配比。功能复杂、规模较大的公共建筑，宜进行方案对比并优化确定。柔性调节能力指建筑及其使用者利用电气设备、电化学储能、储热（冷）、建筑围护结构热惰性或用电行为调整等手段，实现具备建筑用电功率主动调节的能力。

4.1.3 直流配电系统设计应以实现建筑电力交互为目标，实现建筑光伏、建筑储能、用电负荷与市电网供电的动态平衡。

【条文说明】直流配电系统可促进建筑负载需求多样化，满足分布式光伏及储能的接入要求，在进一步改善建筑电能质量、增强柔性调节能力等方面起到积极作用。

4.1.4 建筑光储直柔系统应尽量接入具有柔性调节能力的负载，最大化系统的柔性调节能力。

【条文说明】具有柔性调节能力的负载，即功率可主动或被动调整的负载。

4.2 建筑光伏

4.2.1 建筑屋顶安装太阳能光伏的面积应根据建筑物屋顶面积及安装比例核算。

【条文说明】建筑屋顶安装太阳能光伏面积计算参考上海市《关于推进本市新建建筑可再生能源应用的实施意见》中的相关方法，根据本导则规定的指标要求，明确太阳能光伏安装比例后进行核算。其中，太阳能光伏系统安装在屋顶时，其安

装面积为建设用地上所有建筑物屋顶总面积与光伏安装比例的乘积，若太阳能光伏系统安装在立面时，安装面积应乘以系数0.6，改建、扩建建筑参照该实施意见实施。

4.2.2 建筑光伏在平屋面、坡屋面、阳台或平台、墙面、玻璃幕墙等场所的安装形式，应满足以下要求并符合现行国家标准《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368 的相关规定。

1.平屋面、阳台或平台安装光伏组件，在总体布置时宜综合考虑最佳倾角、安装容量、年发电量最多等因素。为提高光伏安装容量，宜采用刚性支架或索结构柔性支架架空布置方式；

2.坡屋面的坡度宜与光伏组件在该地区年发电量最多的安装角度相同；宜采用平行于屋面、顺坡镶嵌或顺坡架空的安装方式；光伏瓦宜与屋顶普通瓦模数相匹配，不应影响屋面正常的排水功能；

3.阳台或平台栏板上的光伏组件支架应与栏板主体结构上的预埋件牢固连接；构成阳台或平台栏板的光伏组件，应符合刚度、强度、防护功能和电气安全要求，其高度应符合护栏高度的要求。

4.2.3 建筑光伏组串方式、电压范围应符合现行国家标准《光伏发电站设计规范》GB 50797、《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368 的相关规定。

【条文说明】在建筑光伏组串设计方式中，同一光伏组件串中各光伏组件的电性能参数宜保持一致，光伏组件串的串联数应按照国家标准《光伏发电站设计规范》GB 50797 中式 6.4.2-1、6.4.2-2 计算。

建筑光伏系统各并网点电压等级宜根据装机容量按《建筑光伏系统应用技术标准》GB / T 51368 表 8.3.2 选取，最终并网电压等级应根据电网条件，通过技术经济比选论证确定。当高低两级电压均具备接入条件是，宜采用低电压等级接入。

4.2.4 建筑光伏支架材料应符合现行行业标准《太阳能光伏系统支架通用技术要求》JGT 490 的相关规定。

4.2.5 建筑光伏支架结构设计应符合现行国家标准《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368 和行业标准《光伏支架结构设计规程》NB/T 10115 的相关规定。

4.2.6 不同类型光伏组件的初始发电效率及自投产之日起一年内衰减率，应符合当

年国家和上海市相关标准、政策的要求。

【条文说明】初始发电效率（PV module efficiency），光伏组件在标准测试条件（STC）下的组件发电效率（%）。

4.2.7 光伏发电系统能效大于 82%。

【条文说明】系统能效（PV system performance ratio, PR）：光伏发电系统某时段内等效利用小时数与光伏组件倾斜面峰值日照小时数的比值注:光伏发电效率通常用系统能效计算，系统能效的大小通常由光伏组件转换效率、光伏组件积损失率、光伏组件串联失配率、光伏组串并联失配率、光伏逆变器转换效率、光伏发电单元效率、电缆线路损、变压器效率等环节因素决定。系统能效比的计算按照下式计算：

$$PR = \frac{E}{(P \times \frac{H}{G})} \times 100\% \quad (\text{式 4.2.7-1})$$

式中：E——光伏系统净发电量（单位：kW·h）

P——光伏系统全部光伏组件装机容量（单位：kWp）

H——光伏组件倾斜面在测试期间接收的单位面积累积辐射量（单位：Wh/m²）

G——组件所用标准测试条件下辐照度（单位：1000W/m²）

4.3 建筑储能

4.3.1 【储能形式】宜优先设置电化学储能、V2G 充电桩和换电设备，或预留安装条件；当采用其他形式储能时，应符合现行相关标准的规定。

【条文说明】换电设备是可供新能源汽车进行电池更换的设备；通过使用换电设备可实现 V2G 充电桩所能实现的建筑功率调节与储能效果，增加建筑光伏的消纳率，变建筑刚性用能为柔性用能。对于暂未安装电化学储能、V2G 充电桩和换电设备的建筑，宜考虑未来情境下安装上述设备时所需的电力负荷，同时宜预留足够的设备安装空间。

在设计冰蓄冷、相变材料蓄热等形式储能时，应符合现行国家标准包括：《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736，《蓄冷系统用蓄冰槽：型式与

基本参数》GB/T 25859，《蓄热型电加热装置》GB/T 39288，《热交换器》GB/T 151；宜符合现行行业标准包括：《蓄冷空调工程技术规程》JGJ 158、《绿色建材评价标准——建筑用蓄能装置》TCECS 10060、《相变蓄热供暖工程技术标准》T/CABEE033。

4.3.2 【储能参数设计】储能参数的设计满足以下要求：

1.建筑储能容量宜根据建筑光伏发电量、建筑负荷以及光伏发电自用率等配置，满足建筑光储直柔系统用电柔度和电力交互需求；

2.选用的储能电池容量保持率应 $\geq 80\%$ ，电池容量保持率是指电池在应用一定的时间后，可以保持的充放电容量占初始充放电容量的比例；

3.采用隔离型储能变换器时，充放电循环效率应大于 86% ；采用非隔离型储能变换器时，充放电循环效率应大于 90% 。

4.3.3 储能选址满足以下要求：

1.电化学储能宜在建筑外单独设置，置于建筑内时应设置独立房间满足消防要求；

2.应远离噪声敏感区域，做好隔声降噪措施；

3.其他形式的储能选址应符合相应国家及地方标准。

4.3.4 储能安全防护满足以下要求：

1.电池管理系统应具备储能电池电压、充放电电流、荷电状态、能量状态、最大允许充放电功率等信息的监控功能；

2.电池管理系统应具备三级保护功能；

3.电池管理系统电源应从电池侧获取；

4.电池管理系统应符合现行国家标准《电化学储能电站锂离子电池管理系统》GB/T 34131-2023 的相关规定，具备自动上传电池管理系统所监测的电池运行信息至建筑管理系统的功能；

5.储能电池应具备专用的消防灭火装置和独立的控制回路；

6.全部储能设备均应满足现有国家与行业标准所规定的安装与运行要求，线管标准，包括但不限于《电化学储能电站安全规程》GB/T 42288-2022、《电化学储能电站设计规范》GB 51048-2014、《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规

范》T/CEC 373。

4.3.5 对于冰蓄冷、相变材料蓄热等形式储能系统，采样时间间隔不宜大于 15 分钟，并宜对下列参数和设备状态进行监测和记录：

- 1.蓄热装置和蓄热系统的进出口温度和流量；
- 2.蓄热装置内部温度和装置剩余的蓄热量；
- 3.蓄热装置的其他状态参数及故障报警信息；
- 4.热源设备的进出水温度和流量；
- 5.系统相关的电动阀门的阀位状态；
- 6.系统当前所处的电力峰谷时段、负荷率、运行模式等状态信息；
- 7.系统蓄热（冷）量、供热（冷）量的瞬时值和累计值，各设备分项能耗的瞬时值和累计值；
- 8.室内温度参数；
- 9.其他应检测的设备状态参数。

4.4 建筑直流配电系统

I 配电系统

4.4.1 直流配电系统的设计原则应尽量减少电压变换次数，实现系统的高效性、经济性、可靠性和安全性，并应满足兼容性和开放性的要求。

4.4.2 直流配电系统的网络拓扑结构应选用放射式。

4.4.3 直流配电系统接线形式宜采用单极结构。

4.4.4 直流配电系统的控制柜应配备不间断电源，保障出现故障时能量管理系统的基础功能可正常运行。

4.4.5 直流配电系统设备的工作电压应符合下列规定：

- 1.当直流母线电压处于 90%~105%额定电压范围时，设备应能按其技术指标和功能正常工作；
- 2.当直流母线电压超出 90%~105%额定电压范围，且仍处于 80%~107%额定电压范围时，设备可降额运行，不应出现损坏；
- 3.当直流母线电压超出 80%~107%额定电压范围，且持续时间不超过 10ms 时，

直流母线电压恢复到 90%~105%额定电压范围后，设备宜自动恢复正常运行。

4.4.6 电能变换器及用电设备应采取措施限制接通时的冲击电流，并应符合下列规定：

1.额定功率小于等于 750W 的设备，接通时的冲击电流幅值不应大于设备额定电流的 120%。

2.额定功率大于 750W 的设备，接通时的冲击电流幅值不宜大于设备额定电流的 120%。

4.4.7 直流配电线路中应装设直流过载及短路的保护设备，且上下级保护设备之间应具有选择性，大容量的开关设备宜配置微机保护功能。

4.4.8 直流配电系统中，DC750V 或 DC375V 的直流母线与设备之间应设置隔离电器，隔离电器宜采用具备隔离功能的直流断路器，直流断路器的选择应具有过流保护和电气隔离、具备直流灭弧功能、应选用无极性、多极非自复型。

4.4.9 直流配电系统的接地形式应根据现场条件选择，宜采用 IT 接地系统。

4.4.10 直流正负母线上应安装绝缘监测装置，实时监测线路绝缘状态。

4.4.11 DC110V 及以上直流配电系统配电回路应设置直流剩余电流保护装置（RCD），且 RCD 的动作电流不宜大于 80mA。

4.4.12 直流电设备的选址应综合考虑光伏、储能及负载的位置，宜单独设置房间，房间设置应符合相关现行国家标准的规定，且宜设置环境监控系统，配置温度、湿度、水浸等环境采集设备。

【条文说明】相关标准包括《民用建筑电气设计标准》GB 51348、《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024、《建筑防火通用规范》GB 55037 等。

4.4.13 当采用 DC48V 系统时，宜采用多模块分区供电，单模块的供电半径不宜超过 20m。

II 变换器

4.4.14 变换器选型应以直流母线侧的额定功率、额定电压和额定电流作为依据，且变换器的技术资料中应包含下列信息：

1.不同直流母线电压下的电流和功率限值，电压-功率（电流）曲线；

- 2.0~100%额定功率时的效率，功率-效率曲线；
- 3.变换器主电路类型和参数，变换器预充电过程电流曲线；
- 4.过流保护、过温、过（欠）压保护参数，包括动作阈值、动作时间和动作类型；
- 5.在直流母线侧短路故障情况下，设备的短路故障电流特性；
- 6.变换器故障信息表。

4.4.15 变换器效率符合下列规定：

- 1.非隔离型变换器的最高效率应不低于 97%；
- 2.单向隔离型变换器的最高效率应不低于 95%；
- 3.双向隔离型变换器的最高效率应不低于 94%；
- 4.在额定电压和 20%额定功率条件下的效率，与最高效率的差应不大于 5%。

4.4.16 变换器宜采用模块化结构，并可通过热拔插的方式进行更换。

4.4.17 变换器控制电源来源应符合以下规定：

- 1.交直流变换器从变换器内部的直流母线取电，即无论交流或者直流侧有电，变换器均可工作；
- 2.储能变换器应从储能电池侧取电；
- 3.光伏变换器应从光伏接入侧取电；
- 4.负载变换器应从变换器接入直流母线侧取电；
- 5.母线变换器应从变换器接入母线侧取电。

4.4.18 交直变换器应符合下列规定：

- 1.应具备直流稳压功能，并可根据指令调整直流电压；
- 2.当交流电压在允许范围内、直流电流在 0~100%额定电流范围内变化，且直流电压设定在 80%~105%额定电压范围内任意值时，直流电压控制误差不应大于 1.5%；
- 3.对于额定功率小于等于 30kW 的交直变换器，交流侧 100kHz 及以下泄漏电流总有效值应小于等于 300mA；对于额定功率大于 30kW 的交直变换器，交流侧 100kHz 及以下泄漏电流总有效值应小于等于 10mA/kW；
- 4.谐波、功率因数等技术性能应满足交流电网接入的要求。

4.4.19 光伏变换器宜采用升压型直直变换器，并应符合下列规定：

1.应具备最大功率点跟踪和限压功能，并宜具备稳压功能；

2.当直流母线电压低于 70%额定电压且持续时间超过 1s，或有外部指令要求时，光伏变换器应能通过内部可控开关主动从直流母线断开。

4.4.20 电压适配变换器应具备电压和功率控制功能，且电压控制误差不超过 1.5%，宜采用隔离型变换器；电压适配变换器宜具备根据输入电压变化等比例调节输出电压的功能，且其变化比例可调节。

4.4.21 在 120%额定功率或 120%额定电流条件下，变换器正常工作时间不应小于 10s。

4.4.22 变换器宜具备速断和反时限两种过流保护功能，并应允许对反时限保护特性进行调整。

【条文说明】短路故障穿越功能可以看作是一种反时限过流保护的特殊形式，交直变换器和储能变换器宜具备短路故障穿越功能，持续时间不应少于 625ms，且故障穿越期间电流限值不应小于 120%额定电流。

4.4.23 变换器应具备电压异常保护功能，并应符合下列规定：

1.当直流母线电压高于 107%额定电压后，变换器应在 10ms 内停止向直流母线输出功率；

2.除特殊要求外，当直流母线电压低于 70%额定电压后，直流母线对设备输出的功率应在 10ms 内降为 0。

4.4.24 变换器应具备防反接和短路保护功能。

4.4.25 变换器应具备电量检测功能，精度等级 ≤ 1.0 。

4.4.26 变换器应具备但不限于 CAN、MODBUS 等通讯功能，能够响应外部指令并能够将运行信息和状态信息通过通讯上传。

4.4.27 变换器接线端子的爬电距离和电气间隙应符合现行国家标准《高压电力设备外绝缘污秽等级》GB/T 5582 的相关规定，且耐压等级不低于 1000V。

III 直流末端设备

4.4.28 直流末端设备宜根据项目需求进行设置，包括但不限于空调、照明灯具、插

座、电热水器、充电桩等功率具有柔性调节能力的负载。

4.4.29 直流末端设备宜具备功率主动响应功能，为用电负荷优化和参与电力交互提供便利。

4.4.30 空调系统宜采用变频空调系统，可对末端温度设定进行集中控制；采用集中式空调的系统，可对末端及主机进行集中控制。

【条文说明】变频空调的调频过程是通过直流逆变成不同频率的交流电，采用直流供电可减少交流供电时的一道整流过程，提升变频效率，减少用电器的材料成本。变频空调的运行可以主动或被动调整功率，根据光伏发电情况主动适应或被动调节。

4.4.31 照明系统应符合以下要求：

1.应结合建筑天然采光设计照明布线，在建筑天然采光较好的建筑外区设置天然采光人工照明联动的系统；

2.宜配备驱动器，具备照度调节功能，额定电压宜为 DC220V 或 DC48V。

4.4.32 安全电压适配器应配置支持功率传输协议的接口，宜为 USB 接口；工作电压范围应为 38V~53V，额定输入电压宜为 DC48V。

4.4.33 直流插头和插座的额定电流不宜大于 16A，并应符合下列规定：

1.应具备防止插错和防止电弧产生的功能，并应明显区别于交流插头和插座；

2.额定电压 DC48V 的直流插头和插座，应采用“2P”形式，不应具有保护接地线的接点；

3.额定电压 DC375V 的直流插头和插座，宜采用“2P+PE”形式。

IV 桥架与线缆

4.4.34 直流配电系统线缆应符合下列规定：

1.直流电缆的桥架应与交流电缆桥架分开，且具备明显的标识；

2.直流配电系统线缆宜选择多芯护套型，且采用不同符号和颜色予以明确标示。

当建筑中同时存在交流配电和直流配电系统时，交直流线缆均应具有明显标识。

3.电缆类型和载流量应符合现行国家标准《额定电压 1kV（Um=1.2kV）到 35kV（Um=40.5kV）挤包绝缘电力电缆及附件 第 1 部分：额定电压 1kV

($U_m=1.2kV$) 和 $3kV$ ($U_m=3.6kV$) 电缆》GB/T 12706.1 和《家用和类似用途电器的安全 第 1 部分:通用要求》GB 4706.1 及其他现行相关标准的相关规定。

4.4.35 直流配电线路在室内桥架布线时,宜单独敷设电缆桥架,不与交流线路共用,直流一次侧,二次侧走线槽宜分开敷设;当与交流线路敷设在同一竖井中,应分管(槽)敷设,且应设置清晰标识,交直流线缆的线色应做好区分。

V 安全与保护

4.4.36 直流配电系统绝缘监测装置(IMD)应具备本地参数设置和状态显示功能,在异常情况下应能通过声光方式报警,并采用无源节点或通信等方式提供远程保护。

4.4.37 应能对各级线路同时进行监测,且应允许对各级线路分别设置保护动作和阈值。

4.4.38 直流配电系统剩余电流保护装置(RCD)应符合下列规定:

1.应具备直流剩余电流监测和保护功能;

2.宜具备交流剩余电流监测功能,并能对交流剩余电流突变采取保护动作。

4.4.39 直流配电系统应具备电压异常保护功能,保护功能应符合现行团体标准《民用建筑直流配电设计标准》T/CABEE030 的相关规定。

4.4.40 直流配电系统采用 IT 接地形式时,DC220V 及以上的直流母线应具备绝缘监测功能,并应符合现行团体标准《民用建筑直流配电设计标准》T/CABEE030 的相关规定。

4.4.41 当外部交流电压窜入直流配电系统时,直流配电系统应能识别并报警。

4.4.42 DC48V 系统应采用安全特低电压防护。

4.4.43 DC750V 系统不宜布置在人员频繁活动区域,配用电设备应设置用电安全标识;配用电设备应配置可靠锁闭,确保非专业人员无法正常打开。

4.4.44 直流配电系统应具备人员安全防护能力,并应符合现行团体标准《民用建筑直流配电设计标准》T/CABEE030 的相关规定。

4.5 建筑柔性系统

4.5.1 柔性系统设计应包括硬件和软件设计两部分,硬件包括配电系统的柔性控制单元以及末端设备的柔性控制单元。

4.5.2 柔性系统的硬件设计应符合以下要求：

- 1.宜独立安装，不与强电系统混装；混装时，应增加隔离屏蔽装置；
- 2.配备 UPS 设备，在市政电网断开时，保证控制系统运行不低于 5min；
- 3.所有采集的信号应经过传感器/变送器转换，不得将强电信号直接接入柔性控制系统；
- 4.各类信号电缆宜采用双绞带屏蔽型，且线径不小于 0.25mm²；
- 5.传输距离大于 1km 的信号宜经过光电转换器后通过光纤传输。

4.5.3 柔性控制系统软件应具备以下功能：

- 1.对可再生能源利用量和利用率进行计算、统计、分析和展示；
- 2.对用电设备和用能形式进行分项计算、统计、分析和展示；
- 3.具有数据备份机制，具备保障数据安全功能；
- 4.具备对异常情况的自处理功能；
- 5.具备友好的人机操作界面与监测显示界面。

4.5.4 柔性控制系统宜进行碳排放监管，对建筑运行碳排放进行动态统计、分析和展示。

I 系统监测

4.5.5 柔性控制系统应具备以下功能：

- 1.监测直直变换器输入输出的工作电压、工作电流、工作温度、运行状态、故障报警等；
- 2.采集电源设备、主要用电设备和配电设备的电压、电流、功率、电量和运行状态等信息，采集间隔不大于 1s；
- 3.监测交直变换器直流侧和交流侧的工作参数。
- 4.直流配电系统宜在 DC750V 和 DC375V 电源侧设置电能计量装置，电能计量装置准确度等级不应低于 0.5 级；
- 5.监测电池管理系统的工作电压、工作电流、工作温度、运行状态、故障报警与保护、电池监控度等；
- 6.具备对监测数据进行基本去噪和抗干扰的能力；

- 7.支持设备工作状态识别，设备故障信息分类、分级、自动记录能力；
- 8.存储不少于 2 年的历史运行数据和故障记录。

【条文说明】直流侧工作参数包括但不限于：工作电压、工作电流、工作温度、运行状态、故障报警；交流测工作参数包括但不限于：电压波动与闪变、电压不平衡、电流不平衡、谐波分析和越限监视、电压暂升、电压暂降与短时中断、电压瞬变、频率偏差、暂时过电压和瞬态过电压等。

4.5.6 柔性控制系统宜对环境进行监测，包括但不限于建筑内的照度、温度、湿度等环境参数。

4.5.7 宜搭建云端柔性控制系统，实现异地监测与控制；云端柔性控制系统的监测数据应能及时、准确、完整呈现系统各设备的工况变化情况。云端柔性控制系统宜具备如下功能：

- 1.各设备主要电能参数的历史数据查询，并以图表等形式进行合理呈现，同时宜具备历史数据下载功能；

- 2.设备故障信息自动存储与推送能力。

4.5.8 应配备视频监控，对储能电池和配电系统实时监控，为故障原因排查提供依据。

II 控制运行

4.5.9 柔性控制系统应具备如下功能：

- 1.应具备本地控制配电系统、直流末端设备的功能，宜具备远程控制的功能，且远程和本地控制功能应有互锁保障措施；

- 2.手动和自动控制、软件急停和硬件急停、故障报警与保护等功能；

- 3.对异常情况的自处理功能。

4.5.10 柔性控制系统宜具备如下功能：

- 1.建筑整体用电柔性控制功能；

- 2.与电网双向互动功能，宜根据自身条件，积极参与电力需求响应、电力交易等行动。接收电力需求响应信息后，系统应按照约定执行需求响应计划，并具有监测、记录、执行、验证等功能；

3.负荷和建筑光伏发电功率预测功能。

4.5.11 柔性控制模式应满足以下要求：

1.应优先使用可再生能源，实现可再生能源本地消纳最大化；

2.应具备并网和离网模式切换的功能；控制系统故障或瘫痪时，应具备切断光伏和储能系统的功能，预留手动接口接入市电，保证用电可靠及用电安全；

3.应具备根据电价、电网指令或预设运行目标自动切换运行模式的功能，宜根据所在区域气候特点、建筑负荷、电价情况进行系统末端设备的自适应调整；

4.应响应当地政府和电网的电力安全应急管理要求；

5.应预留人工操作干预权限，维护系统稳定运行；

6.宜具备智能化学习功能，实现自优化柔性控制。

III 通信系统

4.5.12 应构建本地局域工业通信网络，保证系统监测数据和控制指令在本地各设备间的实时、可靠传输。

4.5.13 宜构建广域通信网络，保证本地柔性控制系统与云端柔性控制系统信息交互的及时性。

4.5.14 柔性控制系统应预留以下接口：

1.与末端用电器交互的接口；

2.与电池管理系统交互的接口；

3.与直流配电系统交互的接口；

4.应具备远程控制交互接口；

5.应具备与电网友好互动的接口，并符合现行国家标准《电力需求响应系统通用技术规范》GB/T 32672 和《需求响应效果监测与综合效益评价导则》GB/T 32127 的相关规定。

4.5.15 柔性控制系统至少支持一项通信协议，包括但不限于 RS232、RS485、CAN、TCP/IP 等。

5. 施工与验收

5.1 一般规定

5.1.1 为保障建筑光储直柔系统工程的安全顺利实施，施工单位的安全负责人和工程技术负责人应做好安全交底和安全技术交底。

5.1.2 项目施工前应组织现场工程师、施工人员、监理人员等进行光储直柔系统技术专项培训，并制定好专项施工方案。

5.1.3 项目施工现场应设置建筑光储直柔关键施工环节的工艺样板。

【条文说明】关键施工环节是光伏系统组件安装、直流配电箱安装、布线、直流配电系统接地、直流用电设备安装等环节。

5.1.4 光储直柔系统项目施工应符合国家、地方及行业相关规定及要求。

5.2 施工要求

I 光伏

5.2.1 光伏安装基础施工前，应根据现行国家标准《光伏电站设计规范》GB 50797 的相关规定进行土地准备和平整工作。

5.2.2 组件安装应符合以下规定：

1.根据现行标准《分布式光伏发电工程技术规范》DB11/T 1773 的相关规定运输和拆装光伏组件，确保组件安全，避免损坏及污染；

光伏组件安装包括组件固定和电气连接，光伏组件安装应符合施工设计要求和现行标准《建筑太阳能光伏发电应用技术标准》DG/TJ 08-2004B-2020 J 11326-2020 的相关规定。

5.2.3 光伏电气施工应符合以下规定：

1.电缆敷设和接线要求应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168 中的相关规定，确保电气系统的稳定和低损耗；

2.直流光伏电缆和光伏连接器应排列整齐、固定牢固，不应出现自然下垂现象，电缆与连接器连接处不应弯曲拉扯过紧，应松紧适度，组件间的直流光伏电缆宜采用绝缘金属轧带固定在支架上；

3.电缆允许的最小弯曲半径应符合电缆绝缘及其构造特性要求；

- 4.明配管线宜沿墙脚敷设，管卡固定间距不宜大于 1.2m；
- 5.电缆敷设应避免物品尖锐边缘，不同回路、不同电压的交流与直流电线不应敷设于同一保护管内，且管内电缆不应有接头。穿管布线宜避开高温发热物体；
- 6.光伏方阵的输入、输出端应有明显的极性标志和子方阵的标识；
- 7.光伏组串到汇流箱之间的电缆应遵循先敷设后连接的顺序，电缆连接器制作时不应带电操作。

II 储能

5.2.4 电化学储能系统的基础施工应符合以下规定：

- 1.电化学储能施工前应根据《电化学储能电站设计规范》GB 51048 有关规定，进行场地准备和平整工作；

- 2.电化学储能设备和配套设施包含电池组、电池管理系统和消防设施，应根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《电化学储能电站设计规范》GB 51048 的有关规定进行布置，安装应安全可靠。

5.2.5 电化学储能电气系统安装应符合以下规定：

- 1.电气系统包括逆变器、变压器和断路器等，电气设备安装和连接应符合现行国家标准《电化学储能电站设计规范》GB 51048 的相关规定；

- 2.电缆敷设和接线施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254 的相关规定；

- 3.电池模组间宜采用快速插拔方式连接。当多个储能电池模组或储能电池簇并联时，应配置隔离电器，且隔离电器宜采用多极型式的隔离开关或具备隔离功能的断路器。

5.2.6 冰蓄冷、相变材料蓄热等形式储能系统的施工与安装，应符合现行国家标准、宜符合现行行业规范。

【条文说明】封装冰蓄冷、相变蓄热材料时，应符合《压力容器》GB 150 的相关规定；运输、安装蓄冷设备材料时，应符合《蓄冷系统用蓄冰槽：型式与基本参数》GB/T 25859、宜符合《蓄能空调工程技术标准》JGJ 158-2018 的相关规定；运输、安装相变蓄热材料时，宜符合《绿色建材评价标准——建筑用蓄能装置》

TCECS 10060、《相变蓄热供暖工程技术标准》T/CABEE033 的相关规定；将冰蓄冷、相变材料蓄热等形式储能与民用建筑暖通空调系统相结合时，应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736。

III 直流配电系统

5.2.7 同一用电设备不得同时接入不同的直流母线。

5.2.8 电缆敷设应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168 的相关规定。

5.2.9 直流电源总控制柜和分配电箱（柜）的安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 和《低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：总则》GB/T 7251.1 的相关规定。

5.2.10 直流配电系统的接线应符合以下规定：

1.系统所用线缆规格、颜色、数量等应符合工程合同、设计文件、设计材料清单的要求，材料清单或设计变更时，应有更改审核单；

2.线缆连接应正确、接触良好，不应有碰地、短路、断路、虚接、漏焊、错焊等情况；

3.线缆布放应平直、整齐，绑扎间隔均匀、松紧合适，扎带头应放在隐蔽处；

4.系统应保证地线连接可靠；

5.直流线缆中间不宜有接头，直流配电各回路应便于区分标识以及接线操作，结构清晰。

5.2.11 直流配电系统安装应确保安全操作，并应符合下列规定：

1.电气设备运至现场后，应核对数量、规格和型号，进行外观检查，仪表应检定合格，且在有效期内。设备应无锈蚀及机械损伤，各部件完整，紧固部位无松动，各项技术参数符合设计文件要求；

2.设备存放应满足产品技术文件中要求，宜存放在通风、干燥和没有腐蚀性气体的室内，不得倾倒；若室外放置时底部应垫高，并采取可靠的防雨、防潮等措施；

3.安装前应办理停电手续，安装挂载设备时应手动断开电源和回路断路器；

4.安装时应对已停电电源进行验电，确认电源无电及在施设备挂接地线；

5.安装时应有专人安全监护，执行正确接线顺序，使用绝缘工具，佩戴绝缘手套，站在绝缘垫（台）上；

6.配电设备安装用的紧固件应采用镀锌制品或不锈钢制品；电气接线端子用的紧固件应符合现行国家标准《高压电器端子尺寸标准化》GB/T 5273 的有关规定；设备存放应满足产品技术文件中要求，宜存放在通风、干燥和没有腐蚀性气体的室内，不得倾倒；若室外放置时底部应垫高，并采取可靠的防雨、防潮等措施；

7.安装结束及恢复供电前，应检查设备，设备内不应残留导线（头）、螺钉、工具等；

8.安装完成后应对完成的分项工程逐项自检，并在自检全部合格后，再进行分项工程验收。

5.2.12 直流中、低压成套开关设备的安装应符合以下规定：

1.开关设备应按照设计图纸和制造厂编号顺序安装；

2.开关设备屋内安装时，进、出线柜应与进、出线套管或预留孔洞的相对位置保持一致，母线安装时不得使进、出线套管承受机械应力；双侧布置时，对侧柜的相对位置应一致。室内各种通道的最小宽度（净距）、柜顶与屋面的距离应符合设计要求；

3.成列开关设备的接地母线与主接地网应有不少于两处明显可靠连接点；金属柜门应采用不小于横截面积 4 mm^2 的铜软线与柜体构架可靠连接；开关设备应有供检修用的接地端子。

5.2.13 变压器箱体及其防护罩、围栏的保护接地、变压器接地引下线及其与主接地网的连接应符合设计文件及规范要求，接地应可靠，紧固及防松零件应齐全，户内接地引线应涂黄绿相间条纹。

【条文说明】变压器的作用是将输入电源与输出负载之间隔离，以达到保护电路和人身安全的目的。它可以将输入电压降低或升高，同时保持输入输出之间的电气隔离，避免电源中的噪声和干扰影响到负载，提高电路的稳定性和可靠性。此外，变压器还可以作为信号隔离器使用，将输入信号与输出信号隔离，避免信号干扰和损失。隔离性能好：变压器具有良好的隔离性能，可以有效地隔离输入和输出端的电气参数，从而保证了电气安全性。

5.2.14 二次回路接线应符合以下规定：

- 1.熔断器的规格、断路器参数应符合设计文件及级配要求；
- 2.导线与电气元件间的连接应牢固可靠，多股导线与端子、设备的连接应压终端附件连接；
- 3.开关设备内的二次回路不应有接头，芯线应无损伤；
- 4.二次电缆芯线和所配导线的端部均应标明其回路编号，编号应正确、清晰；
- 5.每个接线端子的每侧接线宜为 1 根，不得超过 2 根；对于插接端子，不同截面的导线不得接在同一端子中，螺栓连接端子接两根导线时，中间应加平垫片；
- 6.信号回路的声、光、电信号等应正确，工作应可靠；
- 7.连接片应接触良好，相邻连接片间应有足够的安全距离；
- 8.在油污环境中的二次回路应采用耐油的绝缘导线，在日光直射环境中的绝缘导线应采取防护措施。

5.2.15 配用电设备的下列金属部分均应接地：

- 1.电动机、变压器、移动设备等的金属底座和外壳；
- 2.电气设备的传动装置；
- 3.屋内外配电装置的金属或钢筋混凝土构架，以及靠近带电部分的金属遮栏和金属门；
- 4.配电、控制、保护用的屏、柜、箱及操作台等的金属框架和底座；
- 5.交、直流电力电缆的接头盒、终端头与膨胀器的金属外壳和可触及的电缆金属护层及穿线的钢管；穿线的钢管之间或钢管和电气设备之间有金属软管过渡的，应保证金属软管段接地畅通；
- 6.电缆桥架、支架和井架；
- 7.承载电气设备的构架和金属外壳；
- 8.气体绝缘全封闭组合电器的外壳接地端子和箱式变电站的金属箱体；
- 9.铠装控制电缆的金属护层；
- 10.互感器的二次绕组。

5.2.16 配用电设备的下列金属部分可不接地：

- 1.在木质、沥青等不良导电地面的干燥房间内，直流额定电压为 375V 及以下

的配电设备的外壳，但可能同时触及上述配电设备的外壳和已接地的其他物体时，则应接地；

2.在干燥场所，直流额定电压为 110V 及以下的配电设备的外壳；

3.安装在配电屏、控制屏和配电装置上的电气测量仪表、继电器和其他低压电器等的外壳，以及当发生绝缘损坏时，在支持物上不会引起危险电压的绝缘子的金属底座等；

4.额定电压为 220V 及以下的蓄电池室内的金属支架。

5.2.17 直流配电系统的接地装置应符合以下规定：

1.与地构成闭合回路且有电流经过的，其接地线应沿绝缘垫板敷设，不应与金属管道、建筑物和配电设备有金属连接；

2.直流电力回路专用的中性线和直流两线制正极的接地极、接地线不得与自然接地极有金属连接；当无绝缘隔离装置时，相互间的距离不应小于 1m；

3.接地装置的敷设和接地线的安装应符合设计和行业规范的要求。

5.2.18 直流设备在安装前应进行全数检查，检查项目及应符合下列规定：

1.设备型号、规格应符合设计要求，设备外观无破损和变形现象；

2.设备固定牢固、接线牢固可靠、标识清晰；

3.电器开关、旋钮等活动器件活动应灵敏自如；

4.内部仪表、灭弧罩、瓷件等应无裂纹或伤痕；

5.附件应齐全、完好；

6.设备出厂检验合格证、使用说明书、电气接线图等应齐全。

5.2.19 直流照明施工技术要求：

1.直流电缆的敷设和接线要求应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的相关规定，确保连接可靠性和安全性；

2.直流照明灯具的布置和安装应符合现行国家标准《建筑照明设计规范》GB 50034 的相关规定。

5.2.20 直流空调施工技术要求：

1.根据现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的相关规定进行直流电缆的敷设和接线施工，确保连接可靠性和安全性；

2.根据直流空调设备厂家提供的安装指南和技术规范，执行正确的安装步骤和要求。

5.2.21 直流充电桩施工宜参考《电动汽车充电系统技术规范 第2部分：充电站及充电桩设计规范》SZDB/Z 29.2 及其他现行相关标准的规定。

IV 柔性系统

5.2.22 柔性系统施工应符合下列要求：

1.各电缆电线应具备清晰的标识且不易脱落，并应标明所连接设备的信息。

2.末端电器安装前应断开电源断路器，断开 10 秒后检查直流正负极间是否仍有电压，排除孤岛和元件剩余电荷隐患，以确保施工安全。

5.2.23 应确认末端电器配备出厂检测证书和安装手册，同时参照相关电气工程安装手册进行安装。

5.2.24 柔性系统通电运行时，应先检查接线电压是否符合柔性用电器的额定电压，再接通开关。

5.2.25 柔性系统电气施工调试应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254、《电气装置安装工程电力变流设备施工及验收规范》GB 50255 的相关规定。

5.3 验收要求

5.3.1 建筑光储直柔系统的检查主要包括对系统结构和系统设备的质量检查，检查内容主要为光伏组件、光伏支架、支架与组件的连接、支架与光伏配重基础的连接、电缆、储能电池、能源柔性管理器、用电设备等；参加验收的人员应具备国家规定的从业资格，验收应符合本导则和相关专业验收规范的规定。

【条文说明】建筑光储直柔系统的验收应符合《屋顶分布式光伏发电项目验收规范》T/HZPVA 001、《电化学储能电站启动验收规程》20214757-T-524、《民用建筑直流配电设计标准》T_CABEE030、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 中相关要求。

5.3.2 验收文件应包括设计文件、施工图纸、设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告和设备运行维护手册等。

5.3.3 验收前应对光储直柔系统的设备、电气连接、安全措施等进行复检，复检结果应符合设计及规范要求。

5.3.4 光伏系统的验收应包括以下内容：

1.检查和测试光伏系统的设备、组件、电气系统、支架及配重基础、接地装置等功能性要求；

2.验证光伏电站的运行状态、电网并网情况、保护装置运行数据等；

3.检查光伏系统环境保护、安全管理、施工质量等方面的规范性要求。

5.3.5 储能系统的验收应包括以下内容：

1.检查和测试储能系统的储能设备、电气系统、安全保护装置、控制系统等；

2.验证储能系统的储能效率、放电效率、能量损失、容量衰减等；

3.检查储能系统环境保护、安全管理、施工质量等方面的规范性要求。

5.3.6 直流配电系统验收应包括以下内容：

1.检查直流配电系统的设备安装基础、线缆的规格和连通、安全保护装置、控制系统等；

2.验证直流配电系统的电压稳定性、电流平衡性、电能质量、安全保护等；

3.检查直流配电系统环境保护、安全管理、施工质量等方面的规范性要求。

5.3.7 直流配电系统的检验应符合表 5.3.7-1 的规定。

表 5.3.7-1 直流配电系统的检验规定

序号	检验项目		检验方法
1	直流配电 设备	设备清单，附件	现场检查
2		外观检查	现场检查
3		标识检查	现场检查
4		出厂检验合格证说明书检查	现场检查
5		设备内部电气连线可靠性	现场检测
6		电气开关检查	现场检测
7		电源停电检查	万用表现场检测
8		绝缘防护检查	绝缘电阻测试仪现场检测
9		短路检测	万用表现场检测

10	外部接线	检查接线正确与否	现场检查+万用表现场检测
11		检查接地是否可靠	接地表现场检测
12	系统性能	电源通电指示	现场检查、检测
13		电压电流输出	现场检查、检测
14		应急开关灵敏性	现场检查、检测
15		各场景照明水平	现场检测
16		系统时间	现场检查、检测
17		系统参数断电保持检查	现场检查、检测
18		系统故障报警功能检查	现场检查、检测
19		系统功能检查	现场检查、检测
20		系统稳定性/可靠性测试	现场检查、检测
21		电能质量测试	现场检查、检测

5.3.8 建筑光储直柔系统的验收报告应包括验收过程、结果、存在的问题及改进建议。

6. 运维管理

6.1 一般规定

6.1.1 操作人员应接受操作培训，包括建筑光储直柔系统的系统原理、设备操作步骤、安全注意事项等内容，全面理解和熟练掌握系统的操作要求。

6.1.2 应编制系统操作手册，包括系统的结构和组成、设备的功能和参数、操作流程规范、安全注意事项等；操作手册应清晰明确，易于理解和操作。

【条文说明】控制室应悬挂系统操作流程和说明。操作流程规范应明确每个操作步骤的要求和顺序，包括特殊情况下的应急处理措施和操作指导。安全注意事项：应使用个人防护装备（如安全帽、手套、护目镜等）、遵守电气安全规范、正确使用工具和设备等。操作人员应按照规范的流程进行操作，确保操作的准确性和一致性。操作人员应严格遵守安全措施，确保自身和他人人身安全。

6.1.3 操作人员应进行操作记录和报告，记录操作的时间、步骤、结果和异常情况，存在问题和解决方案，并形成分析报告。

6.2 运行技术要求

I 光伏

6.2.1 光伏运行要求具体如下：

1.组件清扫维护：当光伏方阵输出功率低于自然衰减后输出功率的 85%时，宜进行清扫维护；清扫结束后如功率未恢复则应进行检修；风力大于 4 级、大雨、大雪等恶劣天气禁止清洗；

2.组件定期检查及维修：对组件边框、玻璃、电池片、组件表面、背板、接线盒、导线、铭牌、边框和支撑结构等进行定期检修，如有问题应即时调整或更换；

3.组件定期测试：包括对绝缘电阻、绝缘强度、组件 IV 特性、组件热特性等进行测试；

4.控制器运维要求：确保控制器接线正常，无松动、锈蚀现象，警示标识应清晰完整；

5.光伏变换器运维要求：确保变换器电气连接正常完整，无松动、锈蚀现象，散热环境良好，变换器中各模块功能正常。

II 储能

6.2.2 电化学储能系统应设定合理的充放电深度，剩余电量不宜低于 20%。

【条文说明】电化学储能系统荷电状态过低和完全放电等情况下，由专业人员恢复电化学储能系统的工作状态；在检修或其他情况需对电化学储能系统进行断电时，应检查电池剩余电量，保证在储能电池断电期间，电池剩余电量不宜低于 20%。

6.2.3 在应用电化学储能技术时，应针对以下内容制定计划并执行：

1. 电化学储能系统运行状态的监视、调节、巡视检查；
2. 电化学储能系统的操作、参数调整方法；
3. 电化学储能系统运行记录检查；
4. 电化学储能系统数据备份、统计、分析和上报；
5. 工作票、操作票、交接班、巡视检查、设备定期试验与轮换制度的执行；
6. 电化学储能系统内设备的原始记录、图纸及资料管理；
7. 电化学储能系统内房屋建筑、生活辅助设施的检查、维护和管理；
8. 制定对策预防电化学储能电站安全事故。

6.2.4 在运维冰蓄冷、相变材料蓄热等形式储能系统时，应符合现行国家标准、应符合现行行业规范。

【条文说明】与该条目相关的现行国家标准包括：《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736；与该条目相关的现行行业标准包括：《蓄冷空调工程技术规程》JGJ 158 和《相变蓄热供暖工程技术标准》T/CABEE033。

III 直流配电系统

6.2.5 应定期对直流配电系统的设备进行巡检和维护，并建立相应的巡检维护日志。

【条文说明】巡检内容包括电源设备、电池组、开关设备、保护装置等；检查设备的运行状态、温度、声音、连接状态等，并清洁设备表面及内部，确保设备正常运行；应对运行数据进行记录，包括电压、电流、温度、故障信息等。

6.2.6 应定期检查不间断电源的电压、电流、温度，清洁电池极端及连接器，检查不间断电源的容量和健康状况，及时更换老化或故障的电源。

6.2.7 定期检查直流配电系统的线缆连接、接触器、开关和断路器等器件，确保线路的正常导通和连接可靠；及时修复或更换受损的线缆、接头和连接器，预防电缆老化、短路和断路等问题。

6.2.8 直流配电系统出现故障时，应检查设备和线路，修复或更换故障元件，确保系统快速恢复正常运行。

6.2.9 加强直流配电系统的安全管理，包括制定安全操作规程和操作流程，提供必要的个人防护装备，培训操作人员的安全意识和应急处理能力，确保人员的安全和系统的安全运行。

6.2.10 对直流配电系统的相关文件、记录和报告进行管理和备份；确保文件的完整性和可靠性，同时保留历史数据和运行日志。

IV 柔性系统

6.2.11 应根据柔性系统设计目标和性能要求，制定可执行的柔性系统运维方案。

【条文说明】性能要求：详见本导则中 4.5.3-4.5.14 中的柔性系统设计的要求。

6.2.12 柔性系统应配备专业的软件运维人员，负责落实和执行柔性系统运维方案。

6.2.13 软件运维人员应负责柔性系统的日常运维工作，包括但不限于：

1.运行状态的日常监控，确保系统的高可用性和稳定性；

2.系统的安全管理，评估与防范潜在风险，制定安全应急预案，确保系统安全可靠；

3.数据库的管理与维护，包括数据库的备份、恢复、性能调优等；

4.系统网络的维护，包括网络设备的配置、维护和管理，确保系统网络的畅通无阻。

7. 评价

7.1 一般规定

7.1.1 【评价对象规定】建筑光储直柔系统宜以单栋建筑或建筑群为评价对象，也可以建筑内部分区域为评价对象。

【条文说明】对于交直流混合系统，评价对象的交流负载和直流负载计量应满足计量精度等要求。以建筑内部分区域为评价对象的交流系统，特别注意应独立计量，与系统外的交流配电网计量分开。

7.1.2 【评价阶段要求】建筑光储直柔系统在施工图设计文件审查通过后，可对光储直柔建筑进行设计阶段评价；在工程竣工验收前可进行施工阶段评价；运行评价应在工程竣工并投入使用一年后进行。

7.1.3 【评价数据要求】建筑光储直柔系统设计阶段及施工阶段评价应以计算或模拟数据为基础；运行阶段评价应以实际运行监测数据为基础，计算时间以一年为一个周期。

7.2 评价方法

7.2.1 建筑光储直柔系统的评价应符合表 7.2.1-1 的相关规定。

表 7.2.1-1 建筑光储直柔系统评价方法

	指标	设计阶段	施工阶段	运行阶段
建筑光伏指标	光伏发电自用率	计算书、设计图纸、数据模拟结果、设备选型等	设备购置合同、设备出厂检验报告	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	光伏铺设比例	设计图纸	施工图纸、实际测量数据等	/
建筑储能指标	是否配置储能	设计图纸	施工图纸、设备购置合同、设备出厂检验报告	/
	储能利用率	计算书、设计图纸、设备选型等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
建筑直流配电系统指标	系统的直流负荷指标	计算书、设计图纸、设备选型等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告、现场检查检测结果等	运行监测数据、分析报告等

	直流配电系统电压等级设置	计算书、设计图纸、设备选型等	现场检查检测结果等	/
	供电电能质量	计算书、设计图纸、设备选型等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告、现场检查检测结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	暂态电压调节性能	计算书、设计图纸、设备选型等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告、现场检查检测结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	并离网切换时直流母线电压恢复时间	计算书、设计图纸、设备选型等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告、现场检查检测结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	变换器是否具备功率可调能力	计算书、设计图纸、设备选型等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告、现场检查检测结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	负载是否具备功率可调能力	计算书、设计图纸、设备选型、模拟数据等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告、现场检查检测结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	系统是否采用直流母线电压控制	计算书、设计图纸、设备选型等	设备购置合同、设备说明书、设备出厂检验报告、现场检查检测结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
建筑柔性控制指标	建筑柔性控制系统是否监控电化学储能、监测光伏发电自用率	计算书、设计图纸、设计文件、数据模拟结果等	计算书、设计文件、数据模拟结果、测试结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	最大容量调节比例	计算书、设计文件、数据模拟结果等	计算书、设计文件、数据模拟结果、测试结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	单次调节电量比例	计算书、设计文件、数据模拟结果等	计算书、设计文件、数据模拟结果、测试结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	功率偏差和电量偏差	计算书、设计文件、数据模拟结果等	计算书、设计文件、数据模拟结果、测试结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等
	单次调节时长	计算书、设计文件、数据模拟结果等	计算书、设计文件、数据模拟结果、测试结果等	运行监测数据、测试结果、分析报告等

8. 引用标准名录

- 1 《低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则》GB/T 7251.1
- 2 《电动汽车充电系统技术规范》SZDB/Z 29.2
- 3 《电化学储能电站安全规程》GB/T 42288-2022
- 4 《电化学储能电站启动验收规程》（征求意见稿）20214757-T-524
- 5 《电化学储能电站设计规范》GB 51048-2014
- 6 《电力需求响应系统通用技术规范》GB/T 32672
- 7 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254
- 8 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168
- 9 《电气装置安装工程电力变流设备施工及验收规范》GB 50255
- 10 《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171
- 11 《额定电压 1kV（Um=1.2kV）到 35kV（Um=40.5kV）挤包绝缘电力电缆及附件 第1部分：额定电压 1kV（Um=1.2kV）和 3kV（Um=3.6kV）电缆》GB/T 12706.1
- 12 《分布式光伏发电工程技术规范》DB11/T 1773
- 13 《高压电力设备外绝缘污秽等级》GB/T 5582
- 14 《高压电器端子尺寸标准化》GB/T 5273
- 15 《光伏电站设计规范》GB 50797
- 16 《光伏支架结构设计规程》NB/T 10115
- 17 《家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求》GB 4706.1
- 18 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
- 19 《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024
- 20 《建筑防火通用规范》GB 55037
- 21 《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368
- 22 《建筑照明设计规范》GB 50034
- 23 《绿色建材评价标准——建筑用蓄能装置》TCECS 10060
- 24 《民用建筑电气设计标准》GB 51348
- 25 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736

- 26 《民用建筑直流配电设计标准》 T/CABEE030
- 27 《热交换器》 GB/T 151
- 28 《太阳能光伏系统支架通用技术要求》 JG/T 490
- 29 《屋顶分布式光伏发电项目验收规范》 T/HZPVA 001
- 30 《相变蓄热供暖工程技术标准》 T/CABEE033
- 31 《需求响应效果监测与综合效益评价导则》 GB/T 32127
- 32 《蓄冷空调工程技术规程》 JGJ 158
- 33 《蓄冷系统用蓄冰槽：型式与基本参数》 GB/T 25859
- 34 《蓄热型电加热装置》 GB/T 39288
- 35 《压力容器》 GB 150
- 36 《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》 T/CEC 373