

T/XXX

团 体 标 准

T/XXX

蔬菜大棚电气化建设标准

Construction standard for electrification of facility agriculture

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

山东省电力行业协会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本原则	3
5 分布式发电系统与储能规划标准	3
5.1 分布式电源配置	3
5.2 储能系统配置	4
5.3 分布式电源并网	4
6 蔬菜大棚配网标准	4
6.1 蔬菜大棚负荷测算	4
6.2 电压选择与电能质量	4
6.3 10kV 配电网	4
6.4 线路动作保护及电能计量	5
7 负荷侧用电	5
7.1 线路要求	5
7.2 蔬菜大棚温度控制标准	5
7.3 蔬菜大棚电气化设备选用标准	5
8 蔬菜大棚能源互联网技术标准	7
8.1 体系架构	7
8.2 蔬菜大棚监测数据采集	8
8.3 数据处理	9
8.4 数据传输规范	9
8.5 系统架构	10
8.6 异常告警	10
8.7 远程控制	10
9 蔬菜大棚电气化建设评价体系	11
9.1 蔬菜大棚电气化建设安全性评价体系	11
9.2 蔬菜大棚电气化建设经济效益评价体系	11
9.3 蔬菜大棚电气化建设环境效益评价体系	12
9.4 蔬菜大棚电气化建设社会效益评价体系	13

蔬菜大棚电气化建设标准

1 范围

本标准规定了蔬菜大棚电气化建设的基本原则、分布式发电系统与储能规划、蔬菜大棚配网、蔬菜大棚负荷侧用电、能源互联网技术标准、蔬菜大棚电气化建设评价体系等。

本标准适用于蔬菜大棚的电气化建设、改造工程，其它农业经济作物大棚可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T156 标准电压
GB/T18622 温室结构设计荷载
GB/T40437 电气安全风险预警指南
GB50052 供配电系统设计规范
DL/T599 城市中低压配电网改造技术导则
DL/T601 架空绝缘配电线路设计技术规程
DL/T736 农村电网剩余电流动作保护器安装运行规程
DL/T825 电能计量装置安装接线规则
DL/T5118 农村电力网规划设计导则
DL/T5220 10kV 及以下架空配电线路设计技术规程
NY/T1451 温室通风设计规范
NYJ/T 06 连栋温室建设标准
NB/T32015 分布式电源接入配电网技术规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

蔬菜大棚 facility agriculture

蔬菜大棚是采用人工技术手段，改变自然光温条件，创造优化动植物生长的环境因子，使之能够全天候生长的设施工程。

3.2

负荷测算 load measurement

计算变配电所内变压器的负荷电流及视在功率，作为选择变压器容量的依据。

3.3

负荷裕度 load margin

负荷裕度指标可以理解为电力系统在承担某一时段内的最大负荷时,与该最大负荷之间的剩余能力比例。

3.4

光谱匹配条件 spectral matching conditions

叶绿素对光的吸收是有选择性的,主要吸收波段有两个,420–470nm 为中心的兰紫光与 640–680 为中心的红光,而很少吸收黄绿光,这一部分光被反射,所以植物多数呈绿色。光谱达不到匹配要求,作物不能正常生长,这一条件称为光谱匹配条件

3.5

光合作用光补偿点 photosynthetic light compensation point

植物长期以来已经适应昼夜交替的节律,即白天工作夜间休息。当傍晚光照的强度降到一定的限度以下,光合作用就停止而转入休眠,这一临界值称为光补偿点。

3.6

物联感知 IoT sensing

物联感知技术是指利用各种传感器、通信技术和数据处理技术,实现对物理世界的感知、识别和理解的技术。物联感知技术是物联网的基础和核心,也是人工智能、大数据、云计算等新一代信息技术的重要支撑。

3.7

信息物理系统 Cyber-Physical Systems

信息物理系统(CPS)是一个综合计算、网络和物理环境的多维复杂系统,通过 3C(Computation、Communication、Control)技术的有机融合与深度协作,实现大型工程系统的实时感知、动态控制和信息服务。CPS 实现计算、通信与物理系统的一体化设计,可使系统更加可靠、高效、实时协同,具有重要而广泛的应用前景。

3.8

电能替代 electric energy substitution

电能替代,是指在能源消费上,以电能替代煤炭、石油、天然气等化石能源的直接消费,提高电能终端能源消费中的比重。

3.9

固碳 fixed carbon content

常见的固碳方法有两种:光合作用,如各种绿色植物和光合自养微生物(如蓝藻等);化能合成作用,如硝化细菌利用氧化氨合成有机物等。生物固碳提高了生态系统的碳吸收和储存能力,减少了二氧化碳在大气中的浓度。

3.10

结构重要性系数 Coefficient for importance of a structure

结构重要性系数是对不同安全等级的结构,为使其具有规定的可靠度而采用的系数。

3.11

结构安全等级 Structural safety grade

建筑结构安全等级划分为三个等级(一级:重要的建筑物;二级:大量的一般建筑物;三级:次要的建筑物),任何情况结构的安全等级均不得低于三级。

3.12

投资回收期 Investment payback period

投资回收期亦称“投资回收年限”。投资项目投产后获得的收益总额达到该投资项目投入的投资总额所需要的时间(年限)。投资回收期的计算有多种方法。

3.13

内部收益率 Internal Rate of Return

内部收益率，就是资金流入现值总额与资金流出现值总额相等、净现值等于零时的折现率。如果不使用电子计算机，内部收益率要用若干个折现率进行试算，直至找到净现值等于零或接近于零的那个折现率。

4 基本原则

4.1 蔬菜大棚电气化建设宜包含适配的分布式电源及储能系统、可靠的配网、负荷侧线路、温度控制体系、电气化设备、能源互联网体系、电气化建设评价体系。

4.2 建设改造

a) 蔬菜大棚电气化用能配套配电网建设与改造的规划设计应符合 DL/T 5118 的规定，电压等级的选择应符合 GB/T 156 的规定。

b) 蔬菜大棚设计应充分考虑当地的气候条件、地理环境以及土壤情况等，结合实际进行合理的规划与设计。

c) 蔬菜大棚电气化用能建设应满足标准化建设要求，实行差异化设计，设备及材料选型应坚持安全可靠、经济适用、节能环保、寿命周期合理的原则。

d) 蔬菜大棚电气化用能建设除执行本标准外，还应符合国家、行业和地方相关标准规范要求。

4.3 检测采集

a) 蔬菜大棚前端采集、监测和控制设备在数据格式、通讯协议、接口标准、指令解析、时空基准服务等方面必须与平台衔接。

b) 蔬菜大棚前端采集、监测和控制设备数据的传输应满足物联网平台的规范要求，满足平台数据实时获取、处理、控制和决策等要求，智能控制箱（网关）设备的时间要与上级平台同步。

4.4 设备控制

a) 蔬菜大棚电气化用能设备控制应根据作物习性与当地环境特点具备一定的自动化水平。

b) 电气化控制系统的设计应具备可扩展性和可定制化特点，以适应作物种类、种植规模等不同需求。

5 分布式发电系统与储能规划标准

5.1 分布式电源配置

5.1.1 宜对风、光伏发电装置产生的不稳定电能进行稳压。

5.1.2 分布式光伏配置

a) 宜根据适合当地土地性质的棚型确定分布式光伏安装位置。

b) 蔬菜大棚应实现光伏发电与农业不争光，满足装机容量与高效农业生产的基本要求。

c) 单体蔬菜大棚的分布式光伏发电投资在整个蔬菜大棚资金投入的占比应不大于 60%，其蔬菜大棚的投资在整体蔬菜大棚资金投入中的占比应不小于 30%。

d) 分布式光伏配置蔬菜大棚的承重能力要求应不低于 0.5kN/m²，即 50kg/m² 以上。

5.1.3 分布式风电配置

a) 风力发电机安装应在风速不超过 4m/s（三级风）的情况下进行。

b) 风力发电机的装机量宜参考风光装机比 2.24:1。

5.1.4 生物质发电配置

- a) 生物质发电装置配置容量应以补充风、光供能和消纳作物加工废弃物和粪便为主。
- b) 调控净化器距地面的安装高度，宜使人能平视到壳面玻璃试管指示液，一般在 1.4-1.5 米。
- c) 沿墙壁布置的输气软管宜用管夹固定在墙上，宜每隔 0.4-0.5 米设一个管夹。

5.2 储能系统配置

5.2.1 储能装置容量应以需求为导向，通过多方案比选优化配置方案。

5.2.2 储能装置应分别按照不低于风电、分布式光伏发电装机容量 15%、5%比例配置。并留有一定裕度满足生物质发电量储能。

5.2.3 储能装置配置宜优先考虑调峰平衡，充分发挥支撑新能源消纳和输电通道安全稳定运行作用。

5.2.4 储能系统储能容量宜保证储能装置工作时间大于当地近 3 年来最长连续阴雨天气。

5.2.5 以市网为备用电源的蔬菜大棚储能系统储能装置工作时间宜选择 2-3 天。

5.3 分布式电源并网

5.3.1 宜参考 IEC 62934 相关术语、定义等规范。

5.3.2 分布式电源接入电网应该妥善处理好安全、效率与环境保护之间的关系。

5.3.3 应充分结合储能系统进行分布式电源消纳，实现分布式电源并网。

6 蔬菜大棚配网标准

6.1 蔬菜大棚负荷测算

a) 配电变压器容量的选择应综合考虑蔬菜大棚最大用电负荷、设备负载率、蔬菜大棚用能习惯等，在保证能满足需求的前提下配置并留有一定裕度。

b) 原则上在满足蔬菜大棚用电负荷需求的前提下，应根据变压器铭牌上标记的技术数据选择变压器容量。

6.2 电压选择与电能质量

6.2.1 电压选择与电能质量应满足 GB50052 要求。

6.3 10kV 配电网

6.3.1 基本要求

a) 配电网应具有较强的适应性，应满足蔬菜大棚区域负荷发展的需求，并适度超前。

b) 配电网线路导线、电缆规格型号、配电室规模型式、变压器容量型号及其他配电设施的型式不宜过多，可根据实际情况采用 2-3 种规格。

6.3.2 电缆线路

蔬菜大棚配网电缆线路在架空绝缘线路能够架设的区域宜避免使用入地电缆。

6.3.3 架空线路

- a) 应满足 DL/T599、DL/T601、DL/T5220 标准中架空线路相关要求。
- b) 10kV 配网架空线路运行电流宜控制在长期允许载流量的 2/3 以下，预留转移负荷裕度，超过时应采取分路措施。
- c) 10kV 架空线路导线截面选择应考虑设施标准化，主干线截面宜为 150-240mm²，分支线截面不宜小于 70 mm²。
- d) 架空线路宜分多端、适度联络，分段与联络数量应根据蔬菜大棚用户数量、负荷特性、线路长度和环境等因素确定。优先采取线路尾端联络，宜实现对线路大支线的联络。

6.4 线路动作保护及电能计量

蔬菜大棚配网动作保护器安装以及电能计量装置应满足 DL/T736 及 DL/T825 中要求。

7 负荷侧用电

7.1 线路要求

7.1.1 电缆线路

- a) 电缆敷设路径应综合考虑路径长度、施工、运行和维护方便等因素统筹兼顾，做到经济合理、安全适用。
- b) 电缆敷设路径应便于敷设与维修、应有利于电缆中间接头及电缆终端头的布置与施工。
- c) 电力电缆选用应满足负荷要求、热稳定校验、敷设条件、安装条件对电缆本体的要求、运输条件等。
- d) 电缆截面的选择。选择电缆截面，应在电缆额定载流量的基础上，考虑环境温度、并行敷设、热阻系数、埋设深度等因素后选择。

7.2 蔬菜大棚温度控制标准

- 7.2.1 应根据不同作物的需求、气候条件和种植环境的特点而有所差异。
- 7.2.2 根据不同作物的生长需求，温室内的温度可以在不同的范围内进行控制。温室温度的控制范围宜为 10° C 至 35° C 之间，具体取决于作物的生长阶段和季节；
- 7.2.3 为了防止作物受冻，温室夜间的最低温度应该保持在一定范围内，温室夜间的最低温度控制在 5° C 至 15° C 之间；
- 7.2.4 为了避免作物过热和受热伤害，温室白天的最高温度应该控制在一定范围内，最高温度宜控制在 25° C 至 35° C 之间；
- 7.2.5 土壤温度对于植物的生长和发育具有重要影响，土壤温度宜控制在 20° C 至 22° C 之间。

7.3 蔬菜大棚电气化设备选用标准

- 7.3.1 蔬菜大棚电气化设备宜根据大棚作物类型特点、当地环境以及实际需求进行配置。若实际大棚自然环境条件可满足种植需求可不进行电气设备配置或采用人工替代。
- 7.3.2 设备选型应满足 NYJ/T 06 中相关规定。
- 7.3.3 补光机

7.3.3.1 补光机配置

补光机宜根据蔬菜大棚面积进行配置，每 80 平方米宜配置 1 个补光机。实际配置数量应同时考虑实际环境、气候等因素。

7.3.3.2 补光时长

补光时长应根据当地天气光照时间进行补光时间设置，宜使作物每天光照时长在 11-14 小时之间。

7.3.3.3 补光波段

宜根据蔬菜大棚作物类型选择补光光源满足其光谱匹配条件波段的补光机。

7.3.3.4 补光强度

宜根据蔬菜大棚作物类型选择补光强度高于其作物光合作用光补偿点且低于光饱和点的补光机；应根据作物类型选择光照强度适宜的补光机；照明宜采用 400 瓦至 500 瓦的生物效应灯（异常灯）或高压钠灯，阴天可将照明强度提高到 4000 勒克斯左右；针对某些品种光周期发展（如为避免冬季短日照品种开花）的需要，应采用低强度（40 勒克斯-100 勒克斯）补光措施。

7.3.3.5 物联感知

宜安装光照度传感器检测农作物的生长过程中的光照强度信息，通过农业物联网技术实现蔬菜大棚物联网技术调节补光机工作状态。

7.3.4 水肥一体机

a) 宜选用多通道水肥机满足单一水溶肥。宜选用智能型水肥一体机，可通过设备端智能触控方式调节；智能型水肥一体机应连接蔬菜大棚物联网。

b) 水肥一体机配置应保证每 30m 至少配置一台。

7.3.5 电动放风机

a) 电动放风机的选型和配置方案应能满足蔬菜大棚通风量的分阶段调控需要，通风量计算应考虑热压与风压共同作用产生的通风量。通风系统宜选用风量型风机，一般选用额定流量工况点对应静压为 10Pa-60Pa 的低压大流量轴流风机。

b) 其他通风设计宜参考 NY/T 1451 相关要求。

c) 电动放风机布置为使蔬菜大棚内气流分布均匀，风机布置距中心位置不宜过大，一般不应超过 8m。电动放风机和进风口的距离宜在 30m-60m 之间，距离过小不能充分发挥其通风效果，距离过大则从进风口至排风口室内空气温升过高。

d) 当相邻温室安装风机排风口的侧墙相对时，两侧墙之间的距离应不小于 5m，否则应使风机位置错开。当一温室的风机排风口与另一温室的进风口相面对时，二者之间的距离应尽可能不小于 15m，以避免一温室的排气直接进入另一温室。

7.3.5.1 物联感知

宜将电动放风机与温度传感器、湿度传感器、CO₂ 浓度传感器共同接入蔬菜大棚物联网。

7.3.6 电动卷帘机

a) 蔬菜大盆电动卷帘机安装间隔距离宜小于 50m。

b) 电动卷帘机选型, 应根据日光温室的长度、宽度、弧度及草帘的重量, 按标准选择合适的卷帘机, 一定要有载荷余量, 禁止满载荷或超载运行, 防止意外, 造成损失。

c) 卷帘时间应 ≤ 8 min; 放帘时间应 ≤ 8 min; 正常作业时电机输入功率应小于电机额定功率; 最大输出扭矩应符合设计值; 单机卷轴长度应符合设计值; 首次故障前卷帘或放帘次数应 ≥ 90 次。

7.3.7 电动遮阳机

a) 电动遮阳机宜根据实际遮阳需求配置覆盖面积。

b) 电动遮阳机工作时间宜根据蔬菜大棚内部温度灵活调整, 确保大棚内部温度在作物生长使用温度范围内。

c) 遮阳率宜根据当地阳光强度及蔬菜大棚类型进行选择。比如连栋塑料钢架大棚包括外遮阳, 遮阳率为 70%; 玻璃温室透光率要求为 90%。

d) 宜将电动遮阳机接入蔬菜大棚物联网系统, 便于根据温度传感器、光照传感器监测状态调节遮阳。

7.3.8 电动喷灌机

a) 电动喷灌机宜每 400 平方米配置一台

b) 设备选型

宜根据种植品种和栽培方式所需确定喷灌方式, 选择喷灌设备。

c) 育苗温室宜采用微喷灌设备; 采用土壤活条形基质栽培果菜或切花的生产温室, 宜采用滴灌带或滴灌管滴灌设备。盆花生产温室, 视种植品种可采用喷灌、滴头管或潮汐灌溉设备。

d) 喷灌系统宜接入蔬菜大棚物联网系统。

7.3.9 多功能植保机

a) 多功能植保机应根据作物特性以及实际情况进行配置。

b) 施药时间宜选择晴天, 上午种植类蔬菜大棚内部温度上升时, 有利于植物生长和吸收药理; 长时间的阴天转晴后不可立即打药, 此时施药容易造成药物伤害, 应先让种植类蔬菜大棚通风一到两天后再进行喷药。

c) 应选择用喷雾较细的喷药设备喷药, 均匀喷雾, 以药液不下滴、不结大的露点、盖棚前叶面不湿为宜。

d) 多功能植保机宜接入蔬菜大棚物联网系统, 便于及时根据天气情况实时调控。

7.3.10 二氧化碳气肥机

a) 二氧化碳气肥机配置宜根据蔬菜大棚面积配置, 保证正常工作情况下二氧化碳气体在 1600ml/m³ 以下。

b) CO₂ 气体施肥要保持连续性, 前后两次施肥间隔时间一般不超过一周。施肥结束时, 要逐渐降低 CO₂ 浓度, 逐渐停止施用, 避免突然停止施用。

c) 应控制二氧化碳气肥机施肥适量, 防止二氧化碳施用浓度过高造成植株徒长、植株老化、叶片反卷、叶绿素下降等, 并防止高浓度二氧化碳气体中毒, 生产中控制在 1500 ppm 以下较为安全。

d) 二氧化碳气肥机宜接入蔬菜大棚物联网系统, 便于实时监测二氧化碳浓度传感器状态

8 蔬菜大棚能源互联网技术标准

8.1 体系架构

a) 云平台宜用于数据存储、数据分析和处理、远程监控和管理等功能。它提供数据接收、存储、处理和展示的能力，并支持与边缘计算设备和 CPS 之间的通信。

b) 在电力物联网云边端 CPS 体系架构中，云平台承担着数据存储、处理和分析的任务，边缘计算设备提供实时数据处理和决策能力，物理系统负责采集实际的电力数据和执行控制指令。通过该体系架构，可以实现电力系统的智能监控、远程控制和数据分析，提高电力系统的效率、可靠性和安全性。

8.2 蔬菜大棚监测数据采集

8.2.1 分布式电源发电数据采集

a) 应确定需要监测的参数和指标，宜根据不同的分布式电源发电设备，可能涉及的参数有所不同。对于太阳能光伏发电系统，应监测光照强度、发电功率、电压、电流等；对于风力发电系统，应监测风速、风向、发电功率、电压、电流等；根据选择的监测参数，安装相应的传感器和监测设备，如光照传感器、风速传感器、电流传感器、电压传感器等。这些设备宜安装在分布式电源发电设备上或其附近的适当位置；

b) 应通过传感器和监测设备，实时采集监测参数的数据，并记录下来。这些数据应以数字形式存储在数据采集系统或控制系统中；

c) 采集到的数据可以应用于分析分布式电源发电设备的运行状态和性能表现，包括发电效率、稳定性、故障诊断等。这些数据还应用于优化设备的运行，改善发电性能，并支持决策制定和运维管理。

8.2.2 碳排放数据采集

a) 应监测蔬菜大棚中使用的能源消耗，如电力、燃气、燃油等。应使用智能电表、燃气表等设备来记录能源的消耗情况；应监测温室中的气体排放，主要关注二氧化碳、甲烷和氧化亚氮等温室气体的排放量；

b) 应记录使用的化肥和有机肥料的数量，并根据肥料的成分和使用方式计算相应的氮氧化物和氧化亚氮的排放量；

c) 应监测土壤有机质含量、土壤呼吸速率和土壤碳储量等参数，以评估土壤的碳排放和碳固定情况；应记录农作物种植面积、种植方式、施肥量、农药使用量等信息，以评估农作物生产过程中的碳排放；

d) 追踪和分析蔬菜大棚能源供应链中每个环节的碳排放情况，包括能源采购、运输、转化等环节；建立合适的数据记录和管理系统，确保采集到的数据准确可靠，并能够进行数据分析和报告。

8.2.3 蔬菜大棚温湿度数据采集

a) 宜使用温湿度传感器放置在蔬菜大棚内不同位置，通过测量空气中的温度和湿度来获取数据。传感器可以定期或连续地记录温湿度数值，并将数据传输到监测系统或数据记录设备；安装在蔬菜大棚内或附近的自动气象站应实时监测温度、湿度、风速、日照等气象参数。这些数据可用于分析蔬菜大棚内外环境的变化，并做出相应的调控措施；

b) 宜使用数据记录器或数据采集设备来收集温湿度数据。这些设备可以将数据存储在内部存储器中，通过无线或有线方式将数据传输到计算机或云平台进行进一步处理和分析；

c) 宜通过远程监控系统，实时远程监测蔬菜大棚的温湿度数据。这些系统通常配备有传感器和通信设备，可以将数据传输到监控中心或移动设备上，方便用户随时查看和管理温湿度情况；

d) 宜将采集到的温湿度数据应通过数据分析和报告工具进行处理和分析。这些工具可以帮助识别湿度的变化趋势、异常情况以及与植物生长和环境管理相关的关联性。

8.2.4 二氧化碳浓度数据采集

a) 宜通过 CO₂ 传感器用于检测和测量环境中 CO₂ 浓度的设备。它们可以根据测量原理的不同，如红外吸收、化学吸收或电化学传感等，实时地监测环境中的 CO₂ 浓度；

b) CO₂ 浓度数据采集的频率取决于监测需求和应用场景。可以选择每秒、每分钟、每小时等不同的采样频率进行数据采集，以满足监测需求和分析需求；CO₂ 浓度数据可以通过数据记录设备或系统进行存储和管理。这些设备通常具有存储容量，可以记录一定时间段内的 CO₂ 浓度数据，并提供数据下载或导出功能，以供后续分析和处理；

c) CO₂ 浓度数据的精度和准确性是衡量数据采集系统性能的重要指标。高质量的 CO₂ 传感器和校准方法可以提供更准确的测量结果，确保数据的可靠性和可信度；

d) CO₂ 浓度数据采集系统应提供数据传输和接口选项，以便将数据与其他系统或设备进行集成和共享。

8.3 数据处理

8.3.1 应对采集到的原始数据进行清洗和校准，去除异常值和噪音，确保数据的准确性和可靠性。对于特定传感器，需要进行校准和调整，以提高数据的精确度和一致性。

8.3.2 宜对采集到的数据进行分析 and 处理，提取有用的信息和指标。包括数据的统计分析、趋势分析、模型建立等，用于识别问题、优化能源利用、提升农作物生产效率等方面的决策支持。

8.3.3 蔬菜大棚能源互联网技术涉及大量的敏感数据，因此数据的安全和隐私保护是至关重要的。确保数据在传输、存储和处理过程中的安全性，采取相应的加密、权限控制和隐私保护措施。

8.3.4 宜在符合隐私和安全要求的前提下，促进蔬菜大棚能源互联网数据的共享和开放性，以便于行业内的合作和研究，推动创新和发展。

8.4 数据传输规范

数据传输规范是在进行数据传输过程中所遵循的标准和规范，应确保数据的准确、高效、安全地传输。

8.4.1 接口规范

蔬菜大棚能源互联网系统中的各个设备和传感器应有相应的接口进行数据传输。接口规范应包括物理接口（如 USB、RS-485）和协议接口（如 Modbus、OPC UA）等，用于设备之间的数据交换和通信。

8.4.2 通讯协议

数据传输过程中应使用一种通信协议来规定数据的格式、传输方式和数据包的组织结构等。常见的通信协议包括 TCP/IP、MQTT、HTTP 等。根据具体需求，也可以使用定制的协议。

8.4.3 系统最大连接数

最大连接数应受到多个因素的影响，包括硬件设备的性能、网络带宽、通信协议的效率、数据处理能力等。系统设计时需要综合考虑硬件资源、性能需求、数据处理能力和网络带宽等因素，以确保系统的稳定性和性能表现。

8.4.4 每秒处理消息数

系统每秒处理消息数的范围应取决于多个因素，包括硬件设备的性能、网络带宽、数据处理算法和系统设计等。

8.4.5 并发下达指令数

系统在并发下达指令数方面的限制应取决于多个因素，包括系统设计、硬件设备性能、网络带宽和数据处理能力等。并发下达指令数的限制也受到硬件资源和网络带宽的影响。若系统的硬件资源有限或者网络带宽较低，可能会限制系统能够同时处理的并发指令数。

宜在设计数据传输规范和系统架构时，综合考虑系统的性能需求、硬件资源、网络带宽和实际应用场景，以确定合理的并发下达指令数范围，并保证系统在高并发环境下的稳定性和性能表现。

8.5 系统架构

应通过蔬菜大棚能源互联网系统架构，实现蔬菜大棚的能源智能监测和管理，提高能源利用效率、减少能源浪费，为农作物的生长提供合适的环境条件。

8.5.1 硬件设备要求

宜使用各种类型的传感器来监测蔬菜大棚环境中的关键参数，例如温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度等。传感器应具备高精度、稳定性和可靠性，并能与数据采集设备进行连接。云平台宜具备高性能的服务器和存储设备，以支持大规模的数据存储和处理。边缘计算设备需要具备一定的计算和存储能力，以便进行实时的数据分析和决策。

8.5.2 通讯网络

网络通信设备应用于实现设备之间的数据通信和互联网连接。这应包括以太网交换机、路由器、无线通信设备等，以确保设备之间的数据传输和远程访问。

为了确保蔬菜大棚能源互联网系统的安全性和可靠性，宜使用防火墙、入侵检测系统、数据加密设备等安全设备来保护系统免受潜在的网络威胁。

8.6 异常告警

8.6.1 应监测设施内部和外部的温度变化，当温度超过设定的阈值范围时，系统会发送温度异常告警，提示可能存在的温度问题，如过热或过冷；应监测设施内部和外部的湿度变化，当湿度超过或低于设定的阈值范围时，系统会发送湿度异常告警，提示可能存在的湿度问题，如过湿或过干。

8.6.2 应监测设施内部和外部的光照强度变化，当光照强度超过或低于设定的阈值范围时，系统会发送光照异常告警，提示可能存在的日照问题，如过强或过弱；应监测设施内部的二氧化碳浓度变化，当二氧化碳浓度超过设定的阈值范围时，系统会发送 CO₂ 浓度异常告警，提示可能存在的通风不畅或 CO₂ 积聚问题。

8.6.3 应监测设施内部的各种设备状态，如传感器故障、控制设备故障等，当设备发生故障或异常时，系统会发送设备故障告警，提示需要进行维修或更换；应监测能源供应和消耗情况，如电力、水、气体等能源的异常情况，当能源供应或消耗超过或低于设定的阈值范围时，系统会发送能源异常告警，提示可能存在的能源问题，如供应不足或浪费。

8.7 远程控制

8.7.1 用户应通过远程控制系统监测蔬菜大棚系统中各种传感器的数据，如温度、湿度、光照强度等，以实时了解设施内的环境状况。

8.7.2 用户应通过远程控制系统对蔬菜大棚系统中的各种设备进行操作和调控，如灯光控制、温度调节、湿度调节、水肥一体机的控制等，以实现远程管理和优化蔬菜大棚的运行。

- 8.7.3 远程控制系统应实时监测蔬菜大棚系统中的异常情况，并在发生问题时发送报警通知给相关人员，以便及时采取措施处理问题。
- 8.7.4 应当蔬菜大棚系统出现故障或异常情况时，远程控制系统可以帮助用户进行远程诊断和排障，减少现场维修和排障的时间和成本。
- 8.7.5 用户宜通过远程控制系统管理蔬菜大棚系统中的数据，包括数据的存储、备份、分析和报告生成等，以便进行数据驱动的决策和优化。

9 蔬菜大棚电气化建设评价体系

评价体系宜用于评估和衡量蔬菜大棚电气化项目的综合性指标，可以用来评价电气化项目的可靠性、可行性、效益和可持续性。

9.1 蔬菜大棚电气化建设安全性评价体系

- 9.1.1 蔬菜大棚结构设计荷载应满足 GB/T18622 的要求。
- 9.1.2 评价标准

表 1 蔬菜大棚电气化建设安全性评价

评价指标	评价标准
结构安全等级	权重占比 20%，蔬菜大棚的结构安全等级不小于三级
重要性系数	权重占比 20%，蔬菜大棚的结构重要性系数应大于 0.9.
抗风等级	权重占比 20%，蔬菜大棚抗风等级应至少大于 3 级，即风速 17m/s。
漏电保护	权重占比 20%，蔬菜大棚的动力配电箱（柜）及插座箱安装漏电保护器。
电气安全风险预警	权重占比 20%，电气安全风险预警系统符合 GB/T 40437

针对表 1 安全性评价指标，蔬菜大棚电气化建设安全性评价等级如下表 2 所示

表 2 蔬菜大棚电气化建设安全性评价等级

经济效益评价等级	评价得分	等级含义
A	100%	蔬菜大棚安全性较高
B	80%	蔬菜大棚安全性良好
C	60%	蔬菜大棚安全性一般
D	40%	蔬菜大棚安全性较低
E	20%	蔬菜大棚安全性极低

9.2 蔬菜大棚电气化建设经济效益评价体系

9.2.1 投资回收期

宜参考投资回收期计算公式： $P_t = \text{累计净现金流量开始出现正值的年份数} - 1 + \frac{\text{上一年累计净现金流量的绝对值}}{\text{出现正值年份的净现金流量}}$

9.2.2 内部收益率

内部收益率： $\sum_{t=1}^n (CI - CO)_t (1 + FIRR)^{-t} = 0$ ，其中 $FIRR$ ——财务内部收益率； CI ——现金流入量； CO ——现金流出量； $(CI - CO)_t$ ——第 t 期的净现金流量； n ——项目计算期。

9.2.3 评价标准

表 3 蔬菜大棚电气化建设经济效益评价

评价指标	评价标准
投资回收期	权重占比 25%，蔬菜大棚投资回收期小于 8 年
内部收益率	权重占比 25%，蔬菜大棚内部收益率大于 15%
设备故障率	权重占比 25%，蔬菜大棚设备故障率小于 3%
设备寿命	权重占比 25%，蔬菜大棚的蓄电池、传感器和监测设备大于 5 年；其他常用设备大于 10 年

针对表 1 经济效益评价指标，蔬菜大棚电气化建设经济效益评价等级如下表 2 所示

表 4 蔬菜大棚电气化建设经济评价等级

经济效益评价等级	评价得分	等级含义
A	100%	蔬菜大棚经济效益极好
B	75%	蔬菜大棚经济效益优秀
C	50%	蔬菜大棚经济效益良好
D	25%	蔬菜大棚经济效益一般
E	0%	蔬菜大棚经济效益差

9.3 蔬菜大棚电气化建设环境效益评价体系

9.3.1 温室气体减排率

温室气体减排率=（传统蔬菜大棚排碳量-电气化蔬菜大棚排碳量）/传统蔬菜大棚排碳量（减排率计算应采取相同地区、相同面积以及相同种植作物的传统蔬菜大棚与电气化大棚进行比较）。

9.3.2 评价标准

表 5 蔬菜大棚电气化建设环境效益评价

指标	评价标准
温室气体减排率	权重占比 25%，新型蔬菜大棚温室气体排放量比传统大棚或养殖区减少 20%以上
作物固碳量	权重占比 25%，蔬菜大棚作物固碳量达到蔬菜大棚总体碳排放 50%以上
新型能源利用电能替代率	权重占比 25%，分布式电源发电达到电能替代率 60%以上
生物质发电废物利用率	权重占比 25%，生物质发电效率达 35%以上

针对表 3 环境效益评价指标，蔬菜大棚电气化建设环境效益评价等级如下表 4 所示

表 6 蔬菜大棚电气化建设环境效益评价等级

环境效益评价等级	评价得分	等级含义
A	100%	蔬菜大棚环境效益极好
B	75%	蔬菜大棚环境效益优秀
C	50%	蔬菜大棚环境效益良好
D	25%	蔬菜大棚环境效益一般

环境效益评价等级	评价得分	等级含义
E	0%	蔬菜大棚环境效益差

9.4 蔬菜大棚电气化建设社会效益评价体系

蔬菜大棚电气化建设可以普适性作为社会效益评价指标。

表 7 蔬菜大棚电气化建设社会效益评价

评价类型	评价标准
作物类型	权重占比 30%，对于蔬菜大棚常见温室种植作物均可通过调节可控设施满足种植条件
气候条件	权重占比 30%，对于非极端的气候地区，蔬菜大棚电气化建设具有较大范围的气候适应能力
操作人员	权重占比 40%，蔬菜大棚电气化建设的操作人员经过基础培训能够基本掌握工作要求

针对表 5 社会效益评价指标，蔬菜大棚电气化建设社会效益评价等级如下表 6 所示

表 8 蔬菜大棚电气化建设社会效益评价等级

环境效益评价等级	评价得分	等级含义
A	100%	蔬菜大棚普适性强，社会效益好
B	60%	蔬菜大棚普适性中等，社会效益良好
C	30%	蔬菜大棚普适性弱，社会效益一般