

ICS 点击此处添加 ICS 号
点击此处添加中国标准文献分类号

NY

中华人民共和国农业行业标准

NY/T XXXXX—XXXX

连栋温室能耗测试方法

Test method for energy consumption of multi-span greenhouse

(征求意见稿)

本稿完成日期：2020 年 9 月

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中华人民共和国农业农村部 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020 的规定起草。

本文件由农业农村部农产品质量安全监管司提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会农业机械化分技术委员会（SAC/TC 201/SC 2）归口。

本文件起草单位：农业农村部规划设计研究院。

本文件主要起草人：王莉、魏晓明、周长吉、富建鲁、李恺、丁小明

连栋温室能耗测试方法

1 范围

本文件确立了连栋温室能耗的测试方法，规定了术语和定义、基本要求、边界、能源利用与能源类别、报告期类别、测试方法、测试报告。

本文件适用于单座连栋温室和连栋温室群的能源审计。

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/T 2589—2008 综合能耗计算通则

GB/T 17166—2019 能源审计技术通则

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 23393—2009 设施园艺工程术语

GB/T 34913—2017 民用建筑能耗分类及表示方法

GB/T 35226—2017 地面气象观测规范 空气温度和湿度

GB/T 35231—2017 地面气象观测规范 辐射

GB/T 35232—2017 地面气象观测规范 日照

GB/T 38692—2020 用能单位能耗在线监测技术要求

ISO 50001: 2018 Energy management systems—Requirements with guidance for use

3 术语和定义

3.1

连栋温室 multi-span greenhouse; gutter-connected greenhouse

两跨及两跨以上通过天沟连接起来的温室，也称连跨温室。

[来源：GB/T 23393—2009，3.11，有修改]

3.2

能源 energy

电、燃料、蒸汽、热、压缩空气及其他类似介质。

注：对于本文件用途，能源涉及可被购买、贮存、处置、在设备或过程中使用或被回收利用的各种形式，包括可再生能源在内。

[来源：ISO 50001: 2018，3.5.1，译文]

3.3

能源利用 energy use

能源的应用。

例：通风；照明；加热；制冷；运输；数据存储；生产过程。

注：能源利用有时被称为“能源最终利用”。

[来源：ISO 50001：2018，3.5.4，译文]

3.4

能源审计 energy audit

对用能单位能源利用的物理过程和财务过程进行调查、测试和分析评价的活动。

[来源：GB/T 17166—2019，3.1，有修改]

3.5

能耗 energy consumption

能源实际用量。

[来源：ISO 50001：2018，3.5.2，译文]

3.6

连栋温室能耗 energy consumption of multi-span greenhouse

连栋温室使用过程中由外部输入的能源，即使用过程中涉及的用能设备运行能耗总和，包括温室环境管理用能和温室栽培管理用能。

3.7

综合能耗 comprehensive energy consumption

用能单位在统计报告期内实际消耗的各种能源实物量，按规定的计算方法和单位分别折算后的总和。

[来源：GB/T 2589—2008，3.5，有修改]

3.8

边界 boundary

物理或组织的界限。

例：一个过程；一组过程；一个场所；任一组织或全体组织管控下的多个场所。

[来源：ISO 50001：2018，3.1.3，译文]

3.9

用能单位 energy consumption unit

具有确定边界的耗能单位。

[来源：GB/T 2589—2008，3.4]

3.10

次级用能单位 sub-organization of energy using

用能单位下属的能源核算单位。

[来源：GB 17167—2006，3.3]

3.11

能源计量器具 measuring instrument of energy

测量对象为一次能源、二次能源和载能工质的计量器具。

[来源：GB 17167—2006，3.1]

3.12

报告期 reporting period

测量、统计能耗的时间周期。

4 基本要求

4.1.1 能耗测试应通过划分边界和设置能源计量器具进行，包括连栋温室群能耗测试和单座连栋温室能耗测试，宜对具有明确边界的最小用能单位实施测试。

4.1.2 单座连栋温室用能量超过 GB 17167 规定的主要次级用能单位能源消耗量（或功率）限定值的，应以单座连栋温室边界加装能源计量器具；单台或单套设备用能量超过 GB 17167 规定的主要用能设备能源消耗量（或功率）限定值的，应以单台或单套设备为边界加装能源计量器具。

4.1.3 能耗应采用消耗的电力、化石能源等实物量表示，并指明能源种类和数量，也可进一步把不同种类的能源统一折算为综合能耗。装有能源计量器具的单座连栋温室应独立计算综合能耗。

4.1.4 能耗测试可根据需要加装能源计量器具，按能源利用逐项测试、多项总和测试、温室环境管理或栽培管理分类测试。

4.1.5 温室环境管理用能应包括所有参与环境调控的设备能耗，是为满足温室环境调控功能需求从外部输入的电力、燃料、冷/热媒等能源。

4.1.6 温室栽培管理用能应包括与作物生长直接相关的耕整、栽植、灌溉、施肥、植保、修剪、收获等作业设备能耗，无论设备是否置于温室中；不应包括虽置于温室中但作为辅助栽培生产的其他工艺设备的用能，如播种生产线、包装生产线、冷库、催芽室等设备的用能。

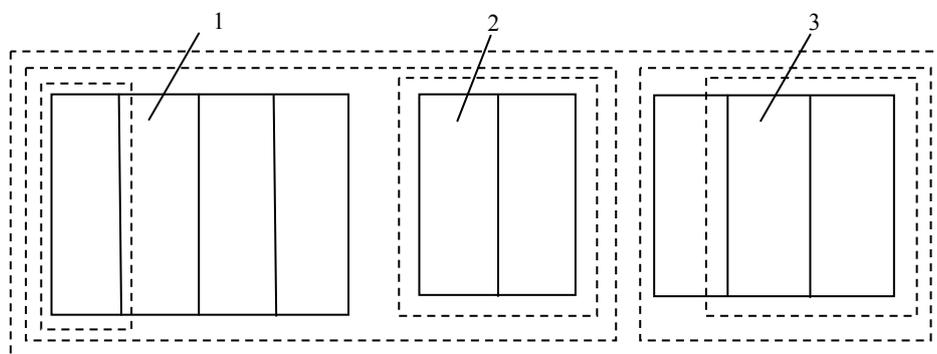
4.1.7 报告期应根据需要确定，可在章 7 中选择。

4.1.8 能耗在线监测应符合 GB/T 38692—2020 的规定。

4.1.9 能耗测试的同时应进行环境参数观测。

5 边界**5.1 场所划分**

以独立经营主体管控下的场所作为边界，通常为了一座连栋温室、多座连栋温室、连栋温室的一跨或多跨等，如图1所示。



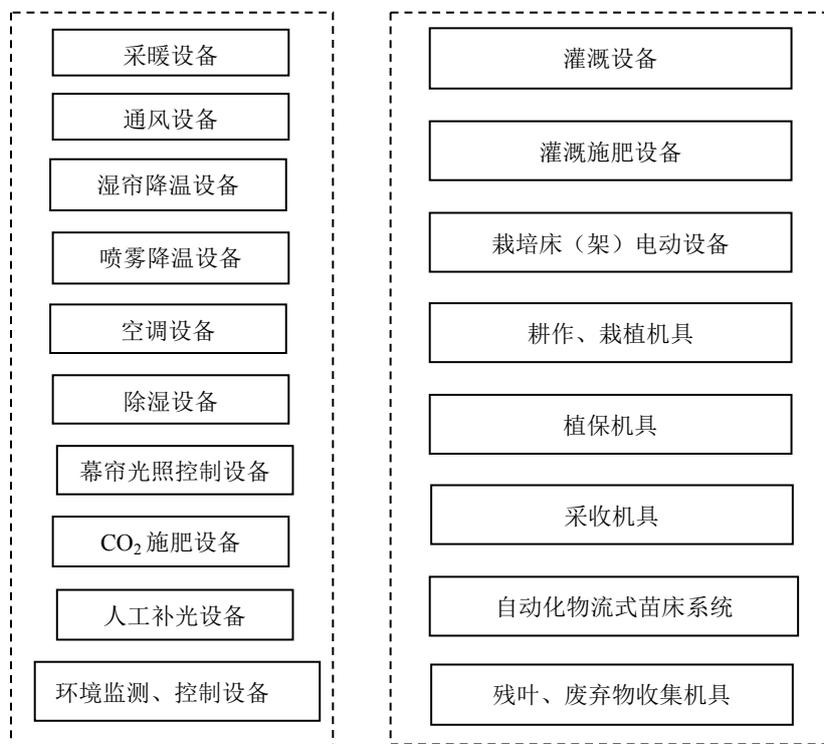
标引序号说明：1——连栋温室（4跨）；2——连栋温室（2跨）；3——连栋温室（3跨）。

注：虚线表示边界。

图1 场所划分示例

5.2 功能划分

为使实现连栋温室设施环境调控功能的用能与生产用能区分开，进行的边界划分，通常分为温室环境管理和温室栽培管理两部分，以各部分包括的所有用能设备为边界，如图2所示。



注：虚线表示边界。

图2 功能划分示例

5.3 过程划分

为开展作物生产过程能源审计，以拟审计作物生产的全过程使用的所有设备为边界，边界内可分为温室环境管理和温室栽培管理两部分，全过程内可分阶段（如育苗阶段和栽培阶段等）计量或总体计量，生产场所可为同一场所或不同场所。

5.4 设备划分

为开展专项技术措施能源审计，以专项技术措施涉及的用能设备作为边界，边界内可包括一台或一套、多台或多套设备。

6 能源利用与能源类别

6.1 温室环境管理

温室环境管理能源利用见表1。

表1 温室环境管理能源利用

| 序号 | 能源利用 | 涉及能源类型 | 说明 |
|----|------|---------|------------------------------------|
| 1 | 采暖 | 天然气、燃油、 | (1) 天然气包含管道天然气和液化天然气，在温室采暖中两种能源都较常 |

| | | | |
|---|--------------------|------------------------------|--|
| | | 煤、生物质颗粒、工业余热（热水、蒸汽）、深层地热能、电能 | 见，主要使用设备有燃气锅炉、燃气热风炉、燃气直燃机等； (2) 燃油有轻油和重油，主要取决于当地资源情况，主要使用设备有燃油锅炉、燃油热风炉等； (3) 煤的使用受限，但额定蒸发量10t/h以上燃煤锅炉仍在使用的，是温室主要燃煤设备； (4) 生物质颗粒属清洁可再生能源，根据原材料的不同，生物质颗粒的热值不同，一般秸秆、稻壳等生物质颗粒的热值相对较低，木材制成的生物质颗粒的热值相对较高，主要使用设备是燃生物质锅炉； (5) 温室附近建有热电厂或其他可提供工业余热企业时，工业余热通常会以热水或者蒸汽的方式商品化供给； (6) 深层地热能属于能源矿产，以热水方式提取，有些温室以地热能采暖； (7) 土壤源热泵、空气源热泵等以电驱动压缩机产生热水供给温室采暖，加温苗床多采用电加热方式。 其他说明：大型连栋温室蓄热时，会使用到少量氮气对蓄热水罐进行氮封以保证水质，氮气的来源通常也是温室自配氮气发生器，使用电能。 |
| 2 | 通风 | 电能 | (1) 自然通风条件下开窗机使用电能驱动； (2) 风机通风的负压排风和正压送风均使用电能驱动通风机； (3) 室内循环风机使用电能驱动。 |
| 3 | 湿帘降温 | 电能 | (1) 与湿帘-风机通风系统配套使用的通风机用电能； (2) 湿帘装置的循环水泵使用电能。 |
| 4 | 喷雾降温 | 电能 | 喷雾降温装置使用电能。 |
| 5 | 空调降温 | 电能 | 半封闭温室使用冷水机组制备人工冷源为温室降温，使用电能。 |
| 6 | 除湿 | 电能 | 除湿机使用电能。 |
| 7 | 幕帘光照控制 | 电能 | 拉幕机使用电能。 |
| 8 | CO ₂ 调控 | 电能、燃气 | 大型温室CO ₂ 供给主要有两种方式：1) 利用天然气燃烧的烟气，这种情况与采暖能源使用有重合，除使用天然气外还需要使用电驱动风机输送CO ₂ ； 2) 使用低温液态罐储CO ₂ ，一般为外购，这种情况的CO ₂ 气化后需使用电驱动风机输送。 |
| 9 | 人工补光 | 电能 | 补光灯及其控制系统使用电能。 |
| 注：表中所列能源利用和能源类型为目前常见情况，随着科技进步，不局限于表中所列情况。 | | | |

6.2 温室栽培管理

温室栽培管理能源利用见表2。

表2 温室栽培管理能源利用

| 序号 | 能源利用 | 涉及能源类型 | 说明 |
|---|------------|----------|---|
| 1 | 灌溉 | 电能 | 水处理设备、输送水泵使用电能。 |
| 2 | 灌溉施肥 | 电能 | 配肥设备、肥料输送设备以及水肥一体机等使用电能。 |
| 3 | 栽培床、栽培架 | 电能 | 部分活动式栽培床、栽培架使用电能驱动。 |
| 4 | 耕作、栽植机具作业 | 电能、柴油、汽油 | 包括整地、起垄、移栽等作业环节。小型旋耕机使用汽油，小型室内拖拉机使用柴油，部分小型机具使用电能。 |
| 5 | 植保机具 | 电能、柴油、汽油 | 背负式动力喷雾机、水雾烟雾机等使用电能；喷杆式喷雾机使用柴油或汽油。 |
| 6 | 采收运机具作业 | 电能、柴油、汽油 | 采摘机器人、场地采收运输车等使用电能或使用充电蓄电池；叶菜收获机（如韭菜收获机、小青菜收获机等）使用柴油、汽油或电能。 |
| 7 | 自动化物流式苗床系统 | 电能 | 自动化物流苗床通常使用压缩空气驱动，压缩空气的来源一般是温室自己配套安装空气压缩机供给，间接使用能源为电能；与物流苗床配套的天车使用电能驱动。 |
| 8 | 残叶、废弃物收集 | 电能、柴油、汽油 | 各种动力的场地运输车等。 |
| 注：表中所列能源利用和能源类型为目前常见情况，随着科技进步，不局限于表中所列情况。 | | | |

7 报告期类别

报告期基本类别见表3，可根据需要设定时间段，作为报告期。

表3 报告期基本类别

| 报告期 | 说明 |
|--------|---|
| 整年 | 为开展连栋温室周年运行能源审计，以自然年作为测量、统计的报告期。 |
| 采暖供热期 | 为开展连栋温室采暖供热能源审计，以一个完整的采暖供热周期作为报告期，采暖设备开启至停用的时间段。 |
| 作物生长周期 | 为开展作物生产过程能源审计，以育苗生产、栽培生产等的作物完整生长周期作为报告期。 |
| 通风降温期 | 为开展专项技术措施能源审计，以专项技术措施涉及的用能设备使用周期作为报告期，即设备开启至停用的时间段。 |
| 采暖通风期 | |
| 作物补光期 | |

8 测试方法

8.1 环境参数观测

8.1.1 观测的环境参数应包括温室内环境参数和室外环境参数。

8.1.2 温室内环境参数应包括日平均气温、日最高气温、日最低气温、日最大相对湿度和日最小相对湿度、光辐射。

8.1.3 室外环境参数应包括月平均最高气温、月平均最低气温、年最高气温、年最低气温、日最低气温低于 0℃的天数、日最高气温高于 30℃的天数、月平均最低相对湿度、太阳曝辐量、日照时数等气象参数和空气中 CO₂ 含量。

8.1.4 单座连栋温室或连栋温室群自配有室外气象站并可自动观测时，室外气象参数宜自行观测获得；无自配室外气象站时，可通过收集当地气象台站观测数据获得。

8.1.5 室内、外空气温度和湿度测量（数据采集）的频率和时间应符合 GB/T 35226-2017 中的观测时间规定，室内测点可采用多点布局，也可取具有代表性的一点。

8.1.6 太阳曝辐量和日照时数的观测应符合 GB/T 35231-2017 和 GB/T 35232-2017 中的规定。

8.1.7 CO₂ 含量的测量应根据需要室内、室外配合进行。

8.1.8 环境参数及其与报告期的关系见表 4。

表4 环境参数

| 类别 | 名称 | 单位 | 说明 | 适用的报告期类型 |
|---------|------------------|---|--|----------------------------------|
| 温室内环境参数 | 日平均气温 | ℃ | 每日24h等间隔时段定时采集的空气温度的算术平均值。 | 全部类型，专项开展补光能耗测试时可不测。 |
| | 日最高气温 | ℃ | 每日24h等间隔时段定时采集的空气温度的最大值。 | |
| | 日最低气温 | ℃ | 每日24h等间隔时段定时采集的空气温度的最小值。 | |
| | 日最大相对湿度 | % | 每日24h等间隔时段定时采集的空气相对湿度的最大值。 | |
| | 日最小相对湿度 | % | 每日24h等间隔时段定时采集的空气相对湿度的最小值。 | |
| | 光辐射（光子通量密度或辐射照度） | μmol·s ⁻¹ ·m ⁻² 或 W·m ⁻² | 可根据补光情况，测量光合有效辐射（400nm~700nm）、光形态建成辐射（380nm~800nm）或设定波段范围的总辐射，可连续测量、分时段间隔测量、或设定典型时刻测量。 | 全部类型中，长时间进行人工补光时，或专项开展人工补光能耗测试时。 |

| | | | | |
|--------|--------------------|--------------------|---|---|
| | CO ₂ 含量 | ppm | 根据CO ₂ 调控方式，测量室内空气中的CO ₂ 含量，可连续测量、分时段间隔测量、或设定典型时刻测量。 | 全部类型中，采用CO ₂ 专供设备调控室内CO ₂ 含量时，或开展CO ₂ 专供设备能耗测试时。 |
| 室外环境参数 | 月平均最低气温 | °C | 报告期内，根据每日观测的气温最小值，以自然月份天数统计的算术平均值，不足一个月的以实际天数统计。 | 整年、采暖供热期、作物生长周期、采暖通风期 |
| | 年（期内）最低气温 | °C | 报告期内出现的最低气温。 | |
| | 日最低气温低于0°C的天数 | d | 报告期内出现的日最低气温低于0°C的天数的总和。 | |
| | 月平均最高气温 | °C | 报告期内，根据每日观测的气温最大值，以自然月份天数统计的算术平均值，不足一个月的以实际天数统计。 | 整年、作物生长周期、通风降温期 |
| | 年（期内）最高气温 | °C | 报告期内出现的最高气温。 | |
| | 日最高气温高于30°C的天数 | d | 报告期内出现的日最高气温高于30°C的天数的总和。 | |
| | 月平均最小相对湿度 | % | 报告期内，根据每日观测的相对湿度最小值，以自然月份天数统计的算术平均值，不足一个月的以实际天数统计。 | 全部类型，专项开展补光能耗测试时可不测。 |
| | 太阳曝辐量 | MJ·m ⁻² | 根据每日观测的水平面总辐射，按报告期总时间累计。 | 全部类型。 |
| | 日照时数 | h | 指给定时间段内太阳直接辐照度大于或等于120W/m ² 的各分段时间的总和。各报告期类型的日照时数均以报告期作为统计时间段。专项开展补光能耗测试时应统计报告期内每天的日照时数。 | 全部类型。 |
| | CO ₂ 含量 | ppm | 配合室内测量进行。选择不同季节、一天中不同时段，观察其变化情况，记录典型数据。 | 全部类型中，采用CO ₂ 专供设备调控室内CO ₂ 含量时，或开展CO ₂ 专供设备能耗测试时。 |

8.2 能耗参数

能耗参数见表5。

表5 能耗参数

| 参数名称 | 单位名称（单位符号） | 所属能源类别 |
|------|----------------------|----------------|
| 用电量 | 千瓦时（kW·h） | 电能 |
| 用气量 | 立方米（m ³ ） | 天然气 |
| 油用量 | 千克（kg） | 燃油、汽油、柴油 |
| 燃料用量 | 千克（kg） | 煤、生物质颗粒 |
| 热水用量 | 立方米（m ³ ） | 工业余热（热水）、深层地热能 |
| 蒸汽用量 | 立方米（m ³ ） | 工业余热（蒸汽） |

8.3 计量器具要求

8.3.1 环境参数计量器具的测量不确定度不应超过表6的规定。

表6 环境参数计量器具的测量不确定度

| 计量器具类别 | 计量目的 | 测量不确定度 |
|--------|------|--------|
|--------|------|--------|

| | | |
|--------------------|-----------------------|---|
| 温度仪表 | 空气温度 | 0.2℃ |
| 湿度仪表 | 空气相对湿度 | 相对湿度≤80%时, 4.0%RH; 相对湿度>80%时, 8.0%RH |
| 光辐射仪表 | 光辐射、太阳曝辐量、日照时数 | 5.0%测量值 |
| CO ₂ 仪表 | 空气中CO ₂ 含量 | 5.0%测量值 |

8.3.2 能源计量器具准确度等级应符合 GB 17167 的规定。

8.4 能耗参数测量

8.4.1 明确边界、报告期、能源利用种类及其涉及设备后, 对用电量、用气量、燃油用量、汽油用量、煤燃料用量、生物质颗粒燃料用量、热水用量和蒸汽用量分别计量。同种能源为不同类型时应分开计量, 如油田天然气与气田天然气分开。

8.4.2 光伏温室的能源产量应单独计量, 属于连栋温室能源利用部分的应计入连栋温室能耗。

8.4.3 如果加装能源计量器具边界内的能源供应系统同时为边界外设备提供能源, 为边界外设备所提供能源应从实测能耗中扣除。

8.4.4 以场所划分边界的用电量测量, 应在进入边界的供电线路上加装电能表进行, 应将温室电控设备消耗的电能计入在内。

8.4.5 用电设备能源审计时, 如果待测设备使用变频电源, 应在变频电源设备的输入端测量。

8.4.6 如果采用自带功率测量功能的温室电控设备计量用电量, 应注意电流、电压数据的采集位置以及功率计算方法, 应计量有功电能。

8.4.7 采用锅炉为温室采暖供热时, 应注意区分供给锅炉能源与锅炉供给温室或温室群能源的差异, 宜以供给锅炉能源的实际用量作为温室能耗; 如有需要或供给锅炉能源无法实施测量时, 可以计量锅炉供给温室能源作为温室能耗, 通过加装流量仪表和温度仪表实测获得, 需在测试报告中加以说明。

8.4.8 采用商品化热水或蒸汽供热时, 能耗宜在进入边界的供热管路上加装流量仪表和温度仪表实测获得, 如采用供方提供数据, 应注意收集工质的热值数据。

8.5 综合能耗计算与能源折算

8.5.1 综合能耗按式(1)计算。

$$E = \sum_{i=1}^n (e_i \times p_i) \quad (1)$$

式中:

E ——综合能耗;

n ——能源品种数;

e_i ——第 i 种能源实物量;

p_i ——第 i 种能源的折算系数, 按能量的当量值或能源等价值折算。

8.5.2 计算综合能耗时, 各种能源折算为一次能源的单位为标准煤当量。

8.5.3 用能单位实际消耗的燃料能源应以其低(位)发热量为计算基础折算为标准煤量。低(位)发热量等于 29307 千焦(kJ)的燃料, 称为 1 千克标准煤(1kgce)。

8.5.4 用能单位外购的能源和耗能工质, 其能源折算系数可参照国家统计局公布的数据; 用能单位自产的能源和耗能工质所消耗的能源, 其能源折算系数可根据实际投入产出自行计算。

8.5.5 无法获得各种燃料能源的低(位)发热量实测值和单位耗能工质的耗能量时,可参照 GB/T 2589—2008 中的附录 A。

8.5.6 能耗中冷/热量折算为电力或/和化石能源时,可按 GB/T 34913—2017 的 4 给出的方法进行。

8.6 单位面积温室环境管理能耗

单位面积温室环境管理能耗按式(2)计算。

$$\varepsilon = \frac{E_i}{S} \quad (2)$$

式中:

- ε ——单位面积环境管理能耗;
- E_i ——以温室环境管理边界计量的综合能耗;
- S ——温室建筑面积。

9 测试报告

测试报告应包括基本描述、环境参数和能耗参数三部分内容。

9.1 基本描述

基本描述应至少包括下列内容:

- a) 地理位置描述:详述连栋温室所处的地理位置。
- b) 温室描述:单座连栋温室或连栋温室群、温室型式(文洛型、拱型等)、温室结构基本参数(面积、长度、跨度、跨数、高度等)、温室外覆盖材料(玻璃、塑料等)。
- c) 边界描述:详述能耗测试设定的边界和所包括的设备。
- d) 作物生产描述:作物种类及品种、栽种生产类型(育苗生产、栽培生产等)、生长周期等。
- e) 能源类别描述:详列能耗测试涉及的所有能源类别。
- f) 温室使用期描述:如夏季 x 月 x 日至 x 月 x 日不使用、冬季 x 月 x 日至 x 月 x 日不使用,或 x 月 x 日至 x 月 x 日使用等。
- g) 报告期描述:详述能耗测试记录的时间周期。
- h) 用能设备描述:简述被计量能耗的所有用能设备种类、型号、规格、技术参数等。
- i) 用能设备运行状况描述:报告期内设备运行是否正常、是否有异常情况发生、设备停用时间等。
- j) 测量仪表描述:名称、规格、型号、准确度等级或不确定度、检定与校准情况等。

9.2 环境参数

环境参数应至少包括下列内容:

- a) 温室内环境参数:日平均气温、日最高气温、日最低气温、日最大相对湿度和日最小相对湿度、CO₂含量、光辐射。
- b) 室外气象参数:月平均最高气温、月平均最低气温、年最高气温、年最低气温、日最低气温低于0℃的天数、日最高气温高于30℃的天数、月平均最低相对湿度、太阳曝辐量、日照时数、CO₂含量。
- c) 环境参数测量时间、测量或获得方法。

9.3 能耗参数

能耗参数应包括分别计量的用电量、用气量等各类能耗以及综合能耗，必要时可计算单位面积温室环境管理能耗。计量各参数由人工抄录时，应记录抄录时间，抄录时间应与报告期的起止和结束时间相符。
