

植物隔离检疫圃负压玻璃温室 设计要点分析

中国建筑科学研究院有限公司 牛维乐 孟令坤 杨峰 陈婧 陈清莹
崔磊 牟旭凤

摘要: 本文结合国内现行规范,针对植物隔离检疫圃负压玻璃温室的工艺、建筑、结构、通风空调系统、给排水系统、电气系统设计要点进行分析,从设计角度总结了植物隔离检疫圃负压玻璃温室的各项设计要求。

关键词: 植物隔离检疫圃 隔离设施 负压玻璃温室

Analysis on the design of negative pressure glass greenhouse in plant isolation and quarantine garden

Limited Company of China Academy of Building Research Weile-Niu Lingkun-Meng
Feng-Yang Jing-Chen

Abstract: According to the current domestic standards, this paper analyses the designing essentials in technology, architecture, structure, ventilation and air conditioning systems, water supply and drainage systems, electrical systems. The design requirements of negative pressure glass greenhouse in plant isolation and quarantine garden were summarized from the design point of view.

Keywords: Plant isolation and quarantine garden Isolation facilities Negative pressure glass greenhouse

1. 概述

植物隔离检疫圃是经过专业设计、具备隔离设备和专用设施,并由检疫行政主管部门设立、审核或许可,按照规定程序操作,专门承担引进植物繁殖材料隔离种植、隔离检疫任务的场所^{[1][2]}。隔离设施是指将隔离种植场地与周围环境分开,用于防止有害生物传入/传出的专门设备和实施,如围墙、温室、网室、人工气候室等^[1],负压玻璃温室是植物隔离检疫圃的一种隔离设施。植物隔离检疫圃负压玻璃温室是进境植物进行隔离种植的关键设施,可以确保在观察期内的引进植物可能携带的建议性有害生物不外泄,保障国家的植物生物安全、生命安全、粮食安全、生态安全、农产品质量安全等。植物隔离检疫圃负压玻璃温室的建设主要参照《植物生物安全实验室通用要求》GB/T 27428-2022^[3](下文简称文献1)、《进境植物隔离检疫圃的设计和操作》GB/T36814-2018^[2](下文简称文献2)、《植物隔离检疫圃分级标准》SN/T 1619-2017^[1](下文简称文献3)。本文作者通过植物隔离检疫圃负压玻璃温室的设计实践,对植物隔离检疫圃负压玻璃温室的设计要点进行总结分析。

2. 工艺设计要点

植物隔离检疫圃负压玻璃温室承担极高风险种苗的隔离检疫,涉及高度移动性或易于散布的有害生物,如锈菌、空气传播的细菌,需要在植物的各生长阶段进行生物安全控制,包

括花粉的传递、种子的控制、寄生虫等有害生物的互相传播，控制的传播介质有空气、水、土壤。植物隔离检疫圃负压玻璃温室属于文献 3 中附录 A 中的 PBSL-3 实验室的温室或者 PBSL-4 实验室的温室，属于文献 1 中的三级植物隔离检疫圃（PEQS-3）。植物隔离检疫圃负压玻璃温室为人工隔离的独立场所，应该能限制花粉、种子、有害微生物的无序传播；采用不同种类的植物分区种植；植物在温室内采用离地的平台上行种植，通常采用固定或者活动的苗床；植物在无疫生长基质（如灭菌盆装混合基料或无土生长基质）中生长；温室需要为植物提供适当的生长条件（如温度、采光和湿度）；温室要提供有利于有害生物出现和显症的条件；密封所有温室的出入口，包括电线和管道出入口，控制有害生物和室外的有害生物（如啮齿牧动物、粉虱、蚂蚁）的进入；温室需要配置内遮阳和外遮阳设施、供水和灌溉设施、施肥设施；空调系统为植物提供适合的温湿度环境；温室设施内配备高压灭菌锅或者焚烧炉等消毒设施；工作人员进入温室需要经过洗脚池和更衣，在温室内穿着专门的实验服装，离开温室需要进行淋浴；温室内设置非手动的水池，设置防止有害生物传播的独立灌溉系统。

3. 建筑设计要点

3.1 选址要求

植物隔离检疫圃负压玻璃温室宜选择朝阳、背风、地势平缓、工程地质条件好、地下水位较低的区域，避开洪、涝、泥石流、风口等地段和冰雹频发地区；离开高大建筑物、树木等遮挡物，保证冬至日地面日照时间不少于 6 小时；距离有粉尘等污染物的工厂或设施三公里以上；植物隔离检疫圃负压玻璃温室与其他区包括人员使用的办公室进行物理隔离。

3.2 建筑要求

温室设施周围设置安全防护围栏或者相应的安全防护设施；温室采用适宜植物生长、易清洁和消毒、能抵抗液体和化学物质渗透的安全玻璃进行建造，玻璃的选用应遵照《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113-2009 和《建筑安全玻璃管理规定》发改运行【2003】2116 号的规定，建议采用 5+9A+5 双面钢化中空玻璃，采用与之相配套的高强度铝合金专用型材，型材表面采用阳极氧化处理，其节点构造依据《连栋温室建设标准》NY/T2970-2016；在每间植物种植间和公共走廊之间设置双门互锁的气闸间，气闸间的隔墙材质宜和植物种植的房间一致，有利于植物的全天采光；围护结构的密封性能好，有利于形成和维持稳定的负压；在温室人流的主入口设置洗脚池和更衣房间，人员不得从户外直接进入温室种植区；温室室内地面下做墙身防潮层，墙身防潮层可以采用 20 厚 1:2 水泥内加 3-5%防水剂；温室的地面由混凝土或其他不透水材料组成，建议采用环氧自流平地面。

3. 结构设计要点

植物隔离检疫圃负压玻璃温室一般在温室大棚内搭建，温室大棚一般采用钢结构，通常采用 8.4 米跨度，一跨俩尖顶，开间 8.4 米，水槽高度 5.5 米，顶高约 7.0 米；金属骨架工厂定尺下料加工现场组装，工厂焊接、打磨、酸洗磷化、热浸镀锌后表面喷涂氟碳漆防腐处理；结构主要钢材均采用热镀锌钢材，其型材未经离心处理的平均镀锌量不低于 85 μm ，其具体指标应满足《金属覆盖层_钢铁制件热浸镀》(GB13912-2020)的要求；纵横向桁架梁与钢柱搭接及图纸要求搭接处均采用螺栓铰接。

4. 空调通风设计要点

4.1 室内温湿度要求

植物一般在 4~36 度的生长环境中生长，最适宜的温度在 15~30 度之间，由于各种植物种类和发育时期不同，温度之间有较大差异；不同植物对相对湿度的要求不一样，一般室内植物在百分之六十左右的湿度最适合生长。为了保证每间植物隔离检疫圃负压玻璃温室内的植物都能够正常生长，植物隔离检疫圃负压玻璃温室空调设计室内温度一般设置在 18-35℃之间，相对湿度 45-80%之间，并且能够独立控制。因此温室的空调必须采用可以同时供冷、供热的四管制空调机组。对于特殊的低温、高温生长的植物，还需要为其设计超级隔离温室，超级隔离温室的控制温度在 4-40℃之间，需要为超级隔离温室配备直膨式的用于冷库的空调设备和电加热系统。空调的冷热源可以采用风冷四管制多功能机组，全年实现冷热量回收。

4.2 中空玻璃热学参数

植物隔离检疫圃负压玻璃温室除计算机控制室、水肥控制室、淋浴房、焚烧房高压霉菌锅房等不见光的房间外，其它都是玻璃房间，空调负荷计算需要核算玻璃房的热能损耗；中空玻璃的遮阳系数和传热系数参照下表进行选取：

表 1：中空玻璃热学参数表

类别	中空玻璃结构	遮阳系数	传热系数 (K 值) ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)
普通中空玻璃	3+6A+3	0.90	3.4
	3+9A+3	0.90	3.1
	3+12A+3	0.90	3.0
	4+6A+4	0.87	3.3
	4+9A+4	0.87	3.1

	4+12A+4	0.87	2.9
	5+6A+5	0.84	3.3
	5+9A+5	0.84	3.1
	5+12A+5	0.84	2.9
	6+6A+6	0.83	3.3
	6+9A+6	0.83	3.1
	6+12A+6	0.83	2.9
低辐射中空玻璃	6+12A+6 高透低辐射玻璃	0.64	1.7
	6+12A+6 中透低辐射玻璃	0.57	1.8

4.3 压力梯度和气流组织

植物隔离检疫圃负压玻璃温室应相对于其它大气环境为负压，排风量大于新风量。为维持房间的压力持续稳定，开机时排风系统先于送风系统启动，关闭时相反。隔离温室采用定送变排的模式，当隔离温室压力出现干扰时，通过排风变风量阀调节排风量维持房间压力稳定。为了最大限度的避免风管和设备对于植物照明或采光的影响，隔离温室的新风取自地下管沟，排风管道设置在气闸间上方。

植物隔离检疫圃负压玻璃温室气流组织形式为底送上排，采用立式空气处理机顶部送风底部立面回风，新风经高效净化调节箱送入地沟，室内空气处理机从地沟取新风（从空气处理机侧部进入），新风与室内回风混合经室内空气处理机进行冷、热处理后送入室内；排风口在植物隔离检疫圃负压玻璃温室的吊顶上，详见图 1 所示。

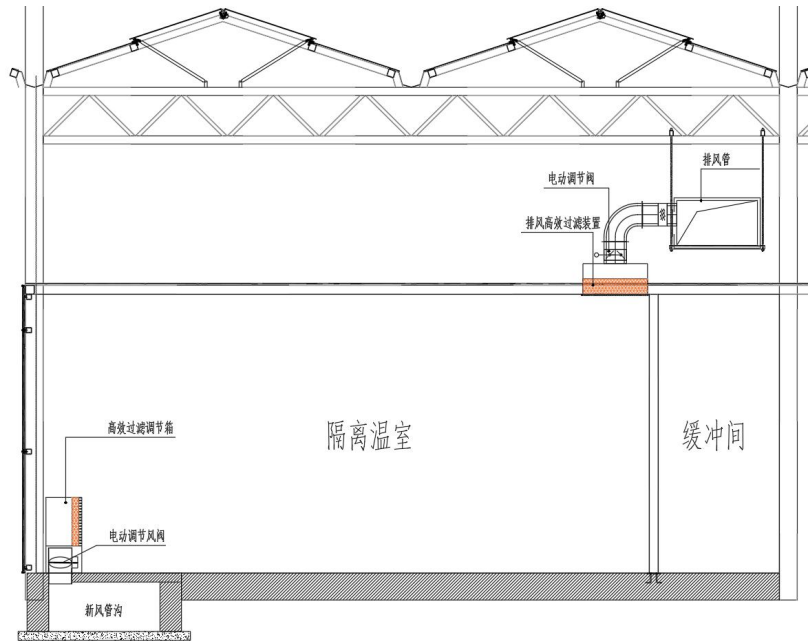


图 1. 隔离温室空调通风系统布局示意图

4.4 生物安全要求

植物隔离检疫圃负压玻璃温室内相对大气为负压；植物隔离检疫圃负压玻璃温室的废气主要是可能含有外来植物花粉、孢子及植物携带的病虫害寄生虫卵、有害生物昆虫、杂草、线虫、病毒、真菌、细菌、植原体、螺原体、软体动物、螨类等有害物，为了防止废气中的有害物排入室外大环境，因此植物隔离检疫圃负压玻璃温室的排风应经过可原位检漏和消毒高效过滤器排至室外，并且排风口要远离居民区和新风口；同时每个隔离温室的通风口必须安装防病毒过滤风口，房间之间不能通过空调系统造成有害物的扩散。

5. 给排水设计要点

5.1 水肥系统

植物隔离检疫圃负压玻璃温室采用无土栽培系统，对灌溉水质要求较高，为最大限度实现水肥精准配比可控，去除原水中有害的金属离子、 HCO_3^- ，以及作物不能吸收利用的 Na^+ ，规划配置纯水处理系统：加压泵从原水桶内取水并加压，依次经过石英砂过滤、活性炭过滤、精密过滤器，最后经过 RO 膜反渗透膜组，使水中的无机盐去除率达到 99%，同时，也能脱除水中的各种有机物、微粒，大大提高产品清洗合格率，且无污染，保障植物生长的供水需求。

植物隔离检疫圃负压玻璃温室可以采用云智慧在线式施肥机给作物配肥，根据种植的不同作物和不同生育阶段，施肥机上设定好肥料配方。施肥机从母液桶吸取肥液，从纯净水桶取清水与母液混合配比，配好的营养液直接灌溉至各个植物隔离检疫圃负压玻璃温室内的苗床上。为避免回液造成环境污染，需要对灌溉多余的回液进行过滤杀菌处理。

5.2 排水及水处理

植物隔离检疫圃负压玻璃温室的排水由排水管道收集到三级沉淀池，经过三级沉淀池处理后排出，三级沉淀池详见图 2。

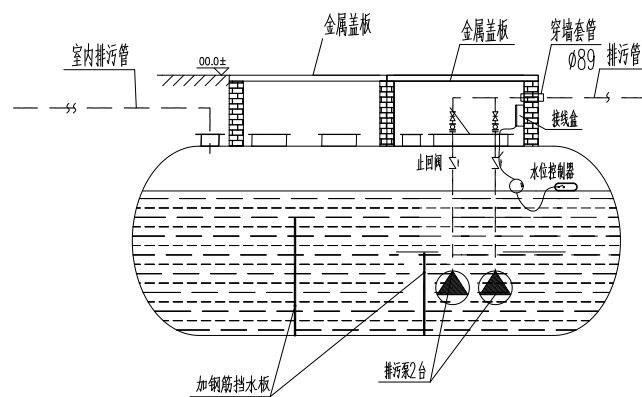


图 2. 三级沉淀池示意图

6. 电气设计要点

6.1 配电系统

考虑到植物隔离检疫圃负压玻璃温室的生物安全风险,为了确保植物隔离检疫圃负压玻璃温室的用电可靠性,植物隔离检疫圃负压玻璃温室应采用二级负荷供电,宜由两台变压器各引一路低压回路在负荷端配电箱处切换供电。每间负压温室设置专用配电箱,专用配电箱设在温室外。通风系统需要装备备用供电系统,用来保持空气压力梯度。

6.2 控制系统

负压温室的空调送风和排风设置连锁,先开排风机再开送风机,关机时顺序相反;温室装备对室内环境指标和污水处理系统的监测系统,防止重要系统的故障;设置安全报警系统;为了维持温室内的压差,避免人员进出温室可能带来的污染外泄问题,气闸间设置互锁门系统,一套互锁门在同一时间内只能打开其中的一扇门;为了确保负压温室的压力梯度,温室应设置高精度压力传感器,能监控室内压力参数;温湿度信息采集应采用高精度的传感器,且自控系统对采集的信号对相关执行装置(如电动水阀、加湿器等)进行闭环控制,将温湿度变化对系统的影响控制在最小范围。

7. 结语

植物隔离检疫圃负压玻璃温室一旦发生事故,极有可能造成有害生物向外扩散,从而对粮食和农业生产、生态环境及人身安全形成威胁,造成重大的经济损失,为了确保我国进境植物的生物安全,需要在植物隔离检疫圃负压玻璃温室的建设过程中对其工艺、建筑、结构、通风空调系统、给排水系统、电气系统进行详细设计,从设计开始落实植物隔离检疫圃负压玻璃温室的各项规范要求,确保进境植物、高风险植物隔离检验检疫活动的安全进行。

参考文献:

【1】《植物隔离检疫圃分级标准》SN/T 1619-2017；

【2】《进境植物隔离检疫圃的设计和操作》GB/T36814-2018

【3】《植物生物安全实验室通用要求》GB/T 27428-2022

作者简介：牛维乐，男，1973 年 8 月生，硕士，教授级高级工程师，

通讯地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号，中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与
能源研究院 124 室，邮编：100013 电话：010- 64517715 13601012879 邮箱：
niu_happy@163.com