

Venlo 型半封闭温室在山东东营地区适应性分析

张旭¹ 叶胜伟²

(1. 山东建筑大学, 山东 济南 250100; 2. 德州东方英宝联合技术有限公司, 山东 德州 253500)

【摘要】通过对东营地区的气候条件调查, 分析了 venlo 型半封闭温室的采光、受力和通风降温性能, 提出了 Venlo 型半封闭温室在东营地区使用的合理设计和配置并结合 Venlo 型半封闭温室的运行和管理, 在经济角度分析 Venlo 型温室的推广应用和发展前景。

【关键词】Venlo 型温室; 半封闭; 适应性; 东营地区

Venlo 型温室因最早起源于上世纪五十年代的荷兰“Venlo”镇而得名。由于其先进的结构形式和先进的标准化水平, 有利于实现中国农业现代化, 并随着时间的推移在中国逐步推广和普及。同双坡温室相比, Venlo 型温室通常分为小型屋顶、多个雨槽、大跨度及钢结构式的三尖屋顶。在温室内部, 可以根据生产的实际需求设置隔间。温室的整体框架是镀锌钢材制成的, 屋顶及周墙覆盖材料是 PC 空心板或浮法玻璃。其功能特点是透光率高, 特别适合欧洲冬季的低光暴露。它具有良好的气密性, 可以减少冬季的热负荷。通风面积很大, 周围的墙壁和屋脊上有侧窗和天窗。在夏季, 可以充分利用自然通风来降低室内温度。它具有很强的灵活性, 可配备各种环境因素控制设备, 以满足作物生长的环境要求。同传统的 Venlo 温室不同的是, 半封闭 Venlo 温室的气候室沿着墙壁的一侧安装。气候室和温室是相对隔离的空间。湿帘安装在气候室的室外墙侧, 风机安装在室内墙侧。与温室相连的顶部设有开闭式通风口。不同项目中用于调节室内空气环境的加热、冷却、除湿和 CO₂ 分配的设备和方法有不同的实践, 导致气候室的形式和结构不同。

一、东营市地理位置及气候背景概述

东营市的地理坐标范围是北纬 36° 55' - 38° 10', 东经 118° 07' - 119° 10'。城市的南北最长距离约为 123 公里, 东西最宽距离约 74 公里。东营市的总面积大约为 7923 平方公里。

东营市地处中纬度, 背陆面海, 受亚欧大陆和太平洋共同影响, 属暖温带大陆性季风气候, 基本气候特征为冬寒夏热, 四季分明。春季, 干旱多风, 早春冷暖无常, 常有倒春寒出现, 晚春回暖迅速, 常发生春旱。夏季气温高, 气温高, 降水集中。有时, 由于台风的影响, 秋季气温急剧下降, 降雨量急剧下降。秋高气爽, 冬季雨雪稀少, 寒冷干燥。

二、东营市区气候背景数据

(一) 气温

东营市平均气温 12.8 摄氏度, 无霜期 206 天。
≥ 10 摄氏度的积温约为 4300 摄氏度, 可满足作物两年三收的需要。冬季极端最低气温为 -13.8℃, 出现在 1 月 22 日, 夏季极端最高气温为 37.2℃, 发生在 6 月。

(二) 日照

东营市全年中日照时数大于 6 小时的天数为 208 天, 平均日照时数为 2632.7 小时, 日平均日照时数为 7.2 小时, 因此东营市的太阳能资源具有极高的利用价值。东营市每月日照 6 小时以上的最大天数与最小天数之比为 1.5, 表明东营市太阳能资源稳定。

年日照总辐射量在 1113 时为 142029 MJ(a) 照散射量为 544.86MJ/(ma), 因此一天中最有利于太阳能资源利用的时段为 1113 时。

(三) 降水

东营市气候类型为温带大陆性季风气候, 6 月 - 9 月为主要降水月份, 年平均降水量 555.0 毫米, 各年降水量差异较大。黄河、小清河及其支流是东营市三大河流。该市的主要水源是黄河客用水和地下水。东营市由于独特的自然地理环境, 深受气候变化的影响。

三、东营基本气候情况 (月值) (见表 1)

四、Venlo 型温室适用性的研究进展

程勤阳、周长吉等曾在北京地区对于 Venlo 型温室做过适应性分析, 其所分析的研究对象多为荷兰 Venlo 型温室。在周长吉等人的研究分析下得出: 传统的大面积 Venlo 型温室在幅员辽阔的中国夏季降温及冬季加温困难, 不能直接套用荷兰的传统 Venlon 温室。王勇等人对于鞍山市的 Venlo 温室的适用性进行了初步探索分析, 其透彻的分析了鞍山地区的气候条件, 从 Venlo 温室的结构荷载、通风方式以及采光

表 1

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
平均气温 (°C)	-2.6	-0.3	5.7	13.7	19.7	24.3	26.8	26.1	21.5	14.9	6.8	0.1
平均最高气温 (°C)	2.5	5.1	11.5	20.1	25.9	29.9	31.2	30.3	26.5	20.4	12.1	5.1
极端最高气温 (°C)	15.2	22.8	26.0	34.0	40.7	39.3	40.3	38.5	36.1	32.6	26.3	21.0
平均最低气温 (°C)	-6.3	-4.2	1.3	8.6	14.4	19.6	23.1	22.6	17.2	10.6	2.8	-3.6
极端最低气温 (°C)	-17.6	-20.2	-8.9	-2.0	3.8	10.6	14.8	14.6	7.9	-1.5	-10.3	-16.4
平均降水量 (毫米)	5.5	8.8	12.5	24.4	39.9	75.1	160	133	45.9	31.5	14.9	7.0
降水天数 (日)	2.7	3.5	4.0	4.9	5.7	8.0	11.8	9.8	5.9	5.5	4.4	3.3
平均风速 (米 / 秒)	3.2	3.5	4.0	4.5	4.4	4.0	3.5	3.2	3.1	3.3	3.4	3.3

性能等各个方面诠释了 Venlo 在中国改配后的适应性。在温室适用性分析方面,学术界和温室企业一直在不间断地进行中。因为,完善的 Venlo 温室不可能只适应一个地区的气候条件,根据不同的气候条件设计或改造各种类型的温室,比简单地研究某种类型的温室是否适合在该地区应用更实用。因此,适用性设计的根本目的是取其精华,去其糟粕,发挥其优点,探索其缺点。

20 世纪随着大量国外温室的涌入,推动了我国温室行业的不断发展,同时使得农业研究设计人员技术观念不断更新。通过数十年的研究发现,我国温室研究的基本思路是引进一种特殊类型的温室来解决各个地区的问题。虽然企业已经意识到原有的温室不能完全适应我国的气候环境,并重视不同地区温室的气候特征和适应性,但在关键技术、设计方案、解决措施等项目的研究还相对较少,国家对关键技术研发的支持有限,缺乏相关技术标准。少数企业实施的内部标准也不完善。21 世纪初,“农用温室建设和设计因地制宜”的理念已经成为主流思想,温室的建造要“有确切的目的”、“明确的设施作用”、“气候的适应性”、“综合因素的考虑”的设计基本理念。

五、Venlo 型半封闭温室在东营地区的适用性分析

(一) 结构荷载

通常,温室的结构荷载通常分为可变荷载和可永久荷载,其中永久荷载包括各结构构件、围栏构件、设备的自重及其他需要按永久荷载考虑的荷载,永久荷载需要根据温室的覆盖材料以及设备需求进行规

范套用计算。对于我国不同地区,可变荷载通常着重于风荷载及雪荷载,作物荷载等可变荷载需要按照实际种植作物需求进行合理设计。通常 Venlo 型温室的使用年限为二十年,在确定可变荷载代表值时,设计基准期宜采用三十年在 2016 年颁布的农业荷载规范中,设定温室的最低风荷载承载为 $0.25 \text{ kN} / \text{m}^2$,计算温室主体结构时按如下计算:

$$\omega_k = \mu_s \mu_z \omega_0$$

式中 ω_k ——风荷载标准值 (KN / m^2);

μ_s ——风荷载体型系数;

μ_z ——风压高度变化系数;

ω_0 ——基本风压 (KN / m^2)

根据东营市的基本风压资料查阅及温室设计参数代入计算得出东营市风荷载标准值 0° 风向最大为 $0.839 \text{ kN} / \text{m}^2$, 90° 风向最大值为 $0.734 \text{ kN} / \text{m}^2$ 。

屋面雪荷载的计算方法与民用建筑的不同之处在于,温室屋面透明覆盖材料的热阻较小。当温室内温度高时,热量会从透明的盖子迅速转移,促进屋顶区域的雪融化。因此,将温室特有的加热影响系数添加到计算中。屋面水平投影面的雪荷载标准值计算如下:

$$s_k = \mu_r c_t s_0$$

式中 s_k ——雪荷载标准值 (KN / m^2);

μ_r ——屋面积雪分布系数;

c_t ——加热影响系数;

s_0 ——基本雪压 (KN / m^2)

根据东营市的基本雪压资料查阅及温室设计参数代入计算得出东营市雪荷载均匀分布状态下雪荷载最大为 $0.4 \text{ kN} / \text{m}^2$,不均匀分布状态下雪荷载最

大值为 $0.32\text{kN} / \text{m}^2$ 。

（二）通风降温及加温

自然通风是依靠室内外风产生的风压和温室内外空气差产生的热压使空气流动，达到室内外空气交换的目的。为了实现自然通风，在温室内安装屋顶窗户、侧窗和其他通风口，形成自然通风系统。利用各种机械设备进行温室内外换气的通风方式是机械通风，机械通风可以根据需要确定采用风机的压力和风量。自然通风及机械通风中都要考虑防虫网设计的通风阻力，计算时通常要根据网子材料、规格、安装方式等计算实际通风量。半封闭温室通常屋顶开窗采用交错开窗形式且顶开窗数目相对较少，从而起到良好的封闭效果，使得室内气压可以得到快速的提升，使得的热空气迅速排出。

湿帘式风扇制冷系统，特别是在北方干热气候条件下，结合屋顶遮阳，可以完全解决温室夏季运行时的制冷问题。但是，装有湿帘风机降温系统的温室，室内从湿帘侧到风机侧的温差很大。风机与湿帘之间的距离一般要求控制在 50 米以内，这就大大限制了连栋温室建设的规模，导致土地资源浪费，建设成本增加，冬季供暖能耗增加在湿帘风机系统的改善下形成了半封闭气候室结构，由于半封闭气候室结构中风机装有冷盘与热盘，可以很好地解决距离过大导致的降温不明显问题同时可以解决冬季加热问题。东营地区，夏季，气候室降温系统和通风换气可同时进行，配合室内高压喷雾系统可以达到很好的降温效果，可完全满足作物生长需求；冬季，在气候室底部装有加热器，打开风机，外界冷空气经过风机加热器，使温度满足作物生长需求。东营地区冬季白天（正午）的最低气温一般保持在 -3°C 以上。因此，该地区的种植用半封闭 Venlo 型温室可以很好地利用气候室结构调节温室内温度及气体成分。

（三）遮阳方式

目前，Venlo 型温室只有外遮荫和内遮荫两种遮荫方式。虽然两种方式基本原理是一样的，但外部遮光的冷却效果明显优于内部遮光。温室有调节光强、冷却、隔热和减少自然灾害影响等的多重任务，那么，根据作物生长需求和当地气候条件来选择合适的遮阳类型至关重要。对于以玻璃为顶盖材料的温室，外遮阳对减少冰雹危害有一定作用；由铝箔或其他隔热材料制成的内部遮阳帘具有分离温室内部空气夹层的功能，减少温室内部加热空气的体积，并具有隔热能力。

（四）采光性能

温室的采光性能直接影响其是否具有足够的光

能和热能。Venlo 型温室常用的覆盖材料是玻璃和中空 PC 板。通常，用于屋顶的玻璃可以实现比 PC 板高 91% 的透射率，但就绝缘性能而言，PC 板优于玻璃，对于东营市来说，屋顶宜采用超白钢化散射玻璃，能够很好地反射阳光且对于夏季降温有着更好的效果，相对于 PC 板玻璃的使用年限更长且不易产生色差从而影响温室采光性能。

（五）水资源收集循环

在东营地区，可利用半封闭气候室结构配合高压喷雾等技术手段实现温室的降温、加温及空气调节，实现了节能且环保的温室运行方式，这一手段不需要昂贵的节能设备及环保设备。所以为了秉持节能环保的观念吗，在室外设置雨水回收池及室内灌溉水回收，从而实现雨水的收集和灌溉水的回收利用。

六、Venlo 型温室在东营地区适用性总结

通过以上方面的结果分析，半封闭 Venlo 型温室在在结构及运行原理等各个方面均符合东营地区的使用。但在使用前提下可以根据所种植作物以及本土的其他特殊情况进行改良设计，在符合本土使用情况下，为了经济效益可以适当进行减配设置。

与传统的文洛式温室相比，半封闭式温室的结构几乎相同，但屋顶窗户的面积可以更小。气候室的存在进一步加强了温室内部的隔热，温室的整体隔热性能更好。此外，温室有配套的温室降温系统，使得可以在夏季实现安全生产，并将夏季生产周期延长 1-2 个月。与传统的文洛型温室相比，半封闭式温室的建设成本仅增加了 5%，但可以显著提高温室的利用率，从而降低温室的折旧成本，增加温室作物的产量，在东营地区的半封闭温室设计在温室的排水密封、强降雪以及强风等方面还要加强。

参考文献：

- [1] 周长吉，程勤阳，周新群，等. 荷兰 Venlo 型温室在北京地区的适应性分析 [J]. 北京农业科学, 1999(17):8-13.
- [2] 王勇，闫绪彤，周新群，等. Venlo 型温室在鞍山地区适用性初探 [J]. 农业工程技术, 2010:32-35.
- [3] 周长吉. 温室工程设计手册 [C]. 北京：中国农业出版社, 2009:224 ~ 235.
- [4] 周长吉，李燕，富建鲁，等. 半封闭温室在中国的工程实践 [J]. 农业科技, 2021(01).

作者简介：张旭（1997—），男，汉族，山东德州人，技术员，本科，研究方向：机械。