

用 SketchUp 软件优化新疆日光温室间距的对比分析

刘 霞,马月虹,马彩雯,史慧锋,邹 平,吴乐天,宋兵伟

(新疆农业科学院 农业机械化研究所,新疆 乌鲁木齐 830091)

摘要:为探索关于新疆日光温室间距的合理计算方法,用自带地理参数的 SketchUp 建筑软件模拟项目区日光温室的光影,分析出前后合理间距,把分析结果与传统公式计算值相比较。结果表明:与 SketchUp 建筑软件分析结果相比,采用温室间距传统公式法其间距计算结果存在较大误差。根据生产实践得知,按照公式计算出的数值偏小,温室采光面不能满足冬至日当天满窗照射 4 h 采光要求。用 SketchUp 建筑软件分析出的温室间距较接近合理值,刚好满足冬至日当天满窗照射 4 h 要求。表明 SketchUp 软件可实现优化新疆日光温室间距的建模分析。

关键词:日光温室;间距;满窗照射;优化

中图分类号:S625 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)05-0138-05 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.05.0138

党和国家一直高度重视新疆社会经济发展,出台了一系列支持新疆加快发展的有力措施。特别是 2010 年 5 月中央启动了 19 省(市)对口援助新疆发展工作机制,各省(市)进一步加大了对人力、智力、技术、资金、项目的援助力度。5 月 18 日,中央又召开了中央新疆工作座谈会,进一步加强了对新疆经济发展和民生事业的支持,为新疆各项社会事业发展提供了强大的动力和政策保障,也给全区农业和农村经济发展带来了良好机遇。

当前从新疆维吾尔自治区党委、人民政府到各地(州)、县(市)党委、政府都高度重视设施农业发展。《自治区党委自治区人民政府关于进一步推进农村改革发展的意见》,把发展设施农业作为构建新疆现代农业产业体系,推进外向型农业发展的重要内容之一,并从 2009 年起,自治区财政安排的设施农业发展专项资金由 1 000 万元增加到 5 000 万元,以支持设施农业快速发展。各地(州)、县(市)也把发展设施农业列入了重要的议事日程,加大了政策、资金、人力、物力的支持力度,引导和推动设施农业发展。同时,通过多年实

践,该区已总结出一套符合实际、行之有效的设施建设和生产技术、经验及模式。各级农业科研、技术推广部门也把搞好设施农业科技攻关、技术指导作为服务“三农”的重要内容,加大了工作力度,为设施农业发展提供了技术支撑。总体看,全区上下已经形成了大力发展设施农业的良好社会环境,为产业发展创造了条件。截止目前,新疆各地州均有规模化的设施农业园区,因此,温室间距的计算与确定是进行园区规划的首要设计参数之一。传统确定温室间距的方法多以计算公式为主,经实践证明,计算结果存在一定误差。本文利用建筑软件 SketchUp 建模进行光影分析的方法,以期在传统公式法计算结果上优化温室间距,得出温室间距的较为合理的数值,并用生产实践做检验。

1 合理温室间距研究进展

日光温室间距取决于温室与温室间的遮荫情况,而遮荫主要与温室高度、太阳高度角、方位角有关,太阳高度角、方位角又随季节和一天中时刻不同而变化^[1]。温室间距用公式计算: $L = H \cdot S - L_1 - L_2$ ^[1],式中 L :前后两温室间距,即前栋温室后墙根到后栋温室前沿距离; H :日光温室最高点高度; S :有效遮荫系数; L_1 :温室最高遮荫点到后墙内侧的水平距离; L_2 :后墙底宽。在温室园区规划建设中,前后两排温室间距的大小直接影响后排温室的采光,合理的温室间距不仅能保证后排温室的日照时间,同时也可提高温室园区的土地利用率^[2]。建筑物的间距是由建筑物高

收稿日期:2016-03-15

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203002)

第一作者简介:刘霞(1982-),女,新疆维吾尔自治区沙湾县人,学士,工程师,从事农业规划设计研究。E-mail:280207719@qq.com。

通讯作者:马月虹(1974-),女,新疆维吾尔自治区库尔勒人,硕士,研究员,从事设施农业规划设计研究。E-mail:923999218@qq.com。

度和长度及日照标准等因素决定的。其间距的计算公式: $D_0 = H_0 \times ctgh \times \cos(A-\alpha)$, 式中, D_0 为建筑间距; H_0 为前排建筑物的高度; h 为太阳高度角; A 为太阳方位角; α 为建筑方位角^[3]。最大限度获得采光是日光温室设计的关键。设计中保证冬至日光照最弱时节能日光温室能获得最大采光, 其它季节的采光就能得到满足。所以, 采光设计基本以冬至日作为计算基准^[4]。前人研究温室间距多以公式计算, 计算方法各有特点, 但仍鲜见用 SketchUp 软件分析间距的文献。

SketchUp 是一款建筑软件, 常用于楼盘设计, 它在日照间距测算方面功能强大, 计算结果精确。温室间距 D 的确定与冬至日正午太阳高度角 θ 有关, 以冬至日正午前后各 2 h 高度角为依据。温室间距合理的情况下, 采光时段越长越好^[5]。若选用较大温室间距值, 则作物采光时段长, 较有利于作物生长, 但造成土地利用率低; 若选用较小温室间距值, 则作物采光时段较短, 土地利用率高, 但作物生长受到影响。如何接近温室间距的合理数值, 满足采光要求且达到土地利用的最大化的温室间距数值是探索的新方法。

2 材料与方法

2.1 试验概况

本设施农业园区位于乌鲁木齐西山农场, N43. 85°, E87. 66°, 属温带大陆性干旱气候。年平均降水量为 190~250 mm, 最暖的 7、8 月平均气温为 25. 7 °C, 最冷的 1 月平均气温为 -15. 2 °C。四季分明, 日照充足, 适宜发展设施农业。

2.2 方法

温室间距 D 的确定与冬至日正午太阳高度角 θ 有关。为保证日照时间最短的冬至日内采光时段能达到 2~4 h 或以上, 多以冬至日正午前后各 2 h 高度角为依据, 原因是冬季太阳遮光的轨迹走向南凹, 成弧形, 2~4 h 内为全面采光, 其余时间为部分采光。温室间距合理的情况下, 采光时段越长越好。

而 SketchUp 软件成功应用于楼盘遮荫程度的计算, 按照原理, 也可运用到温室遮荫的测算。日光温室作为一种依靠光照使室内增温, 作物进行光合作用的一种半人工半自然的建筑。新疆幅员辽阔, 经度跨越 73°44'~96°16'; 纬度跨越 36°09'~49°02', 因而太阳高度角及气候差异明显, 本文将采用传统公式法计算出的温室间距与

SketchUp 方法对比, 如: $S = \frac{H}{\tan\alpha} - L_1 - L_2$, 计算结果存在偏差出现冬至日满窗照射不足 4 h。
2.2.1 SketchUp 法 SketchUp 建模后, 在模型信息地理位置栏里输入经纬度, 日期及时刻。启动阴影, 便可以模拟出建筑阴影。本文研究方法为先用传统测算公式法计算出预设值, 然后用 SketchUp 法修正, 使温室间距的测算更接近合理值。

用 SketchUp 法校正公式法计算出的新疆地区日光温室间距, 首先需要计算当地冬至日太阳高度角。当地正午太阳高度角 $\alpha = 90^\circ - \text{纬度差}$ (北半球纬度差为 23'26"), 纬度差即要求当地纬度和太阳直射点地理纬度之间相差的纬度数。新疆疆域 160 万 km², 经度跨越 73°44'~96°16'; 纬度跨越 36°09'~49°02', 太阳高度角及气候差异明显, 因此将分为南疆、北疆及东疆。本文将选定南北东疆 6 个场地用 SketchUp 法校正公式法计算出的新疆地区日光温室间距。即南疆(喀什与和田)、北疆(乌鲁木齐、伊宁与塔城)、东疆(吐鲁番)为研究对象。所选各场地冬至日太阳高度角见表 1。

表 1 所选场地冬至日太阳高度角

Table 1 The winter solstice the sun altitude angle on the selected site

地区 Area	场地 Place	纬度 Latitude	冬至日太阳 高度角 α
			Solar zenith angle
南疆 South of Xinjiang	喀什	39. 4044°	27. 1623
	和田	37. 0530°	29. 5137
北疆 Nouth of Xinjiang	乌鲁木齐	43. 6265°	22. 9402
	伊宁	43. 8319°	22. 7348
东疆 East of Xinjiang	塔城	46. 7165°	19. 8502
	吐鲁番	42. 9043°	23. 6624

2.2.2 公式计算 经过文献检索及本项目组已有的研究基础, 应用了张杰等日光温室间距的测量与计算^[6]一文中最早提出的公式 $S = \frac{H}{\tan\alpha} - L_1 - L_2$, 来计算西山农场项目区日光温室前后间距。

S: 前排温室与后排温室理论间距

H: 温室脊高+保温被捆高(通常取 0. 5 m),

本案为 $3.6+0.5=4.1\text{ m}$
 $\text{tg}\alpha$:当地冬至日太阳高度角的正切值
 L_1 :后屋面水平投影长度
 L_2 :温室后墙厚度
经过代入计算,得到结果,西山农场温室间距
7.54 m。
类似方法计算新疆其它地州项目区内日光温
室间距(见表 2)。

表 2 公式法计算出的温室间距
Table 2 Formula method to calculate the
greenhouse space

地区	场地	间距计算值 S/m
Area	Place	Calculated value
南疆 South of Xinjiang	喀什	5.84
	和田	5.09
	乌鲁木齐	7.54
北疆 Nouth of Xinjiang	伊宁	7.64
	塔城	9.21
东疆 East of Xinjiang	吐鲁番	7.21

2.2.3 SketchUp 法 (1)模拟遮荫(公式法的结
果):用公式法 $S = \frac{H}{\tan\alpha} - L_1 - L_2$ 初步计算西山
农场项目区日光温室间距结果为 7.54 m。然后
用 SketchUp 建模型模拟出,冬至日温室满窗采
光时段为 12:20~15:12(见图 1),仅 2.9 h(见图
2),不能满足既定的满窗照射 4 h 采光设计要求。

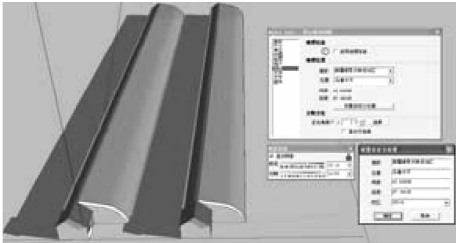


图 1 冬至日当天乌鲁木齐西山农场间距为 7.54 m
的日光温室不遮荫开始时刻为北京时间 12:20
Fig.1 Winter solstice solar greenhouse with distance
7.54 m in Urumqi area ,the beginning of no shading
from 12:20 (Beijing time)

以此类推,位于和田、乌鲁木齐、伊宁、塔城、
吐鲁番的项目区所在地,用 SketchUp 法优化温
室间距(见表 3)。

(2)SketchUp 法模拟遮荫:从阴影遮挡分析
得知间距需略加大一点。用 SketchUp 调整间
距,观测阴影位置,得出冬至日满窗照射 4 h 的最

小间距为 8.9 m,经过 SketchUp 模拟验证满窗采
光时段为 11:50~15:50(见图 3,图 4)。

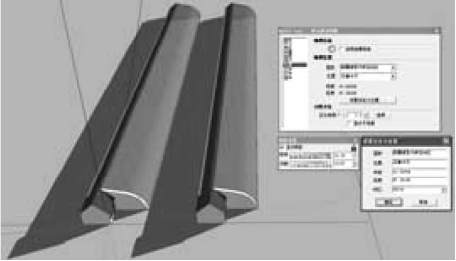


图 2 冬至日当天乌鲁木齐西山农场间距为 7.54 m 的
日光温室不遮荫结束时刻为北京时间 15:12
Fig.2 Winter solstice solar greenhouse with distance
7.54 m in Urumqi area ,the ending of no shading
from 15:12 (Beijing time)

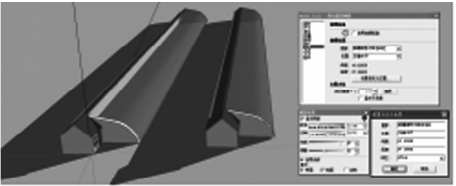


图 3 冬至日当天乌鲁木齐西山农场间距为 8.9 m
的日光温室不遮荫开始时刻为北京时间 11:50
Fig.3 Winter solstice solar greenhouse with distance
8.9 m in Urumqi area ,the beginning of no shading from
11:50 (Beijing time)

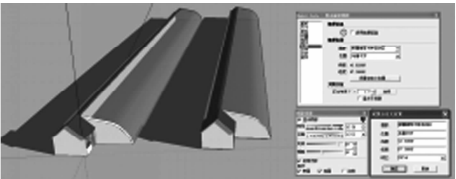


图 4 冬至日当天乌鲁木齐西山农场间距为 8.9 m
的日光温室不遮荫结束时刻为北京时间 15:50
Fig.4 Winter solstice solar greenhouse with distance
8.9 m in Urumqi area ,the ending of no shading from
15:50 (Beijing time)



图 5 乌鲁木齐西山农场日光温室区 Google 实景图
Fig.5 Google map of greenhouse region
of Xishan farm of Urumqi

表 3 SketchUp 法优化的温室间距
Table 3 The SketchUp method in the optimization of greenhouse space

地 区 Area	场地 Place	软件模拟法测定 的模拟值 S/m Simulation value
南疆 South of xinjiang	喀 什	6.40
	和田	5.65
	乌鲁木齐	8.90
北疆 Nouth of xinjiang	伊 宁	8.40
	塔 城	10.20
东疆 East of xinjiang	吐鲁番	8.00

3 结果与分析

3.1 公式法与软件模拟法结果对照

当太阳光与温室东西延长线垂直时,投入室内的太阳光最多,强度最大,温度上升最快,对蔬菜光合作用最有利。新疆地处北半球,因此冬至日当天太阳高度角最小,一般来说日光温室采光时段设计保证在冬至日满窗 4 h 以上。

传统公式 $S = \frac{H}{\tan\alpha} - L_1 - L_2$ 计算的结果偏小,总的来说,在新疆地区纬度较高,温室间距公式法二计算结果须增大 1 m;纬度较小地区,结果须增大 0.6 m 以上,经过计算机模拟及西山农场实践证明,这样的方法可以适当修正计算结果,较为合理(见表 4)。

表 4 温室间距计算结果对比
Table 4 Results of comparison about greenhouse spacing

地 区 Area	场地 Place	公式法二		SetchUp 法
		计算值 Calculated value	比大小 Contrast	模拟值/m Simulation value
南疆 South of xinjiang	喀 什	5.84	<	6.40
	和田	5.09	<	5.65
北疆 Nouth of xinjiang	乌鲁木齐	7.54	<	8.90
	伊 宁	7.64	<	8.40
	塔 城	9.21	<	10.20
东疆 East of xinjiang	吐鲁番	7.21	<	8.00

3.2 精确度分析

SketchUp 软件模拟分析温室间距,还与温室方位角有关。温室方位角的设计原理表明温室方

位角的问题主要是日光温室的南北朝向问题。根据地球物理学的知识,在任何纬度的地方,地方时(真正午时)12 时,太阳的方位都是正南。地球在一天之内(约 24 h),自传一周(360°),即每小时自传 15°,也就是约 4 min,太阳的方位角就西移或东移 1°,由此推算,日光温室的方位角每相差 1°,太阳直射时间出现的早晚相差约 4 min,如果某座日光温室偏东 10°,可比正南方位的早见到太阳直射光 40 min,反之晚见到直射光 40 min。温室的建造方位影响着温室的早晚见光时间。由于新疆秋冬季节地温低,揭帘过早,且太阳光照弱,室内气温将骤降,对作物不利。因此新疆地区温室方位选择南偏西 8°,尽量利用午后光照,增加光合作用。

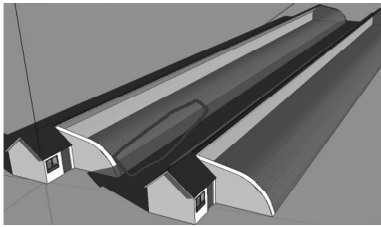


图 6 有遮光(公式法计算值偏小)
Fig. 6 Shading(Slightly smaller results from the Formula)

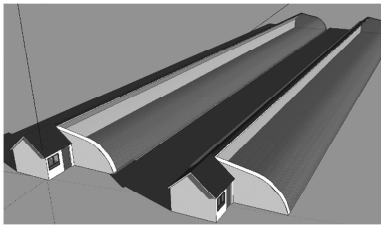


图 7 无遮光(SetchUp 法模拟值较精确)
Fig. 7 No shading(Accurate results from the SetchUp)

经过在乌鲁木齐西山农场温室基地的实践证明,前后间距保持在 8.8 m(公式 $D = \frac{(H + H_1 + B \tan\beta) \cos\omega - (d_1 + d_2) \tan\theta}{\tan\theta - \tan\beta \cos\omega}$ 的计算结果)刚好满足冬至日满窗采光达到 4 h。在马月虹^[5]研究中提到的温室间距 D 计算公式:

$$D = \frac{(H + H_1 + B \tan\beta) \cos\omega - (d_1 + d_2) \tan\theta}{\tan\theta - \tan\beta \cos\omega}$$

式中,D:温室最小间距; θ :太阳高度角; ω :太阳时角; β :坡降角; H :温室脊高; H_1 :保温被卷起的高度; B :温室宽度; d_1 :墙体厚度; d_2 :后屋面室内水平投影。而本文中的 SketchUp 模拟法的模拟值 8.9 m,基本接近已经被证明合理的 8.8 m。

利用 SketchUp 软件,先建模,调整温室按照南偏西 8° 摆放,最大程度模拟接受自然光照射时候产生的阴影,进行分析,然后在地理位置对话框里输入精确到万分位的经纬度,接着根据采光满窗时段(4 h)不断调整间距,以期接近最佳间距的一种方法。以乌鲁木齐西山农牧场温室为例,按照在公式计算值的基础上用 SketchUp 软件进行优化,间距优化为 8.9 m,经过 2 a 的试验证明,恰巧满足冬至日满窗(见图 6、图 7)。

4 结论与讨论

SketchUp 是一个极受欢迎并且易于使用的 3D 设计软件,它的一个重要功能对温室设计至关重要,那便是对模型进行地理信息的定位,也就是说模拟模型所在地区,进行精确的光照分析。对于 10 座温室以上的设施农业园区,其温室前后间距的设定将决定每座温室的采光时长,进而影响到作物的生长。因本文在经过传统测算公式法基础上,用 SketchUp 法修正后,发现传统测算公式值偏小,存在遮荫情况。相比之下,SketchUp 模拟法的值更接近合理值。

国内研究日光温室保温、采光性能、温室结构的较多,研究日光温室前后合理间距的较少。尤其是适合新疆地区温室合理间距研究很少。河南、黑龙江等部分区域有研究,但是使用常规计算公式,不能广泛适用温室间距的确定,本文做了公式法和 SketchUp 软件建模分析法这两种方法的对比,以位于乌鲁木齐西山农场项目区的日光温室为验证地点,认为公式法 $S = H \times \operatorname{tg} \alpha - L_1 - L_2$ 的计算结果偏小,冬季尤其是冬至日前后两周内,温室采光面满窗采光不能达到 4 h 照射需求。而

用建模分析法,从数次增加和调整温室间距后进行的光影分析中,得出相对接近合理值。这是一种方法,把 3D 建模和 google 卫星定位光照分析结合,是一种利用计算机软件的一种方法。关于测算温室间距可能还有更多先进方法,值得今后讨论。

参考文献:

- [1] 张利民,郭红卫.日光温室间距的计算[J].河南农业科学,2000(12):25-26.
- [2] 白义奎,李天来,王铁良.影响日光温室间距因素分析[J].可再生能源,2012,30(2):95-97.
- [3] 陈步尚,张春梅.建筑日照间距在规划设计中的应用[J].辽宁工程技术大学学报,2007,26(1):37-39.
- [4] 魏晓明,周长吉,曹楠,等.基于光照的日光温室总体尺寸确定方法研究[J].北方园艺,2010(15):1-5.
- [5] 马月虹,刘霞,马彩雯,等.日光温室合理前后间距计算方法的分析与验证[J].中国农机化学报,2013(5):127-129.
- [6] 张杰,别红霞.日光温室间距的测量与计算[J].中国蔬菜,1998(4):59-60.
- [7] 何金春,魏炜.新疆高纬度区日光温室间距的确定[J].新疆农业大学学报,2002,25(2):73-75.
- [8] 傅文裕.严寒地区住宅建筑日照优化设计研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.
- [9] 陈小翊,刘媛.城市住宅小区建筑间距研究与分析[J].现代物业,2012,11(6):8-9.
- [10] 孙明伟,高蒙.日照分析在城市规划管理中的应用[J].内蒙古科技与经济,2014(2):14-16.
- [11] 王东淳.房屋日照间距与提高住宅建筑密度[J].科技信息,2008(13):201-202.
- [12] 陶登科,王海龙.建筑日照间距合理确定的新方法探索[J].山西建筑,2009,35(4):78-79.
- [13] 李军,邹志荣,杨旭,等.西北型节能日光温室采光设计中方位角和前屋面角的分析、探讨与应用[J].西北农业学报,2003,12(2):105-108.
- [14] 蒲殿恒.用微机计算建筑日照间距的方法[J].油田地面工程(OSE),1989,10(8):50-58.
- [15] 百度百科[EB/OL]. [2016-03-157]. <http://baidu.com.google.sketchup>.

Optimization of Modeling and Analysis of Sunlight Greenhouse in Xinjiang with SketchUp Software

LIU Xia, MA Yue-hong, MA Cai-wen, SHI Hui-feng, ZOU Ping, WU Le-tian, SONG Bing-wei
(Agricultural Machinery Research Institute of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091)

Abstract: In order to get more reasonable value of Xinjiang greenhouse spacing, taking a kind of reasonable greenhouse space, after comparison of the two results, the one is SketchUp software simulation, the other is the traditional. The results showed that by using the traditional formula method $S = H / \operatorname{tg} \alpha - L_1 - L_2$, greenhouse distance calculation results had some errors, according to the actual production practice, the calculation results were smaller, it showed that the greenhouse lighting surface couldn't meet full window irradiation for 4 hours in the winter solstice day. The analysis with the SketchUp architecture software greenhouse spacing was close to the reasonable value, just to meet full window irradiation for 4 hours in the winter solstice day. SketchUp software could realize the optimization analysis in spacing of sunlight greenhouse in Xinjiang.

Keywords: greenhouse; spacing; full window irradiation; optimization