

大型连栋鸡舍自然采光的设计与测试^①

李保明^②

王云龙 司建林

(中国农业大学水利与土木工程学院) (中国农业大学动物科技学院)

崔引安

(中国农业大学水利与土木工程学院)

摘要 分析了大型连栋鸡舍自然采光的设计原理和屋顶采光窗的设计方法,测定了山东蓬莱某自然采光连栋鸡舍的室内光环境状况。理论分析与实测结果表明:确保室内光照分布均匀的屋顶采光窗(带)宽度与间距的比值应不小于窗壁高与室内笼顶净高的2倍的比值。

关键词 鸡舍;连栋鸡舍;自然采光;光照设计

中图分类号 TU 264.7

Design and Test of Natural Lighting for Multi-section Poultry Housing

Li Baoming¹ Wang Yunlong² Si Jianlin² Cui Yin'an¹

(1 College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU 2 College of Animal Science and Technology, CAU)

Abstract The design principle and method on natural lighting for multi-section poultry housing is analysed. The light environment of a practical multi-section poultry housing with natural lighting windows in Penglai, Shandong province, was tested. The theory analyses and test results show that the ratio of a roof window width to the interval between windows should not less than that of the height in a window wall to the double net height in housing.

Key words poultry housing; multi-section poultry housing; natural light; window design

我国过去的密闭型鸡舍的光照系统均采用人工光照;虽然舍内照度要求不高,一般有 20 lx 即可,但是由于产蛋期要求光照时间较长,一般需 16 h,对于肉仔鸡舍则长达 23 h^[1];因此,耗电能很大,一般密闭型鸡舍的照明用电能占整个鸡场生产用电能的 30% 以上。所以,尽量采用自然光照以降低鸡舍的照明用电,对于节省电能和降低运行费用均具有十分重要的意义。本文中针对现行砖混结构大型连栋鸡舍的建筑特点,研究其自然采光的设计与应用原理。

1 大型连栋鸡舍的自然采光

大型连栋鸡舍的自然采光窗只能设在屋顶上。对其位置、形状和面积的确定是自然采光设计的关键。对于平屋顶结构的连栋鸡舍,设置采光窗最简易、最经济的办法就是在几块屋面板之间做一采光带,即在相邻 2 块屋面板间留出一定间隔,覆盖上坚固、耐老化的透光材料。屋顶

收稿日期:1997-10-05

①农业部“八五”重点攻关项目

②李保明,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)67 信箱,100083

采光带的宽度、间距及采光材料不仅是影响舍内光照度及其分布均匀性的关键因素,而且也直接影响鸡舍的工程造价;因此应合理确定采光带宽度和间距,并选择合适的采光材料。

为满足舍内光照度均匀性的要求,宜采用散光性较好的透光材料如玻璃钢等;为了保温和隔热,一般可设置 2 层,中间留出 6~10 cm 的空隙作为密闭空气层。这样经 2 层反射和散射,舍内基本不存在直射光。选用透光率不同的玻璃钢,即可满足舍内各处不同光照度的要求。

平屋顶连栋鸡舍采光原理如图 1 所示。可以看出,对于南北走向的采光带,透过玻璃钢后的光线(包括直射光和散射光)都不可能直接到达图中三角形阴影区域内,只有部分反射光反射到该区域内;因此,这部分区域的光照度明显低于其他部位。为使舍内的照度分布比较均匀,设置采光窗时应使鸡笼顶部不在阴影区域内,即图中的 H 应不大于鸡笼

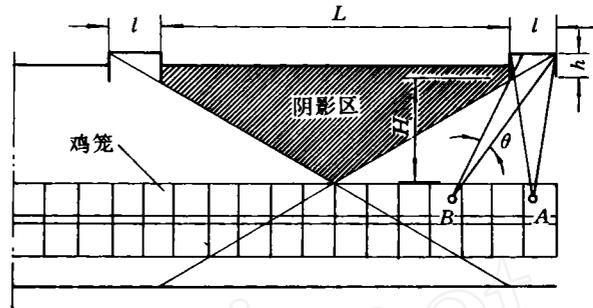


图 1 屋顶采光鸡舍内光照度分布原理

上部的净空。对于一定的鸡舍,其 H 和 h 都是一定的,据此即可确定 l 和 L 。根据相似三角形等比定律,有 $l/(l+L/2)=h/(h+H)$,由此解得 $l/L=h/2H$ 。可知,采光带宽度 l 与间距 L 之比等于采光带自身的垂直高度 h 与舍内鸡笼顶部的净空高度 H 的 2 倍之比。对于一定的鸡舍, $h/2H$ 是一常数,因此,保证舍内鸡群活动区采光均匀的采光带宽度与间距的比值应不小于该常数。例如,设 $h=0.4\text{ m}$, $H=1.2\text{ m}$,则 $h/2H=1:6$,也就是说, $l/L>1/6$,则舍内鸡群活动区就不会有阴影区(对散射光而言),但如果 $l/L<1/6$,则舍内必然出现阴影区,即产生光照度不均匀现象。这一不均匀度与 l 同 L 的比值有关, l/L 值越小,舍内光照度越不均匀;因此,消除舍内散射光阴影区的界限值为 $h/2H$ 。

但就舍内鸡群活动区光照度分布的均匀性来说,仅用 l/L 值还不能说明舍内照度分布的均匀性。舍内各点照度计算的原理如图 1 所示,对于鸡群活动区内的任一点 B ,某一采光带在该点水平面上形成的照度 E_{Bi} ,可根据建筑光学中的立体角投影定律^[2]计算出,即认为某一亮度的发光表面在被照面上形成的照度,是这一发光表面的亮度与发光表面在被照点上形成的立体角在被照面上的投影的乘积,用数学式表示为

$$E_{Bi} = L_v \Omega \cos \theta \tag{1}$$

式中: E_{Bi} 为第 i 个采光带在点 B 所在水平面上的照度, lx; L_v 为第 i 个采光带的亮度, $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$; θ 为采光面法线与点 B 对该采光面所张立体角垂直面的法线间的夹角, ($^\circ$); Ω 为以点 B 为顶点,由第 i 个采光面所张的立体角,有

$$\Omega = \{b[l - h(2l_{BA} - l)/2H_B] \cos \theta\} [(H_B + h)^2 + l_{BA}^2]^{-1} \tag{2}$$

式中: b 为单栋鸡舍的净宽, m; l_{BA} 为由计算点 B 至同一水平面上采光带正下方中央部位点 A 的距离, m; H_B 为由计算点 B 至采光窗的净垂直高度, m。根据物体表面亮度的定义^[2],有

$$L_v = \frac{L_{vs}}{b[l - \frac{h(l_{BA} - l/2)}{H_B}] \cos \theta} = \frac{L_{vs}}{b[l - \frac{h(2l_{BA} - l)}{2H_B}] \cos \theta} \tag{3}$$

式中 L_{vs} 为通过采光窗所见的天空亮度, $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。将式(3)和(2)代入(1)可得 $E_{Bi} = L_{vs} \cos \theta /$

$[(H_B+h)^2+l_{BA}^2]$ 。可以看出,对于一定的采光带亮度,在舍内鸡群生活区任一点形成的照度,与其距离的平方成反比。以高度相同的2点A和B为例,因点A的距离最近,其光照度最强,它与其他部位上点的照度的差值取决于L值的大小,即2条采光带之间的距离L是影响舍内光照度分布均匀性的关键因素;因此,从采光均匀性的角度看,应把L值限制在一定的范围内。但是减小L值采光带的数量就要增加,这会提高连栋鸡舍的土建投资;因此,实际鸡舍设计中,L的取值,应综合考虑舍内光环境可能对鸡群产生的影响和土建投资等来决定。

2 屋顶采光连栋鸡舍的光照控制

由于连栋鸡舍采用屋顶采光,因而须采用开放舍的光照控制办法。鸡舍光照的调控除了前述光照的均匀性外,对于种鸡与蛋鸡,更主要的是光照时间的调控,其中主要是育成期的光周期运行管理,它是影响育成鸡性成熟的关键因素。对于产蛋鸡,一般需要16h以上的光照时间,因此只要早晚补光即可;而在育成期,因要控制性成熟的时间,必须限制光照时间,即在育成前期(一般前14周)光照时间不可加长^[1]。自然界的光照时间每天都在变化,夏至日白天最长,而冬至日白天最短。每天光照时间的长短,可以根据球面天文学原理^[3]用下式计算出来:

$$\sin\alpha = \cos\varphi \cos\delta \cos\omega + \sin\varphi \sin\delta \quad (4)$$

式中: α 为某地某时刻的太阳高度角, $(^\circ)$; φ 为所在地的北纬度角, $(^\circ)$; ω 为时角, $\omega = 15^\circ \times$ 偏离正午的小时数,从中午12时至午夜为正; δ 为太阳赤纬角, $(^\circ)$,有

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \times \frac{284+n}{365}\right) \quad (5)$$

对于某地的某一天, φ 和 δ 已知,所以时角 ω 只与太阳高度角 α 有关。在确定 α 值时需注意的是,这里所说的光照时间,并非气象学上所说的日照时间:日照时间是指太阳从地平面升起至降到地平面时止的一段时间;由于鸡对光照比较敏感,在太阳升起之前和降落之后的一段曙、暮光时间内就能感应到天是亮的,因此,光照时间应是日照时间加上曙、暮光时间。据研究^[4],一般只要不小于1.0lx的光照度对鸡的光周期就可起作用。由文献^[5]知,太阳高度角 $\alpha \geq -6^\circ$ 时的曙、暮自然光照即可对鸡的光周期产生影响效应。

光周期光照时间可由下式^[3]确定:

$$t_L = t_S + t_{rs} = 2\omega_c / u \quad (6)$$

式中: t_L , t_S 和 t_{rs} 分别为光照时间、日照时间和曙暮时间,h; ω_c 为计算时刻($\alpha = -6^\circ$)时的时角, $(^\circ)$; u 为地球自转速度, $u = 15^\circ \text{h}^{-1}$ 。

由式(4),(5)和(6)可计算出各地区鸡的光周期光照时间。以北纬 $\varphi = 37.5^\circ$ 为例。冬至日, $\delta = -23.5^\circ$,晴天时与 $L_v > 1.0 \text{lx}$ 相对应的太阳高度角 $\alpha = -6^\circ$,代入式(4)得 $\cos\omega = 0.190$,即 $\omega = 79.8$,代入式(6)得 $t_L = 10.53 \text{h}$ 。同理可算得该地区夏至日的光照时间 $t_L = 15.80 \text{h}$ 。因此,对育成鸡采用自然光照调控管理时,应注意实际光照时间与自然光照时间的协调,对于不同时间的雏鸡育成,所采用的光照制度是不一样的。

3 自然采光连栋鸡舍的光照度测试

笔者于1994~1996年的夏季与冬季,在山东省蓬莱地区某连栋鸡舍,用德国产MAVDLUX6000K照度计对舍内的照度分布进行了测定。

夏季 测试结果见表1和表2。可以看出,舍内透光带下和其他非透光带下的光照度分布都不均匀,透光带下的光照度高于其他地方2倍以上,但舍内任一点的光照度都在50 lx以上。采光带下的光照度虽然较强,但因采用玻璃钢作采光材料,透进来的光都是散射光而没有直射光,未发现鸡有啄肛、啄羽等异常行为。

表1 育成连栋舍内夏季光照度分布 lx

栋次	测试时刻	透光带下	非透光带下
第1栋	06:00	210~290	90~120
第4栋	13:30	260~540	80~110

说明:1)测试日期为1994-07-28;2)早晨舍外光照度为5.79 klx(舍内灯开着)。

表2 产蛋连栋舍内夏季光照度分布 lx

测试时刻	透光带下	非透光带下
06:00	120~150	49
14:00	2 260~2 890	495

说明:1)测试日期为1994-07-29;2)舍外光照度早晨为3.90 klx(舍内灯开着),中午为118 klx。

冬季 测试结果见表3。可以看出,产蛋连栋鸡舍在运行1.5 a后(1996年2月测试),14:00舍内非透光带下的照度也在200 lx以上,在透光带下的照度达550 lx以上;7:00的测试值,是人工光照与自然光照照度之和。

表3 产蛋连栋舍冬季光照度分布 lx

栋次	测试时刻	透光带下	非透光带下
第4栋	07:00	72~82	55~58
	14:00	557~1 224	221~530
第13栋	07:00	185~241	98~118
	14:00	1 147~1 284	295~325

说明:1)测试日期为1996-02-01~02-03;2)测点设在第2层鸡笼高度;3)7:00测试时,舍内灯开着。

4 结 论

1)大型连栋鸡舍仍可采用屋顶自然采光的方式来解决白天舍内的光照问题。对于一个规模为3.5万多套鸡笼的肉种鸡场,仅此一项每个饲养周期内即可节省电费14.8万元。

2)确保舍内光照分布均匀的平屋顶采光窗(带)的宽度与间距的比值,应不小于窗壁高与舍内笼顶净高的2倍的比值。

3)经测试观察发现,夏季自然采光的连栋鸡舍舍内采光带下的光照度可达近3 klx,但未发现鸡有啄肛、啄羽等异常行为。光照均匀性对各种鸡的生产性能的影响有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 杨 宁主编. 现代养鸡生产. 北京:北京农业大学出版社,1994. 308,186~188
- 2 西安冶金建筑学院等四院校编. 建筑物理. 第2版. 北京:中国建筑工业出版社,1987. 126~128
- 3 董仁杰主编. 太阳能热利用工程. 北京:中国农业科技出版社,1996. 11~12
- 4 Curtis S E. Environmental Management in Animal Agriculture. Ames: Iowa State University Press,1983
- 5 崔引安主编. 农业生物环境工程. 北京:中国农业出版社,1994. 190~192