

ICS 65.020.01

备案号: 05-2020

团 体 标 准

T/SZFAA 05-2020

猪舍光照技术规范

Technical Specification For Lighting of Swine Barn

2020—11—25 发布

2020—11—30 实施

深圳市设施农业行业协会 发布

目录

猪舍光照技术规范.....	4
1 范围	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	5
4 灯具分类.....	7
5 养猪灯技术要求.....	7
6 一般检测要求.....	12
7 养猪灯应用环境.....	13
8 产品标记.....	14
附录 A 养猪灯生物光学要求（资料性附录）	15
1 概述	15
附录 B 养猪灯 SPFD 与照度（Lx）换算（规范性附录）	21

前 言

本标准依据 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》编写，本标准附录 A 为资料性附录、附录 B 为规范性附录。

光的本质是能量传递，是以光子为能量单位的能量传递，生物光学研究的是光子能量与生物受体之间的能量交换（吸收）后的生物响应，猪舍光照需要体现出不同波长的光子能量对猪眼视觉产生的响应，利用这种响应提高养殖的经济效益；养猪灯有助于构造科学的猪舍光照环境并影响市场供应的猪肉品质，猪舍光照的应用属于生物光学范畴。

本标准由深圳市设施农业行业协会（SZFAA）制定发布，版权归SZFAA，未经 SZFAA 许可不得随意复制；其他机构采用本标准的技术内容制定标准需经SZFAA允许；任何单位或个人引用本标准的内容需指明本标准的标准号。

本规范由深圳市福乐沃光电科技有限公司，佛山好亮固体光源研究所提出，由深圳市设施农业行业协会归口管理。

本标准起草单位：深圳市福乐沃光电科技有限公司、深圳市耀嵘科技有限公司、深圳市莎朗科技股份有限公司、佛山电器照明股份有限公司、佛山市国星光电股份有限公司、东莞市立德达光电科技有限公司、佛山市顺德区勒流麦迪爱照明电器厂、广东鸿邦新能源照明有限公司、惠州市弘锐光电科技有限公司、佛山市馨园照明科技有限公司、湖南马尔斯电子科技有限公司、深圳市同一方光电科技有限公司、深圳市深光联检测有限公司、深圳市超频三科技股份有限公司、深圳市华冠光电科技有限公司、深圳市设施农业行业协会

本标准主要起草人：许东、袁兰兰、蓝祥炼、镇英琼、刘建桃、李钶、魏彬、李宏浩、陈小燕、曹孝烙、王群芝、丁俞林、胡志平、田仁超、杨帆、王春霞、陈涛、刘中定、张静

参与本标准修改，并提出过意见和建议的单位：天津理工大学、北京大学东莞光电研究所、清华大学深圳研究生院、华南农业大学、新希望大学、湖南农业大学、深圳信息职业技术学院

参与本标准修改，并提出过意见和建议的专家：王达健、童玉珍、马建设、杨琳、樊兴国、周智、吴启保、陈洪川、施光典、陈胜元

猪舍光照技术规范

1 范围

本标准适用于仔猪保育舍、育肥猪舍、哺乳舍，公猪舍、妊娠母猪舍，经产待配母猪舍，后备猪舍等设施养猪光照系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。

凡是标年份的引用文件，其随后所有的修改单（不包括测量的内容）或修订版均不适用本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。

凡是不注年份的引用文件，其最新版本适用于本标准。

通用标准：

GB/T 1.1-2009 标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写

GB 7000.1-2015 灯具 第1部分：一般要求与试验

GB 17625.1-2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16A$ ）

GB 17743-2017 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法

GB 19510.14-2009 灯的控制装置 第14部分：led模块用直流或交流电子控制装置的特殊要求

GB 24906-2010 普通照明用50V以上自镇流LED灯 安全要求

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 10125-2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17824.3-2008 规模猪场环境参数及环境管理

GB/T 18407.3-2001 农产品安全质量 无公害畜禽肉产地环境要求

GB/T 18595-2014 一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求

NY/T5033-2001 无公害食品生猪饲养管理准则

NY/T 2661-2014 标准化养猪场 生猪

DB12/T 737-2017 生猪标准化规模养猪场建设与管理规范

SJ/T 11363-2016 电子信息产品中有毒有害物质的限量

3 术语和定义

GB 7000.1 灯具 第1 部分：一般要求与试验界定的术语和定义适用本规范。

本规范采用下列术语和定义：

3.1 养猪灯 Swine lighting

以家猪健康养殖为目的，采用生物光学原理工作的猪舍光照灯具，适用于仔猪保育舍、育肥猪舍、哺乳舍，公猪舍、妊娠母猪舍，经产待配母猪舍，后备猪舍等设施养猪场

3.2 猪的视觉光谱 Swine visual spectrum

猪的视觉光谱是猪眼对光子波长的视觉响应光谱分布图；猪的视觉光谱波长范围在350-650 nm之间，猪是双色视觉，在猪眼中主要有感应绿光和蓝光的两组视锥细胞，猪眼在波长439 nm和波长556 nm处具有峰值灵敏度；猪眼对UVA有一定的视觉响应，猪眼视觉对600-650nm的视觉响应低，猪眼中的视觉无法检测到波长大于650 nm的红光。

注：人的视觉与猪的视觉存在显著差异，不能用基于人眼视觉的光度学与色度学去描述养猪灯的光谱响应，需要采用生物光学量子理论参数描述。

3.3 养猪灯光质 SLQ (Light quality of swine lighting)

养猪灯辐射的光谱波段350-650nm范围内的光谱分布形态与养猪所需光谱分布的匹配质量。

3.4 养猪灯光子通量 SPF (Photon flux of swine lighting)

养猪灯每秒钟辐射的波长在350-650nm范围光子的微摩尔数。

单位： $\mu\text{ mol/s}$ 。

3.5 养猪灯光子通量密度 SPFD (Photon flux density of swine lighting)

接受养猪灯光照的猪舍地面，每秒钟每平方米包含的波长在350-650nm范围光子的微摩尔数。

单位： $\mu\text{ mol/m}^2\text{s}$ 。

3.6 养猪灯光量子效能 SQE (Swine lighting quantum efficiency)

表示养猪灯每焦耳电能转换为光子微摩尔数量的能力，或者是每瓦耗电功率可以产生的SPF，单位： $\mu\text{ mol/J}$ 。

光量子效能定义公式：

$$\text{SQE}=\text{SPF}/w$$

式中：

SPF为养猪灯的光子通量，单位：每秒微摩尔 ($\mu\text{ mol/s}$)

w为养猪灯耗电功率，单位：瓦 (w) 。

3.7 养猪灯光子通量维持率 Swine lighting photon flux maintenance

养猪灯在规定的条件下，在规定的使用时间里，灯具当前的光子通量与该灯具的初始光子通量之比，用百分数表示。

3.8 光周期 PP (Photo period)

每天（24小时）内养猪灯开启时间。

单位：小时（h）。

3.9 光照均匀度 LU (Light uniformity)

在规定的照射面与确定面积上，沿规定方向测量的最小光子通量密度与平均光子通量密度之比。

计算方法：

光照均匀度（LU）= 最小光子通量密度/平均光子通量密度。

光照均匀度 ≤ 1 ，且无量纲。

由于光谱确定后，照度（lx）与光子通量密度（SPFD）存在固定换算因子，实际测量中可以测量照度来计算光照均匀度。

计算方法：

光照均匀度=最小照度值/平均照度值。

3.10 养猪灯控制器 Swine lighting controller

通过光谱调制或光量调整并具备光周期调整能力的对养猪灯进行控制的装置。

养猪灯控制器分为光谱调制、光量调整，这两种控制方式都需要具备光周期调整能力。

3.11 光谱调制 Spectral modulation

光谱调制是多通道的光质可调，目的是合成不同用途的光谱形态。

3.12 光量调整 Light quantity adjustment

对灯具的光子通量（SPF）进行线性调整。

3.13 光周期调整 Photoperiod adjustment

光周期调整包括灯具的开启和关闭时间设定，并具备符合频闪指标的逐渐开启与符合频闪指标的逐渐关闭。

3.14 养猪灯频闪 Swine lighting flicker

光能的输出随时间周期性波动所引起的视觉感知闪烁效应。

3.15 结垢系数 Fouling factor

养猪灯的透光材料使用一段时间后，当前光子穿透率与初始光子穿透率之比。

3.16 快速连接防水接头 Waterproof quick connector

符合 EN50262/ UL514B 要求且采用 PG（德制牙规）或 MG（公制牙规）的电缆防水连接装置。

3.17 光照 Illumination

在一定距离下，养猪灯发光面向受照射平面辐射光子的过程。

4 灯具分类

可以采用定向光源或者非定向光源的固定式灯具。

本规范不对具体灯具进行细分。

5 养猪灯技术要求

5.1 猪眼的视觉光谱分布图

猪眼的视觉光谱分布图如图 1 所示，猪的视觉光谱波长范围：350–650 nm，在 430–450 nm 和波段 540–570 nm 范围内出现两个响应峰值（439nm 和 556nm），在 540–570 nm 处灵敏度达到最大值；此外，在波段 350–400 nm 的紫外线波段存在视觉响应；猪对红光的视觉不敏感，人眼视觉与猪眼之间最显著的差异是猪眼的视网膜能够感知紫外线的响应能力，同时，猪的视觉对波长大于 650nm 以外的红光没有视觉响应。

养猪视觉响应具体说明参考附录 A 养猪灯生物光学要求。



图 1 猪眼视觉光谱分布图

养猪灯的光谱设计需要遵循猪眼视觉响应分布，可以降低灯具功耗，提高猪的视觉舒适性，允许用色温或者光谱形态图描述养猪灯的光谱分布。

5.2 光质要求

猪舍光照对光质的要求参考附录 A 养猪灯生物光学要求。

猪舍光照光质调制要符合连续光谱的设计原则。

猪舍光照的光质设计需要遵循猪眼视觉光谱，允许兼容饲养人员的工作观察。

5.3 光量要求

光量是光照面上的光子通量密度，表示每秒单位面积上的光子通量大小，是基于光质的光量，光量与灯具的发光角度与安装距离相关。

猪舍光照对光量的要求参考附录 A 养猪灯生物光学要求。

允许采用换算因子换算成人眼视觉的照度单位，以减低使用者的实际测量成本。

不同的光质其换算因子不同。

初始光量不得低于额定光量的 90%。

5.4 光周期要求

光周期设定允许采用连续光周期与间歇光周期。

允许采用日出/日落的光质调整模式设定养猪灯的开启与关闭。

养猪灯开启需要符合频闪指标逐渐开启，养猪灯关闭需要符合频闪指标逐渐关闭。

养猪灯渐变过程范围：1%-100%，需符合 5.7 频闪规范。

低于 $222\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ （约 3lux）时，调光不限定频闪指标。

5.5 光束角要求

养猪灯灯具输出的光束角不低于 90°

养猪灯灯具配光曲线要求中心轴处不得出现尖点

5.6 光照均匀度

光照均匀度是依据有效照射面积设定，允许采用矩形与圆形设定有效测量面积，无论哪种形状，均以测量面的最大尺寸上计算光量的最小值与光量的平均值。

光照均匀度不低于 0.8。

5.7 养猪灯光子通量维持率

养猪灯在规定的条件下，在规定的使用期限（50000 小时），通量维持率不得低于 70%。

5.8 光量子能效公差

养猪灯的实际 SQE 值与标称 SQE 值公差不得大于 $\pm 0.2\mu\text{mol}/\text{J}$ 。

5.9 频闪规范

本规范频闪采用闪烁指数 (I_{flicker}) 与闪烁百分比 (P_{flicker}) 两个指标评估。

养猪灯频闪限值要求：

频闪频率范围：125-250Hz。并符合以下限值要求。

闪烁指数限值为 $\leq 3\%$ 。

闪烁百分比限值为 $\leq 0.024/T\%$ 。

其中：T 为频闪周期。

闪烁指数与闪烁百分比计算方法：

频闪示意图如图 2 所示。

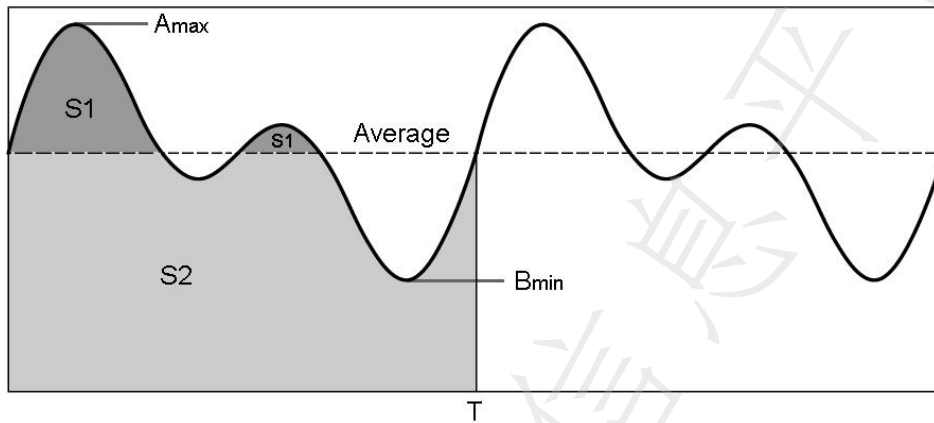


图 2 频闪示意图

其中：

T：频闪的一个周期。

Amax：输出光能在平均线上的最大值。

Bmin：输出光能在平均线下的最小值。

Average：输出光能的平均线。

S1：大于平均线上所有光能总和。

S2：小于平均线下所有光能总和。

闪烁指数 (I_{flicker}) 计算方法：

$$I_{\text{flicker}} = \frac{S1}{S1 + S2} \times 100\%$$

闪烁百分比 (P_{flicker}) 计算方法：

$$P_{\text{flicker}} = \text{Mod}\% = \frac{A - B}{A + B} \times 100\% = \frac{A - B}{2 \times \text{Average}} \times 100\%$$

产品设计阶段，允许采用以下计算方法估算：

当频闪周期 $T \leq 0.008$ 秒时：

$$\text{Mod}\% = 100 \times (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} + I_{\text{min}})$$

其中： I_{max} 与 I_{min} 是频闪周期内驱动电流的最大最小值。

注：低于 1 % 的调光段且地面 SPFD 不大于 $222 \mu \text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (低于 31lx) 时不限定频闪。

注：低于 1 %的调光段且地面 SPFD 大于 $222\mu\text{ mol/m}^2\text{s}$ （低于 3lx）时，可以相应降低调光段为 0.5 %，此时不限定 SPFD 大小。

5.10 炫光要求

养猪灯属于低光子通量的类朗柏配光应用范畴，灯具符合光束角要求后，不对炫光提出要求。

5.11 结垢系数

养猪灯的透光材料使用寿命截止时，结垢系数不低于 0.8。

5.12 防护等级

灯具防水要求 $\text{IP} \geq \text{IP66}$ 。

控制器防水标准需要根据安装位置确定，但不得低于 IP54 。

外接电源线路和控制线路的连接不得低于 IP65 。

参考标准：GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

5.13 使用环境要求

使用环境要求：

环境温度 $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

相对湿度 10%~90%RH(无凝露)。

5.14 灯具储存环境

储存环境要求：

储存温度范围： $-30^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

相对湿度 10-90%RH(无凝露)。

5.15 供电

采用交流 220V（ $\pm 10\%$ ）50Hz，110V（ $\pm 10\%$ ）60Hz 电源供电。

5.16 电磁兼容

执行标准：GB 17625.1-2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$ ）。

参考标准：GB/T 18595-2014 一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求。

参考标准：GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验。

5.17 无线电骚扰特性

采用无线控制系统执行标准：GB 17743-2017 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法。

5.18 谐波电流

灯具应符合《GB 17625.1-2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$ ）》的规定。

5.19 灯具安全性

执行标准GB 7000.1-2015 灯具 第一部分：一般要求与试验。

5.20 频闪规范

闪烁指数限值为 $\leq 3\%$ 。

5.21 电源效率

灯具的供电电源转换效率不低于85%。

实际测量值与额定值的偏差不大于10%。

5.22 功率因数

灯具的功率因数 ≥ 0.9 。

5.23 电源功率偏差

灯具功率额定值与实际测量值的偏离不应超过10%。

5.24 电源保护功能

灯具的供电电源，应具备欠压保护功能、输出过压保护功能、过流保护、短路保护功能、过温保护等功能。

5.25 噪声要求

距离灯具30厘米处的系统噪声应不超过15dB(A)。

注：dB(A) -是加权的分贝值，更能准确的反映人耳对噪音的反应。

5.26 资源环保

养猪灯的各种材料和元器件，都应满足SJ/T 11363-2016 电子信息产品中有毒有害物质的限量要求。

灯具外包装尽量采用可循环利用的包装材料，减少一次性包材的使用。

5.27 灯具安全性

执行标准GB 24906-2010 普通照明用50V以上自镇流LED灯 安全要求。

5.28 控制器与灯的控制部分

执行标准：GB 19510.14-2009 灯的控制装置 第14部分：led模块用直流或交流电子控制装置的特殊要求。

5.29 光源能效

灯具能效指标仅反映灯具节能程度，本规范对灯具能效指标采用SQE规范。

$SQE \geq 1.3 \mu \text{mol/J}$

5.30 灯具效率

灯具效率=100×光源输出光子通量/灯具输出光子通量

允许采用对应的光通量之比。

养猪灯灯具效率不低于85%。

5.31 防腐蚀性要求

养猪舍内光照系统（灯具、控制器、线路、灯具和电缆的固定器件）需要防止氨气、液态氨、硝酸、铵盐等气体或液体的腐蚀。

养猪内灯具与电缆的金属部分不得外露。

灯具外壳材料采用耐酸性材料。

防腐蚀性实验参考：GB/T 10125-2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

5.32 灯具供电接线要求

灯具电源引出线和灯具控制器引出线等采用电缆防水接头。

5.33 灯具安装

依据灯具设计的安装方式自行设定。

6 一般检测要求

检测需要对抽样方法提供说明，检验结果如有一项指标不符合本标准要求时，应加倍抽样复检，复检结果如有一项指标不符合本标准要求时，则判定为不合格。

6.1 灯具光谱测量

采用积分球测量系统测量，重复测量偏差值不大于0.02。

满足美国IESNA LM-79与GB/T 24824等标准要求

注：需要备注测量仪器型号与测量精度。

6.2 光子通量密度 SPFD 测量

采用可提供探头光谱响应曲线的测量仪测量，不得采用无法提供探头光谱响应曲线的测量仪器测量。

重复测量偏差值不大于0.02。

允许测量照度值并通过换算因子换算为SPFD。

注：需要备注测量仪器型号与测量精度。

6.3 光照均匀度

按照灯具设计排布进行测量。

在规定的照射面与确定形状（如矩形或圆形）上确定检测。

矩形或圆形的最大尺寸测量线要相互交叉且不得少于两条测量线。

计算方法：

光照均匀度=最小光子通量密度/平均光子通量密度。

由于光谱确定后，照度（lx）与光子通量密度（SPFD）存在换算因子，在光源的光谱范围：400-800 nm内，实际测量中允许采用测量照度值计算光照均匀度。

光照均匀度=最小照度值/平均照度值。

光照均匀度需符合5.6项。

不同测量方向重复测量偏差值不大于0.08。

注：需要备注测量仪器型号与测量精度。

6.4 功率值与功率因数

实际测量值与额定值偏离不得超过10%。

重复测量偏差值不大于0.05

注：需要备注测量仪器型号与测量精度。

6.5 防水实验

灯具、灯具电源引出线、灯具控制引出线、中间连接线等需要检测。

参考标准：GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

IP66防水防潮测试：

在20° C至30° C的环境温度下，距离3米对产品各个方向进行维持3分钟的高压射水测试，喷嘴处的水压要达到100 l / min±5%的水流量（约100 kN / m²）

6.6 频闪

观察时间是10 min，取测量的平均值，并符合5.9频闪规范要求。

注：需要备注测量仪器型号与测量精度。

6.7 防腐蚀性要求

参考标准：GB/T 10125-2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验。

其中，透光材料部分需增加3% NH₃浓度在35℃温度下为期3个月的加速老化，表面不得有变色，溶化等不良，材料的机械强度不能有明显改变（抗弯强度为代表值），透光率变化不超过5%。

200小时盐雾测试（防腐蚀测试）：将产品放置在+ 35° C的温度下暴露于5%雾化盐溶液中200小时。

7 养猪灯应用环境

养猪灯的应用效果受环境参数影响，这是生物光学应用的特点，养猪灯需要在规范的应用环境才能评估应用效果。

养猪灯应用环境包括：猪舍的清洁消毒、猪舍结构、饲养密度、通风、排水、温度湿度、环境噪音、免疫措施、饲料营养、饲养管理。

猪舍通风设计是保证猪舍光照效果的重要条件，通风设计需要符合以下要求：

- 1) 提供新鲜空气供猪呼吸
- 2) 为猪的热舒适度提供正确的温度
- 3) 从猪的环境中排出含有微生物，灰尘，有害气体和水蒸气的陈旧空气。

应用环境的参数可参考附录A。

8 产品标记

养猪灯应清晰标注下列参数：

型号、规格、制造商、出厂日期

光子通量SPF，单位： $\mu\text{ mol/s}$

安装高度下地面的光子通量密度SPFD，单位： $\text{nmol/m}^2\text{s}$

灯具能效，单位： $\mu\text{ mol/J}$

光束角，单位：度

额定功率，单位：w瓦特

功率因数

额定寿命，单位：小时

工作环境温度范围，单位： $^{\circ}\text{C}$

防水等级IP

工作环境的氨气限值，单位：ppm

为了方便用户检测和比较，在光源光谱峰值在400-800 nm范围内，可以提供经过换算因子换算的照明参数：

发光效率，单位lm/w

猪舍地面的照度，单位：lx

调制光谱的测量色温，单位：k

除上述参数外，养猪灯规格书必须提供养猪灯测量的光谱分布图。

附录 A 养猪灯生物光学要求（资料性附录）

1 概述

人类照明是通过平均人眼建立的光度学与色度学参数，由于人眼的视觉函数是单峰值分布，采用人眼的视觉参数去描述猪的饲养光照就会存在较大的差异，这些差异影响了养猪光照技术的应用与研究，生物光学是生物在光辐射下采用以光子能量为基本单位去研究光照对生物响应，科学的养猪光照是采用生物光学技术建立养猪灯光照性能。

猪眼的解剖学和生理学揭示了猪的视觉能力，猪的视觉敏锐度高；猪的视觉主要是觅食；猪眼视觉采用视网膜电图（ERG）闪烁光度法测量，猪眼具有双色彩色视觉所必需的视网膜基础；在猪眼中存在两类视锥，分别在 439 nm 和 556 nm 处具有平均最大灵敏度（ λ_{max} ）。因此，猪眼对光谱灵敏度存在两个峰值，波长 439 nm 和波长 556 nm，猪眼与人眼的光谱灵敏度差异性较大，猪视觉对光子波长的响应范围是 350–650 nm，通过优化猪舍光照光谱，为家猪提供适合的光照环境，从而增加健康和生长，最大程度地减少能耗和饲料支出。

猪眼视觉与人眼视觉在绿光波段共同存在敏感度的最大值，在蓝光波段峰值的敏感度是人眼的 30 倍，猪眼与人眼在 UVA 波段存在数千倍的敏感度差别，猪眼能看到近紫外光，猪对食物和群体的识别能力高，养猪灯与人眼视觉光谱对比参考图 3。

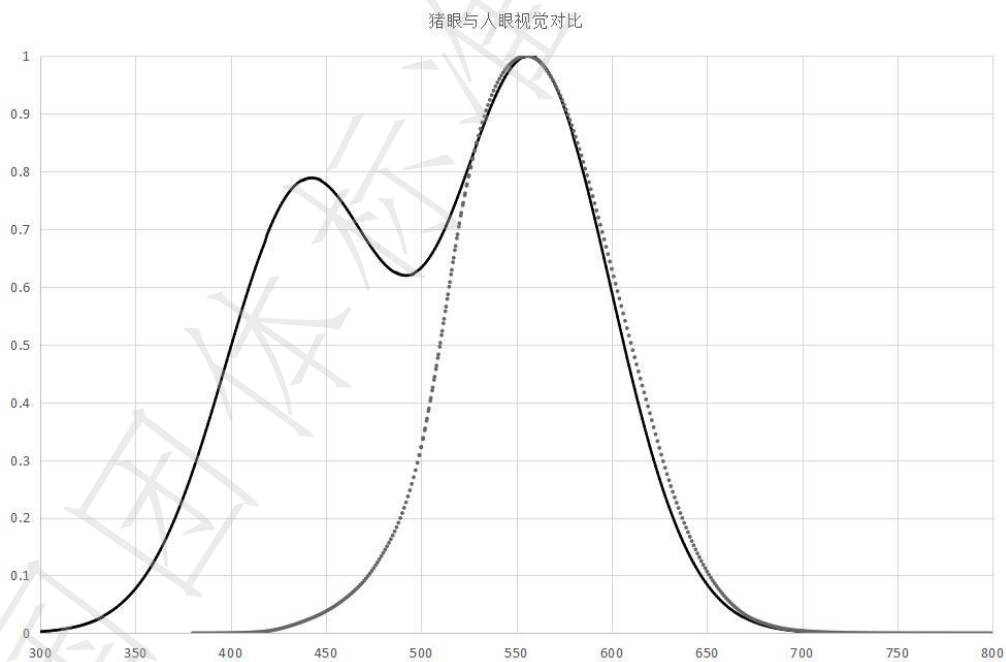


图 3 猪眼与人眼视觉光谱图

猪的视柱细胞比较少，这意味着家猪夜间停止进食和生殖，调整光周期可以控制猪夜间休息；猪的视网膜存在双视锥细胞的特殊受体，图像视觉停留时间更短，视觉分辨率频率更高，光源频闪会施加警惕性的压力，养猪灯需要控制频闪指标，以减少猪对光照频闪引起的紧张。

养猪灯的应用效果还受到家猪养殖环境条件的影响，这个影响并不能通过生物光学的设计给与消除。

在良好光照下，猪用视觉来区分彼此和选择食物容器及食物，这表明视觉在设施养猪的日常行为中起着重要作用，并且正确的光照是对养猪企业很重要。在夏季生育能力下降下，有关光照实验条件下猪的成功繁殖表现出一些季节性变化，光照因素可以减少刺激公猪的青春期。

白天会加速公猪异味的发作，在这方面光照是次要因素，仔猪和断奶仔猪会受益于额外的光照时间来找到食物来源，事实上，长期使用24小时光照会对养猪效益产生不利影响，所有年龄段的猪都应避免。

在24小时光的暗周期里，对猪伤害小于24小时的亮周期，因此，采用周期性光照提供的养猪效益是有科学依据的选择。

目前大多数有关猪舍光照的制定是用于饲养员检查动物的行为，而不是基于猪的视觉响应。因此，采用基于猪眼视觉的光谱（彩色光或光的颜色平衡）对养猪生产显著有益的影响。例如，使用红光时，猪可能会感觉到它是暗的，但饲养员可以完成对猪的状况检查，而不会打扰到猪的当前行为，这体现了运用猪的视觉去实现人的目的。

猪对光照的强度没有偏好，但在测试环境中经常表现出猪对熟悉照明的偏爱；猪在清醒的时候喜欢在偏暗的环境中，猪喜欢在黑暗中睡觉。猪舍光照水平过高也不会让猪产生厌恶的感觉，从节能的角度，要避免使用强烈的光照。

2 猪的养殖环境要求

通风对于确保整个生产周期中猪类舒适和健康至关重要。通风是保持适当的温度湿度，去除氨气（NH₃）、硫化氢（H₂S）、二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）等有害气体。

生物光学应用效果是基于家猪养殖环境良好的状态下才能体现，猪舍内的氨气（NH₃）、硫化氢（H₂S）、二氧化碳（CO₂）等主要气体含量需要符合标准：

GB/T 18407.3-2001 农产品安全质量 无公害畜禽肉产地环境要求的 4.2.3 项表 3 畜猪场空气环境质量指标。

甲烷（CH₄）浓度不超过 5 ppm（参考：空气 1.85ppm 2017 年）。

猪饮用水质量指标符合标准：GB/T 18407.3-2001 农产品安全质量无公害畜猪肉产地环境要求，4.2.1 项，表 1 畜猪饮用水质量指标。

猪舍环境温度控制在 20-32℃。猪舍的相对湿度（RH）应保持在 40%到 60%的范围内。猪在21-28℃左右的适中温度下生长最佳，并且随着体重和年龄的增长，它们可以承受较低的温度。

通风量需要根据上述条件设定，同时风扇运行时，猪舍静压不得高于 25 Pa。

要求通风空气的均匀分布以避免猪舍内出现通风死区。猪舍要配置隧道通风的环流风机。

养猪场中使用的所有各种类型的通风系统都具有三个主要目标：

- 1) 提供新鲜空气供猪呼吸
- 2) 为猪的热舒适度提供正确的温度
- 3) 从猪的环境中排出含有微生物，灰尘，有害气体和水蒸气的陈旧空气。

如果温度太高，食欲会受到抑制，空气质量将恶化，猪更易患病。如果将最小通风率设置得过高，则会损失过多的热量，猪会利用饲料能量来保暖。如果环境维护不当，猪可能会感到压力，导致呼吸道疾病暴发和咬尾巴。

猪的养殖符合下列标准：

GB/T 17824.1-2008 规模猪场建设

GB/T 17824.2-2008 规模猪场生产技术规程

GB/T 17824.3-2008 规模猪场环境参数及环境管理

GB/T 18407.3-2001 农产品安全质量 无公害畜猪肉产地环境要求

NY 5027-2008 无公害食品 畜猪饮用水水质

NY/T 2661-2014 标准化养殖场 生猪

NY/T 1568-2007 标准标准化规模养猪场建设规范

NY/T 5033-2001 无公害食品 生猪饲养管理规范

3 养猪灯光谱的生物特性

猪的视觉构造：猪的视觉很好，视野为 310° ，这意味着视觉敏锐和敏感，双眼位于头部两侧使得双眼视野较小，但单眼视野较宽；猪既不近视，也不远视；这意味着他们可以同时聚焦在附近和远处；在觅食时可以保持谨慎。

猪眼形成的虹膜角膜角（角膜和虹膜之间形成的角度）在灵长类动物和人类中是独特的，因为从睫状肌到晶状体的韧带（带状韧带）较密，构成葡萄膜内侧葡萄膜网状结构的绳索小梁的结构甚至比我们的小。小梁在靠近角膜的睫状体附近，负责房水通过前房的排出。

其中红外线和可见光的长波部分可调节猪机体的热机能。由于红外线可穿透皮肤达几厘米，使深部组织升温，促进皮肤血液循环，加速新陈代谢和细胞再生过程，因此具有镇痛，消炎和促进伤口愈合的作用。猪适当接受太阳热辐射和沐浴阳光，不仅让猪感觉到舒畅，同时又有一定杀菌和促进细胞成熟的作用，对某些喜阴性寄生虫也有一定的杀灭或抑制作用，从而减少皮肤病的发生率。

构造适合的光谱可以提高饲料转化率，减小饲料量并增加体重。

尽管家猪有两种光色的响应峰值，但连续光谱会取得比较均衡的效果，LED的白光就是适合的家猪灯饲养的基础光谱，通常是采用白光色温来评估影响力。

由于LED光源是冷光源且连续光谱，优于其他种类的光源，根据家猪制定的白光+单色光的光谱会有有效的提升饲养效率。

以上光谱分析仅是生物对光子波长响应的趋势性研究，并不意味着完整的生物响应，养猪灯光谱技术研究还在继续发展中。

4 养猪灯光照水平

在生物光学里没有光强度的概念，表述辐射光能大小是采用以光子通量密度为单位的量表示，光量的高低在养猪灯称为光照水平，本规范提供SPFD 与 Lx 换算值。

猪是在自然光下进化，但家猪更喜欢有遮蔽的环境或者避开正午的日光下采食与休息，猪适合在中低光照水平生活，这就决定了养猪灯的设计功率并不高。光照水平的过高或过低，都会对饲养产生不良影响，适度的光照水平可以提高猪对食物的识别率，增加采食均匀性，实现积极的饲料转化，总体来说，养猪灯属于低光子通量密度的应用范畴，光照水平在 500-1950 nmol/ m²s (40-150lx) 之间。对于地面 SPFD 低于 80 nmol/ m²s 时 (低于 5lx) 时，评估为黑暗期。

有研究表明，更高的强度 (大于 240 lux) 来抑制既定的褪黑激素节律。

以光照均匀度为指标的光量分布是体现生物光学应用的重要设定，均匀的光照将确保猪群舒适度。

不同的猪种类和不同的生长期，光照水平不同。

家猪灯需要根据猪舍结构与地面对光谱的吸收与反射综合考虑。

在光谱的波长在 400-650 nm 范围里，为了方便饲养员观察习惯，允许采用人眼视觉的照度 (lx) 计算某些参数，但是，需要明确了解光谱的生物的响应是不同能量的光子产生，而不是基于人眼的照度 (lx) 引起生物视觉响应。

本光照水平规范中，不包含近紫外光光照水平的设定。

本规范提供家猪灯光照水平设定允许参考表 1，请根据具体光源光谱应用进行适当调整。

表 1 养猪灯光照水平和光周期参考表。

猪舍类别	自然光照		人工光照	
	窗地比	辅助照明/lx	光照度/lx	光照时间/h
公猪	1:12-1:10	40-50	50-100	10-12
后备猪 (小栏)	1:15-1:12	40-50	100	8-10
后备猪 (大栏)	1:15-1:12	40-50	150	14-16
经产待配母猪	1:12-1:10	40-50	100-150	14-16
妊娠母猪	1:15-1:12	40-50	100-150	8-10
哺乳猪	1:12-1:10	40-50	80-100	10-12
保育猪	1:10	40-50	100	14-16
育肥猪	1:15-1:12	40-50	50-80	8-10

注 1: 窗地比是以猪舍门窗等透光构件的有效透光面积为 1, 与舍内地面积之比。

注 2: 辅助照明是指自然光照猪舍设置人工光照以备夜晚工作照明用。

5 光周期调整

猪的饲养光周期是指家猪灯开启时间，光周期与暗周期构成一天（24 小时），这是猪的昼夜节律（生物节律）；光周期与暗周期共同控制家猪的生理特征。

猪视网膜的视柱细胞少，黑暗环境家猪没有视觉功能，表明家猪黑暗期停止进食并休息，光周期控制猪的进食与活动，暗周期产生褪黑激素来提高免疫功能，合理的光周期循环非常重要。

光周期循环是对猪代谢活动的生理控制，调节生物钟和腺体，光周期调整可以控制生长速度、发情或延迟发情，还可以控制体重、骨骼钙吸收、成活率等；暗周期会驱动免疫功能、生殖激素、改善健康状况等，育肥猪通过延长光周期来促进消耗更多的饲料；而仔猪需要设定光周期为 24 小时，帮助仔猪找到奶水。

母猪发情和妊娠照明的发现表明，每天光周期为12至16小时，然后至少有8个小时的黑暗（红色）最为有利，而产房照明建议使用15至16个小时。育婴室和整理室的照明建议在8小时黑暗时间，并进行30分钟的日出/日落模拟，以减少由暗到亮突然变化（反之亦然）引起的压力。

光周期设定选择在自然光的照明更有利于猪类采食。光周期计算允许把光周期分段设定（间歇光照），不同方式的光周期调节称之为人工光照管理。允许采用光周期在育成期调整为递减模式。

灯具的开启与关闭允许与光谱调制一起模拟自然的日出与日落，模拟自然日落，可以让猪类舒适地进入休息。

猪在进化过程中大多数是被猎食动物，进化出高度的警惕性，猪的视野为310°，在光周期控制中，不能突然开启与关闭来造成猪类惊恐，猪对光源频闪敏感，光源的闪烁会被认为潜在的威胁，灯具的开启与关闭需要渐变过程；养猪灯需要控制光周期过程的频闪，包括渐变开启与渐变关闭的调光过程的频闪。

光周期的调整参考表 1 养猪灯光照水平和光周期参考表。

不同的光质需要对表 1 进行相应的调。

6 人工光照下家猪饲养的光驯化

高效的养猪过程需要从仔猪开始，应用生物光学技术的光质、光量、光周期来让猪从小适应人工光照的设定，有助于提高人工光照系统效率，光驯化可以建立主动性的人工光照管理，从整体上辅助降低饲养成本。

7 建立科学的人工光照管理

人工光照管理是现代猪饲养技术的重要措施，体现在以光照管理为主导，建立一套与光照系统相适应的管理系统，包括猪舍建设、光照系统、温度湿度、通风、饲料、饲料转换率、疾病防疫、成本控制、传感技术、自动化设备等，目的是实现最大的经济效益。

以尽量减少灯光的极端变化，并积极引导猪的行为，以减轻压力，提高他们的存活率和性能；突然的变化显示出可以激发惊恐，增加死亡率，增加皮质醇水平和抑制褪黑激素分泌，所有这些都对其健康产生负面影响；日出和日落模拟消除了突然打开和关闭灯的压力输入，从而支持了猪的免疫反应。

猪的确具有良好的记忆力，因此，光照管理系统的设计是希望将光照引起的猪的不舒适感降到最低。

猪场公猪饲养场中的人工光照程序可能是控制猪的环境并因此影响某些理想的生理反应（特别是提高公猪性能）的有用工具。LED照明系统的发展可以为猪饲养环境提供定制的光照水平、光质和光周期控制。但是，必须科学地应用人工光照程序，并充分了解动物对光的生理反应以及此类光照程序中所包含的光的不同特征的重要性。

科学的光照管理系统是通过家猪光照生物响应评估规则后的管理系统，改善动物福利；这个系统的建立过程需要不断的完善，目的是更好的服务于家猪养殖品质。

附录B 养猪灯 SPFD 与照度 (Lx) 换算 (规范性附录)

在光源光谱峰值在 400-800 nm 范围内, SPFD 与 Lx 换算关系:

SPFD=1000×XD 因子×照度值 (Lx)

单位: $\text{nmol}/\text{m}^2\text{s}$ 。

其中: XD 因子为与光谱形态相关的常数, Lx 为照度 (单位: lm/m^2)。

XD 因子参考标准: T/SZFAA 01-2018 植物人工辐射源光谱参数规范。

常用白光 ($R_a \geq 78$) XD 因子参考值:

2800K: XD 因子=65

3000K: XD 因子=67

3200K: XD 因子=68

3500K: XD 因子=69

4000K: XD 因子=70

4500K: XD 因子=71

5000K: XD 因子=72

6000K: XD 因子=74

常用单色光 XD 因子参考值:

390 nm: XD 因子=5

460 nm: XD 因子=20

520 nm: XD 因子=110

630 nm: XD 因子=40

注: 以上 XD 因子仅供参考, 精确的 XD 因子需要实际测量计算得出。

注: 测量采用的照度计, 需要提供探头的光谱响应曲线, 并注明照度计型号及测量精度。