



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

显微镜 数字成像显示显微镜 提供给用户 的成像性能信息

Microscopes — Microscopes with digital imaging displays — Information provided
to the user regarding imaging performance

(ISO 18221: 2016, MOD)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和定义 2

5 放大率 3

6 分辨力极限 3

7 有效放大范围 4

8 物方视场 5

9 景深 6

10 制造商提供给用户的信息 7

附录 A（资料性） 提供给用户的信息示例 8

参 考 文 献 12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件修改采用ISO 18221:2016《显微镜 数字成像显示显微镜 提供给用户的成像性能信息》。

本文件与ISO 18221:2016的技术差异及其原因如下：

——更改了范围的内容（见第1章），以符合我国标准用语习惯；

——用修改采用国际标准的国家标准GB/T 27668，代替了ISO 10934（见第3章），以符合我国标准用语习惯；

——增加了“符号和定义”一章引导语，以符合我国标准规定；

——将国际标准中对传感器的像素数的说明改成了注（见8.1），以符合我国标准规定。

为便于使用，本文件还做了下列编辑性改动：

——将国际标准中数学公式序号“（7）、（8）、（9）、（10）、（11）、（12）”改成“（6）、（7）、（8）、（9）、（10）、（11）”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光学和光子学标准化技术委员会（SAC/TC103）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

本标准首次发布。

显微镜 数字成像显示显微镜 提供给用户的成像性能信息

1 范围

本文件规定了显微镜数字成像显示显微镜提供给用户的成像性能信息的术语和定义、符号和定义、放大率、分辨力极限、有效放大范围、物方视场、景深及制造商提供给用户的信息。

它进一步规定了描述显微镜系统的数字成像路径的光学性能的术语和定义,包括对数字显示器上的图像的观察。

本文件适用于显微镜的设计、制造和质量评定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 27668 显微镜 光学显微术术语(GB/T 27668—××××, ISO 10934:2020, MOD)

3 术语和定义

GB/T 27668界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

注:在定义或注释中以斜体显示的术语在本标准或GB/T 27668的其他地方有定义。

3.1

数字显微镜系统 **digital microscopy system**

由物镜、*图像传感器*(3.2)和*数字显示器*(3.3)组成的一种仪器,用来显示肉眼无法看到的微小细节。

注:该系统可能包括图像增强、图像分析、存档等手段。

3.2

图像传感器 **image sensor**

将光学图像转换成*数字图像*的装置

3.3

数字显示器 **digital display**

用于*数字图像*和其他信息的可视化表示的输出设备。

3.4

分辨力极限 **resolving power limit**

在物体空间中可区分的最大空间频率,以lp/mm表示。

注1:由于对比度降低、摩尔图案降低等,实际获得的分辨力将始终低于分辨力限制。此外,它还取决于传感器的类型、物体的结构、照明度等方面。

3.5

像素间距 **pixel pitch**

图像传感器(3.2)或数字显示器(3.3)中相邻像素(图像元件)的中心之间的距离。

3.6

线对 **line pair**

具有等线粗和等线宽的空间网格的线与线之间的一个空间。

3.7

观察距离 **viewing distance**

数字显示器(3.3)与观察者眼睛之间的距离

4 符号和定义

以下符号和定义,适用于本文件。

c_1	与图像传感器的工作模式相关的系数
$d_{\text{AX SYS}}$	数字显示器上图像的景深
d_{VIEW}	实际观察距离
$d_{\text{VIEW USEF}}$	有效的观察距离范围
$h_{\text{LIM DIS}}$	受显示器成像区域限制的物方视场的高度
$h_{\text{LIM SEN}}$	受传感器限制的物方视场的高度
h_{SYS}	显微镜系统物方视场的高度
λ	波长
M_{DIS}	显示横向放大率
$M_{\text{DIS VIS}}$	视觉显示放大率
$M_{\text{DIS VIS USEF}}$	视觉显示放大率的有效范围
$M_{\text{TOT PROJ}}$	投影到传感器上的图像处的横向放大率
$M_{\text{TOT VIS}}$	目镜形成的虚拟显微镜图像的总视觉放大率
NA	数值孔径
$N_{\text{x DIS}}$	x方向显示器上的图像像素数
$N_{\text{x SEN}}$	x方向传感器上的有效像素数
$N_{\text{y DIS}}$	y方向显示器上的图像像素数
$N_{\text{y SEN}}$	y方向传感器上的有效像素数
n	物体或浸没介质的折射率
pp_{DIS}	数字显示器的像素间距
pp_{SEN}	图像传感器的像素间距
RL_{DIS}	物方空间中的显示分辨力极限
RL_{OPT}	物方空间中的光学分辨力极限
RL_{SEN}	物方空间中的传感器分辨力极限
RL_{SYS}	物方空间中的系统分辨力极限
$w_{\text{LIM DIS}}$	受显示器成像区域限制的物方视场的宽度
$w_{\text{LIM SEN}}$	受传感器限制的物方视场的宽度
w_{SYS}	显微镜系统物方视场的宽度

5 放大率

5.1 光学放大率 $M_{TOT PROJ}$

投影到传感器上的图像处的横向放大率。应以比例形式表示，例如10:1。

5.2 显示放大率 M_{DIS}

指在数字显示器或监视器上显示的数字图像的横向放大率，应以比例形式表示，例如100:1。

注1：显示放大率 M_{DIS} 是显示器上显示的图像中给定的距离与物体中相应距离的比值。

5.3 视觉显示放大率 $M_{DIS VIS}$

通过观察显示在数字显示器上的数字图像而实现的显示横向放大率。应以乘法符号来表示，例如50×。按公式（1）计算视觉显示放大率：

$$M_{DIS,VIS} = \frac{M_{DIS} \cdot 250}{d_{VIEW}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$M_{DIS,VIS}$ ——视觉显示放大率；

M_{DIS} ——显示横向放大率；

250 ——明视距离，单位为毫米（mm）；

d_{VIEW} ——实际观察距离，单位为毫米（mm）。

注：与目镜光学显微镜的 $M_{TOT VIS}$ 值相比较， $M_{DIS,VIS}$ 值与目镜的 $M_{TOT VIS}$ 值相当。

6 分辨力极限

6.1 光学分辨力极限 RL_{OPT}

物方空间中受光学系统限制的横向分辨力极限。应以每毫米线对表示，例如200lp/mm。按公式（2）计算物方空间中的光学分辨能力极限：

$$RL_{OPT} = \frac{2 \cdot NA \cdot 10^6}{\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

RL_{OPT} ——物方空间中的光学分辨能力极限，单位为每毫米线对（lp/mm）；

NA ——将图像投射到传感器上的光学系统物体侧的有效数值孔径；

λ ——波长，单位为纳米（nm）。

注1： RL_{OPT} 的公式不适用于超分辨力。

注2：考虑到与电气设备分辨力极限定义的一致性，本国际标准中定义的光学分辨力极限是以光学系统的截止频率为基础的。

6.2 传感器分辨力极限 RL_{SEN}

RL_{SEN} 是物方空间中受图像传感器限制的横向分辨力极限。应以每毫米线对表示，例如100lp/mm。按公式（3）计算物方空间中的传感器分辨力极限：

$$RL_{SEN} = \frac{500 \cdot M_{TOT,PROJ}}{c_1 \cdot pp_{SEN}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

RL_{SEN} ——物方空间中的传感器分辨力极限, 单位为每毫米线对 (lp/mm);

$M_{TOT,PROJ}$ ——投影到传感器上的图像的横向放大率;

c_1 ——与图像传感器的工作模式有关的系数;

pp_{SEN} ——图像传感器的像素间距, 单位为微米 (μm)。

c_1 取值的示例:

$c_1=1$, 对应于标准或全帧模式;

$c_1=2$, 对应于2×2分频模式;

$c_1=3$, 对应于3×3分频模式;

$c_1=0.5$ 对应于图像传感器横向移动为0.5 pp_{SEN} 的像素移位模式。

6.3 显示分辨力极限 RL_{DIS}

RL_{DIS} 是指被数字显示所限制的物体空间的横向分辨力极限。应以每毫米线对表示, 例如50lp/mm。按公式(4)计算对物方空间的显示分辨力极限:

$$RL_{DIS} = \frac{M_{DIS}}{2 \cdot pp_{DIS}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

RL_{DIS} ——对物方空间的显示分辨力极限, 单位为每毫米线对 (lp/mm);

M_{DIS} ——显示横向放大率;

pp_{DIS} ——数字显示器的像素间距, 单位为毫米 (mm)。

6.4 系统分辨力极限 RL_{SYS}

RL_{SYS} 是显微镜系统物方空间的横向分辨力极限。应以每毫米线对表示, 例如50lp/mm。其值对应于光学分辨率极限、传感器分辨率极限或显示分辨率极限中的最小值, 按公式(5)计算系统在物方空间中的分辨力极限:

$$RL_{SYS} = \min(RL_{OPT}, RL_{SEN}, RL_{DIS}) \dots\dots\dots (5)$$

式中:

RL_{SYS} ——系统在物方空间中的分辨力极限, 单位为每毫米线对 (lp/mm);

RL_{OPT} ——光学分辨力极限, 单位为每毫米线对 (lp/mm);

RL_{SEN} ——物方空间中的传感器分辨力极限, 单位为每毫米线对 (lp/mm);

RL_{DIS} ——物方空间中的显示分辨力极限, 单位为每毫米线对 (lp/mm)。

注: 如果 RL_{SYS} 小于 RL_{OPT} , 图像质量可能会受到莫尔效应的限制, 特别是在检查周期性结构的试件时。

7 有效放大范围

7.1 有效视距范围

在有效的观察距离范围内，观察者的眼睛在 $2.3' \sim 4.6'$ 之间的角度下看到已分辨的细节。按公式（6）计算有效视距范围：

$$d_{VIEW,USEF} = \frac{60}{(2.3 \sim 4.6)} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_{DIS}}{RL_{SYS}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$d_{VIEW,USEF}$ ——有效视距范围，单位为毫米（mm）；

$2.3 \sim 4.6$ ——观察者肉眼分辨1个线对的角度范围，单位为分（'）；

M_{DIS} ——显示器横向放大倍率；

RL_{SYS} ——像空间中的系统分辨力极限，单位为每毫米线对（lp/mm）。

7.2 有效视觉放大率范围

当实际观察距离在其有效范围内时，可感知的视觉放大率是在有效的放大范围内。按公式（7）计算视觉显示放大倍率的有效范围：

$$M_{DIS,VIS,USEF} = \frac{(2.3 \sim 4.6)}{60} \cdot \frac{\pi}{180} \cdot 250 \cdot RL_{SYS} = \frac{RL_{SYS}}{(3 \sim 6)} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$M_{DIS,VIS,USEF}$ ——视觉显示放大倍率的有效范围，单位为毫米（mm）；

$2.3 \sim 4.6$ ——观察者肉眼分辨1个线对的角度范围，单位为分（'）；

250 ——明视距离，单位为毫米（mm）；

RL_{SYS} ——物方空间中的系统分辨力极限，单位为每毫米线对（lp/mm）

注1： $M_{DIS,VIS,USEF}$ 用于光学显微镜的目镜，放大倍率范围通常为物镜数值孔径的500至1000倍之间。

注2：当感知的视觉显示放大率的实际值小于 $M_{DIS,VIS,USEF}$ 的下限时，数字显微系统的分辨率极限就不能得到充分利用。

7.3 空放大

当感知的视觉显示放大倍数的实际值高于 $M_{DIS,VIS,USEF}$ 的上限时，或实际观察距离小于有效观察距离的下限时，就会出现空放大倍数。

注：如果超出有用的放大倍数的范围，就不能提供关于该物体的进一步信息。

8 物方视场

8.1 受传感器限制的物方视场

传感器的敏感区域为矩形，通常由x方向的有效像素数乘以y方向的有效像素数表示，例如1920×1280。该区域的尺寸是像素数乘以像素间距。传感器限制的物场是敏感传感器区域在物方空间的共轭区域。它应以mm表示，格式为“宽×高”，例如1.6 mm×0.9 mm。按公式（8）计算受传感器限制的物方视场宽度：

$$w_{LIM,SEN} \times h_{LIM,SEN} = \frac{pp_{SEN} \cdot (N_{x,SEN} \times N_{y,SEN})}{1000 \times M_{TOT,PROJ}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$w_{LIM\ SEN}$ ——受传感器限制的物方视场宽度，单位为毫米（mm）；
 $h_{LIM\ SEN}$ ——受传感器限制的物方视场的高度，单位为毫米（mm）；
 pp_{SEN} ——图像传感器的像素间距，单位为微米（ μm ）；
 $N_{x\ SEN}$ ——x方向传感器上的有效像素数；
 $N_{y\ SEN}$ ——y方向传感器上的有效像素数；
 $M_{TOT\ PROJ}$ ——投影到传感器上的图像处的横向放大率。

注：有时传感器的像素数称为“传感器分辨力”。为避免与分辨力混淆，不宜使用此术语。

8.2 受显示器限制的物方视场

显示器中的图像区域是矩形的，并且通常由x方向乘以y方向的图像像素数来表示，例如1024×768。它可能比整个显示区域小。图像区域的尺寸是像素数乘以像素间距。被显示器限制的物场是图像面积除以显示器横向放大率，以mm表示，格式为“宽×高”，例如1.2 mm×0.9 mm。按公式（9）计算受显示器中的成像区域限制的物方视场宽度：

$$w_{LIM,DIS} \times h_{LIM,DIS} = \frac{pp_{DIS} \cdot (N_{x,DIS} \times N_{y,DIS})}{M_{DIS}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$w_{LIM\ DIS}$ ——受显示器中的成像区域限制的物方视场宽度，单位为毫米（mm）；
 $h_{LIM\ DIS}$ ——受显示器中成像区域限制的物方视场高度，单位为毫米（mm）；
 pp_{DIS} ——数字显示器的像素间距，单位为毫米（mm）；
 $N_{x\ DIS}$ ——x方向显示器上的图像像素数；
 $N_{y\ DIS}$ ——y方向显示器上的图像像素数；
 M_{DIS} ——显示器中的图像的横向放大率。

8.3 显微镜系统的物方视场

显微镜系统的物方视场为矩形，以mm为单位，以“宽×高”的形式表示，例如1.2 mm×0.9 mm。宽度和高度的值对应于传感器限制的物方视场或显示器限制的物方视场中较小的值，例如：可用公式（10）表示。

$$w_{sys} \times h_{sys} = \min(w_{LIM,SEN}, w_{LIM,DIS}) \times (h_{LIM,SEN}, h_{LIM,DIS}) \dots\dots\dots (10)$$

式中：

w_{SYS} ——显微镜系统的物方视场的宽度，单位为毫米（mm）；
 h_{SYS} ——显微镜系统物方视场的高度，单位为毫米（mm）；
 $w_{LIM\ SEN}$ ——受传感器限制的物方视场的宽度，单位为毫米（mm）；
 $w_{LIM\ DIS}$ ——受显示器成像区域限制的物方视场的宽度，单位为毫米（mm）；
 $h_{LIM\ SEN}$ ——受传感器限制的物方视场的高度，单位为毫米（mm）；
 $h_{LIM\ DIS}$ ——受显示器成像区域限制的物方视场的高度，单位为毫米（mm）；

注：假定光学系统既不引入渐晕，也不限制数字显微系统的物方视场。

9 景深

在显示器上显示的数字图像中,物体平面两侧的空间轴向深度可以在该空间内移动物体,而不会出现明显的锐度损失。按公式(11)计算景深数字显示器上图像的景深:

$$d_{AX,SYS} = \frac{n \cdot \lambda}{1000 \cdot NA^2} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$d_{AX,SYS}$ ——数字显示器上图像的景深,单位为微米(μm);

n ——物体或浸没介质的折射率;

λ ——波长,单位为纳米(nm);

NA ——将图像投影到传感器上的光学元件的有效数值孔径;

如果 RL_{SYS} 不等于 RL_{OPT} ,制造商应表明实际景深可能不同。上述数值仍应按公式(11)计算。

注:如果 RL_{SYS} 不等于 RL_{OPT} ,则与公式(11)给出的值相比,景深通常会增加^[3]。

10 制造商提供给用户的信息

10.1 一般资料

显微镜系统制造商应提供系统说明,包括组件的必要数据,以便允许用户重现第5章至第9章中提到的成像性能数据。

在可选组件或多种操作模式的情况下,应包括所有规定的配置。

数据的格式应符合第5章至第9章的规定。

10.2 成像性能数据

显微镜系统的制造商应为所有规定配置提供下列成像性能数据。当放大倍率连续变化时,应至少给出最大值和最小值的所有数据。

- 显示横向放大率, M_{IS}
- 视觉显示放大率的有效范围, $M_{IS \text{ VIS USEF}}$
- 物方空间中的系统分辨力极限, RL_{SYS}
- 显微镜系统物方视场的宽度, w_{SYS}
- 显微镜系统物方视场的高度, h_{SYS}
- 数字显示器上图像的景深, $d_{AX,SYS}$

注:这些数据可按表A.1至A.5所示编制。

附录 A
(资料性)
提供给用户的信息示例

A.1 光学变焦显微镜系统

A.1.1 一般信息示例

由下列部分组成的光学系统：

- a) 设定 3 个可互换的物镜：5×/0.125；10×/0.25；20×/0.5；
- b) 光学变焦，放大倍率范围（0.25×~1×）。在 0.25×时，有效 NA 降低到物镜 NA 的 50%；
- c) 虹膜光圈，平衡分辨率和景深，开口范围从 25%到 100%（100%对应于物镜的 NA）。

具有以下功能的成像传感器：

- d) 5 兆像素 RGB 传感器；
- e) 像素间距： $pp_{SEN}=3.2\mu m$ ；
- f) x 方向的像素数： $N_{xSEN}=2600$ ；
- g) y 方向的像素数： $N_{ySEN}=1950$ ；
- h) 全帧图像采集的标准模式和快速实时图像的 2×2 入库模式；
- i) 数字变焦，放大率范围（1×~4×）。

具有以下特点的数码显示器：

- j) 高清显示器，宽高比 16:9，1920×1080 像素；
- k) 像素间距： $pp_{DIS}=0.27mm$ ；具有以下功能的成像传感器：
- l) 采用具有 4:3 宽高比的活动图像窗口的标准成像模式，包括以下内容：
 - x方向的像素数： $N_{xDIS}=1200$ ；
 - y方向的像素数： $N_{yDIS}=900$ ；
- m) 宽高比为 16:9 的全屏成像模式，包括以下内容：
 - x方向的像素数： $N_{xDIS}=1920$ ；
 - y方向的像素数： $N_{yDIS}=1080$ ；

A.1.2 成像性能数据示例

A.1.2.1 标准成像模式

该模式为：宽高比4:3，全帧图像采集，打开虹膜光圈。
标准成像模式的其它参数如表A.1所示。

表A.1 标准成像模式

物镜 倍率	光学 变焦	数字 变焦	显示放大率 M_{DIS}	视觉放大 有效范围 $M_{DIS \text{ VIS USEF}}$	系统分辨率极 限 RL_{SYS} lp/mm	物场范围 $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm $\times$ mm	景深 $d_{AX \text{ SYS}}$ μm
5 $\times$	0.25 $\times$	1 $\times$	49:1	(15 $\times \sim$ 30 $\times$)	90 ^b	6,66 $\times$ 4,99	141 ^a
10 $\times$	0.25 $\times$	1 $\times$	97:1	(30 $\times \sim$ 60 $\times$)	180 ^b	3,33 $\times$ 2,50	35 ^a
20 $\times$	0.25 $\times$	1 $\times$	195:1	(60 $\times \sim$ 120 $\times$)	361 ^b	1,66 $\times$ 1,25	8,8 ^a
5 $\times$	1 $\times$	1 $\times$	195:1	(60 $\times \sim$ 120 $\times$)	361 ^b	1,66 $\times$ 1,25	35 ^a
10 $\times$	1 $\times$	1 $\times$	389:1	(120 $\times \sim$ 240 $\times$)	721 ^b	0,83 $\times$ 0,62	8,8 ^a
20 $\times$	1 $\times$	1 $\times$	779:1	(240 $\times \sim$ 481 $\times$)	1 442 ^b	0,42 $\times$ 0,31	2,2 ^a
5 $\times$	1 $\times$	4 $\times$	779:1	(76 $\times \sim$ 152 $\times$)	455	0,42 $\times$ 0,31	35
10 $\times$	1 $\times$	4 $\times$	1 558:1	(152 $\times \sim$ 303 $\times$)	909	0,21 $\times$ 0,16	8,8
20 $\times$	1 $\times$	4 $\times$	3 115:1	(303 $\times \sim$ 606 $\times$)	1 818	0,10 $\times$ 0,08	2,2
注：该表是使用系数 $c_1=1$ 创建的。 ^a 由于 $RL_{SYS} \neq RL_{OPT}$ ，实际感知的景深可能更大； ^b 由于 $RL_{SYS} = RL_{DIS}$ ，显示器分辨率是限制因素。							

A.1.2.2 全屏成像模式

该模式为：宽高比16:9，全帧图像采集，打开虹膜光圈。

全屏成像模式的其他参数如表A.2所示。

表A.2 全屏成像模式

物镜 倍率	光学 变焦	数字 变焦	显示放大率 M_{DIS}	视觉放大 有效范围 $M_{DIS \text{ VIS USEF}}$	系统分辨率极限 RL_{SYS} lp/mm	物场范围 $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm $\times$ mm	景深 $d_{AX \text{ SYS}}$ μm
5 $\times$	0.25 $\times$	1 $\times$	78:1	(24 $\times \sim$ 48 $\times$)	144 ^b	6,66 $\times$ 3,74	141 ^a
10 $\times$	1 $\times$	1 $\times$	623:1	(152 $\times \sim$ 303 $\times$)	909	0,83 $\times$ 0,47	8,8
20 $\times$	1 $\times$	4 $\times$	4 985:1	(303 $\times \sim$ 606 $\times$)	1 818	0,10 $\times$ 0,06	2,2
注：该表是使用系数 $c_1=1$ 创建的。 ^a 由于 $RL_{SYS} \neq RL_{OPT}$ ，实际感知的景深可能更大； ^b 由于 $RL_{SYS} = RL_{DIS}$ ，显示器分辨率是限制因素。							

A.1.2.3 2 $\times$ 2 入库模式

标准成像模式，宽高比4:3，2 $\times$ 2入库模式，打开虹膜光圈。

2 $\times$ 2入库模式的其它参数如表A.3所示。

表A.3 2×2 入库模式

物镜 倍率	光学 变焦	数字 变焦	显示放大率 M_{DIS}	视觉放大 有效范围 $M_{DIS VIS USEF}$	系统分辨力极限 RL_{SYS} lp/mm	物场范围 $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm × mm	景深 $d_{AX SYS}$ μm
5×	0.25×	1×	49:1	(15× ~ 30×)	90 ^b	6,66 × 4,99	141 ^a
10×	1×	1×	389:1	(120× ~ 240×)	721 ^b	0,83 × 0,62	8,8 ^a
20×	1×	4×	3 115:1	(260× ~ 521×)	1 563 ^c	0,10 × 0,08	2,2 ^a
注：该表是使用系数 $C_1=2$ 创建的。 ^c 由于 $RL_{SYS} \neq RL_{OPT}$ ，实际感知的景深可能更大； ^d 由于 $RL_{SYS} = RL_{DIS}$ ，显示器分辨力是限制因素。 ^e 由于 $RL_{SYS} = RL_{SEN}$ ，传感器分辨力是限制因素。							

A. 1. 2. 4 虹膜光圈关闭至其标准打开的25%

标准成像模式，宽高比4:3，全帧图像采集和虹膜光圈关闭到其标准打开的25%。

虹膜隔膜关闭至其标准开口的25%模式的其它参数如表A.4所示。

表A.4 虹膜隔膜关闭至其标准开口的 25%

物镜 倍率	光学 变焦	数字 变焦	显示放大率 M_{DIS}	视觉放大 有效范围 $M_{DIS VIS USEF}$	系统分辨力极限 RL_{SYS} lp/mm	物场范围 $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm × mm	景深 $d_{AX SYS}$ μm
5×	0.25×	1×	49:1	(9× ~ 19×)	57	6,66 × 4,99	2253
10×	1×	1×	389:1	(38× ~ 76×)	227	0,83 × 0,62	141
20×	1×	4×	3 115:1	(76× ~ 152×)	455	0,10 × 0,08	35
注：该表是使用系数 $C_1=2$ 创建的。							

A. 2 无光学变焦显微镜系统

A. 2. 1 一般信息示例

由下列部分组成的光学系统：

- 设定 5 个可互换的物镜：5×/0.12；10×/0.25；20×/0.4；40×/0.65 和 100×/1.25 油；
- 具有管子因子 $q = 0.5\times$ 的光学自适应。

具有以下功能的成像传感器：

- 5 兆像素 RGB 传感器；
- 像素间距： $pp_{SEN} = 2.5\mu m$ ；
- x 方向的像素数： $N_{x SEN} = 2600$ ；
- y 方向的像素数： $N_{y SEN} = 1950$ ；
- 数字变焦，放大倍率范围(1× ~ 2×)。

具有以下特点的数码显示器：

- a)高清显示器，宽高比 16:9，1920×1080 像素；
- b)像素间距： $pp_{DIS}=0.27\text{mm}$ ；
- c)采用具有 4: 3 宽高比的活动图像窗口的标准成像模式，包括以下内容：
- 1)x方向的像素数： $N_{x\text{ DIS}}=1200$ ；
- 2)y方向的像素数： $N_{y\text{ DIS}}=900$ ；

A. 2. 2 成像性能数据示例

标准成像模式，宽高比为4:3，全帧图像采集。

表A. 5 无变焦的显微镜系统

物镜	数字 变焦	显示放大率 M_{DIS}	视觉放大 有效范围 $M_{DIS\text{ VIS USEF}}$	系统分辨力极限 RL_{SYS} lp/mm	物场范围 $w_{SYS} \times h_{SYS}$ mm × mm	景深 $d_{AX\text{ SYS}}$ μm
5× /0,12	1×	125:1	(38× ~ 77×)	231 ^b	2,60 × 1,95	38,2 ^a
10× /0,25	1×	249:1	(77× ~ 154×)	462 ^b	1,30 × 0,98	8,8 ^a
20× /0,40	1×	498:1	(154× ~ 308×)	923 ^b	0,65 × 0,49	3,4 ^a
40× /0,65	1×	997:1	(308× ~ 615×)	1 846 ^b	0,33 × 0,24	1,3 ^a
100× /1,25	1×	2 492:1	(758× ~ 1 515×)	4 545	0,13 × 0,10	0,5
5× /0,12	2×	249:1	(73× ~ 145×)	436	1,30 × 0,98	38,2
10× /0,25	2×	498:1	(152× ~ 303×)	909	0,65 × 0,49	8,8
20× /0,40	2×	997:1	(242× ~ 485×)	1 455	0,33 × 0,24	3,4
40× /0,65	2×	1 994:1	(394× ~ 788×)	2 364	0,16 × 0,12	1,3
100× /1,25	2×	4 985:1	(758× ~ 1 515×)	4 545	0,07 × 0,05	0,5
该表是使用系数 $c_1=1$ 创建的。 ^f 由于 $RL_{SYS} \neq RL_{OPT}$ ，实际感知的景深可能更大； ^g 由于 $RL_{SYS} = RL_{DIS}$ ，显示器分辨力是限制因素。						

参 考 文 献

- [1] GB/T 22059 显微镜 放大率数值、允差和符号(GB/T 22059—2018, ISO 8039:2014,MOD)
 - [2] 沃特曼R.数字显微镜的焦深, DGaO P学报2013-<http://www.dgao-proceedings.de>-ISSN1614-1836-URN:
Nbn: DE: 0287-2013-B026-5
 - [3] 山本K.衍射深度-结合电子设备的有限成像系统。Opt. Rev.2014年修订版, 第21(6)页, 第795-799
页
-