

# 团 体 标 准

T/GDMDMA 0041—2025

## 三维硬性光学内窥镜 三维视觉性能检测方法

3D-Vision performance test methods for 3D rigid optical endoscope

2025-04-18 发布

2025-04-18 实施

广东省医疗器械管理学会 发布  
中国标准出版社 出版



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 要求 .....	4
5 检测方法 .....	6

国家标准

## 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。

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。

本文件由广东欧谱曼迪科技股份有限公司提出。

本文件由广东省医疗器械管理学会归口。

本文件起草单位：广东欧谱曼迪科技股份有限公司、深圳市博盛医疗科技有限公司、深圳市宏济医疗技术开发有限公司、青岛海信医疗设备股份有限公司、深圳市药品检验研究院、中国科学院长春沈学精密器械与物理研究所、中国医学科学院北京协和医院、四川大学华西医院、浙江大学医学院附属第一医院、华中科技大学同济医学院附属协和医院、广东省医疗器械质量监督检验所、广东省人民医院、深圳市市场监督管理局许可审查中心、季华实验室。

本文件主要起草人：刘满林、伍思樾、杨浩智、陆汇海、邹明明、唐春、陈永健、邵秀稳、肖辉雨、顾光泰、王德才、钟文昭、王心醉、冯铭、李姜、薄强、李娜娜、冯靖祎、聂强、冯庆敏、古蒙蒙、余小梅、常健博、任均宇、朱宇媛、刘胜林、庄志杰、胡济凡、陈梓豪、张栋球、张冰、刘成武、高远、金以勒。

# 三维硬性光学内窥镜 三维视觉性能检测方法

## 1 范围

本文件描述了三维硬性光学内窥镜主要三维视觉性能指标的检验方法。

本文件适用于三维硬性光学内窥镜。

本文件不适用于单成像光路的三维内窥镜。

## 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 19953—2005 数码照相机 分辨率的测量

JJG 211—2021 亮度计检定规程

YY 0068.1—2008 医用内窥镜 硬性内窥镜 第1部分:光学性能及测试方法

YY/T 1081—2011 医用内窥镜 内窥镜功能供给装置 冷光源

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 三维硬性光学内窥镜 3D rigid endoscope

一个包含专属照明光路和双路光学成像系统的硬性内窥镜,外部照明光可由照明光路带入人体体腔,人体体腔可通过成像系统在外部成像。

### 3.2

#### 双路光学成像系统 binocular optical imaging system

三维硬性光学内窥镜的双路光学成像系统具有相同或相近的结构形式和光学参数,对称地排列在三维硬性光学内窥镜中心轴的左右两侧。左右成像光路基于视差原理地对同一物体的不同角度成像,从而得到该物体的三维位置信息。

注:见图1。

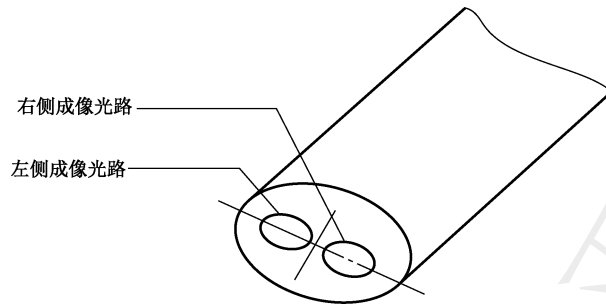


图 1 双路光学成像系统

3.3

视向角 direction of view

$\theta$

光学镜的视轴对光学镜镜体主轴所构成的夹角  $\theta$ 。

注 1：视向角的单位为度( $^{\circ}$ )。

注 2：见图 2。

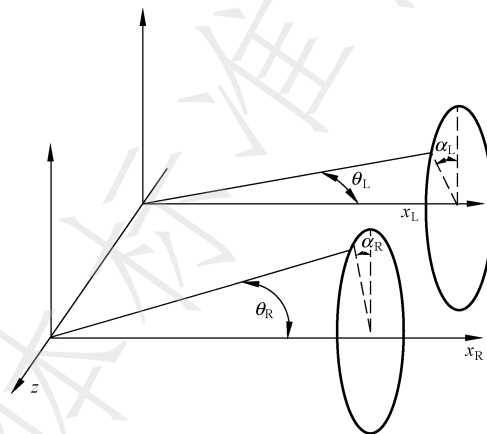


图 2 三维内窥镜视向角和视向偏转角

3.4

视向偏转角 deflection of view

$\alpha$

光学镜的视轴绕光学镜镜体主轴的旋转角  $\alpha$ 。

注 1：如图 2 所示， $\alpha_L$  为左侧成像光路视向偏转角， $\alpha_R$  为右侧成像光路视向偏转角。

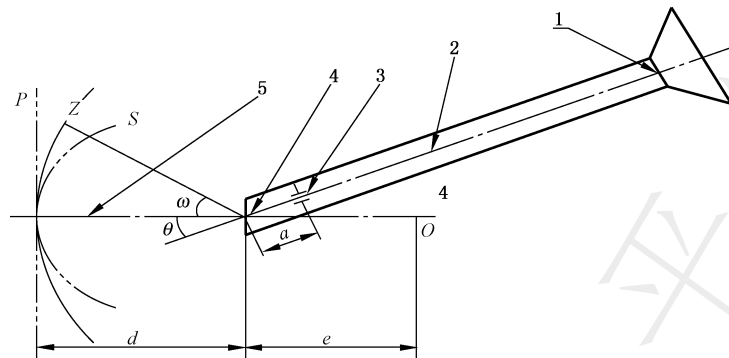
注 2：视向偏转角的单位为度( $^{\circ}$ )。

3.5

视场角 field angle

$2W$

顶点视场角的最大值  $2W$ ，光学镜末端中心对物方最大视场高度的张角。



标引序号说明：

- 1 —— 光学镜；
- 2 —— 镜体主轴；
- 3 —— 入瞳；
- 4 —— 末端；
- 5 —— 视轴；
- P —— 垂直观轴的参考平面 P；
- S —— 以  $d$  为半径的参考平面 S；
- Z —— 介于球面 S 和平面 P 间的球面 Z 视场；
- O —— 球面 Z 的球心。

图 3 内窥镜工作视场模型

3.6

**角分辨力 angular resolution**

$r_a(d)$

光学镜的入瞳中心对给定的光学工作距处的最小可辨等距条纹宽的极限分辨角的倒数  $r_a(d)$ 。

注：以周/度[C/°]表示。计算公式见式(1)。

$$r_a(d) = 1/\arctan \frac{1}{(d+a) \times r(d)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $r(d)$  —— 每毫米极限可辨线对数,单位为线对数每毫米(lp/mm)；
- $d$  —— 光学工作距,单位为毫米(mm)；
- $a$  —— 内窥镜末端到入瞳的距离(如图 3 所示),单位为毫米(mm)。

3.7

**有效景深范围 effective depth of field**

内窥镜能够取得清晰图像前后距离范围。在该景深范围内,视场中心的角分辨力应不低于设计光学工作距处角分辨力测量值的 80%。

3.8

**三维成像景深范围 3D imaging depth of field**

三维硬性光学内窥镜左右光路的有效景深范围的交集。

3.9

**红绿蓝光透过率比 transmittance ratios of red, green, and blue light**

能用于摄像系统的内窥镜对 630 nm~660 nm 波长范围的红光辐通量透过率  $T_r$  和 515 nm~545 nm 波长范围的绿光辐通量透过率  $T_g$  的比值,以及 435 nm~465 nm 波长范围的蓝光辐通量透过率  $T_b$  和  $T_g$  的比值。

注：如果三维硬性光学内窥镜声称不适用于上述响应段的要求，需给出对响应段的分布和匹配比值。

3.10

光能传递效率——有效光度率 **effective luminosity**

能用于摄像系统的内窥镜其光能传递效率以有效光度率表示，定义为像面显示灰度临界能辨的最低物面亮度( $L_{\min}$ )。

3.11

单位相对畸变 **unit relative distortion**

能用于摄像系统的内窥镜，物方球面 Z 视场单位元尺度( $dh$ )的像元径向尺度( $dh'_T$ )与理论像元向尺度( $\eta \cdot dh'_0$ )之差的相对值，其中  $dh'_0$  与视场中心像元尺度相等。如果像在无限远处，单位相对畸变是像方等效的结果。公式见式(2)~式(5)。

$$V_{U-z} = \frac{dh'_T - \eta \cdot dh'_0}{\eta \cdot dh'_0} \dots\dots\dots (2)$$

或：

$$V_{U-z} = \frac{m - \eta \cdot m_0}{\eta \cdot m_0} \dots\dots\dots (3)$$

其中：

$$\begin{cases} \eta = 2 / (1 + \beta / \sin\beta) \\ \beta = \omega_p - \arcsin\left(\frac{z - a/d}{1 + z} \sin \omega_p\right) \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

$$\begin{cases} m = \frac{dh'_T}{dh} \\ m_0 = \frac{dh'_0}{dh} \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$V_{U-z}$  —— 单位相对畸变；

$dh'_T$  —— 像元径向尺度；

$dh'_0$  —— 理论像元径向尺度；

$\omega_p$  —— 入瞳视场角；

$a$  —— 入瞳位置；

$d$  —— 物距；

$z$  —— 视场面的形状参数。

注 1:  $V_{U-z}$  的下标  $z$  为球面 Z 的形状参数值。

注 2: 垂直观轴的平面是球面的一个特例。当  $z = \infty$  时表示球面 Z 与平面 P 重合，单位相对变表达式为  $V_{U-\infty} = (m - m_0) / m_0$ 。

注 3: 实际测量选用的单位元尺度应不大于视场最大尺度的 8%。

注 4: 视场面的形状参数见 YY 0068.1—2008 的表 F.1。

4 要求

4.1 视向角和左右光路视向角偏差

4.1.1 视向角  $\theta$

制造商在光学镜上应标注视向角的标称值，左右光路视向角实测值与标称值允差： $\pm 10^\circ$ 。



#### 4.1.2 左右光路视向角偏差 $U_\theta$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路视向角绝对偏差的标称值,实测值应不大于标称值。

#### 4.1.3 左右光路视向偏转角偏差 $U_\alpha$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路视向偏转角绝对偏差的标称值,实测值应不大于标称值。

### 4.2 视场角和左右光路视场角偏差

#### 4.2.1 视场角 $2W$

制造商应以任何可能的形式给出内窥镜视场角的标称值,左右光路视场角实测值与标称值允差:  $\pm 15\%$ 。

#### 4.2.2 左右光路视场角偏差 $U_w$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路视场角相对偏差的标称值,实测值应不大于标称值。

### 4.3 像质量和左右光路像质偏差

#### 4.3.1 角分辨力 $r_a(d)$

4.3.1.1 制造商在随附资料中应给出视场中心角分辨力的标称值及对应的设计光学工作距  $d_0$ 。

4.3.1.2 左右光路视场中心角分辨力标称值允差  $-10\%$ (上限不计)。

4.3.1.3 以相同光学工作距处的垂直视轴的平面作视场,左右光路在最大视场高度的  $70\%$ 位置上任选 4 个正交方位测量,平均角分辨力应不低于实测的视场中心角分辨力的  $90\%$ 。

注 1: 如果视场形状非圆形,测量的 4 个位置在对角线上。

注 2: 若随附资料中未指定光学工作距  $d$ ,则测量可在有效景深最远端,但不超过  $150\text{ mm}$  处进行。

注 3: 本条不适用于光纤成像或光电子成像内窥镜,此类内窥镜的相关要求见相应专业标准。

#### 4.3.2 左右光路角分辨力偏差 $U_r$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路角分辨力相对偏差的标称值,实测值应不大于标称值。

#### 4.3.3 左右光路焦面一致度

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路焦面一致度的标称值,实测值应不小于标称值。

#### 4.3.4 三维成像景深范围

如果制造商声称三维硬性光学内窥镜具有景深效果,那么在随附资料中应给出内窥镜的三维成像景深范围,否则,在随附资料中应声明无景深效果。

具景深效果的三维硬性光学内窥镜在该景深范围内,左右光路视场中心的角分辨力应不低于设计光学工作距处角分辨力测量值的  $80\%$ 。试验应至少包括有效景深范围的最远端。

注: 对于声称有效景深的最远端会超过  $150\text{ mm}$  的三维硬性光学内窥镜,其景深范围最远端仅需对光学工作距  $150\text{ mm}$  处考核。

### 4.4 红绿蓝光透过率比值和左右光路红绿蓝光透过率比值偏差

#### 4.4.1 红绿蓝光透过率比值 $T$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜红绿蓝光透过率比值的标称值,左右光路红绿蓝光透过率比值

实测值与标称值允差： $\pm 20\%$ 。

#### 4.4.2 左右光路红绿蓝光透过率比值偏差 $U_T$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路红绿蓝光透过率比值相对偏差的标称值，实测值应不大于标称值。

#### 4.5 有效光度率和左右光路有效光度率偏差

##### 4.5.1 有效光度率 $L_{\min}$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜的有效光度率的标称值，以像面显示灰阶临界可辨的最低物面亮度( $L_{\min}$ )表示，左右光路有效光度率实测值应不大于标称值。制造商应给出配合内窥镜使用的摄像系统型号，或者该摄像系统的灵敏度信息。

##### 4.5.2 左右光路有效光度率偏差 $U_L$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路有效光度率绝对偏差的标称值，实测值应不大于标称值。

#### 4.6 单位相对畸变和左右光路单位相对畸变偏差

##### 4.6.1 单位相对畸变 $V_{U-z}$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜单位相对畸变  $V_{U-z}$  的标称值，左右光路单位相对畸变实测值的绝对值应不大于标称值的绝对值。

##### 4.6.2 左右光路单位相对畸变偏差 $U_V$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路单位相对畸变绝对偏差的标称值，实测值应不大于标称值。

### 5 检测方法

#### 5.1 视向角和左右光路视向角偏差

##### 5.1.1 视向角

硬性光学内窥镜视向角的测定方法见 YY 0068.1—2008 附录 A。

依次测试三维硬性光学内窥镜左右光路的视向角  $\theta_L$  和  $\theta_R$ ， $\theta_L$  和  $\theta_R$  应符合 4.1.1 的要求。三维硬性光学内窥镜的视向角为左右光路的视向角的算术平均值。

##### 5.1.2 左右光路视向角偏差

三维硬性光学内窥镜左右光路视向角绝对偏差计算方法见式(6)：

$$U_{\theta} = |\theta_R - \theta_L| \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$U_{\theta}$ ——左右光路视向角绝对偏差；

$\theta_R$ ——右光路的视向角；

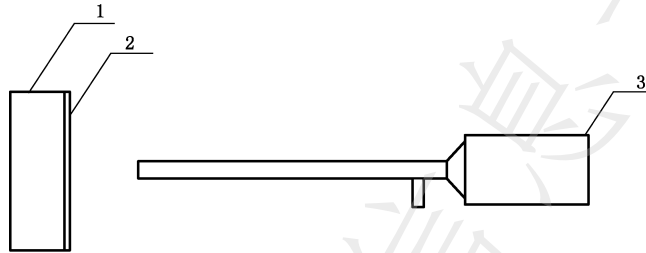
$\theta_L$ ——左光路的视向角。

5.1.3 左右光路视向偏转角偏差

5.1.3.1 设备

三维硬性光学内窥镜左右光路的视向偏转角偏差测定装置见图 4,采用的设备如下:

- a) 支架和平台,用于支撑内窥镜;
- b) 十字线测试板;
- c) 照明光源,其光谱特性应与被测光学镜的预期相适应。



标引序号说明:  
 1——平面均匀光源;  
 2——十字线测试板;  
 3——摄像系统。

图 4 三维硬性光学内窥镜左右光路的视向偏转角测定装置图

5.1.3.2 步骤

测试步骤如下。

- a) 将待测三维内窥镜在设计工作距离下对十字线测试卡进行成像,横线尽量在两个画面的中心,并贯穿整个画面,保存图片。
- b) 以画面横向像素为  $L$ ,计算左侧光路图像在左边边界相交的像素高度  $H_{L1}$  和右边边界相交的像素高度  $H_{L2}$ ,通过式(7)计算左侧光路视向旋转角:

$$\alpha_L = \arctan[(H_{L1} - H_{L2})/L] \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- $\alpha_L$  ——左侧光路视向旋转角;
- $H_{L1}$  ——左画面左边边界相交的像素高度;
- $H_{L2}$  ——左画面右边边界相交的像素高度;
- $L$  ——画面横向像素。

- c) 以画面横向像素为  $L$ ,计算右侧光路左边边界相交的像素高度  $H_{R1}$  和右边边界相交的像素高度  $H_{R2}$ ,通过式(8)计算右侧光路视向画面旋转角:

$$\alpha_R = \arctan[(H_{R1} - H_{R2})/L] \quad \dots\dots\dots(8)$$

则视向偏转角绝对偏差见式(9):

$$U_a = |\alpha_L - \alpha_R| \quad \dots\dots\dots(9)$$

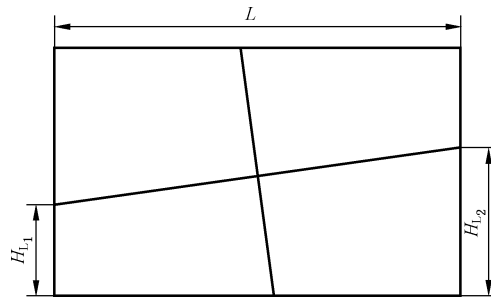
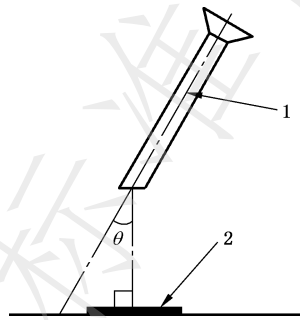


图5 视向偏转角示意图

5.2 视场角和左右光路视场角偏差

5.2.1 视场角

将被检测的内窥镜安装在内窥镜夹具中,调整内窥镜使镜体主轴与测标靶面法线的夹角为三维硬性光学内窥镜的视向角,如图6所示。



标引序号说明:

1 —— 镜体主轴;

2 —— 测标靶面;

$\theta$  —— 三维硬性光学内窥镜视向角。

图6 内窥镜夹持示意图

硬性光学内窥镜视场角的测定方法见 YY 0068.1—2008 附录 A。

依次测试三维硬性光学内窥镜左右光路的视场角  $2W_L$  和  $2W_R$ 。

5.2.2 左右光路视场角偏差

三维硬性光学内窥镜左右光路视场角相对偏差计算方法见式(10):

$$U_w = 2 \times \frac{|2W_R - 2W_L|}{2W_R + 2W_L} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$U_w$  —— 左右光路视场角相对偏差;

$2W_R$  —— 右光路的视场角;

$2W_L$  —— 左光路的视场角。

5.3 像质量和左右光路像质偏差

5.3.1 角分辨力

将被检测的内窥镜安装在内窥镜夹具中,调整内窥镜使镜体主轴与测标靶面法线的夹角为三维硬性光学内窥镜的视向角,如图 6 所示。

硬性光学内窥镜角分辨力的测定方法见 YY 0068.1—2008 附录 B。

依次测试三维硬性光学内窥镜左右光路的角分辨力 $r_{aL}$ 和 $r_{aR}$ 。

5.3.2 左右光路角分辨力偏差

三维硬性光学内窥镜左右光路角分辨力相对偏差计算方法见式(11)：

$$U_r = 2 \times \frac{|r_{aR} - r_{aL}|}{r_{aR} + r_{aL}} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

式中：

$U_r$  ——左右光路的角分辨力相对偏差；

$r_{aR}$  ——右光路的角分辨力；

$r_{aL}$  ——左光路的角分辨力。

5.3.3 左右光路焦面一致度

5.3.3.1 设备

采用的设备如下：

- a) 支架和平台,用于支撑内窥镜；
- b) ISO 12233 透射式测试卡,如图 7 所示；
- c) 照明光源,其光谱特性应与被测光学镜的预期相适应。

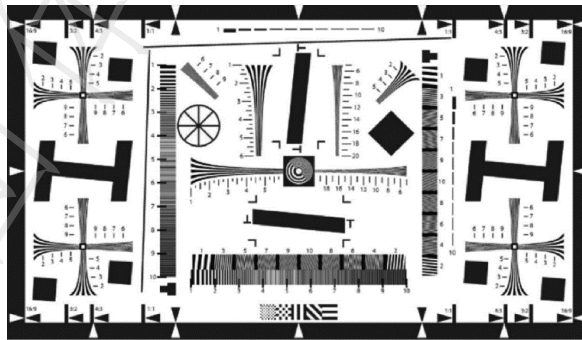


图 7 ISO 12233 测试卡

5.3.3.2 环境条件

环境条件如下：

- a) 测试环境应控制在暗照度不大于 1 lx 内；
- b) 光源供电源的电压应在标称电压值上保持稳定,电压稳定度应控制在±2%以内。

5.3.3.3 步骤

采用的步骤如下。

- a) 将被检测的内窥镜安装在内窥镜夹具中,调整内窥镜使镜体主轴与测标靶面法线的夹角为三维硬性光学内窥镜的视向角,如图 6 所示。
- b) 将 ISO 12233 透射式测试卡放置于视场中心,根据摄像系统画面比例,把测试卡对应比例的测试内容恰好完全置于视场中。开启灯箱。
- c) 摄像系统切换为二维左目输出,对焦使得此时左目图像最清晰。摄像系统切换为二维右目输出,保存右目照片 1。
- d) 摄像系统保持二维右目输出,对焦使得此时右目图像最清晰,保存右目照片 2。
- e) 对于两张二维右目照片,分别沿图中虚线位置读取输出值并作其边缘扩散函数(ESF):

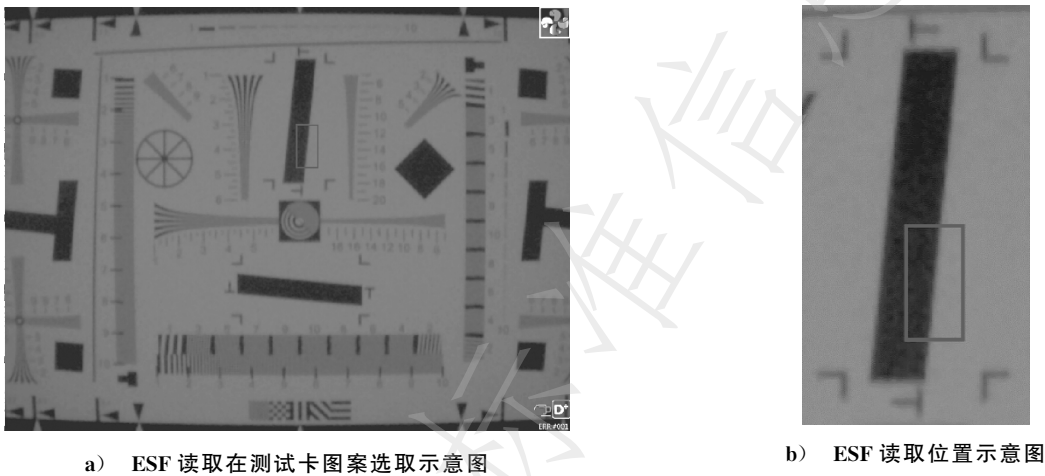


图 8 ESF 读取在测试卡图案选取和 ESF 读取位置示意图

- 选择视野中央区域包含稍微倾斜斜边的矩形区域,矩形区域的长边长应为像高的 10%,短边长应为长边长的 1/2[本文件推荐视野中心见图 8a)、b)所示区域];
- 根据式(12)将所选区域像素值转换为亮度值;

$$Y = 0.2125R + 0.7154G + 0.0721B \quad \dots\dots\dots(12)$$

- 设 ESF 曲线的最大值为  $ESF_{max}$ ,最小值为  $ESF_{min}$ ,  $h = ESF_{max} - ESF_{min}$ ,在 ESF 函上找最接近  $(ESF_{min} + 0.3h)$  的点  $[x_1, ESF(x_1)]$  和最接近  $(ESF_{max} - 0.3h)$  的点  $[x_2, ESF(x_2)]$ ;

$$m = ESF(x_2) - ESF(x_1) \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$n = x_2 - x_1 \quad \dots\dots\dots(14)$$

- 分别计算两张右目照片所选区域内每一行 ESF 斜率的平均值,见式(15):

$$K = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \frac{m(r)}{n(r)} \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

- $r$  ——所选区域内的行数;
- $R$  ——总行数;

分别得到左目对焦清晰时的右目图像 1 的焦面斜率  $K_A$  和右目对焦清晰时的右目图像 2 的焦面斜率  $K_B$ 。

焦面一致度相关系数,见式(16):

$$FCPF = \frac{K_A}{K_B} \dots\dots\dots(16)$$

式中：

- FCPF —— 焦面一致度相关系数；
- $K_A$  —— 左目对焦清晰时的右目图像焦面斜率；
- $K_B$  —— 右目对焦清晰时的右目图像焦面斜率。

5.3.4 三维成像景深范围

将被检测的内窥镜安装在内窥镜夹具中,调整内窥镜使镜体主轴与测标靶面法线的夹角为三维硬性光学内窥镜的视向角,如图 6 所示。

在三维成像景深范围内选择最不利的光学工作距处试验,按 YY 0068.1—2008 附录 B 的方法依次测试左右光路在光学工作距处视场中心的角分辨率。

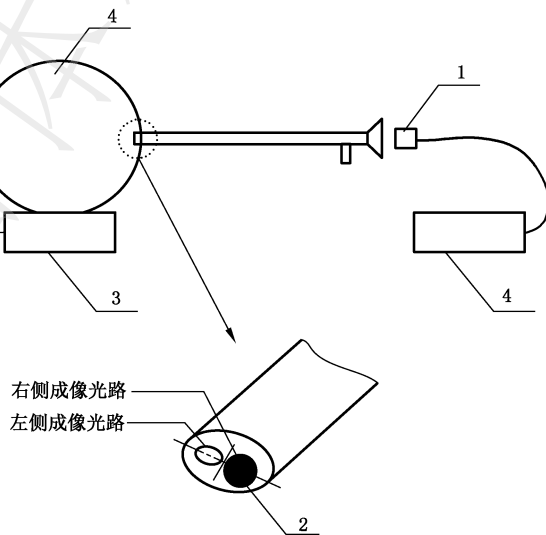
5.4 红绿蓝光透过率比值和左右光路红绿蓝光透过率比值偏差

5.4.1 红绿蓝光透过率比值

5.4.1.1 设备

三维硬性光学内窥镜左右光路的红绿蓝光透过率比测定装置见图 9 所示,采用的设备如下：

- a) 支架和平台,用于支撑内窥镜；
- b) 测试用光源,光源光谱应至少包括 380 nm~780 nm,且在该范围内连续、稳定并富含光谱；
- c) 光谱测试系统,光谱测量范围不小于 380 nm~780 nm,波长分辨力不大于 1.5 nm,相对光谱辐射度差不大于 1%；
- d) 积分球；
- e) 遮光片。



- 标引序号说明：
- 1——光谱测试系统；
  - 2——遮光片；
  - 3——测试光源；
  - 4——积分球。

图 9 左右光路的红绿蓝光透过率比测定装置

5.4.1.2 环境条件

环境条件如下：

- a) 测试环境应控制在暗照度不大于 1 lx 内；
- b) 光源供电源的电压应在标称电压值上保持稳定,电压稳定度应控制在±2%以内。

5.4.1.3 步骤

采用的步骤如下：

- a) 光源应充分预热,时间不少于 30 min；
- b) 选择光谱测试系统的波长步距不大于 5 nm；
- c) 使用光谱测试系统测试光源光谱,记为  $\varphi_0(\lambda)$ ；
- d) 将三维硬性光学内窥镜左侧成像光路用遮光片遮挡,将三维硬性光学内窥镜按上图接入测试装置,测试光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的光谱,记为  $\varphi_R(\lambda)$ ；
- e) 将三维硬性光学内窥镜右侧成像光路用遮光片遮挡,将三维硬性光学内窥镜按上图接入测试装置,测试光源通过三维硬性光学内窥镜左侧成像光路后的光谱,记为  $\varphi_L(\lambda)$ 。

5.4.1.4 计算

根据 YY/T 1081—2011 医用内窥镜功能供给装置冷光源 5.3 中的方法,计算光源红绿蓝光辐通量,见式(17)~式(19)。

$$\varphi_{0r} = \int_{630}^{660} \varphi_0(\lambda) \cdot d\lambda \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$\varphi_{0g} = \int_{515}^{545} \varphi_0(\lambda) \cdot d\lambda \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$\varphi_{0b} = \int_{435}^{465} \varphi_0(\lambda) \cdot d\lambda \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中：

- $\varphi_0(\lambda)$  ——光源中的相对光谱功率分布；
- $\varphi_{0r}$  ——光源 630 nm~660 nm 波长范围的红光辐通量；
- $\varphi_{0g}$  ——光源 515 nm~545 nm 波长范围的绿光辐通量；
- $\varphi_{0b}$  ——光源 435 nm~465 nm 波长范围的蓝光辐通量。

计算光源的红绿光辐通量比 $t_{0r/g}$ 和蓝绿光辐通量比 $t_{0b/g}$ ,见式(20)、式(21)。

$$t_{0r/g} = \frac{\varphi_{0r}}{\varphi_{0g}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$t_{0b/g} = \frac{\varphi_{0b}}{\varphi_{0g}} \quad \dots\dots\dots (21)$$

计算光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的红绿蓝光辐通量,见式(22)~式(24)。

$$\varphi_{Rr} = \int_{630}^{660} \varphi_R(\lambda) \cdot d\lambda \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$\varphi_{Rg} = \int_{515}^{545} \varphi_R(\lambda) \cdot d\lambda \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$\varphi_{Rb} = \int_{435}^{465} \varphi_R(\lambda) \cdot d\lambda \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- $\varphi_R(\lambda)$  ——光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的相对光谱功率分布；
- $\varphi_{Rr}$  ——光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的 630 nm~660 nm 波长范围的红光辐



通量；

$\varphi_{Rg}$  ——光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的 515 nm~545 nm 波长范围的绿光辐通量；

$\varphi_{Rb}$  ——光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的 435 nm~465 nm 波长范围的蓝光辐通量；

计算光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的红绿光辐通量比  $t_{Rr/g}$  和蓝绿光辐通量比  $t_{Rb/g}$ ，见式(25)~式(26)。

$$t_{Rr/g} = \frac{\varphi_{Rr}}{\varphi_{Rg}} \dots\dots\dots(25)$$

$$t_{Rb/g} = \frac{\varphi_{Rb}}{\varphi_{Rg}} \dots\dots\dots(26)$$

计算三维硬性光学内窥镜右侧成像光路红绿光透过率比  $T_{Rr/g}$  和蓝绿光透过率比  $T_{Rb/g}$ ，见式(27)~式(28)。

$$T_{Rr/g} = \frac{t_{Rr/g}}{t_{0r/g}} \dots\dots\dots(27)$$

$$T_{Rb/g} = \frac{t_{Rb/g}}{t_{0b/g}} \dots\dots\dots(28)$$

式中：

$t_{Rr/g}$  ——光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的红绿光辐通量比；

$t_{Rb/g}$  ——光源通过三维硬性光学内窥镜右侧成像光路后的蓝绿光辐通量比；

$t_{0r/g}$  ——光源的红绿光辐通量比；

$t_{0b/g}$  ——光源的蓝绿光辐通量比。

同理，计算三维硬性光学内窥镜左侧成像光路的红绿光透过率比  $T_{Lr/g}$  和蓝绿光透过率比  $T_{Lb/g}$ 。

#### 5.4.2 左右光路红绿蓝光透过率比值偏差

三维硬性光学内窥镜左右光路红绿蓝光透过率比值相对偏差计算方法见式(29)：

$$U_{Tr/g} = 2 \times \frac{|T_{Rr/g} - T_{Lr/g}|}{T_{Rr/g} + T_{Lr/g}} \times 100\% \dots\dots\dots(29)$$

式中：

$U_{Tr/g}$  ——左右光路红绿光透过率比值相对偏差；

$T_{Rr/g}$  ——右目红绿光透过率比；

$T_{Lr/g}$  ——左目红绿光透过率比。

$$U_{Tb/g} = 2 \times \frac{|T_{Rb/g} - T_{Lb/g}|}{T_{Rb/g} + T_{Lb/g}} \times 100\% \dots\dots\dots(30)$$

式中：

$U_{Tb/g}$  ——左右光路蓝绿光透过率比值相对偏差；

$T_{Rb/g}$  ——右目蓝绿光透过率比；

$T_{Lb/g}$  ——左目蓝绿光透过率比。

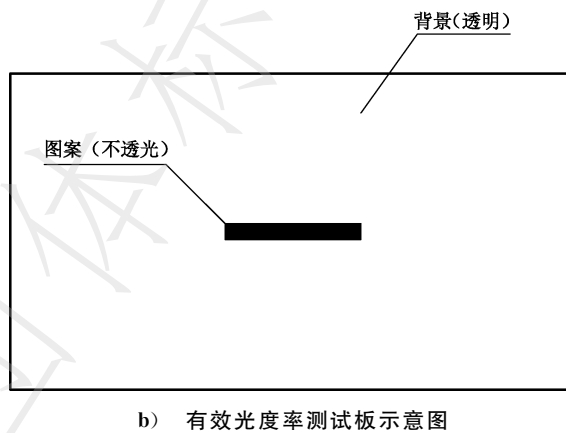
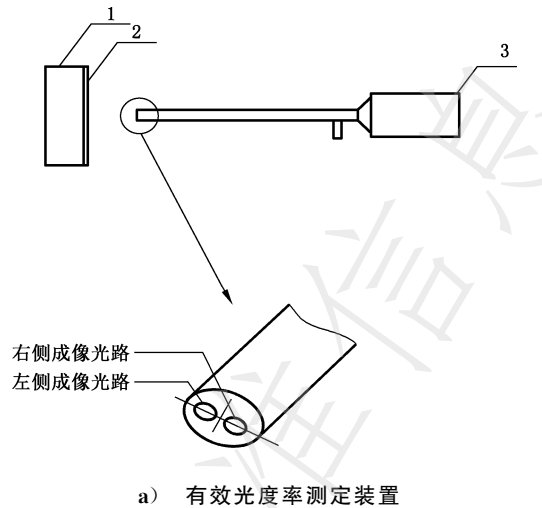
### 5.5 有效光度率和左右光路有效光度率偏差

#### 5.5.1 有效光度率

##### 5.5.1.1 设备

三维硬性光学内窥镜左右光路的有效光度率测定装置如下图所示，采用的设备如下：

- a) 支架和平台,用于支撑内窥镜。
- b) 测试用平面均匀光源,亮度连续可调,且其最小亮度应远低于被配套摄像系统的暗区截止临界亮度值;
- c) 有效光度率测试板;
- d) 摄像系统,该摄像头为三维硬性光学内窥镜配套使用的摄像系统,或制造商推荐使用的摄像系统,制造商应给出该摄像系统的型号,或者该摄像系统的灵敏度信息;
- e) 光亮度计,计量性能应与符合 JJG 211—2021 规定的二级亮度计相当。



标引序号说明:

- 1——平面均匀光源;
- 2——测试板;
- 3——摄像系统。

图 10 三维硬性光学内窥镜左右光路的有效光度率测定装置和测试板示意图

#### 5.5.1.2 环境条件

环境条件如下:

- a) 测试环境应控制在暗照度不大于 1 lx 内;
- b) 光源供电源的电压应在标称电压值上保持稳定,电压稳定度应控制在  $\pm 2\%$  以内。

### 5.5.1.3 步骤

采用的步骤如下：

- a) 将被检测的内窥镜安装在内窥镜夹具中,调整内窥镜使镜体主轴与测标靶面法线的夹角为三维硬性光学内窥镜的视向角,如图 6 所示;
- b) 将三维硬性光学内窥镜按图 10 接入测试装置。三维硬性光学内窥镜与光源的距离为三维硬性光学内窥镜的设计工作距离;
- c) 三维硬性光学内窥镜配套使用的摄像系统调整到正常工作状态,并对测试板的图案成像;
- d) 光源应充分预热,时间不少于 30 min;
- e) 调节(降低)光源输出光亮度,同时观察屏像面上的黑色遮光片,直至临界不可辨;
- f) 使用光亮度计测试背景部分的光亮度,记为 $L_{Rmin}$ ;
- g) 按以上方式测试左侧成像光路的有效光度率记为 $L_{Lmin}$ 。

### 5.5.2 左右光路有效光度率偏差

三维硬性光学内窥镜左右光路有效光度率绝对偏差计算方法见公式(31):

$$U_L = |L_{Rmin} - L_{Lmin}| \dots\dots\dots(31)$$

式中:

- $U_L$  ——左右光路有效光度率绝对偏差;
- $L_{Rmin}$  ——右成像光路的有效光度率;
- $L_{Lmin}$  ——左成像光路的有效光度率。

## 5.6 单位相对畸变和左右光路单位相对畸变偏差

### 5.6.1 单位相对畸变

将被检测的内窥镜安装在内窥镜夹具中,调整内窥镜使镜体主轴与测标靶面法线的夹角为三维硬性光学内窥镜的视向角,如图 6 所示。

硬性光学内窥镜单位相对畸变的测定见 YY 0068.1—2008 附录 E。

依次测试三维硬性光学内窥镜左右光路的单位相对畸变 $V_L$ 和 $V_R$ 。

### 5.6.2 左右光路单位相对畸变偏差

三维硬性光学内窥镜左右光路单位相对畸变绝对偏差计算方法见公式(32):

$$U_{rV} = |V_R - V_L| \dots\dots\dots(32)$$

式中:

- $U_{rV}$  ——左右光路单位相对畸变绝对偏差;
- $V_R$  ——右光路的单位相对畸变;
- $V_L$  ——左光路的单位相对畸变。

团体标准  
三维硬性光学内窥镜  
三维视觉性能检测方法  
T/GDMDMA 0041—2025

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

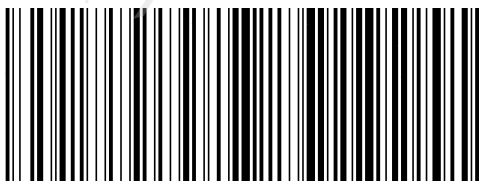
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 33 千字  
2025年 月第1版 2025年 月第1次印刷

\*

书号: 155066·5-11580 定价 43.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



T/GDMDMA 0041—2025