

# T/GDMDMA

## 广东省医疗器械管理学会团体标准

T/GDMDMA XXXX—XXXX

### 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

医疗器械团体标准

(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

广东省医疗器械管理学会 发布



## 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 要求 .....	5
5 试验条件 .....	6
6 试验方法 .....	7
参考文献 .....	16



## 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这些专利的责任。

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：

本文件主要起草人：



# 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和判定规则。

本文件适用于三维硬性光学内窥镜。

## 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。

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

## 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，对称的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的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。

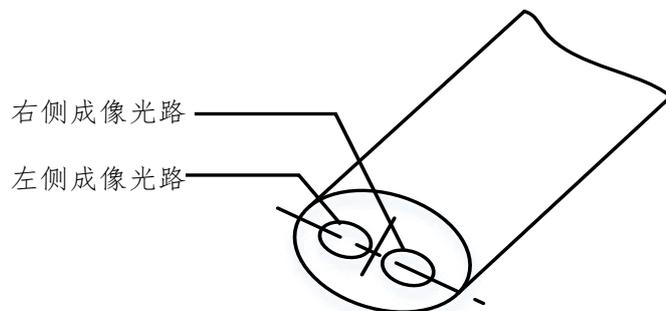


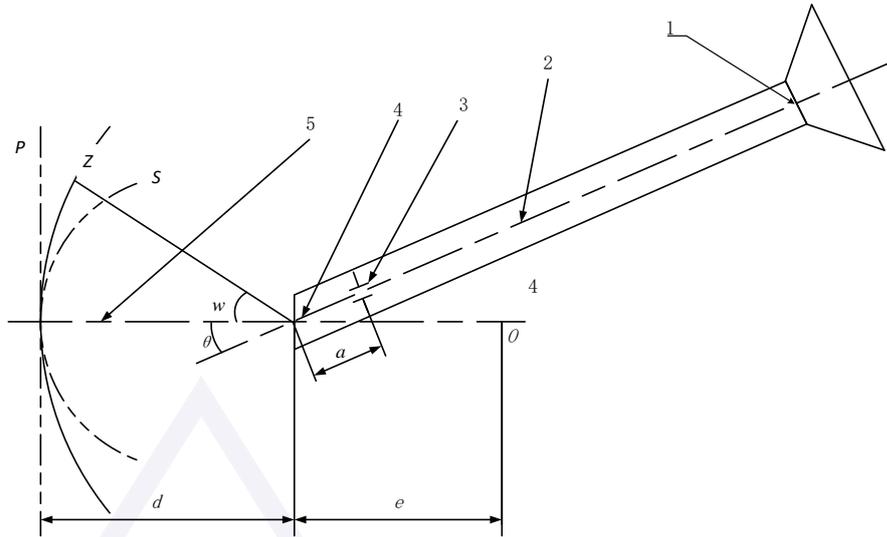
图1 双路光学成像系统

3.3

视场角 field angle

$W$

顶点视场角的最大值 $W$ ，光学镜末端中心对物方最大视场高度的张角。



1——光学镜 2——镜体主轴 3——末端 4——入瞳 5——视轴  $P$ ——垂直视轴的参考平面  $P$   
 $S$ ——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2 内窥镜工作视场模型

3.4

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 $\theta$ ，如图3所示，单位为度（°）。

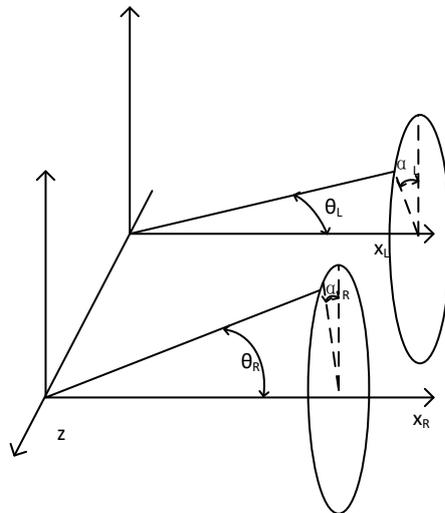


图3 三维内窥镜视向角和视向偏转角

## 3.5

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 $\alpha$ ，单位为度(°)。如上图3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。

## 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 $r_a(d)$ ，以周/度[C/°]表示。计算公式见式(1)。

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

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)；

$a$ ——内窥镜末端到入瞳的距离(如图2所示)单位为毫米(mm)；

$d$ ——光学工作距，单位为毫米(mm)。

## 3.7

焦面一致系数 focal plane concordance coefficient

焦面一致系数是指内窥镜在左侧成像光路焦面和右侧成像光路焦面时对高对比度边缘的响应之比。

## 3.8

有效景深范围 effective depth of field

有效景深范围是指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%。

## 3.9

三维成像景深范围 3D imaging depth of field

三维成像景深范围是三维硬性光学内窥镜左右光路的有效景深范围的交集。

## 3.10

红绿蓝光透过率比

能用于摄像系统的内窥镜，红绿蓝光的透过率比是指内窥镜对515 nm~545 nm波长范围的绿光透过率 $T_g$ 和630 nm~660 nm波长范围的红光透过率 $T_r$ 以及435 nm~465 nm波长范围的蓝光透过率 $T_b$ 的比值。

3.11

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可以辨的最低物面亮度（ $L_{min}$ ）。

3.12

单位相对畸变 unit relative distortion

能用于摄像系统的内窥镜，其单位相对畸变是指：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（ $\eta \cdot dh'_o$ ）之差的相对值，其中  $dh'_o$  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。公式如下：

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

或：

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

其中：

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

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

式中：

$V_{U-z}$ ——单位相对畸变；

$dh'_T$ ——像元径向尺度；

$dh'_o$ ——理论像元向尺度；

$\omega_p$ ——入瞳视角；

$a$ ——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： 垂直视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  $V_{U-\infty}=(m-m_o)/m_o$ 。

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： 视场面的形状参数可以参考标准 YY 0068.1—2008附录F中表F.1<sup>[1]</sup>。

## 4 要求

### 4.1 视场角和视场角一致性差异

#### 4.1.1 视场角 $2W$

制造商应以任何可能的形式明示内窥镜视场角的设计值，视场角设计值允差： $\pm 15\%$ 。

#### 4.1.2 视场角一致性差异 $U_W$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间的最大视场角的一致性差异，实测差异不能超过标称值。

### 4.2 视向角和视向角一致性差异

#### 4.2.1 视向角 $\theta$

制造商在光学镜上应标注视向角的名义值，标称视向角允差： $\pm 10^\circ$ 。

#### 4.2.2 视向角一致性差异 $U_\theta$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间的视向角的一致性差异，实测差异不能超过标称值。

#### 4.2.3 视向偏转角一致性差异 $U_\alpha$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间的视向角的一致性差异，实测差异不能超过标称值。

### 4.3 像质量和像质的一致性差异

#### 4.3.1 角分辨率 $r_a(d)$

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

4.3.1.2 视场中心角分辨率标称值允差-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，在最大视场高度的 70%位置上任选四个正交方位测量，平均角分辨率应不低于实测的视场中心角分辨率的 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 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 角分辨率的一致性差异 $U_r$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间的中心角分辨率的一致性差异，实测值不大于宣称值。

#### 4.3.3 焦面一致系数

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间的焦面一致系数，实测值不大于宣称值。

#### 4.3.4 三维成像景深范围

如果制造商声称三维硬性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，三维成像景深范围是三维硬性光学内窥镜左右光路的有效景深范围的交集，实测近处不高于标称值，实测远处不能低于标称值。

#### 4.4 红绿蓝光透过率比值和红绿蓝光透过一致性差

##### 4.4.1 红绿蓝光透过率比值 $T^{[2]}$

用于摄像系统的内窥镜，制造商应给出对应摄像系统光谱响应的匹配关系。以515 nm~545 nm 波长范围的绿光透过率中 $T_g$ 为基准，制造商应给出三维硬性内窥镜在630 nm~660 nm波长范围的红光透过率 $T_r$ 与以及435 nm~465 nm波长范围的蓝光透过率 $T_b$ 比值的标称值。如果内窥镜声称不适用于上述响应段的要求，应给出对应响应段的分布和匹配比值。

##### 4.4.2 红绿蓝光透过率比一致性差 $U_T$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间红绿蓝光透过率比的一致性差异，实测值不大于宣称值。

#### 4.5 有效光度率和有效光度率的一致性差异

##### 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，以像面显示灰度临界可以辨的最低物面亮度 ( $L_{min}$ ) 表示。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 有效光度率的一致性差 $U_L$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间有效光度率的一致性差异，实测值不大于宣称值。

#### 4.6 单位相对畸变和单位相对畸变一致性差 $U_v$

##### 4.6.1 单位相对畸变 $V$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜的单位相对畸变。

##### 4.6.2 单位相对畸变的一致性差 $U_v$

制造商应给出三维硬性光学内窥镜左右光路之间单位相对畸变的一致性差异，实测值不大于宣称值。

#### 5 试验条件

测试环境的环境和湿度应满足待测设备的工作条件要求。

测试环境的暗照度应不大于 1 lux。

## 6 试验方法

### 6.1 视场角和视场一致性差异

#### 6.1.1 视场角

硬性光学内窥镜视场角的测定见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 $W_L$ 和 $W_R$ ，则三维硬性光学内窥镜的视场角为左右光路的视场角的算术平均值。

#### 6.1.2 视场一致性差异

三维硬性光学内窥镜视场一致性差异计算方法如下：

$$U_W = 2 \times \frac{|W_R - W_L|}{W_R + W_L} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$U_W$ ——双光路视场一致性差异

$W_R$ ——右光路的视场角

$W_L$ ——左光路的视场角

### 6.2 视向角和视向一致性差异

#### 6.2.1 视向角

硬性光学内窥镜视向角的测定见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 $\theta_R$ ，则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。

#### 6.2.2 视向角差异

三维硬性光学内窥镜视向一致性差异计算方法如下：

$$U_W = |\theta_R - \theta_L| \dots\dots\dots (7)$$

式中：

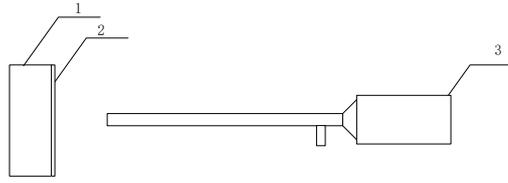
$U_W$ ——双路视向一致性差异；

$\theta_R$ ——右光路的视场角；

$\theta_L$ ——左光路的视场角。

#### 6.2.3 视向偏转角差异

三维硬性光学内窥镜左右光路的视向偏转角差异测定装置如下图所示，十字线测试板放置于内窥镜工作距离处。



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

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  $H_{L2}$ ，通过公式得左侧光路视向旋转角：

$$\alpha_L = \arctan[(H_{L1} - H_{L2})/L] \dots\dots\dots (8)$$

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  $H_{R2}$ ，通过公式得右画面旋转角度：

$$\alpha_R = \arctan[(H_{R1} - H_{R2})/L] \dots\dots\dots (9)$$

则视向偏转角差异为：

$$U\alpha = |\alpha_L - \alpha_R| \dots\dots\dots (10)$$

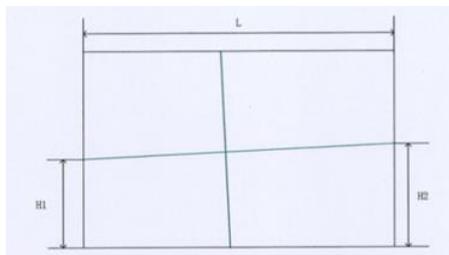


图5 视向偏转角示意图

### 6.3 像质量和像质的一致性差异

#### 6.3.1 角分辨力

硬性光学内窥镜角分辨力的测定见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率 $r_{aL}$ 和 $r_{aR}$ ，则三维硬性光学内窥镜的角分辨力为左右光路的角分辨力的算术平均值。

### 6.3.2 角分辨力一致性差异

三维硬性光学内窥镜角分辨力一致性差异计算方法如下：

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

式中：

$U_r$ ——双光路的角分辨率力差；

$r_{aR}$ ——右光路的角分辨率力；

$r_{aL}$ ——左光路的角分辨率力。

### 6.3.3 焦面一致性系数

ISO 12233 透射式测试卡如图 6 所示。

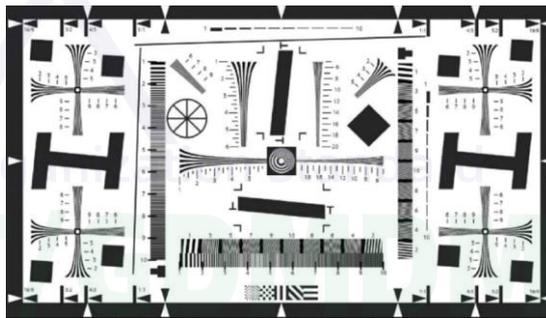
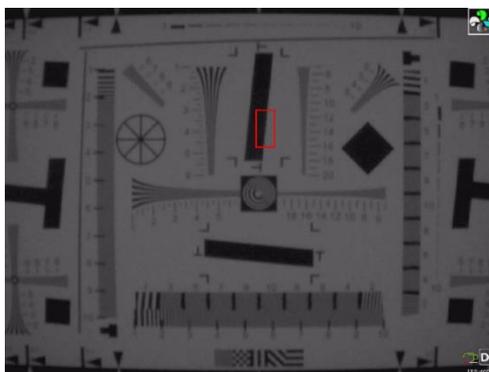
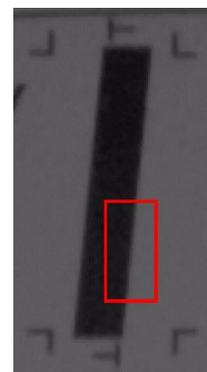


图6 ISO 12233 测试卡

- a) 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，把侧视图卡对应比例的测试内容恰好完全置于视场中。开启灯箱。
- b) 开启机器，对焦使得此时左侧成像光路图像最清晰，保存左右两路的照片。
- c) 分别选择左右路照片中包含稍微倾斜的斜边，读取亮度值并作其边缘扩散函数（ESF）：



a) ESF 读取在测试卡图案选取示意图



b) ESF 读取位置示意图

图7 ESF 读取在测试卡图案选取示意图和 ESF 读取位置示意图

d) 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（本标准推荐视野中心如图 7a）、图 7b) 所示区域）；

e) 按照以下公式将所选区域像素值转换为亮度值；

亮度信号分量Y计算如下：

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

式中：

R、G、B——红绿蓝通道输出信号试验数据处理。

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

$m=ESF(x_2)-ESF(x_1)$ ， $n=x_2-x_1$ 。

分别计算左路图和右路图所选区域内每一行ESF斜率的平均值：

$$K = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \frac{m(r)}{n(r)} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

r——所选区域内的行数；

R——总行数。

分别得到左路斜率 $K_A$ 和右路斜率 $K_B$ 。

焦面一致度相关系数即为：

$$FCPF = \frac{K_B}{K_A} \dots\dots\dots (14)$$

### 6.3.4 三维成像景深范围

依次测试三维硬性光学内窥镜左右光路的景深，则三维成像景深为左右光路的景深范围的交集。若左目光路的近景深为 a1，远景深为 b1，右目光路的近景深为 a2，远景深为 b2；则三维成像的近景深为 max (a1, a2)，远景深为 min (b1, b2)。

## 6.4 绿蓝光透过率比值和红绿蓝光透过一致性差

### 6.4.1 红绿蓝光透过率比值

#### 6.4.1.1 装置

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如下图所示，它有以下特性：

- a) 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；
- b) 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%；
- c) 积分球；
- d) 遮光片对 380 nm~780 nm 波段截止率大于 OD3。

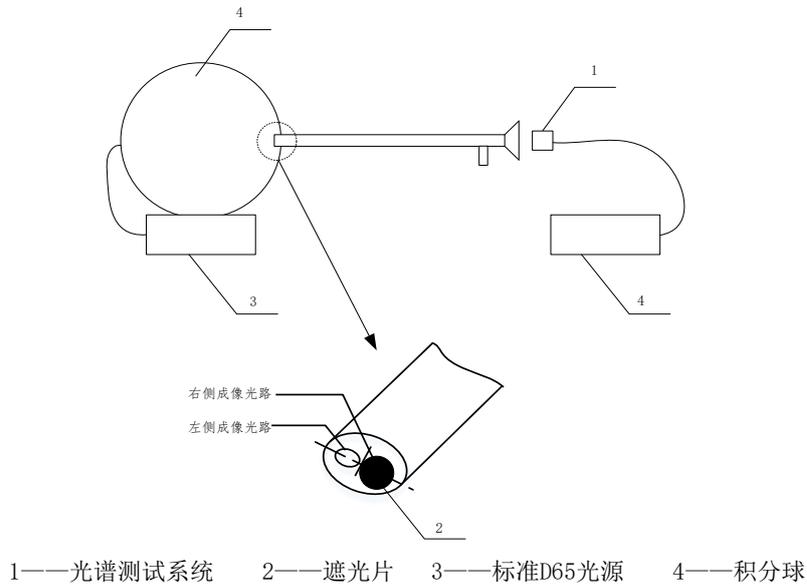


图8 左右光路的红绿蓝光透过率比测定装置

#### 6.4.1.2 步骤

三维硬性光学内窥镜左右光路的红绿蓝光透过率比测定步骤如下：

- a) 控制测试环境，暗照度不大于 1 lux；
- b) 控制光源供电在标称电压值上保持稳定，该电压应被监控，电压稳定度应控制在±2%以内；
- c) 光源应充分预热，时间不少于 30 min；
- d) 选择光谱测试系统的波长步距 5 nm；
- e) 使用光谱测试系统测试光源光谱，记为  $\varphi_0(\lambda)$ ；
- f) 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  $\varphi_R(\lambda)$ ；
- g) 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  $\varphi_L(\lambda)$ 。

#### 6.4.1.3 计算

计算三维硬性光学内窥镜左右成像光路的相对光谱透过率。

$$T_L(\lambda) = \frac{\varphi_L(\lambda) / \varphi_0(\lambda)}{[\varphi_L(\lambda) / \varphi_0(\lambda)]_{\max}} \quad \text{..... (15)}$$

式中：

$T_L(\lambda)$  ——左侧成像光路的相对光谱透过率；

$\varphi_L(\lambda)$  ——左侧成像光路光源通过光谱；

$\varphi_0(\lambda)$  ——光源光谱。

$$T_R(\lambda) = \frac{\varphi_R(\lambda) / \varphi_0(\lambda)}{[\varphi_R(\lambda) / \varphi_0(\lambda)]_{\max}} \quad \text{..... (16)}$$

式中:

$T_R(\lambda)$  ——右侧成像光路的相对光谱透过率;

$\varphi_R(\lambda)$  ——右侧成像光路光源通过光谱;

$\varphi_0(\lambda)$  ——光源光谱。

以515 nm~545 nm 波长范围的绿光透过率中 $T_g$ 为基准,计算三维硬性内窥镜在630 nm~660 nm波长范围的红光透过率 $T_r$ 与以及435 nm~465 nm 波长范围的蓝光透过率 $T_b$ 比值。

$$T_{r/g} = T_r/T_g = \frac{\int_{630}^{660} T(\lambda)d\lambda}{\int_{515}^{545} T(\lambda)d\lambda} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$T_{r/g}$ ——红绿光透过率比;

$T_r$ ——630 nm~660 nm波长范围的红光透过率;

$T_g$ ——515 nm~545 nm 波长范围的绿光透过率;

$T(\lambda)$ ——成像光路的相对光谱透过率分布。

$$T_{b/g} = T_b/T_g = \frac{\int_{435}^{465} T(\lambda)d\lambda}{\int_{515}^{545} T(\lambda)d\lambda} \dots\dots\dots (18)$$

式中:

$T_{b/g}$ ——蓝绿光透过率比;

$T_b$ ——435 nm~465 nm 波长范围的蓝光透过率;

$T_g$ ——515 nm~545 nm 波长范围的绿光透过率;

$T(\lambda)$ ——成像光路的相对光谱透过率分布。

依次测试三维硬性光学内窥镜左右光路的红绿蓝光透过率比值,则三维硬性光学内窥镜的红绿蓝光透过率比值为左右光路的红绿蓝光透过率比值的算术平均值。

#### 6.4.2 红绿蓝光透过率比值一致性差异的测定

三维硬性光学内窥镜红绿蓝光透过率比值一致性差异计算方法如下:

$$U_{Tr/g} = 2 \times \frac{|T_{Rr/g} - T_{Lr/g}|}{T_{Rr/g} + T_{Lr/g}} \times 100\% \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$U_{Tr/g}$ ——红绿光透过率比值一致性差异;

$T_{Rr/g}$ ——右目红绿光透过率比;

$T_{Lr/g}$ ——左目红绿光透过率比。

$$U_{Tb/g} = 2 \times \frac{|T_{Rb/g} - T_{Lb/g}|}{T_{Rb/g} + T_{Lb/g}} \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

式中:

$U_{Tb/g}$ ——蓝绿光透过率比值一致性差异;

$T_{Rb/g}$ ——右目蓝绿光透过率比；

$T_{Lb/g}$ ——左目蓝绿光透过率比。

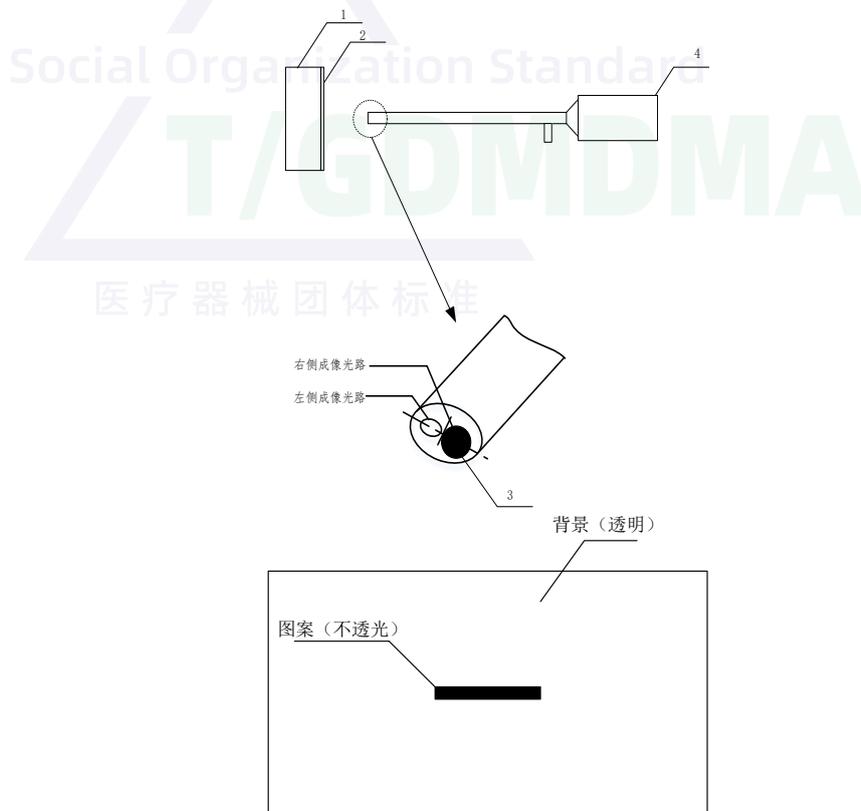
## 6.5 有效光度率和有效光度率的一致性差的测定

### 6.5.1 有效光度率

#### 6.5.1.1 装置

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，它有以下特性：

- 测试用平面均匀光源，且亮度连续可调，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；
- 透射式测试板，包括黑色的图案，黑色图案部分在 380 nm~780 nm 波段截止率大于 OD3；
- 遮光片对 380 nm~780 nm 波段截止率大于 OD3；
- 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；
- 光亮度计，测量精度不低于 2 级<sup>[3]</sup>。



1——平面均匀光源 2——测试板 3——遮光片 4——摄像系统

图9 三维硬性光学内窥镜左右光路的有效光度率测定装置图

#### 6.5.1.2 步骤

三维硬性光学内窥镜左右光路的有效光度率测定步骤如下：

- a) 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。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；
- b) 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；
- c) 控制光源供电在标称电压值上保持稳定，该电压应被监控，电压稳定度应控制在±2%以内；
- 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，直至摄像系统对测试板所成的像图案与背景亮度接近，肉眼无法分辨图案；调节（降低）光源输出光亮度，每次调节过程记录采集亮度，同时采集 8 张图像，直至摄像系统对测试板图案和背景完全无法分辨。对于每个亮度阶梯采集的 8 张图像做平均处理后，选择一图像中 64\*64 像素区域，该区域包含图案和背景。截取图案 8\*8 部分，读取其平均的 Y 值 Y1，截取背景 8\*8 部分，读取其平均 Y 值 Y2。当 Y2 刚好小于等于 Y1 时对应的亮度为  $L_{min}$ 。
- 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  $L_{Lmin}$ 。

### 6.5.1.3 计算

三维硬性光学内窥镜的有效光度率为左右光路的有效光度率的算术平均值。

### 6.5.2 有效光度率的一致性差

三维硬性光学内窥镜有效光度率一致性差异计算方法如下：

$$U_L = 2 \times \frac{|L_{Rmin} - L_{Lmin}|}{L_{Rmin} + L_{Lmin}} \times 100\% \quad (21)$$

式中：

$U_L$ ——有效光度率一致性差异；

$L_{Rmin}$ ——右侧成像光路的有效光度率；

$L_{Lmin}$ ——左侧成像光路的有效光度率。

## 6.6 单位相对畸变和单位相对畸变一致性差

### 6.6.1 单位相对畸变

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 $V_R$ ，则三维硬性光学内窥镜的单位相对畸变为左右光路的单位相对畸变的算术平均值。

### 6.6.2 单位相对畸变的一致性差异

三维硬性光学内窥镜单位相对畸变差异计算方法如下：

$$U_{rV} = V_R - V_L \quad (22)$$

式中：

$U_{rV}$ ——单位相对畸变差；

$V_R$ ——右光路的单位相对畸变；

$V_L$ ——左光路的单位相对畸变。



参 考 文 献

- [1] 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
  - [2] YY/T 1081—2011 医用内窥镜 内窥镜功能供给装置 冷光源
  - [3] JJG 211-2021 亮度计检定规程
- 

