

# AI-Powered Display Handbook

---

None

*AI Assistant*

*CC BY-NC-SA 4.0*

## Table of contents

---

1. ai-powered-display-handbook	5
1.1 目录	5
2. 项目介绍	6
2.1 什么是 AI-Powered Display Handbook	6
2.2 如何使用本手册	6
3. 基础参数详解	7
3.1 1. 分辨率 (Resolution) 与 像素密度 (PPI)	7
3.2 2. 刷新率 (Refresh Rate) 与 响应时间 (Response Time)	10
3.3 3. 亮度 (Brightness) 与 对比度 (Contrast)	12
3.4 4. 可视角度 (Viewing Angles)	13
3.5 本章小结	14
4. 色彩科学	15
4.1 1. 色域 (Color Gamut)	15
4.2 2. 色准 (Color Accuracy: $\Delta E$ )	16
4.3 3. 色深 (Color Depth)	17
4.4 4. 色彩管理系统 (CMS)：被忽视的幕后英雄	17
4.5 4. 色温 (Color Temperature)	18
4.6 5. 小白自测：你的屏幕颜色准吗？	18
4.7 本章小结	18
5. 面板技术解析	19
5.1 1. LCD 家族: TN, VA, IPS	19
5.2 2. OLED 技术: 像素级自发光	20
5.3 3. Mini-LED: LCD 的逆袭	21
5.4 4. 新兴技术展望：未来已来	22
5.5 本章小结	22
6. HDR 与视觉增强	23
6.1 1. HDR 标准详解：真假 HDR 鉴别指南	23
6.2 2. 局部调光 (Local Dimming)：HDR 的幕后功臣	24
6.3 3. VRR 可变刷新率：告别撕裂与卡顿	25
6.4 4. 色调映射 (Tone Mapping)：HDR 的最后一道关卡	25
6.5 本章小结	26
7. 接口与连接	27
7.1 1. HDMI vs DisplayPort (DP)：谁才是王者？	27
7.2 2. USB-C：一根线的优雅	28

7.3	3. Thunderbolt (雷电)：Pro 的选择	29
7.4	4. 线材与信号质量：被忽视的短板	29
7.5	本章小结	30
8.	护眼与健康	31
8.1	1. 蓝光 (Blue Light)：被妖魔化了吗？	31
8.2	2. 调光方式：拒绝频闪	31
8.3	3. 人体工学 (Ergonomics)：拯救颈椎	32
8.4	4. 使用环境优化：打造护眼光环境	32
8.5	5. 小白自测：你的屏幕护眼吗？	33
8.6	本章小结	33
9.	选购指南	34
9.1	1. 快速决策流程图	34
9.2	2. 办公与生产力 (Productivity)	34
9.3	3. 电竞与游戏 (Gaming)	35
9.4	4. 专业设计 (Creative)	36
9.5	5. 常见误区 (Myths)：别交智商税	36
9.6	6. 购前检查清单 (Checklist)	37
9.7	终极汇总表	37
10.	物理分辨率 vs 逻辑分辨率：像素的秘密	38
10.1	1. 核心概念：三个“分辨率”	38
10.2	2. 像素密度 (PPI) 与“视网膜”	38
10.3	3. Windows 的缩放机制：DPI Scaling	38
10.4	4. macOS 的缩放机制：HiDPI (Retina)	39
10.5	5. 总结与选购建议	39
11.	术语表 (Glossary)	41
11.1	A	41
11.2	B	41
11.3	C	41
11.4	D	41
11.5	F	41
11.6	G	42
11.7	H	42
11.8	I	42
11.9	L	42
11.10	M	42
11.11	N	42
11.12	O	42

11.13 P	43
11.14 R	43
11.15 S	43
11.16 T	43
11.17 V	43
11.18 W	43
11.19 Z	43
12. 校色与设置指南 (Calibration & Settings)	44
12.1 1. OSD 菜单关键设置	44
12.2 2. Windows / macOS 系统设置	44
12.3 3. 进阶：加载 ICC 配置文件	45
12.4 4. 终极方案：使用校色仪	45

# 1. ai-powered-display-handbook

---



AI-Powered Display Handbook 是一个**完全由人工智能独立生成**的显示参数解读开源项目（无人工干预）。无论你是对  $\Delta E$ （色准）、对比度感到困惑，还是分不清 OLED 与 Mini-LED 的区别，本手册都能为你清晰解析那些决定视觉体验的关键数据。

## 1.1 目录

---

1. [项目介绍](#)
2. [基础参数详解](#)
3. **核心看点**：分辨率与 PPI 的黄金搭配、macOS HiDPI 痛点解析、GtG vs MPRT 响应时间区别。
4. [色彩科学](#)
5. **核心看点**：sRGB / DCI-P3 / Adobe RGB 的应用场景、色准  $\Delta E$  的平均值陷阱、8-bit 与 10-bit 的视觉差异。
6. [面板技术解析](#)
7. **核心看点**：LCD (TN/VA/IPS) 决策图、OLED 烧屏与文字彩边详解、Mini-LED 光晕效应。
8. [HDR 与视觉增强](#)
9. **核心看点**：真假 HDR 分级指南 (Tier 0-3)、侧入式 vs 直下式分区背光、G-Sync 与 FreeSync 选购建议。
10. [接口与连接](#)
11. **核心看点**：**HDMI 2.1 命名陷阱**、DP 1.4 的优势、USB-C 一线通与 PD 充电功率避坑。
12. [护眼与健康](#)
13. **核心看点**：软硬防蓝光的区别、PWM 频闪的危害、国际通用 20-20-20 护眼法则。
14. [选购指南](#)
15. **核心看点**：针对 **Mac/Win 办公**、**FPS/3A 游戏**、**主机玩家** 的分众推荐，以及 5 大常见参数误区。
16. [物理分辨率 vs 逻辑分辨率](#)
17. **核心看点**：Windows 与 macOS 缩放机制的本质区别、为什么 27寸 4K 在 Mac 上“尴尬”、PPI 与视网膜屏幕的关系。

## 2. 项目介绍

### 2.1 什么是 AI-Powered Display Handbook

**AI-Powered Display Handbook** 是一个致力于消除显示技术认知壁垒的开源知识库。本项目的所有内容均由先进的人工智能模型**独立生成，未经过任何人工校验或润色**，旨在探索 AI 在技术科普领域的潜力，同时为用户提供**深入浅出、客观详实**的显示参数解读。

在当今的数字时代，屏幕是我们获取信息最主要的窗口。然而，面对厂商铺天盖地的营销术语——从 "HDR1000" 到 " $\Delta E < 1$ "，从 "Mini-LED" 到 "QD-OLED"——普通消费者往往感到云里雾里，难以做出适合自己的选择。

**本项目的核心使命是：**

1. **去伪存真**：剥离营销话术，直击显示技术的本质原理。
2. **通俗易懂**：用类比和图解将晦涩的光学/电子学概念转化为常识。
3. **辅助决策**：帮助你在选购显示器、电视、手机或笔记本电脑时，看懂参数表背后的真实体验。

无论你是需要精准色彩的设计师、追求极致响应的电竞玩家，还是仅仅想在 Netflix 上获得更好观影体验的影视爱好者，这里都有你需要的知识。

### 2.2 如何使用本手册

本手册采用模块化设计，既可以通读，也可以作为字典查阅。

#### 2.2.1 1. 按需查阅（推荐）

如果你在选购过程中遇到了不理解的术语，可以直接通过目录跳转到对应章节。  
\* **纠结面板？** -> 查看 [面板技术解析](#)。  
\* **看不懂色域图？** -> 查看 [色彩科学](#)。  
\* **担心伤眼？** -> 查看 [护眼与健康](#)。

#### 2.2.2 2. 系统学习

如果你想系统性地建立对显示技术的认知，建议按照以下顺序阅读：  
1. **基础参数**：理解分辨率、亮度和刷新率，建立基本概念。  
2. **面板技术**：了解 LCD 与 OLED 的本质区别，这是决定画质的基石。  
3. **色彩科学**：进阶内容，理解屏幕如何还原真实世界的颜色。  
4. **HDR 与 增强技术**：了解现代显示器如何通过 HDR 和 VRR 提升体验。

#### 2.2.3 3. 参与贡献

本项目是一个开源项目，如果你发现内容有误，或者有新的技术想要补充，欢迎提交 Issue 或 Pull Request。这是一个探索全 AI 生成内容的实验性项目。我们欢迎社区反馈，以便观察 AI 在知识准确性和时效性方面的表现。

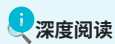
### 3. 基础参数详解

显示器的参数表往往写满了各种数字和单位，让人眼花缭乱。但在这些枯燥的数据背后，只有四个核心参数真正决定了你的第一眼观感：**分辨率、刷新率、亮度与对比度、可视角度**。

本章将带你剥开营销术语的外衣，看懂这些最基础也最重要的指标。

#### 3.1 1. 分辨率 (Resolution) 与 像素密度 (PPI)

分辨率决定了画面的**细腻程度**和**工作空间**的大小。



想了解物理分辨率、逻辑分辨率以及 Windows/macOS 缩放机制的详细区别？请移步 [第八章：物理分辨率 vs 逻辑分辨率](#)。

##### 3.1.1 什么是分辨率？

分辨率是指屏幕上像素点的总数，通常以“水平像素 × 垂直像素”表示。想象一下十字绣，格子越多，绣出来的图案就越精细。

常见分辨率规格表

简称	全称	像素 (水平×垂直)	像素总量	典型应用场景
<b>1080p / FHD</b>	Full HD	1920 × 1080	~200万	办公、普通网游、入门级显示器
<b>2K / QHD</b>	Quad HD	2560 × 1440	~370万	<b>当前主流</b> 。进阶办公、3A游戏甜点级选择
<b>4K / UHD</b>	Ultra HD	3840 × 2160	~830万	专业设计、影视后期、高端影音娱乐
<b>5K</b>	-	5120 × 2880	~1470万	Mac 生态标准、专业平面设计
<b>8K</b>	-	7680 × 4320	~3300万	顶尖专业领域、极少数发烧友



带鱼屏 (UltraWide) 的分辨率是标准比例的横向延伸。例如 3440 × 1440 (WQHD) 本质上就是“拉长版”的 2K 屏幕。

##### 3.1.2 什么是像素密度 (PPI)?

仅看分辨率是不够的，因为屏幕尺寸会稀释像素的密度。**PPI (Pixels Per Inch)** 表示每英寸屏幕拥有的像素数量，它才是决定“清晰度”的终极指标。

• **计算公式:** 
$$PPI = \frac{\sqrt{\text{水平像素}^2 + \text{垂直像素}^2}}{\text{屏幕尺寸(英寸)}}$$

##### PPI 等级指南

- **~90 PPI (普通)**：如 24寸 1080p。凑近看能看到像素点，字体边缘有轻微锯齿。
- **~110 PPI (清晰)**：如 27寸 2K。Windows 系统的黄金密度，无需缩放即可获得清晰且大小适中的文字。
- **>160 PPI (细腻)**：如 27寸 4K。必须开启系统缩放 (150% 或 200%)。文字如印刷品般锐利。
- **>200 PPI (视网膜)**：如 24寸 4K, 27寸 5K。在正常距离下，人眼彻底无法分辨像素点。

### 3.1.3 特别专题: macOS 用户的痛点 (HiDPI)

Mac 用户在选购非 Apple 官方显示器时经常感到困惑，这源于 macOS 独特的 **HiDPI (Retina)** 渲染机制。

#### macOS 的渲染逻辑

macOS 并不是简单地放大字体，而是**渲染 4 倍的像素**然后缩小输出。为了获得完美的“视网膜”体验，macOS 期望屏幕的 PPI 在 **110 (非 Retina)** 或 **220 (Retina)** 附近。

#### 为什么 27寸 4K 在 Mac 上很尴尬？

- **27寸 5K (PPI 218)：完美。**200% 缩放后，逻辑分辨率为 2560x1440。UI 大小适中，且点对点显示，极度清晰。
- **27寸 4K (PPI 163)：尴尬。**
- **开启 200% 缩放：**逻辑分辨率变为 1920x1080。UI 元素变得巨大，屏幕可用空间像 1080p 一样小。
- **开启“默认”缩放 (模拟 2K)：**系统会先渲染一张 **5K** 的超大画面，然后强行压缩到 4K 屏幕上显示。
- **后果：**虽然 UI 大小合适了，但因为是非整数倍缩放，会占用额外的 GPU 算力，且理论上字体边缘不如点对点锐利（虽然在 4K 下肉眼很难察觉）。

#### Mac 用户选购建议

1. **追求完美：**咬牙上 **27寸 5K** (Studio Display, LG UltraFine) 或 **24寸 4K**。
2. **主流妥协：**买 **27寸 4K**。虽然有轻微的 GPU 损耗，但 M1/M2/M3 芯片完全带得动，且画质远好于 2K 屏。
3. **绝对避坑：****27寸 2K**。PPI 太低导致 macOS 无法开启 HiDPI，字体发虚、发糊，观感极差。

### 3.1.4 非标准分辨率详解：超宽屏与带鱼屏

除了传统的 16:9 屏幕，近年来 **21:9 (UltraWide)** 和 **32:9 (Super UltraWide)** 超宽屏越来越受欢迎。

#### 常见超宽屏规格

比例	分辨率	等效关系	典型尺寸	PPI (34寸)	适用场景
21:9	2560 × 1080	"拉宽的 1080p"	29" - 34"	~81	入门影音、多任务办公
21:9	3440 × 1440	"拉宽的 2K"	34" - 38"	<b>~109</b>	<b>主流甜点。</b> 视频剪辑、股票交易、代码并排
21:9	3840 × 1600	介于 2K 与 4K 之间	38"	~111	高端生产力
32:9	5120 × 1440	"两台 2K 横向拼接"	49"	~108	模拟驾驶、金融多屏、极致多任务

#### PPI 参考

对于超宽屏，**34寸 3440×1440** 的 PPI 约为 109，与 27寸 2K (109 PPI) 相当，是最舒适的密度。

超宽屏的优劣

**优势：** - **沉浸感**：21:9 接近电影画幅 (2.39:1)，看电影没有黑边。 - **多任务**：可以并排放三个窗口，无需频繁切换。 - **游戏视野**：在支持的游戏中看到更广的左右视野（如赛车、飞行模拟）。

**劣势：** - **内容兼容性**：看 16:9 视频会有黑边；部分老游戏不支持 21:9，画面会被拉伸变形。 - **桌面深度**：49寸 32:9 屏幕宽度超过 120cm，需要足够深的桌面才能保证合理观看距离。

3.1.5 最佳观看距离：科学计算公式

坐得太近眼睛累，坐得太远看不清。**最佳观看距离**取决于分辨率和 PPI。

公式推导

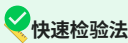
人眼的分辨极限约为 **1 角分 (arcminute)**。这意味着： - **最近距离（看不到像素点）**： $距离 = \frac{屏幕尺寸 \times 2.54}{PPI \times 0.0003} \approx \frac{屏幕尺寸}{PPI} \times 3438 \ (mm)$

```
graph LR
    A[屏幕尺寸 & 分辨率] --> B(计算 PPI)
    B --> C[PPI 等级]
    C --> D[推荐距离 60-70cm]
    C --> E[推荐距离 70-80cm]
    C --> F[推荐距离 60-70cm]
    C --> G[视网膜级 任意距离]
```

但实际使用时，我们并不需要完全贴到"视网膜距离"。以下是实用建议：

实用观看距离表

屏幕尺寸	分辨率	PPI	推荐距离 (舒适)	最近距离 (无颗粒感)
24"	1080p	92	<b>60-70 cm</b>	50 cm
27"	2K	109	<b>70-80 cm</b>	60 cm
27"	4K	163	<b>60-70 cm</b>	40 cm
34"	3440×1440	109	<b>80-90 cm</b>	65 cm
32"	4K	138	<b>70-80 cm</b>	50 cm



伸直手臂，手掌刚好能完全遮住屏幕，这个距离通常就是舒适距离（约 50-70cm）。

3.1.6 分辨率与显卡性能：不可忽视的关系

高分辨率意味着更高的性能要求。以下是游戏场景下，不同分辨率对显卡的压力对比：

分辨率	像素总量	相对性能需求	推荐显卡等级 (2024)
<b>1080p</b>	207万	<b>基准 (1x)</b>	GTX 1660 / RX 6500 XT
<b>2K</b>	368万	<b>1.8x</b>	RTX 4060 / RX 7600
<b>3440×1440 (21:9)</b>	497万	<b>2.4x</b>	RTX 4060 Ti / RX 7700 XT
<b>4K</b>	829万	<b>4x</b>	RTX 4070 Super / RX 7900 XT

**启示：**如果你的显卡只是中端水平，不要盲目追求 4K。在 2K 下开高画质，体验远好于 4K 低画质。

## 3.2 2. 刷新率 (Refresh Rate) 与 响应时间 (Response Time)

这两个参数决定了动态画面的流畅度和清晰度。

### 3.2.1 刷新率 (Hz)

刷新率就是屏幕每秒钟“翻页”的次数。

- **60Hz (标准)**：每秒翻 60 页。适合办公、看电影（电影通常只有 24 帧）。
- **120Hz / 144Hz (高刷)**：每秒翻 144 页。鼠标移动如丝般顺滑，窗口拖动没有残影。一旦用过就很难回得去。
- **240Hz+ (电竞)**：专为 FPS 职业玩家设计。对于普通人来说，从 60Hz 到 144Hz 是质变，从 144Hz 到 240Hz 只是量变。

#### 帧率与刷新率：为什么60fps也要配144Hz？

很多人误以为“游戏只有60帧,144Hz就没用了”。这是错误的。

**真相**：即使游戏帧率在60-90fps波动，144Hz 显示器依然能带来更流畅的体验。原因在于：

1. **减少输入延迟**：144Hz 意味着每帧显示时间是 6.9ms，而 60Hz 是 16.7ms。即使帧率相同，高刷新率也能更快地把新画面呈现给你的眼睛。
2. **VRR 的价值**：开启 G-Sync/FreeSync 后，显示器会实时匹配显卡帧率（如 73fps 就用 73Hz）。如果你的显示器只有 60Hz，那 73fps 会被强行压到 60fps，浪费了性能。

**日常办公场景下的高刷价值**：- 滚动网页时文字依然清晰可辨（60Hz 下文字会糊成一片） - 拖动窗口丝般顺滑，没有“卡顿感” - 鼠标指针移动轨迹连贯，定位更精准



建议

2024年后，**144Hz** 应该是所有新购显示器的起步标准，无论你玩不玩游戏。

#### VRR 范围：一个被忽视的关键参数

支持 VRR (可变刷新率) 的显示器会标注一个**可变范围**，例如 "48-144Hz" 或 "30-165Hz"。

**为什么下限很重要？**

- **48-144Hz**：当游戏帧率低于 48fps 时，VRR 失效，可能出现撕裂或卡顿。
- **30-144Hz**：即使帧率掉到 35fps，VRR 依然生效，保持流畅。

**LFC (低帧率补偿)**：部分高端显示器支持 LFC 技术。当帧率低于下限时（如 40fps），显示器会自动倍频到 80Hz，欺骗眼睛保持流畅。



选购建议

认准 **FreeSync Premium** 或明确支持 LFC 的型号。

运动模糊减少技术 (MBR)

高刷新率解决了"翻页速度"，但人眼的视觉暂留依然会产生运动模糊。厂商开发了多种技术来减少这种模糊：

技术名称	厂商	原理	效果	副作用
ULMB	NVIDIA (通用)	插入黑帧	动态画面极度清晰	亮度降低 50%，不能同时开 G-Sync
DyAc / DyAc+	BenQ (ZOWIE)	背光频闪	准星极稳，适合 FPS	亮度降低，有轻微频闪感
ELMB-Sync	ASUS (高端)	黑帧 + VRR 同时开启	两全其美	仅旗舰型号支持，价格高

**选择建议：** - **职业 FPS 玩家：**DyAc 技术几乎是必选（如 ZOWIE XL 系列）。 - **普通玩家：**不必纠结，开启 VRR 即可，MBR 技术的亮度损失往往得不偿失。

3.2.2 响应时间 (ms)

响应时间是指像素点“变色”需要多久。如果变色太慢，上一帧的颜色还没褪去，下一帧就来了，就会形成**拖影 (Ghosting)**。

核心指标：GtG vs MPRT

厂商在宣传时经常玩文字游戏，务必分清这两个概念：

1. GtG (灰阶到灰阶)：真实指标。

- 指像素从一个灰色级变到另一个灰色级的时间。
- Fast IPS** 面板通常能做到 **1ms (GtG)**，这是非常优秀的成绩。
- OLED** 面板能做到 **0.03ms (GtG)**，这是这一指标的物理极限。

2. MPRT (动态画面响应时间)：营销指标。

- 通过"插黑帧"或背光频闪来欺骗人眼，减少视觉残留。
- 副作用：**开启 MPRT 模式后，屏幕亮度会大幅下降，且通常无法同时开启 G-Sync/FreeSync，甚至会导致频闪护眼失效。
- 建议：**选购时只看 GtG 数据，忽略 MPRT。

过冲与欠冲：追求速度的代价



为了让液晶分子更快地变色，厂商会"过度驱动"电压（Overdrive），但这会带来副作用：

- 过冲 (Overshoot)：**电压给太猛，像素颜色"冲过头"了，然后再回落。表现为移动物体后方出现**反色鬼影**（如黑色背景上白色物体后面有一条黑色拖尾）。
- 欠冲 (Undershoot)：**电压给不够，像素变色不到位。表现为画面发灰、对比度降低。

**选购建议：** - 查看专业评测中的 **Overdrive 档位对比**。优秀的显示器在"中档"Overdrive 下就能做到 <5ms GtG 且几乎无过冲。 - 避免将 Overdrive 开到最高档（如"Extreme"），过冲往往会变得不可接受。

响应时间曲线：平均值的陷阱

厂商宣传的"1ms GtG"通常是**最快场景**的响应时间（如从 50% 灰跳到 80% 灰）。但不同灰阶之间的响应时间差异巨大：

灰阶转换	典型响应时间 (Fast IPS)
亮 → 亮 (80% → 50%)	<2ms 
亮 → 暗 (80% → 10%)	5-10ms 
暗 → 暗 (10% → 30%)	10-20ms 

**为什么"暗→暗"最慢？** 液晶分子从完全躺平到微微扭转需要最多的时间。这也是为什么 VA 面板在暗场景下容易出现"黑抹布"拖影。

**实际影响：** 在恐怖游戏或黑暗场景的 3A 大作中，如果响应时间曲线不平坦，阴影处的敌人移动会模糊不清。

实际测试方法：自己动手验证

不要完全相信厂商数据。以下是简单的自测方法：

- 1. **UFO Test (在线工具)：**
  - 访问 [testufo.com](https://testufo.com)
  - 查看"Ghosting Test"：UFO 飞行时，尾部应该干净利落，没有残影。
  - 如果能看到 2-3 个半透明的 UFO 叠在一起，说明响应时间过慢。
- 2. **摄像法：**
  - 用手机相机（快门 1/1000s）拍摄移动的白色方块。
  - 如果照片中方块边缘拖着长长的尾巴，说明拖影严重。
- 3. **实战测试：**
  - 玩快节奏 FPS（如 CS2），快速甩枪时观察画面是否清晰。
  - 在暗场景下移动镜头，观察墙角是否有"抹布感"。

### 3.3 3. 亮度 (Brightness) 与 对比度 (Contrast)

这两个参数决定了画面的**通透感**和**立体感**。

#### 3.3.1 亮度 (nits)

亮度决定了你在明亮环境中能不能看清屏幕，以及 HDR 画面够不够震撼。

- **300 nits**：及格线。适合一般室内办公。
- **400 - 600 nits**：优秀。在阳光充足的房间也能清晰显示。
- **1000 nits+**：**HDR 的门槛**。只有达到这个亮度，才能还原真实的阳光刺眼感和爆炸的火光。

### 3.3.2 对比度 (Contrast Ratio)

对比度 = 最亮白色 / 最暗黑色。对比度越高，黑色越深邃，画面越有层次。

面板类型	典型静态对比度	黑色表现	适用场景
IPS	1000:1	像深灰色，暗室看有“辉光”	办公、设计、普通游戏
IPS Black	2000:1	明显改善，接近深黑	高端设计、办公
VA	3000:1 - 4000:1	很黑，暗部细节好	观影、3A 大作
OLED	无限大 (∞:1)	纯黑 (像素不发光)	极致影音娱乐

#### 警惕动态对比度

包装盒上写的“几千万:1”通常是动态对比度，没有任何参考价值，请直接忽略。

#### 进阶概念：局部对比度 vs 全屏对比度

厂商标称的 1000:1 通常是**全屏对比度**（全白画面亮度 / 全黑画面亮度）。但在实际观看中，**ANSI 对比度**（棋盘格测试）更具参考价值。

- **ANSI 对比度**：屏幕同时显示黑白格。如果屏幕抗光性差或内部反光严重，白色格子的光会“污染”黑色格子，导致实际观感对比度下降。
- **局部对比度**：这是 Mini-LED 和 OLED 的强项。在星空等场景下，星星极亮，背景极暗。普通 IPS 屏幕因为背光无法分区，星星周围会发灰，局部对比度极低。

#### 环境光与亮度的匹配：多少 nits 才够用？

屏幕亮度并非越亮越好，而是要与环境光匹配。过亮会刺眼，过暗会费眼。

使用环境	典型照度 (Lux)	推荐屏幕亮度 (nits)	备注
深夜关灯	0 - 10	<b>80 - 120</b>	必须调暗，否则像直视手电筒
温馨书房	100 - 300	<b>150 - 250</b>	舒适区间
明亮办公室	400 - 600	<b>300 - 400</b>	需要足够亮度对抗反光
靠窗/阳光直射	> 1000	<b>500+</b>	普通显示器可能看不清

#### 自动亮度

如果你的显示器支持“光感自动调节”（如 BenQ B.I.+ 或 Apple Studio Display），强烈建议开启，它能像手机一样随环境光自动调节亮度。

### 3.4 4. 可视角度 (Viewing Angles)

可视角度决定了你是否必须正襟危坐地盯着屏幕中心。

- **IPS / OLED：178° 无死角**。无论你葛优躺还是侧着身，或者几个人围着屏幕讨论，色彩和亮度都基本不变。
- **VA：一般**。偏离中心观看时，画面会微微泛白（Gamma Shift）。这就是为什么大尺寸 VA 屏通常做成**曲面**，是为了让屏幕边缘正对着你的眼睛。
- **TN：差**。稍微偏一点头，颜色就变了，甚至出现反色（像底片一样）。只适合独自一人正对屏幕使用。

## 3.5 本章小结

---

1. **分辨率**：27寸 2K 是目前的黄金甜点；Mac 用户请优先考虑 4K/5K。
2. **刷新率**：144Hz 对日常体验提升巨大，不玩游戏也值得拥有。
3. **响应时间**：认准 **GtG**，忽略 MPRT。
4. **对比度**：影音爱好者首选 OLED 或 VA，办公设计首选 IPS。

## 4. 色彩科学

如果说分辨率决定了画面的“骨架”，那么色彩就是画面的“灵魂”。

色彩科学是显示器领域最深奥、也最容易被误解的部分。为什么同样的照片在两台显示器上看起来截然不同？为什么 100% sRGB 才是互联网的标准？本章将带你深入了解决定色彩表现的四大支柱：**色域、色准、色深与色温**。

### 4.1 1. 色域 (Color Gamut)

色域是指显示器能显示出的**颜色范围**。想象一下画家手中的调色盘，色域越广，调色盘上的颜料种类就越丰富，能画出的色彩就越鲜艳。

#### 4.1.1 常见色域标准

标准	全称	覆盖范围	核心地位	典型应用场景
sRGB	Standard RGB	~35% 人眼可见色	互联网绝对标准	Windows 系统、网页浏览、普通办公、非 HDR 游戏
DCI-P3	Digital Cinema Initiatives	~45% 人眼可见色	数字电影标准	Apple 全系设备、HDR 电影/游戏、高端影音娱乐
Adobe RGB	-	~50% 人眼可见色	印刷出版标准	专业摄影后期、印刷品打样（覆盖了 CMYK 色彩）

#### 4.1.2 关键概念：容积 (Volume) vs 覆盖率 (Coverage)

在看评测时，你经常会看到“125% sRGB”这样的数据，这往往是商家的文字游戏。

- **覆盖率 (Coverage)**：显示器显示的颜色与标准范围的重合度。最高只能是 100%。这是**有效指标**。
- **容积 (Volume)**：显示器显示的颜色总量与标准范围总量的**比值**。可以超过 100%。这是**参考指标**。



图解

想象一个大桶（显示器色域）和一个小桶（sRGB标准）。

- 如果大桶能把小桶完全装进去，覆盖率就是 100%。
- 大桶比小桶大出的部分，就是多余的容积（比如 125% sRGB）。

#### 4.1.3 色域转换与映射 (Gamut Mapping)

为什么我们需要“色域缩限”？

- **问题**：Windows 系统默认认为所有屏幕都是 sRGB。当你用一台广色域 (P3) 显示器看一张 sRGB 图片时，显示器会把 sRGB 的红色 (R:255) 强行拉伸到 P3 的红色 (R:255)。
- **结果**：原本淡淡的红色变得鲜艳刺眼，人脸像喝醉了酒。
- **解决**：优秀的显示器提供 **sRGB 模式**（色域缩限）。它通过内部算法，把 P3 的红色限制在 sRGB 的红点位置，从而还原真实的色彩。

#### 4.1.4 面向未来的标准：Rec.2020

除了 sRGB 和 P3，你可能还会听到 **Rec.2020 (BT.2020)**。\* **地位**：这是 4K/8K 超高清电视的终极标准。\* **范围**：极其宽广，覆盖了人眼可见色的 75% 以上（P3 只有 45%）。\* **现状**：目前没有任何显示器能完全覆盖 Rec.2020。顶级的激光电视也只能做到 90% 左右。如果你看到某款显示器标称支持 Rec.2020，通常是指它能**接收**这个信号，而不是能完整**显示**它。

#### 4.1.5 选购建议

- **普通用户 / 前端开发**：认准 **99%-100% sRGB** 覆盖率。
- **Mac 用户 / 影音发烧友**：认准 **95%+ DCI-P3**。
- **平面摄影师 / 印刷行业**：认准 **99% Adobe RGB**。
- **必须功能**：购买广色域显示器时，务必确认它有**sRGB 模式**且该模式下**亮度可调**（很多低端显示器切到 sRGB 模式后亮度被锁死，无法使用）。

## 4.2 2. 色准 (Color Accuracy: $\Delta E$ )

色域决定了颜色的“多寡”，色准则决定了颜色的“对错”。

### 4.2.1 $\Delta E$ (Delta E) 的含义

$\Delta E$  是衡量显示颜色与真实颜色**差异**的数值。数值越小，色彩越准。

- **$\Delta E < 1$** ：**人眼无法区分**。顶级专业监视器水准。
- **$\Delta E < 2$** ：**专业标准**。肉眼几乎看不出差异，适合设计修图。
- **$\Delta E < 3$** ：**优秀消费级**。仔细对比可见细微差异，但日常使用完全没问题。
- **$\Delta E > 5$** ：**明显偏色**。红色可能偏橘，蓝色可能偏紫。

### 4.2.2 避坑指南：平均值 vs 最大值

厂商宣传的通常是 **平均值 (Average  $\Delta E$ )**，这就像考试的平均分。\* **陷阱**：如果一台显示器平均分 90 ( $\Delta E < 2$ )，但这只是因为它在简单的颜色上考了 100 分，而在深蓝色上考了 0 分 ( $\Delta E > 6$ )。\* **正解**：严谨的评测会关注 **最大值 (Maximum  $\Delta E$ )**。只有最大值也控制在合理范围内，才是真正的专业屏。

### 4.2.3 进阶知识： $\Delta E$ 的版本差异

并不是所有的  $\Delta E$  都是一样的。\*  **$\Delta E$  1976 (ab)**：最老的标准，计算简单，但与人眼感知偏差大。很多廉价显示器用这个数据来“刷分”。\*  **$\Delta E$  2000 (00)**：**目前最准确的标准**。它考虑了人眼对不同颜色的敏感度差异（人眼对灰色的色偏比对红色更敏感）。\* **建议**：查看评测时，优先参考  $\Delta E$  2000 数据。

### 4.2.4 灰阶平衡与 Gamma 曲线

除了彩色要准，灰色也要准。\* **Gamma 2.2**：Windows 和 sRGB 的标准 Gamma 值。如果 Gamma 偏低（如 1.8），画面会泛白；如果 Gamma 偏高（如 2.4），画面暗部会死黑。\* **色温一致性**：优秀的显示器，从 10% 灰到 100% 白，色温都应该稳定在 6500K。如果暗部发红、亮部发蓝，说明灰阶平衡很差。

### 4.2.5 关于“出厂校色”与“后期校色”

很多中高端显示器附带“校色报告”。这表示厂商在出厂前对 sRGB 模式进行了修正。

**什么时候需要自己校色？** 1. **背光老化**：使用超过 1 年后，LED 背光衰减会导致色温变暖。 2. **多屏协作**：两台不同型号的显示器，即使都调到 6500K，肉眼看也可能不一样。只有通过校色仪统一标准才能解决。

**校色流程简介：** 1. 购买/租赁校色仪（如 Calibrite Display Pro, Datacolor Spyder X）。2. 下载软件（推荐开源的 **DisplayCAL**，比原厂软件更准）。3. 挂上校色仪，运行 30-60 分钟。4. 生成 ICC 配置文件，系统自动加载。

### 4.3 3. 色深 (Color Depth)

色深决定了色彩过渡的平滑程度。

#### 4.3.1 8-bit vs 10-bit：楼梯与坡道

- **8-bit**：每个颜色通道有 256 个等级 ( $2^8$ )。总共 1670 万色。
- 像一个**台阶明显的楼梯**。在显示天空、夕阳等大面积渐变时，可能会看到一圈圈的**色彩断层 (Banding)**。
- **10-bit**：每个颜色通道有 1024 个等级 ( $2^{10}$ )。总共 10.7 亿色。
- 像一个**平滑的坡道**。色彩过渡如丝般顺滑，几乎看不到断层。

#### 4.3.2 原生 10-bit vs 8-bit+FRC

真正的原生 10-bit 面板极其昂贵（通常用于医疗或好莱坞后期）。市面上 99% 的“10-bit 显示器”实际上使用的是 **8-bit + FRC** 技术。

- **FRC (Frame Rate Control)**：利用人眼的视觉暂留效应，让像素在两个颜色之间快速闪烁，混合出中间的颜色。
- **结论：不需要纠结**。现代 FRC 技术非常成熟，肉眼几乎无法区分“8-bit+FRC”和“原生 10-bit”。只要它能显示 10.7 亿色，对消费者来说就是好 10-bit。

#### 4.3.3 为什么会出现色彩断层 (Banding)？

即使你买了 10-bit 显示器，有时看天空还是会有断层，原因可能是： 1. **片源问题**：视频本身是 8-bit 压制的（B站/YouTube 大部分视频）。 2. **输出设置**：显卡驱动里没开启 10-bit 输出。 3. **HDR 要求**：**HDR 内容必须使用 10-bit**。如果在 8-bit 模式下开启 HDR，色彩断层会非常严重，因为 HDR 的亮度范围大，需要更多层级来过渡。

## 4.4 4. 色彩管理系统 (CMS)：被忽视的幕后英雄

买了好屏幕，颜色还是不对？这通常是**色彩管理**的锅。

#### 4.4.1 什么是 ICC 配置文件？

ICC 文件就像显示器的“身份证”，它告诉操作系统：“我的红色有多红，绿色有多绿”。 \* **没有 ICC**：系统只能瞎猜，默认按 sRGB 输出。 \* **有 ICC**：系统会根据 ICC 数据，把颜色转换成显示器能准确显示的数值。

#### 4.4.2 Windows vs macOS：天壤之别

- **macOS**：色彩管理的标杆。系统级支持极其完善，几乎所有 App（Safari, 预览, Final Cut）都能自动识别 ICC 并准确显示颜色。你把窗口从 P3 屏幕拖到 sRGB 屏幕，颜色会自动转换，肉眼几乎看不出变化。
- **Windows**：一言难尽。
- **桌面/资源管理器**：不支持色彩管理（永远按 sRGB 显示）。
- **Chrome/Edge**：支持，但需要手动设置。
- **专业软件 (PS/LR)**：支持，但需要手动指定 ICC。
- **图片查看器**：自带的“照片”应用支持，但很多第三方看图软件不支持。

**Windows 用户必读**

如果你买了广色域显示器，却发现图标颜色过饱和（刺眼），这是正常的，因为 Windows 桌面不支持色彩管理。请务必在显示器 OSD 菜单中开启 **sRGB 模式**，或者使用 **Novideo\_sRGB** 等第三方工具进行全局钳制。

## 4.5 4. 色温 (Color Temperature)

色温决定了白色的“冷暖”。

### 4.5.1 为什么 6500K 看起来像黄色？

- **6500K (D65)**：这是国际标准的**日光白**，也是 sRGB 和 DCI-P3 的标准白点。
- **视觉偏差**：亚洲用户通常偏好**冷色温 (9300K)**，加上手机屏幕出厂普遍偏冷（为了看起来更亮更通透）。因此，当你第一次切换到标准的 6500K 时，会觉得屏幕**明显发黄**。
- **建议**：请坚持使用 6500K 两天。你的人眼白平衡机制适应后，再看回冷屏，你会发现冷屏蓝得刺眼且不真实。只有在 6500K 下，你看到的色彩才是创作者想表达的本色。

### 4.5.2 屏幕均匀度 (Uniformity)

除了中心点的色温，还要关注全屏的一致性。\* **阴阳屏**：屏幕左边发红，右边发绿。这是大尺寸廉价面板的通病，非常影响修图和阅读体验，且**无法通过校色仪修复**。选购时建议参考评测中的“均匀度测试”。

## 4.6 5. 小白自测：你的屏幕颜色准吗？

不需要专业仪器，用肉眼也能发现明显问题：

#### 1. 过饱和测试：

- 在 Windows 下打开一张人像照片。如果人物皮肤红得像“关公”，或者图标颜色艳得刺眼，说明你的广色域屏幕没有正确映射到 sRGB。
- 对策：开启显示器 OSD 里的 **sRGB 模式**。

#### 2. 灰阶测试：

- 访问 [Lagom 灰阶测试页](#)。
- 你能看清第一排前几个黑色方块吗？如果前 5 个方块都黑成一片，说明你的屏幕**暗部细节丢失**（Gamma 偏高或对比度太低）。

#### 3. 色温测试：

- 拿一张标准的 A4 白纸放在屏幕旁边。
- 打开一个纯白网页。对比白纸和屏幕。
- 如果屏幕明显发蓝，说明是冷色温 (9300K)；如果发黄，接近 6500K（虽然刚开始看不习惯，但这才是准的）。

## 4.7 本章小结

1. **色域**：普通用户认准 **100% sRGB**；Mac/影音用户认准 **95%+ DCI-P3**。
2. **色准**： $\Delta E < 2$  是好屏幕的分水岭。
3. **色深**：**8-bit + FRC (10-bit)** 是目前的主流甜点，足以应对 HDR 内容。
4. **色温**：请尝试适应 **6500K** 标准色温，它是准确色彩的基石。

## 5. 面板技术解析

如果把显示器比作一个舞台，那么**面板 (Panel)**就是舞台的地板。无论剧本（色彩）多精彩，灯光（背光）多绚丽，如果地板本身质量不行，演出效果也会大打折扣。

目前的显示器市场呈现出“三足鼎立”的态势：老当益壮的 **LCD**，画质王者 **OLED**，以及新晋挑战者 **Mini-LED**。

### 5.1 1. LCD 家族: TN, VA, IPS

LCD (液晶显示器) 是目前最成熟、最普及的技术。它像一个三明治：中间是液晶层（控制光线通过），后面必须有一个**背光源**（提供光源）。根据液晶分子的排列方式，主要分为三类：

#### 5.1.1 TN (Twisted Nematic) —— 偏科的短跑运动员

- **一句话总结**：为了速度牺牲了一切。
- **优点：极速**。原生响应时间极快，刷新率极高（早期 360Hz+ 都是 TN）。
- **缺点：泛白**。可视角度极差（稍微偏头就变色），色彩干瘪，对比度低。
- **适用人群**：职业 **FPS 电竞选手** (CS:GO, Valorant)。除了这一类人，**强烈不推荐**普通用户购买。

#### 5.1.2 VA (Vertical Alignment) —— 适合关灯看电影

- **一句话总结**：对比度高，但怕拖影。
- **优点：黑得下去**。静态对比度高达 3000:1 - 4000:1，暗部细节丰富，漏光控制好。
- **缺点：拖影 (Smearing)**。响应时间相对较慢，在暗色背景下移动物体容易出现“黑抹布”拖影。注：三星高端 *Odyssey* 系列已解决此问题。
- **适用人群**：影音爱好者、单机大作玩家、曲面屏爱好者。

#### 5.1.3 IPS (In-Plane Switching) —— 全能的六边形战士

- **一句话总结**：色彩准，视角广，最万金油。
- **优点：色彩好**。色准高，色域广，可视角度无敌（178°）。
- **缺点：对比度低**。通常只有 1000:1，暗室看黑色会发灰，且容易有**漏光和辉光 (IPS Glow)**。
- **进化版**：
  - **Fast IPS / Nano IPS**：解决了响应时间慢的问题，现在也能做到 1ms GtG，是电竞主流。
  - **IPS Black**：将对比度提升至 2000:1，大幅改善了黑色表现。
- **适用人群**：**绝大多数人**。无论是办公、设计还是游戏，IPS 都是最不容易出错的选择。

#### 5.1.4 深入原理：液晶分子如何跳舞？

LCD 的核心原理是利用液晶分子在电压下发生旋转，从而控制光线的通过量。

- **TN (Twisted)**：液晶分子像麻花一样扭曲。电压一加，麻花解开，光线阻断。这种结构最简单，所以跑得最快，但漏光和视角问题严重。
- **VA (Vertical)**：液晶分子垂直于屏幕排列。不通电时完全阻断光线（所以黑位好）；通电时倒下让光通过。
- **IPS (In-Plane)**：液晶分子在平面内旋转。无论怎么转，它们都平行于屏幕。这就是为什么 IPS 视角好（分子始终正对着你），但也因为分子间隙大，容易漏光。

### 5.1.5 进阶技术：量子点 (Quantum Dot / QLED)

你经常听到 "QLED" 或 "Fast IPS + 量子点"，这是什么黑科技？

- **原理**：在背光层和液晶层之间，加一层**量子点膜 (QDEF)**。这层膜上的纳米颗粒受到蓝光激发时，会发出极纯的红光和绿光。
- **效果**：大幅提升色域覆盖率（轻松做到 99% Adobe RGB 或 95% P3），让色彩更鲜艳纯净。
- **应用**：三星的 QLED 电视，以及高端的广色域 IPS 显示器。

### 5.1.6 IPS 的进化树

IPS 家族非常庞大，选购时请认准以下关键词：

1. **AH-IPS / 普通 IPS**：老一代技术，响应时间慢 (5ms+)，现在主要用于办公屏。
2. **Nano IPS (LG)**：在背光中加入纳米粒子吸收杂光。**色域极广** (98% P3)，响应快，但对对比度通常较低 (850:1)。
3. **Fast IPS (友达/群创)**：通过降低液晶层厚度和优化电压，将响应时间压缩到 1ms GtG。**电竞首选**。
4. **IPS Black (LG)**：最新技术。通过改变液晶分子排列，将对比度翻倍至 **2000:1**。黑位深邃，非常适合设计师，但刷新率通常只有 60Hz。

### 5.1.7 决策指南

```
graph TD
    A[开始选购 LCD] --> B{你的核心需求?}
    B -->|我是职业电竞哥| C[TN 面板]
    B -->|我喜欢关灯看电影| D[VA 面板]
    B -->|我全都要 / 我是设计师| E[IPS 面板]
    E --> F{IPS 细分}
    F -->|极致竞技| G["Fast IPS (1ms)"]
    F -->|鲜艳色彩| H["Nano IPS / QLED"]
    F -->|专业设计| I["IPS Black (2000:1)"]
```

## 5.2 2. OLED 技术: 像素级自发光

OLED (有机发光二极管) 不需要背光层，**每一个像素点都能自己发光**。这带来了革命性的画质提升。

### 5.2.1 核心优势

1. **无限对比度**：像素可以完全关闭，显示出**纯粹的黑**。通透感极强。
2. **极速响应**：< 0.03ms。比最快的 LCD 还要快 10 倍以上，动态清晰度无敌。
3. **超薄**：像纸一样薄，甚至可以弯曲。

### 5.2.2 致命弱点

1. **烧屏 (Burn-in)**：有机材料会老化。如果长时间显示固定的图标（如任务栏、血条），该区域会永久变暗，留下残影。
2. **文字彩边**：由于特殊的子像素排列（如 WBGR 或 三角形排列），在 Windows 下渲染文字时，边缘可能会出现红绿色的虚边，导致文字不够锐利。

### 5.2.3 主流分支：WOLED vs QD-OLED

OLED 阵营内部也分为两派，它们各有千秋：

特性	WOLED (LG)	QD-OLED (Samsung)
结构	白光 OLED + RGB 滤光片	蓝光 OLED + 量子点激发层
亮度	较高 (特别是白光)	极高 (色彩亮度更高)
色域	98% P3	<b>99.3% P3</b> (色彩更纯)
抗光性	好 (黑色纯净)	差 (强光下黑色发紫)
文字清晰度	一般 (WBGR 排列)	较差 (三角形排列)
适用场景	电视、大屏游戏	顶级电竞显示器

### 5.2.4 为什么 OLED 看文字不清晰？

这与**子像素排列**有关。\* **传统 LCD**：标准的 **RGB** 竖条排列。Windows 的 ClearType 渲染技术就是基于此设计的。\* **WOLED**：**WBGR** 排列（多了一个白色子像素）。\* **QD-OLED**：**三角形**排列。

**后果**：Windows 按照 RGB 的逻辑去渲染文字边缘的抗锯齿，结果在非 RGB 排列的屏幕上，就会出现错误的颜色（如文字左边发绿，右边发红）。  
**解决**：Mac 用户受影响较小（macOS 渲染机制不同）。Windows 用户可以使用 **MacType** 软件进行部分优化，但无法根除。

### 5.2.5 烧屏机制与预防

OLED 烧屏本质上是**像素点的不均匀老化**。红色的像素点亮得久了，寿命就比蓝色的短，以后再显示白色时，就会偏色。

厂商的自救措施：1. **像素位移 (Pixel Shift)**：每隔几分钟，画面整体向上下左右移动几个像素。肉眼几乎不可见，但能防止像素长时间固定。2. **自动限制亮度 (ABL)**：当全屏显示白色时，强制降低亮度，减少发热和老化。3. **面板刷新 (Panel Refresh)**：关机后，显示器会自动运行几分钟的电压补偿程序，修复轻微的残影。**切记不要用完直接拔电源！**

### 5.2.6 💡 防烧屏小贴士

- 设置**黑色壁纸**。
- 开启**自动隐藏任务栏**。
- 设置 5 分钟**自动息屏**。
- 不要把 OLED 当作长时间处理文档的生产力工具。

## 5.3 3. Mini-LED: LCD 的逆袭

Mini-LED 本质上**依然是 LCD**，但它把背光源换成了成千上万颗微小的 LED 灯珠，并把它们划分成几百上千个**独立控光分区**。

### 5.3.1 优势

- **超高亮度**：轻松突破 1000 nits，甚至 2000 nits。阳光感十足，HDR 爆发力远超 OLED。
- **不烧屏**：无机材料，寿命长，适合当主力生产力工具。

### 5.3.2 劣势：光晕效应 (Blooming)

当在纯黑背景上显示一个小亮点（如星空、鼠标指针）时，由于背光分区不够小，点亮的区域会溢出，导致亮点周围出现一圈灰白色的“光晕”。

**分区数量与体验的关系：**

- \* **384 - 576 分区：**入门级。光晕明显，字幕周围会有光柱。
- \* **1152 分区：**甜点级。光晕控制良好，日常使用不易察觉。
- \* **2304+ 分区：**旗舰级。光晕极小，接近 OLED 观感。

5.3.3 控光算法：硬件之外的软实力

分区多不代表效果一定好，**算法才是灵魂**。

- \* **响应速度：**如果算法太慢，鼠标划过黑色背景时，背光会“慢半拍”才亮起，形成拖影。
- \* **光晕抑制策略：**
- \* **激进策略：**优先保证亮度，允许少量光晕（适合看电影）。
- \* **保守策略：**优先压制光晕，哪怕降低亮点亮度（适合办公）。

5.4 4. 新兴技术展望：未来已来

5.4.1 Micro-LED：真正的终极形态

不要把它和 Mini-LED 搞混。

- \* **Mini-LED = LCD + 更好的背光。**
- \* **Micro-LED = 自发光** (像 OLED)。

它将 LED 灯珠微缩到微米级别，直接作为像素点。它拥有 OLED 的一切优点（自发光、无限对比度、极速响应），同时拥有 LCD 的优点（无机材料、不烧屏、超高亮度）。

**现状：**技术太难，成本太高。目前仅用于百万元级的商用巨幕或 AR 眼镜。距离民用显示器普及还有很长的路要走。

5.4.2 电子纸 (E-Ink) 显示器

除了发光屏幕，还有一种**反射式屏幕**。

- \* **原理：**像Kindle一样，靠反射环境光显示，自己不发光。
- \* **优点：****绝对护眼**。看它就像看纸质书，完全没有蓝光和频闪焦虑。
- \* **缺点：**刷新率极低（鼠标拖影严重），通常只有黑白。
- \* **适用：**纯代码编写、纯文档阅读的重度文字工作者（如大上科技 DASUNG 的产品）。

5.5 本章小结

技术	核心优势	核心劣势	推荐场景
IPS (LCD)	色彩准、寿命长、便宜	对比度低、漏光	办公、设计、普通游戏
OLED	画质天花板、响应极速	烧屏风险、文字彩边	纯游戏、影音娱乐
Mini-LED	超高亮度、不烧屏	光晕效应、机身厚重	HDR 视频剪辑、兼顾办公与娱乐

## 6. HDR 与视觉增强

如果说分辨率提升了画面的“清晰度”，那么 HDR（高动态范围）则提升了画面的“真实感”。

人眼能同时看清烈日下的云层和阴影里的石头，但普通显示器（SDR）做不到。HDR 的目标就是打破这个限制，**让亮部极亮，暗部极暗，且细节毕现。**

### 6.1 1. HDR 标准详解：真假 HDR 鉴别指南

市面上宣称支持 HDR 的显示器成千上万，但 90% 都是“听个响”。VESA（视频电子标准协会）的 DisplayHDR 认证是目前最靠谱的参考标准。

```
graph BT
    A[SDR 普通显示器] --> B[HDR 400 伪HDR]
    B --> C[HDR 600 入门级]
    C --> D[HDR 1000 进阶级]
    D --> E[HDR True Black 旗舰级]
    style B fill:#f9f,stroke:#333,stroke-width:2px
    style E fill:#bbf,stroke:#333,stroke-width:4px
```

#### 6.1.1 ❌ Tier 0: 伪 HDR (DisplayHDR 400)

- **规格**：峰值亮度 400 nits，sRGB 95%，**无分区背光要求**。
- **真相**：贴纸级认证。
- 由于没有分区背光，它无法在点亮亮部的同时压暗暗部。
- 开启 HDR 后，画面往往会整体泛白、发灰，色彩反而不如 SDR 模式通透。
- **建议**：**不要为了 HDR 买它**。把它当成一台亮度尚可的普通显示器就好。

#### 6.1.2 ⚠️ Tier 1: 入门 HDR (DisplayHDR 600)

- **规格**：峰值亮度 600 nits，广色域，**必须有分区背光**。
- **体验**：一只脚跨进了门槛。
- 能感受到阳光的一丝刺眼感。但由于通常采用**侧入式分区**（只有几十个分区），在暗场景下光晕问题会非常严重（比如字幕周围会有巨大的光柱）。
- **建议**：体验尝鲜尚可，但不要抱太高期望。

#### 6.1.3 ✅ Tier 2: 真 HDR (DisplayHDR 1000 / 1400)

- **规格**：峰值亮度 1000+ nits，黑位深邃。
- **体验**：震撼。
- 通常对应 **Mini-LED** 产品。爆炸的火光、霓虹灯的闪烁、金属的反光都极其逼真。这是质的飞跃。

#### 6.1.4 🏆 Tier 3: OLED HDR (DisplayHDR True Black)

- **规格**：针对 OLED 制定。虽然亮度可能只有 400-600 nits，但黑位是完美的 0 nits。
- **体验**：深邃。
- 虽然爆发力不如 Mini-LED，但无限的对比度让画面立体感极强。适合暗室观影。

6.1.5 常见格式补充：HDR10 vs HDR10+ vs Dolby Vision

HDR 格式就像语言，显示器必须听得懂才能显示。

格式	类型	元数据	优势	普及度
HDR10	基础	静态 (全片统一亮度)	免费，所有设备都支持	100%
HDR10+	进阶	动态 (逐帧调整亮度)	免费，三星主推	较低 (主要是三星设备)
Dolby Vision	高级	动态 (逐帧调整 + 12bit)	收费，画质最好	极高 (Netflix, Disney+, Apple TV)

💡 什么是动态元数据？

- **静态 (HDR10)**：电影开头告诉显示器“本片最高亮度 1000 nits”。如果某一帧只有 100 nits 的烛光，显示器也会按 1000 nits 的标准去映射，导致烛光看起来很暗。
- **动态 (Dolby Vision)**：每一帧都告诉显示器“这一帧最高 100 nits”。显示器会全力优化这 100 nits，让烛光极其明亮清晰。

6.1.6 Windows 用户的痛：HDR 看起来发白？

很多用户开启 Windows HDR 后，发现桌面变得灰蒙蒙的。原因：Windows 默认的 SDR-to-HDR 映射曲线有问题，且显示器未校准。

**解决方案：** 1. **下载工具**：在微软商店下载官方的 "**Windows HDR Calibration**" (Windows HDR 校准) 应用。 2. **手动校准**：按照软件指引，调整最低黑电平、最高白电平。 3. **调整滑块**：在 系统 > 屏幕 > HDR 设置中，调节 "SDR 内容亮度" 滑块，直到桌面亮度看起来舒适为止。

6.2 2. 局部调光 (Local Dimming)：HDR 的幕后功臣

为什么 HDR 400 效果差？因为它缺了局部调光。LCD 面板本身不发光，必须依靠背光。要实现“亮的地方亮，暗的地方暗”，背光就必须能**分区控制**。

6.2.1 侧入式分区 (Edge-Lit) —— 聊胜于无

- **原理**：灯珠在屏幕边缘（通常是底部）。
- **表现**：糟糕。
- 屏幕被划分为几个垂直的长条。如果屏幕中间有一个月亮，那么**整条**背光都必须亮起。月亮上下的黑色天空也会被迫变亮。
- 这叫“垂直光晕”，非常影响观感。

6.2.2 直下式全阵列分区 (FALD) —— 正解

- **原理**：灯珠铺满屏幕背面，像棋盘格一样独立控制。
- **表现**：优秀。
- **普通 FALD**：384 - 576 分区。光晕控制尚可。
- **Mini-LED**：1152 - 2000+ 分区。光晕极小，接近 OLED。

算法的魔力：为什么同样的分区数效果不同？

硬件决定了下限，**算法**决定了上限。优秀的 FALD 算法（如 Sony, Samsung）能做到： 1. **光晕抑制**：检测到黑色背景上的小亮点时，不全开背光，而是只开 50% 亮度，牺牲一点高光爆发力，换取纯净的黑背景。 2. **运动预测**：预测物体下一帧的位置，提前点亮背光，避免出现“拖影光晕”（物体

走了，背光还在亮）。3. **色调映射 (Tone Mapping)**：当画面亮度超过屏幕极限（如 4000 nits 的太阳显示在 1000 nits 的屏幕上）时，算法会平滑地压缩高光细节，而不是直接“过曝”成一片死白。



#### 选购口诀

买 HDR 显示器，**要么买 OLED，要么买 Mini-LED**。其他所谓的“支持 HDR”，在 PC 领域基本都是营销噱头。

## 6.3 3. VRR 可变刷新率：告别撕裂与卡顿

VRR (Variable Refresh Rate) 允许显示器的刷新率**实时跟随**显卡的帧率变化。显卡渲染一帧，显示器就刷新一帧。

### 6.3.1 解决了什么问题？

1. **画面撕裂 (Tearing)**：显卡太快，显示器跟不上，导致画面上下错位。
2. **卡顿 (Stuttering)**：显卡太慢，显示器傻等，导致视觉卡顿。

### 6.3.2 三大阵营选购指南

#### 1. G-Sync Compatible (兼容模式) —— 性价比首选

- **现状**：显示器没有昂贵的 NVIDIA 专用芯片，利用通用的 Adaptive-Sync 协议实现。
- **体验**：**95% 的体验与原生 G-Sync 一致**。只要通过了 NVIDIA 认证，就不会有闪屏问题。
- **建议**：**买它！** N 卡用户没必要多花几千块买原生 G-Sync 芯片（除非你是极少数追求极致的职业选手）。

#### 2. FreeSync (AMD)

- **现状**：几乎所有支持 FreeSync 的显示器，都能在 N 卡上开启 G-Sync Compatible。
- **分级**：
  - **FreeSync**：基础防撕裂。
  - **Premium**：支持 **LFC (低帧率补偿)**。
- **LFC 原理**：当游戏掉到 40 帧（低于显示器 VRR 下限 48Hz）时，显示器自动把每一帧显示 2 次，变成 80Hz。
- **效果**：即使帧率暴跌，画面依然流畅，不会出现撕裂。**这是很重要的功能**。
- **Premium Pro**：在 Premium 基础上增加了对 **HDR** 的支持。

#### 3. HDMI 2.1 VRR

- **针对**：**PS5 / Xbox Series X** 主机玩家。
- **注意**：只有满血 HDMI 2.1 接口才支持此功能。

## 6.4 4. 色调映射 (Tone Mapping)：HDR 的最后一道关卡

电影里的太阳亮度可能高达 10000 nits，但你的显示器只有 600 nits。如何把 10000 nits 的信号塞进 600 nits 的屏幕里？这就靠 **色调映射**。

### 6.4.1 两种策略

---

#### 1. 硬剪切 (Hard Clipping) :

- 超过 600 nits 的部分全部显示为 600 nits。
- **后果**：云层细节全丢，变成一片死白。

#### 2. 软滚降 (Soft Roll-off) :

- 保留 0-400 nits 的亮度不变，把 400-10000 nits 的部分压缩到 400-600 nits 区间。
- **后果**：虽然整体亮度暗了一点，但你能看清云层的纹理。

### 6.4.2 HGIG 模式

---

很多游戏显示器提供 **HGIG (HDR Gaming Interest Group)** 模式。\* **作用**：告诉显卡/主机：“别瞎搞映射了，直接把原始信号给我，我屏幕自己知道怎么处理。” \* **建议**：玩 HDR 游戏时，**优先开启 HGIG**，能获得最准确的光影层次。

---

## 6.5 本章小结

---

1. **HDR 认证**：**DisplayHDR 600** 是起步，**1000** 才是享受。400 纯属智商税。
2. **背光技术**：**Mini-LED** 和 **OLED** 是 HDR 的唯二选择。
3. **VRR**：N 卡用户买 **G-Sync Compatible**，A 卡用户买 **FreeSync Premium**。
4. **设置**：Windows 用户记得用 **HDR Calibration** 校准屏幕。

## 7. 接口与连接

接口是连接主机与显示器的桥梁。选错了接口，再好的显卡和屏幕也发挥不出实力（比如买了个 4K 144Hz 屏幕却只能跑在 60Hz）。

本章将帮你理清 **HDMI**、**DisplayPort (DP)** 和 **USB-C** 的复杂关系，并教你避开命名陷阱。

### 7.1 1. HDMI vs DisplayPort (DP)：谁才是王者？

#### 7.1.1 HDMI (High Definition Multimedia Interface)

由电视厂商主导的标准，兼容性无敌（电视、投影、PS5、Switch 都有）。

- **HDMI 1.4**：老古董，最高只支持 1080p 144Hz 或 4K 30Hz。
- **HDMI 2.0**：主流标准。支持 **4K 60Hz**。带宽 18 Gbps。
- **HDMI 2.1**：次世代标准。支持 **4K 120Hz / 144Hz**，支持 VRR。带宽 48 Gbps。



#### 严重警告：HDMI 2.1 命名陷阱

HDMI 官方协会更改了命名规则，允许厂商将 HDMI 2.0 设备改名为 "**HDMI 2.1 TMDS**"。

- **假 2.1 (TMDS)**：其实就是 HDMI 2.0。带宽只有 18 Gbps，**不支持** 4K 120Hz。
- **真 2.1 (FRL)**：这才是满血版。带宽 40-48 Gbps，支持 4K 120Hz + VRR。

**选购必看**：不要只看 "HDMI 2.1" 字样，一定要确认是否标注了 "**4K 120Hz**" 或 "**VRR**"。

#### 深度解析：带宽够不够用？

接口带宽就像水管的粗细，分辨率和刷新率就像水流。如果水管太细，水流就会被限制。

**带宽计算公式**：\$\$ 带宽需求 \approx 水平像素 \times 垂直像素 \times 刷新率 \times 色深(bit) \times 3 \times 1.2(冗余) \$\$

```
xychart-beta
title "接口带宽对比 (Gbps)"
x-axis ["HDMI 1.4", "HDMI 2.0", "DP 1.2", "DP 1.4", "HDMI 2.1", "DP 2.1"]
y-axis "带宽 (Gbps)" 0 --> 80
bar [10.2, 18, 21.6, 32.4, 48, 80]
```

#### 常见规格对照表：

规格	带宽需求	HDMI 2.0 (18Gbps)	HDMI 2.1 (48Gbps)
1080p 144Hz	~8 Gbps	✓ 完美	✓ 完美
2K 144Hz	~14 Gbps	✓ 完美	✓ 完美
2K 165Hz (10bit)	~19 Gbps	✗ 跑不满 (需降色深)	✓ 完美
4K 60Hz	~14 Gbps	✓ 完美	✓ 完美
4K 144Hz	~35 Gbps	✗ 完全不行	✓ 完美



#### 结论

如果你买的是 **2K 165Hz** 或 **4K 144Hz** 显示器，请务必确认接口是 **HDMI 2.1**，否则性能会被严重封印。

### 7.1.2 DisplayPort (DP)

由 PC 硬件厂商主导的标准，专为电脑显示器设计。

- **DP 1.2**：支持 4K 60Hz。
- **DP 1.4**：**PC 主流**。支持 **4K 144Hz** (配合 DSC 技术)。支持 G-Sync/FreeSync 最完善。
- **DP 2.1**：未来战舰。带宽高达 80 Gbps，支持 4K 240Hz 甚至 8K 60Hz。目前仅有极少数旗舰显卡和显示器支持。

#### 什么是 DSC (显示流压缩)？

你可能会问：DP 1.4 的带宽只有 32 Gbps，怎么跑得动需要 35 Gbps 的 4K 144Hz？答案是 **DSC (Display Stream Compression)**。

- **原理**：一种**视觉无损**的压缩算法。显卡把画面压缩后再传给显示器，显示器解压后显示。
- **画质**：**完全无损**。VESA 官方宣称肉眼无法区分开启前后的差异。
- **限制**：开启 DSC 后，部分显示器的某些功能（如 DSR 虚拟分辨率、多屏拼接）可能会受限。
- **结论**：放心用。它是让旧接口跑满新屏幕的神器。

#### DP 2.1：战未来的选择？

虽然 DP 2.1 很强，但目前（2024年）**不建议强求**。1. **设备少**：只有 RTX 4090 等顶级显卡和极少数超昂贵的显示器支持。2. **线材贵**：认证线材价格不菲。3. **够用了**：对于 4K 144Hz，DP 1.4 + DSC 已经完美胜任。除非你要上 4K 240Hz，否则没必要为 DP 2.1 焦虑。

### 7.1.3 终极二选一指南

场景	首选接口	理由
PC 游戏 / 办公	<b>DisplayPort (DP)</b>	显卡原生支持最好，G-Sync 兼容性最稳，带宽通常比同代 HDMI 高。
PS5 / Xbox	<b>HDMI 2.1</b>	主机不支持 DP。想跑满 4K 120Hz + VRR，必须用满血 HDMI 2.1。
电视作为显示器	<b>HDMI 2.1</b>	电视通常没有 DP 接口。
笔记本外接	<b>USB-C (DP Alt)</b>	见下文“一线通”详解。

## 7.2 2. USB-C：一根线的优雅

随着笔记本越来越轻薄，USB-C (Type-C) 接口逐渐成为连接显示器的主力。但并不是所有 C 口都能传视频。

### 7.2.1 全功能 USB-C (DP Alt Mode)

只要显示器标注了 "Type-C" 视频输入，通常意味着它支持 **DisplayPort Alt Mode**。本质上，它是把 DP 信号“伪装”成 USB 信号传输。

### 7.2.2 “一线通”的魔力

想象一下：你带着笔记本回到工位，只需要插上一根 Type-C 线：1. **画面投屏**：显示器亮了 (4K 60Hz)。2. **反向充电**：显示器开始给笔记本充电 (PD)。3. **数据传输**：插在显示器背后的鼠标、键盘、移动硬盘瞬间连接到笔记本。

桌面从此告别杂乱的电源线和转接头。

### 7.2.3 关键参数：PD 充电功率

选购时务必关注 **PD (Power Delivery)** 功率，否则会出现“边充边掉电”的尴尬。

- **15W - 45W**：仅限手机/iPad。给笔记本充电太慢，高负载下会掉电。
- **65W**：标准甜点。完美适配 MacBook Air、13/14 寸轻薄本。
- **90W / 96W+**：高性能。适配 MacBook Pro 16 寸或全能型 Windows 本。



小技巧

看一眼你笔记本原装充电器的功率。如果原装是 65W，那显示器选 65W 就够了；如果原装是 140W，显示器最好选 90W+。

### 7.2.4 幕后机制：DP Alt Mode 是如何工作的？

当你插上 Type-C 线时，显示器和电脑会进行一次“握手”：1. **身份识别**：电脑问“你是谁？”，显示器答“我是支持 DP 视频信号的设备”。2. **通道分配**：Type-C 接口内有 4 条高速通道。\* **全带宽模式**：4 条通道全跑视频信号。画质最好 (4K 60Hz)，但 USB 传输速度降为 USB 2.0 (480Mbps)。\* **半带宽模式**：2 条跑视频，2 条跑数据。画质受限 (4K 30Hz)，但 USB 速度快 (USB 3.0)。\* **DSC 模式**：如果有 DSC 压缩，2 条通道也能跑满 4K 60Hz，实现画质与速度兼得。

## 7.3 3. Thunderbolt (雷电)：Pro 的选择

雷电 3 / 4 接口物理形态也是 USB-C，但它更强。

- **带宽**：40 Gbps (雷电 3/4)。
- **优势**：
- **菊花链 (Daisy Chain)**：可以用一根线串联两台 4K 显示器。
- **极速数据**：适合连接高速磁盘阵列。
- **适用人群**：MacBook Pro 用户、专业视频创作者。
- **注意**：雷电显示器通常价格不菲（如 Apple Studio Display）。普通用户买全功能 USB-C 显示器性价比更高。

## 7.4 4. 线材与信号质量：被忽视的短板

买了 4K 144Hz 显示器，却总是黑屏、闪烁？多半是**线材**的锅。

### 7.4.1 避坑指南

1. **原装线最稳**：显示器自带的线材通常经过严格测试，能跑满标称规格。**优先用原装线**。
2. **认证标志**：
  - **HDMI**：认准 **"Ultra High Speed"** 认证标签（带二维码）。
  - **DP**：认准 **"VESA Certified"** 标志。
3. **长度限制**：
  - **DP 线**：最好不要超过 **1.8米**。超过 3 米信号衰减严重，可能跑不满 144Hz。
  - **HDMI 2.1 线**：最好不要超过 **2米**。
  - **长距离方案**：如果需要 5 米以上的连接，请购买昂贵的 **光纤 HDMI/DP 线**。

## 7.4.2 故障排查

---

- **现象**：屏幕随机黑屏几秒又恢复，或者画面出现彩色噪点（雪花）。
  - **原因**：线材带宽不足或抗干扰能力差。
  - **对策**：换一根短一点、粗一点的认证线材。
- 

## 7.5 本章小结

---

1. **PC 玩家**：请焊死在 **DP 1.4** 接口上。
2. **主机玩家**：认准 **满血 HDMI 2.1** (4K 120Hz)。
3. **笔记本用户**：**USB-C 一线通**是提升幸福感的神器，注意买 **65W 以上** 供电的型号。

## 8. 护眼与健康

显示器是你每天面对时间最长的“发光体”。如果参数选不对，或者使用姿势不当，它会成为视力和颈椎的隐形杀手。

本章不讲画质，只讲健康。

### 8.1 1. 蓝光 (Blue Light)：被妖魔化了吗？

短波蓝光 (415nm - 455nm) 能量较高，确实可能导致视疲劳并抑制褪黑素分泌（影响睡眠）。但不要谈蓝光色变，关键在于**怎么防**。

#### 8.1.1 ❌ 软件防蓝光 (Software Solution)


- **原理**：暴力降低蓝色像素的亮度。
- **比喻**：就像给屏幕戴了一副**黄色的墨镜**。
- **表现**：屏幕明显**发黄**，色彩严重失真。
- **适用**：仅限深夜纯阅读文本。任何涉及图片、视频的场景都不推荐。

#### 8.1.2 ✅ 硬件防蓝光 (Hardware Solution)

- **原理**：改变 LED 背光灯珠的化学配方，将有害蓝光的波峰平移到无害区域 (460nm+)。
- **比喻**：就像一副**优质的防蓝光透明镜片**。
- **表现**：**护眼不偏色**。画面依然通透白皙，但有害蓝光确实减少了。

#### 8.1.3 深入科学：光谱能量分布 (SPD)

要懂防蓝光，必须看 SPD (Spectral Power Distribution) 图。  
\* **普通 LED**：在 450nm 处有一个极高的尖峰。这正是对人眼伤害最大的波段。  
\* **硬件防蓝光 LED**：  
\* **平移波峰**：通过调整荧光粉配方，将蓝光尖峰平移到 **460nm** 左右。  
\* **削减峰值**：降低尖峰的高度，使其更平缓。  
\* **结果**：避开了有害波段，同时保留了蓝色光，所以屏幕不会发黄。

 **科学研究**：根据 ISO 国际标准，415-455nm 的高能短波蓝光会导致视网膜色素上皮细胞 (RPE) 的氧化应激。而 460nm 以上的蓝光对调节生物钟至关重要，不应完全过滤。

#### 8.1.4 认证避坑指南

- **TÜV Low Blue Light (Software Solution)**：这种认证很容易拿，只要屏幕能变黄就行。含金量低。
- **TÜV Low Blue Light (Hardware Solution)**：**认准这个**。必须在不偏色的前提下减少有害蓝光。
- **Eyesafe Display**：由医生共同制定的更严格标准，不仅限制蓝光占比，还要求色彩准确度 (RPF)。

### 8.2 2. 调光方式：拒绝频闪

有些屏幕看久了会觉得眼睛胀痛、头痛，罪魁祸首往往不是蓝光，而是**频闪 (Flicker)**。

#### 8.2.1 ❌ PWM 调光 (脉冲宽度调制)

- **原理**：通过快速“开关”背光来调节亮度。
- **危害**：低频 PWM (< 1000Hz) 虽然肉眼看不出闪烁，但视神经能感知到，导致眼压升高、偏头痛。

**PWM 频率分级：** \* < 360Hz：**高危**。早期 OLED 手机和低端显示器。极易导致眼疲劳。 \* 360Hz - 1000Hz：**中危**。部分 OLED 电视。敏感人群会有不适。 \* > 3000Hz (**高频 PWM**)：**安全**。如 3840Hz 或 4320Hz。虽然还是闪，但频率高到视神经反应不过来，被视为护眼。

### 8.2.2 DC 调光 (直流调光)

- **原理：**直接调节电流大小来改变亮度。背光始终常亮。
- **表现：**真正不闪屏。
- **现状：**绝大多数 LCD 显示器 (IPS/VA) 都是 DC 调光，标称 "**Flicker Free**"。

### 8.2.3 敏感度自测：你是“写轮眼”吗？

如何知道自己是否对频闪敏感？1. **手机拍摄法：**打开手机相机，快门设为 1/4000s，对着屏幕。如果看到明显的黑色条纹滚动，说明是 PWM 调光。2. **风扇法：**在屏幕前挥动手指或小风扇。如果看到手指有重影（频闪效应），说明有频闪。3. **身体反应：**看屏幕 1 小时后，如果眼眶酸胀、太阳穴跳痛，而看纸质书不会，那你很可能是频闪敏感人群，**请务必选择 LCD 屏幕**。

## 8.3 3. 人体工学 (Ergonomics)：拯救颈椎

比屏幕参数更重要的是你的**坐姿**。

### 8.3.1 黄金法则

1. **高度：视线平齐。**当你坐直时，视线应落在屏幕的**顶端 1/3 处**。这样阅读时视线微向下，眼睑微闭，泪液蒸发少，不易干眼。
2. **距离：一臂之长。**伸直手臂，指尖刚好触碰到屏幕 (50-70cm)。
3. **角度：**屏幕微向后仰 5-10 度。

### 8.3.2 为什么你需要第三方支架 (Monitor Arm)？

原厂底座通常又大又笨，且调节范围有限。换上 VESA 悬臂支架后： \* **释放桌面：**键盘可以推到屏幕下方，腾出大片写字空间。 \* **自由调节：**前后拉伸、旋转竖屏、超高升降，总能找到最舒服的姿势。

### 8.3.3 多屏布局的最佳实践

如果你有两台屏幕，摆放位置直接影响颈椎健康：1. **主次分明：**主屏正对身体，副屏在侧面。适合 80% 时间看主屏的人。2. **双屏对称：**两台屏幕接缝处正对身体。**极度伤颈椎**，因为你必须一直歪着头看左边或右边。**强烈不推荐**。3. **上下布局：**主屏在下，副屏在上（需支架）。适合代码行数多或监控看板，只需眼球上下扫动，颈椎压力最小。

## 8.4 4. 使用环境优化：打造护眼光环境

屏幕本身只是一方面，**环境光 (Ambient Light)** 同样重要。

### 8.4.1 照度标准 (Lux)

- **屏幕亮度与环境亮度比：**最佳比例为 **1:1** 到 **1:3**。
- **忌：**在漆黑的房间里开着 400 nits 的屏幕（对比度 1:无穷大），瞳孔会剧烈收缩，极易疲劳。

### 8.4.2 进阶技巧：环境光 (Bias Lighting)

- **屏幕挂灯：**照亮桌面键盘区，且不照射屏幕产生反光。是提升幸福感的神器。

- **背景灯带**：在显示器背后贴一圈 LED 灯带（6500K 白光），照亮背后的墙面。
- **原理**：人眼对亮度的感知是相对的。照亮背景墙后，屏幕看起来就没那么刺眼了，瞳孔可以保持放松状态。

### 8.4.3 防反光与遮光罩

- **雾面屏 (Matte)**：大多数显示器是雾面，能漫反射环境光，减少倒影。
- **镜面屏 (Glossy)**：如 Apple Studio Display。通透度高，但反光严重。必须避开窗户或头顶的灯光。
- **遮光罩**：专业修图师必备。物理阻挡侧面杂光，既能提升对比度，又能减少眩光干扰。

## 8.5 5. 小白自测：你的屏幕护眼吗？

### 1. 频闪自测 (手机法)：

- 把屏幕亮度调到 20%（低亮度下 PWM 最明显）。
- 打开手机相机，进入“专业模式”，把快门速度调到 **1/4000秒** 或更快。
- 对着屏幕拍照。如果取景框里有滚动的**黑色条纹**，说明这台显示器有频闪，长时间使用易疲劳。

### 2. 最低亮度测试：

- 晚上关灯。把屏幕亮度调到 0%。
- 如果还是觉得刺眼，说明最低亮度太高（>50 nits），不适合夜间使用。建议开一盏屏幕挂灯。

### 3. 蓝光自测：

- 开启显示器的“护眼模式”或“防蓝光模式”。
- 如果屏幕瞬间变得**焦黄**，说明是低端的软件防蓝光。
- 如果屏幕颜色基本没变，但参数里写了 TÜV 硬件认证，那才是高级货。

## 8.6 本章小结

1. **防蓝光**：买**硬件防蓝光** (TÜV/Eyesafe) 的屏幕，别买只靠软件变黄的。
2. **防频闪**：LCD 认准 **Flicker Free (DC调光)**；OLED 用户需留意频闪敏感度。
3. **护颈椎**：买个 **VESA 支架**，把屏幕架高。
4. **好习惯**：**20-20-20 法则** + **开灯玩电脑**。

## 9. 选购指南

参数是死的，需求是活的。没有完美的显示器，只有最适合你的显示器。

本章将根据你的**职业和使用场景**，提供简单粗暴的选购建议。

### 9.1 1. 快速决策流程图

如果不确定自己需要什么，请沿着这条路线走：

```
graph TD
  A[开始选购] --> B{主要用途是什么?}
  B -->|办公/写代码| C[办公 & 生产力]
  B -->|玩游戏| D{玩什么游戏?}
  B -->|设计/修图| E[专业设计]
  D -->|CS:GO / Valorant| F[FPS 电竞]
  D -->|3A 大作 / 观影| G[沉浸式娱乐]
  D -->|LoL / Dota 2| H[MOBA / 混合]
```

#### 9.1.1 1.5 极速选购速查卡 (Cheat Sheet)

没时间看长文？直接对照下表“按图索骥”：

你的预算	你的显卡	核心用途	推荐参数组合	避坑关键词
< 1000	核显 / 入门卡	办公/网课	24" 1080p IPS 75Hz	避免 TN 面板，避免 27寸 1080p (大果粒)
1500 - 2000	RTX 3060 / 4060	网游/混合	27" 2K 165Hz Fast IPS	避免 VA (除非只看电影)，避免假 HDMI 2.1
2000 - 3000	核显 / Mac	办公/设计	27" 4K IPS (Type-C 65W)	避免 27寸 2K (Mac字体虚)，避免无 Type-C
4000+	RTX 4080 / 4090	3A 大作	32" 4K 144Hz Mini-LED/OLED	避免 HDR400 (假HDR)，避免侧入式背光
不差钱	Mac Studio	专业设计	27" 5K / 32" 6K	避免非整数倍缩放

### 9.2 2. 办公与生产力 (Productivity)

对于打工的人来说，屏幕是每天面对时间最长的“同事”。舒适度永远排在第一位。

#### 9.2.1 程序员 / 文字工作者

- **核心需求**：文字锐利，代码行数多，护眼。

- **Mac 用户：**
- **首选：27寸 4K。**虽然不是完美的 2x Retina，但文字清晰度远超 2K。
- **土豪：27寸 5K (Studio Display)。**完美的视网膜体验。
- **避坑：27寸 2K。**字体发虚，锯齿明显。
- **💡 如何判断 HiDPI 支持？**
- **看分辨率：4K (3840x2160) 及以上原生支持 HiDPI，**无需担心。
- **看尺寸匹配：**24寸 4K / 27寸 5K 是“完美视网膜”；27寸 4K 是“主流视网膜”。
- **2K/1080p 怎么办？** macOS 原生不支持 2K 屏幕的 HiDPI，字体发虚。
- **解决方案：**使用 **BetterDisplay** 或 **SwitchResX** 等软件强制开启 HiDPI（虚拟 4K 再缩放），但会占用少量 GPU 资源。
- **Windows 用户：**
- **首选：27寸 2K。**Windows 的黄金分辨率，无需缩放，字号适中。
- **进阶：27寸 4K (需开启 150% 缩放)。**文字如印刷般清晰。
- **必备功能：**旋转升降支架 (竖屏写代码)、硬件防蓝光。

9.2.2 预算分级推荐 (参考价)

级别	预算 (CNY)	典型配置	推荐理由
入门	800 - 1200	24"/27" 1080p/2K IPS	满足基本显示，色彩尚可，护眼功能基础。
甜点	1500 - 2500	27" 4K IPS (Type-C 65W)	细腻度提升巨大，一线通连接笔记本极其方便。
高端	4000+	27" 4K Nano IPS / 32" 4K	更好的面板，更好的做工，甚至 Mini-LED 提升 HDR 效果。

9.3 3. 电竞与游戏 (Gaming)

9.3.1 FPS 竞技 (CS:GO, Valorant)

- **核心：**唯快不破。
- **推荐：24.5寸 1080p + 360Hz (TN/Fast IPS)。**
- **理由：**屏幕小一眼能看全，分辨率低保证显卡跑满超高帧，刷新率高保证极致流畅。

9.3.2 MOBA / RTS 策略竞技 (LoL, Dota 2)

- **核心：**视野广阔，全局掌控，色彩清晰。
- **推荐：27寸 2K + 144Hz/165Hz (Fast IPS)。**
- **理由：**
- 2K 分辨率能在保证流畅的同时显示更多信息（小地图、技能栏）。
- Fast IPS 保证色彩准确，便于分辨复杂团战中的技能特效。
- 144Hz 足够流畅，不需要像 FPS 那样追求 360Hz。
- **进阶选择：34寸 21:9 带鱼屏。**在支持的游戏中能提供更宽的左右视野（物理外挂）。

- 🍎 **Mac 用户特别纠结：2K 还是 4K？**
- 结论：首选 4K 高刷。**
- 理由：**
  - a. **拒绝精神分裂**：买 2K 屏幕虽然打游戏爽（原生分辨率），但切回 macOS 桌面看网页、回消息时，字体发虚会让你极其难受。
  - b. **性能折中方案**：如果 Mac 跑不动 4K 分辨率的 Dota 2，可以在游戏内开启 **FSR** (降低渲染分辨率) 或直接将游戏分辨率设为 1080p (4K 的整数倍缩放，点对点清晰)。
  - c. **只有一种情况买 2K**：这台显示器只用来打游戏，完全不作为 Mac 的扩展屏办公。

9.3.3 3A 单机大作 (Cyberpunk 2077, 黑神话)

- 核心**：沉浸感，画质。
- 推荐**：27寸/32寸 **4K + 144Hz (OLED/Mini-LED)**。
- 理由**：4K 带来的细腻度震撼远超高刷。HDR 能让光影效果逼真到起鸡皮疙瘩。

9.3.4 主机玩家 (PS5 / Xbox)

- 核心**：适配次世代输出。
- 推荐**：**4K 120Hz + HDMI 2.1**。
- 电视 vs 显示器**：
  - 如果你有客厅沙发：买 **OLED 电视** (如 LG C系列)。大屏带来的震撼是显示器无法比拟的。
  - 如果你只能在书桌玩：买 **4K 144Hz 显示器**。

9.3.5 预算分级推荐 (参考价)

级别	预算 (CNY)	典型配置	推荐理由
入门	800 - 1200	24" 1080p 144Hz IPS	体验高刷的门槛，适合学生党。
甜点	1500 - 2500	27" 2K 165Hz Fast IPS	目前最主流的全能配置，兼顾画质与流畅度。
发烧	5000+	27"/32" 4K OLED / Mini-LED	极致的 HDR 体验，黑得下去，亮得起来。

9.4 4. 专业设计 (Creative)

9.4.1 设计师 / 摄影师

- 核心需求**：色准，色域，均匀度。
- UI / Web 设计**：**99% sRGB**。因为你的作品最终是在普通用户的 sRGB 屏幕上展示的。
- 平面 / 印刷**：**99% Adobe RGB**。
- 视频剪辑**：**21:9 带鱼屏**。超长的时间轴能显著提升效率。

9.5 5. 常见误区 (Myths)：别交智商税

9.5.1 ❌ 误区 1：“对比度 5000万:1”

- 真相**：这是**动态对比度**，毫无意义。

- **正解**：只看**静态对比度**。IPS 1000:1，VA 3000:1。

9.5.2 ✖ 误区 2：“1ms 响应时间”

- **真相**：如果是 LCD 屏幕，这通常是 **MPRT** 数据，开后后屏幕变暗且不能用 G-Sync。
- **正解**：只看 **GtG** 响应时间。

9.5.3 ✖ 误区 3：“支持 HDR”

- **真相**：几百块的 **HDR 400** 显示器，开启 HDR 后画面发灰泛白，效果不如不开。
- **正解**：没钱买 HDR 600/1000，就老老实实当 SDR 显示器用。

9.5.4 ✖ 误区 4：“曲面屏更高级”

- **真相**：对于 16:9 的小尺寸 (27寸以下) 屏幕，曲面不仅没必要，还会导致直线看起来是弯的（特别是画图时）。
- **正解**：只有 **34寸以上带鱼屏** 或 **超大尺寸 VA 屏** 才需要曲面。

9.5.5 ✖ 误区 5：“原生 10-bit”

- **真相**：市面上 99% 的 10-bit 都是 **8-bit + FRC**。
- **正解**：别纠结，肉眼看不出来的。

9.6 6. 购前检查清单 (Checklist)

在下单前，请最后确认一遍：

- [ ] **桌子深度**：如果买 32 寸，桌深建议 > 70cm，否则看久了脖子疼。
- [ ] **显卡接口**：确认显卡有 DP 1.4 或 HDMI 2.1 接口，否则跑不满 4K 144Hz。
- [ ] **线材**：尽量使用显示器自带的原装线，或者购买通过 VESA 认证的线材。
- [ ] **坏点政策**：询问客服“几个坏点包换？”，有些品牌规定 3 个以内算正常，不给退换。
- [ ] **Mac 兼容性**：如果是 Mac 用户，确认显示器是否支持 HiDPI 缩放，以及 Type-C 接口是否支持反向充电（至少 65W，建议 90W）。

9.7 终极汇总表

你的身份	推荐尺寸	推荐分辨率	面板首选	关键特性
Mac 办公	27"	4K / 5K	IPS	HiDPI, USB-C 一线通
Win 办公	27"	2K	IPS	硬件防蓝光, 升降支架
FPS 职业哥	24.5"	1080p	TN / Fast IPS	360Hz+, DyAc
MOBA 玩家	27" / 34"	2K / WQHD	Fast IPS	144Hz, 广色域
3A 画面党	32"	4K	OLED / Mini-LED	HDR 1000, G-Sync
主机玩家	32" / 55"+	4K	OLED (电视)	HDMI 2.1, VRR

## 10. 物理分辨率 vs 逻辑分辨率：像素的秘密

---

买显示器时，我们常盯着 4K、2K 这些参数看，但买回家插上电脑，却发现字太小看不清，或者字变大了但发虚。

这背后的核心原因，是**物理分辨率**与**逻辑分辨率**的爱恨情仇，以及 Windows 和 macOS 对此截然不同的处理方式。

---

### 10.1 1. 核心概念：三个“分辨率”

---

要看懂这个问题，必须先区分三个概念：

#### 10.1.1 1.1 物理分辨率 (Physical Resolution)

- **定义**：屏幕硬件上真实的 LED/LCD 灯珠数量。
- **特性**：出厂即定，无法改变。
- **例子**：一台 4K 显示器，物理上就有  $3840 \times 2160$  个像素点。

#### 10.1.2 1.2 逻辑分辨率 (Logical Resolution)

- **定义**：操作系统“认为”屏幕的大小。也就是你在写代码、做设计时，软件坐标系里的尺寸 (Points)。
- **特性**：由操作系统决定，可以调节。
- **例子**：
  - 如果你把 4K 屏幕设为 200% 缩放，逻辑分辨率就是  $1920 \times 1080$ 。
  - 此时，操作系统会把 4 个物理像素当成 1 个逻辑像素来用。

#### 10.1.3 1.3 渲染分辨率 (Render Resolution)

- **定义**：显卡实际绘制画面的分辨率。
  - **特性**：通常等于物理分辨率，但在 macOS 的某些缩放模式下，它会大于物理分辨率（下文详解）。
- 

### 10.2 2. 像素密度 (PPI) 与“视网膜”

---

为什么我们需要缩放？因为**像素密度 (PPI)**越来越高了。

- **低 PPI 时代 (90 PPI)**：如 24 寸 1080p。1 个逻辑像素 = 1 个物理像素 (1x)。字号刚好，但有锯齿。
  - **高 PPI 时代 (160+ PPI)**：如 27 寸 4K。如果还用 1x 显示，字会小到像蚂蚁一样。
  - **解决方案：缩放 (Scaling)**。用更多的物理像素来显示一个逻辑像素，让字变大，同时边缘更锐利。
- 

### 10.3 3. Windows 的缩放机制：DPI Scaling

---

Windows 的处理方式简单粗暴，但兼容性历史包袱重。

### 10.3.1 机制：矢量放大

当你设置“缩放 150%”时，Windows 会告诉软件：“请把你的界面画大 1.5 倍”。\* **现代软件 (Chrome, Office)**：完美支持。它们会加载更高清的矢量图标和字体，显示效果锐利。\* **老旧软件 (Legacy Win32)**：灾难。它们听不懂“画大 1.5 倍”的指令，还是按 100% 画。Windows 只能强行把它们生成的画面拉伸放大，导致**字体模糊**（像把一张小图强行放大）。

### 10.3.2 2K 屏幕的优势

在 27寸 2K (109 PPI) 下，Windows 默认使用 **100% 缩放**。\* **优点**：所有软件（包括老古董）都是点对点显示，**绝对清晰**，没有任何模糊问题。  
\* **缺点**：字体细腻度不如 4K。

## 10.4 4. macOS 的缩放机制：HiDPI (Retina)

苹果对画质有洁癖，它的缩放逻辑完全不同。

### 10.4.1 4.1 黄金法则：2x 整数缩放

macOS 最喜欢 **200%** 缩放。\* **逻辑**：1 个逻辑点 = 2×2 个物理像素。\* **效果**：UI 大小和 1080p 一样，但清晰度是 4K。\* **完美搭档**：\* **24寸 4K** (PPI 185) \* **27寸 5K** (PPI 218) —— Apple Studio Display 的规格。

### 10.4.2 4.2 尴尬的 27寸 4K：非整数缩放

市面上最常见的 27寸 4K 显示器，在 Mac 上其实很尴尬。\* **如果开 200% (1080p 逻辑)**：字太大了，屏幕装不下多少东西。\* **如果开“默认” (类似 2K 逻辑)**：这就触发了 macOS 的**非整数缩放**。

幕后发生了什么？(以“模拟 2560x1440”为例)

1. **渲染 (Render)**：显卡先渲染一张 **5120 × 2880 (5K)** 的超高清画面。
2. **缩放 (Scale)**：显卡把这张 5K 画面**缩小 (Downsample)** 到 3840 × 2160 (4K) 输出给显示器。

### 后果

1. **GPU 负担增加**：显卡实际在跑 5K 分辨率，比跑 4K 多了 78% 的像素量。老款 Intel Mac 可能会掉帧发热。
2. **理论画质损失**：因为不是点对点，像素之间存在插值。
  - 实际观感：在 4K 这种高 PPI 下，肉眼几乎**看不出**模糊，依然非常锐利。

## 10.5 5. 总结与选购建议

### 10.5.1 场景对比

场景	Windows 表现	macOS 表现
27寸 2K	完美 (100% 缩放, 无兼容性问题)	差 (不支持 HiDPI, 字体发虚)
27寸 4K	优秀 (150% 缩放, 主流软件清晰)	良好 (需非整数缩放, 轻微 GPU 损耗)
27寸 5K	优秀 (200% 缩放)	完美 (200% 整数缩放)

## 10.5.2 避坑指南

---

### 1. Mac 用户：

- **死都不买 2K**：除非你只打游戏。
- **放心买 4K**：虽然有“非整数缩放”的问题，但在 M1/M2/M3 芯片面前，性能损耗可以忽略不计，画质吊打 2K。
- **追求极致买 5K**：如果你是像素眼设计师，5K 才是归宿。

### 2. Windows 用户：

- **2K 最省心**：不用折腾缩放，所有软件都清晰。
- **4K 看需求**：如果你常用的工业软件对高 DPI 支持不好（字太小或界面乱），2K 可能是更好的选择。

## 11. 术语表 (Glossary)

---

本页按字母顺序收录了显示器领域的常见专业术语，帮助你快速查阅。

### 11.1 A

---

#### 11.1.1 ABL (Auto Brightness Limiter)

---

**自动亮度限制。** OLED 显示器的保护机制。当屏幕显示大面积白色时，为了防止过热和烧屏，系统会强制降低全屏亮度。

#### 11.1.2 Adobe RGB

---

一种专业的色彩空间，覆盖了 CMYK 打印机的色域。主要用于**平面设计**和**印刷**行业。

### 11.2 B

---

#### 11.2.1 Blooming (光晕效应)

---

在 Mini-LED 或分区背光显示器上，当在黑色背景上显示明亮物体时，物体周围出现的一圈灰白色光晕。这是因为背光分区无法像像素一样精确控制大小。

### 11.3 C

---

#### 11.3.1 Color Gamut (色域)

---

显示器能显示的颜色范围。常见的标准有 sRGB (互联网标准)、DCI-P3 (电影标准) 和 Adobe RGB (印刷标准)。

### 11.4 D

---

#### 11.4.1 Delta E ( $\Delta E$ )

---

**色准。** 衡量显示器显示的颜色与标准颜色之间差异的数值。 $\Delta E < 2$  通常被认为肉眼无法区分差异。

#### 11.4.2 DSC (Display Stream Compression)

---

**显示流压缩技术。** 一种无损（视觉上）的图像压缩技术，用于通过带宽有限的接口（如 DP 1.4）传输高分辨率、高刷新率的画面（如 4K 144Hz）。

### 11.5 F

---

#### 11.5.1 FRC (Frame Rate Control)

---

**帧率控制**（俗称“抖动”）。一种利用人眼视觉暂留，通过快速切换颜色来模拟更多色彩的技术。例如，8-bit + FRC 可以模拟 10-bit 色深。

#### 11.5.2 FreeSync

---

AMD 推出的 VRR (可变刷新率) 技术，基于开放标准，兼容性好，成本低。

## 11.6 G

---

### 11.6.1 G-Sync

NVIDIA 推出的 VRR 技术。分为 G-Sync Compatible (软件兼容)、G-Sync (含专用芯片) 和 G-Sync Ultimate (顶级 HDR)。

### 11.6.2 GtG (Gray to Gray)

**灰阶响应时间。**像素从一个灰度级转变到另一个灰度级所需的时间。是衡量显示器响应速度的最核心指标。

## 11.7 H

---

### 11.7.1 HDR (High Dynamic Range)

**高动态范围。**一种能提供更高亮度、更深黑色和更丰富色彩的技术，旨在还原人眼在真实世界中看到的视觉效果。

### 11.7.2 HiDPI

**高像素密度。**macOS 的一种渲染模式，利用超高分辨率屏幕（如 Retina）来显示极其锐利的文字和 UI，通常需要 200% 的缩放比例。

## 11.8 I

---

### 11.8.1 ICC Profile

**色彩配置文件。**一个包含显示器色彩特征的小文件，操作系统利用它来修正颜色输出，确保色彩准确。

## 11.9 L

---

### 11.9.1 LFC (Low Framerate Compensation)

**低帧率补偿。**VRR 技术的一项功能。当游戏帧率低于显示器 VRR 范围下限时，自动将刷新率翻倍（如 40fps -> 80Hz），以保持画面流畅。

## 11.10 M

---

### 11.10.1 MPRT (Moving Picture Response Time)

**动态画面响应时间。**一种通过插黑帧或频闪背光来减少视觉残留的指标。虽然数值好看（如 0.5ms），但通常伴随着亮度降低和频闪。

## 11.11 N

---

### 11.11.1 Nit (尼特)

亮度的单位，等于  $\text{cd/m}^2$  (坎德拉/平方米)。

## 11.12 O

---

### 11.12.1 Overdrive (OD)

**过驱动。**通过增加电压来加速液晶分子偏转的技术，能降低响应时间，但开得太高会导致“过冲”和鬼影。

## 11.13 P

---

### 11.13.1 PPI (Pixels Per Inch)

---

**像素密度。**每英寸屏幕上的像素数量。PPI 越高，画面越细腻。

### 11.13.2 PWM (Pulse Width Modulation)

---

**脉冲宽度调制。**一种通过快速开关背光来调节亮度的技术。低频 PWM 可能会导致部分用户眼部疲劳或头痛。

## 11.14 R

---

### 11.14.1 Refresh Rate (刷新率)

---

屏幕每秒钟更新画面的次数，单位是 Hz。

## 11.15 S

---

### 11.15.1 sRGB

---

最通用的色彩空间，几乎所有互联网内容（网页、视频、游戏）都是基于 sRGB 制作的。

## 11.16 T

---

### 11.16.1 TE (Tearing)

---

**画面撕裂。**当显卡输出帧率与显示器刷新率不同步时，屏幕上下两部分显示了不同的帧，导致画面出现错位。VRR 技术可以解决此问题。

## 11.17 V

---

### 11.17.1 VRR (Variable Refresh Rate)

---

**可变刷新率。**允许显示器实时调整刷新率以匹配显卡的帧率，从而消除画面撕裂和卡顿。包括 G-Sync, FreeSync 和 HDMI VRR。

## 11.18 W

---

### 11.18.1 WOLED

---

LG Display 主导的 OLED 技术，使用白色 OLED 光源加 RGB 滤光片。

## 11.19 Z

---

### 11.19.1 Zone (分区)

---

Mini-LED 或全阵列背光显示器中，独立控制亮度的区域数量。分区越多，控光越精准，光晕越少。

## 12. 校色与设置指南 (Calibration & Settings)

---

买回来的显示器如果不进行正确设置，可能只发挥了 70% 的功力。本章将教你如何通过 OSD 菜单和简单的软件校准，获得最佳的视觉体验。

### 12.1 1. OSD 菜单关键设置

---

OSD (On-Screen Display) 是显示器自带的控制菜单。不同品牌叫法不同，但核心逻辑一致。

#### 12.1.1 1.1 画面模式 (Picture Mode)

---

- **推荐：sRGB 模式** (办公/网页)、**Standard/User 模式** (游戏/影音)。
- **避坑：**尽量少用 "FPS模式"、"RTS模式" 或 "护眼模式"，它们通常会严重偏色（如画面泛黄或对比度过高）。

#### 12.1.2 1.2 响应时间 (Overdrive / OD)

---

- **作用：**决定像素变色的速度。
- **设置建议：**
  - 通常有 "慢"、"正常"、"快"、"极速" 几档。
  - **强烈建议选“正常”或“快”（中间档位）。**
  - **千万不要开到最高档**（如 "Extreme" / "MPRT"），否则会出现严重的**鬼影 (Inverse Ghosting)**，即移动物体后面拖着白色的尾巴。
  - 自测方法：访问 [testufo.com](https://testufo.com)，观察 UFO 尾部，选择拖影和鬼影最平衡的一档。

#### 12.1.3 1.3 色温 (Color Temperature)

---

- **推荐：6500K** (或叫 "Warm", "Normal")。这是标准白点，最接近正午阳光的颜色。
- **避坑：**"Cool" (冷色) 通常在 9300K 以上，画面严重发蓝，虽然乍一看很亮，但容易伤眼且色彩不准。

#### 12.1.4 1.4 黑色均衡器 (Black Equalizer)

---

- **作用：**强行提亮暗部细节。
- **建议：**
  - **竞技游戏 (CS:GO)：**可以适当调高，看清躲在暗处的敌人。
  - **看电影/3A大作：**建议关闭或设为默认值。否则画面会发灰，失去立体感。

#### 12.1.5 1.5 亮度 (Brightness)

---

- 不要无脑 100%。根据环境光调节（参考[基础参数章](#)）。一般室内 30-50% 足够。
- 

## 12.2 2. Windows / macOS 系统设置

---

### 12.2.1 2.1 开启高刷新率

---

很多新手买了 144Hz 显示器，用了几年其实一直在 60Hz 运行。\* **Windows:** 设置 -> 系统 -> 屏幕 -> 高级显示设置 -> 选择刷新率。\* **macOS:** 系统设置 -> 显示器 -> 刷新率。

### 12.2.2 2.2 开启 10-bit 颜色 (如果支持)

- **Windows:** 需要在 NVIDIA/AMD 显卡控制面板中手动开启。
- **NVIDIA** 控制面板 -> 更改分辨率 -> 使用 **NVIDIA** 颜色设置 -> 输出颜色深度 -> *10bpc*。

### 12.2.3 2.3 开启 HDR (仅限 HDR600 以上显示器)

- **Windows:** Win + Alt + B 快捷键开关。
- **建议:** 普通 SDR 显示器 (HDR400 及以下) **不要开启 Windows HDR**, 否则桌面会发灰, 色彩惨淡。

---

## 12.3 3. 进阶：加载 ICC 配置文件

如果你没有校色仪, 可以去 [rtings.com](https://rtings.com) 或 [tftcentral.co.uk](https://tftcentral.co.uk) 下载同型号显示器的 ICC 文件, 虽然每台机器体质不同, 但通常比默认好。

### 12.3.1 Windows 加载 ICC 步骤

1. 下载 `.icm` 或 `.icc` 文件。
2. 右键 -> 安装配置文件。
3. 搜索打开 "颜色管理" (Color Management)。
4. 在 "设备" 选项卡中选择你的显示器。
5. 勾选 "使用我对此设备的设置"。
6. 点击 "添加", 选择刚才安装的 ICC 文件, 设为默认。

### 12.3.2 macOS 加载 ICC 步骤

1. 将文件复制到 `~/Library/ColorSync/Profiles`。
2. 打开 "系统设置" -> "显示器"。
3. 在 "颜色描述文件" 下拉菜单中选择你添加的文件。

---

## 12.4 4. 终极方案：使用校色仪

如果你是设计师或摄影师, 建议购买或租赁校色仪 (如 Calibrite Display Pro 或 Datacolor Spyder)。

**推荐软件:** \* **DisplayCAL** (免费、开源、强大)。比原厂软件更精准, 但速度较慢。

**校色目标建议:** \* **白点:** 6500K \* **Gamma:** 2.2 (Windows/通用) 或 sRGB \* **亮度:** 120 cd/m<sup>2</sup> (推荐)