

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: ΔE)	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

 Deploy MkDocs with PDF passing

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 ΔE (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 ΔE 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 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 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 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](#)。

3.1.1.1 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
1080p / FHD	Full HD	1920 × 1080	~200万	办公、普通网游、入门级显示器
2K / QHD	Quad HD	2560 × 1440	~370万	当前主流。进阶办公、3A游戏甜点级选择
4K / UHD	Ultra HD	3840 × 2160	~830万	专业设计、影视后期、高端影音娱乐
5K	-	5120 × 2880	~1470万	Mac 生态标准、专业平面设计
8K	-	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。

3.1.1.2 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: $\text{PPI} = \sqrt{\text{水平像素}^2 + \text{垂直像素}^2} / \text{屏幕尺寸(英寸)}$

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, 字体会发虚、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"	~109	主流甜点。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**：在支持的游戏中能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)**： $\text{距离} = \frac{\text{屏幕尺寸}}{\text{PPI} \times 2.54} \approx \frac{\text{屏幕尺寸}}{\text{PPI}} \times 3438 \text{ mm}$



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	60-70 cm	50 cm
27\"	2K	109	70-80 cm	60 cm
27\"	4K	163	60-70 cm	40 cm
34\"	3440×1440	109	80-90 cm	65 cm
32\"	4K	138	70-80 cm	50 cm

快速检验法

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)
1080p	207万	基准 (1x)	GTX 1660 / RX 6500 XT
2K	368万	1.8x	RTX 4060 / RX 7600
3440×1440 (21:9)	497万	2.4x	RTX 4060 Ti / RX 7700 XT
4K	829万	4x	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
- 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 ($\infty:1$)	纯黑 (像素不发光)	极致影音娱乐



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

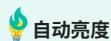
厂商标称的 1000:1 通常是全屏对比度（全白画面亮度 / 全黑画面亮度）。但在实际观看中，ANSI 对比度（棋盘格测试）更具参考价值。

- 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	80 - 120	必须调暗，否则像直视手电筒
温馨书房	100 - 300	150 - 250	舒适区间
明亮办公室	400 - 600	300 - 400	需要足够亮度对抗反光
靠窗/阳光直射	> 1000	500+	普通显示器可能看不清



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。稍微偏一点点，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。

4.1.1.1 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**。



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: ΔE)

色域决定了颜色的“多寡”，色准则决定了颜色的“对错”。

4.2.1 ΔE (Delta E) 的含义

ΔE 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。

- **ΔE < 1**：人眼无法区分。顶级专业监视器水准。
- **ΔE < 2**：专业标准。肉眼几乎看不出差异，适合设计修图。
- **ΔE < 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。
- **ΔE > 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 ΔE)**，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 ΔE)**。只有最大值也控制在合理范围内，才是真正专业屏。

4.2.3 进阶知识：ΔE 的版本差异

并不是所有的 ΔE 都是一样的。* **ΔE 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”。* **ΔE 2000 (OO)**：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 ΔE 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抖10 (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抖10”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**背光层**（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



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**： $< 0.03\text{ms}$ 。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	99.3% P3 (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**，但它把背光层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，且细节浮现**。

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。



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(\text{冗余}) \$\$

```
ychart-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	DisplayPort (DP)	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	HDMI 2.1	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	HDMI 2.1	电视通常没有 DP 接口。
笔记本外接	USB-C (DP Alt)	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。

8.1.1.1 ✗ 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。

8.1.1.2 ✓ 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)

要看懂防蓝光，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酸胀、头痛，罪魁祸首往往不是蓝光，而是频闪 (Flicker)。

8.2.2.1 ✗ 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**。

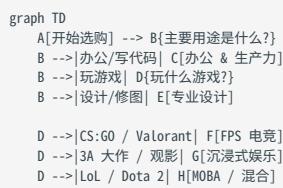
9. 选购指南

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：



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，字体会发虚。
- **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：
 - 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。
 - 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）。
 - 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，开启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 3840×2160 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 1920×1080 。
- 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 (ΔE)

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 cd/m² (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，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 -> 10 bpc.

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 rttings.com 或 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/m² (推荐)