

屏幕基本

基本概念

印刷单位

pt (point): 适用于印刷领域的长度单位, 是**不变的真实的物理长度**单位, 其他长度单位还有 inch、cm、mm 等.

dpi (dots per inch): 印刷时有印刷网格, 其中的一个基本单元称为**墨点 (dot)**, 表明该印刷机的最小印刷单元. 为了描述印刷的清晰度, 用 dpi 表示一英寸内墨点的个数 (一条路径上, 通常是指对角线, 下面的屏幕尺寸, 屏幕像素数等都是同理). **dpi 越大对应墨点越小, 印刷越清晰.**

屏幕单位

屏幕尺寸 inch: 通常用 inch 单位作为描述屏幕尺寸大小的

px (pixel): 屏幕上的一个像素点, 是屏幕显示的最小单位, 由屏幕硬件设备决定, **相同分辨率不同尺寸的屏幕像素大小不同.**

1920 * 1080 颗像素放到一台 40 寸的小米电视机里面, 也可以将同样多的像素全部塞到一台 5.5 寸的 iPhone7 Plus 手机里面去, 那么对于 40 寸的电视而言, 每个像素颗粒当然会大于 5.5 寸的手机的像素。

分辨率: 用宽高上的像素个数表示一个屏幕的分辨率, 如 16:9 比例屏幕下, 1080p 指的就是分辨率是 1920px * 1080px, 2K 指的就是分辨率是 2560 * 1440, 4K 指的就是分辨率是 3840px * 2160px;

ppi (pixels per inch): 屏幕像素密度, 表示屏幕上每英寸的像素点个数, 是衡量屏幕清晰度的一个重要指标, 这里的“每英寸”对于**屏幕**则就是**不变的尺寸长度**, ppi 越高, 屏幕显示的越清晰, **同样 ppi 的屏幕所对应的单个像素大小是一致的 (假设是正方形像素)**, 即 **ppi 表明了真实物理的像素大小. ppi 越大对应屏幕尺寸越小或像素越小.**

数字屏幕打印与缩放

如今的应用图片文档都有打印的功能, 在打印的过程中, 一个墨点并不是对于一个像素点, 墨点大小是根据打印机但像素点大小是根据屏幕的, 所以就有了以下问题:

- 一个墨点的大小是多少?
- 位图缩放时其具有的像素点个数应该不变, 但是其像素尺寸增大, 这与屏幕像素尺寸不一, 如何区分?

- 由于应用图片文档所占用的像素点个数是不变的，不同 ppi 的屏幕显示的像素点大小不一，那就会导致显示的应用图片文档的尺寸大小不一，那如何解决？

显然问题一在打印机 dpi 规定好之后就确定了，则用户只需要知道应用图片文档所占用的像素个数即可知道打印出的应用图片文档的尺寸大小；

对于问题二，引入了一个新的概念：**dip/dp (density-independent pixel)**：设备无关像素，表示**应用图片文档所占用的像素大小**。这个像素在应用图片文档缩放时个数不变，但其像素大小（也代表着应用图片、文字文档在屏幕上显示的大小）会改变，**也用 dpi 表示设备无关像素密度**（由于打印机 dpi 概念已经很少使用或变化了，下面用**屏幕 dpi** 和**打印 dpi** 区分位图的屏幕和打印的清晰度）。

显然在应用图片文档缩放时（**dp 个数不变，只相对屏幕缩放**）其屏幕 dpi 也会改变，但是并不代表其在屏幕上的清晰度改变了，因为对于矢量图，屏幕可以无限补充细节像素，**屏幕 dpi 改变**只代表其字体**在屏幕上的尺寸**改变了；对于位图，由于像素个数不变，其 1dp 所占据的 px 都用相同或双线性插值模拟，整体尺寸变化所以**在屏幕上的清晰度会变化，但打印出的清晰度不变**（打印 dpi 不变）

当**图片相对文档内缩放**时，其占用的**屏幕 dp 个数**不变，但是对应**打印 dot 个数**改变了，所以其相对文档的像素尺寸改变了（文档相对屏幕不缩放，对于文档 1dp = 1px），也就改变了真实物理打印出的尺寸，改变了打印 dpi，影响了清晰度，所以同时影响屏幕显示清晰度和打印清晰度。所以期刊论文都会规定图片的打印 dpi 以保证打印出的清晰度。

对于问题三，为了确保**不同的 ppi 屏幕能显示真实物理尺寸**的应用图片文档文字，不同的系统提供了标准的缩放比例和标准 ppi/dpi，例如 **Windows 提供的标准 ppi/dpi 是 96 ppi/dpi**（对于 Android 是 160 ppi/dpi），此时的屏幕**能保证 dp 描述的尺寸大小是真实的**，在此标准下的任意分辨率尺寸屏幕都能真实显示物理尺寸大小。在高 ppi 的屏幕上可以通过增大缩放比例达到 96 ppi/dpi 以显示真实物理尺寸大小。

density：密度比例，屏幕 ppi（也是最大 dpi）与标准 ppi/dpi 的比例

scaling：缩放比例，屏幕 ppi（也是最大 dpi）与当前屏幕 dpi 的比例（通常不小于 100%）。当屏幕缩放比例**使用 density 时，屏幕 dpi 为标准 ppi/dpi**。

总结

长度

分为屏幕尺寸和打印尺寸

pt, inch, mm, cm

1 inch = 72 pt = 2.54 cm, 1 pt = 0.35 mm, 1 mm = 2.83 pt

基本单元

打印用 dot 大小基本固定（打印机决定，可以近似看成长度单位），应用图片文档文字占用用 dp，屏幕用 px；

大多数情况下 px 的大小都不大于 dp，dot 大小和 px 与 dp 没有绝对关系.

$$Size_{dp} = scaling \times Size_{px}$$

清晰度

$$\text{打印 dpi} = \frac{N_{pd}}{Size_{print}(\text{inch})}, \text{ 屏幕 dpi} = \frac{N_{pd}}{Size_{screen}(\text{inch})}, \text{ ppi} = \frac{N_{px}}{Size_{screen}(\text{inch})}.$$

屏幕 dpi 和 ppi 不影响打印清晰度（由打印 dpi 决定），屏幕 dpi 越小位图清晰度越低（矢量图不变），ppi 改变会改变整体屏幕清晰度，打印 dpi 影响位图的屏幕清晰度和打印清晰度.

缩放

屏幕和应用图片文档文字缩放会改变屏幕 dpi；位图在打印文档内缩放会改变其打印 dpi（改变了打印尺寸但 dp 个数不改变）；屏幕分辨率和尺寸的改变会改变 ppi，使用多个像素模拟单个像素.

$$\text{density} = \frac{\text{ppi}}{\text{标准 ppi/dpi}} = \frac{Size_{dp,print}}{Size_{px}}.$$

$$\text{scaling} = \frac{\text{ppi}}{\text{屏幕 dpi}} = \frac{dpi_{\max}}{\text{屏幕 dpi}} = \frac{Size_{dp,screen}}{Size_{px}}.$$

当 $\text{density} = \text{scaling}$ 时，屏幕 dpi = 标准 ppi/dpi, $Size_{dp,print} = Size_{dp,screen}$.

转换

windows 标准 dpi/ppi 下:

$$Size_{px} = \frac{1}{\text{ppi}}(\text{inch}) = \frac{2.54}{\text{ppi}}(\text{cm}) = \frac{72}{\text{ppi}}(\text{pt})$$

$$Size_{dp,print} = \frac{1}{\text{标准 ppi/dpi}} = \frac{1}{96}(\text{inch}) = 0.265\text{mm} = 0.75\text{pt}$$

$$Size_{dp,print} = \text{density} \times Size_{px}$$

$$Size_{dp,screen} = \text{scaling} \times Size_{px} = \frac{\text{scaling}}{\text{density}} \times Size_{dp,print}$$

由 N_{px} , ppi, scaling 可以推出对应打印的尺寸大小:

$$Size_{\text{print}} = N_{\text{px}} \times Size_{\text{px}} \times \frac{\text{density}}{\text{scaling}} = \frac{72}{96} \times \frac{N_{\text{px}}}{\text{scaling}}(\text{pt}) = 0.75 \times \frac{N_{\text{px}}}{\text{scaling}}(\text{pt})$$

例子

Huawei MateBook D 15 2022 屏幕 15.6inch, 1920px * 1080px, 像素密度为

$$\sqrt{1920^2 + 1080^2}/15.6 = 141 \text{ PPI}, \text{ density} = 141/96 = 147\%$$