

胶片摄影的曝光和测光表的使用



目录

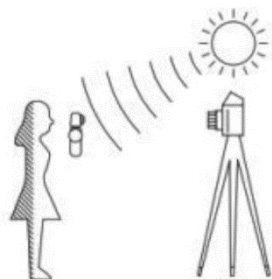
一、测光表的种类	2
1、入射式测光表（光线直接照在测光球上的亮度，需要靠近被摄物体）	2
2、反射式测光表（光线照亮被摄物体，测量被摄物体反射光的亮度）【平均测光】（照相机内测光系统）	2
二、TTL 测光	2
1、中央重点测光（第一代 TTL 测光）（大部分包含测光及手动对焦的 135 胶片相机）	3
2、评价测光（区域测光）	3
三、灰度	3
四、EV 值	4
1、EV 值的初步应用	6
2、高反差时的曝光调整	7
五、宽容度	7
1、负片的宽容度	9
2、反转片的宽容度	10
3、数码相机宽容度	10
六、区域曝光	10
1、区域	10
2、室内（影棚）的区域曝光	12
七、反转片和彩色负片的曝光	12
1、光的平方反比	13
2、反转片的曝光（区域测光）	13
3、彩色负片的曝光	14
4、夜景的曝光	14

胶片摄影的曝光和测光表的使用

一、测光表的种类

测光系统以还原中性灰为准

1、入射式测光表（光线直接照在测光球上的亮度，需要靠近被摄物体）



2、反射式测光表（光线照亮被摄物体，测量被摄物体反射光的亮度）【平均测光】（照相机内测光系统）



平均测光在明暗失衡的环境下不适用，由此产生局部测光。反射式测光表在接近被摄主体时近似于局部测光，以还原被摄主体亮度为主，忽略背景明暗（牺牲背景细节）。

二、TTL 测光

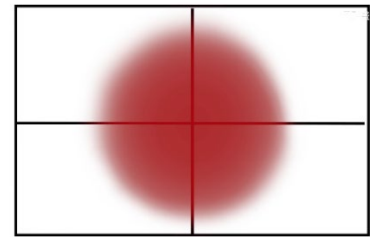
数码相机内测光系统为 TTL (through the lens, 通过镜头) 测光，相较于外置式测光表测光结果会更加准确，外置测光表会受到不同相机镜头素质等的影响。



TTL 可以在镜头后测量通过镜头的真正的实时的亮度值，以达到不通过计算（外置式测光表）直接提供曝光建议的目的。

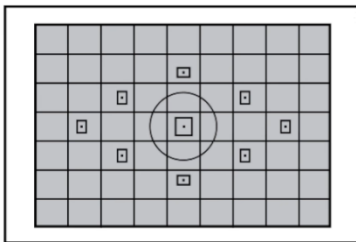
1、中央重点测光（第一代 TTL 测光）（大部分包含测光及手动对焦的 135 胶片相机）

假定一个画面，被摄主体在画面中央，而背景亮度会对被摄主体产生干扰（被摄主体与背景的光比过大）。中央重点测光会在画面中央及画面边缘分别测光，获得中央曝光值 A 及边缘曝光值 B，此时对中央曝光值 A 和边缘曝光值 B 进行加权计算后得到相机建议曝光值 $C(C=A \times x\%+B \times y\%, x>y>0)$ ，以此获得画面的整体平衡。当被摄主体不处于画面中央时，可以移动相机使被摄主体位于画面中央，半按快门锁定曝光重新构图。



中央重点测光

2、评价测光（区域测光）

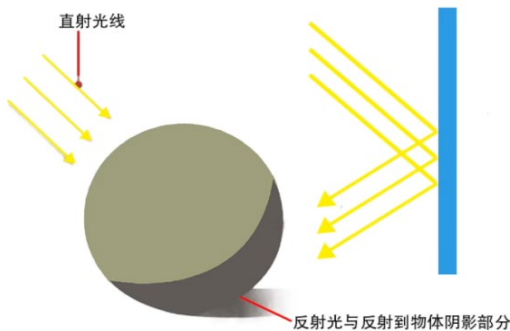


评价测光示意图

当被摄主体位于画面边缘，合焦点位于被摄主体上，此时合焦点的曝光时获得更高权重。

三、灰度

测光还原的根本逻辑是还原反射率为 18% 的中等灰。



曝光量差一倍
实际的灰度只差了一档



物体的亮度是靠反射光源的光线来呈现的。当物体能更多的反射光线，则物体更亮（白）。

人眼所见的黑： 5%~10% 反射率

人眼所见的白： 70%~80% 反射率

对于人眼而言，光线的亮度差一倍，我们实际看到的灰度差一档。故我们对亮度的认知也应该是呈倍数关系的（可以理解为人眼对光线的感知不是线性的）。如原本反射率为 80% 的白色暗一档时，反

射率变为 40%。存在等比关系 $a_n=2^{n-1}$ ，因此 18% 反射率的灰处于光谱中间测光参考点。

在橄榄形的色彩分布图上，可以看到任何颜色在腰部都是最粗的，即这里包含的颜色是最丰富的，当颜色变为黑白时，这里是细节最丰富、内容最多的。靠近两端会被压缩成纯黑（死黑）或纯白（死白）。同时这也和影响载体（胶片或传感器）的宽容度有关。在宽容度内所有的影像都是包含细节的，越往中间细节越丰富，可以看到的東西越多。基于此，测光表测到的数值都是以 18%反射率的中灰为标准的。



四、EV 值

$$EV=AV+TV$$

$$AV \text{ (Aperture Value 光圈值, 光圈档数)} = \log_2 \text{光圈}^2$$

$$TV \text{ (Time Value 快门值, 快门档数)} = \log_2 \text{快门的倒数}$$

即一档快门或一档光圈的差就是 1EV，同样的一档快门加一档光圈的值就可能是 2EV。



注意：这种整级快门仅适用于机械相机或老式相机，因为现代数码相机的光圈快门的一档相当于整级（相邻两档之间差一倍）一档的 $\frac{1}{3}$ ，即在现代数码相机上的 3 档为 1EV。（ $\frac{1}{15}$ 与 $\frac{1}{16}$ 只是工艺不同产生的差异）



$$\text{光圈值} = \text{焦距} / \text{光圈直径}$$

当光线的亮度差一倍，在灰度上即会差一档也就是 1EV。光线的亮度与光圈的面积有关，即光圈的面积每大一倍，通光量就大一倍。根据公式 $S = \frac{\pi d^2}{4}$ ，当光圈变化一档即 S 变大 1 倍时， $S_1 = 2S$ ，于是 d 满足 $\sqrt{2}$ 倍的关系，即整级光圈呈 1.4 的倍数变化。

EV 值对照表

EV 值		光圈													
		1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32	45	64	90
快门	60"	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
	30"	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	15"	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	8"	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4"	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	2"	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1"	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	8	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	15	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	30	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	60	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	125	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	250	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	500	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1000	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
2000	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	

常见场景 EV 值参考

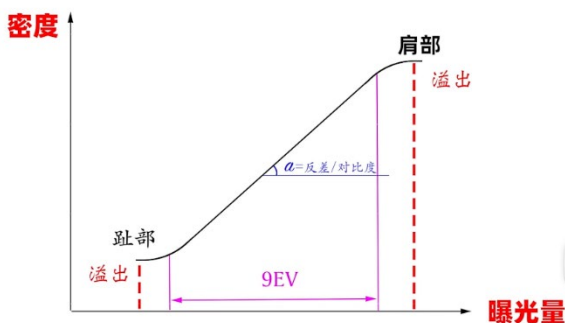
场景	EV 值
白天明显影子下的沙滩和雪景	16
白天晴天有明显影子	15
白天晴天影子不明显	14
白天阴天白云很亮（无影子）	13
白天阴天白云不亮（无影子）	12
白天晴天阴影下	12
室外彩虹蓝天万里无云	15
室外彩虹灰天乌云笼罩	14
日落前的几分钟	12-14

1、EV 值的初步应用



通常情况下，所拍摄的照片中亮部与暗部的 EV 差 ΔEV 为 5，即画面中最亮的部分与最暗的部分的亮度差 ΔEV 最多为 5（5EV 可以是差 5 档快门或 5 档光圈）。晴天或光比较大时 ΔEV 可能会大于 5，同理阴天或光比较小时 ΔEV 可能会小于 5。胶片相机所使用的普通黑白负片的宽容度通常为 9EV，所

拍摄景物的反差 $\Delta EV=5$ 时（通常情况下），将其控制在胶片的这 9EV 中，则意味着画面中所有的曝光都是有细节的，即便是画面整体偏亮或偏暗都可以在暗房冲洗底片或扩印时调整。



普通负片的特征曲线

在某些场景下，如画面中包括了天空、太阳，夜景中包含了灯光，使得被摄主体处于逆光的状态下，即被摄物体本身的反差超过了底片的宽容度，如场景中的反差为 11EV，超过了黑白负片的宽容度 9EV，超出的这些部分会到达负片特征曲线的肩部和趾部产生溢出。

2、高反差时的曝光调整

在胶片摄影中为了减少或避免溢出，通常需要在拍摄前利用测光表判断被摄物体的光比（ ΔEV ）。通过测光表测量亮部的 EV 值 EV_1 与暗部的 EV 值 EV_2 （测光表一般不会直接显示 EV 值，如反射式测光表只会显示光圈与快门的组合，此时可以通过光圈与快门的值来计算 EV 值），得到光比 ΔEV （ $\Delta EV=EV_1-EV_2$ ）。

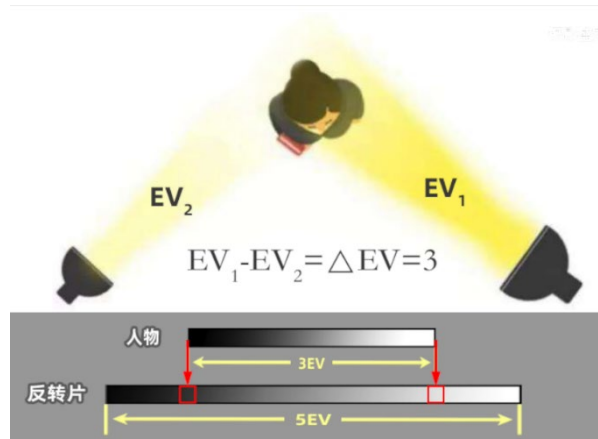
通常情况下，黑白负片的宽容度约为 9EV，彩色负片宽容度约为 7EV，彩色反转片（数码相机）宽容度约为 5EV。理论上当 ΔEV 在底片宽容度内即可记录全部细节，曝光后的亮部是否足够亮，暗部是否足够暗可以通过暗房中的冲洗或扩印调整。当亮部光照较大，暗部无法进行提亮，导致 ΔEV 大于底片宽容度，如 ΔEV 为 6 时，通过黑白负片和彩色负片拍摄没有问题，但当使用彩色反转片拍摄时，会造成亮部或（和）暗部的溢出，这是需要加曝光牺牲掉亮部细节或减曝光牺牲掉暗部细节。数码相机的溢出警告会提醒拍摄者画面中的哪些部分超过了相机的宽容度。

当反差极高超过了底片宽容度时，可以通过以下方式调整：

- ① 近距离拍摄（如人像）时进行补光（补光灯、闪光灯、反光板等），注意暗部补光后亮度仍要弱于高光部分（即只是暗部变亮到可以看到细节）。
- ② 远距离拍摄（如风光）无法对暗部进行补光时，可以使用滤镜（渐变滤镜、偏振镜、黑白滤镜）。**渐变滤镜**通过黑色部分减少天空部分透过的光线以压暗过亮的天空；**偏振镜**通过过滤掉天空中主要的偏振光而非地面的全振光以压暗过亮的天空；**黑白滤镜**（仅适用于黑白摄影。天空中蓝天主要为短波长的蓝光，地面主要为全色光）的黄色、橙色或红色镜片通过减少透过的天空中的蓝光以压暗过亮的天空。
- ③ 局部遮挡（摇黑卡），在慢速快门拍摄时，通过在镜头前适当遮挡亮部以减少亮部曝光。如快门速度为 t ，遮挡亮部的时间为 t_1 ，此时 t_1 应小于 t 。
- ④ 数码相机降低反差。

五、宽容度

通常情况下，黑白负片的宽容度大于彩色负片的宽容度大于彩色反转片的宽容度，黑白负片的宽容度约为 9EV，彩色负片宽容度约为 7EV，彩色反转片（数码相机）宽容度约为 5EV。由于反转片是直接出片的，即底片已经是成品了（反转片的底片就已经是照片本身），不同于负片需要从底片再冲印成成品照片。

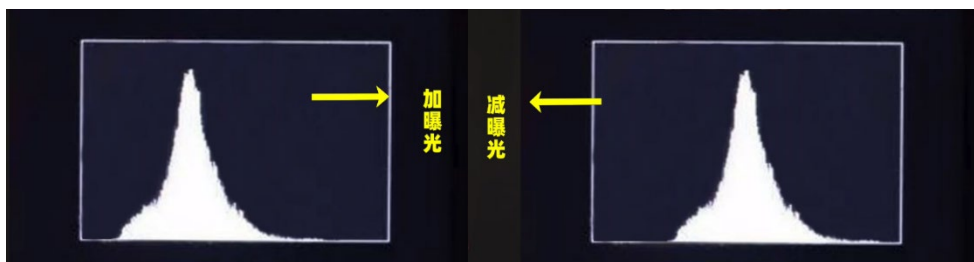
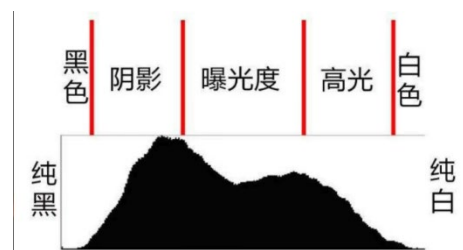


生活中常见的拍摄场景（环境）大多数反差在 5EV 内。设定一个场景，人物面前两侧分别设定两束灯光，测定人物面部左右两侧（亮部与暗部）的 EV 值分别为 EV1 和 EV2，当人物面部的反差 $\Delta EV=3$ 时，即可看到十分明显的伦布郎（伦勃朗）光。一般彩色反转片及数码相机的宽容度在 5EV，在上述条件下对人物面部进行曝光，可以获得如上图的对应关系。右侧红框的灰比中灰要亮，与人物面部的亮部灰度相同，如果再亮便会产生溢出，同理再暗便会趋近于中灰，而中灰不应是此时人物面部亮部应该出现的（高光的亮度一定大于中灰）。左侧红框是人物面部的暗部，这部分要足够暗才能形成伦布郎光，但也不能过黑以至于丢失细节（如皮肤纹理等）。

同样在上述场景的条件下，将反转片改为负片（数码相机记录格式由 jpg 改为 raw，通常情况下我们认为 jpg 相当于彩色反转片，即底片直接为成品，raw 相当与彩色负片，其宽容度远高于彩色反转片即 jpg）。底片的宽容度变大，此时在底片上，亮部与暗部都会向中灰趋近，因此会产生画面整体发灰发蒙。

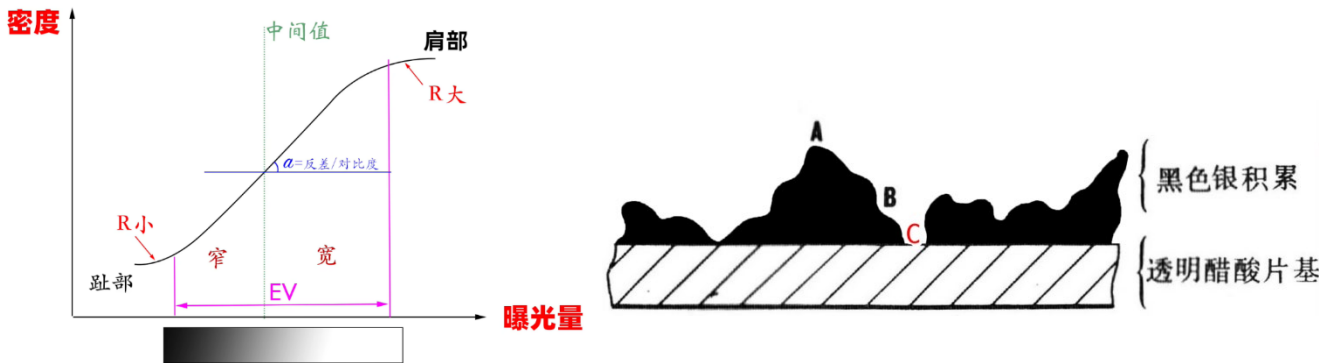
当被摄物体的反差 ΔEV 小于底片宽容度时，只要反差包含在底片宽容度中且两侧不溢出即可保留所有细节，只是画面明暗有所区别。

使用数码相机拍摄低反差的物体，可以实时看到这样的直方图。当我们加曝光或者减曝光时，直方图会向右或左移动，只要直方图不超过两边的边界（不溢出）就可以。

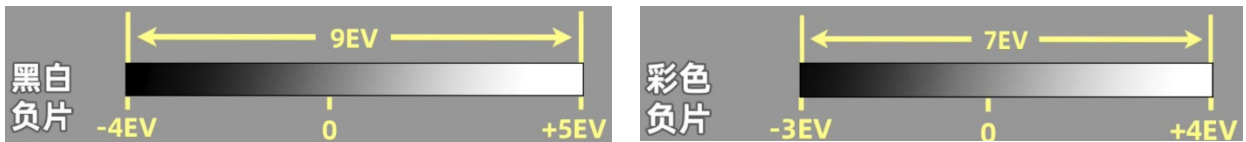


1、负片的宽容度

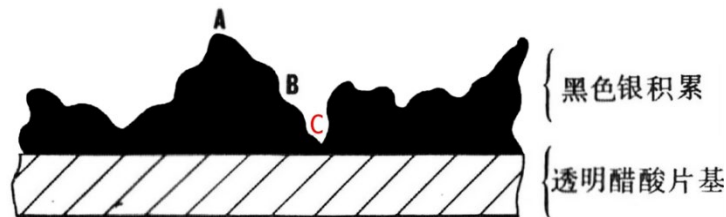
需要特别指出的是，胶片宽容度的中灰并不一定在胶片宽容度的中间。以负片成像为例，在银积累层最薄的地方（C）是可以没有银积累的，也就是说这里是溢出的没有纹理的，所有的银离子在感光激活时存在一个初始值，在初始值之前是无法记录任何细节纹理的。所以负片特征曲线中，趾部的转角半径要小于肩部，即暗部的宽容度比亮部要窄。



因此，负片的宽容度分布应该如下：



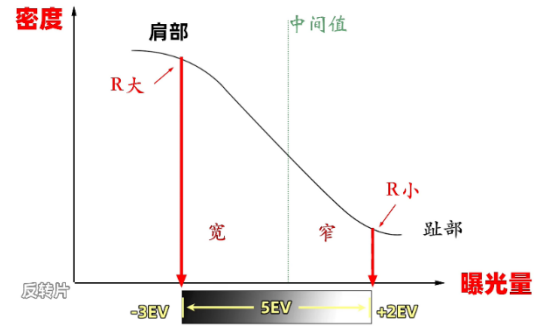
所以我们设定一个场景，以彩色负片为例，当我们拍摄一块 18% 反射率的中灰灰板时，通过测光表测得结果 $F8, \frac{1}{60}$ ，此时灰板在照片中也应显示为 18% 反射率的中灰（即底片宽容度 0 的地方）。当我们增加 4EV 得到结果 $F2.8, \frac{1}{30}$ ，此时拍摄的灰板在照片中显示为（纯）白色，同理在原结果的基础上减 3EV 得到结果 $F16, \frac{1}{125}$ ，此时拍摄的灰板在照片中显示为（纯）黑。因此在负片摄影中，出现宁过勿欠的说法，也就是向右曝光。因为在底片上亮的部分是底片最厚的部分（A），让这一部分充分曝光（向右曝光）后尽量使暗部即底片最薄的部分（C）出现一些细节，以此获得更加丰富的画面细节。



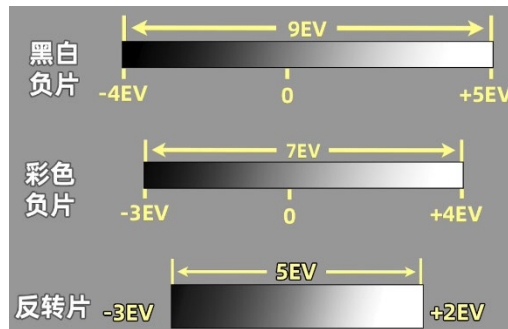
注意在这个场景中，使用反射式测光表时，测光表应尽量靠近灰板（TTL 测光选择局部测光或点测光），以免受到环境光影响。

2、反转片的宽容度

我们通常认为反转片的底片即成品相片，所以我们习惯认为反转片的宽容度在 5EV 左右。反转片的特征曲线与负片相反，即高光部分的银积累密度要小于暗光部分，所以我们普遍认为反转片的宽容度在负 3EV 到 2EV。

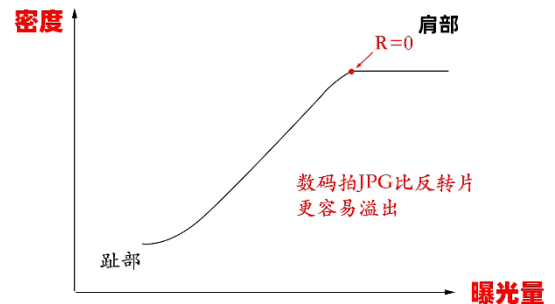


因此常用胶片的宽容度如下：



3、数码相机宽容度

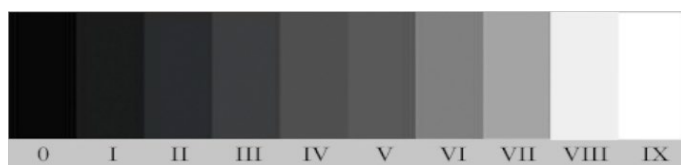
在使用数码相机拍摄 jpg 格式时，在宽容度的边界不是线性变化的，即当超过宽容度上限时的溢出是突然发生的，相当于 0 和 1 的关系。所以数码相机在拍摄 jpg 格式时比反转片更容易溢出，也就是高光部分被一刀切。由此在数码相机上产生了宁欠勿过的说法，即首先考虑保留亮部的细节，因为这部分在溢出后是完全没有数据记录的，相较之下暗部的后期提亮则更加容易。



六、区域曝光

1、区域

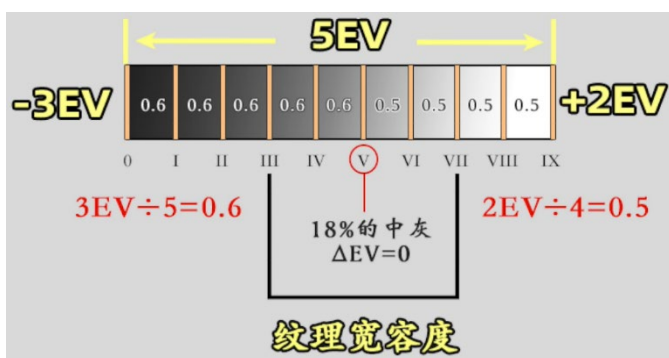
安塞·亚当斯将灰阶图分成了十个层（也有说法是是一个层，即从 0 到 X，以下均默认为十个层），（在照片上的呈现）两边的黑和白中是几乎没有细节的，向中间靠近时细节逐渐丰富，即越接近反射率为 18% 的中灰其细节越丰富。



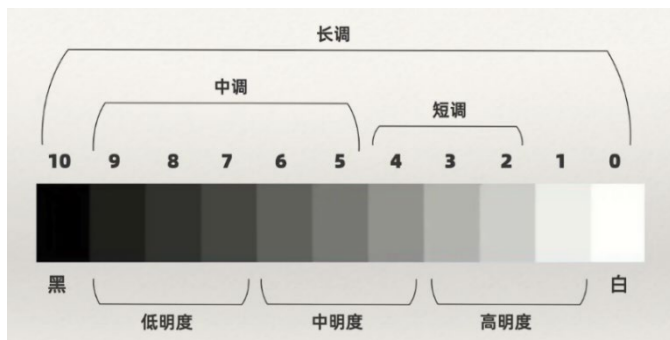
安塞·亚当斯将这十个区域描述为：

- ：纯黑，最黑，没有任何纹理，伸手不见五指；
- I：纹理黑，几乎全黑，能暗示性地看到纹理，看见的纹理取决于脑部（主观）；
- II：灰黑，可以明确看到纹理，尽管依稀，但很明确有纹理。
- III：黑灰，
- IV：暗灰
- V：中灰，反射率为 18%的中等灰密度
- VI：浅中灰
- VII：亮灰
- VIII：纹理白，尚有质感的白色，依稀纹理
- IX：纯白，没有任何纹理

III到VII区域是灰区，有丰富的纹理，这部分也叫纹理宽容度，即胶片宽容度去掉了肩部和趾部的区域。随着技术进步，安塞尔亚当斯的理论也显得落后且不合时宜。



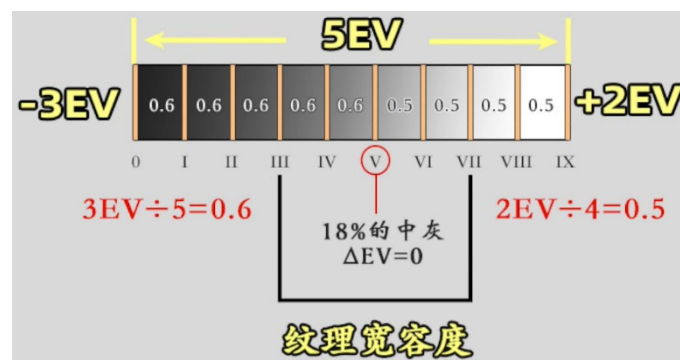
反转片宽容度增加分区后如下图所示，V是反射率为 18%的中等密度灰，即我们认为底片宽容度 ΔEV 为 0 的区域。亮部（V-IX）分为 4 个区域，每个区域差 0.5EV，暗部（0-V）分为 5 个区域，每个区域差 0.6EV。反转片的纹理宽容度为 2.2EV。



中长调：长调指尽可能拉长影调的区域，将少量没有纹理的区域并入画面。由于反转片的特性，这一部分通常放在暗部，也就是常说的宁欠勿过。自然光下，景物的反差一般都在 5EV 内，大部分负片的宽容度都远大于这个范围，所以几乎所有的影调都必须做减法（中光调）。

2、室内（影棚）的区域曝光

设定一个使用宽容度为 5EV 的反转片拍摄室内人像的场景，在灯光（左右两盏斜 45° 补光灯）场景布置好后，测得人物面部亮部与暗部的反差为 3EV。通常高光偏亮，应处于 V 区以上（右），但如果太亮则会失去皮肤质感，损失画面细节。根据纹理宽容度，高光上限应在 VII 区，即面部的高光放在 VII 区是合理的，既可以保留皮肤质感又可以保证画面亮度。现用测光表测得高光区域的参数为 $\frac{1}{60}$ 、f11（如果直接使用 $\frac{1}{60}$ 、f11 拍摄会将高光还原成中灰），这是亮部位于 V 区时的参数，要将其还原到 VII 区，即增加一档曝光（加 1EV），此时参数应为 $\frac{1}{60}$ 、f8。高光部分加了 1EV，则暗部反差剩余 2EV，由 V 区中灰向左减 2EV，暗部最暗处位于 I 区与 II 区之间，超出了底片的纹理宽容度，继续按照 $\frac{1}{60}$ 、f8 的参数拍摄，暗部会逐渐隐退到阴影中。如果希望保留人物面部的暗部细节（皮肤纹理），就需要使用更高纹理宽容度的胶卷（这里不考虑）或者降低人物的面部反差，要降低人物面部反差可以在暗部适当补光（移近暗部的补光灯或增加补光灯的功率等），但这会引发另一个问题，由于人物面部反差减小鼻影减轻，鼻子会失去立体感，面部显得扁而平。为了减小这种影响，可以在前期化妆的时候将鼻影适当打重一些（常见于高调人像摄影）。在背景也比较暗的时候（如黑、灰色背景），人脸暗部会逐渐隐到背景中（和背景糊在一起），所以在后 45° 上方加一盏造型灯用以提亮暗部，由此既保证了人物的立体感（鼻影）又让人物从背景中脱离出来（轮廓光）。



七、反转片和彩色负片的曝光

反转片通常根据色调分为标准色调（Kodak E100G、Fuji Provi100F）和鲜艳色调（KodakE100VS、Fuji Velvia100）两种。目前柯达在产的反转片 E100 模糊了柯达 E100G 和 E100VS 的差别，但总的来说还是更像 E100G。

1、光的平方反比

光的平方反比公式： $I \propto \frac{1}{r^2}$ ，I=光照强度，r=距离

光线的亮度和距离是呈反比的关系。当光源的距离靠近一个单位，亮度就是这个单位的二次方倍，即将灯的距离靠近一倍的话，实际亮度会增加四倍（相当于增加 3EV），反之将灯拉远，其实际亮度也会减少很多。

由光的平方反比公式，因为太阳的距离足够远，大部分相机与被摄物体的距离可以忽略不记，所以认为在自然光条件下被摄物体和我们的拳头受到的光照相同。由此类推，对于月亮的拍摄，如果要拍到月亮表面的细节，其曝光量大约等于正午 12 点脚下地面的亮度，大约是 $\frac{1}{125}$ 、F11。

2、反转片的曝光（区域测光）

在使用反射式测光表时，因为其感光探头感光范围夹角，需要离被测物体很近时才可以，在风光摄影和抓拍等无法靠近被摄主体的时候，用手握成一个拳头，这样在手背上通常可以看到高光和阴影，对着测就好。比如在测得手背高光读数后，需要视情况增加 1EV，因为宽容度为 5EV 的反转片，其纹理宽容度内的高光通常比中等灰（测光表读数）高 1EV，这样才能保证高光部分足够亮。注意，不是画面中最亮的部分，而是被摄主体的高光。比如测得参数是 $\frac{1}{250}$ ，F11，那么实际曝光就要是 $\frac{1}{250}$ ，F8 或 $\frac{1}{125}$ ，F11。所以说测光表的读数通常并不是实际的拍摄参数，而是曝光运算的起点。而自动胶片单反对反转片还是十分友好的，其机内测光通常不会使反转片翻车。

当高光不是画面的主要部分（如逆光拍摄）的时候，画面中该暗的部分一定要暗，如阴影下的人，人脸部分总是要暗一点的，放到 III、IV 号区域比较合适。这是握紧拳头对着阴影部分来测光，得到一个参数，以将阴影放在 IV 号区为例，V 号区和 IV 号区相差 0.6EV（约 $\frac{2}{3}$ 档），如果测光表的读数为 $\frac{1}{125}$ 、F5.6，那么实际的取值应该是 $\frac{1}{125}$ 、F7.1，对于一些老机械快门的胶片相机，机械快门的设定都是整档的，没有半档快门可以用，所以要精细调整只有通过光圈。

如果希望可以保留尽可能更多的细节（同时保留高光和暗部的细节，即高反差保留），不可避免地需要通过增加设备来达到效果，比如反光板、闪光灯、造型灯、ND 滤镜等。

3、彩色负片的曝光

负片拍摄的首要目标是记录到图像。

反转片的拍摄是没有后期的机会的。通常一张规范的曝光正常的照片最关键的是VII号区，最亮且需要保留细节，如人脸的高光，日出时的太阳等，所以一般对着这个部分测光，在彩色负片的条件下，测光表测得参数 $\frac{1}{125}$ 、F11，则实际曝光应该是 $\frac{1}{125}$ 、F5.6， $\frac{1}{30}$ 、F11， $\frac{1}{60}$ 、F8。使用测光表找III号区域（暗且有细节），如黑色的西服，III号区到V号区差1.2EV，这是 $\Delta EV=3.2EV$ ，如果被摄物体的反差在3.2EV内都可以保证暗、亮部都有细节。

一般在自然光条件下，暗部与亮部的反差在5EV以内，即大多数的拍摄条件下，测光表的平均测光可以满足绝大多数情况，尤其是在顺光条件下，多数是没有问题的。

在逆光环境下，人脸明显是在最暗的部分，这些阴影和高光的EV差一般会达到7-8EV以上，所以在拍摄逆光时，尽量选择暗色的背景（如背景的景物也处于逆光环境下），此时即便是相机的平均测光，由于阴影本身已经占到了主要的面积，所以此时可以直接按照测光值来拍摄，人物边缘会形成一圈高光将氛围拉满。如果是处于抢拍（抓拍）的需要无法选择较暗的背景，就需要增加曝光补偿。在部分相机上有一个曝光补偿功能（一般是增加2档），即从V号区增加到VII号区或从III号区增加到V号区，直接增加阴影部分的曝光，而高光部分则是过曝的（相当于一个白背景）。

既要人物又要背景，就要增加人造光源，但这样画面往往变得十分平庸，此时离机闪光灯或可调闪光灯就十分必要，使得阴影仍旧有阴影的样子，而非强调背景的高光，其次可以调整闪光灯的角度，使得人脸变得有高光有暗部，可以凸显立体感。此时不适用闪光灯而使用反光板也是可以的。一般的拍摄不需要既保留主体又保留背景。如果冲扫由自己完成，那么可以通过降低药水PH值或干脆过曝减冲，这样都可以极大的提高底片的宽容度。

4、夜景的曝光

普通夜景通常也不能使用测光表直接获得准确曝光，我们还是需要局部测光。首先看高光也就是灯光部分（如霓虹灯招牌），灯光最亮的可以放在VIII号区域，甚至电影卷（如5203等低感胶卷）可以加到4EV（IX号区），然后在彩色显影时适当减冲来减少部分反差增加宽容度，使暗部细节可以更多的保留。彩色负片也可以不使用C41而使用ECN-2冲洗来获得减冲效果。