x264视频压缩教程**完整版**

欢迎阅读本教程！本教程的难度一般, 若有什么不会的可以直接加群[691892901](https://jq.qq.com/?_wv=1027&k=5YJFXyf)哦(`･ω･´)ゞ

# 部分1a: 常识啊常识（｀＾´）ノ

### 封装文件

* MP4是最通用的格式, 适合网站, 电脑, 移动端和网站播放, 对字幕的支持性一般(O・・O)/
* MKV可封装几乎所有的已知视频/音频/字幕格式, 就是不能直接导入视频编辑软件( •ω• )
* FLV 是目前最轻量的, 更适合网站, 电脑, 移动端和网站播放
* MOV由苹果公司研发, 是Adobe Premiere的最佳支持格式ヾﾉ. ÒㅅÓ)ﾉｼ
* M4A是AAC, ALAC等音频的封装, 因为可以多写点元数据＼（＠￣∇￣＠）／
* M3U由苹果公司研发在线播放音频的封装, 用http协议所以延迟低, M3U8指utf-8封装

编码-解码叫encoding, decoding. 编码即压制, 解码是编码逆运算, 即播放. 硬解代表将高能低耗用途少的专用电路嵌入x86/arm处理器替代软解, 专治手机看视频烫的优化. 方案有NVDEC, libmxv, OpenCL, MMAL, D3D9/11, VDPAU, Media Foundation等, 硬件编码方案有NVENC, 高通MMF/Venus, 英特尔QSV, Conexant, Elgato等, 专治手机录像烫手的问题

码率就是文件体积每秒, 单位Kbps或Mbps. 10MB, 1分钟的视频, 平均是(10÷1×60)×8bit = 1333.3kbps. 10MB, 下载5分钟, 网速即10÷(5×60)=33.3kBps, ×8比特=266.7kbps

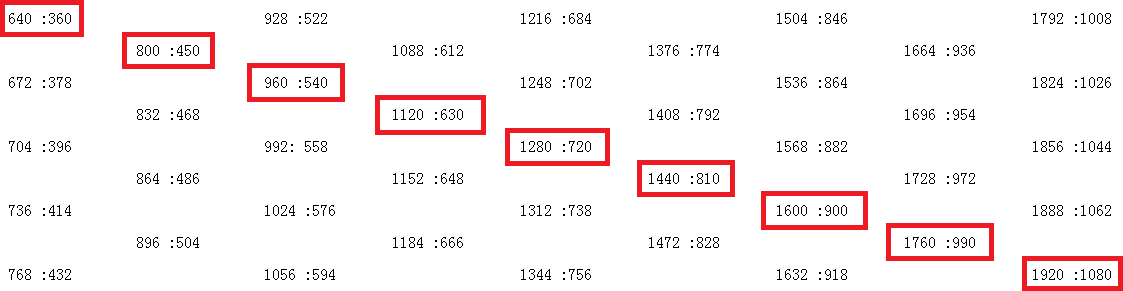


滤镜有降噪, 缩放, 锐化, 收线, 字幕等等. , 滤镜工具有Premiere, After Effects, Audition, DaVinci Resolve, AviSynth, VapourSynth, ffmpeg, FL Studio, Reaper, Ableton等等

三角形定律是不可兼得的视频压缩准则, 全都要的话只有升级处理器了

帧数就是图片数量每秒, 电影, 纪录片的帧数通常是24, 25帧, 网络视频的帧数应该是30, 60帧. 而小数帧率如23.976, 29.97帧不是为节省码率, 而是方便电视台对抗高压电的同频率干扰用, 网络视频用了会丢帧(( ;°Д°)

向量是物理概念, 指瞬间的速度+方向. 无论视频怎么动, 在每帧里都算直走. o(-`д´- . )



改分辨率是比例换算. 因为长方形的高÷宽能得出如4:3, 16:9这样的比例. 如高720px, 比例是4:3, 那么宽就是720÷3×4=960图: 16:9下的各种宽和高(Ф∀Ф)

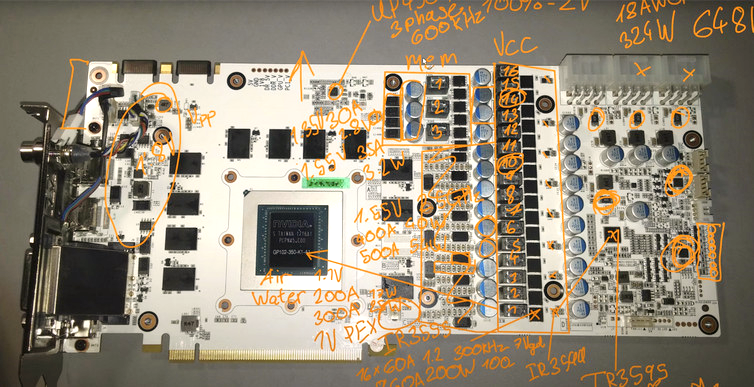
**GUI** graphic user interface图形界面交互(开关旋钮滑块), 上手容易, 但有时缺功能就只能改用CLI

**CLI** command line interface命令行交互(输命令敲回车), 上手难但越用越方便, 缺功能就改用API

**API** app. programming interface应用编程交互(GUI/CLI套壳到程序或驱动), 排版瞎眼, 因为设计出来就是给程序用的… 一些视频编码器的修改版就是新加了CLI命令来关联到某个API的版本

mux封装和demux解封装分别缩写于multiplex混流和demultiplex拆流. 压缩包合成多个文件, 频率差距大的波形组成一整波形信号都算混流. 同样硬盘上拷大文件的速度更快. (≚ᄌ≚)

录屏是将显卡输出的画面返回给cpu压制, 或在显卡, 加速卡上做硬件编码再存到硬盘上的过程. 相比压制, 一般情况下的录屏为了不卡就放弃了画质和文件体积. 目前有显卡录屏, 升级处理器, 上计算卡, 或采集卡导入另一台电脑压制几种办法(⁄•˅̥•∖)

超频分为处理器, 显卡和内存超频. 由于是按照最高性能运行, 所以中低端的供电, 电源, 散热方案是短板, 需要换掉低端元器件来补短; 或者购买供电方案, 切断原厂供电, 再桥接到方案板上获取稳定的超频结果. 同时需要BIOS编写, 电路设计与PCB焊接经验. 内存超频对于视频编码等长时间高强度计算有帮助, 但对此之外, 包括游戏体验的提升都难以察觉 图源: Buildzoid

单核性能由处理器核心的设计与制造决定. 增核心面积=降良率, 缩小晶体管=挑战硅元素, 增核心数量=程序员折寿≈优化烂, 提高频率=挑战热力学. 因此虽然主要看多核性能, 单核性能的提升才是关键

有损, 无损, 未压缩, 图像vs视频vs音频

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 📷图像 | | 最大RGB YUV CMYK色深 | | | 动图 | HDR | 透明 |
| 有损 | jpg | 8 8 8 | 8 8 8 | 24 24 24 24 |  |  |  |
| 有~无 | gif（编码无损, 颜色少了） | 24×3中取8×3 |  |  | √ |  | 仅1bit |
| webp | 8 8 8 | 8 8 8 |  | √ |  | √ |
| jpg-XR（兼容jpg） | 32 32 32 | 8 8 8 | 16 16 16 16 | √ | √ | √ |
| avif, heif/heic, filf | 32 32 32 | 16 16 16 |  | √ | √ | √ |
| 无损 | pdf, jpg-LS, png | 16 16 16 |  | 32 32 32 32 | 仅mng |  | √ |
| 有损~无损~未压 | tif | 16 16 16 | 8 8 8 | 128 128 128 128 |  | √ | √ |
| 未压缩 | raw, bmp | 24 24 24 |  |  | 仅raw | √ | √ |
| dpx | 64 64 64 | 16 16 16 |  | √ | √ |  |
| 🎥视频 | | RGB/YUV色深 | | 编码速度 | | HDR | 透明 |
| 有~无 | qt, [hevc](https://x265.readthedocs.io), avc, vvc, vp8/9, DNxHR/HD, prores | 12 12 12 | | 慢~快 | | 除avc, vp8 | 仅prores |
| 无损 | rawvideo | 32 32 32 | | 快 | |  | [√](#_生成透明rawvideo) |
| [cineform](https://github.com/marksfink/cfenc) | 16 16 16 | | 快 | | √ |  |
| 有损~无损~未压 | flash动画 | 里面的图片决定(=^-ω-^=) | | | | | |
| 🎶音频 | | 音质 | | | | | |
| 有损 | mp3, aac, ogg(vorbis/opus) | 取决于耳机/音响, 混音和声场. 但你要是不知道HiFi和监听音频的区别, 就不用太关注这个啦 | | | | | |
| 无损 | flac, alac, ape, it |
| 未压缩 | wav |

色彩空间color space如下表(=ｘェｘ=)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 色彩格式 | 构成色 | 特点 | 存在原因 | 支持范围 |
| RGB | 红绿蓝 | 最常用 | 使显示器/照相机通用 | 几乎所有可视媒体 |
| ARGB | α红绿蓝 | 透明通道 | 不用抠图了 | 图片, 部分视频 |
| CMYK | 湛洋黄黑 | 减法色彩 | 多卖一盒墨 | 打印纸 |
| YCbCr (YUV, 近似YPbPr) | 白蓝-黄红-绿 | 压缩 | 压缩视频图片 | 所有有损压缩 |

色度采样chroma subsampling写作A:B:C; 每个长A的空间, 首行B个色度像素, 第二行C个

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 采样 | 1920x1080下宏观 | 色度微观, 宽A高2 | | | | 特点 | |
| 4:4:4 | 亮度, 色度皆1920x1080 | 色素 | 色素 | 色素 | 色素 | 逐行扫描, 直接读写亮色度而不用算, 所以剪视频最快 |
| 色素 | 色素 | 色素 | 色素 |
| 4:2:2 | 亮度不变, 色度960x1080 | 色素 ← | | 色素 ← | | 逐行扫描progressive, 颜色像素靠插值interpolation还原. 直接读写亮度所以剪视频比RGB快, (反正一般看不出来) | |
| 色素 ← | | 色素 ← | |
| 4:2:0 | 亮度不变, 色度半宽半高960x540 | 色素 ← ↑ ⬉ | | 色素 ← ↑ ⬉ | |
| 4:1:1 | 亮度不变, 色度1/4宽全高480x1080 | 色素 ← ← ← ← | | | | 分行扫描interlaced, 横着扫就不会把另一场的帧参考而浪费算力了. pixel aspect ratio指变宽比(原视频宽: 输出视频宽) | |
| 色素 ← ← ← ← | | | |
| 4:1:1 par4:3 | 亮度3/4宽全高, 1440x1080色度3/16宽全高, 360x1080 | 色素 5.333×← | | | |
| 色素5.333×← | | | |
| 4:2:0 par4:3 | 亮度3/4宽全高, 1440x1080色度3/8宽半高, 720x540 | 色素2.667←↑ 2.848 ⬉ | | 色素2.667←↑ 2.848 ⬉ | | 逐行扫描, 非方形亮度像素, par通常是4: 3~~要不然太烧脑了啊~~ | |

色深color-depth代表亮度Y的明暗密度. 和子网掩码转一样, 210代表1024, 28代表256个度; 度数不够会造成渐变画面的色带banding问题. 浮点色深一般指单精度浮点数. 整数即232个度, 浮点则把科学计数法装进去, 代表(2-2-23)×2127个度哦ヾ(＠† ▽ †＠）ノ

逐行扫描播放时会按左🡪右, 上🡪下的顺序解码一帧. 分行扫描也叫隔行/上下场扫描. 用4:1:1采样, 跳一行像素解一半帧, 再解下一半, 是电视台信号抗干扰的手段之一. 很多旧游戏机为了兼容也加了分行扫描进去(¬‿¬)

ffmpeg fast forward mpeg是功能最全的媒体处理CLI命令行工具, 优点=缺点=功能太多

噪点源于胶片表面粗糙, cmos锐化信噪比低暗场信号的图像点状失真, 而降噪手段只有模糊, 或者堆算力来尽量避开画面细节的模糊. 偏色是相机内置拜耳滤镜补偿cmos空缺区间, 因算法不同导致的画面问题. 催生了直接导出RAW格式用PhotoLab, LightRoom软件内置拜耳滤镜统一处理的需求

视频网站定律指对低流量UP限码, 高流量UP画音质优待的普遍现象, 因为商业组织将流量看作价值

# 部分1b: 食用方法, 注意事项

1. 使用急用版搭配本篇/精简版配置压制参数, 忘了就打开文档查ヾ(●ω●)ノ
2. 到后面的下载栏Get压制软件, 然后研究一下怎么用＼（＠￣∇￣＠）／

### 压制软件工作流程图解（不严谨）



### 压制软件用法

都是输入视频路径, 指定压缩力度, 然后设置导出路径, 点击压制就出片了

### 命令行参数command prompt用法

[引用程序] C: \文件夹\x264.exe

[CLI参数] --me esa --merange 48 --keyint 100 […]

[导出, 空格, 导入] --output C: \文件夹\导出.mp4 C: \文件夹\导入.mp4

[完整CLI参数] x264.exe --me esa --merange 24 […] --output "导出.mp4" "导入.mp4"

### 命令行参数注意事项

在CLI中, 空格代表命令间的分隔符. 所以带空格的路径要加引号(ΦωΦ)

### 压制报错检查

压制软件中, 如果看到视频一下子就完成, 但输出的视频不能播放, 就顺着log进度窗口往上找, 找到error字样后根据报错分析:

* unknown option代表写错一个参数/多打一个空格, 造成相邻的字符被当成了参数值
* x264 [error]: could not open output file 'NUL'代表[null.sys](file:///C:\Windows\System32\drivers\null.sys)坏了, 先备份再替换一个新的即可. 打开txt, 保存为bat双击运行▽(・ｗ・▽)

sc config Null start = system && sc start Null

if %errorlevel% EQU 0 (echo Success!) && pause

* 频繁黑屏, 蓝屏等情况说明CPU高温. 换硅脂, 清理电脑积灰, 增加风扇转速即可解
* clEnqueueNDRangeKernel error '-4'代表显存太小, 应关闭OpenCL

# 部分2: 正片 - x264的大致原理以及常用的参数ヽ(; ▽; )ノ



h.264标准下的视频文件由图组group of pictures组成, 将图拆分成16x16像素的块就叫宏块; 再根据边缘纹理细分到8x8与4x4大小的内容就叫做块. 压缩在块上处理实现了更细致的压缩



# 动态搜索

通过算法找到多帧之间的移动变化信息, 用来冗余掉几帧之间重复的块 图: 动态搜索结果

--me<dia,hex,umh,esa>搜索方式, 从左到右依次变得复杂, umh之前会漏掉信息, 之后收益递减, 所以推荐umh( ﾟ▽ﾟ)/

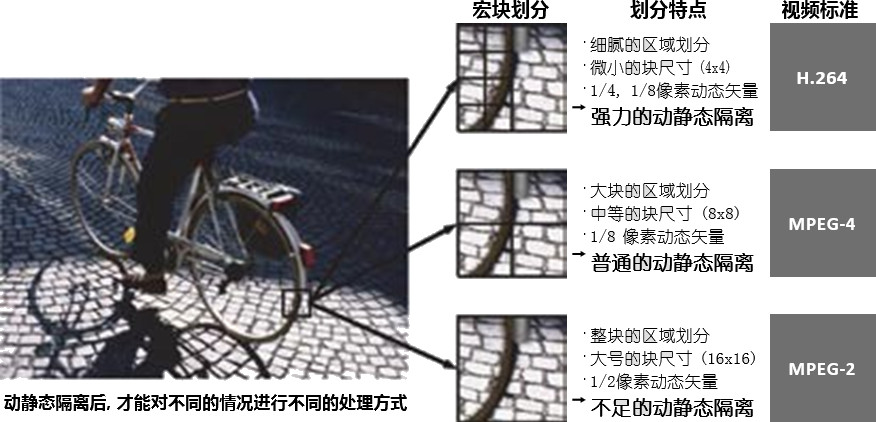
--merange<整数>越大越慢的动态搜索范围, 建议16, 32或48. 由于是找当前动态向量附近有没有更优值, 所以太大会让编码器在动态信息跑不到的远处找或找错, 造成减速并降低画质

--no-fast-pskip<开关>关闭跳过编码p帧的功能. 建议在日常和高画质编码中使用≫(‘♀’)≪

--direct auto<开关, 默认spatio>指定动态搜索判断方式的参数, 除直播外建议auto

--non-deterministic<开关, 对称多线程>让动态搜索线程得知旧线程实际搜素过的区域, 而非参数设定的区域. 理论上能帮助找到正确的动态矢量以增强画质, 增加占用, "deterministic"是好几门学科的术语, 代表完算性, 即"算完才给出结果的程度" , 反之就是"欠算性"

--no-chroma-me<开关>动态搜索不查色度平面, 以节省一点算力加速压制, 建议直播/录屏用



# 运动补偿

动态搜索让块间连起来, 运动补偿motion compensation用SAD, SATD算法找出参考块间子像素最像的源, 将动搜所得的块-帧间插值(运动矢量)细化, 让块间细节精确地连起来. 跳过=大量细节损失

**绝对差求和算法Sum of Abs Diff**: 参考块与源之间逐像素做差, 取绝对值加到一起, 统计学基础

**绝对变换差求和Sum of Abs Transformed Diff**: 同SAD但改用变换块与源做差, 比参考块更接近参考源的编码结果. 所以参考精度提升, 肉眼能感觉到画质和无损压缩率的提高

Sum of Absolute (Transformed) Diff. = ∑x=0🡪Tx ∑y=0🡪Ty |f(x,y)-f'(x,y)|

* ∑x=0🡪Tx代表块宽度求和范围, f()和f'()分别代表参考块和参考源
* ∑y=0🡪Ty代表块高度求和范围, x, y代表块中的像素坐标, | |求绝对值, 否则求和时正像素值差异会减去负

所有像素加一起, 造成了每个像素对比参考源逐像素的差异未知---参考块自身码率往往偏高的问题. 所以率失真优化测试参考块各个码率下的溯源清晰度, 然后挑出低码高清的结果即实现了压缩. 率失真优化还能测试调优动态矢量和分块本身, 更加确保了编码块的子像素矢量与源对齐, 压缩更好

--subme<x264中影响模式决策和率失真优化. 整数范围0~10, 60fps=9, -=8, +=10>根据片源的帧率判断. 分四个范围. 由于动漫片源制于24~30fps, 因此可节省一些算力; 但同是动漫源的60fps虚拟主播则异. 主流120Hz的手机录屏目前最高也不够用. 由于性能损耗大, 所以不建议一直开满

* <1>逐块1/4像素SAD一次, <2>逐块1/4像素SATD两次
* <3>逐宏块1/2像素SATD一次, 再逐块1/4像素SATD一次
* <4>逐宏块1/4像素SATD一次, 再逐块1/4像素SATD一次
* <5>+增加双向参考b块的补偿
* <6>+率失真优化处理I, P帧; <7>+率失真优化处理I, P, B, b帧
* <8>+I, P帧启用rd-refine; <9>I, P, B, b帧启用rd-refine
* <10, 边际效应=压缩, trellis 2, aq-strength>0>+子像素上跑me hex和SATD比找参考源
* <11, 边际效应>压缩>+关闭所有10中的跳过加速, 不推荐. 原本是为了trellis 3设计的, 但没了

## 加权预测weighted prediction

avc首发, 治理了少数淡入淡出过程中部分pu误参考, 亮度变化不同步的瑕疵. 分为P, B条带用的显加权explict WP<编码器直接从原画和编码过的参考帧做差>与B条带用的隐加权implict WP<用参考帧的距离做加权平均插值>

--weightb<开关, 默认关/只加P条带>启用B条带的显隐加权预测. 条带所在SPS中可见P, B加权开关状态, 及显加权模式下解码器须知的权重. 光线变化和淡入淡出在低成本/旧动漫中少见

# 关键帧

通过预设的间隔及画面差异判断设立. 作为参考帧信息来源冗余掉时间上重复块的gop开头

* I帧是图像, 给两侧B, P, b帧做参考. 节省设立IDR帧的算力
* IDR帧是设立后作进度条落点access point的i帧, 左右割为独立视频, 不再相互参考

# 参考帧

* P帧含I P宏块, 上下帧不同但有压缩价值时设立. 往进度条前参考, 叫prediction frame
* b帧含I P B宏块, 上下帧几乎一样时设立. 往进度条前-后参考, 叫bi-prediction frame( ´¬`)ノ
* pyramid B帧给左右b帧参考, 实现了更长的连续b帧. 如 IbBbBbBbP形成了尖塔pyramid状的参考树

--keyint<整数>一般设9×帧率(9秒一个落点), 拖动进度条越频繁, 就越应该降低(如5×帧率)

* 短视频, 不拖进度条可以设keyint -1稍微降低文件体积, 剪辑素材就乖乖设5秒一个吧(⊙o⊙)

--min-keyint<整数, 默认25>当检测到转场, 就看转场是否小于min-keyint, 若小于min-keyint就不浪费算力而插入I帧. 在这上面, x264给了我们两种选择, 而它们给出的画质都一样:

* 设5或更高, 省了设立一些IDR帧拖慢速度. 快速编码/直播环境直接设=keyintヘ(>\_<ヘ)
* 设1来增加IDR帧, 一帧被判做转场本来就意味着前后溯块的价值不高. 而P/B帧内可以放置I宏块, x264会倾向插P/B帧. 好处是进度条落点在激烈的动作场面更密集, 画质编码用

--bframes<整数, 0~16>连续最多的B帧数量. 一般设14, 手机压片建议设5省电

--b-adapt 2<所有情况, 整数0~2>0代表不设b帧, 1代表快速, 所有情况建议2精确[¬º-°]¬

# 嫁接帧

* SI和SP帧, 代表互动/多分辨率视频得到命令时, 从附近的switching I帧切到另一条流上的SP帧
* 还有利用SI帧独立于视频流, 以及流中SP帧只参考SI帧的特性, 以修复损坏视频的用处

# GOP结构建立, 参数集

给视频帧分段并最终整合成gop内树叉状的参考结构后, 将其中的关键帧递给下一步帧内编码. 一来冗余, 二来防止参考错误蔓延, 照顾丢包人士, 三来搭建NALU为基础传输ss的网络串流架构

1. 按IDR帧间隔(keyint)分区
2. scenecut分配额外关键帧
3. 按开/闭-gop标记gop间的预设
4. 照标准将gop内的帧拆为条带slice
5. 条带一样要拆开来以降低解码错误的影响, 叫做条带段或ss

结构为: (播放时间戳, 显加权与其它特定解码要求)序列参数集sequence parameter set🡪(分枝-解码信息)图参数集picture parameter set🡪(分枝-ctu以上最小单位)条带段slice segment

--rc-lookahead keyint÷2<整数>查未来开销, 判断VBV, IBP帧以及mbtree策略用的帧数, 让重要的场景画质有保障

--lookahead-threads<整数, 线程>开opencl后可据显卡算力与显存速度, 手动将其提高

--opencl<协议, 默认关>将cpu算不过来的lookahead-threads分给显卡. 自动创建clbin以防每次跑都要编译一次opencl内核

# D:\Desktop\帧内搜索.png帧内编码(见图)

# 变换-量化

变换是将频率从低到高的信息列出来方便量化的计算. 图中拿不在视频编码里的傅里叶变换举例



量化通过低通滤镜, 砍了噪齿纹理边缘和细节等高频信息, 降低画质但大幅提升了压缩



avc和jpeg中使用的离散余弦变换相当于把二维傅里叶变换的结果列成表来暴力穷举. 快且信息无损. 傅里叶变换优势在于可编辑性, 当然这里说的是科学计算软件, photoshop之类还是找插件吧…

# 码率控制模式



根据对短板容忍度及用途的不同选择适合的方式. 短板来自处理器, 及不同模式的完算性上的区别

### CRF/ABR/CQP上层模式

--crf<浮点范围0~69, 默认23>据"cplxBlur, mbtree, B帧偏移"给每帧分配各自qp的固定目标质量模式, 或简称质量呼应码率模式, 统称crf. 素材级画质设在16~18, 收藏~高压画质设在19~20.5, YouTube是23. 由于动画和录像的内容差距, 动画比录像要给低点

注: 受限于文档定位, 因此完整的crf-abr模式, 以及qcomp计算解析见x265教程完整版

--bitrate<整数kbps, 指定则关crf>平均码率average bitrate. 若视频易压缩且码率给高, 就会得到码率更低的片子; 反过来低了会强行提高量化强制码率达标. 一般推流用的"码率选项"即该参数, 快但妥协了压缩+画质. 因此直播算力够用则crf~vbr, 一般情况默认crf, 码率硬限下用2pass-abr

--qp<整数, 范围0~69, 指定则关crf>恒定量化. 每±6可以将输出的文件大小减倍/翻倍. 影响其后的模式决策, 综合画质下降或码率暴涨, 所以除非yuv4:4:4情况下有既定目的, 都不建议

--qcomp<浮点范围0.5~1, 一般建议默认>cplxBlur迭代值每次能迭代范围的曲线缩放. 越小则复杂度迭代越符合实际状况, crf, mbtree, bframes越有用, 搭配高crf能使直播环境可防止码率突增. 越大则crf, mbtree, bframes越没用, 越接近cqp. 曲线缩放原理见[desmos互动示例](https://www.desmos.com/calculator/aa7rsjuxkr)

--no-mbtree<开关>关闭少见宏块量化增强偏移. 可能只有crf小于17才用的到

### 常用下层模式

--qpmin<整数, 范围0~51>最小量化值, 仅在高压环境建议设14~16(〃▽〃); --qpmax<同上>在要用到颜色键, 颜色替换等需要清晰物件边缘的滤镜时, 可以设--qpmax 26防止录屏时物件的边缘被压缩的太厉害, 但其它情况永远不如no-mbtree (\*~▽~)

--chroma-qp-offset<整数, 默认0>h.264规定CbCr的码率之和应=Y平面, 所以x264会拉高CbCr的量化. 用psy-rd后, x264会自动给qp-2至-4. 不用psy-rd时, 4: 2: 0的视频可手动设-2至-4

--ipratio<浮点, 默认1.4>P帧相比IDR/i帧; --pbratio<浮点, 默认1.3>B/b帧相比P帧的偏移. 指定IDR/I帧qp17, P帧qp20, B/b帧qp22就填写"--qp 17 --ipratio 1.1765 --pbratio 1.1"

### zones下层模式

--zones<开始帧,结束帧,参数A=?,参数B=?…>手动在视频中划区, 采用不同上层模式来实现如提高压制速度, 节省平均码率, 提高特定画面码率等用途(一般用来"处理"片尾滚动字幕). zones内的me, merange强度/大小不能超zones外. 可用参数有b=, q=, crf=, ref=, scenecut=, deblock=, psy-rd=, deadzone-intra=, deadzone-inter=, direct=, me=, merange=, subme=, trellis=

1. 参数b=调整码率比率, 可以限制zones内的场景使用当前0~99999%的码率, 100%相当于不变
2. 参数q=即QP值, 可以用来锁死zones内场景使用无损压缩(任何rate factor)以做到素材用编码
3. 多个划区可以用'/'隔开: --zones 0,449,crf=32,me=dia,bframes=10/450,779,b=0.6,crf=8,trellis=1

### **VBR**下层**模式**

crf-vbv及abr-vbv两种搭配, 用缓冲控制video buffer verifier设立编解码硬限( ﾟ▽ﾟ)/

--vbv-bufsize<整数kbps, 小于maxrate>编码器解出原画后, 最多可占的缓存每秒. bufsize÷maxrate = 编码与播放时解出每gop原画帧数的缓冲用时秒数. 值的大小相对于编完GOP平均大小. 编码器用到是因为模式决策要解码出每个压缩步骤中的内容与原画作对比用

--vbv-maxrate<整数kbps>峰值红线. 用"出缓帧码率-入缓帧码率必须≤maxrate"的要求, 让编码器在GOP码率超bufsize, 即缓存用完时高压出缓帧的参数. 对画质的影响越小越好. 当入缓帧较小时, 出缓帧就算超maxrate也会因缓存有空而不被压缩. 所以有四种状态, 需经验判断GOP大小

* 大: GOPsize=bufsize=2×maxrate, 超限后等缓存满再压, 避开多数涨落, 适合限平均率的串流
* 小: GOPsize=bufsize=1×maxrate，超码率限制后直接压，避开部分涨落, 适合限峰值的串流
* 超: GOPsize<bufsize=1~2×maxrate，超码率限制后直接压，但因视频小/crf大所以没啥作用
* 欠: GOPsize>bufsize=1~2×maxrate，超码率限制后直接压，但因视频大/crf小所以全都糊掉
* 由于gop多样, 4种状态常会出现在同一视频中. buf~max实际控制了这些状态的出现概率

--ratetol<浮点, 百分比, 默认1(许1%错误)>ABR, 2pass-ABR, VBR的码率超限容错tolerance

### **2pass-ABR上层模式**

首遍用crf模式分析整个视频总结可压缩信息, 二遍根据abr模式的码率限制统一分配量化值. 除非有码率硬限, 否则建议用crf模式. 目前所有视频网站一律二压, 因此2pass-abr模式没有上传的用

|  |
| --- |
| --pass 1 --crf 20 --stats "D:\夹\qp.stats" [参数] --output NUL "输入.mp4" |
| --pass 2 --bitrate x --stats "D:\文件夹\qp.stats" [参数] --output "输出.mp4" "输入.mp4" |

**--stats**<文件名>默认在x264所在目录下导出/入的qp值逐帧分配文件, 一般不用设置

**--output NUL**<不输出视频文件>; **--pass 1**<导出qp.stats>; **--pass 2**<导入qp.stats>

### FTQP下层模式

--qpfile<文件名>指定特定帧为IDR, i, P, B, b帧, 及no-open-gop下K帧的frame type qp下层模式. 文件内含"号位 帧类型 QP值(换行)". 指定qp值为-1时使用上层的crf, abr, cqp模式

# D:\Desktop\多重参考帧的优势.png多参考帧

根据动搜所得结果建立I, i, P, B, b帧

--ref<整数-0.01×帧数+3.4, 范围1~16>溯块参考前后帧数半径, 一图流设1. 必须要在溯全尽可能多块的情况下降低参考长度, 所以一般设3就不用管了ヽ(｀◇´)/

--no-mixed-refs<开关>关闭混合溯块以提速, 增加误参考. 混合代表16×8, 8×8分块的溯帧

# 自适应量化

adaptive quantizers是防止对视频平面过度量化的功能. 用以根据量化程度进行画面补偿

--aq-mode<整数, 0关, 范围0~3>建议如下, aq只在码率不足以还原原画时启动

1. <1>标准自适应量化(急用, 简单平面)
2. <2>同时启用aq-variance调整aq-strength强度
3. <3>同时让不足以还原原画的码率多给暗场些(8-bit, 或低质量10-bit画面)
4. <4>同时让不足以还原原画情况的码率多给纹理些(高锐多线条多暗场少平面)

--aq-strength<浮点>自适应量化强度. 据VCB-S, 动漫的值太高浪费码率, aq-mode~strength给<1对0.8>, <2应0.9>, <3和0.7>较为合理, 在真人录像上可以再增加0.1~0.2, 画面越混乱就给的越高, 在aq-mode 2或更高下可以更保守的设置此参数

# 环路滤波

修复高量化qp>26时宏块间出现明显横纵割痕瑕疵的平滑滤镜. 编码器内去块相比于外部滤镜能得知压缩待遇信息(两个相邻块的量化, 参考待遇差异是否过大)从而避免误判原画纹路. 码率跟不上就一定会出现块失真, 所以除直播关掉以加速外, 任何时候都应该用; 但去块手段目前仍是平滑滤镜, 因此要降低强度才适用于高码视频, 动漫, 素材录屏等锐利画面(੭•ω•˚)੭̸\*✩

**边界强度Boundary Strength/去块力度判断:** 图: 取1234 | abcd块间的界线举例



* **平滑4：**a与1皆为帧内块, 且边界位于CTU/宏块间, 最强滤镜值
* **平滑3：**a或1皆为帧内块, 但边界不在CTU/宏块间
* **平滑2：**a与1皆非帧内块, 含一参考源/已编码系子
* **平滑1：**a与1皆非帧内块, 皆无参考源/已编码系子, 溯异帧或动态向量相异
* **平滑0：**a与1皆非帧内块, 皆无参考源/已编码系子, 溯同帧或动态向量相同, 滤镜关

--deblock<滤镜力度:搜索精度, 默认1:0>两值于原有强度上增减. 一般推荐0:0, -1:-1, -2:-1

平滑强度勿用以压缩(大于1), 推荐照源视频的锐度设<-2~0>. 设<-3~-2>代表放任块失真以保锐度, 仅适合高码动画源. 设<小于-1>会导致复杂画面码率失控; 搜索精度<大于2>易误判, <小于-1>会遗漏, 建议保持<0~-1>, 除非针对高量化qp>26时设<1>

# 模式决策

mode decision整合搜到的信息, 在各种选项中给宏块定制如何分块, 参考, 跳过的优化. 若没有psy-rd, psy-rdoq(x265)和trellis优化, 模式决策就一定用码率最小, 复杂动态下全糊的方案集. mb树也是md的一部分(〃⌒▽⌒)八(〃⌒▽⌒〃)

--deadzone-inter<整数0~32, 默认21, trellis=2时无效, 小于2自动开启>简单省算力的帧间量化, 细节面积小于死区就糊掉, 大就保留. 一般建议8, 高画质建议6ヾ(≧▽≦\*)o

--deadzone-intra<整数, 范围0~32, 默认11>这个顾及帧内. 一般建议5, 高画质建议4

# 率失真优化RDO控制

心理视觉phycological visual就是人眼视觉清晰度的研究. 如图: 在真人录像上常见, 但不支持动漫的高频细节

率失真优化Rate Distortion Optimization据多个码率下测得的失真程度点, 挑出低于率失真曲线的值, 再根据码率/crf宏观地做模式决策. x264/5用拉格朗日代价函数J = D + λ⋅R. 即"开销 = 失真+λ·码率". x264中失真Distortion用SSE和SAD判断. SSE比SAD多了个取平方计算, 参考源视为100%, 将每个编码块测出的值赋予参与率失真曲线计算的权重, 让跑偏的编码结果影响小

(x264) Sum of Squared Err = ∑x=0🡪Tx ∑y=0🡪Ty |f(x,y)-f'(x,y)|²

拉格朗日值λ从qp值得出, 即crf, abr指定的率失真斜率区间. qp越大斜度越小

λ=0则代价=失真, 给多少码都一样所以压缩开最大. λ→0则代价→失真, 即压缩一大截下去也不会影响多少画质, 稍微给点码意思意思; 若λ非常大, 那么提升码率就会大比率地提升画质收益, 说明crf模式给了较低的qp, 一般是因为当前编码块的细节量大, 应该减少压缩保画质

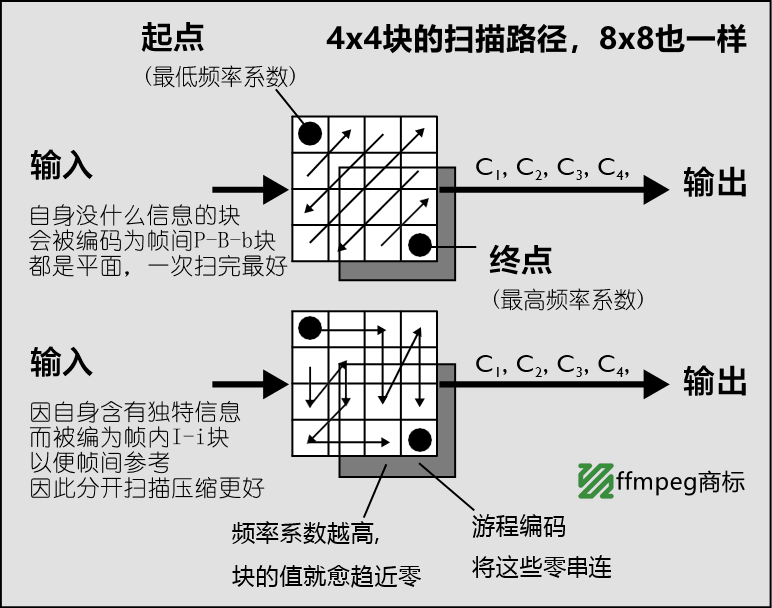
x264还有Noise SSE, 直接根据噪声容忍度判断失真的算法. 极为先进, libx264, x265都不支持

(x264) Noise SSE (--fgo) = ∑x=0🡪Tx ∑y=0🡪Ty | [N(x,y)- N'(x,y)]·fgo| + |f(x,y)-f'(x,y)|²

--trellis<整数, 范围0~2, 推荐2>一种率失真优化量化rdoq算法. <1>调整md处理完的块, 快速压制用, <2>+帧内帧间参考和分块￢o(￣-￣ﾒ)

--fgo<整数默认关, 推荐15左右>改用NSSE, 提高画质, libx264不支持的Film Grain Opt.

--psy-rd<a:b浮点, 默认1:0>心理学优化设置. a保留画面纹理, b在a的基础上保留噪点细节. 影片的复杂度越高, 相应的ab值就越高. 压制动漫时建议选择<0.4~.6:0.1~.15>, --no-mbtree时可尝试将b设为0; 压制真人选择<0.7~1.3:0.12~.2>( ＾◡＾)

--no-psy<开关>若视频量化很低纹理很清楚, 右图毛刺对画质不好就关. 录像中这些毛刺很重要

# 游程编码-霍夫曼树

从像素上看, 量化后的块属其实就是矩阵数据.用游程编码串联成一维上的字串, 再做文本压缩即可节省最高1/3的体积

游程编码是传真机时代的文本压缩技术. 目的是建立0, 1代表的二叉树. 传统熵编码是使得于原点最近, 出现最多的字放在树的左边, 同时让枝干尽可能短-即编写~解读步骤越少; 出现少则靠右, 让枝干尽可能长-即编写~解读步骤越多. 这样从树根开始, 通过0🡪左, 1🡪右地走到树梢上, 就实现了霍夫曼编码. x264使用了更好的可变长度编码VLC, 以及目前最好的二进制算术编码CABAC, 统称为熵编码, 考虑到文档受众所以放在了x265教程中. 到此, 视频就被压缩的差不多了

最终还要经过解码, 在宏观层面上对比各种压缩模式, 确保收束到质量最好, 同时做到体积最小的率-失真优化计算, 最终将调优过的方案做熵编码, 然后组装为h264视频流输出, 视频的编码就完成了

# 色彩信息

光强/光压的单位是candela. 1 candela=1 nit

--master-display<G(x,y)B(,)R(,)WP(,)L(最大,最小), 与x265的格式不一样>写进SEI信息里, 告诉解码端色彩空间/色域信息用, 搞得这么麻烦大概是因为业内公司太多. 默认未指定. 绿蓝红GBR和白点WP指马蹄形色域的三角+白点4个位置的值×50000. 光强L单位是candela×10000

SDR视频的L是1000,1. 压HDR视频前一定要看视频信息再设L, 见下

DCI-P3电影业内/真HDR: G(13250,34500)B(7500,3000)R(34000,16000)WP(15635,16450)L(?,1)

bt709: G(15000,30000)B(7500,3000)R(32000,16500)WP(15635,16450)L(?,1)

bt2020超清: G(8500,39850)B(6550,2300)R(35400,14600)WP(15635,16450)L(?,1)

*RGB原信息(对照小数格式的视频信息, 然后选择上面对应的参数):*

*DCI-P3: G(x0.265, y0.690), B(x0.150, y0.060), R(x0.680, y0.320), WP(x0.3127, y0.329)*

*bt709: G(x0.30, y0.60), B(x0.150, y0.060), R(x0.640, y0.330), WP(x0.3127,y0.329)*

*bt2020: G(x0.170, y0.797), B(x0.131, y0.046), R(x0.708, y0.292), WP(x0.3127,y0.329)*

--cll<最大内容光强, 最大平均光强>压HDR一定照源视频信息设, 找不到不要用, 例子见下****

图: cll 1000,640. master-display由 G(13250…开头, L(10000000,1)结尾

图: cll 1655,117/L(40000000,50)/colorprim bt2020/colormatrix bt2020nc/transfer smpte2084

**--colorprim**<字符>播放用基色, 指定给和播放器默认所不同的源, 查看视频信息可知: bt470m, bt470bg, smpte170m, smpte240m, film, bt2020, smpte428, smpte431, smpte432. 如图→为bt.2020

**--colormatrix**<字符>播放用矩阵格式/系数: fcc, bt470bg, smpte170m, smpte240m, GBR, YCgCo, bt2020nc, bt2020c, smpte2085, chroma-derived-nc, chroma-derived-c, ICtCp, 不支持图↑的bt2020nc

**--transfer**<字符>传输特质: bt470m, bt470bg, smpte170m, smpte240m, linear, log100, log316, iec61966-2-4, bt1361e, iec61966-2-1, bt2020-10, bt2020-12, smpte2084, smpte428, arib-std-b67, 上图PQ即st.2084的标准, 所以参数值为smpte2084

# 灰度/色深, x264压制log

--fullrange<开关, 7mod x264自动>启用范围更广的显示器0~255色彩范围, 而不是默认的旧电视色彩范围16~235, 如果源的视频流属性写着bt709/full range而不是bt601/limited. 由于一般人不知道有这回事, 所以视频来源一般/录屏软件不好的话应该检查一下, 再决定用吧\( 'з')/





# 其他命令行参数

--seek<整数>从第<>帧开始压 --frames<整数>一共压<>帧 --fps<整数, 特殊情况>告诉x264帧数

## 线程

--threads<整数, 建议默认1.5倍线程>参考帧步骤要等其之前的步骤算完才开始, 所以远超默认的值会因为处理器随机算的特性而降低参考帧的计算时间, 使码率增加, 画质降低, 速度变慢

另外一种方案是让threads低于cpu实际线程, 而是尽可能接近4以增加参考帧的优先级, 但这就不如sliced-threads了. 而且24线程~threads=36下, 画面的损失应该不会超过0.5%

--sliced-threads<开关, 默认关>x264默认每帧逐线程, 速度更快但代价是有的线程没法在确定的时间内吐出结果, 参考帧很容易等不到所以忽略掉本可以压缩的内容, 打开后降低处理器占用, 但压缩率可能会提高, 建议16+线程的处理器, 或高压缩用ヘ(￣ω￣ヘ)

--slices<整数, 默认自动但不可靠>手动指定"分片逐线程"下可以有多少分片, 建议等于线程数

## 裁剪, 加边, 缩放/更改分辨率, 删除/保留视频帧, 降噪, 色彩空间转换

--vf crop: 左,上,右,下/resize: 宽,高,变宽比,装盒,色度采样,缩放算法/select\_every: 步,帧,帧…

/crop: 左,上,右,下指定左上右下各裁剪多少, 最终必须得出偶数行才能压制

/resize: 宽,高,,,更改输出视频的宽高, 建议搭配缩放算法后使用

/resize: ,,变宽比,,,减少宽度上的像素, 剩下的伸成长方形来达到压缩的参数. 任何视频网站都不支持, 但网盘/商用的视频可以用这种压缩方法. 格式为源宽度: 输出宽度

* 宽从1920到1060, 就是96: 53(约分后), 就是resize: 1060,高,96: 53,,,缩放算法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **清晰度优先** | **别用** | **均衡** |
| 缩小/放大动漫图像: lanczos  缩小/放大录像图像: spline | bilinear | 缩小任何图像 : bicublin  其它: lanczos |

/resize: ,,,,色度采样,有i420, i422, i444和rgb四种, 默认i420. 在缩小视频分辨率, 或者处理无损源视频时可以尝试使用已获得更好的大屏幕体验. 注意, 已被压缩掉色彩空间的视频就不能再还原了

/resize: ,,,,,缩放算法

/select\_every: 步,帧1,帧2…通过少输出一些帧以加速压制, 用于快速预览压制结果, 比如:

8帧为一步, 输出其中第0, 1, 3, 6, 8号帧

* --vf select\_every: 8,0,1,3,6,8

90帧为一步, 输出其中第0~25号帧(最大100帧/步):

* --vf select\_every: 90,0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25

(仅7mod-降噪) /hqdn3d: 空域亮度降噪,空域色度降噪,时域亮度降噪,时域色度降噪

默认值是4,3,6,4.5 若是编码画面模糊的源可以尝试默认值1到1.7倍. 若一定要用此参数来降低码率, 可以考虑使用视频编辑软件的模糊滤镜

(仅7mod-加边) /pad: ←,↑,→,↓,改宽(不和加边混用),改高(不和加边混用)

用例(帧率减半, 空域降噪): --vf select\_every:2,0/hqdn3d:0,0,3,1.5

## 分场扫描/隔行扫描

--tff<开关>上场优先 --bff<开关>下场优先 --nal-hrd<开关, 默认关>开启假想对照解码参数hypothetical ref. decoder param. 零丢包零延迟环境中判断解码器额外所需信息, 写进每段序列参数集sps及辅助优化信息sei里, 适合串流

# 部分3: 开工 - 软件下载与使用方法(((￣へ￣井)

|  |
| --- |
| **[ShanaEncoder](https://shana.pe.kr/shanaencoder_download)** ffmpeg-CLI或GUI控制少量选项, 高级功能(水印, 高级字幕)用ffmpeg参数控制, 上手需要时间. ffmpeg内嵌编码器, 不能替换文件 |
| D:\Desktop\2017-08-30_181840.png[**Simple x264 Launcher**](https://bitbucket.org/muldersoft/simple-x264-launcher/downloads/) 英文软件, 适合批量压制, 需要自行封装音频  下图是画的汉化! 只能压视频, 但处理封装与压制音频, 查看媒体元数据不如小丸工具箱, 上手速度快.  **[小丸工具箱](https://pan.baidu.com/s/1VHonGHoZ0DmQBNZaRjML2A" \l "/)** 提取码"crhu" 中文软件, 压缩音视频, 渲染字幕等, 操作简单. 导入视频, 点击自定义, 将参数拷入, 选好输出格式与滤镜就可以压制了, 网上能搜到详细教程. 内嵌MediaInfo, mp4box, Mkvtoolnix可查看媒体元数据, 封装/解封装, 最适合新手 |
| [**Voukoder**; **V-Connector**](https://www.voukoder.org/)免费Premiere/Vegas/AE插件, 可以用ffmpeg内置的libx264 libxx265编码器, 不用帧服务器/导无损再压/找破解了 |
| [**mpv播放器**](https://mpv.io/installation/)比Potplayer好在没有音频滤镜, 不用手动关; 没有颜色偏差, 文件体积小 |
| **[OBS直播与录屏](https://obsproject.com/zh-cn/download)** 支持AVS滤镜, 设置复杂但强大, 去[x264教程急用版](https://nazorip.site/archives/334)照着设置就行了 |
| [**Patman x264**](https://www.mediafire.com/folder/arv5xmdqyiczc) √lavf编解码, 支持subme11, 合并8~10bit |
| **[官方32位x264](I:\\JCSUSBbackup\\x264压制教程\\download.videolan.org\\x264\\binaries\\win32)** **[官方64位x264](I:\\JCSUSBbackup\\x264压制教程\\download.videolan.org\\x264\\binaries\\win64)** ×lavf编解码, 不能封装mp4 |
| **7mod x264**[谷歌盘](https://drive.google.com/drive/folders/1kFCeNGA_wiiLt-DSeI3cyY8vxlffgQcy?usp=sharing)/[百度云](https://pan.baidu.com/s/1sbz8WztGTz3lcLzirHW_2w) √lavf编解码, √subme11, √hqdn3d降噪 |
| [**ffmpeg**](http://ffmpeg.org/download.html)**(全系统)**: 备用地址 ottverse.com/ffmpeg-builds |

# 去可变帧率

ffmpeg去VFR: 防止录像抽干手机电池的技术但差在兼容, 编辑时需转换. 手机先进则建议不用

pipe的用法: "1.exe [输入] [参数] **- |** 2.exe [参数] [输出] **-**". 其中 "- | -"就是传递参数, 第一个"-"代表输出, 第二个"-"代表输入. 而"- | - | - | -"就可以让同一个文件经过多个程序ヽ(=^･ω･^=)丿

|  |
| --- |
| (仅pipe) ffmpeg -i 输入 -f yuv4mpegpipe - | x264 [参数] - --demuxer y4m --output "输出" |
| (去vfr) ffmpeg -i输入-y -vf fps=60 -hide\_banner -f yuv4mpegpipe - | x264 [参数] - --demuxer y4m --output "输出" |

-f **yuv4mpegpipe**<预设字符>ffmpeg pipe输出封装格式, 此处设为yuv for mpeg

-i<字符>ffmpeg输入参数 -y<开关>不询问, 直接覆盖掉同名的文件

-hide\_banner<开关>ffmpeg不显示banner信息, 减少cmd窗口阅读量

--demuxer **y4m**<预设字符>x264 pipe解封装格式, 此处设为yuv for mpeg

# Win-CMD/Linux-bash输出log日志



* Windows CMD: x264.exe[参数] 2>C: \文件夹\日志.txt [参数还可以写在右边]
* Linux Bash(或其它): x264.exe[参数] 2>&1 | tee C: \文件夹\日志.txt

# 附录

### Potplayer播放器音量忽大忽小

~~右键🡪声音/音讯🡪声音处理🡪反勾选标准化/规格化~~即可, 但建议用mpv

### CMD窗口操作技巧%~dp0

"%~"是填充字的命令(不能直接用于CMD). d/p/0分别表示drive盘/path路径/当前的第n号文件/盘符/路径, 数字范围是0~9所以即使输入"%~dp01.mp4”也会被理解为命令dp0和1.mp4

这个填充展开后可能是"C: \"+"…\"+1.mp4, 路径取决于当前.bat所处的位置, 这样只要.bat和视频在同一目录下就可以省去写路径的功夫了

若懒得改文件名参数, 可以用%~dpn0, 然后直接重命名这个.bat, n会将输出的视频, 例子: 文件名=S.bat 🡪 命令=--output %~dpn01.mp4 🡪 结果=1.mp4转输出"S.mp4" (ﾉ･ω･)ﾉﾞ

### .bat文件操作技巧

.bat中, 命令之后加回车写上pause可以不直接关闭CMD, 可以看到原本一闪而过的报错(⌐■\_■)

.bat文件存不了UTF-8字符: 在另存为窗口底部选择UTF-8格式

UTF-8 .bat文件中文乱码: 开头加上chcp 65001, 打开cmd--右键标题栏--属性--选择

.bat文件莫名其妙报错: Windows记事本会将所有保存的文件开头加上0xefbbbf, 要留空行避开

### 压制图像序列

不写命令, 直接将视频导出成图像序列(一组图)加滤镜, 在多软件协作上很省事, 转回视频时需要指定帧数--fps<整数/浮点/分数>, 搭配%xxd即可／(v x v)＼

### **CMD操作技巧**%xxd

多文件编号规则, x代表编号位数. 比如"梨%02d.png"就代表从"梨00.png到"梨99.png"

由于%<整数>d不能在.bat文件里用, 所以搭配%~dp0使用就需要在CMD(PowerShell, terminal等)命令窗口中碰到一块去, 用例: x264.exe[参数] [输出] --fps 30 F: \图像\_%04d.png

### **CMD操作技巧:** 换颜色看更舒服

试试这些命令: color B0; color E0; color 3F; color 6F; color 8F; color B1; color F1; color F6; color 6; color 17; color 27; color 30; color 37; color 67

命令行报错直达桌面, 无错则照常运行:[命令行] 2> [桌面]\报错.txt

生成透明rawvideo: ffmpeg -f lavfi -i "color=c=0x000000@0x00:s=sntsc:r=1:d=1,format=rgba" -c:v copy output.avi