

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R BT.2073-2建议书**  
(01/2022)

**用于UHDTV和HDTV广播应用的  
高效视频编码**

**BT系列  
广播业务  
(电视)**



国际电信联盟

## 前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

## 知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

### ITU-R系列建议书

(也可在线查询: <http://www.itu.int/publ/R-REC/zh>)

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	<b>广播业务（电视）</b>
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	词汇和相关问题

**说明：** 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版  
2022年，日内瓦

© 国际电联 2022

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

## ITU-R BT.2073-2建议书

## 用于UHDTV和HDTV广播应用的高效视频编码

(ITU-R 12-3/6号课题)

(2015-2020-2022年)

## 范围

本建议书定义了根据ITU-T H.265建议书|ISO/IEC 23008-2将高效视频编码（HEVC）标准用于超高清电视（UHDTV）和高清电视（HDTV）广播，包括高动态范围电视（HDR-TV）的问题。

## 关键词

UHDTV、HDR-TV、HDTV、子层编码、平行编码子比特流

国际电联无线电通信全会，

## 考虑到

- a) 有些应用中的UHDTV、HDR-TV和HDTV节目内容需要以最低可视劣化水平，在比特率大幅降低的情况下传输；
- b) ITU-R BT.2020建议书规定了UHDTV视频格式家族的参数；
- c) ITU-R BT.2100建议书规定了HDR-TV视频格式的参数；
- d) ITU-R BT.709建议书规定了HDTV视频系统家族的参数；
- e) ITU-T H.265 | ISO/IEC 23008-2建议书规定了高效视频编码（HEVC）标准，与以往标准相比可大幅提升压缩性能；
- f) 包括广播在内的各类应用越来越多地采用了HEVC，

## 建议

当需要以高度压缩的广播比特率传输或录制UHDTV、HDR-TV和HDTV节目内容时，应用使用ITU-T H.265 | ISO/IEC 23008-2建议书规定的高效视频编码（HEVC）标准。

注1 – 附件1展示了使用HEVC标准的UHDTV和HDTV广播基本参数，包括HDR-TV。

注2 – 附件2展示了使用HEVC标准的120和100 Hz帧频率的UHDTV时域子层编码优选编码方案。

注3 – 附件3展示了使用HEVC标准的交织视频优选编码方案。

注4 – 附件4展示了使用HEVC标准的7 680 × 4 320格式UHDTV优选平行编码方案。

## 缩写

CVS	编码视频序列
DTS	解码时间戳
GOP	图像组
HDR	高动态范围
IRAP	内部随机接入点
PTS	呈现时间戳
SEI	补充增强信息

## 附件1

### 使用HEVC标准的UHDTV和HDTV广播应用 (包括HDR-TV) 基本参数

本附件展示了使用HEVC标准的UHDTV和HDTV广播应用的基本参数。

表1

使用HEVC标准的UHDTV和HDTV广播发射的基本参数<sup>(1)</sup>

视频格式		级	编码工具 (profile)	层	最大比特率 <sup>(5)</sup> (Mbit/s)
空间解析度	帧频率 (Hz)				
7 680 × 4 320	120 <sup>(2)</sup> , 100 <sup>(3)</sup>	6.2	Main 10	Main	90-120
	60 <sup>(2)</sup> , 50	6.1	Main 10	Main	80-100
3 840 × 2 160	120 <sup>(2)</sup> , 100 <sup>(3)</sup>	5.2	Main 10	Main	35-50
	60 <sup>(2)</sup> , 50	5.1	Main 10	Main	30-40
1 920 × 1 080	60 <sup>(2)</sup> , 50	4.1	Main 10或 Main	Main	10-15
	30 <sup>(2)</sup> , 25 (交织)	4.1 <sup>(4)</sup>	Main 10或 Main	Main	10-15

<sup>(1)</sup> HDR-TV的视频参数, 包括原色和传输特性, 可以使用ITU T H.265 | ISO/IEC 23008-2附件E中规定的VUI (视频可用性信息) 进行信号传输。

<sup>(2)</sup> 也包括这些值除以1.001的图像频率。

<sup>(3)</sup> 时域子层编码的使用, 详见附件2。

<sup>(4)</sup> 按需以充分的比特率进行编码, 4.1级 (最大比特率为20 Mbit/s) 的使用要优于4级 (最大比特率为12 Mbit/s)。

<sup>(5)</sup> 对关键测试序列恒定的数据速率传输而言, 所示的数据速率为最大值, 专家评估将给予其足够高的广播发射质量评级。较低数据速率可用于重要性更低的图像。

表 2

使用HEVC标准的UHDTV节目提供、一次分发  
和新闻采集的基本参数<sup>(1)</sup>

视频格式		级	编码工具 (profile)	层	最大比特率 <sup>(3)</sup> (Mbit/s)
空间解析度	帧频率 (Hz)				
7 680 × 4 320	120 <sup>(2)</sup> , 100	6.2	Main 422 10 或 Main 10	High	285 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(2)</sup> , 50	6.1	Main 422 10 或 Main 10	High	285
3 840 × 2 160	120 <sup>(2)</sup> , 100	5.2	Main 422 10 或 Main 10	High	145 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(2)</sup> , 50	5.1	Main 422 10 或 Main 10	High	145
1 920 × 1 080	60 <sup>(2)</sup> , 50	4.1	Main 10 或 Main	High	30
	30 <sup>(2)</sup> , 25 (interlaced)	4.1	Main 10 或 Main	High	30

<sup>(1)</sup> HDR-TV的视频参数，包括原色和传输特性，可以使用ITU T H.265 | ISO/IEC 23008-2附件E中规定的VUI进行信号传输。

<sup>(2)</sup> 也包括这些值除以1.001的图像频率。

<sup>(3)</sup> 所示的数据速率是关键测试序列的恒定数据速率值，在专家评估时，三个编解码器的质量足够高。较低数据速率可用于重要性更低的图像。见ITU-R BT.1872建议书。

<sup>(4)</sup> 假设120和100 Hz的所需数据率与60和50 Hz的类似。

表 3

使用HEVC标准的UHDTV节目制作  
和交换的基本参数<sup>(1)</sup>

视频格式		级	编码工具 (profile)	层	最大比特率 <sup>(2)</sup> (Mbit/s)
空间解析度	帧频率 (Hz)				
7 680 × 4 320	120 <sup>(3)</sup> , 100	6.2	Main 422 10 或 Main 10	High	600 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(3)</sup> , 50	6.1 或 6.2 <sup>(5)</sup>	Main 10	High	600
		6.1	Main 422 10		

表 3 (完)

视频格式		级	编码工具 (profile)	层	最大比特率 <sup>(2)</sup> (Mbit/s)
空间解析度	帧频率 (Hz)				
3 840 × 2 160	120 <sup>(3)</sup> , 100	5.2	Main 422 10 或 Main 10	High	200 <sup>(4)</sup>
	60 <sup>(3)</sup> , 50	5.1 或 5.2 <sup>(6)</sup>	Main 10	High	200
		5.1	Main 422 10		

- <sup>(1)</sup> HDR-TV的视频参数, 包括原色和传输特性, 可以使用ITU T H.265 | ISO/IEC 23008-2附件E中规定的VUI进行信号传输。
- <sup>(2)</sup> 所示的数据速率是关键测试序列的恒定数据速率值, 以便在专家评估时为节目制作和交换提供足够高的质量。较低数据速率可用于重要性更低的图像。
- <sup>(3)</sup> 也包括这些值除以1.001的图像频率。
- <sup>(4)</sup> 假设120和100 Hz的所需数据率与60和50 Hz的类似。
- <sup>(5)</sup> 当比特率大于480 Mbit/s时, 需要 6.2 级。
- <sup>(6)</sup> 当比特率大于160 Mbit/s时, 需要 5.2 级。

## 附件2

### 使用HEVC标准的120<sup>1</sup>或100 Hz帧频率的 UHDTV时域子层编码优选编码方案

本附件展示了使用HEVC标准的120或100 Hz帧频率的UHDTV时域子层编码优选编码方案。

#### 引言

本优选编码方案旨在支持具备60或50 Hz比特流视频6.1 (或5.1) 级解码能力的解码器, 以便正确解码6.2 (或5.2) 级120或100 Hz视频比特流的60或50 Hz部分。这种解码能力通过HEVC标准中规定的时域子层编码实现。

为让6.1 (或5.1) 级解码器能够最好地适应6.2 (或5.2) 级时域子层编码比特流。目前已对解码命令引入了一个新的限制, 规定6.1 (或5.1) 级子比特流接入单元的DTS/PTS值, 应同时适用于6.2 (或5.2) 级比特流解码和6.1 (或5.1) 级子比特流解码。

<sup>1</sup> 亦包括120/1.001。

时域子层编码

120或100 Hz视频的每幅第2帧均被编码至子比特流的一个接入单元。120或100 Hz视频的所有其它帧，均被编码至某子集的接入单元。

A 6.1（或5.1）级解码器对子比特流进行解码，并输出帧频率为60或50 Hz的解码帧。

A 6.2（或5.2）级解码器同时解码子比特流和子集，并输出帧频率为120 Hz的解码帧。

有关解码命令的限值

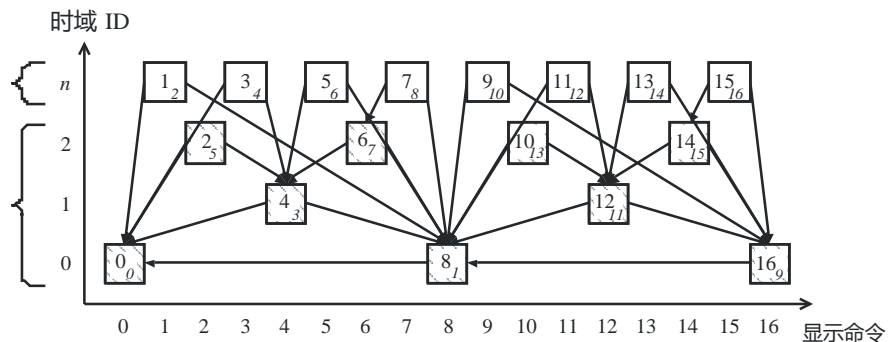
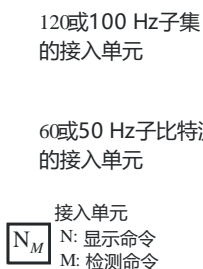
规定要求各子比特流和子集中各接入单元的解码命令必须进行交织。即子集接入单元后子比特流中的接入单元应立即解码，反之亦然。

图1展示了6.2（或5.2）级时域子层编码比特流内接入单元解码命令的示例。值得注意的是，为解码6.1（或5.1）级解码器中的子比特流，没有必要覆盖子比特流接入单元中的au\_cpb\_removal\_delay\_minus1和pic\_dpb\_output\_delay。换言之，不需要嵌套图像计时的SEI消息。

图1

时域子层编码比特流的解码命令限制

GOP 结构



6.2或5.2级解码器内

输出帧速率: 120 或100Hz

接入单元的解码命令

0 <sub>0</sub>	8 <sub>1</sub>	1 <sub>2</sub>	4 <sub>3</sub>	3 <sub>4</sub>	2 <sub>5</sub>	5 <sub>6</sub>	6 <sub>7</sub>	7 <sub>8</sub>	16 <sub>9</sub>	9 <sub>10</sub>	12 <sub>11</sub>	11 <sub>12</sub>	10 <sub>13</sub>	13 <sub>14</sub>	14 <sub>15</sub>	15 <sub>16</sub>	
(au_cpb_removal_delay_minus 1 + 1) 接入单元	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
pic_dpb_output_delay 接入单元	4	10	2	4	2	0	2	2	2	10	2	4	2	0	2	2	2

接入单元的输出命令

0 <sub>0</sub>	1 <sub>2</sub>	2 <sub>5</sub>	3 <sub>4</sub>	4 <sub>3</sub>	5 <sub>6</sub>	6 <sub>7</sub>	7 <sub>8</sub>	8 <sub>1</sub>	9 <sub>10</sub>	10 <sub>13</sub>	11 <sub>12</sub>	12 <sub>11</sub>	13 <sub>14</sub>	14 <sub>15</sub>	15 <sub>16</sub>	16 <sub>9</sub>
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------

6.1或5.1级解码器内

输出帧速率: 60 或50 Hz

接入单元的解码命令

0 <sub>0</sub>	8 <sub>1</sub>	4 <sub>3</sub>	2 <sub>5</sub>	6 <sub>7</sub>	16 <sub>9</sub>	12 <sub>11</sub>	10 <sub>13</sub>	14 <sub>15</sub>	
(au_cpb_removal_delay_minus 1 + 1) 接入单元	-	2	4	6	8	10	12	14	16
pic_dpb_output_delay 接入单元	4	10	4	0	2	10	4	0	2

接入单元的输出命令

0 <sub>0</sub>	2 <sub>5</sub>	4 <sub>3</sub>	6 <sub>7</sub>	8 <sub>1</sub>	10 <sub>13</sub>	12 <sub>11</sub>	14 <sub>15</sub>	16 <sub>9</sub>
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------	-----------------

附件3  
(供参考)

使用HEVC标准的交织视频优选编码方案

附件展示了使用HEVC标准的交织视频优选编码方案。

引言

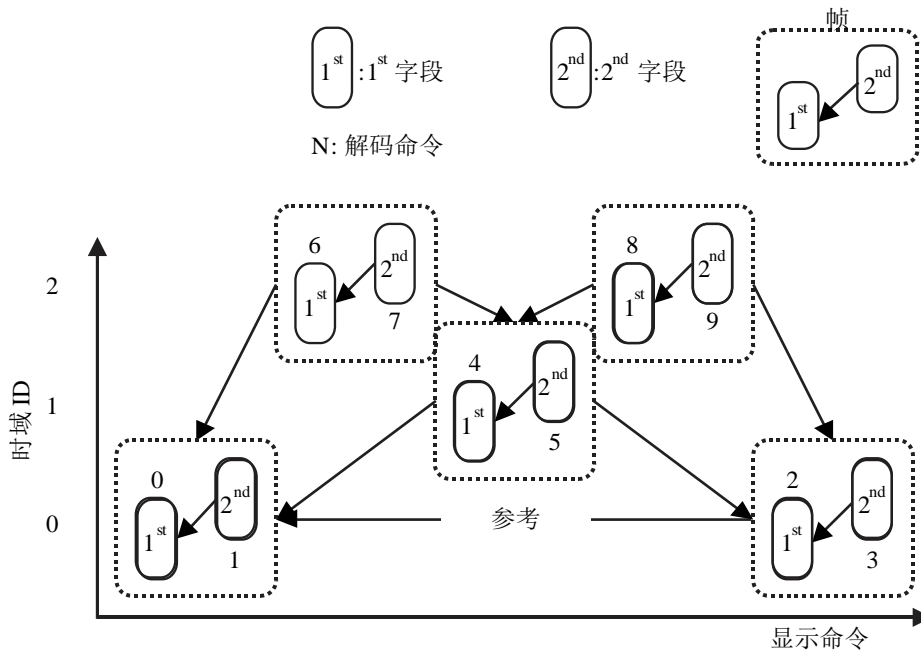
本附件中的优选编码方案将编码能力用于交织HEVC标准的视频，即各CVS中使用帧编码或字段编码。如果CVS使用字段编码（即field\_seq\_flag等于1），则应用下述限制。否则，如果CVS使用帧编码（即field\_seq\_flag等于0），则不再施加任何限制。

有关GOP结构的限制

规定要求如果同一帧中包含两个字段，则第一和第二张图像应按顺序编码。图2展示了按本附件限制规划的GOP结构的示例。请注意，某一帧内的任何字段均可参考此前其它帧中解码的字段。

图2

对字段编码GOP结构的限制





## 对IRAP接入单元的限制

鉴于在当引导图像接入单元的显示命令早于收尾图像接入单元的情况下，HEVC标准不允许首先对收尾图像接入单元实施编码，因此为满足上述GOP结构，规定了下述限制。

当比特流中出现引导图像接入单元时，IRAP图像的接入单元只能在CVS的起始处出现。

为提供经常出现的随机接入点，CVS中可使用与恢复点SEI消息相关的多个接入单元。在此情况下，鼓励对CVS进行编码，将恢复点SEI消息的recovery\_poc\_cnt和exact\_match\_flag数值分别设为0和1。

## 附件4 (供参考)

### 使用HEVC标准的7 680 × 4 320格式UHDTV 优选平行编码方案

本附件展示了使用HEVC标准的7 680 × 4 320格式UHDTV优选平行编码方案。

#### 引言

考虑到广播业最新技术趋势，强烈建议短期内在单芯片LSI上应用4K视频实时HEVC解码器。另一方面，预计在单芯片LSI上应用8K视频实时HEVC解码器仍需要5-10年。因此，为8K视频HEVC比特流定义的结构，应可使用多个4K HEVC LSI进行解码。

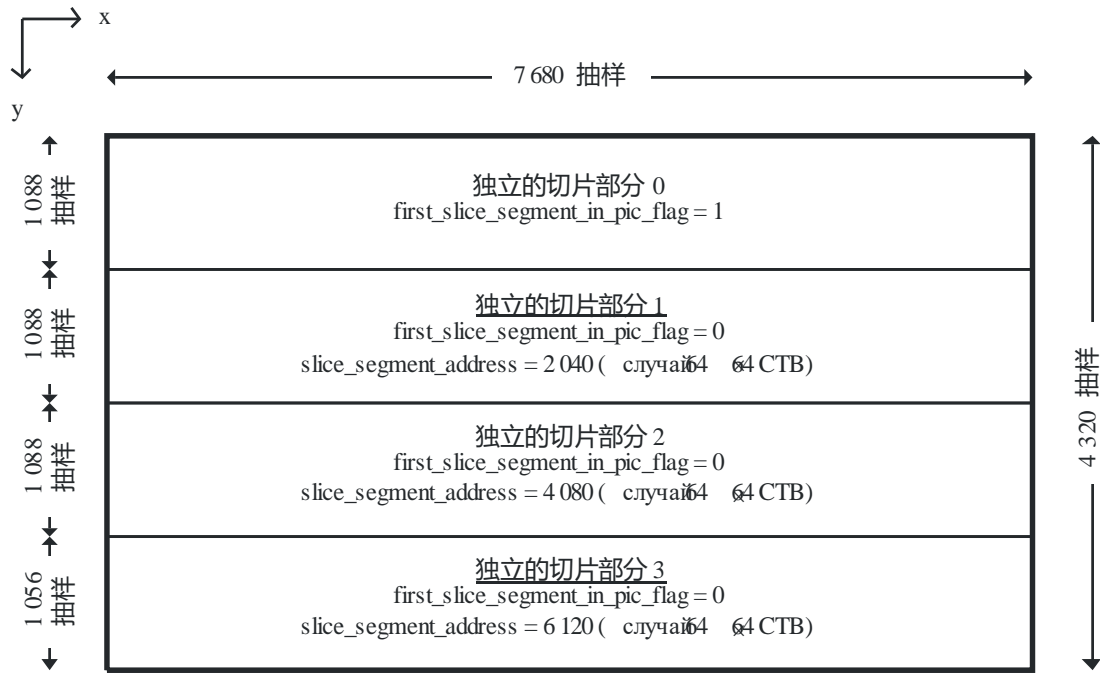
此8K视频优选编码方案采用了平行的编码方案。8K图像被平均分割至四副子图像。为尽量降低因分割造成的编码效率损耗，强制要求在子图像间分享参考图像并在子图像边缘处使用环内滤波设备。

#### 子图像分割

一张8K图像被分割成四张子图像。各子图像的处理核心编码为独立的切片，其参数见图3。各切片部分还可再分割为多个切片。

图3

将8K图像被分割成四张子图像的方案



BT.2073-03

## 参数的限制

表4中的参数限制适用。

表4

## 基于切片的子图像分割的参数限制

参数	限制
pic_width_in_luma_samples	7 680
pic_height_in_luma_samples	4 320
first_slice_segment_in_pic_flag slice_segment_address	数值如图3所示
pps_loop_filter_across_slices_enabled_flag slice_loop_filter_across_slices_enabled_flag	1
tiles_enabled_flag	0 注 – 不建议采用基于瓦片 (Tile) 的分割, 在典型情况下瓦片的垂直分割会大幅降低编码效率。当各处理核心为运动补偿分享有限的参考抽样时, 瓦片会有很大的水平运动。

表4 (完)

参数	限制
穿越切片边界的运动向量垂直部分的范围	限制应使独立切片部分的任何预测模块，均不参考不同独立切片部分的抽样，这些切片相对于两独立切片边缘的垂直位置，对luma抽样而言超出了(-128, 128)，对chroma抽样则超出了(-64, 64)（针对4:2:0 chroma子抽样）。 详细解释请参见图4。 注 - 引入此限制旨在降低处理核心内部的额外带宽，同时在程序典型状态下保持编码的效率。

图4

跨越切片边界的移动向量限制

