

GY

中华人民共和国广播电视和网络视听行业标准

GY/T 365—2023

4K 超高清清晰度电视节目文件格式规范

File format specification for 4K ultra high definition TV programmes

2023 - 03 - 01 发布

2023 - 03 - 01 实施

国家广播电视总局 发布

目 次

| | |
|---|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 2 |
| 5 概述 | 3 |
| 6 OP1a MXF 文件格式 | 3 |
| 6.1 总体要求 | 3 |
| 6.2 MXF 文件结构 | 3 |
| 6.3 操作模式 | 5 |
| 6.4 结构性元数据 | 6 |
| 6.5 实体数据 | 7 |
| 附录 A（规范性） 4K 超高清清晰度电视节目视音频编码及 HDR 元数据在 MXF 封装格式 | 10 |
| A.1 视频编码基本参数 | 10 |
| A.2 HDR 元数据在 MXF 文件格式中的记录方式 | 12 |
| A.3 音频编码基本参数 | 12 |
| 附录 B（规范性） 不同应用场景下 4K 超高清清晰度电视节目 MXF 封装格式 | 13 |
| B.1 用于不定时长采集设备的 MXF 文件结构 | 13 |
| B.2 用于制作和交换的 MXF 文件结构 | 13 |
| B.3 用于播出的 MXF 文件结构 | 13 |
| B.4 用于播出的 MXF 文件多重描述符 | 13 |
| B.5 用于播出的 MXF 文件图像实体描述符 | 13 |
| B.6 用于播出的 MXF 文件 AVC 映射实体描述符 | 13 |
| B.7 用于播出的 MXF 文件音频编码基本参数 | 13 |
| B.8 用于播出的 MXF 文件高动态参数 | 13 |
| 参考文献 | 14 |

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国广播电影电视标准化技术委员会（SAC/TC 239）归口。

本文件起草单位：中央广播电视总台、国家广播电视总局广播电视规划院、新奥特（北京）视频技术有限公司、成都索贝数码科技股份有限公司、北京中科大洋科技发展股份有限公司。

本文件主要起草人：黄建新、宋蔚、马悦、周立、张乾、胡晓娜、刘晶晶、邓楠、张娟、祥祖军、郭涛、崔博涵、王猛、庞超、马坤、杨慕星、丁姝、李佳伟、王惠明、刘汉源、罗天、张金沙、张婷、褚震宇、张艳昱、陈玲玉。

4K 超高清清晰度电视节目文件格式规范

1 范围

本文件规定了4K超高清清晰度电视节目收录、制作、交换、存储和播出的文件格式。
本文件适用于电视制作机构、播出机构使用和交换4K超高清清晰度成品节目文件和节目素材文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GY/T 283—2014 高标清混合制播图像幅型比变换规范

SMPTE RDD 32:2017 XAVC MXF 映射和操作点 (XAVC MXF Mapping and Operating Points)

SMPTE RP 224v12:2012 SMPTE推荐的实践操作 标签注册 (SMPTE Recommended Practice - SMPTE Labels Register)

SMPTE ST 377-1:2019 素材交换格式 (MXF) 文件格式规范 (Material Exchange Format (MXF) - File Format Specification)

SMPTE ST 378:2004 素材交换格式 (MXF) 操作模式1A (Material Exchange Format (MXF) - Operational Pattern 1A (Single Item, Single Package))

SMPTE ST 379-2:2010 素材交换格式 (MXF) MXF约束性通用容器 (Material Exchange Format (MXF) - MXF Constrained Generic Container)

SMPTE ST 381-3:2017 素材交换格式 (MXF) 将AVC流映射到MXF通用容器 (Material Exchange Format - Mapping AVC Streams into the MXF Generic Container)

SMPTE ST 382:2007 素材交换格式 (MXF) 将AES3和广播音频映射到MXF通用容器 (Material Exchange Format - Mapping AES3 and Broadcast Wave Audio into the MXF Generic Container)

SMPTE ST 385:2012 素材交换格式 (MXF) 将SDTI-CP实体和元数据映射到MXF通用容器 (Material Exchange Format (MXF) - Mapping SDTI-CP Essence and Metadata into the MXF Generic Container)

SMPTE ST 436-1:2013 VBI行和辅助数据包的MXF映射 (MXF Mappings for VI Lines and Ancillary Data Packets)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

KLV 数据编码 data encoding using Key-Length-Value (KLV)

SMPTE ST 336:2007定义的一种以数值为基础并与语言无关的编码方式。

注：KLV由键 (Key)、长度 (Length) 和值 (Value) 三个数据域组成，结构见图1，其中“键”指示了其后的“值”域的数据类型，“长度”指示了其后的“值”域的字节长度。

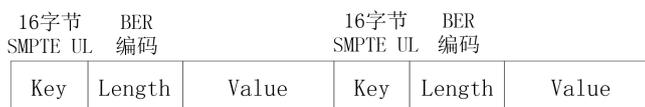


图 1 KLV 结构

3.2

结构性元数据 structural metadata

描述MXF结构的元数据集。

3.3

操作模式 operational pattern

为了降低MXF编码及解析程序的实现复杂度，根据应用需求，在实现互操作性的前提下，对MXF文件的文件结构和结构性元数据进行约束的集合。

注：一类应用对应一个约束的集合，即一个操作模式。

3.4

实体 essence

MXF文件所包含的原始视频流、音频流和数据流。

3.5

实体容器 essence container

MXF文件的一部分，携带一个或多个实体流及密切相关的元数据。

3.6

元素 elements

实体容器中的实体流。

注：元素可以是一个单独的KLV数据编码包或一组具有相同键值的KLV数据编码包序列。

3.7

映射 mapping

按照一定的规则将不同的实体流及元数据装载到所定义的MXF实体容器中。

3.8

填充项 fill item

在MXF文件生成过程中，当需要对齐字节时，由空数据或者无意义的的数据组成的KLV数据编码包。

3.9

索引表 index table

将MXF文件包中的时间线偏移与实体容器的字节偏移进行关联的查找表。

注：索引表可以使应用程序在不分析整个MXF文件的情况下即可访问文件中的特定的视频帧或音频采样。

3.10

随机索引包 random index pack

记录每个分区包的位置以及这些分区包所携带实体数据的流ID的表。

3.11

素材包 material package

包含了时码轨、视频轨、音频轨等描述信息的描述MXF文件“输出时间线”的一类包。

3.12

顶层文件包 top-level file package

用于描述MXF文件中的实体数据的包。

注：每种类型的实体素材对应着顶层文件包中不同的轨道，这些轨道描述了对应实体素材的开始、长度等时间信息，并通过这些信息对顶层文件包内的不同实体素材进行同步。

3.13

低层源包 lower-level source package

对实体数据来源的描述，如源素材编辑信息、源素材来源等。

注：低层源包中不记录实体数据。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AES 音频工程师协会 (Audio Engineering Society)

AFD 有效格式描述符 (Active Format Descriptor)

AUD 访问单元分隔符 (Access Unit Delimiter)

AVC 高级视频编码 (Advanced Video Coding)

| | |
|-------|--|
| BER | 基本编码规则 (Basic Encoding Rule) |
| CABAC | 基于上下文的自适应二进制算术编码 (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding) |
| CAVLC | 基于上下文的自适应可变长编码 (Context-based Adaptive Variable Length Coding) |
| CBR | 恒定比特率 (Constant Bit Rate) |
| FPP | 尾部分区包 (Footer Partition Pack) |
| GOP | 图像组 (Group Of Pictures) |
| HPP | 头部分区包 (Header Partition Pack) |
| ID | 标识符 (Identifier) |
| KAG | KLV对齐格 (KLV Alignment Grid) |
| KLV | 键长度值 (Key-Length-Value) |
| MPEG | 运动图像专家组 (Moving Picture Experts Group) |
| MXF | 素材交换格式 (Material Exchange Format) |
| NAL | 网络抽象层 (Network Abstraction Layer) |
| OP1a | 1a操作模式 (Operational Pattern 1a) |
| PCM | 脉冲编码调制 (Pulse Code Modulation) |
| PPS | 图像参数集 (Picture Parameter Sets) |
| SEI | 补充增强信息 (Supplementary Enhancement Information) |
| SID | 流标识符 (Stream Identifier) |
| SMPTE | 电影与电视工程师学会 (Society of Motion Picture and Television Engineers) |
| SPS | 序列参数集 (Sequence Parameter Sets) |
| UID | 唯一标识符 (Unique Identifier) |
| UTF | Unicode转换格式 (Unicode Transformation Format) |
| UUID | 通用唯一识别码 (Universally Unique Identifier) |

5 通则

4K超高清清晰度成品节目文件和节目素材文件的文件格式的内容描述,主要包括文件结构、操作模式、实体容器、视音频编码以及映射方式等方面。本文件在SMPTE ST 378:2004的MXF操作模式上进行了进一步约束,规定了4K超高清清晰度电视节目文件格式OP1a MXF。

OP1a MXF的文件格式要求应符合第6章的规定。

4K超高清清晰度电视节目文件视音频编码及HDR元数据记录应符合附录A的规定。

对于用于收录、制作、交换和播出场景下的MXF封装格式具体要求应符合附录B的规定。

6 OP1a MXF 文件格式

6.1 通则

OP1a MXF文件应采用KLV数据编码,文件结构应符合SMPTE ST 377-1:2019的规定;容器应符合SMPTE ST 379-2:2010的规定;操作模式应符合SMPTE ST 378:2004的规定;视频可采用与AVS2、AVC编码(3840×2160/50/P,固定帧长)相当或更优的编码方式,映射方式应符合SMPTE ST 381-3:2017的规定;音频应采用PCM无压缩音频,映射方式应符合SMPTE ST 382:2007的规定。在此基础上,OP1a MXF文件格式还应符合6.2~6.5的要求。

6.2 MXF 文件结构

6.2.1 HPP 封闭的恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构

对于每帧大小固定的视频编码格式,如AVC 4K Intra CBR,应采用恒定大小编辑单元的MXF文件结构,应与图2相符合。MXF文件应包括文件头、文件体和文件尾三部分:

- 文件头由头部分区包(HPP)、头部元数据和索引表构成,HPP的状态应为关闭且封口;
- 文件体只包含实体容器,实体容器由若干个恒定大小的编辑单元构成,每个编辑单元应包含一个系统项、一个图像项(包含一个视频帧)、若干个声音项(包含该音频声道的一帧音频数据)

和一个数据项（包含辅助数据），应与图3相符合，每个编辑单元中的项类型应相同且各项的顺序在整个文件中应保持一致：

- c) 文件尾由尾部分区包（FPP）和随机索引包构成。

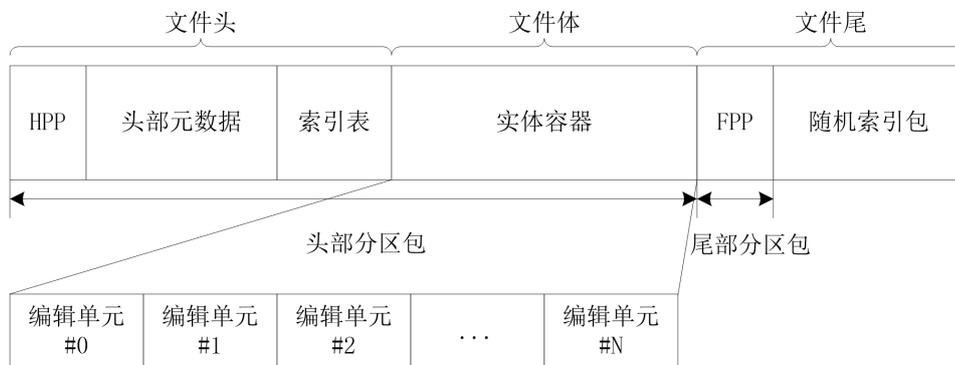


图 2 恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构



图 3 编辑单元构成

6.2.2 HPP 开放的恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构

对于不定时长采集产生的MXF文件，由于最终写入的文件帧数不能在一开始确定，应采用图4所示的文件结构。MXF文件应包括文件头、文件体和文件尾三部分：

- a) 文件头由HPP、头部元数据和索引表构成，HPP的状态应为开放且未封口，头部元数据和索引表记录的文件帧数应为-1；
- b) 文件体只包含实体容器，实体容器由若干恒定大小的编辑单元构成；
- c) 文件尾由FPP、头部元数据、索引表和随机索引包构成，其中FPP的状态应为关闭且封口，头部元数据和索引表应记录文件准确的帧数。

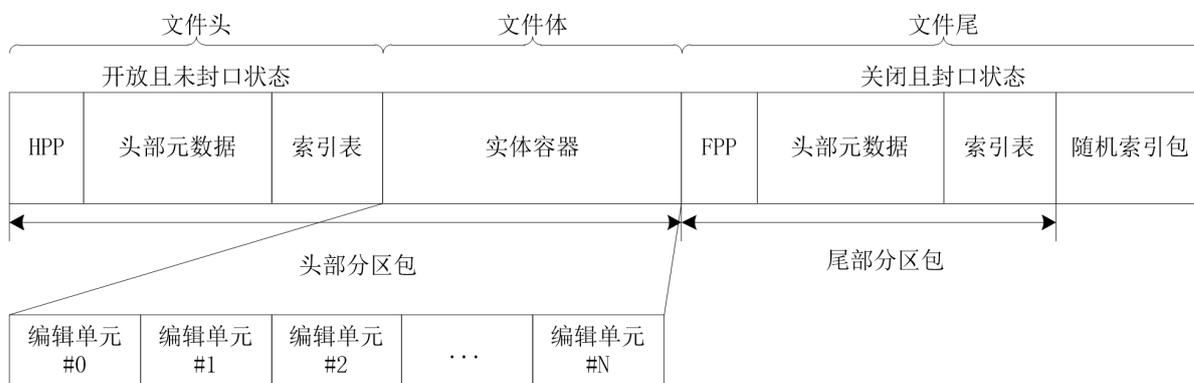


图 4 适用于不定时长采集的恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构

6.2.3 非恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构

对于每帧大小非固定的视频编码格式，如AVC Long GOP，应采用图5所示的非恒定大小编辑单元的MXF文件结构。MXF文件应包括文件头、文件体和文件尾三部分：

- 文件头由HPP、头部元数据和索引表构成，索引表由若干个索引表片段组成，与实体容器的分段一一对应，且能根据索引表正确地索引到该分段在文件中的位置；
- 文件体只包含实体容器，实体容器由若干个分段组成，每个分段包含若干个编辑单元；
- 文件尾由FPP和随机索引包构成。

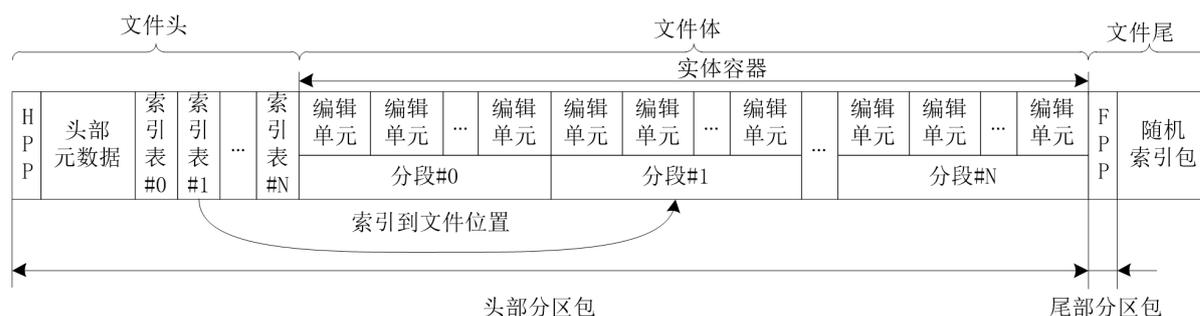


图5 非恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构

6.2.4 KAG

MXF文件中的数据结构采用KLV数据编码，为了在Op1a MXF文件中高效地检索，KLV数据编码包应按照一定字节数对齐，该字节数即为KAG。考虑到磁盘分区大小，KAG的大小宜为512字节。

6.2.5 填充项

填充项应采用能够满足KAG边界的最小长度。

填充项的键值应为：06.0E.2B.34.01.01.01.02.03.01.02.10.01.00.00.00(十六进制)，其“Version”字段应为0x02。

填充项的长度字段应采用4字节BER长格式编码，即83.xx.yy.zz（十六进制）。

6.2.6 随机索引包

在FPP的末尾应生成随机索引包，以保证随机访问的效率。并且，该随机索引包应是文件的最后一个KLV数据编码包。

随机索引包的键值为：06.0E.2B.34.02.05.01.01.0D.01.02.01.01.11.01.00（十六进制）。

随机索引包的长度字段应采用4字节BER长格式编码，即83.xx.yy.zz（十六进制）。

6.3 操作模式

6.3.1 通则

操作模式应符合SMPTE ST 378:2004的规定。

6.3.2 素材包

素材包应符合SMPTE ST 377-1:2019和SMPTE ST 378:2004的规定。

6.3.3 顶层文件包

顶层文件包应符合SMPTE ST 377-1:2019和SMPTE ST 378:2004的规定。

6.3.4 低层源包

Op1a MXF文件可包含多个低层源包。如果存在低层源包，应符合SMPTE ST 377-1:2019的规定。

6.3.5 包约束

为了满足不同的播出开始时间，素材包和文件包中轨的起始时间可以不同，但是持续时间应相同。

6.4 结构性元数据

6.4.1 序言

序言应符合SMPTE ST 377-1:2019的规定。其中Version字段应为259（表示为1.3版本）。在序言中宜包含可选字段Is RIP Present，且取值应为1。

6.4.2 轨

OP1a MXF文件应包含描述系统、图像、声音和数据的所有轨。

6.4.3 描述符

6.4.3.1 多重描述符

多重描述符应符合SMPTE ST 377-1:2019中F.3的规定。

6.4.3.2 图像实体描述符

图像实体描述符应包含SMPTE ST 377-1:2019和SMPTE ST 381-3:2017中定义的所有必备属性。

6.4.3.3 AVC映射实体描述符

AVC映射实体描述符应包含SMPTE ST 381-3:2017中定义的所有必备属性。

6.4.3.4 声音实体描述符

声音实体描述符应包含SMPTE ST 377-1:2019和SMPTE ST 382:2007中定义的所有必备属性。其中，Dial Norm（十六进制3D.0C）的属性定义为“Decoder Required.”。如果MXF文件中包含Dial Norm属性，则MXF解析器应能够识别并转存该属性值。

6.4.3.5 数据实体描述符

数据实体描述符应包含SMPTE ST 377-1:2019和SMPTE ST 436-1:2013中定义的所有必备属性。

6.4.4 时码

头部元数据中应写入时码轨。

头部元数据中起始时码宜为0，主体分区中首个编辑单元的时码也宜为0，后续编辑单元的时码应连续。

6.4.5 节目的AFD信息

若节目中所有视频帧的AFD值均相同，可以在图像实体描述符中“ActiveFormatDescriptor”的属性写入当前节目的AFD值，是否写入由MXF编码器确定，若写入，AFD信息应符合GY/T 283—2014的规定。

若节目中所有视频帧的AFD值不全一致，则不应在图像实体描述符中“ActiveFormatDescriptor”的属性写入AFD值。

6.4.6 标识中的公司和厂家标示

标识中的公司和厂家标示要求应符合表1的规定。

表1 标识中的公司和厂家标示要求

| 项目名称 | 类型 | 必备/可选 | 语义 | 值 |
|---------------------|---------------|-------|---------------------|----------|
| Instance UID | UUID | 必备 | 该实例的唯一ID | 随机生成 |
| This Generation UID | UUID | 必备 | 用于被其他集合参考 | 随机生成 |
| Company Name | UTF-16 string | 必备 | 创建或修改该文件的设备或应用的厂家名称 | 根据应用需要确定 |
| Product Name | UTF-16 string | 必备 | 创建或修改该文件的应用名称 | 产品名称 |

表 1 (续)

| 项目名称 | 类型 | 必备/可选 | 语义 | 值 |
|---|-----------------|-------|-----------------------|------------|
| Product Version | Product Version | 可选 | 应用的版本号 | 自定义 |
| Version String | UTF-16 string | 必备 | 应用版本的可读名称 | 产品版本名称 |
| Product UID | UUID | 必备 | 创建该文件的产品的唯一标识 | 厂家定义的产品 ID |
| Modification Date | Timestamp | 必备 | 创建或修改该文件并创建该标识集的时间和日期 | 修改时间 |
| ToolkitVersion | Product Version | 可选 | 所用软件或硬件编码器版本 | 自定义 |
| Platform | UTF-16 string | 可选 | 所用操作系统的可读名称 | 自定义 |
| This Generation UID应符合 SMPTE ST 377-1:2019中7.5.2的规定，Product Version、Modification Date、ToolkitVersion应符合 SMPTE ST 377-1:2019中4.3的规定。 注1: UTF-16 string为可变长的字符串。 注2: Product Version由5个UInt16的值组成，分别表示major、minor、patch、build、release版本号，用来描述创建或者修改此文件的工具的版本。 | | | | |

6.4.7 实体容器标签

6.4.7.1 AVC 实体容器标签

AVC实体容器标签应符合 SMPTE ST 379-2:2010中表4和 SMPTE ST 381-3:2017中表2的规定。

6.4.7.2 音频实体容器标签

音频实体容器标签应符合 SMPTE ST 379-2:2010中表4和 SMPTE ST 382:2007中表4的规定。

6.4.7.3 辅助数据包实体容器标签

辅助数据包实体容器标签应符合 SMPTE ST 379-2:2010中表4和 SMPTE ST 436-1:2013中表1的规定。

6.4.7.4 多重描述符实体容器标签

多重描述符实体容器标签应符合 SMPTE RP 224v12:2012的规定，具体值为：06.0E.2B.34.04.01.01.03.0D.01.03.01.02.7F.01.00（十六进制）。

6.5 实体数据

6.5.1 打包方式

打包方式应采用 SMPTE ST 381-3:2017规定的帧打包方式，每个实体项按帧交错排列。

6.5.2 系统项

系统项结构应符合 SMPTE ST 385:2012的规定。

每个系统项中记录的相应编辑单元的时码应符合6.4.4的要求。

6.5.3 图像项

对于AVC编码的视频实体数据，图像元素的键应采用 SMPTE ST 379-2:2010和 SMPTE ST 381-3:2017中定义的元素键值，详细键值应符合表2的规定；图像元素的长度字段应采用4字节BER长格式编码，即83.xx.yy.zz（十六进制）。

表 2 AVC 图像元素的详细键值

| 字节序号 | 描述 | 字节值(十六进制) | 语义 |
|------|-----------------------------|-----------|---------------------|
| 1~12 | 应符合 SMPTE ST 379-2:2010 的规定 | | |
| 13 | Item Type Identifier | 15 | 表示当前项为图像项 |
| 14 | Essence Element Count | 01 | 该图像项中的图像元素数量 |
| 15 | Essence Element Type | 05 | 视频帧打包方式的图像元素 |
| 16 | Essence Element Number | 00 | 图像元素在该图像项中的序号(作为索引) |

6.5.4 声音项

PCM音频类型可采用AES3音频或Wave音频两种打包方式。

音频打包应符合SMPTE ST 382:2007的规定。

声音元素的键应采用SMPTE ST 379-2:2010和SMPTE ST 382:2007中定义的元素键值，详细键值应符合表3的规定。声音元素的长度字段应采用4字节BER长格式编码，即83.xx.yy.zz（十六进制）。

表 3 声音元素详细键值

| 字节序号 | 描述 | 字节值（十六进制） | 语义 |
|------|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| 1~12 | 应符合 SMPTE ST 379-2:2010 的规定 | | |
| 13 | Item Type Identifier | 16 | 表示当前项为声音项 |
| 14 | Essence Element Count | xx | 该通用容器中的声音元素数量 |
| 15 | Essence Element Type | 01 | “Wave 帧打包”方式的声音元素 |
| | | 03 | “AES 帧打包”方式的声音元素 |
| 16 | Essence Element Number | xx (从 00 开始) | 声音元素在该声音项中的序号（作为索引） |

6.5.5 数据项

OP1a MXF文件应在数据项中逐帧记录每个视频图像对应的AFD值。AFD信息的嵌入格式应符合GY/T 283—2014的规定。

数据元素的键值应采用SMPTE ST 379-2:2010和SMPTE ST 436-1:2013中定义的元素键值，详细键值应符合表4的规定。数据元素的长度字段应采用4字节BER长格式编码，即83.xx.yy.zz（十六进制）。

表 4 数据项详细键值

| 字节序号 | 描述 | 字节值（十六进制） | 语义 |
|------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| 1~12 | 应符合 SMPTE ST 379-2:2010 的规定 | | |
| 13 | Item Type Identifier | 17 | 表示当前项为数据项 |
| 14 | Essence Element Count | 01 | 该数据项中的辅助数据元素数量 |
| 15 | Essence Element Type | 02 | 帧打包方式的辅助数据元素 |
| 16 | Essence Element Number | 01 | 辅助数据帧元素在该数据项中的序号（作为索引） |

6.5.6 索引表

索引表由一个或多个索引表片段组成。OP1a MXF文件应实现完整的索引表，该索引表应能索引到每个轨的每一帧数据。索引表的实现应符合SMPTE ST 377-1:2019和SMPTE ST 381-3:2017的规定。

对于恒定大小编辑单元的MXF文件结构，其索引表片段应符合表5的规定。

表 5 恒定大小编辑单元的索引表片段参数

| 项目名称 | 必备/可选 | 语义 | 值 |
|----------------------|-------|----------------------|------------------------|
| Index Table Segment | 必备 | 一个索引表片段集合 | — |
| Length | 必备 | 设置长度 | — |
| Instance UID | 必备 | 该实例的唯一 ID | — |
| Edit Rate | 必备 | 从实体容器中的轨中拷贝过来的编辑速率 | 50（视频帧率） |
| Start Position | 必备 | 该索引表片段所索引的第一个编辑单元的帧号 | 0 |
| Duration | 必备 | 该索引表片段所包含的帧数 | 0 或者文件总帧数 |
| Edit Unit Byte Count | 必备 | 每个编辑单元的字节数 | 应正确填写恒定大小编辑单元的字节数 |
| IndexSID | 必备 | 索引表的流 ID | 与 HPP 中记录的 IndexSID 一致 |
| BodySID | 必备 | 所索引的实体容器的流 ID | 与 HPP 中记录的 BodySID 一致 |
| Slice Count | 必备 | 条带数减 1 | 0 |
| PosTableCount | 可选 | PosTable 入口数量减 1 | 0 |

表 5 (续)

| 项目名称 | 必备/可选 | 语义 | 值 |
|-------------------------|-------|--------------------------------|---|
| Delta Entry Array | 必备 | 元素映射到条带 | Delta Entry Array 应出现且正确记录 NDE、Length 和每一个 Delta Entry 项的数据 |
| Index Entry Array | 必备 | 编辑单元在元素流中偏移位置的索引 | Index Entry Array 应出现但表项为空, 其 NIE 字段和 Length 字段应为 0 |
| Single Index Location | 可选 | 指示索引表是只存在于一个分区包之中还是存在于多个分区包之中 | 1: 适用于恒定大小编辑单元的文件结构; 0: 适用于不定时长采集的文件结构 |
| Single Essence Location | 可选 | 指示实体容器是只存在于一个分区包之中还是存在于多个分区包之中 | 1 |
| Forward Index Duration | 可选 | 指示索引表是出现在实体容器之前还是之后 | 1: 适用于恒定大小编辑单元的文件结构; 0: 适用于不定时长采集的文件结构 |

对于非恒定大小编辑单元的MXF文件结构, 其索引表片段应符合表6的规定。

表 6 非恒定大小编辑单元的索引表片段参数

| 项目名称 | 必备/可选 | 语义 | 值 |
|-------------------------|-------|--------------------------------|--|
| Index Table Segment | 必备 | 一个索引表片段集合 | — |
| Length | 必备 | 设置长度 | — |
| Instance UID | 必备 | 该实例的唯一 ID | — |
| Edit Rate | 必备 | 从实体容器中的轨中拷贝过来的编辑速率 | 50 (视频帧率) |
| Start Position | 必备 | 该索引表片段所索引的第一个编辑单元的帧号 | 应正确填写该索引表片段所对应的首帧帧号 |
| Duration | 必备 | 该索引表片段所包含的帧数 | 宜为 480 |
| Edit Unit Byte Count | 必备 | 每个编辑单元的字节数 | 0 |
| IndexSID | 必备 | 索引表的流 ID | 与 HPP 中记录的 IndexSID 一致 |
| BodySID | 必备 | 所索引的实体容器的流 ID | 与 HPP 中记录的 BodySID 一致 |
| Slice Count | 必备 | 条带数减 1 | 1 |
| PosTableCount | 可选 | PosTable 入口数量减 1 | 0 |
| Delta Entry Array | 必备 | 元素映射到条带 | Delta Entry Array 应出现且正确记录 NDE、Length 和每一个 Delta Entry 项的数据 |
| Index Entry Array | 必备 | 编辑单元在元素流中偏移位置的索引 | Index Entry Array 应出现, 所包含的 Index Entry 数量应与索引表片段的 Duration 一致 |
| Single Index Location | 可选 | 指示索引表是只存在于一个分区包之中还是存在于多个分区包之中 | 1 |
| Single Essence Location | 可选 | 指示实体容器是只存在于一个分区包之中还是存在于多个分区包之中 | 1 |
| Forward Index Duration | 可选 | 指示索引表是出现在实体容器之前还是之后 | 1 |

附录 A
(规范性)

4K 超高清清晰度电视节目视音频编码参数及 HDR 元数据记录方式

A.1 视频编码基本参数

视频编码格式采用AVC，映射方式应符合SMPTE RDD 32:2017的规定，其基本参数取值应符合表A.1的规定，文件中的视频信号采用10bit量化编码，数字分量表示应符合表A.2的规定，恒定大小编辑单元MXF文件结构的AVC Sub Descriptor的参数取值应符合表A.3的规定，非恒定大小编辑单元MXF文件结构的AVC Sub Descriptor的参数取值应符合表A.4的规定。

表 A.1 AVC 基本参数取值

| 参数 | 取值 | |
|-----------|-----------------|---|
| 有效像素数 | 3840×2160 | |
| 帧率 | 50 | |
| 扫描方式 | 逐行 | |
| 位深 | 10bit | |
| 色度采样 | 4:2:2 | |
| Intra | 类 | High 4:2:2 Intra Profile |
| | 级 | 5.2 |
| | 码率 | 500Mbps或800Mbps |
| | GOP长度 | 1 (每帧都为IDR帧) |
| | 每帧包含的NAL单元及排列顺序 | AUD、SPS、PPS、SEI (可选)、编码数据Slice (多个) |
| | 每帧大小 | 应为固定值： a) AUD、SPS、PPS 总共长度为 512 字节； b) SEI 总共长度为 9216 字节 (若没有 SEI 使用填充数据)； c) 编码数据 Slice (多个) 的总字节数为：1260032 (对应 500Mbps) 或 2009600 (对应 800Mbps) |
| | 熵编码方式 | CAVLC |
| 每帧Slice个数 | 8 | |
| Long GOP | 类 | High 4:2:2 Profile |
| | 级 | 5.2 |
| | 码率 | 200Mbps |
| | GOP长度 | 24 |
| | 连续B帧个数 | 2 |
| | 参考帧个数 | 2 |
| | 熵编码方式 | CABAC |
| 每帧Slice个数 | 8 | |

表 A.2 数字分量 10bit 整数表示

| 序号 | 参数 | 值 |
|----|---|---|
| 1 | 编码信号 | R', G', B' 或 Y', C'_B, C'_R |
| 2 | 编码格式 | 每个分量10bit或12bit |
| 3 | R', G', B', Y', I 的量化 (超出视频数据范围的结果应被削减到视频数据范围内) | 窄范围 $D = \text{Round} [(219 \times E' + 16) \times 2^{n-8}]$ |
| 4 | C'_B, C'_R, C'_I, C'_C 的量化 (超出视频数据范围的结果应被削减到视频数据范围内) | $D = \text{Round} [(224 \times E' + 128) \times 2^{n-8}]$ |
| 5 | 量化电平 | 10bit编码 |

表 A.2 (续)

| 序号 | 参数 | 值 |
|---|--|--------|
| 6 | 黑电平 ($R' = G' = B' = Y' = I = 0$) DR', DG', DB', DY', DI | 64 |
| 7 | 标称峰值电平 ($R' = G' = B' = Y' = I = 1$) DR', DG', DB', DY', DI | 940 |
| 8 | 消色电平 ($C'_B = C'_R = 0$) DC'_B, DC'_R, DC_I, DC_P | 512 |
| 9 | 标称峰值电平 ($C'_B = C'_R = +0.5$) DC'_B, DC'_R, DC_I, DC_P | 960 |
| 10 | 标称峰值电平 ($C'_B = C'_R = -0.5$) DC'_B, DC'_R, DC_I, DC_P | 64 |
| 11 | 视频数据范围 ^{a, b} | 4~1019 |
| $\text{Round}(x) = \text{Sign}(x) \times \text{Floor}(x + 0.5)$, $\text{Floor}(x)$ 是小于等于 x 的最大整数 $\text{Sign}(x) = \begin{cases} 1; & x > 0 \\ 0; & x = 0 \\ -1; & x < 0 \end{cases}$ | | |
| ^a 窄范围数字信号可能延伸到黑色(次黑)以下, 以及超过标称峰值(超白), 但不得超过视频数据范围。 ^b 窄范围数字图像接口保留了一些数值, 用于如定时等信息的传输, 因此比全范围数字图像的视频数值范围窄。从全范围数字图像向窄范围数字图像接口的映射方式与具体应用相关。 | | |

表 A.3 恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构的 AVC Sub Descriptor 参数取值

| 项目名称 | 必备/可选 | 数值 | 语义 |
|---------------------------------|-------|-----------------------------|--------------------------------------|
| AVC Decoding Delay | 必备 | 0 | 解码延时, 单位为帧 |
| AVC Constant B Picture Flag | 必备 | 1 | B帧固定间隔 |
| AVC Coded Content Kind | 必备 | 1 | 扫描格式, 1为逐行扫描 |
| AVC Closed GOP Indicator | 必备 | 1 | 封闭GOP模式标记 |
| AVC Identical GOP Indicator | 必备 | 1 | GOP大小相同标记 |
| AVC Maximum GOP Size | 必备 | 1 | 最大GOP帧数量, 单位为帧 |
| AVC Maximum B Picture Count | 必备 | 0 | 连续B帧的最大数量, 单位为帧 |
| AVC Maximum Bitrate | 必备 | 500,000,000 或800,000,000 | 最大码率, 单位为比特每秒 (bps) |
| AVC Profile | 必备 | 122 | AVC的类, 122对应High 4:2:2 Intra Profile |
| AVC Profile Constraint | 必备 | 16 | AVC的类限制 |
| AVC Level | 必备 | 52 | AVC的级为5.2 |
| AVC Maximum Ref Frames | 必备 | 0 | AVC最大参考帧数量, 单位为帧 |
| AVC Sequence Parameter Set Flag | 必备 | 32 | AVC序列参数级标记, 32表示每个访问单元都有SPS |
| AVC Picture Parameter Set Flag | 必备 | 32 | AVC图像参数级标记, 32表示每个访问单元都有SPS |

表 A.4 非恒定大小编辑单元的 MXF 文件结构的 AVC Sub Descriptor 参数取值

| 项目名称 | 必备/可选 | 数值 | 语义 |
|-----------------------------|-------|-----|---------------------|
| AVC Decoding Delay | 必备 | 2 | 解码延时, 单位为帧 |
| AVC ConstantB Picture Flag | 必备 | 1 | B帧固定间隔 |
| AVC Coded Content Kind | 必备 | 1 | 扫描格式, 1为逐行扫描 |
| AVC Closed GOP Indicator | 必备 | 0或1 | 封闭GOP模式标记, 根据实际情况设置 |
| AVC Identical GOP Indicator | 必备 | 1 | GOP大小相同标记 |
| AVC Maximum GOP Size | 必备 | 24 | 最大GOP帧数量, 单位为帧 |
| AVC Maximum B Picture Count | 必备 | 2 | 连续B帧的最大数量, 单位为帧 |

表 A.4 (续)

| 项目名称 | 必备/可选 | 数值 | 语义 |
|---------------------------------|-------|-----------|--|
| AVC Maximum Bitrate | 必备 | 199999488 | 最大码率, 单位为比特每秒 (bps) |
| AVC Profile | 必备 | 122 | AVC的类, 122对应High 4:2:2 profile |
| AVC Profile Constraint | 必备 | 00 | AVC的类限制 |
| AVC Level | 必备 | 52 | AVC的级为5.2 |
| AVC Maximum Ref Frames | 必备 | 2 | AVC最大参考帧数量, 单位为帧 |
| AVC Sequence Parameter Set Flag | 必备 | 48 | AVC序列参数级标记, 48表示每个GOP第1个访问单元有SPS |
| AVC Picture Parameter Set Flag | 必备 | 32或48 | AVC图像参数级标记, 32表示每个访问单元有PPS, 48表示每个GOP第1个访问单元有PPS |

A.2 HDR 元数据在 MXF 文件格式中的记录方式

HDR元数据应记录在MXF文件图像实体描述符之中, 具体记录方式应符合表A.5的规定。

表 A.5 HDR 元数据在 MXF 图像实体描述符之中的记录方式

| 项目名称 | 项目含义 | 取值 | 取值含义 |
|-------------------------|------|---|---------------|
| Color Primaries | 原基色 | 06.0E.2B.34.04.01.01.06.04.01.01.01.03.03.00.00 | BT.709 |
| | | 06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.01.01.03.04.00.00 | BT.2020 |
| Transfer Characteristic | 转换特性 | 06.0E.2B.34.04.01.01.01.04.01.01.01.01.02.00.00 | BT.709 |
| | | 06.0E.2B.34.04.01.01.0E.04.01.01.01.01.09.00.00 | BT.2020 |
| | | 06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.01.01.01.0A.00.00 | BT.2100 (PQ) |
| | | 06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.01.01.01.0B.00.00 | BT.2100 (HLG) |
| Coding Equations | 编码式 | 06.0E.2B.34.04.01.01.01.04.01.01.01.02.02.00.00 | BT.709 |
| | | 06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.01.01.02.06.00.00 | BT.2020非恒定亮度 |

A.3 音频编码基本参数

音频编码采用PCM无压缩音频, 采样精度为24位, 采样频率为48kHz, 声道数目最少为2声道, 最多为16声道。

附录 B (规范性)

不同应用场景下 4K 超高清清晰度电视节目 MXF 封装格式

B.1 用于不定时长采集设备的 MXF 文件结构

用于不定时长采集设备的MXF文件,应采用6.2.2中所描述的适用于不定时长采集的恒定大小编辑单元的MXF文件结构。

B.2 用于制作和交换的 MXF 文件结构

用于制作和交换的MXF文件,应采用6.2.1中所描述的恒定大小编辑单元的MXF文件结构。

B.3 用于播出的 MXF 文件结构

用于播出的MXF文件,其文件格式应根据播出系统视频服务器的解码兼容能力及制作和播出机构的工艺流程来决定,使用6.2.1中所描述的恒定大小编辑单元的标准文件结构,且采用500Mbps固定帧长帧内编码,或6.2.3中所描述的非恒定大小编辑单元的MXF文件结构。所有分区状态都应为“关闭(Closed)”和“完成(Complete)”。

B.4 用于播出的 MXF 文件多重描述符

多重描述符中应包含 SMPTE ST 377-1:2019 中 B.2 规定的 SubDescriptors, Key 为 06.0E.2B.34.01.01.01.09.06.01.01.04.06.10.00.00, SubDescriptors在多重描述符中的LocalTag为动态分配,该项记录了Container Constraints Sub Descriptor的UUID。

B.5 用于播出的 MXF 文件图像实体描述符

图像实体描述符中的Picture Essence Coding Label应符合SMPTE ST 381-3:2017中表3和表4的规定。对于4K超高清清晰度播出中的AVC编码,采用6.2.1所述文件结构时该标签应为SMPTE ST 381-3:2017中表4定义的06.0E.2B.34.04.01.01.0A.04.01.02.02.01.32.30.01,即H.264/MPEG-4 AVC High 422 Intra Profile Unconstrained Coding;采用6.2.3所述文件结构时应为06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.02.02.01.31.60.01,即H.264/MPEG-4 AVC High 422 Unconstrained Coding。

B.6 用于播出的 MXF 文件 AVC 映射实体描述符

AVC映射实体描述符由SMPTE ST 381-3:2017中的表9定义,键值为06.0E.2B.34.02.53.01.01.0D.01.01.01.01.01.6E.00。AVC映射实体描述符的属性应符合SMPTE ST 381-3:2017中表5、表6、表7和表8的规定。

B.7 用于播出的 MXF 文件音频编码基本参数

音频编码采用PCM无压缩音频,采样精度为24位,采样频率为48kHz,AES帧打包,声道数目最少为2声道,最多为16声道。

B.8 用于播出的 MXF 文件高动态参数

采用HLG作为HDR高动态范围参数,图像实体描述符中的相关参数具体记录方式见表B.1。

表 B.1 播出用 MXF 文件 HDR 元数据在 MXF 图像实体描述符中的记录方式

| 项目名称 | 项目含义 | 取值 | 取值含义 |
|-------------------------|------|---|--------------|
| Color Primaries | 原基色 | 06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.01.01.03.04.00.00 | BT.2020 |
| Transfer Characteristic | 转换特性 | 06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.01.01.01.0B.00.00 | BT.2100(HLG) |
| Coding Equations | 编码式 | 06.0E.2B.34.04.01.01.0D.04.01.01.01.02.06.00.00 | BT.2020非恒定亮度 |

参 考 文 献

- [1] GB/T 37001—2018 高清晰度电视节目素材交换格式
 - [2] GB/T 41808—2022 高动态范围电视节目制作和交换图像参数值
 - [3] GB/T 41809—2022 超高清晰度电视系统节目制作和交换参数值
 - [4] GY/T 293.1—2015 数字电影打包 第1部分：声音和图像轨迹文件
 - [5] ISO/IEC 14496-10-2012 Information technology. Coding of audio-visual objects. Part 10:Advanced Video Coding
 - [6] EBU-TECH 3285 suppl.6 Specification of the Broadcast Wave Format; Supplement 6: Dolby Metadata, <dbmd> chunk
 - [7] SMPTE RP 210v13:2012 Metadata Element Dictionary
 - [8] SMPTE ST 291-1:2011 Ancillary Data Packet and Space Formatting
 - [9] SMPTE ST 330:2011 Unique Material Identifier(UMID)
 - [10] SMPTE ST 336:2007 Data Encoding Protocol Using Key-Length-Value
 - [11] SMPTE ST 383:2008 For Television - Material Exchange Format (MXF) - Mapping DV-DIF Data to the MXF Generic Container (Standard)
 - [12] SMPTE ST 386:2004 For Television - Material Exchange Format (MXF) - Mapping Type D-10 Essence Data to the MXF Generic Container
-