

附件2

4K 超高清和高清兼容制作及 频道同播实施指南 (2024 版)

国家广播电视总局

2024 年 12 月

前 言

为促进和规范4K超高清和高清同播频道建设,切实保障4K超高清和高清节目兼容制作技术质量,国家广播电视总局科技司于2024年设立了“4K超高清和高清兼容制作及频道同播实施指南”项目,由中央广播电视总台牵头成立了实施指南起草小组。起草小组基于4K超高清电视技术特点及国内外HDR与SDR兼容制作研究成果,结合中央广播电视总台4K超高清节目制播实践经验,围绕4K超高清和高清兼容制作及频道同播的工作流程、技术要求、系统配置等开展专题研究和测试。考虑到4K超高清及其下变换的高清都将进行播出、传送或交换,为兼顾二者的高质量,对4K超高清和高清兼容制作流程和基本参数及上下变换要求、制作环境和主观评价环境要求、声音制作要求等提出了指导意见,并以中央广播电视总台转换查找表集(CMG LUTs)和频道同播方案为例,给出了参考实现方案,形成了本实施指南(2024版)。

指导单位:国家广播电视总局科技司

起草单位:中央广播电视总台、国家广播电视总局广播电视科学研究院、国家广播电视总局广播电视规划院、北京广播电视台、上海广播电视台、江苏省广播电视总台、浙江广播电视集团、山东广播电视台、湖南广播电视台、广东广播电视台、四川广播电视台、广州市广播电视台、深圳广播电影电视集团、华为技术有限公司、北京中科大洋科技发展股份有限公司、成都索贝数码科技股份有限公司、新奥特(北京)视频技术有限公司、北京瑞得霖科信息技术有限公司、北京格非科技股份有限公司、杭州当虹科技股份有限公司、北京数码视讯软件技术发展有限公司、华光影像科技有限公司

起草人:徐进、智卫、李岩、周立、刘斌、李骅、周芸、张乾、姜蕾、王亚明、戴霖、曾志群、朱广皓、张墨一、盛轶骏、吴英露、郑红哲、韩国栋、方林、刘勤山、赵为纲、潘波、甄占京、李燕荣、林海锋、关朝洋、但京、周磊、王珮、孟秋俞、蔺飞、吴畏、郭洋、许春蕾、郎凤岐、马悦、杨慕星、李嘉伟、王惠明、欧臻彦、刘汉源、邸杨骅、胡潇、付光涛、魏娜、张宁、李文伟、何杰锋、谷燕京、封连伟、张宜静、徐溪、周建海、邢圆庆、管志鹏、高鹏、余全合、商同、杜俊、王雨、鲍放、石小明、周骋、周毅

目录

1 范围.....	1
2 概述.....	1
3 4K超高清和高清兼容制作及频道同播流程.....	1
3.1 概述.....	1
3.2 SDR调光制作.....	2
3.3 频道同播的直播流程.....	2
3.4 频道同播的录播流程.....	5
4 4K超高清和高清兼容制作及频道同播基本参数及操作要求.....	7
4.1 技术参数.....	7
4.2 HDR参考白亮度和电平.....	9
4.3 常见拍摄对象的亮度和信号电平.....	9
5 4K超高清与高清变换.....	10
5.1 映射关系.....	10
5.2 静态参数变换和动态参数变换.....	11
6 制作环境和主观评价环境.....	12
6.1 监视器设置.....	12
6.2 典型的节目制作环境.....	13
6.3 主观评价环境.....	13
7 4K超高清和高清节目同播声音制作要求.....	14
7.1 基本要求.....	14
7.2 环绕声节目声道分配.....	14
7.3 音频信号参数.....	15
7.4 音频电平和响度要求.....	15
附录A （规范性） 技术要求及操作细则.....	16
A.1 前期拍摄.....	16
A.2 灯光及LED背景屏.....	18
A.3 后期制作.....	19
附录B（资料性） CMG LUTs介绍.....	23
B.1 CMG查找表集（LUTs）.....	23
B.2 数字图像的电平表达方式与LUT类型.....	23
附录C （资料性） 同播方案.....	27
C.1 中央广播电视总台4K和高清直播同播方案.....	27
C.2 中央广播电视总台4K超高清和高清录播同播方案.....	28
参考文献.....	29

1 范围

本实施指南规定了 4K 超高清视频和高清视频兼容制作及频道同播中的技术要求及其节目技术质量管控要求，适用于 4K 超高清和高清兼容制作及频道同播、信号传送以及节目交换。

本实施指南中的 4K 超高清信号格式符合 GB/T 41808—2022 和 GB/T 41809—2022 规定的数字电视系统。采用的格式为 3840×2160/50/P，非线性转换曲线为 GB/T 41808—2022 规定的 HLG 曲线，BT. 2020 色域。

本实施指南中的高清信号格式符合 GY/T 155—2000 规定的数字电视系统。采用的格式为 1920×1080/50/I，EOTF Gamma 值为 2.4，BT. 709 色域。

2 概述

为确保超高清节目高质量和安全播出，建议采用 4K 超高清视频和高清视频兼容制作及频道同播方式，综合处理和把控好五个维度（超高清晰度和高清晰度、高动态范围 HDR 和标准动态范围 SDR、BT. 2020 色域和 BT. 709 色域、帧率 50Hz 逐行和帧率 50Hz 隔行、量化深度 10 比特和量化深度 8 比特）的上下变换。

本实施指南提出的频道同播流程主要基于单层工作流程的原则进行设计，单流的主要特点是以 4K 超高清 HLG 节目内容为主（母版），通过下变换的方式制作及监看高清 SDR 内容。4K 超高清 HLG 节目前期拍摄包括外出拍摄、现场转播、演播室录制等，均以 SDR 调光为主，4K 超高清与高清信号或文件下变换时，电平映射关系为 75%HLG→90%SDR。

频道同播流程包括直播流程和录播流程，具有简单、高效、稳定的特点，已经过大量的实践验证，是目前较优的兼容制作及频道同播解决方案。

建议各电视台在 4K 超高清和高清同播相关的国标、行标以及实施指南的基础上，立足本台 4K 超高清系统建设及节目生产流程等，及时制修订与自身节目制播适配的 4K 超高清和高清兼容制作及频道同播技术要求和技术规范，以确保 4K 超高清和高清电视节目图像中人物肤色、画面亮度及色彩等均无问题，不出现节目劣播等情况。

3 4K 超高清和高清兼容制作及频道同播流程

3.1 概述

4K 超高清视频和高清视频兼容制作时，首先完成 4K 超高清节目直播信号或录播文件的制作，同时为了兼顾高清节目播出，需要将 4K 超高清 HLG 信号或文件下变换为高清 SDR 信号或文

件，下变换过程可在制作系统中完成，也可在播出系统或媒资系统中完成。制作的 4K 超高清节目和变换后的高清节目均需确保高质量，满足 4K 超高清和高清播出要求。同播流程中各上下变换的环节均须对变换后的信号或文件进行监看，以确保上下变换的质量。中央广播电视总台 4K 超高清和高清同播方案参见附录 C。

3.2 SDR 调光制作

SDR 调光的制作系统，是以 4K HDR 摄像机的 4K 超高清 HLG 信号下变换输出的高清 SDR 图像和波形为基准，通过监看高清 SDR 监视器和波形监视器，进行 4K 超高清 HLG 信号调光制作，避免由于 HDR 曝光动态范围远大于 SDR 信号而引起的下变换高清 SDR 信号出现曝光不当、图像失色、细节丢失等现象。SDR 调光制作要求统一 4K 超高清制作系统中所有变换环节的电平映射关系，保证前期拍摄调光工位监看的高清 SDR 图像与其他各制作（后期制作、字幕及在线包装、图形及虚拟制作等）环节及播总控下变换的高清 SDR 图像一致，实现同播流程各环节 SDR 所见即所得，获得高质量的 SDR 和 HDR 图像。

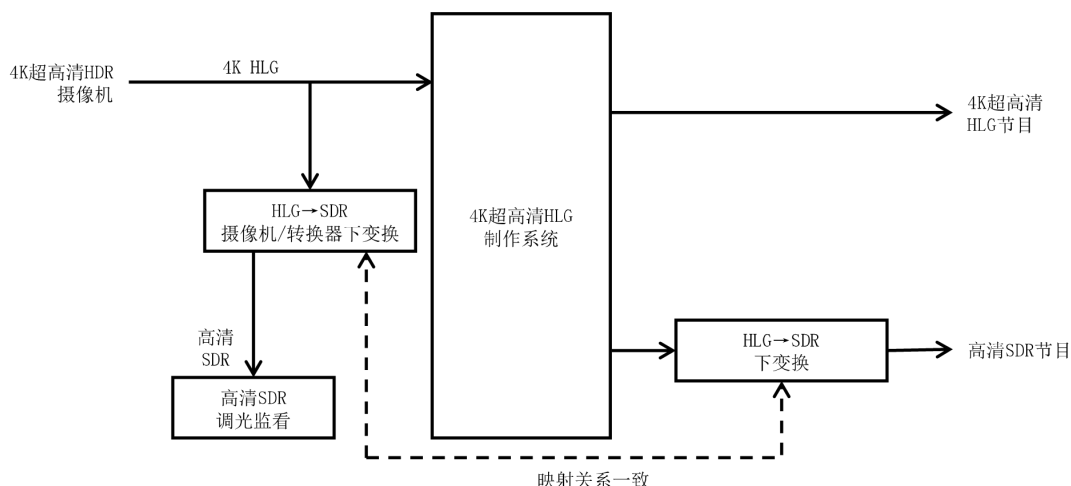


图 1 SDR 调光制作 HDR 节目

3.3 频道同播的直播流程

4K 超高清和高清频道同播的直播流程见图 2。4K 超高清 HLG 信号制作系统的输入信号包括 4K 超高清 HLG 信号和高清 SDR 信号，4K 超高清 HLG 图文信号和高清 SDR 图文信号，4K 超高清 HLG 信号和 4K 超高清 HLG 图文信号需满足 SDR 调光制作时采用的映射关系（见 5.1）。输入直播系统的高清 SDR 信号需实时上变换为 4K 超高清 HLG 信号。对于输入直播系统的 4K 超高清 HLG 摄像机信号，需实时下变换为高清 SDR 信号用于该摄像机调光监看以及视觉质量控制。制作输出的 4K 超高清 HLG 直播信号用于 4K 超高清电视频道播出，经过总控/播出系统进行实时下变换

得到的高清 SDR 直播信号用于高清电视频道播出，高清 SDR 直播信号也可由制作系统直接下变换用于高清电视频道播出。在信号制作及变换过程中，应使用相应监视器对变换的信号进行监看。

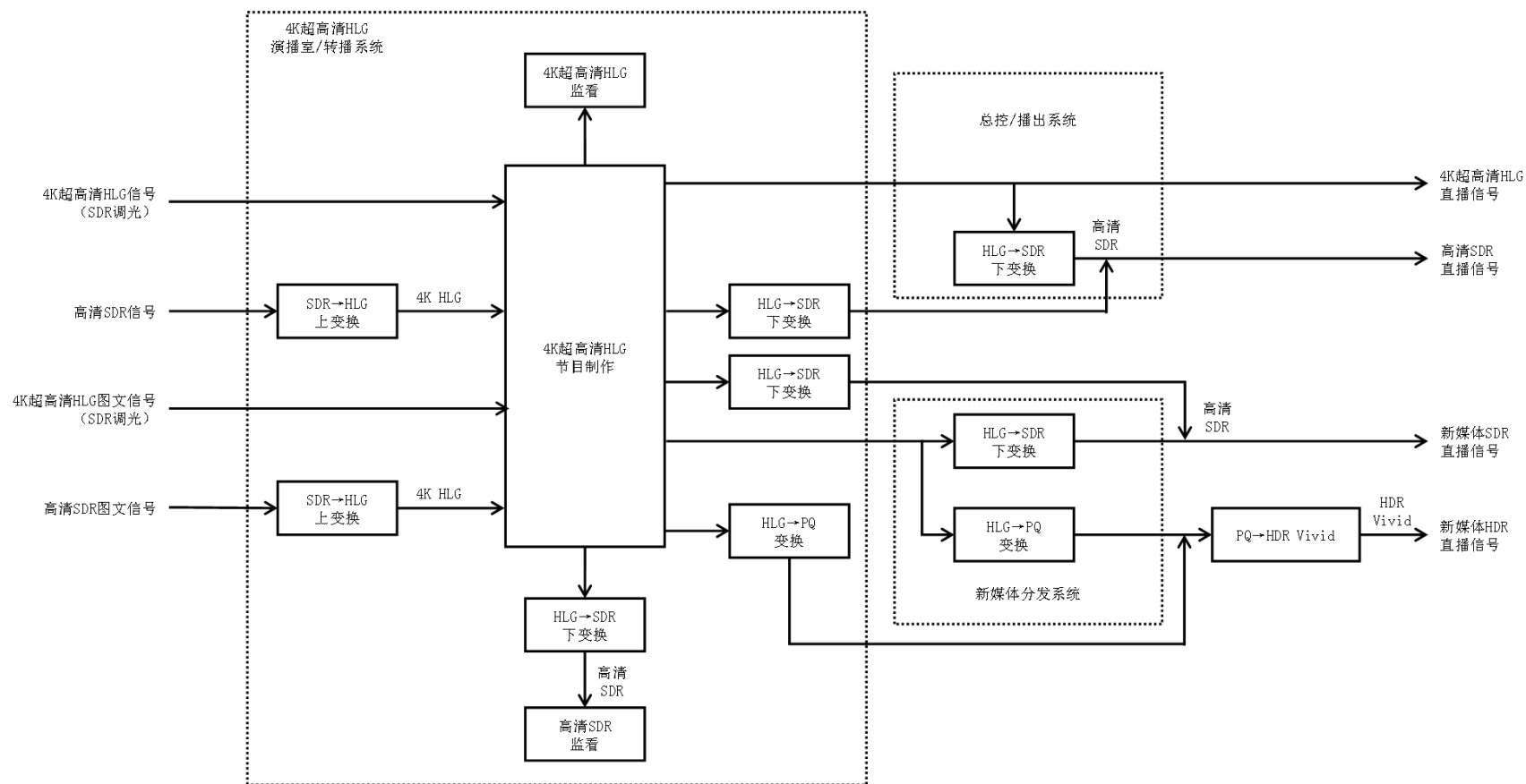


图 2 4K 超高清和高清视频兼容制作直播流程

图2中在新媒体分发系统或制作系统变换后的4K超高清PQ信号可进行HDR Vivid处理，用于新媒体4K/50/P/HDR或1080/50/P/HDR信号分发。在新媒体分发系统或制作系统下变换的1080/25/P/SDR或720/25/P/SDR或480/25/P/SDR等格式的信号可用于新媒体SDR信号分发。

3.4 频道同播的录播流程

超高清和高清频道同播的录播流程见图3。4K超高清后期制作系统的素材输入包括4K超高清HLG素材、高清SDR素材、4K超高清HLG图文素材和高清SDR图文素材，4K超高清HLG素材和4K超高清HLG图文素材需满足SDR调光制作时采用的映射关系（见7.1）。经过4K超高清后期制作（编辑、调色、包装）系统，生成的4K超高清HLG成品节目文件用于4K超高清电视频道送播，同时，经过在总控/播出系统或节目转换平台（HLG-SDR专用转换器或系统，可采用动态参数下变换模式）下变换的高清SDR节目文件用于高清电视频道送播。高清SDR节目也可由制作系统直接下变换用于高清电视频道送播。在对4K超高清节目进行后期制作时，应对4K超高清节目实时下变换的高清节目信号进行预监看。

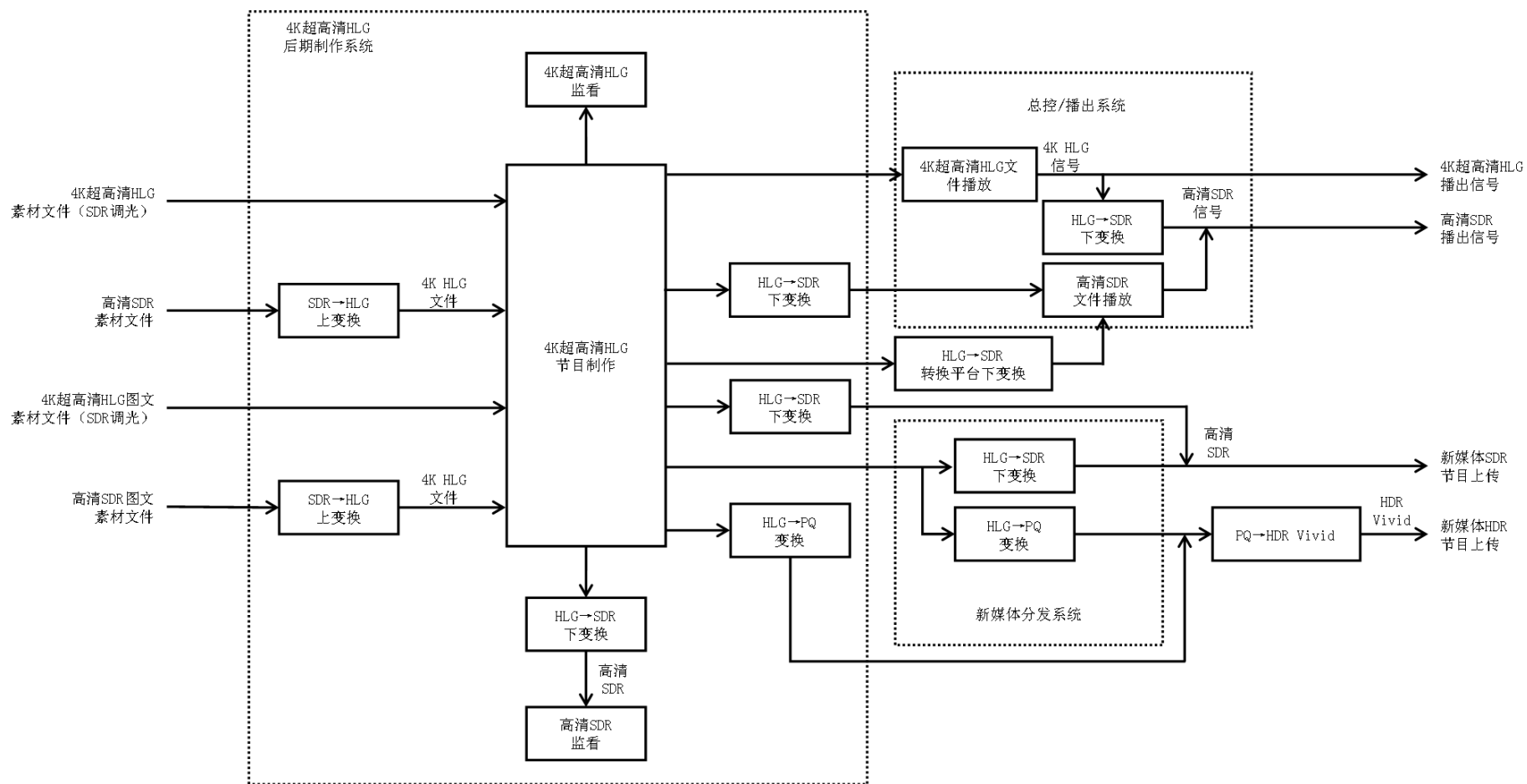


图 3 4K 超高清和高清视频兼容制作录播流程

图3中在新媒体分发系统或制作系统变换后的4K超高清PQ节目可进行HDR Vivid处理，用于新媒体4K/50/P/HDR或1080/50/P/HDR节目分发。在新媒体分发系统或制作系统下变换的1080/25/P/SDR或720/25/P/SDR或480/25/P/SDR等格式的节目文件可用于新媒体SDR节目分发。

4 4K超高清和高清兼容制作及频道同播基本参数及操作要求

4.1 技术参数

根据GB/T 41808—2022、GB/T 41809—2022及GY/T 155—2000的相关要求，4K超高清HDR节目视频技术参数应符合表1的要求；4K超高清、高清兼容制作及频道同播过程中，HLG“窄范围”视频信号参数应符合表2的要求；高清SDR节目视频技术参数应符合表3的要求。

表1 4K超高清节目视频关键技术参数

序号	项目名称	技术要求
1	幅型比	16:9
2	分辨率	3840×2160
3	取样结构	正交
4	像素宽高比	1:1
5	像素排列顺序	从左到右，从上到下
6	帧率	50Hz
7	扫描模式	逐行扫描
8	量化深度	10bit
9	色域	BT. 2020
10	EOTF非线性转换函数	BT. 2100 HLG (1000cd/m ²)
11	图像取样	4:2:2

表 2 HLG “窄范围”视频信号参数要求

参数名称	视频信号电平值（10比特量化）
黑色	64
HDR峰值白电平（标称）	940
HDR超白电平	1019
视频信号使用10比特量化时，黑电平为64，峰值白电平（标称）为940。 制作中宜使用HDR超白电平，黑电平为64，HDR超白电平为1019，以利于提高信号的动态范围。目前4K超高清和高清频道同播暂不建议使用超白电平。	

表 3 高清节目视频关键技术参数

序号	项目名称	技术要求
1	幅型比	16:9
2	分辨率	1920×1080
3	取样结构	正交
4	像素宽高比	1:1
5	像素排列顺序	从左到右，从上到下
6	帧率	25Hz
7	扫描模式	隔行扫描
8	量化深度	8bit
9	色域	BT. 709
10	EOTF非线性转换函数	BT. 1886 (Gamma2.4)
11	图像取样	4:2:2

4.2 HDR 参考白亮度和电平

表 4 PQ、HLG 节目制作用基准信号电平

反射对象或参考	基准亮度 (PQ和1000cd/m ² HLG) cd/m ²	基准信号电平	
		%PQ	%HLG
HDR参考白电平	203	58	75
HDR映射白电平	260	60.7	79
HDR参考白电平用于4K超高清系统校准, 如设备、系统通道及性能指标调校。 HDR映射白电平不是4K超高清信号的最大白电平也不是平均白电平, 不应将其设置为广播安全上限值。 后期制作应使用HDR映射白电平进行视频信号亮度的调整, 以确保节目内各镜头间以及节目与节目衔接间, 画面亮度的一致性。白色解说词或唱词字幕(无反光处理)亮度宜在260cd/m²左右, 如遇到个别画面平均亮度过高或过低时可调整字幕亮度以适配人眼感受。 超过HDR参考白电平的部分被认为是HDR高光, HDR高光占比不宜超过整体画面的 25%。			

4.3 常见拍摄对象的亮度和信号电平

在4K超高清节目制作中常见拍摄对象的亮度和信号电平参照表5的要求。具体技术要求及操作细则见附录A。

表 5 常见拍摄对象亮度和信号电平

拍摄对象	基准亮度 (PQ和1000cd/m ² HLG) cd/m ²	基准信号电平	
		%PQ	%HLG
1-2型浅色肤色	83~142	45~54	60~69
3-4型中等肤色	52~109	40~52	50~65
5-6型深色肤色	13~52	30~44	28~50
草坪	39~84	40~49	45~60
菲茨帕特里克肤色量表用于皮肤类型的分类, 可为视频中出现的肤色范围提供一种方便的分类方法。主要分为三类: 1-2型浅色肤色、3-4型中等肤色、5-6型深色肤色。 亚洲人肤色亮度约在52cd/m²~142cd/m², 一般男性偏低、女性偏高, 若化妆后则普遍偏高, 可将130cd/m²作为肤色参考亮度值。 当没有测试卡或不易使用时, 可使用肤色或草坪亮度电平值来控制信号电平。 滑冰场可参考200cd/m², 白色反射体在180cd/m²~550cd/m²之间。			

5 4K 超高清与高清变换

5.1 映射关系

5.1.1 HDR→SDR 下变换映射关系

超高清HLG信号下变换为SDR信号时以HDR参考白电平75%HLG为基准，映射到90%SDR，电平映射关系符合表6的要求。

表 6 HLG→SDR 下变换电平映射关系参数

HLG信号电平 (%)	SDR信号电平 (%)	SDR显示亮度 cd/m^2 (100 cd/m^2 监视器)
0 (黑)	0	0
40 (灰)	40	11.1
75 (HDR参考白)	90	77.7
100 (HDR峰值白)	109	123
标称100 cd/m^2 的监视器显示超白电平时峰值亮度可以达到123 cd/m^2 。 在波形监视器上宜使用%表示信号电平。10比特量化时，940对应100%，1019对应109%。 8比特量化时，235对应100%，254对应109%。		

5.1.2 SDR→HDR 上变换映射关系

高清SDR信号上变换为HLG信号时以白电平100%SDR为基准，映射到79%HLG，电平映射关系符合表7的要求。

表 7 SDR→HLG 上变换电平映射关系参数

SDR信号电平 (%)	HLG信号电平 (%)	HLG显示亮度 cd/m^2 (1000 cd/m^2 监视器)
0 (黑)	0	0
40 (灰)	40	29.7
90 (白)	75	203
100 (SDR峰值白)	79	260
109 (SDR超白)	82.5	324

5.1.3 HLG→PQ 变换映射关系

超高清HLG信号变换为PQ信号时以HDR参考白电平75%HLG为基准，映射到58%PQ，电平映射关系符合表8的要求。

表 8 HLG→PQ 信号变换电平映射关系参数

HLG信号电平 (%)	PQ信号电平 (%)	PQ显示亮度 cd/m^2 (1000 cd/m^2 监视器)
0 (黑)	0	0
40 (灰)	39.2	29.7
75 (HDR参考白)	58	203
79 (HDR映射白)	60.7	260
100 (HDR峰值白)	75.2	1000
109 (HDR超白)	81.6	1000
		1809 (2000 cd/m^2 监视器)

5.2 静态参数变换和动态参数变换

HDR-SDR变换可分为静态（固定）参数变换和动态自适应（可变）参数变换两个类别。

静态参数变换通过调整转换器参数或加载LUT文件实现HDR-SDR变换，采用LUT方式可使不同设备的变换效果具有一致性，具有较好稳定性和安全性。考虑到4K超高清和高清电视频道同播时SDR→HDR→SDR信号往返变换的需求，以及新媒体分发的变换需求，可使用CMG LUTs，见附录B。

动态自适应参数下变换通过分析图像亮度信息等，动态调整图像HDR-SDR映射关系。对不同亮度水平的HDR图像具有较好的适配性。

以SDR调光为基准进行4K超高清、高清节目同播时，直播流程宜采用静态参数变换。非SDR调光制作的4K节目宜采用动态自适应参数变换。

静态参数和动态参数变换目前均有成熟的技术方案，随着AI技术应用的不断完善，未来也可采用基于人工智能（AI）技术的变换方案。

6 制作环境和主观评价环境

6.1 监视器设置

6.1.1 HLG 显示伽玛 (γ) 值

HLG制作时，峰值亮度不同的监视器的显示伽玛值要求见表9。

表 9 HLG 显示伽玛 (γ) 值

额定峰值亮度 (cd/m^2)	显示伽玛
400	1.03
600	1.11
800	1.16
1000	1.20
1500	1.27
2000	1.33

6.1.2 额定峰值显示的亮度级别

在4K超高清标准主观评价环境下，不同额定峰值HLG监视器的参考白信号的亮度值见表10。

表 10 不同额定峰值显示亮度值

额定峰值亮度 (cd/m^2)	HDR参考白亮度 (cd/m^2)
400	101
600	138
800	172
1000	203
1500	276
2000	343
宜使用峰值亮度 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ HLG 监视器作为关键制作环节的监看设备。	

6.2 典型的节目制作环境

当4K超高清节目制作环境较亮或特别暗时，应对表11中设置的显示器伽玛值进行调整。对于较亮的观看环境，显示伽玛值要相应降低，特别暗的制作环境，伽玛值要升高，以确保节目亮度一致性。典型的节目制作环境符合表11的要求。

表 11 典型的节目制作环境的伽玛值调整

序号	典型的节目制作环境	典型照度 ^a Lux	典型亮度 ^b cd/m ²	显示伽玛调整 (在显示伽玛值的基础上增减)
1	晴天室内办公环境	130	25	-0.05
2	多云室内办公环境	75	15	-0.04
3	编辑工位	50	10	-0.02
4	调色工位	25	5	0.00
5	暗调色工位	3	0.5	+0.08
^a 典型照度：垂直于屏幕测量。 ^b 典型亮度：假设 60%反射率环绕。				

6.3 主观评价环境

根据GB/T 41808—2022相关技术要求，当对HDR成品节目的图像质量进行主观评价时，主观评价环境符合表12的规定。

表 12 主观评价环境要求

序号	参数	要求
1	环绕 ^a 和外围	D65的中性灰
2	环绕亮度	5cd/m ²
3	外围亮度	≤5cd/m ²
4	环境照明	避免光线落在屏幕上
5	收视距离 ^b	对于1920×1080格式：3.2倍图像高度 对于3840×2160格式：1.6至3.2倍图像高度
6	显示系统峰值亮度 ^c	1000cd/m ²
7	显示系统亮度最小值（黑色亮度） ^d	0.005cd/m ²
^a 环绕指的是显示系统周围的区域，它可能影响眼睛的适应性，通常是显示系统后面的墙壁或幕帘；外围指的是环绕外的剩余环境。 ^b 当图像评估包括分辨率时，宜采用较低的收视距离值。当不评估分辨率时，可采用在指示范围的任何收视距离。 ^c 显示系统峰值亮度大于 1000cd/m ² ，不是指亮度水平必须达到全屏白色高亮，而是画面中10%白色亮点达到此值。 ^d 为达到显示系统亮度最小值宜使用 GY/T 326 中建议的 PLUGE 测试信号和程序加以调整。		

7 4K 超高清和高清节目同播声音制作要求

7.1 基本要求

4K超高清、高清节目同播推荐采用5.1声道环绕声格式录制，也可以采用立体声、三维声格式录制，应符合GY/T 364-2023中的规定。

7.2 环绕声节目声道分配

环绕声节目声道分配建议采用8声道，1至6声道记录环绕声信号，7、8声道记录立体声信号。环绕声节目声道分配应符合表13的规定。

表 13 环绕声节目声道分配

声轨序号	声道
1	环绕声前左声道 (L)
2	环绕声前右声道 (R)
3	环绕声中置声道 (C)
4	环绕声低频增强声道 (LFE)
5	环绕声左环绕声道 (Ls)
6	环绕声右环绕声道 (Rs)
7	立体声左声道 (L)
8	立体声右声道 (R)

注：因有些制播场景还存在对于立体声格式的使用需求，应在7、8声轨记录或传输节目的立体声版。

7.3 音频信号参数

音频信号的取样频率应不低于48kHz，应采用PCM线性量化，量化深度不低于16bit。

7.4 音频电平和响度要求

最大真峰值电平应不超过-2dB TP，平均响度应为-24LKFS，响度容差为±2LU。

附录 A
（规范性）
技术要求及操作细则

A. 1 前期拍摄

A. 1. 1 讯道摄像机

A. 1. 1. 1 参数设置

演播室及外场转播系统中参与制作的主要讯道源,宜使用同一型号的广播级4K超高清讯道摄像机,讯道摄像机的视频技术参数设置,原则上应符合表1和表2的要求。

A. 1. 1. 2 4K 超高清摄像机基础调校

接入系统的每台讯道摄像机均应在使用前或使用期间,按标准流程进行基础调校。讯道摄像机基础调整流程如下:

- a) 基础参数标准的复位;
- b) 选择正确的色矩阵及色温片;
- c) 根据环境亮度正确选择 ND 片;
- d) 焦点和清晰度的确认,根据拍摄焦距范围,准确调整镜头后焦,并确认摄像机轮廓校正在正确值;
- e) 摄像机对准 90%反射率测试卡(方向为主用方向,避免逆光),调整白平衡查看调白一致性并适当微调;
- f) 摄像机调白应统一时间进行,使用统一的测试卡,视频技术人员还应根据节目拍摄过程中光线色温变化进行适当微调,对于给到人物特写的机位要确认摄像机肤色还原正确,一致性好,必要时调整肤色轮廓等;
- g) 可用专业测试卡检查黑电平:拍摄测试卡,调整 4K 主黑和高清主黑,使 4K 和高清黑电平(测试卡中间的黑洞)为 2%;
- h) 确认讯道摄像机拍摄主体与现场背景大屏的亮度光比关系恰当。通过电子快门、景别控制以及显示屏频率调整解决图像频闪问题;
- i) 采用 SDR 调光制作 HDR 时,需确认 HLG 与 SDR 的映射关系是否正确,具体方法为,拍摄测试卡,调整摄像机光圈使测试卡中 90%反射率白的 4K 电平为 75%HLG ($203\text{cd}/\text{m}^2$),确认高清输出信号中相同位置的电平为 90%。

A. 1. 1. 3 质量控制

节目制作过程中,宜手动控制光圈、底电平等摄像机参数,实时监控图像质量。质量控制要点如下:

- a) 构图与聚焦: 拍摄时宜尽量避免镜头的快速推拉摇移。宜根据创作意图关注画面主体, 借助 4K 摄像机配备的辅助聚焦工具聚焦, 确保图像主体聚焦清晰;
- b) 降噪: 考虑到现有 4K 摄像机易于产生明显噪声, 宜根据不同品牌 4K 摄像机的功能, 设置相应的降噪参数。同时, 可通过降低主增益结合加大光圈的方法降低画面噪声。在演播室或其他室内现场光照条件下, 光圈宜控制在 F4~F8 范围内, 如果演播室内照度较低, 光圈可适当增加;
- c) 调光和图像电平控制: 调光即通过对摄像机参数和光圈的调整, 实现对图像电平的控制。现有 4K 演播室、转播车和 EFP 系统在设计上有以下两种不同的摄像机调光方式。

——基于 4K HDR 信号, 通过监看 HDR 信号调整图像电平, 对图像电平和亮度的控制应符合表 4 和表 5。超出 79%HLG 部分一般不宜超过画面面积的 20%, 超出 75%HLG 部分一般不宜超过画面面积的 25%。

——基于高清信号, 通过监看高清信号调整图像电平, 高清信号由 4K 超高清摄像机实时下变换输出, 调光时以高清图像画面曝光恰当为准。

- d) 底电平调整: 根据拍摄图像调整底电平, 确保图像对比度、灰度和暗部层次的正确性和一致性。
- e) 色彩一致性: 确保所有参与制作的讯道摄像机色调、饱和度的正确性和一致性。确保不同场景及同场景不同机位人物拍摄肤色还原的正确性及一致性。
- f) 光比与质感: 拍摄主体与背景大屏光比合理, 人物肤色亮度层次充分。
- g) 图文字幕: 对直播和录播节目制作中图文字幕的幅度、色度、格式及信号标准的确认。防止其对图像画面的影响。

A. 1. 2 ENG摄像机

A. 1. 2. 1 参数设置

使用 4K 超高清 ENG 摄像机拍摄时, 原则上应符合表 1、表 2 的要求, 应避免采用 4K 数字电影分辨率 4096×2160 。

如果摄像机没有 HLG 曲线, 可采用摄像机内置非线性转换曲线。

A. 1. 2. 2 摄像机基础调校

摄像机基础调校要点如下:

- a) 基础参数标准的复位;
- b) 选择正确的色矩阵及色温片;
- c) 根据环境亮度正确选择 ND 片;
- d) 焦点和清晰度的确认, 根据拍摄焦距范围, 准确调整镜头后焦, 并确认摄像机轮廓校正在正确值 (无法拆卸镜头的摄像机除外);

- e) 摄像机对准 90%反射率测试卡（方向为主用方向，避免逆光），调整白平衡查看调白一致性并适当微调；
- f) 场景发生变换应重新进行摄像机调白，使用统一的测试卡，同一场景下视频技术人员应根据节目拍摄过程中光线色温变化进行适当微调。

A. 1. 2. 3 质量控制

ENG 摄像机质量控制要点如下：

- a) 构图与聚焦：应根据创作意图关注画面主体，可借助放大、轮廓色彩等工具进行辅助聚焦，确保图像主体聚焦清晰；
- b) 监看：通常情况下，4K 超高清 ENG 摄像机配置的 SDR 寻像器，只能用于确认构图及曝光，不能直接反映 4K 超高清图像的质量。若需要把控 HDR 的拍摄效果，需外接 HDR 监视器监看。采用 RAW 格式拍摄时，则通过监看对数伽马灰色图像来控制亮度层次和对比度；
- c) 曝光：通过控制曝光确定图像的亮度，应符合表 5 列出的参考范围。借助机内设置斑马纹或外置监视器设置斑马纹进行画面主体亮度控制。当采用 HLG 曲线拍摄且画面主体为人物时，可根据肤色情况采用 50%HLG (52cd/m^2) 或 69%HLG (142cd/m^2) 斑马纹控制肤色电平；画面主体为其他时，可根据场景需要采用 75%HLG (203cd/m^2) 或 79%HLG (260cd/m^2) 斑马纹控制高光电平。

A. 1. 3 前期录制

前期录制时，宜录制 4K HDR 版，经后期制作后下变换生成高清版，宜采用 4:2:2 取样方式，文件封装格式宜为 MXF 或 MOV。

A. 1. 3. 1 现场制作录制

现场制作系统输出的 4K HDR 信号采用压缩编码记录，在条件具备的情况下，可同时通过网络向后期制作系统存储区定向推送。4K 超高清 HLG 文件记录宜采用格式为 XAVC Class300 500Mbps，且为 MXF 封装。

A. 1. 3. 2 ENG 摄像机录制

由于 4K 超高清 ENG 摄像机拍摄时技术参数可能存在较大差异，导致后期制作对图像的识别、表达出现问题。在使用 4K 超高清 ENG 摄像机以及无人机、飞猫等特种设备拍摄时，宜记录技术参数作为技术场记，与素材文件一起提交到后期制作环节。

常规制作情形，宜记录摄像机型号、HDR 曲线等基本技术参数；精细化制作情形，可根据节目制作需要记录更多的技术参数，如：镜头型号、色域、分辨率、帧率、信号域、编码格式和码率等。

A. 2 灯光及LED背景屏

灯光及 LED 背景屏应符合以下要求：

- a) 采用显色指数 $R_a \geq 90$ 的优质光源灯具，且灯具应定期进行检测与维护；
- b) 演播室灯光照度在 $400lx \sim 3000lx$ 范围内，能够满足演播室 4K 摄像机正常拍摄需求；
- c) 色温在 $5600K \pm 150K$ 范围内，高色温灯具照射下拍摄的图像在色彩还原与质感上表现普遍好于低色温灯具照射下拍摄的图像；
- d) 演播室内使用 LED 背景大屏时，为突出被摄人物，背景 LED 大屏显示景物的平均亮度应低于人脸面部亮度。LED 屏的色温宜 $\geq 5600K$ 。

A.3 后期制作

A.3.1 素材采集

4K 超高清素材来源主要包括：外拍记录、演播室录制和外场回传或外来信号收录，其中外拍的素材可通过文件安全网关传输到制作存储中；演播室录制的素材可通过网络直接推送到制作存储中；外场传送回来的信号可通过收录设备收录到制作存储中。素材采集流程见图 A.1。

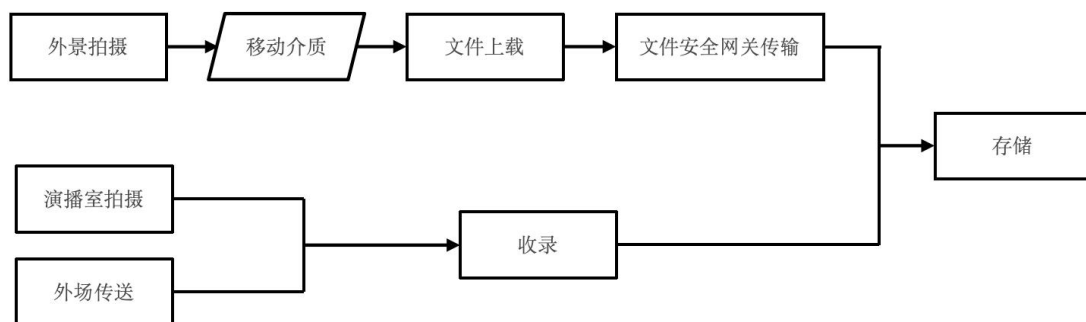


图 A.1 素材采集流程

A.3.2 编辑制作

A.3.2.1 概述

根据节目制作要求的不同，后期制作主要有三种模式：常规制作、多通道剪辑制作和精细化调色制作。

A.3.2.2 常规制作

常规制作包含节目编辑和简单调色，支持多种 4K HDR 视频源码实时编辑，使用 XAVC、AVC Ultra、ProRes、DNxHR 等编码格式。

常规制作时，先将素材导入非编软件的素材库，对不能实时编辑的素材，可进行转码后再导入素材库；然后对素材的色彩空间进行匹配设置，放到 4K HDR 时间线中进行源码编辑；

完成时间线编辑后，直接生成 4K 超高清成品文件，采用静态参数下变换（LUT 和参数）或动态下变换插件生成高清成品文件。常规制作流程见图 A. 2。

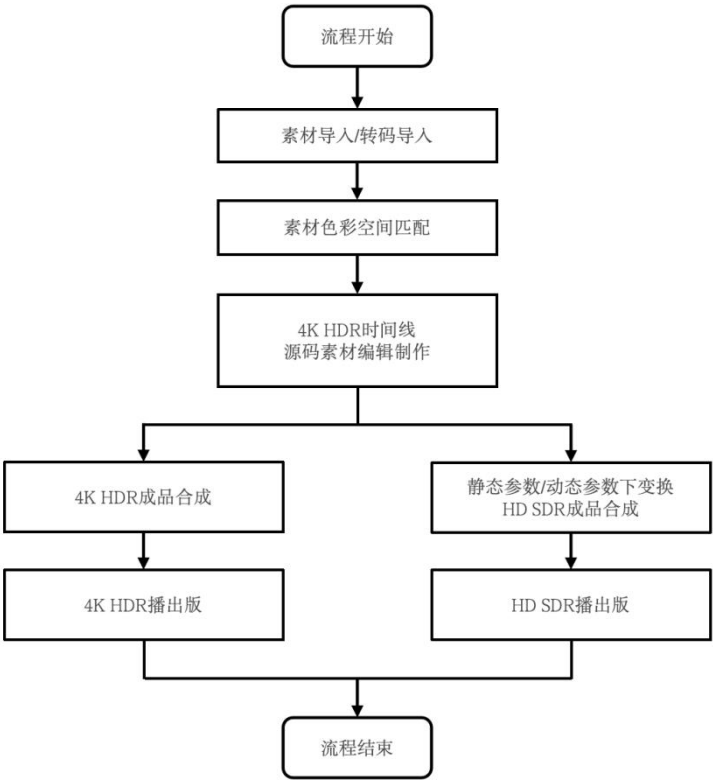


图 A. 2 常规制作流程

A. 3. 2. 3 多通道剪辑制作

多通道剪辑制作是指：在时间线上对多个机位的素材按需进行选择切换的制作模式。考虑到 4K HDR 多层图像制作对软硬件性能的需求很高，宜先把素材生成代理码流，然后使用低码率（代理码率）进行多通道剪辑制作，完成后再切换为高码率素材进行精编合成，其余环节与常规制作相同。多通道剪辑制作流程见图 A. 3。

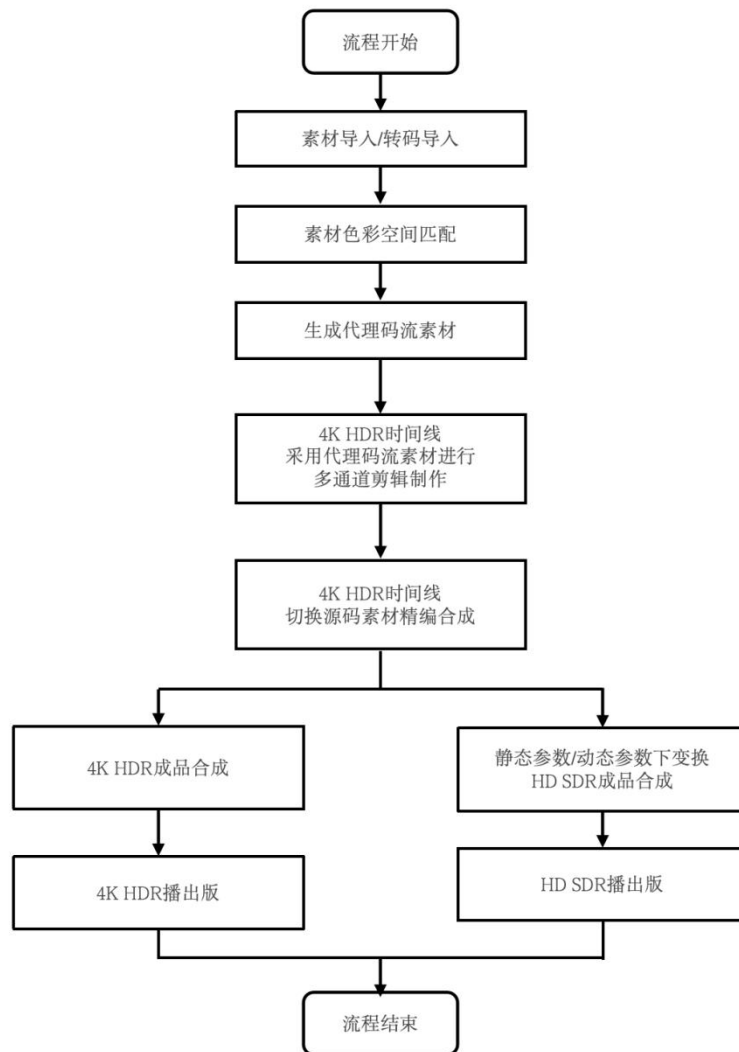


图 A.3 多通道剪辑制作流程

A.3.2.4 精细化调色制作

精品节目是在常规制作的基础上,采用专业调色软件进行精细化制作。常规制作完成后,将时间线导出为交互文件,由调色软件通过文件交互将时间线导入,进行精细化调色处理后,输出生成 4K 超高清文件,采用静态 (CMG LUT)/动态参数下变换插件生成高清文件,最后分别输出送播。精细化调色制作流程见图 A.4。

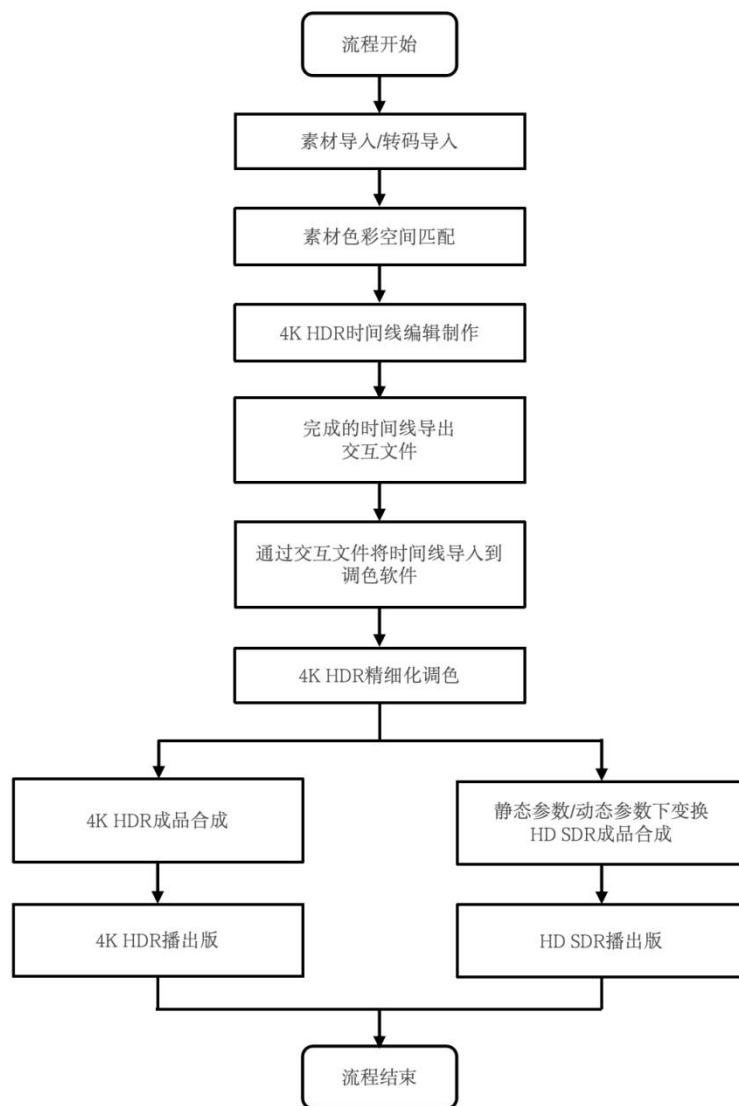


图 A. 4 精细化调色制作流程

A. 3. 3 非编关键参数设置

非编关键参数设置应符合以下要求。

- 素材输入色彩空间：应对每条素材设置输入色彩空间。可通过制作软件对素材附带的元数据进行识别后自动匹配设置。如果元数据不完备，则由制作人员根据拍摄时的技术场记手动设置。
- 时间线关键参数：应符合表 1 和表 2 的要求。
- 输出色域：应符合表 1 和表 2 的要求。
- 信号表示：应符合表 3 的要求。

附录 B

(资料性)

CMG LUTs 介绍

CMG LUTs 是由中央广播电视总台超高清视音频制播呈现国家重点实验室制作并提供的一组文件。CMG LUT 为 $33 \times 33 \times 33$ 阶 3D LUT，包括上变换、下变换和 HLG-PQ 变换共 3 组，每组分为两个类型，用于实现电平映射、伽玛变换和色域变换。可广泛应用于超高清转换用设备（可加载 LUT 文件），非编软件和调色软件中。使用统一的 LUT 文件有助于提高节目制作中前期、后期亮度及彩色变换的一致性，用于节目直播、后期制作、播出及分发等场景。

B.1 CMG查找表集 (LUTs)

CMG LUTs TYPE I 型（见 B.2.2）用于不支持超黑+超白的窄范围信号制作系统或转换器，TYPE III 型（见 B.2.2）用于支持超黑+超白的全范围信号制作系统或转换器，当前版本 LUT 见表 B.1。

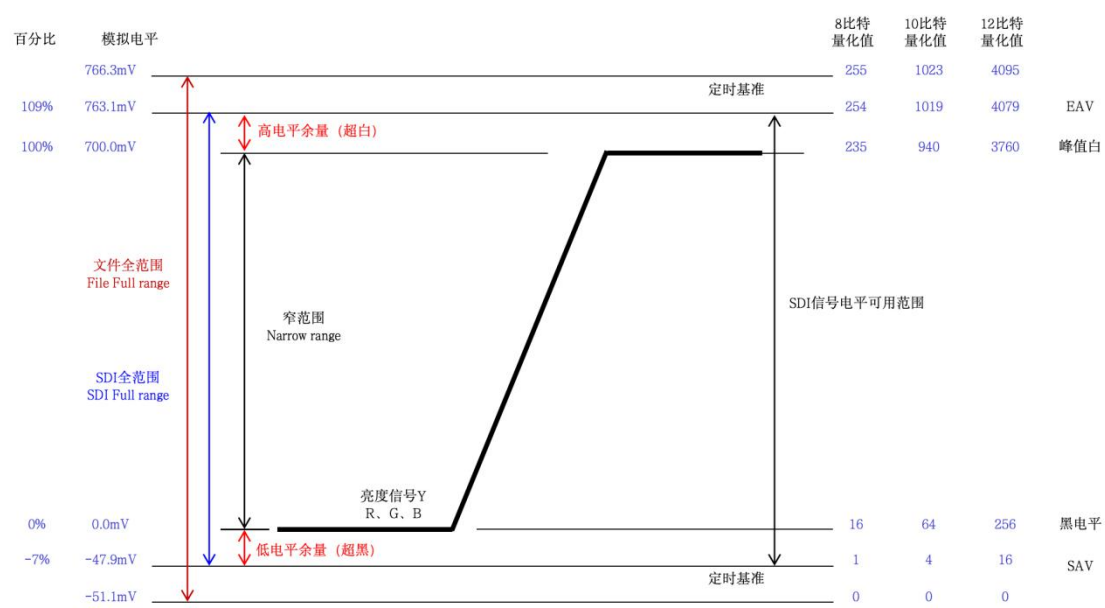
表B.1 CMG LUT集

组	LUT名称	类型	电平范围	文件名	功能
1	HLG下转 SDR	TYPE I	窄范围	CMG-HLG-SDR-TYPE-I-v2.cube	HLG下转SDR LUT符合表6的映射关系，用于把SDR调光制作（见 5.2）的HLG/BT. 2020信号下转为 SDR/BT. 709信号，调光操作应遵循本指南中HDR参考白电平和 HLG-SDR电平映射关系的规定
		TYPE III	全范围	CMG-HLG-SDR-TYPE-III-v2.cube	
2	SDR上转 HLG	TYPE I	窄范围	CMG-SDR-HLG-TYPE-I-v2.cube	SDR上转HLG LUT符合表7的映射关系，用于把SDR/BT. 709信号上转为HLG/BT. 2020信号
		TYPE III	全范围	CMG-SDR-HLG-TYPE-III-v2.cube	
3	HLG转PQ	TYPE I	窄范围	CMG-HLG-PQ-TYPE-I-v2.cube	HLG转PQ LUT符合表8的映射关系，用于把HLG/BT. 2020信号变换为PQ/BT. 2020信号（TYPE I 可实现HLG1000→PQ1000变换，TYPE III可实现HLG1800→PQ1800变换）
		TYPE III	全范围	CMG-HLG-PQ-TYPE-III-v2.cube	

B.2 数字图像的电平表达方式与LUT类型

B. 2. 1 数字图像的电平表达方式

数字图像有全范围（Full range）和窄范围（Narrow range）两种不同的电平表达方式，见图 B. 1。



图B. 1 数字图像的电平表达方式

全范围把全部编码值都用于表达亮度。例如，8 比特时最小值 0 为黑电平，最大值 255 为白电平，10 比特时 0 为黑电平，1023 为白电平。电脑图形（CG）、数字电影行业都采用全范围。电视行业不使用全范围，用 10 比特 SDI 接口传输全范围时，可用编码值范围 4-1019，用 10 比特 SDI 接口传输全范围时前 4 个（0-3）和后 4 个（1020-1023）编码值用于 SAV 和 EAV。

电视技术从模拟过渡到数字后在很长时间内两种信号形态是并存的，因此必须考虑模拟与数字信号互转时的误差问题，电视行业制定技术标准时量化电平采用了窄范围（Narrow range，或称为有限范围 Limited range），为用数字信息表达模拟电视信号电平保留了适当的余量。窄范围为“比黑还黑”的超黑低电平预留了 7% 余量，为“比白还白”的超白高电平预留了 9% 余量，实际可用的电平范围是 -7% 至 109%。

在模拟电视时代，低于 0 的超黑与高于 100% 的超白电平被称为“非法（Illegal）”，都是被禁止使用的，这是因为模拟电视信号采用负极性调制，电平高于 100% 会出现载波中断导致电视发射机过载发射管烧毁的严重后果。而低于 0 电平的超黑则会干扰电视接收机同步分离电路正常工作造成图像紊乱，所以也是不被允许的。

数字传输不存在模拟信号电平超限引起的电视发射机过载问题，随着模拟电视广播逐步关停，完全数字化的高清、超高清电视制作和播出不再禁止使用超黑与超白范围的电平资源。

B. 2. 2 LUT 类型

由于上述历史原因有些设备不支持全范围电平表达方式，而大部分新设备支持全范围。为了适配不同设备和应用，行业内通常将 LUT 分为 TYPE I、TYPE II 和 TYPE III 三个类型。TYPE I 只处理窄范围内的内容，即使输入信号包括了窄范围之外的内容也全部放弃，适用于不支持超黑及超白的窄范围信号制作系统或转换器，TYPE II 处理全范围内容但输出时把全范围映射为窄范围，TYPE III 也是处理全范围内容，与 TYPE II 的差别是输出不做电平映射，而是用全范围处理包括超黑和超白在内的所有窄范围内容，适用于支持全范围信号的制作系统或转换器，三种类型 LUT 信号处理流程的差别见图 B. 2。



图 B. 2 LUT 类型

总台 4K HDR 制作使用窄范围+超白电平，所以在支持全范围信号的设备上应使用 TYPE III 型 LUT 并做相应的设置，在只支持窄范围信号的设备上应使用 TYPE I 型 LUT。LUT 类型使用错误或设备设置不正确会导致 HDR 转换结果错误，其表现是输出信号黑电平或峰值白电平过高或过低。因此，设备加载 LUT 后应输入彩条测试信号检查输出信号波形，下转 LUT 请参考图图 B. 3，上转 LUT 请参考图图 B. 4，HLG 转 PQ（ST 2084）请参考图 B. 5。

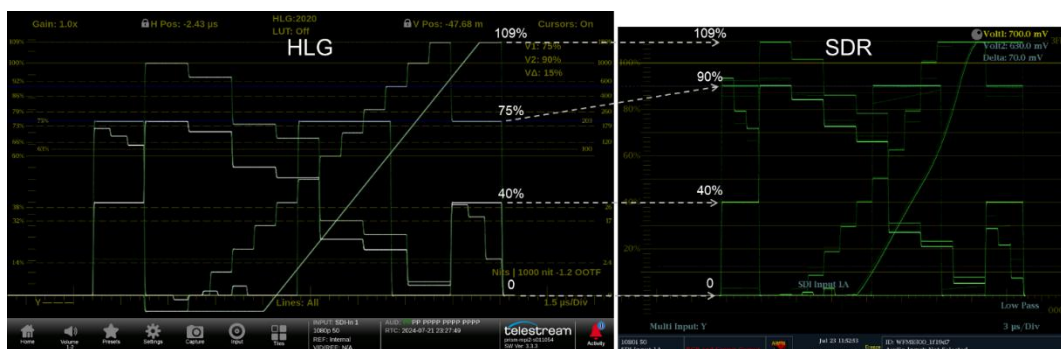


图 B.3 HLG-SDR 下转换 LUT 映射关系（输入为 GY/T 330 规定的窄范围彩条）



图 B.4 SDR-HLG 上转换 LUT 映射关系（输入 RP219 高清彩条）

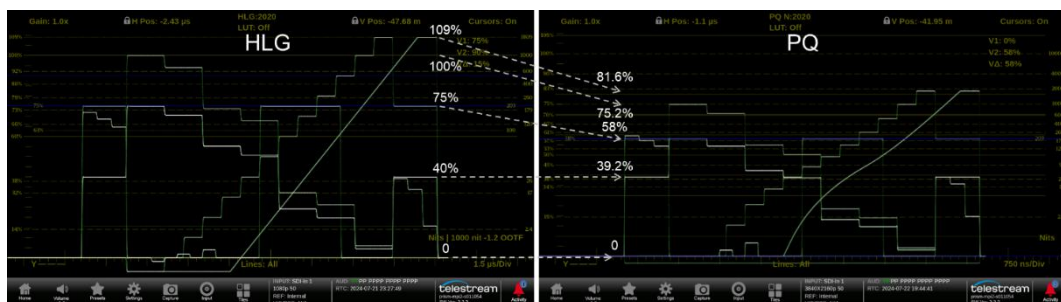
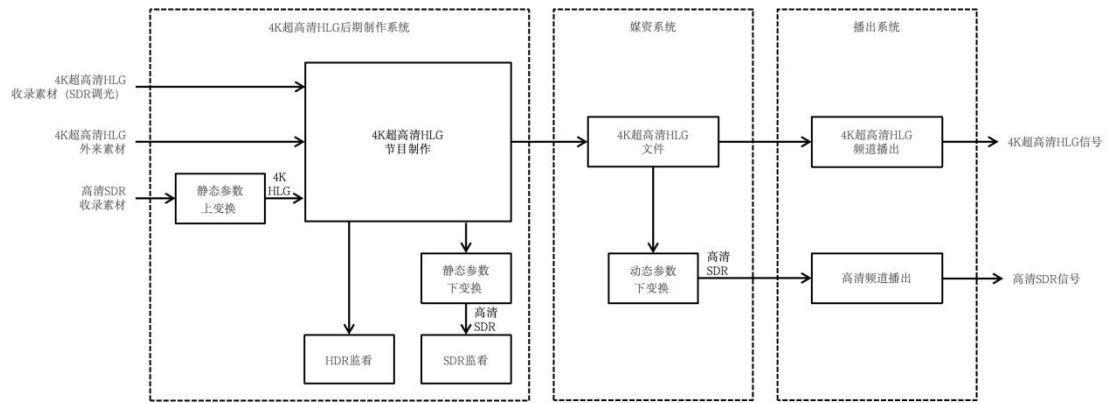


图 B.5 HLG-PQ 转换 LUT 映射关系（输入为 GY/T 330 规定的窄范围彩条）

同播方案

C.2 中央广播电视总台 4K超高清和高清录播同播方案

4K 超高清 HLG 节目除了用于 4K 超高清频道播出外，经过下变换后的高清 SDR 节目也可在高清频道播出。4K 超高清 HLG 节目后期制作需符合 SDR 调光要求，对外来的 4K 超高清 HDR 节目素材（含 HDR 调光的 HLG、厂商私有的对数伽马的素材）进行归一化处理使其符合总台制作规范，对高清 SDR 节目素材进行静态参数上变换处理。制作完成的 4K 超高清 HLG 节目文件提交给媒资入库，媒资转码平台将 4K 超高清 HLG 节目文件动态自适应参数下变换为高清节目文件提供给高清频道播出。



图C.2 兼容制作及同播录播流程

参考文献

- [1] GB/T 41808—2022 高动态范围电视节目制作和交换图像参数值
- [2] GB/T 41809—2022 超高清清晰度电视系统节目制作和交换参数值
- [3] GY/T 155—2000 高清晰度电视节目制作及交换用视频参数值
- [4] GY/T 326—2019 监视器亮度和对比度校准用PLUGE测试信号规范及校准步骤
- [5] GY/T 330—2020 超高清高动态范围视频系统彩条测试图
- [6] GY/T 358—2022 高动态范围电视系统显示适配元数据技术要求（本文称：HDR Vivid）
- [7] GY/T 364—2023 4K超高清清晰度电视节目录制规范
- [8] ITU-R BT. 709 节目制作及国际间节目交换用各HDTV标准的参数值（Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange）
- [9] ITU-R BT. 2020 超高清清晰度电视系统制作和国际间节目交换参数值（Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange）