


智能纪要： 视频面试-复试-邱汇迪-游戏渲染

(2026届) 2025年8月12日

会议主题：视频面试-复试-邱汇迪-游戏渲染（2026届）

会议时间：8月12号（周二） 16:53 - 18:10（GMT+08）

参会人：  蔡智亮 @邱汇迪

智能会议纪要由 AI 生成，可能不准确，请谨慎甄别后使用

 智能纪要权益介绍 [该内容不支持导出查看]

总结

本次会议是延红网络对邱汇迪的面试，围绕邱汇迪的个人经历、技术能力及相关游戏渲染技术问题展开交流，内容如下：

- 个人介绍
 - 教育背景：邱汇迪表示自己本硕均毕业于四川大学，专业为计算机科学与技术。
 - 实习经历
 - 实习单位及部门：从去年 10 月 28 日至今，在腾讯光子的光子技术发展部实习，该部门是偏中台的部门。
 - 工作内容：主要为光子内部制作工具集，如 Sendmax、UE 或 render doc 的工具集，供美术或组内使用。
 - 项目经验
 - 自研引擎项目：邱汇迪有一个历时 5 个多月的自研轮子引擎项目，在项目中大量使用 C++ 和 Python 进行开发。
 - 广告渲染立项：在组内有两个广告渲染方面的立项，其中一个最新游戏项目能体现其在渲染方面的知识。
- 游戏逆向分析
 - 全局光照技术：邱汇迪通过投屏展示分析结果，指出《使命召唤》采用了动视在 SIGGRAPH 2024 分享的基于神经网络的全局光照方法。该方法烘焙一个类似 nerve 的全连接层网络，将场景低频光训练到模型中，运行时在每个 Lite grade 过一遍模型，将结果映射到二阶球谐并进行三线性插值得到 GI。

- **抗锯齿技术**：最初以为游戏采用 sSMA 做空间域抗锯齿并配合 TA，后来发现是 filmic sSMA 且加入了时域部分。在抗锯齿后进行超分，利用一帧历史帧和当前帧上采样成大图像再下采样回来，解决了渲染分辨率低的问题。
- **技术问答**
 - **lightprobe 相关**
 - 作用原理：邱汇迪解释 lightprobe 一般在局部烘焙低光的二阶或三阶球谐作为间接光照，渲染时当前像素找到一定范围内的 probe 并投影，得到间接低频光，与直接光相加得到全局光照。
 - 采样问题：对于如何采样当前场景对应的 lightprobe，邱汇迪认为需给空间点设置范围，获取范围内相关联的 probe，考虑点到摄像机的方向进行采样。但对于具体判断哪些 probe 影响当前点的细节不太清楚，推测可能会存在漏光问题。在该范围内的 probe 都应进行采样。
 - **MSA 相关**
 - 原理及优势：邱汇迪介绍 MSA 与 SSA 的区别在于无需超采样颜色值，只需保留一个颜色值，通过对采样点进行三角形存在性判断并乘以相应比值得到颜色值。相比 SSA，MSA 减少了计算光照的开销，在性能上更具优势。
 - 内存及操作问题：关于 MSA 开启后内存是否扩大，邱汇迪认为在 shader 中只需计算一次，内存可能不会扩大。但蔡智亮指出采样深度图时在图形 API 中有额外操作和性能开销，存在一个 resolve 阶段，邱汇迪表示未深入了解，会在后续进行学习。
 - **小三角形渲染性能问题**：蔡智亮提到很多游戏画小三角形性能差，邱汇迪分析可能是因为小三角形未占满 GPU 渲染的 tile 区域，GPU 除了渲染小三角形，还需对 tile 内未被遮挡的其他像素进行计算，导致性能降低。
 - **延迟渲染相关**
 - 目的及优势：邱汇迪认为延迟渲染的主要目的是节约光照计算性能。与前向渲染相比，延迟渲染每个像素只需进行一次光照计算，避免了多个三角形重复计算光照的问题，能支持更多光源。
 - 缺点及解决方案：延迟渲染的缺点是带宽要求高，这也是手游难用的原因。对于解决手游使用延迟渲染的带宽问题，邱汇迪表示不太了解，推测可能与硬件有关，或不基于 PBR 工作模型以减少 Gbuffer 的使用。
 - **光照模型问题**
 - 多光照模型处理：对于同时需要 PBR 和布林冯等不同光照模型的情况，邱汇迪建议使用专门的 buffer 渲染 material ID。根据 material ID 判断像素材质，再使用对应的 g buffer 布局进行光照计算，但这种方法在 shader 中性能较低，因为 GPU 需遍历每个分支。
 - 性能影响情况：极端好的情况是 tile 内所有像素为同一种光照模型，走同一个分支；极端坏的情况是性能可能翻倍。
 - **法阵渲染问题**

- 渲染需求：蔡智亮提出要在屋子的墙和地板上渲染法阵，但只希望法阵显示在墙上，不显示在地板上。
- 解决方案：邱汇迪建议在渲染时利用材质的 ID 标识来区分地板和墙，在渲染地板时丢弃相应像素。在手游中可创建 MRT 的其他 RT 通道存放材质 ID。若按此方法实现，可能需要两个 Pass，第一个 Pass 进行光照计算，第二个 Pass 进行单独的渲染。此外，还可考虑使用蒙版测试（stencil test）来过滤地板上的渲染，但邱汇迪表示自己使用较少。
- **Vulkan 及 OpenGL 相关**：邱汇迪表示对 Vulkan 了解较少，仅完成了 Vulkan tutorial 的编写；对 OpenGL 较为熟悉，项目中使用过 OpenGL 4.6 版本，还手写了一个 C++ 渲染器用于 3D Max 的材质映射。
- **矿泉水瓶渲染问题**：对于多个相同模型但贴图和颜色不同的矿泉水瓶渲染，邱汇迪建议使用 GPU instance 功能。通过在 geometry shader 中处理顶点位置，输出多个矿泉水瓶的位置，再传递给 fragment shader 进行渲染。同时，可使用 uniform buffer 存储矿泉水瓶的相对位置、颜色或 texture ID 等信息，在 shader 中进行相应计算。但蔡智亮认为该方法较复杂，可使用 instance 功能分配的 ID 进行采样。
- **三角形渲染流程**
 - 整体流程：邱汇迪详细阐述了三角形渲染的流程，包括将三角形的局部坐标通过左乘 MVP 矩阵转换到世界坐标、相机视口坐标，再通过透视投影压到规范体积内，得到屏幕空间坐标。然后在 fragment shader 中进行硬件光栅化，判断三角形覆盖的像素，进行深度测试，最后计算颜色并决定是否覆盖 frame buffer。
 - 光栅化细节：光栅化过程中，需判断三角形对应的像素是否在三角形内，可通过叉积运算进行判断。对于超出视口的三角形，会进行裁剪，将其分成小的三角形，最终传递给 fragment shader 进行处理。
- **公司项目及个人疑问**
 - **公司项目情况**
 - 项目类型：蔡智亮介绍延红网络有两个在研的 3D 项目，一个是跑酷类游戏，有格斗、闯关玩法；另一个是类似《动物森友会》的种田类型游戏，玩法较为自由。
 - 项目进度：两个项目均处于前中期，但具体进度未明确说明。
 - **个人疑问解答**
 - 入职工作内容：邱汇迪询问入职后是否参与 3D 项目，蔡智亮给予肯定答复，表示邱汇迪至少会参与其中一款。
 - 更换公司原因：邱汇迪解释看其他公司校招的原因是自己和对象不想在深圳发展，对象是金华的，看好杭州的发展。

待办

☐ MSA 阶段了解：了解 MSA 里面 resolve 阶段的相关知识（来自蔡智亮）

🔔 智能会议纪要反馈收集 [该内容不支持导出查看]

智能章节

00:00 开场

开场

07:52 邱汇迪介绍履历、工作及渲染项目逆向情况

本章节中邱汇迪进行自我介绍，其本硕均毕业于四川大学计科专业，现从去年10月28日起在腾讯光子技术发展部实习至今。工作是为光子内部做工具集，有个写了5个多月的引擎项目。他在组内有两个立项，其中一个新游戏项目能体现渲染知识，是通过逆向render doc等进行，还将分享网站里相关内容。

10:11 全民召唤游戏全局光照 SIGGRAPH 2024新方法

本章节中邱汇迪主要围绕全民召唤游戏展开，提及 CGRAPH 2024 的 NEG。他表示内容可分两部分，对康居始分析详细，重点介绍全局光照部分。这是 SIGGRAPH 2024 最新方法，与预想不同，是烘焙小全连接层训练网络，将低频光训练到模型，运行时获取值映射到二阶球谐插值得 GI，是动视新方法。

13:19 渲染抗锯齿与超分处理分析要点分享

本章节邱汇迪介绍分析内容的第二部分聚抗锯齿。原本以为是空间域抗锯齿配合TA，后发现有filmic SMA且加了时域部分。在这两种抗锯齿后做超分，用一帧历史帧和当前帧上采样成大图再下采样。他还提到最初不理解渲染分辨率小，后知是经上采样过程，可按需深挖感兴趣部分。

14:36 询问Live Pro作用及GI间接光照实现原理

本章节中蔡智亮询问在正常引擎里 live Pro (lightprobe) 的作用。邱汇迪解释，一般在局部烘焙激光的二阶或三阶数据作为间接光照，渲染时当前像素在一定范围内找几个 probe 并投影出来得到间接低频光，再与直接光相加，从而实现全局光照。

15:28 物体场景采样及LightProbe采样方法探讨

本章节蔡智亮围绕物体采样及场景采样问题向邱汇迪请教。邱汇迪介绍以DDGI为模板，动态加载 probe时光追踪光源计算间接光并投影烘焙到球二阶球鞋的流程。对于采样，指出根据坐标确定周围影响的probe，采样只需传方向向量，在一定范围内的probe都要采集，不过具体细节他也不太清楚。

19:43 MSA与SSAA区别及手机MSA原理介绍

本章节中蔡智亮询问邱汇迪是否了解手机上常用工具词MSA，邱汇迪表示了解并介绍其原理。他指出MSA与SSA区别在于不用超采样颜色值，仅保留一个颜色值，通过对采样点进行几何三角形采样并乘以比值确定颜色值，如一个像素采4个SUB Pixel，3个在三角形上就乘0.75，且该过程PC有硬件支持，手机端可能也可以。

21:19 MSA 与 SSA 性能对比及 MSA 内存情况探讨

本章节蔡智亮询问SSA与MSA在性能上的主要优势以及开启4倍MSA后内存是否会扩大。邱汇迪表示，SSA每个像素点需采4个颜色值、算4次颜色，开销大；而MSA只需算一次颜色，无计算光照开销，只有判断几何的开销，性能相对更好。对于内存，他认为在shader里只需计算一次，应该不会扩大。

23:04 开启MSA后获取深度图的API操作探讨

本章节主要讨论了开启MSA后在图形API中获取深度图的操作。蔡智亮提出开启4倍MSA后取深度图的问题，强调有特定操作和性能开销，提及resolve阶段；邱汇迪表示不了解该阶段，会下来学习，还提到引擎中开启MSA较简单，但获取RD需额外操作，复用则需先捕获。

26:48 探讨游戏绘制大量小三角形性能差的原因

本章节中蔡智亮向邱汇迪提出问题，询问在游戏里绘制大量小三角形（如草的小三角形），无论在PC端还是手机端，为何很多人反映性能较差。邱汇迪起初询问是否与抗锯齿（AA）、开MSA等有关，后表示三角形多、角块多会使GPU性能变差，但认为在延迟管线里情况不会太严重。

29:54 GPU渲染颗粒度及小三角形渲染性能问题探讨

本章节蔡智亮与邱汇迪讨论GPU渲染相关问题。蔡智亮询问渲染Pixel的颗粒度，邱汇迪称大概是以 2×2 的tile为单位，这么做可能是为节约性能。接着探讨小三角形渲染性能差的原因，邱汇迪认为是小三角形没占满tile区域，GPU需对未遮挡的其他像素再计算一遍。

33:48 延迟渲染目的及与前向渲染的性能对比

本章节蔡智亮询问延迟渲染的目的，邱汇迪解释称，相比于前向渲染，延迟渲染每个像素只需做一次光照计算，在第二个Pass中按像素与影响它的光源计算一遍即可，无需遍历整个场景光照，能节约大量光照算力，避免像前向渲染那样浪费算力，还可支持更多光源，蔡智亮表示了解。

35:18 延迟渲染缺点、手游解决方案及GBuffer情况

本章节中蔡智亮询问延迟渲染的缺点及手游解决延迟渲染带宽问题的办法。邱汇迪指出延迟渲染重要缺点是带宽要求高，这可能是手游难采用的原因，对于解决手游带宽问题他不太了解，还提到最少需两到三个Gbuffer，若不基于PBR采用其他光照模型，Gbuffer可少些。

36:23 GPU光照模型计算方法及性能影响探讨

本章节中蔡智亮询问在有GPU做Lighting Paas时，如何计算多种光照模型（如PBR、布林肯冯），邱汇迪提出用专门buffer渲染material ID，根据其判断光照模型再用g buffer计算。蔡智亮进一步询问该方法问题，邱汇迪指出因shader里多if else会使性能低，还讨论了最坏和最好情况，最好是tile内为同一种光照模型。

43:10 法阵投影只显示在墙不显示在地板的实现探讨

本章节中蔡智亮提出在屋子墙和地板上投影法阵特效的需求，希望法阵只画在墙上不画在地板。邱汇迪建议在渲染时，通过地板材质的 ID 属性判断，渲染地板时丢掉像素，渲染墙用 forward 管线。还提到可在材质里创建通道放 ID 来实现判断，蔡智亮认为理论上可行。

49:11 画半透明法阵采样操作及单双Pass讨论

本章节中蔡智亮询问画半透明法阵是否有额外性能开销或步骤，能否在画完地板和墙后不做操作直接画法阵并采样mask通道、color buffer等。邱汇迪认为直接采样应可行，但按其方法需两个pass，一个做光照计算，一个做blending，一个pass实现则不能用mask方法，蔡智亮追问有无其他方法。

53:26 讨论区分墙与地板及特效渲染检测方法

本章节蔡智亮和邱汇迪讨论如何区分背后是墙还是地板以及Mesh的问题，提出不能仅考虑平面与否。还探讨在渲染时能否有检测手段跳过绘制到buffer上，深度测试因特效在前无法解决。最终认为可以用蒙版测试（stencil test），邱汇迪虽了解但使用较少，还提及地板可在该测试下提前处理。

57:10 图形API相关知识交流及项目情况介绍

本章节中蔡智亮与邱汇迪交流图形相关技术。蔡智亮询问邱汇迪对 open 里 super Paas、Vulkan 中 SUBPASS 的了解，邱汇迪表示 Vulkan 只写完教程，用得少。蔡智亮又问其擅长的图形 API 及 OpenGL 版本，邱汇迪称 OpenGL 过了新手教程，版本为 4.6，还提及手搓了光子插件 render。

58:53 多个相同模型矿泉水瓶渲染方法探讨

本章节中蔡智亮询问多个相同模型、不同贴图和颜色的矿泉水瓶如何渲染及位置、颜色信息处理等问题。邱汇迪提出利用GPU instance，通过提交Mesh在不同shader中处理生成多个实例位置。蔡智亮质疑实现复杂度，还提及颜色采样问题，最后蔡智亮表示可用instance分配ID来采样，且还有其他实现方式。

01:07:04 三角形渲染过程及光栅化、剔除等步骤讲解

本章节蔡智亮询问三角形渲染过程及光栅化、四锥剔除等细节，邱汇迪详细作答。他介绍渲染时先将三角形经MVP矩阵变换，再到视口坐标，经透视投影压到规范体中。光栅化判断像素是否在三角形内，四锥剔除将超出部分裁剪，最后做硬件光栅化、差值计算像素，算颜色后进行深度测试决定是否保留。

01:13:55 邱汇迪询问项目情况及表达换城市求职原因

本章节是蔡智亮与邱汇迪的交流。邱汇迪询问入职后是否参与3D游戏项目，蔡智亮称有两个在研3D项目，邱汇迪会至少参与其一，分别是跑酷格斗闯关类和类似《动物森友会》的自由派对游戏，进度处于前中期。蔡智亮还问邱汇迪看其他公司校招原因，邱汇迪表示因对象是金华的，看好杭州，不想在深圳。

👉 智能会议纪要反馈收集 [该内容不支持导出查看]

相关链接

- 妙记：视频面试-复试-邱汇迪-游戏渲染（2026届）
- 文字记录
 - 视频面试-复试-邱汇迪-游戏渲染（2026届） 2025年8月12日