
🤖 深度根因分析 (5 Whys Analysis)

客户痛点：截图工具只能截取右边的娱乐画面（Android），左边的仪表盘（QNX）截不到，变成黑的或者根本不在图片里。

- **1. Why (为什么截不到左边)?**
 - 因为我们的工具使用的是 `adb shell screencap`。ADB (Android Debug Bridge) 是 Android 系统的调试桥，它只能访问 Android 系统管理的显存 (FrameBuffer)。
- **2. Why (为什么 Android 访问不到左边的显存)?**
 - 因为左边的仪表盘运行在 **QNX 系统** 上（出于功能安全 ISO 26262 的要求，仪表盘必须由实时操作系统 QNX 托管，保证 Android 死机时仪表盘依然能显示车速）。
- **3. Why (它们在同一个屏幕上，为什么系统不互通)?**
 - 因为它们是通过 **Hypervisor (虚拟化)** 技术隔离的。就像一台电脑上同时运行 Windows 和 Linux 虚拟机。Android 是虚拟机 A，QNX 是虚拟机 B。**虚拟机 A (Android) 在物理上没有权限读取虚拟机 B (QNX) 的内存数据。**
- **4. Why (那屏幕是怎么把它们拼在一起显示的)?**
 - 这是由底层的 **硬件显示控制器 (Hardware Display Controller / DC)** 或者 **Hypervisor 的图形合成器** 在**硬件层面**完成的拼接。当信号输送到物理屏幕时，它们才合体。而 ADB 工作在 Android 软件层，位于这个硬件合成层的“下游”，所以 ADB 根本“看不见”QNX 的画面。
- **5. Why (结论是什么)?**
 - **根本原因：**这是**系统架构级的物理安全隔离**。不是工具的 Bug，而是车机为了安全故意设计的壁垒。任何纯 Android 层的软件（包括市面上所有的 ADB 工具）都无法跨越这个壁垒去截取 QNX 的画面。

🔧 分级对策方案 (给 VIP 的解决方案)

🟢 方案一：硬件采集法（推荐，最专业，无侵入）

这是车企和 Tier 1 供应商进行**整机验收测试**的标准做法。

- **原理：**不依赖内部软件，直接获取屏幕的 HDMI/FPD-Link 信号。
- **做法：**
 1. 使用**视频采集卡 (Capture Card)**（如 Elgato 或工业级采集卡）。
 2. 如果车机有 HDMI 输出口，直接插。
 3. 如果没有，使用 **FPD-Link 解串器** 并在硬件上引出视频信号。

🟡 方案二：双链路拼接法（纯软件，需研发支持）

- **原理：**分别在 QNX 和 Android 截图，然后拼起来。
- **前提：**必须能通过 Telnet/SSH 连接到 QNX 系统。
- **流程：**
 1. 工具通过 ADB 截取 Android 画面（右半部分）。

2. 工具通过 Telnet/SSH 发送 QNX 的截图指令（如 `screen_capture`，具体命令取决于芯片厂商如高通/瑞萨）。
3. 将 QNX 的截图拉取到电脑。
4. 使用我们的 Python 工具（Pillow 库）将两张图**左右拼接**。

● 方案三：虚拟机投屏法（仅限开发阶段）

- **做法：**有些开发版车型（Userdebug版）在底层 Hypervisor 中提供了一个特殊的 Debug 接口，允许将整个 FrameBuffer 映射给 Android 的某个虚拟 Display。
- **测试方法：**
 - 运行我们的工具，使用 **[6] 专业截屏工具 -> [1] 单次截屏**。
 - 我们的工具现在支持**多屏遍历**。如果开发版开启了映射，可能会在 Display ID 1 或 2 中抓取到完整画面。
 - *注：这取决于 ROM 是否开启了该调试接口。*

关于双系统（QNX+Android）全屏截图的技术说明

现象确认：

当前截图仅包含 Android 娱乐屏内容，缺失左侧仪表盘（QNX）内容。

技术根因：

您的车机采用了先进的 **Hypervisor 虚拟化架构**。

- **右侧 (Android)：**负责娱乐，通过 ADB 可完全控制。
- **左侧 (QNX)：**负责仪表与行车安全。根据 **ISO 26262 功能安全标准**，QNX 的显存与 Android 进行了**物理级内存隔离**。
- **结论：**Android 系统（及 ADB 工具）在底层被禁止访问 QNX 的画面数据，这是为了防止 Android 崩溃影响仪表显示的必要安全设计。

解决方案建议：

1. **标准验证方案（推荐）：**使用 **HDMI/视频采集卡** 进行外部物理录制。这是验证“人眼真实所见”的唯一无死角方案，完全覆盖所有系统层级。
2. **软件定制方案：**如您具备 QNX 后台权限（SSH/Telnet IP），我们的工具支持**扩展开发**，可实现“Android + QNX 双通道同步截图并自动拼接”。
3. **当前工具能力：**我们的工具已升级至 **v16.2**，支持遍历 Android 侧的所有逻辑屏幕。建议您尝试新版工具，排除是否为 Android 多屏投射模式。