

# 传感器如何赋能智能手机?

九三学社中央科技委副主任、中国传感器与物联网产业联盟常务副理事长 郭源生

智能手机是现代生活的必备终端,其智能化升级离不开智能传感器的支撑。从环境感知、运动监测到生物识别,传感器是智能手机的“神经末梢”与“交互窗口”,支撑着核心功能的实现与创新。正因为如此,智能手机成为传感器技术应用最集中、迭代最迅速的平台;智能手机的轻薄化需求倒逼传感器技术突破,而传感器创新又通过智能手机快速渗透到移动支付、智能导航等大众场景中。

## 手机智能传感器的类型、参数指标和性能

智能手机作为移动智能终端,其内部集成多种传感器技术与产品,形成以多样化的类型、精细化的参数配置,支撑起手机对外部环境与用户行为的精准感知。不同类型的传感器在参数指标、性能表现上各有侧重,同时也因技术限制或应用场景差异存在一定缺陷。

**声学传感器:**手机声学感知主要包括麦克风和扬声器,其性能直接决定语音通话、音频播放等场景的用户体验。

手机通常采用微型电容式麦克风,通过振膜感应声音振动产生电信号,具备体积小、灵敏度高的特点。扬声器则分为动圈式和压电式,动圈凭借结构成熟、成本可控等优势,成为主流选择,而压电式虽体积小,但音质表现相对有限,多应用于轻薄机型的听筒设计。麦克风的声学参数为灵敏度、频率响应和信噪比。扬声器的关键参数包括功率、频率响应和失真度。

在性能表现上,麦克风在安静环境下可精准采集3米内的语音信号,配合降噪算法,能在嘈杂环境中有效过滤背景噪音,保证通话清晰度;扬声器在常规音量下可实现清晰的人声播放,部分支持立体声音效的机型,通过左右声道协同,能提供一定的空间感。

**光学传感器:**手机的图像采集、环境光适应、人脸识别等核心功能主要包括摄像头模组、环境光传感器和红外传

感器,其技术迭代直接推动手机影像能力和交互体验的升级。

摄像头模组涵盖主摄、超广角、长焦、微距等多种镜头,不同镜头分工不同。摄像头模组的核心参数包括传感器尺寸、像素数量、光圈大小、光学变焦倍数和快门速度。

在影像和交互场景中,摄像头模组在白天光线充足时,可拍摄出色彩还原准确、细节丰富的照片。环境光传感器可实时感知光线变化,实现屏幕亮度的自动调节。红外传感器配合人脸识别算法,可实现0.3秒以内的快速解锁。

**力学传感器:**用于感知手机的运动状态、受力情况和用户触控操作,是实现横竖屏切换、计步、触控交互等功能的基础,常见类型包括加速度传感器、陀螺仪、压力传感器和触控传感器。

加速度传感器用于检测手机在三维空间中的线性加速度,可判断手机的运动方向和速度;陀螺仪则用于检测手机的角速度,辅助加速度传感器提升运动感知的准确性,两者协同工作可实现精准的姿态识别。压力传感器分为气压传感器和压力触控传感器,气压传感器用于测量大气压力,辅助定位功能提升海拔高度检测的准确性;压力触控传感器则集成在屏幕下方,用于感知用户按压屏幕的力度,实现压感操作。触控传感器多为电容式,通过检测人体手指与屏幕

之间的电容变化实现触控识别,部分高端机型采用超声波触控技术,提升湿手或戴手套时的触控准确性。

**温度传感器:**主要用于监测机身温度和环境温度,保障手机散热控制、电池安全及部分场景的环境感知需求,常见类型包括热电偶传感器、热敏电阻传感器和红外温度传感器。

热电偶传感器通过两种不同金属的温差电动势测量温度,具备测量范围宽、响应速度快的特点,多用于监测手机处理器、电池等核心部件的温度;热敏电阻传感器利用半导体材料的电阻值随温度变化的特性工作,体积小、成本低,主要用于环境温度检测;红外温度传感器则通过接收物体辐射的红外线测量温度,可实现非接触式测温,部分机型将其集成在摄像头附近,用于测量人体体表温度。

热电偶传感器用于实时监测处理器温度;热敏电阻传感器可实时反馈环境温度;红外温度传感器在疫情期间可实现非接触式人体测温,测量时间短,无须额外设备,方便用户日常使用。

**磁场传感器:**主要用于感知地球磁场,实现指南针、导航定位方向校准等功能,同时可辅助其他传感器提升运动感知的准确性,常见类型为霍尔效应传感器。

霍尔效应传感器通过检测磁场变化产生的霍尔电压实现磁场感知,具备体积小、功耗低、灵敏度高的特点,是手机

磁场传感器的主流选择。

磁场传感器能为导航和方向识别提供稳定支持:在指南针中可实现 $\pm 1^\circ$  以内的方向精度,即使在室内弱磁场环境下,也能通过与加速度、陀螺仪协同工作,保持方向的基本准确;在导航场景中,辅助GPS定位校准运动方向,当GPS信号较弱时,可通过磁场传感器和惯性传感器的融合算法,维持短时间的导航方向准确性,误差一般在 $5^\circ \sim 10^\circ$  之间。

**湿度传感器:**用于检测手机周围环境相对湿度,辅助天气监测、空调控制类APP实现智能调节,同时可结合温度传感器提升体感温度计算的准确性,常见类型为电容式湿度传感器。

通过吸湿材料吸附空气中的水分,改变电容值来测量湿度,具备响应速度快、精度高、体积小等特点,适合手机内部的狭小空间安装。部分传感器会集成温度补偿功能,减少温度变化对湿度测量的影响。

湿度传感器能为环境感知提供有效数据:在天气APP中,可实时反馈当前环境湿度,结合温度数据计算体感温度,帮助用户了解舒适程度;在空调控制类APP中,根据湿度变化自动调节空调的除湿或加湿功能,提升室内舒适度。部分机型会根据湿度数据优化屏幕防雾功能,当环境湿度超过80%RH时,降低屏幕亮度并提醒用户注意屏幕雾化问题。

## 手机智能传感器的核心功能和应用场景

不同类型的传感器凭借独特的感知能力,在各类场景中落地应用,同时也因技术瓶颈、环境干扰等因素,产生了影响用户体验的典型问题。

**声学传感器:声音采集与播放功能,覆盖通话、音频娱乐场景。**

以麦克风实现声音信号的采集与转换,以扬声器完成电信号到声音的还原,核心功能聚焦“声音的输入与输出”,具体包括语音采集、环境噪音过滤、音频播放等,为通话、录音、音乐播放等场景提供基础支撑。

在日常通话场景中,麦克风采集用户语音,通过降噪算法过滤环境噪音,将清晰语音信号传输给对方;扬声器还原对方语音,保证通话清晰。高端机型通过多麦克风阵列,实现定向拾音,进一步提升嘈杂环境下的通话质量。在音频娱乐场景中,播放音乐时,扬声器还原音乐的音高、音色和立体声场,支持无损音频解码的机型可呈现更丰富的音乐细节;录制视频时,麦克风同步采集环境音,部分机型支持立体声录音,让视频音轨更具空间感;在K歌类APP中,麦克风实时采集用户歌声,配合回声消除算法,避免扬声器声音回灌导致的啸叫。

**光学传感器:光信号感知与成像功**

能,支撑影像、生物识别场景。

通过摄像头模组实现光信号到图像信号的转换,完成拍照、录像等成像功能;通过环境光传感器感知光线强度,辅助屏幕亮度调节;通过红外传感器实现非接触式光信号探测,支撑人脸识别等生物识别功能,核心是“对光的捕捉、分析与应用”。

影像拍摄场景:主摄负责日常拍照,大底传感器提升进光量,在白天呈现色彩真实、细节丰富的照片;在夜间通过多帧合成优化暗光画质;超广角镜头用于风景、建筑拍摄,拓展画面视野;长焦镜头通过光学变焦实现远距离拍摄;微距镜头捕捉近距离物体细节。视频拍摄时,支持4K分辨率、HDR(高动态范围),部分机型还具备电影模式,通过景深计算模拟背景虚化。

生物识别场景:人脸识别解锁中,红外传感器发射红外光,摄像头采集人脸红外图像,结合算法比对面部特征,实现快速解锁;支付场景下,通过活体检测(防止照片、视频伪造),保障支付安全。环境光传感器配合人脸识别,在强光或弱光下自动调节红外补光强度,提升识别成功率。

屏幕智能调节场景:环境光传感器实

时感知外界光线,将光线强度数据传输给系统,自动调节屏幕亮度,避免强光下屏幕过暗或弱光下屏幕过亮,减少眼睛疲劳;部分机型结合色温传感器,根据环境光色温调节屏幕色温,提升视觉舒适度。

**力学传感器:运动与力信号感知功能——赋能交互、运动监测场景。**

通过加速度传感器感知线性运动,通过陀螺仪感知角速度,通过压力感知按压力度,通过触控感知手指触控位置,核心是“对手机运动状态、受力情况及用户触控操作的感知”。

交互控制场景:横竖屏切换中,加速度传感器与陀螺仪协同检测手机倾斜角度,自动将屏幕从竖屏切换为横屏,或从横屏切回竖屏;游戏交互中,通过陀螺仪感知手机倾斜、摇晃,实现体感操作;触控交互中,电容式触控传感器支持多点触控,压力传感器通过感知按压力度,实现长按图标快捷功能、绘画类APP的线条粗细调节。

运动监测场景:在计步功能中,加速度传感器检测手机的上下振动,结合算法过滤非步行振动,统计每日步数,误差率一般在5%左右;在睡眠监测中,通过加速度传感器感知用户夜间翻身、移动次数,判断睡眠深度,生成睡眠报告;部分机型

结合陀螺仪,提升运动姿态识别准确性。

**辅助定位场景:**气压式压力传感器测量大气压力,计算海拔高度,辅助GPS定位,在山区、高楼等GPS信号较弱的场景中,提升定位精度;当用户爬山或下楼时,传感器实时更新海拔数据,在运动APP中显示爬升高度。

**温湿度与磁场传感器:环境与磁场信号感知功能,环境监测、导航场景。**

实现机身核心部件及环境温度的监测,湿度传感器感知环境相对湿度,磁场传感器感知地球磁场实现方向识别,核心是“对环境物理信号的感知与分析”。

设备安全与散热场景:实时监测处理器温度,当处理器因运行大型游戏、视频剪辑软件而过热时,触发散热机制。温湿度结合在天气APP中提供实时温湿度信息,辅助用户判断是否适合晾晒、开窗通风;部分机型利用湿度传感器检测机身内部湿度,若进水导致湿度异常,触发防水预警,提醒用户及时检修。

磁场传感器的导航场景:在地图导航中,感知地球磁场确定手机朝向,结合GPS定位,实现“箭头随手机转向同步指向目的地”,提升步行导航的准确性;在室内、隧道等GPS信号弱的场景,磁场传感器辅助维持导航方向,减少定位偏差。

## 手机智能传感器产业现状、规模与发展格局

**全球产业现状:技术迭代加速,应用场景拓展。**

当前全球手机传感器技术已进入“高精度、多维度、低功耗”阶段。光学方面,索尼推出的IMX989支持2亿像素拍摄,结合AI算法实现动态范围优化,成为高端旗舰机标配;声学方面,楼氏MEMS麦克风信噪比突破70dB,支持主动降噪与空间音频技术;力学领域,博世的六轴惯性测量单元(IMU)精度达 $\pm 0.5^\circ/h$ ,赋能手机防抖、AR导航等功能。同时,传感器融合技术成为趋势,例如苹果iPhone的“传感器中枢”架构,将光学、力

学、磁场传感器数据实时联动,提升面容识别、运动追踪的准确性。

经过行业重组与优化,全球市场呈现“头部集中、分工明确”态势。包括核心传感器供应商、模组集成商和终端品牌商。

**产业规模:全球稳增,国内高增。**

2020—2024年,全球手机传感器市场规模从220亿美元增长至320亿美元,年复合增长率(CAGR)约10%。预测2025—2030年,全球市场将保持8%~10%的增速,2030年规模有望突破500亿美元,主要驱动力来自AR/VR手机、智能座舱联动等新场景。

2020—2024年,国内手机传感器市场规模从580亿元增至850亿元,年复合增长率(CAGR)约9.8%,高于全球平均。在政策推动下,多地政府设立专项基金扶持传感器产业,预计2025年国内市场规模将突破1000亿元,2030年接近2000亿元,本土化率有望提升至50%以上。

**发展格局:产业链重构与全球化竞争并存。**

产业链分布。上游:核心敏感芯片设计、材料、设备;中游:传感器制造、模组封装;下游:手机品牌商、第三方应用。当前产业链呈现“上游向中国转移”

趋势,国内厂商在模组封装环节已具备全球竞争力,但上游芯片设计、高端制造仍受限于国外企业。

竞争格局。国际龙头企业通过技术壁垒、规模效应占据高端市场,且不断向下渗透中低端市场。国内头部厂商通过并购、联合研发扩大份额,中小厂商聚焦细分市场,形成“头部攻坚、腰部跟进、尾部补缺”格局。

未来趋势。在技术端,传感器将向“微型化、智能化、多模态融合”发展;在市场端,国产厂商加速高端突破;在产业链端,国内将完善“芯片设计—制造—封装”全链条。

## 三大创新突破

### 移动终端感知能力边界

**产品形态创新:**微型化、集成化与柔性化。一是微型化突破,尺寸压缩赋能多摄布局。二是集成化产品,多传感器合一降低成本。三是柔性化创新,适配曲面屏与可穿戴联动。

**工艺技术创新:**提升性能与量产效率。一是芯片制造工艺从28nm向14nm进阶。二是封装工艺减少信号损耗与空间占用。三是量产工艺优化,降低成本与不良率。

**功能创新:**从单一感知向场景化智能演进。一是健康监测功能深化,超越基础生理指标。二是AR场景功能拓展,虚实融合更自然。三是车机联动功能创新,手机成为智能座舱延伸。

## 技术融合驱动

### 终端进化与产业重塑

**终端形态进化:**从手持设备到智能感知中枢。当前手机传感器创新尚未触及性能与场景应用的天花板,反而推动手机从单一平板形态向“多模态延伸”演进。未来手机可能通过折叠屏、模块化外接等设计,实现传感器的场景化智能切换。例如日常模式启用内置光学、力学传感器,医疗场景则外接专业血糖监测模块,车联网场景联动车载传感器实现数据共享。同时,手机将不再是孤立的感知终端,而是通过传感器数据互通协议,整合智能穿戴、智能家居、智能汽车的感知能力,成为“个人智能感知中枢”。随着AR眼镜、智能手环等设备的技术成熟,手机可通过数据互通协议与设备传感器实现联动,进而以“分布式传感器网络”形式存在,打破当前“单一终端承载所有感知功能”的局限,成为连接物理世界与数字世界的核心。

**迭代关系深化:**传感器与手机的双向赋能闭环。二者的迭代已超越“硬件叠加”层面,形成“用户需求牵引—传感器技术突破—手机场景拓展”的正向循环。一方面,手机对轻量化、高精度、低功耗感知的需求,持续推动传感器在14nm芯片制程、SiP系统级封装、柔性基底材料等技术上的突破;另一方面,传感器性能的提升又不断催生新的手机应用场景。未来这种协同将进一步升级:传感器会从“手机内置固定模组”向“内外协同拓展”发展,手机则通过开放传感器数据接口,支持第三方专业传感器接入,形成“基础感知+专业拓展”的生态模式,让手机成为连接消费级与产业级感知需求的桥梁。

**生活与产业影响:**从个性化服务到实体经济深度融合。在个人生活层面,传感器融合创新将推动“无感智能服务”普及。例如,通过光学传感器实时识别用户情绪波动,结合力学传感器感知的作息习惯,手机可自动调节推送内容、屏幕色温与音量,同时联动智能家居调整环境温度、灯光亮度;在出行场景中,手机传感器与车载传感器互通数据,可根据用户手机感知的疲劳状态,自动引导车辆切换自动驾驶模式,并规划就近休息站点。在产业层面,手机传感器的技术外溢效应将加速消费电子与实体经济的融合:将手机图像识别传感器的算法移植到工业质检设备,可降低中小企业采购成本;将手机健康监测传感器技术应用于便携式医疗设备,助力基层医疗机构实现慢性病实时监测;甚至将手机振动传感器的感知能力拓展至工业设备运维,通过振动频率分析预判设备故障。同时,国产厂商在传感器芯片设计、光学模组封装等环节的技术突破,将逐步打破国际企业的垄断,推动全球智能感知产业格局向“中国智造”倾斜,实现从技术创新到产业价值的全面跃升。

### 结语

综上所述,手机智能传感器在产品形态、工艺技术与功能应用上的创新,正持续突破与重塑移动终端的感知能力边界。从微型化、集成化的硬件突破,到芯片制程与封装工艺的效率提升,再到健康监测、AR交互、车联网等场景的落地,每一项创新都紧扣用户需求与产业趋势。

未来,随着终端形态向“智能感知中枢”演进,传感器与手机形成“双向赋能闭环”,以及技术外溢推动消费电子与实体经济深度融合,手机智能传感器将不再局限于单一设备的功能补充,而是成为连接个人生活与产业变革的关键纽带,也将成为生活不可或缺的随行移动智能终端。在国产厂商技术突破与生态构建的双重驱动下,这一领域有望实现从“跟跑”到“领跑”的跨越,为全球智能感知产业提供新亮点,也为人们的智慧生活与社会的数字化转型注入持续动能。