

第 1 章 绪 论

1.1 研究的目的是和意义

多通道投影系统是通过将多个投影仪投射出的图像拼接后组成的超大尺寸、超高分辨率、高沉浸感画面的一种显示系统,其成本低且可扩展性强,满足了人们对大型显示系统不断增长的需求。经过多年不断发展的多通道投影系统在军事、商业、医疗、教育和科研等^[1-4]很多领域已经有了广泛的应用,如图 1.1 所示。为了实现多个投影画面能够无畸变、无色差高真实感显示,使观众有更好的沉浸感,首先需要对其进行几何畸变校正,然后进行颜色补偿和亮度融合。传统的几何校正和颜色补偿需要一些昂贵的设备和大量的人力投入用于搭建并维护系统^[5]。目前,很多学者对图像的畸变校正、颜色补偿和拼接融合等技术进行着不断的研究,一些成果不仅可以应用于规则的投影表面,也可以应用于各种异形幕^[6-8]。但现有的自动几何校正和颜色补偿算法虽然解决了手动校正方法存在的一些问题,但其鲁棒性并不高,而且外界的各种不定因素不可避免地影响着投影校正效果,甚至会直接导致校正的失败。

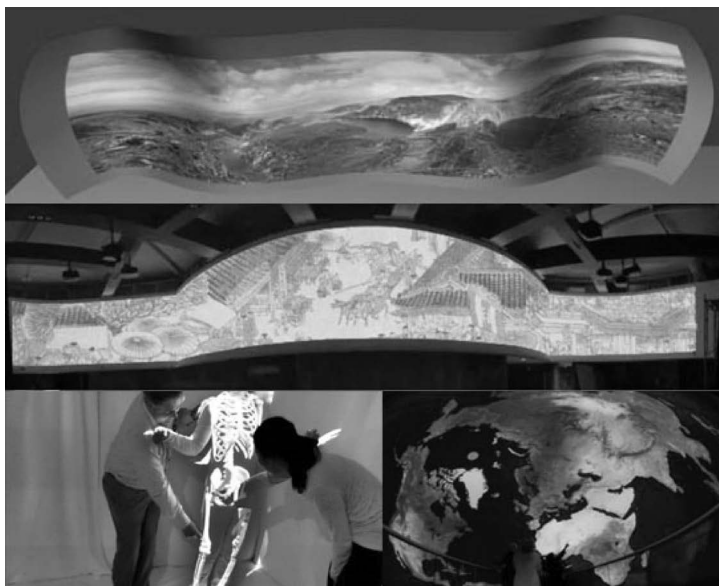


图 1.1 多投影系统在各领域的应用

对投影到自然介质上的多通道图像的畸变校正和颜色补偿是投影显示领域中极具挑战性的难题。目前虽然国内外研究学者已经进行了广泛的研究并取得了相应的成果,但当面临与视点无关的自然介质表面的复杂投影场景时,现有方法还存在以下需要解决的问题。

(1) 获取投影表面精确的几何深度信息是进行几何畸变投影校正的基础。与多通道环幕或者其他规则的投影曲面不同,在复杂的非规则投影介质表面进行投影时无法通过参数拟合获取不同深度区域内的几何拓扑信息,所以可以通过三维重建来获取自然介质表面的拓扑结构。对于目前使用消费级的深度相机进行投影表面深度信息获取的方式来说,由于测量范围和深度相机分辨率的限制等复杂因素的影响,难以精准获取投影介质的三维点云信息。因此,如何提高三维点云的精度需要进一步的深入研究。

(2) 在投影表面为有规律的简单曲面时,对于可以被参数化表述的曲面通过建立近似数学模型来实现预投影图像与投影曲面的像素映射。然而在自然介质的表面上投影时,不同深度区域和投影面之间的映射关系是不同的,就需要建立预投影图像和不同投影区域的映射关系,从而实现投影画面的几何畸变校正。因此,当在不规则的自然介质上投影且无法构建数学模型实现映射时,如何摆脱以摄像机为基准的视点校正,实现与视点无关的投影几何校正,是要研究解决的问题。

(3) 当投影到自然介质表面时,会存在投影介质自身的纹理干扰与环境光照的干扰,使得投影图像最终呈现的效果出现严重的色彩偏差,影响投影观看效果,甚至导致人眼视觉无法正确感知和理解图像的内容问题。只在传统的标准理想漫反射的白色幕布上的投影一定程度上限制了投影系统的灵活性和普适性。因此如何在投影介质有纹理色彩和环境光干扰情况下对投影图像进行颜色补偿校正,同时减少环境光照对投影色彩的影响,需要进一步探索和研究。

(4) 目前多通道投影系统多是在固定的规则投影表面上进行部署的,而且在实际实施中也多是利用价格比较高的硬件设备来调整预投影画面的色度,以寻求实现所有投影仪画面的亮度一致性,这样的应用条件使得多通道投影技术的灵活性和扩展性受到限制。当使用多投影仪进行多通道投影时,也会因投影介质存在分区域的几何拓扑差异性,从而在相邻投影仪的投射区域重叠时存在亮度融合问题和不同投影仪存在亮度差异问题。

以上问题使多通道投影技术的智能化系统安装与扩展维护受到了限制,因此有必要通过研究进而改善多通道投影校正领域存在的一些不足。通过对自然介质和移动观看视点对多通道投影图像影响机制的探究,阐明在自然介质上多通道投影图像校正模型以及移动观看区域、移动视点与投影介质、投影装置之间的内在规律,设计多通道投影图像的智能校正新方法,突破投影仪、投影介质、观看视点的束缚,以保证在任意形状、纹理和大小的自然介质上观看到符合视觉要求的理想图像,最终,形成多通道投影图像畸变校正的原理、方法,建立多通道投影校正模型。通过改善投影系统的性能,进而使多通道投影技术可以在更复杂的场景进行应用推广,有利于加快我国文化娱乐、计算机服务、制造业、教育、电子信息等行业的发展;对促进计算机图形学、虚拟现实、图像处理、机器视觉等学科的融合发展,具有较为重要的现实意义。

1.2 相关技术的国内外研究现状

1.2.1 三维点云去噪与修复

对在自然投影介质上的投影进行几何校正需要依赖于投影介质的三维深度信息。近年来随着三维采集技术及装备的发展,三维采集装备从传统的、具有高精度的接触式采集逐渐演变为非接触式三维采集。由于非接触式的三维采集设备的精度和硬件特性等因素,直接采集的数据往往带有噪声,需要对点云数据进行去噪和修补。

目前国内外的学者针对点云去噪问题做了深入研究,根据点云模型自身的几何特征研究出了许多点云去噪算法。这些点云去噪算法的基本思想都是建立在一些数字图像去噪算法和当前已经发展得较为成熟的网格模型基础上的,比如经典的拉普拉斯算法、高斯滤波算法、双边滤波算法和平均滤波算法等。国内外学者对这些算法进行了结合或改进,从而提出了更为有效的一些算法,吴禄慎等^[9]提出一种基于三维点云特征信息分类的去噪算法,应用了邻域距离平均滤波算法和自适应双边滤波算法对不同的噪声进行去噪滤波;Li 等^[10]将拉普拉斯算子应用于点云模型中,但实践证明该算法有时会导致点云过光滑处理的情况,而且因为顶点不是法向移动,最后会产生顶点漂移;Collet 等^[11]为点云模型创建了移动最小二次曲面,然后将噪点逼近这个二次曲面,以达到降噪目的;王丽辉^[12]设计了一种改进的双边滤波点云去噪算法,该算法是基于模糊 C 均值聚类的,能在去噪的同时保留点云的尖锐特征;鲁冬冬等^[13]提出了基于三维激光扫描技术的统计滤波和半径滤波算法;李仁忠等^[14]提出了一种结合多种滤波的去噪算法,其中包括直通滤波、改进的双边滤波、半径滤波、统计滤波、体素栅格滤波等;卢钰仁等^[15]提出了基于法向量修正的双边滤波算法。对于这些算法,如何根据使用场景与输入数据自适应地选择最佳的参数将是今后改进的核心,它们在本质上都是通过在一定方向上对离散点进行适当地移动,以达到模型去噪的目的,但同时也不可避免地改变了原始点云中各数据点真实存在的位置。因此,并不适用于对精度、数据真实性等细节方面有一定要求的场景。对此,国内外学者提出了一些满足一定精度的算法,朱广堂等^[16]提出了一种基于移动的最小二乘法曲率特征点云去噪算法;崔鑫等^[17]提出了一种基于点云特征信息的加权模糊 C 均值聚类去噪算法。上述算法存在一个共同点,它们都是基于原始点云数据自身的几何特征提取,仅仅依靠这个单一特征点云去噪算法很难在真正意义上实现较高精度的滤除噪声数据。近年来,有研究者提出将深度学习方法扩展到点云去噪的研究中。Zeng 等^[18]提出利用基于斑块的图拉普拉斯正则化器逼近在连续域中定义的流形维数计算,并提出了一种新的利用离散补丁距离度量来量化两个相同大小的曲面补丁之间的相似性,从而对噪声具有一定的鲁棒性;Hu 等^[19]研究了运用特征图学习的方法进行点云去噪,假设每个点都有相关的特征,用马氏距离矩阵作为变量,将问题表述为图拉普拉斯正则化的最小化,为了实现快速计算,减少了全矩阵分解和大矩阵转换,取得了良好的效果。无论是国内还是国外,学者都致力于研究出一种复杂程度低但是执行效率高,在有效

去除点云噪声的同时又能够保持初始点云数据最原始特征信息的去噪算法,而对算法的综合评价除了对成像结果的一些主观上的对比之外应该有一个更为客观的标准,因此这种定量、定性的评判方法也逐渐成为学者研究的热点内容。

传统的三维点云孔洞修补的算法主要可以分为两大类,一类是在将三维点云进行三角网格化的基础上,根据网格特点提取孔洞边界,再利用其他算法对孔洞进行修补。Jun^[20]提出了一种在填补孔洞前先将复杂孔洞分割成多个简单孔洞的算法,但这一算法在填补孔洞的过程中不能掌握点云的整体结构特征,最终导致鲁棒性不足。张洁等^[21]使用迭代的方法对填补网格不断细化和对几何形态进行调整。Zhao 等^[22]应用波前法先简单生成初始网格,之后再根据边界的三角网格法向量对新增的网格进行优化,但是当一些区域有丰富的特征时该算法表现不理想。Bruno^[23]在对点云存在的孔洞填补时先将网格模型参数化到一个平面上,但参数化过程降低了效率。Brunton 等^[24]对此算法进行了改进,仅将存在孔洞的边界网格参数化到平面上,然后对孔洞进行填补。王小超等^[25]利用边界点法向信息进行合理计算新增顶点的位置。Wang 等^[26]提出针对有尖锐特征缺失的孔洞的情况先提取点云的特征点然后再进行填补。另一类是基于体的点云修补方法,Davis 等^[27]把网格模型先用距离函数零值曲面表示,然后通过体扩展对孔洞进行填补。Nooruddin 等^[28]用光纤投射和投票的方法先将孔洞的模型转换成体表示的模型,在此基础上再提取出一个连续的曲面。Ju^[29]利用八叉栅格法对复杂孔洞进行填补,但对于有尖锐特征的情况无法实现完全修补。Vinacua 等^[30]提出用体元素集合来提取一个连续曲面。以上所述基于体的孔洞填补算法在应用时存在改变原有的关联信息的可能性。

在传统方法中点云修补主要是指通过一定的先验信息对缺失点云进行修补,这些先验信息为物体的基础结构信息,比如对称性信息和语义类信息。传统方法一般用于处理一些结构特征十分明显的缺失点云。近年来深度学习得到了越来越多的关注。虽然深度学习在图像处理领域得到了广泛的应用,但由于点云在空间上分布很不规则,将深度学习扩展到点云数据并不简单。虽如此,但科学家利用深度学习进行三维点云处理的尝试从未停止。最近已经提出了许多专门处理点云数据的方法。PointNet 是这一领域相关的工作之一。它直接在点云数据上应用深度学习模型,结合了点云的多层感知器和对称聚合函数,实现了置换不变性和对噪声的鲁棒性,这是在点云上进行有效学习的必要条件^[31]。在 PointNet 的基础上还产生了很多扩展。PointNet++ 对 PointNet 进行了改进,PointNet++ 在不同尺度下提取局部特征,然后再通过多层网络结构获取深层特征^[32]; PCPNet 用于法线和曲率估计,为了将全局特征改成局部特征,对 PointNet 进行了许多的改进^[33]; P2P-net 用于跨域点云变换,它的体系结构是双向点位移网络,利用从数据中获取的逐点位移向量,将源点集与具有相同基数的目标点集进行互相转换^[34]。

1.2.2 投影图像几何畸变校正

几何畸变校正是指通过投影仪与投影表面之间的对应映射关系对预投影图像进行几何形态的改变,使最终在投影介质上呈现的投影画面近似于目标投影图像。对于平面和

非平面的投影表面,几何畸变校正的方法是完全不同的。对于平面投影的几何畸变校正,Zhao 等^[35]提出预处理计算投影仪与投影表面的对应关系,然后用贝塞尔插值并附加约束条件优化理论进行校正畸变的投影图像,因为需要做预处理,所以该方法不能满足实时投影系统的要求。为了实现投影仪投影图像的实时几何畸变校正,李兆荣等^[36]提出了投影仪可移动的情况下的梯形校正方法,这一方法不需要增加任何标记,可以在任意普通的平面上自由投影;北京理工大学王涌天教授的研究团队^[37]提出了一种新颖且简单的实时连续的梯形校正方法,该方法提出使用 RGBD 相机预估投影仪与屏幕之间的相对位置,然后对投影图像进行梯形校正。对于非平面投影的几何畸变校正,通过对投影图像进行非线性校正,不仅可以实现随时随地的自由投影,同时能够增强多媒体艺术的感染力。Park 等^[38]提出了一种在非理想投影表面上投影图像的离焦和几何畸变的校正方法。为了在弯曲投影表面上提供无失真图像,用相机捕获投影图像以估计失真。为了补偿投影仪与投影面之间距离变化引起的散焦,利用薄透镜模型对投影仪的空间点扩散函数进行建模。在校正几何畸变的同时,利用空间变化的点扩散函数对离焦进行补偿。采用点扩散函数模型,以投影仪到投影面之间的距离为参数,简单而准确。如图 1.2 所示为投影使用的实验设置。



图 1.2 投影实验装置

非平面投影与平面投影的差异在于平面投影显示画面分辨率畸变差异性较少,而非平面投影区域易导致投影分辨率发生扭曲畸变。传统的二维平面投影几何校正方式在非平面投影区域中不具备通用性。为了能够获取非平面投影表面与投影图像的映射关系,Chao 等^[39]采用投影棋盘格图案的方式对投影图像进行畸变校正处理,即通过优化检测棋盘格角点,建立投影仪图像和摄像机图像之间的像素映射关系以进行几何校正,但是该方法受限于投影特征角点与投影曲面遮挡的影响。为了解决传统的密集采样对投影校正带来的复杂度问题,Boroomand 等^[40]提出了显著性引导的投影几何校正方法,其通过系统参数获取投影表面的几何形状,并用来补偿因非平面投影表面产生的图像几何失真。为了降低几何校正的复杂性,采用了结合局部表面显著性选择一组特征点进行几何校正估计的方法。

由于自然投影介质表面的几何拓扑结构和纹理信息十分复杂,建立自然介质与投影图像之间的映射关系较困难,如果能够通过获取自然介质的深度信息,则可为观看者提供一个理想的观看区域。深度相机不仅具备传统相机的功能,且能够实时获取投影表面的

三维结构^[41,42]。深度相机中应用比较有代表性的为微软公司开发的 Kinect, Kinect 凭借价格低廉、功能强大、轻巧简单及源码开源等特点得到了广泛的应用^[43,44]。Tan 等^[45]利用深度相机实现了动态增强现实的自适应投影系统。其利用 Kinect Fusion 技术重建投影场景并进行实时的跟踪配准,将相应的物理模型与纹理进行投影映射。与传统庞大复杂的跟踪系统相比,该技术基于 Kinect Fusion,支持物理模型点云与重建的三维场景之间的精确配准,并提供实时姿态估计,有效地跟踪物理显示表面。如图 1.3 所示,通过将医学解剖可视化投影到一个白色人体模型上,简化了动态 SAR 系统的开发,从而使其在各个研究领域的应用成为可能。

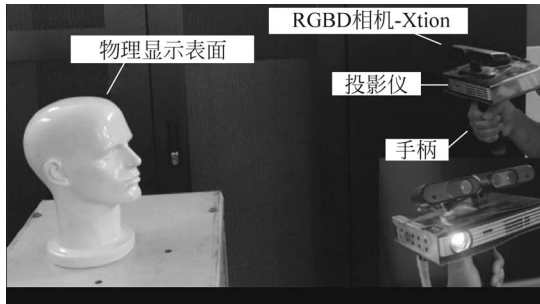


图 1.3 一个配有投影仪的手持投影仪 RGBD 相机和头部物理模型的投影仪布局

Steimle 等^[46]通过构建 Kinect 和投影仪系统进行柔性投影表面校正研究,其利用深度相机感知柔性表面关键点的深度信息值,结合曲面拟合方法进行投影校正。Zhou 等^[47]开发了一款基于 Kinect 的动态投影系统,该系统利用深度图像的跟踪算法实时对准投影随机运动物体。作为一种动态投影映射系统,它实现了对随机运动的实时对准、应对任意复杂几何图形、对遮挡的鲁棒性和对投影的自动遮挡剔除。该算法具有降低复杂度、自适应遮挡处理和自适应步长控制等特性。该动态投影系统能够在很高的交互水平上实现动态投影映射。同时,动态投影系统也存在一些局限性,遮挡器不能太靠近目标物体,否则会无法识别深度图像,而较大的外遮挡也可能导致跟踪失败。当遮挡比例超过一定水平时,剩余的可见部分将不足以进行跟踪。对于可变形对象,只要这种变形不影响可见样本点的整体适应度误差即可,因为系统只能容忍较小的局部变形,但不能处理较大的变形。另一个限制是相机和投影仪需要靠得很近,且视角方向相似,才能保证可以看到相同的遮挡。

然而上述方式都受限于 Kinect 与投影表面之间的距离,导致深度信息不精确,为此 Kim 等^[48]提出了一种深度信息校正方法,该方法通过构建误差修正模型,使深度信息的获取精度比其他方法更高。由于 Kinect 获取投影场景的深度信息受限于投影距离,重建的场景深度信息会出现一些孔洞和噪声等现象,虽然 Ju 等^[49]通过图像结构对获取的深度信息细节进行平滑处理,但仍会导致一些精确的深度信息的丢失。为此 Han 等^[50]通过使用从一幅 RGB 图像的形状—阴影代替光度立体来估计表面深度图的细节。Choe 等^[51]提出了三维模型的细化方法,该方法定义了一个近红外光阴影模型,使用一个初始的三维网格和多视点信息来估计表面的细节。

为了实现自动投影校正,Lan 等^[52]采用了一种嵌入式光学传感器结合结构光的方式,但该方式的普适性受到限制,基于计算机视觉的投影仪—摄像机标定方法通常涉及复杂的几何变换和烦琐的操作,大多不适用于光照不足或背景干扰的场景。

由于上述投影图像校正方法基本是以摄像机为基准进行的几何校正,因此只能在摄像机的视点位置才可以得到最佳投影校正效果。现有的几何校正方法都是以固定视点为基准进行的,Hashimoto 等^[53]在 Siggraph Asia 会议上的最新研究成果,已经实现了固定视点脱离摄像机视点,但是固定视点的视觉参数与人类的视觉参数存在一定的差别,导致校正后的图像并不能很好地符合观察者的视觉需求。

通过上述对投影图像几何畸变校正的归纳概括,总结出几何畸变校正的过程重点在于畸变校正的效率和质量问题上。表 1.1 是对几个投影几何畸变校正方法的比较分析,通过对各自方法的优点和缺点对比,可以更直观地理解不同方法之间的差异性。

表 1.1 投影几何畸变校正方法比较分析

几何校正方法	校正理论	优点	缺点
文献[35]	采用预处理的方式计算投影仪和投影表面之间的对应关系	校正速度快且精度较高	无法适用于实时的投影系统
文献[40]	通过系统参数获取投影表面的几何形状,并用来补偿图像几何失真	大大降低了计算复杂度	不适用于光照不足或背景存在干扰的场景
文献[45,46]	利用深度图像的跟踪算法实时对准投影的运动物体	具有实时性和对遮挡的鲁棒性	受限于 Kinect 与投影表面之间的距离
文献[52]	采用了一种嵌入式光学传感器结合结构光的方式对投影仪进行自动几何校正	简化标定操作,提高几何校正的鲁棒性	特殊的一对多硬件设计使普适性受到限制

1.2.3 投影图像颜色补偿方法

投影系统的显示效果有两个方面的判定标准:一是投影内容的质量,这是用图像的分辨率、亮度和对比度等参数来衡量的;另一个是投影内容,这是用投影图像的对齐精度和亮度融合平滑度等参数衡量的。以往传统的投影校正系统只能解决投影内容正确性的问题,在投影内容的质量上并没有显著的帮助。高性能投影仪虽然可以提升投影系统的分辨率和亮度等性能,但是因为高性能投影仪并不能作为推广使用,所以如何充分发挥消费级投影设备的性能,用低成本设备实现高性能的投影显示效果已经成为投影领域最重要的问题。Grundhofer 等^[54]提出一个实时的自适应辐射补偿算法,可使投影到自然介质表面。该算法首先对投影表面和图像内容进行分析,然后分两步对输入图像进行全局和局部调整,最后进行辐射补偿,但这一算法性能开销较高。为了节约系统开销,Grundhofer 等^[55]提出了一种新的容错优化方法,以产生高质量的光度补偿投影。非线性颜色映射函数的应用的好处是不需要对照相机或投影仪进行辐射预标定。与相关的线性方法相比,这一特性提高了补偿质量。该方法由投影仪色域的稀疏采样和非线性分散数据插值组成,实时生成从投影仪到摄像机颜色的逐像素映射。为了避免色域外的伪影,输入图像的

亮度在可选的离线优化步骤中被自动局部调整,将可实现的对比度最大化,同时保持平滑的输入梯度,而没有显著的剪切误差。尽管所提出的漂移误差补偿方法减少了不对齐投影过程中出现的硬边缘的可感知性,但还需要根据实际图像内容对其进行评估和补偿。

Dehos 等^[56]提出了一个低成本的投影系统 Catopsys,如图 1.4 所示。它利用一个投影仪、一个摄像头和一个凸面镜,提出了一种处理投影响应、表面材料和表面间相互反射的辐射模型和补偿方法,对投影过程的辐射响应进行评估,这种辐射响应被用来补偿预期环境中的投影效果。

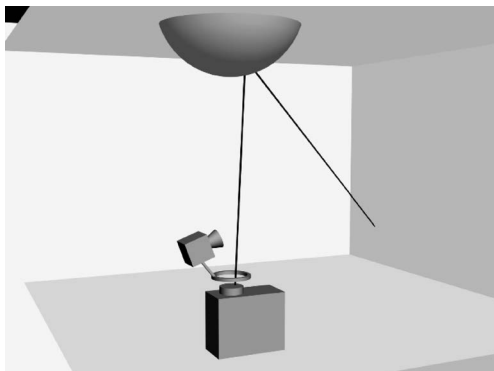


图 1.4 Catopsys 投影显示系统

Harville 等^[57]提出了一种适用于便携式投影仪的高精度、高效的光度补偿方法。对于初始定标,该方法采用两个均匀灰度定标模式和一个斜坡定标模式,减少像素间耦合对伽马非线性估计的影响。Ng 等^[58]通过计算场景的反光传输来实现辐射补偿。投影仪—相机系统可以将所需的图像投射到非平坦和非白色的表面上,缺点是由于使用的光传输矩阵通常很大,因此,计算逆光传输矩阵需要大量的计算和存储过程。这种补偿方法使用了分层反光传输提供量化计算效率和精度之间权衡的系统方法。投影仪输入各种反运算和投影仪输出各种反转如图 1.5 所示。

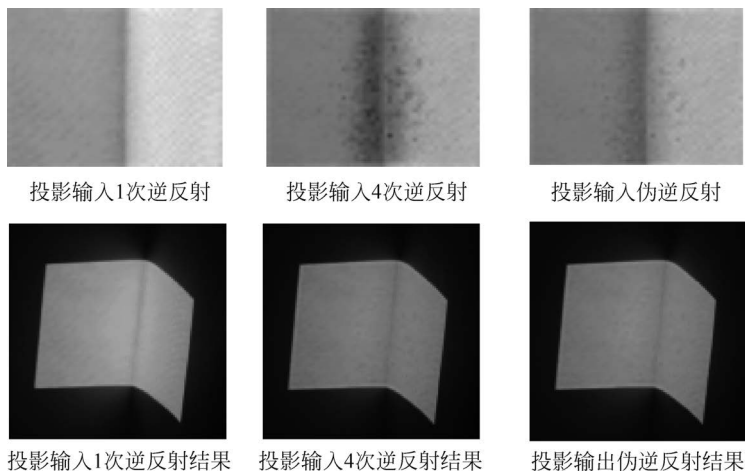


图 1.5 投影仪输入反运算和投影仪输出反转

Ashdown 等^[59]提出一种依赖于内容的方法,基于人类视觉系统的模型对图像进行空间处理,增加亮度或色度的容差。它可以与多投影仪显示器一起使用,在这种情况下,用于色度拟合和范围计算的色域模型的复杂性将与重叠投影仪的最大数量成比例。Bokaris 等^[60]在假设投影表面的几何结构已知的情况下,提出了一种投影图像颜色补偿算法,其使用单幅图像对投影表面的反射率进行估计,再利用颜色补偿函数对投影图像进行修正。Post 等^[61]使用像素查找表来实现非线性投影—相机系统的颜色补偿,利用分光辐射计对该方法的补偿精度进行了评估。Madi 等^[62]通过使用图像模型和被感知图像之间的颜色不变要求,推导出一个线性变换,然后通过一个矩阵乘法来做光度补偿。这种方法不仅减少了光照环境对图像质量的影响而且补偿了投影幕布的颜色纹理。缺点是当处理不规则的投影面时,有时会出现色彩校正均匀性不够的问题。

Bermano 等^[63]提出了一种人脸实时动态投影的方法。该方法不需要物理跟踪标记,支持动态面部投影映射。使用红外照明,光学和计算校准高速相机检测面部方向和表情,将估计的表情混合形状映射到较低维空间中,通过自适应卡尔曼滤波对面部运动和非刚性变形进行估计、平滑和预测。最后,根据时间、全局位置和表达式对预计算的偏移纹理进行插值,生成所需的外观。Li 等^[64]提出将辐射补偿问题归结为一个多维辐射传递函数的采样和重构,该函数统一地模拟了从投影仪到观测相机的颜色传递函数和表面反射率。该函数减少了投影图像的数量,需要由相机观察最多两个数量级,利用多维散射数据插值技术,以重建高空间密度的辐射传递函数来计算补偿图像。但是通过该方法在减轻色域映射的影响时还需要对内容自适应质量进行优化。如图 1.6 所示为创建采样集、采样优化和辐射补偿的流程图。

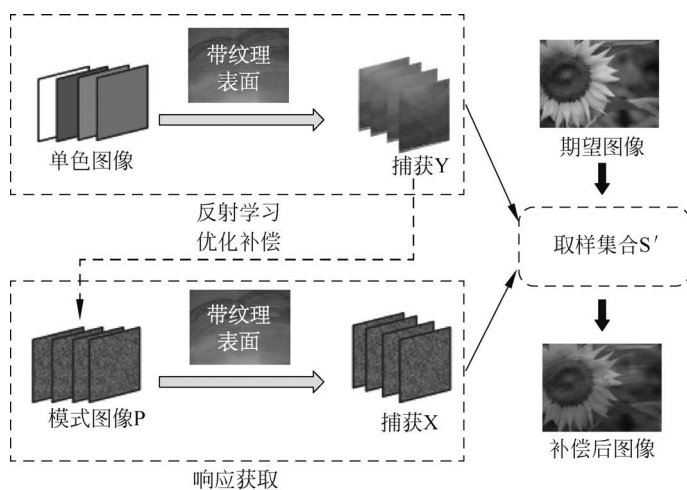


图 1.6 创建采样集、采样优化和辐射补偿的流程图

以上分析了投影图像颜色补偿方法,表 1.2 列举了其中经典的多投影系统校正方法之间的对比分析。目前在投影图像颜色补偿过程中,补偿的最终效果和时间效率是关键问题。通过对现有算法的实时性以及各个方法的优缺点进行对比分析,能够更好地掌握现有方法的差异性和对未来发展方向的探索。

表 1.2 投影图像颜色补偿方法比较分析

作 者	补 偿 方 法	优 点	缺 点
Grundhofer	对输入图像进行全局和局部调整后再进行辐射补偿	实时的自适应辐射补偿	需要的性能开销较高
Madi	通过图像模型和被感知图像推导出的矩阵进行颜色补偿	被感知的图像不受观看条件和所使用的显示设备的影响	对于非规则投影表面不适用
Bermano	使用红外照明,光学和计算校准高速相机检测面部方向和表情	不需要物理跟踪标记,支持动态面部投影映射	设备要求高,普适性差
Li	利用多维辐射传递函数模拟从投影仪到观测相机的颜色传递	采样效率高,可以减少投影图像的数量	不适用于投影幕,有极高的空间频率纹理

1.2.4 多通道投影系统

随着单投影增强现实技术的不断发展,为了能够扩展投影范围,不同国内外著名专家带领的研究团队同时对多通道投影技术开展了一系列研究,并取得了丰硕的成果,世界各地也先后出现了不同形式的多通道投影系统。从对现有多通道投影技术和系统的分析与研究中可以看出,为了进行投影图像的畸变校正,首先需要获取投影表面的高精度信息或投影仪和摄像机之间的映射关系,然后进行投影图像的几何畸变校正,最后进行投影图像的颜色畸变校正^[65-67]。

在对多通道投影图像的颜色进行校正时,需主要解决由不同投影仪和投影表面等因素引起的投影图像的颜色偏差问题,最终使得多通道投影画面能够呈现出颜色、亮度等参数一致性的效果^[68]。在多通道投影系统搭建时,需要实现相邻投影画面间的自然平滑过渡效果,也就是实现多投影仪投影图像重叠部分的无缝拼接。Pedersen 等^[69]提出为了避免出现连续显示的边框的一种方法是将图像的重叠部分混合到边缘上,并提出了一种新的边缘混合方法。它基于强度边缘混合,适应于图像内容的接缝描述。这种方法的主要优点是通过上下文适应和平滑过渡减少了视觉假象。如图 1.7 所示,通过一个感知实验评估该方法的质量,并将其与最先进的方法进行比较。与其他方法相比,该方法在低频区域有很大的改进。这种方法可以插入任何已经应用了边缘混合的多投影仪系统中。

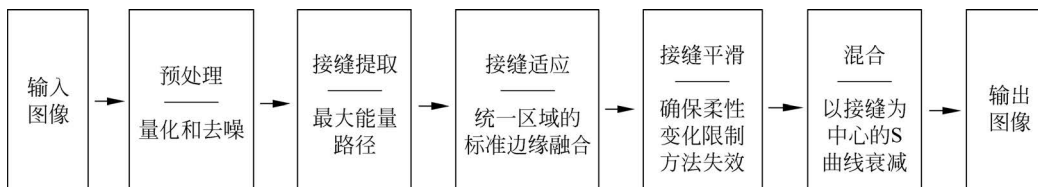


图 1.7 基于接缝的边缘混合流程图