# 超凡体验——IMAX商业巨幕影厅设计探析

## Super Experience: Study of IMAX Huge Screen Cinema Design

**撰文** 涂宗豫 上海现代建筑设计集团华东建筑设计研究院有限公司

**摘 要** IMAX巨幕电影作为特种电影的一种，其技术已有了很大发展，而目前除《建筑设计资料集》上有IMAX GT影厅的介绍外，其后的三类影厅尚无详尽资料可供查阅，给工程设计带来诸多不便。通过对现有四类IMAX影厅及其技术的阐述，以及工程实例和35mm影厅在工艺方面的比较分析，总结了IMAX商业影厅的设计要点，以求为今后该类工程实践提供借鉴和参考。

**关键词** IMAX 影厅 分类 工艺 设计要点

电影《阿凡达》的上映在全球掀起了一股IMAX 3D的观影热潮，相信看过的人都被IMAX影厅中巨大而清晰的影像、全方位的数字立体声效和逼真的三维动感所震撼，这身临其境般的视听盛宴应归功于世界大格式电影的先驱及领导者——加拿大IMAX公司40余年来不懈的技术追求。

IMAX（Image Maximum）意为影像最大化，是一种可放映比35mm格式（如今影片的通用格式）的影像更大且解析度更高的电影放映系统，它包括以诸多专利技术制作的放映系统、音响系统、银幕系统、眼睛系统等。自全球首家IMAX商业影厅——加拿大安大略湖滨公园圆型剧场Cinesphere（图1）1971年开业以来，截至2010年3月31日已有438家IMAX影厅（其中316家商业影厅，另122家在科教场馆中）分布在47个国家和地区。国内首家IMAX商业影厅——上海和平影都IMAX于2003年开业，截至2010年8月底中国已投入运营的IMAX商业影厅为21家（表1）。

| 表1 所属建筑名称 | 银幕宽X高（m） | 2D座席数 | 排数 | 胶片/数字 | 影厅类型 | 开业时间 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 上海和平影都（图2~5） | 20×15 | 358 | 12 | 数字* | SR | 2003 |
| 北京UME华星国际影城（图6） | 22.6×13.9 | 387 | 12 | 数字* | MPX | 2006 |
| 中国电影博物馆（图7~9） | 27×21 | 403 | 11 | 胶片 | GT | 2007 |
| 武汉新民众环艺影城（图10、11） | 22×15 | 648 | 18 | 数字* | MPX | 2007 |
| 东莞万达国际影城（图12、13） | 28×22 | 561 | 13 | 胶片 | GT | 2007 |
| 苏州科技文化艺术中心影城（图14、15） | 21.34×13.35 | 384 | 13 | 数字* | MPX | 2007 |
| 长春欧亚万达国际影城（图16） | 21.8×13.4 | 556 | 17 | 数字* | MPX | 2008 |
| 长沙万达国际影城 | 22.5×16.5 | 425 | 14 | 数字* | MPX | 2008 |
| 北京石景山万达国际影城（图17） | 21.3×12.6 | 433 | 14 | 数字 | Digital | 2008 |
| 昆明百老汇影城（图18） | 21×12 | 294 | 12 | 数字 | Digital | 2009 |
| 天津中影国际影城（图19） | 22×13.5 | 377 | 11 | 数字 | Digital | 2009 |
| 无锡大世界影城（图20） | 19.1×10.6 | 378 | 14 | 数字 | Digital | 2010 |
| 上海星美正大国际影城 | 25×14 | 421 | 13 | 数字 | Digital | 2010 |
| 上海五角场万达国际影城 | 21.36×12.05 | 398 | 不详 | 数字 | Digital | 2010 |
| 杭州新远国际影城 | 20×11 | 340 | 不详 | 数字 | Digital | 2010 |
| 杭州百老汇影城 | 22×12 | 464 | 16 | 数字 | Digital | 2010 |
| 香港UA MegaBox影城（图21） | 18X12.64 | 256 | 11 | 数字* | MPX | 2007 |
| 香港UA iSQUARE影城（图22） | 21.3×11.8 | 448 | 15 | 数字 | Digital | 2009 |
| 台北美丽华大直影城（图23） | 28.8×21.16 | 404 | 13 | 胶片 | GT | 2004 |
| 台北日新威秀影城（图24、25） | 21×11.3 | 652 | 23 | 数字 | Digital | 2009 |
| 高雄大远百威秀影城（图26） | 16×8.2 | 287 | 12 | 数字 | Digital | 2010 |

注：表中均为2D兼3D影厅；*表示已完成数字化升级；某些影厅以不同颜色区分2D和3D座席，推荐。

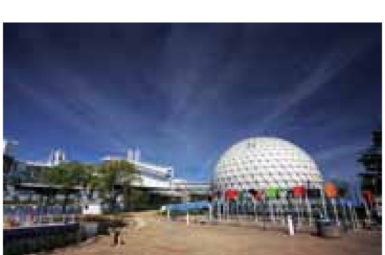


图1 Cinesphere

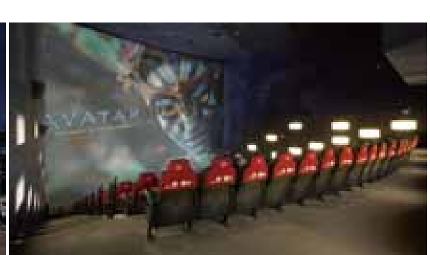


图2 和平影都IMAX厅

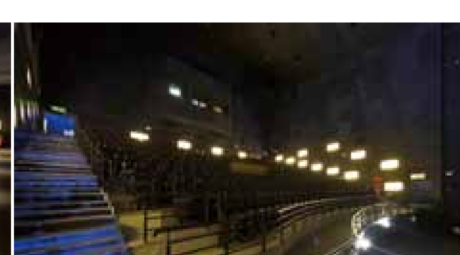
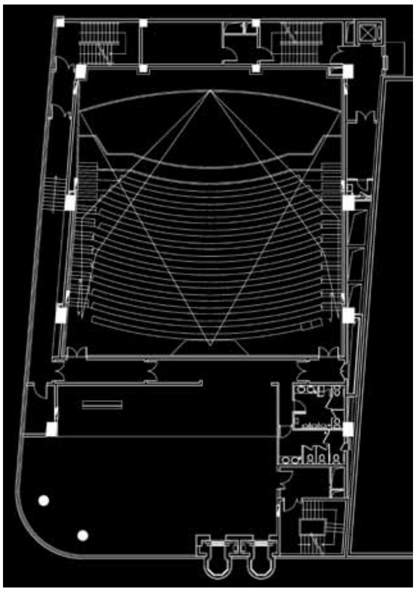


图3 和平影都IMAX厅



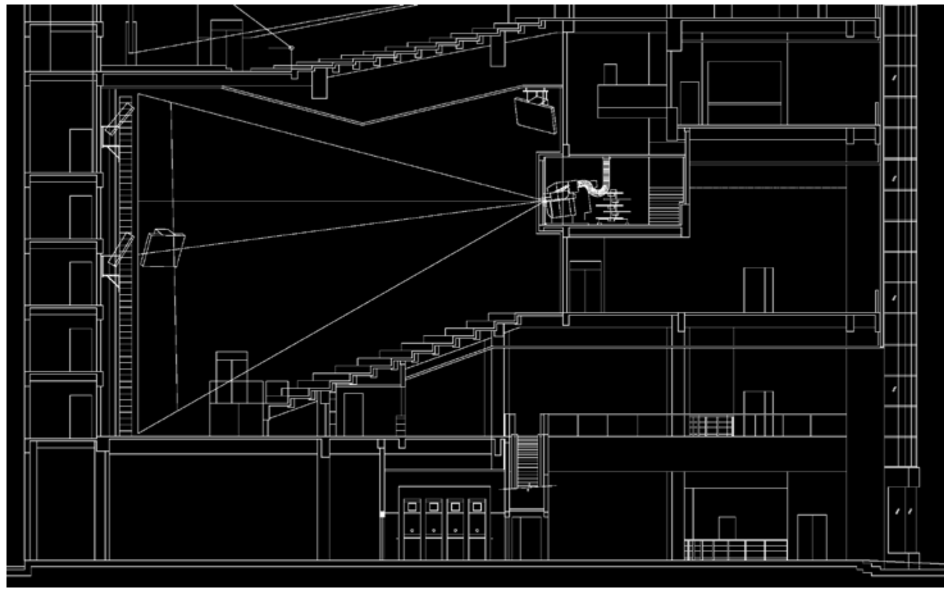


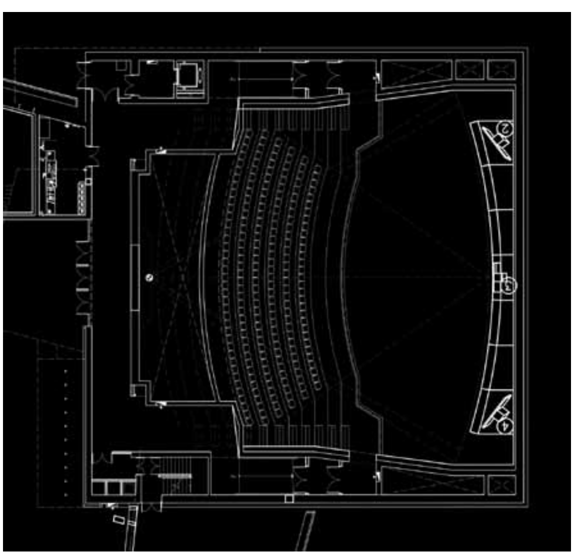
图4 和平影都IMAX厅平面

图5 和平影都IMAX厅剖面

图6 北京UME华星国际影城

图7 中国电影博物馆IMAX

图10 武汉新民众环艺影城



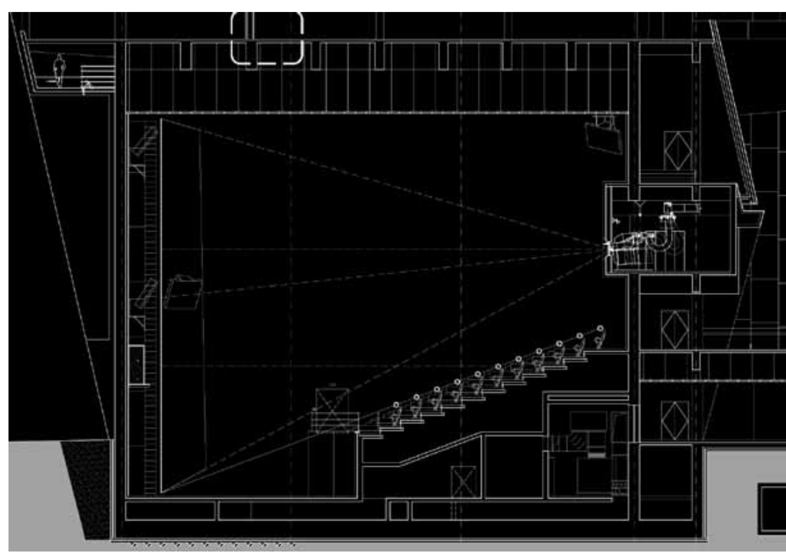


图8 中国电影博物馆IMA一层平面b

图9 中国电影博物馆IMA剖面1b

## 1 IMAX影厅分类

40余年来，IMAX公司已研发出5种放映系统，对应于以下4类影厅：

### 1.1 IMAX GT影厅

首先于1970年推出的GT 2D影厅是日后其它IMAX影厅的原型，采用15/70胶片[1]（图27），用一台大型“水平波状循环进片”[2]的GT放映机（图28）放映，该放映机近乎一辆微型轿车大小，重达1.8t，放映光源[3]为15kW氙灯水冷式（全球功率最大的电影放映光源）。

1986年又推出了GT3D影厅，采用两盘单独的15/70胶片同时放映，每盘胶片分别对应一只眼睛，观众戴上IMAX 3D偏光眼镜即可看到立体影像，该技术较传统的“红蓝”模拟3D技术（对应于两眼的图像放在同一胶片上）的影像有更高的清晰度和色彩鲜明度。该IMAX 3D放映机有两种：分体机，即两台性能一致的放映机并排连锁在一起同步放映；一体机，即两套水平波状循环进片机构和镜头上下并列安装在一台放映机上。放映光源均为2×15kW氙灯水冷式。

图11 武汉新民众环艺影城

图12 东莞万达国际影城

图13 东莞万达国际影城

图14 苏科文IMAX厅

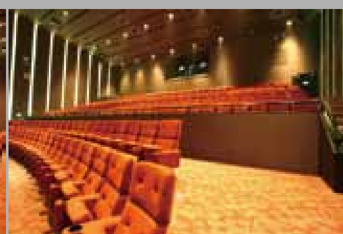


图15 苏科文IMAX厅

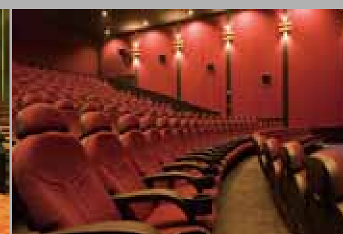


图16 长春欧亚万达国际影城

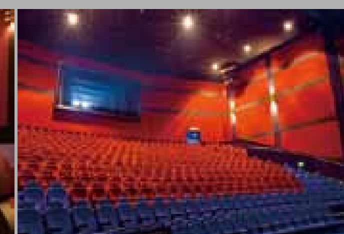


图17 北京石景山万达国际影城

图18 昆明百老汇影城

图19 天津中影国际影城

图20 无锡大世界影城

GT影厅属专利设计，一般为400座，可达1 000座；银幕一般为30m×24m，最大35.73m×29.42m（悉尼LG IMAX影院），该类影厅在《建筑设计资料集》第4集中已有介绍，不再赘述。

### 1.2 IMAX SR影厅

这是IMAX公司为降低土建和设备投入、节省运营成本及满足商业多厅影院的需求，于1998年推出的第一代紧凑型放映系统，采用两台SR放映机（图29）同步放映两盘单独的15/70胶片，配以2×7kW氙灯风冷式光源。

IMAX SR影厅亦属专利设计，银幕小于21m×17m，对应的合适座席小于350个，它实际是GT影厅的缩小版，以适应其变小的银幕。

### 1.3 IMAX MPX影厅

这是IMAX公司为放映IMAX DMR[4]胶片版影片，于2004年推出的第二代紧凑型放映系统。采用的MPX放映机（图30）为单机双镜头，同步放映两盘单独的15/70胶片，配以4×2.4kW氙灯风冷式光源，再次大幅降低了设备和运营成本，因其不仅可放映IMAX原创片，还可放映IMAX DMR故事片，使片源更广，更适宜建在商业多厅影院中。MPX也是最新型的二合一放映系统，即可用最经济的方式将胶片放映系统升级为数字放映系统，国内所有MPX商业影厅均已完成了数字改造（表1）。

MPX影厅标准版亦属专利设计，银幕一般小于23m×14.5m，对应的合理座席数为350个。如果原35mm影厅的银幕设置空间符合IMAX的放映工艺要求，IMAX公司也可将其改造为MPX影厅，避免了为改成MPX标准版的大量土建投入，缩短改建周期，但因原有影厅体型的限制，其临场感通常不及标准版。

### 1.4 IMAX Digital影厅

IMAX公司为解决因15/70胶片版影片的拍摄、后期制作、发行、放映成本过高而带来的片源过少，以及胶片版放映系统投资及运营维护成本高昂等一系列问题，于2008年推出了数字放映系统，用于放映IMAX DMR数字版影片。采用硬盘数字拷贝[5]及两台2K分辨率的数字放映机（图31）加影像优化器，配2×6kW灯泡，成本虽大幅降低，但画面解析度约4K，仅相当于35mm胶片的影像水平，丧失了15/70胶片版大画面、高解析度的优势。IMAX公司已在测试两台4K数字放映机，一旦成功，解析度可达约8K，成像水平将超越15/70胶片版的6K。

Digital影厅银幕尺寸一般在22m×12m以内，因临场感所决定的水平视角要求，其对应的合理座席数在350个左右。该影厅和另三类影厅相比：1）其银幕平均面积已大大缩水，见图32（根据美国大格式电影协会的统计资料绘制）；2）影像质量不及15/70胶片版；3）影厅平面长宽比

图21 香港UA MegaBox影城

图22 香港UA iSQUARE影城

图23 台北美丽华大直影城


图24 台北日新威秀影城

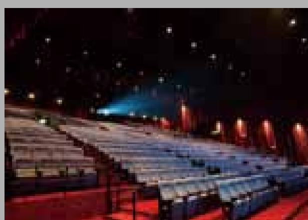


图25 台北日新威秀影城


图26 高雄大远百威秀影城

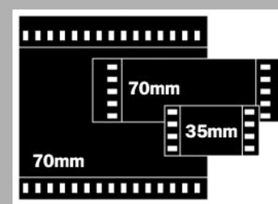



图27 IMAX胶片

图28 GT

图29 SR

图30 MPX放映机

图31 DIGITAL

也不严格按1:1要求控制，引起后区观众的水平视角偏小。此三点均是其临场感不及另三类影厅的原因，目前的Digital影厅只是IMAX实现数字化升级的初级版。

## 2 IMAX MPX影厅工艺设计特点

为更直观地说明该类影厅设计的独到之处，试以苏州科技文化艺术中心MPX影厅标准版（图33）和类似座位数的35mm五星级影厅（图34）作比较分析。

### 2.1 影厅平面形状及体型比

MPX影厅平面接近正方形，体型比约1 :1 :0.65（宽：长：净高），可见MPX影厅空间宽而高。而35mm影厅多为矩形，体型比为1 :（1.5 ± 0.2）: 0.55~0.65。

### 2.2 银幕

在人视野中，双眼的水平集中视角为40°（图35），垂直集中视角为35°（图36），水平和垂直的可视视角均为120°，但垂直视角上下不对称。IMAX根据此特征，在MPX影厅中充满整个厅前墙（上顶天、下立地、左墙到右墙）的巨幕为21.3m × 13.3m（面积是35mm影厅五星级标准中最小银幕8m × 4.5m的7.9倍），包围住了人眼的整个视野范围，观众如果不转动眼球或头部就看不到银幕的四周边缘，临场感很强。巨幕下边缘及左右两侧距装修完成面仅需留出0.15m，上边缘距吊顶的净距仅需0.4m左右即可。而35mm影厅银幕两侧需留出不小于0.5m空隙，上边缘需留0.5m~1.0m，下边缘需留0.6m~0.9m（设计视点高度），以满足四周移动黑框的宽度来实现多种画幅制式间的转换。

IMAX原创片（非由35mm格式转制而成的IMAX DMR影片）影像更具特点（图37）: 1）影像中的地平线位于巨幕下部的1/3处，以保证大部分观众在观影时不必仰头。MPX影厅要求将中心排观众的水平视线定位在巨幕下部的1/3处，同样也是出于观影舒适度的考虑。2）巨幕上的影像分为对应人眼各视野范围的3个虚拟区域：①集中视野区，是视觉最集中的区域，也是IMAX原创片的最重要区域；②主要视野区，虽然不是视觉集中的区域，但观众无需转动眼球就能注视到，其重要性仅次于集中视野区；③次要视野区，是余光所能顾及到的区域，需转动眼球或头部方能看清，因此它作为辅助性的视野范围。如此的虚拟设计使临场感更强，IMAX原创片更适合在GT及SR影厅中更巨大的银幕上放映。但因IMAX DMR影片在拍摄时的取景构图已不具有上述特点，造成了观看巨幕上的某些镜头（特别是人物特写及近景）时需仰头，感觉不适。

IMAX曾推荐银幕高宽比为1 : 1.435，如今其值按建筑空间、座位数、投资等因素作综合考虑。IMAX采用增益为2.0（1.0表示银幕对投射至其表面光线的反射率为100%）的高增益金属涂层银幕（方向性反射），保证了银幕上的影

像可达到足够的亮度。同时为了使光反射及各观看角度达到最佳，巨幕在水平方向上设计为半径约等于1.25倍幕宽的弧面，并向前倾斜5°。普通35mm影厅多采用的白塑幕反射率为0.8~1.0（扩散性反射），银幕弧度根据放映距离确定，其弧面半径约为1~1.5倍的放映距离，银幕垂直于地平面。

### 2.3 视距和水平、垂直视角

由于IMAX胶片版影像分辨率极高，最前排观众可更靠近银幕，最近视距≥0.33幕宽，所有座席基本控制在一个幕宽数值范围内，即最远视距宜≤幕宽，而五星级35mm影厅的最近视距≥0.6W（W为1：2.35变形银幕的宽度），最远视距达1.8W。视角实际上是和视距及银幕尺寸相对应的，IMAX规定了50°~135°的水平视角及35°~90°的垂直视角，对比五星级35mm影厅的31°~80°水平视角及17°~44°垂直视角可见，IMAX影厅中观众离银幕更近，身临其境感更强。

### 2.4 视点

MPX影厅的设计视点定在首排座席地坪面以下0.75~0.95m，而五星级35mm影厅的设计视点通常定在首排座席地坪面以上0.6~0.9m处。

### 2.5 看台坡度

MPX影厅中每排座席的看台坡度（即前后排高差和排距的比值）均为等斜率18°（GT及SR影厅为20°~25°），可满足观众在座席区及走道上行走时不遮挡放映光束。而35mm影厅无此规定，造成首排前区会出现放映光束被通行的观众所遮挡的现象，其每排看台的升起不同，整体坡度一般为13°~15°。

### 2.6 斜视角水平控制线

为保证座席区边缘的观众亦有良好的观影效果，IMAX影厅中明确规定了2D和3D的斜视角水平控制线，2D和3D控制线分别以银幕中点为原点，将银幕中轴线向两侧各旋转45°及35°求得，而在35mm影厅中无此区分之规范要求。

### 2.7 座位弧度

MPX影厅弧形座席区的首排曲率半径约等于放映距离，以后各排以此为同心圆排列。35mm影厅通常是以镜头至银幕中点连线1/2处的座席弧线半径约等于放映距离而确定。

### 2.8 放映俯角

为防止影像的梯形变形，MPX放映机其值为6°~7.5°，对于35mm影厅该值≤6°。

### 2.9 进出口要求

IMAX公司建议观众从影厅前部入场，由影厅后部出场。这样是为了让观众进场时离银幕更近，需仰头方能看到巨幕的上边缘，先得到心理上的震慑；且因其看台较35mm影厅陡，人上行会较下行更安全些，故建议从厅后部出场。

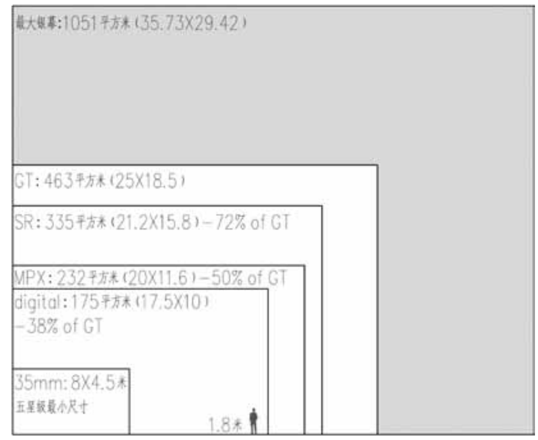



图32 银幕平均面积比较

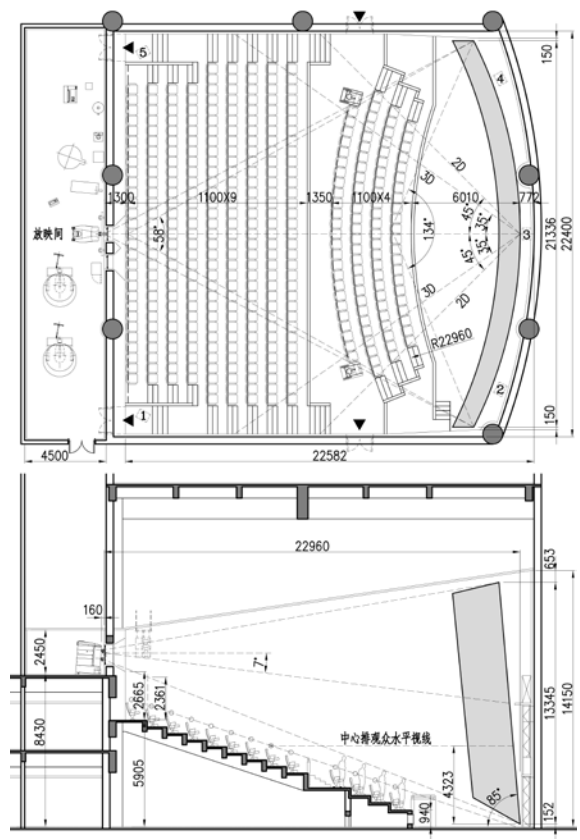



图33 苏州科技文化艺术中心影城

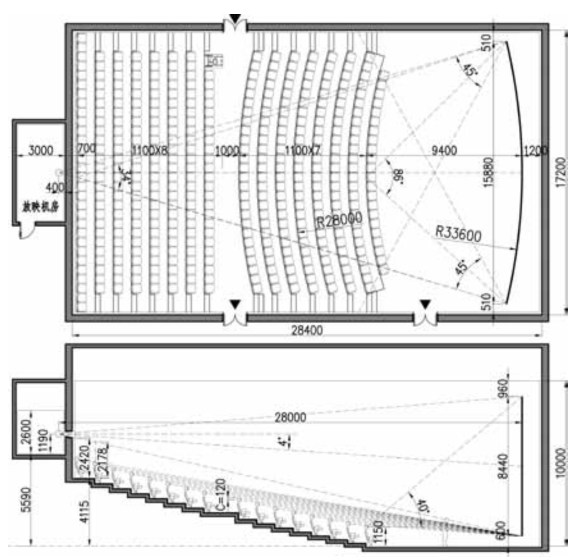



图34 35mm影厅

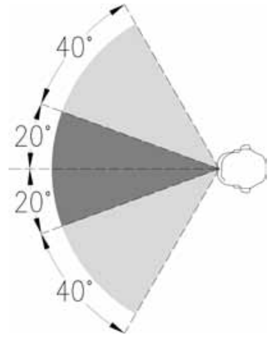



图35 水平视角

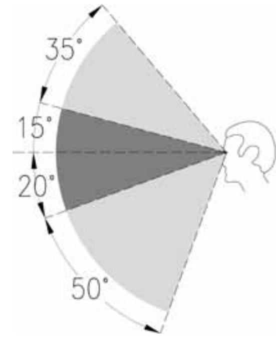



图36 垂直视角

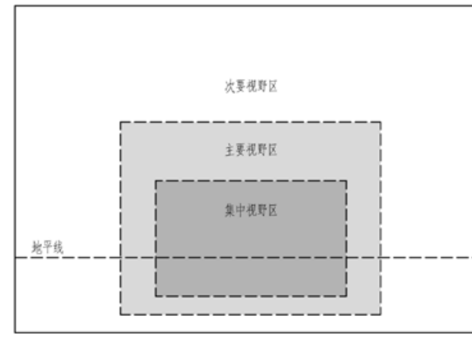



图37 影像虚拟区域划分

图38 伦敦BFI IMAX影院外景

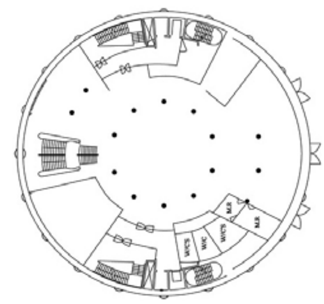


图39 伦敦BFI IMAX影院地下一层

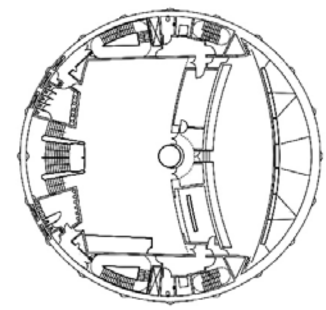


图40 伦敦BFI IMAX影院一层

## 3 建声设计

为使听觉上也能获得多方位、动态声源的临场效果，IMAX采用了适合其影厅体型、座席分布特征的分离式、无压缩、数字均衡点声源技术（Proportional Point Source），不但使观众能辨别每个声音的声源所在，而且保证了向厅内所有座席提供基本相同的精确音量和完美音质，采用特制的CD或DVD下载到声音服务器的硬盘中，再通过SMPLE时间码保持与放映机同步输出。多组扬声器分布在影厅左、右后方，幕后中部左、右侧及中心，幕后顶部中间，厅前方还有一组复合声道超低音扬声器。

IMAX的电声设计已相当完美，影厅建声设计应保证准确、真实地再现IMAX电影原声，尽量减少对其改变及渲染，故应设计成中性声学环境，将因影厅体型和材料选择而引起的回声、声聚焦、颤动回声和强前次长延迟反射声等声缺陷降到最低。IMAX影厅对建声设计有严格的要求，但影厅空间高，体积大，单座容积高达20m$^3$，其值大大超过了35mm影厅的控制指标，给建声设计特别是混响时间频率特性的控制带来很大难度。IMAX影厅并非现场表演类空间，声学标准不同于传统剧场及音乐厅，其声学指标要求如下：

（1）最佳混响时间：当频率f=500Hz时$T_{60}$=0.5s（≤400座）及0.7s（>400座），其值可上下浮动25%。

（2）混响时间频率特性：混响时间应随频率升高而递减，500 Hz以下时递减应平缓且渐次，无明显的峰值和间歇，取值（混响比）见表2。

（3）声场均匀度：声压级最大与最小值之差不超过6dB，最大与平均值之差不超过3dB。

（4）本底噪声：当所有放映设备、空调和电器系统同时运行时，应满足厅内本底噪声允许值NC≤25号噪声评价曲线，相当于LA≤35dBA，噪声频率特性（倍频带声压级）要求见表2。

（5）隔声：应对影厅的建筑围护结构（墙、顶、楼板等）采取隔声措施，其侵入影厅的噪声衰减值（隔声量）要求见表2。

## 4 工程实例

### 4.1 伦敦BFI IMAX影院

这座于1999年开业的圆柱型建筑由Avery Associates设计，因位于伦敦南岸区滑铁卢广场的交通环岛中（图38），而采用了城市地下通道连通设于地下一层（图39）

| 表2 中心频率（Hz） | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1K | 2K | 4K | 8K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 混响比 | <2 | <1.5 | <1.3 | <1.1 | 1 | ≤1 | | | |
| 倍频带声压级(dB) | 65 | 54 | 44 | 37 | 31 | 27 | 24 | 22 | 21 |
| 隔声量(dB) | ≥40 | ≥55 | ≥65 | ≥70 | | | | | |

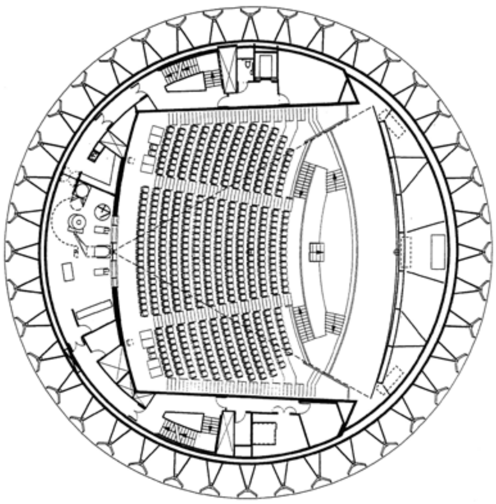


图41 伦敦BFI IMAX厅平面

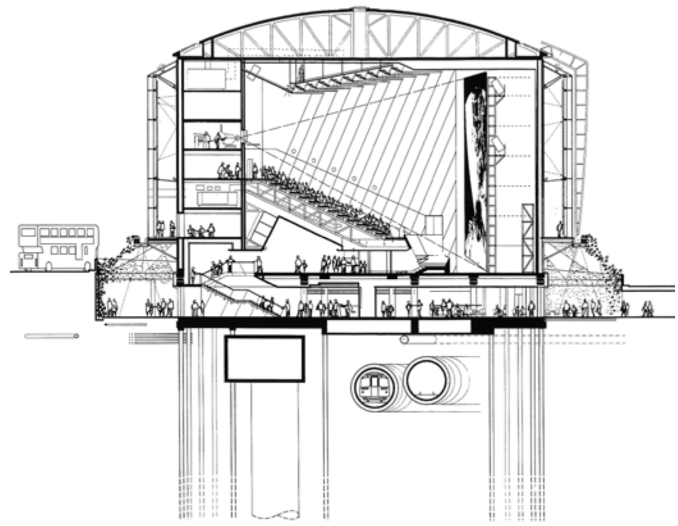


图42 伦敦BFI IMAX厅剖面

图43 伦敦BFI IMAX厅

图44 伦敦BFI IMAX厅（PPT演示会议）

图45 伦敦BFI IMAX进厅

的建筑入口。IMAX影厅的入口层设于地上一层（图40），其200m$^2$的进厅兼休息厅（图45）常用以举办新闻发布会、展览、招待会、时装表演等。厅内面积约700m$^2$的IMAX MPX影厅（图41~ 44）有26.1m×20.7m的英国最大银幕，其看台坡度25°，共15排座席，2D座席500个（含2个轮椅位），3D座席453个。该影厅设计的独特之处是其入口未按常规思路置于厅内前部的侧墙上，而是别出心裁地设在了与巨幕下部相对的正中位置，将近6层楼高的巨幕顷刻间咄咄逼人地展现在进场观众的头顶，使人充分领略到影厅空间的巨大以及期盼即将到来的奇妙之旅。

**4.2 悉尼LG IMAX影院**

这座带有警示装饰的梭型建筑（图46~ 48）由HBO+EMTB设计，于1996年开业，位于悉尼达令港中心海岸旁，除一个IMAX影厅外，还设有可俯瞰达令港的配套餐厅及酒吧。该IMAX GT影厅（图49，50）因具有35.73m×29.42m的全球最大银幕，而成为旅游观光的热点，其看台坡度24° ，共10排座席，2D座席540个（含2个轮椅位），3D座席412个。

以上两实例都是以IMAX影厅为主要功能的单体建筑，虽然不同于国内均将IMAX影厅建于商业多厅影院中，或和多厅影院一起作为购物中心的一种商业业态存在而形成业态互补更容易带来大量的人流，但它们的影厅使用率甚高，除放映电影外，亦用于电视直播、Power Point演示会等，BFI IMAX和LG IMAX影厅还常年举办电子游戏大赛及流行音乐会（图50），此多功能利用是国内IMAX影厅值得借鉴之处，以避免影片档期不足时影厅闲置。

毋容置疑，IMAX作为“电影的终极体验”，其独特的视听魅力无论是过去、现在还是将来都是普通电影、电视等娱乐形式所无法媲美的，如果将35mm影厅比作“经济舱”，那IMAX影厅当属“头等舱”，若在多厅影院中设一座IMAX影厅，对整个影城的品质也是极大的提升。但因一整套IMAX影厅的系统引进就需1 000万~1 500万人民币，

图46 悉尼LG IMAX影院外景　　图47 悉尼LG IMAX影院门厅

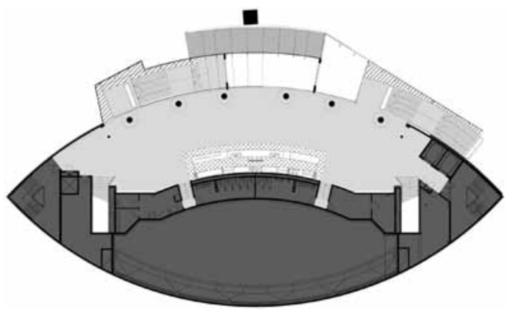


图48 悉尼LG IMAX影院平面

图49 悉尼LG IMAX影厅

图50 悉尼LG IMAX影厅音乐会

厅内的装修在500万人民币左右，这笔资金足以建8~10个35mm影厅，相当于一座大型五星级多厅影院（8~10个厅、1 201~1 800座）的造价，如此大的资金投入使一批投资者望而却步，造成了目前中国IMAX商业影厅仅有21家，《阿凡达》IMAX 3D版一票难求的局面也就不难理解了。而给IMAX带来转机的恰是《阿凡达》，该片的高票房让众多投资人看到了商机，据媒体透露，IMAX公司亦加速了在中国市场的影院拓展计划，确定在2012年前中国内地会再开业26家IMAX商业影厅，预计到2014年底在整个大中华地区将达100家左右，届时会有更多的国人能够进入到IMAX影厅中体验IMAX电影的超凡魅力了。

因此，建筑师应当加紧学习和了解IMAX影厅的设计要求和设计方法，积极应对未来可能越来越多的IMAX影厅建设需求。

涂宗豫
上海现代建筑设计集团华东建筑设计研究院有限公司建筑创作中心 一级注册建筑师

注释：

[1] 15/70胶片为70mm宽的胶片上15个齿孔一个画格，其上的画幅面积是常规35mm胶片（4个齿孔一个画格）面积的10.3倍，是常规70mm胶片（5个齿孔一个画格）的3倍。目前任何电影胶片上的画幅通过放映机投射至银幕上的影像放大倍率通常控制在21万倍以内，极限值为30万倍，否则影像的清晰度会明显下降，15/70胶片在IMAX最大银幕35.73×29.42m上的放大倍率约29万倍，可见该高分辨率的大画格胶片是投射到巨幕上的影像仍具有很高清晰度的重要保证。

[2] 水平波状循环进片（Rolling Loop film movement）是专用于放映15/70胶片的IMAX放映机的核心技术，不同于35mm胶片的垂直进片，该技术能使胶片的每一画格更准确、更稳定地停留在片门处，然后以6毫秒的速度转换到下一个画格，并可减轻对胶片的损伤，这也是巨幕上的影像依然清晰、稳定的关键所在。

[3] 当影像具有足够的亮度，其清晰度和色彩还原度才能得以保证，而35mm放映机氙灯功率多为2KW~5KW，达不到巨幕上影像的亮度要求，IMAX的大功率放映光源也是决定影像质量的主要因素。

[4] DMR（Digital Re-mastering Release）为IMAX公司于2002年公布的数字原底翻版技术，包括将35mm影片的每个画格经数字影像增强处理（包括增强画面锐度、校正颜色、清除图像颗粒、消除图像不稳定现象等）后达到IMAX影像质量，以及将35mm影片原有声轨转制成特制的IMAX未经压缩、高保真的声轨，使之适合在IMAX影厅中放映。其解决了因以往IMAX影片拍摄、后期制作及发行的成本高昂而带来的片源甚少问题，影片不再局限于科技、自然、地理、人文等教育及记录短片（片长在40min左右），实现了同一部商业故事片的IMAX版和35mm版的全球同步发行、放映的目的。

[5] IMAX影片硬盘数字拷贝费用为200美元，而15/70胶片拷贝约2.5万~4万美元，使运营成本大幅降低，数字化后平均每年在中国会有10~12部IMAX影片上映。