

为初级声源。管道中的声波为驻波。在检测传声器处,在有些频率上是波腹,接收的信号较强;在有些频率处为波节,接收到的信号很弱。在低于 63Hz 附近,传声器位置正好是一个波节,接收到的信号很弱,因此抵消效果很差。在很低的频率处,40Hz 以下,则扬声器的辐射效

率较差。这也是限制有源抵消效果的一个因素。

### 参 考 文 献

- [1] 李毅民,声学学报,13(1988),336—342.  
[2] 李毅民,声学学报,14(1989),370—376.

# 北京国际会议大厦会议厅的声学设计概要

项端祈 王 峰 陈金京

(北京市建筑设计研究院研究所)

1991 年 4 月 6 日收到

北京国际会议大厦是北京国际会议中心的核心建筑。总建筑面积 45000m<sup>2</sup>,是我国第一座现代化的、专供国际会议的会议大厦。设有容纳 2500 名听众的大会议厅、652 座的中会议厅,170 座的阶梯会议室(学术报告厅)和 50 座的高级会议室;以及 42 个小会议室和多功能厅;还设有配合会议用的 8000 m<sup>2</sup>展厅。本文概要介绍会议大厦中四个主要会议厅的声学设计。

## 一、概 述

北京国际会议大厦与会议中心内的汇宾大厦(写字楼)、五洲大酒店、汇园公寓、康乐宫、汇珍酒楼、购物中心等构成一个完整的举行国际会议的场所。

国际会议大厦配有最先进、齐备的会议展示设施,包括 8 种语言的同声传译系统在内的完善的声像设备、计算机管理系统、现代化的通

讯和办公设备。大厦建成于 1989 年,在亚运会期间作为组委会办公和会议的场所。会后则供各种国际会议所用。

北京国际会议大厦 46 个大、中、小会议厅、室都经声学设计和检测,通过亚运会组委会和数十次国际会议使用表明,音质良好,受到与会者的一致好评。这里仅概要介绍其中 4 个主要会议厅的声学设计和取得的成果。表 1 为会议厅声学设计指标一览表。

表 1 北京国际会议大厦 4 个会议厅的声学设计指标一览表

会议厅名称	容量 (座)	容积 (m <sup>3</sup> )	每座容积 (m <sup>3</sup> /座)	中频(500Hz)		频率响应 125—4000Hz	背景噪声 dBA
				混响(s)	声场(dB)		
(1) 大会议厅	2500	16000	6.4	1.4	±3.0	<10dB	<35 (NR-30)
(2) 中会议厅	652	3230	5.0	0.6	±3.0		
(3) 阶梯会议厅(学术报告厅)	170	470	2.8	0.5	±3.5		
(4) 高级会议室	50	436	8.7	0.5	±3.0		

## 二、会议厅的声学设计

会议厅声学设计的主要任务是确保语言清

晰度、防止音质缺陷而引起的声反馈,以便使厅内声场分布均匀和足够的声级。至于在会议期间即兴演出文艺节目,可通过扩声系统进行“加工”。为语言清晰度的需要,均采用强吸声短混

响,特别是控制低频混响时间;由于混响时间短,很容易暴露出厅内的音质缺陷,如回声和颤动回声等现象。因此,消除音质缺陷的难度较大。关于厅内具体的声学处理,则要根据会议厅的体形(通常由建筑师确定)、容积、容量和使用要求而定。现分述如下:

### 1. 大会议厅

大会议厅供全体代表会议使用。除会议外,为会议即兴演出音乐、歌舞和放映电影提供使

用的可能性。同时还要求能够举行宴会和舞会。大厅容纳 2500 名听众,容积 16000m<sup>3</sup>。总表面积为 4952m<sup>2</sup>。大厅设有楼座,首层地面不设置坡度,配备活动座席。

大厅的体形由建筑师根据总体规划和用地等因素确定。平面为八角形,横向宽达 45m,纵向长 36m,平均高度为 10m。会议厅两侧分别为同声传译室和记者席。会议厅的平、剖面见图 1,图 2 所示,图 3 为建成后的内景。

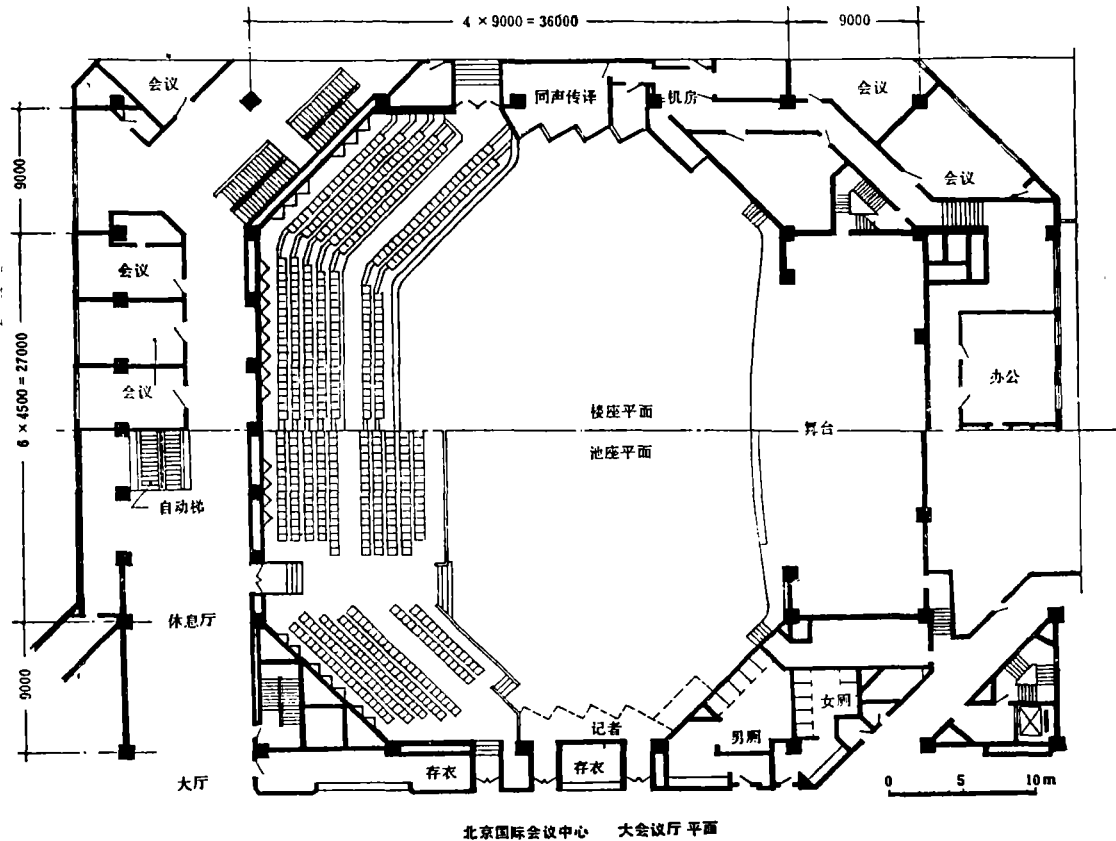


图 1 北京国际会议大厦大会议厅平面

(1) 大会议厅混响时间和频率特性的确定。

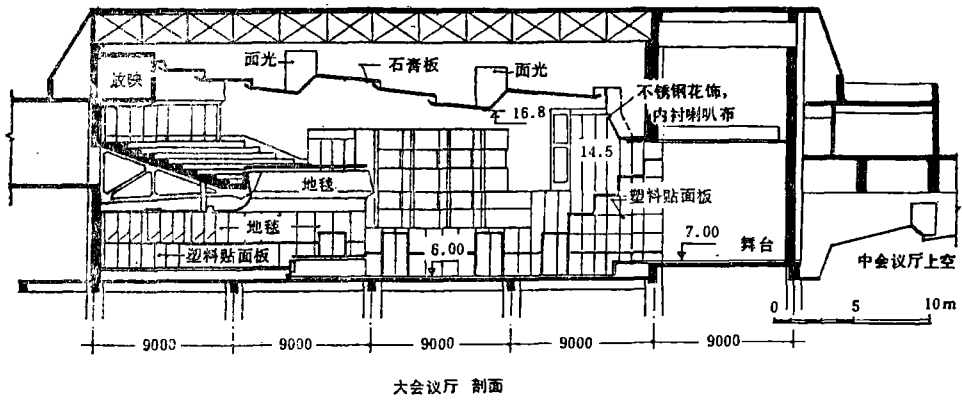
大会议厅的混响时间是通过对国内容积超过 10000m<sup>3</sup> 的会堂音质调查确定。使用单位反映较好的厅堂,中频混响时间均低于 1.8s,低频混响低于 2.0s。(详见表 2 所示),对此,经主管部门与有关设计单位协商确定了如下设计指标:

频率 (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
满场混响时间设计值 (s)	1.60	1.50	1.40	1.40	1.30	1.20

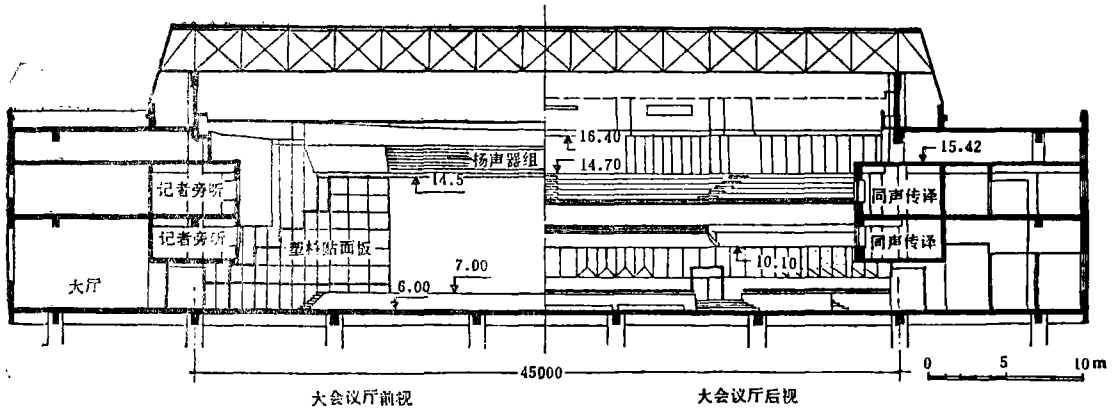
并规定设计值与建成后的实测值之间,允许有 ±0.1s 的变动范围。

### (2) 混响时间的控制

为了控制混响时间,特别是低频混响时间,



大会议厅 剖面



大会议厅前视

大会议厅后视

图2 北京国际会议大厦大会议厅剖面

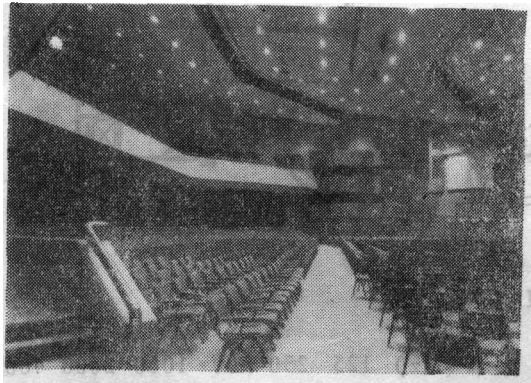


图3 北京国际会议大厦大会议厅内景

采取了如下的吸声处理:

台口两侧墙面,包括同声传译和记者席的部分墙面,用塑料贴面板;木护墙后设100—200mm空腔;首层用木地板;所有墙面的基层板均为经防火处理的12mm的胶合板,以此控制厅内的低频混响;此外,在楼座挑台的栏板上

追加钻孔共振吸声结构,共振频率  $f_0=125\text{Hz}$ ,  $250\text{Hz}$ ,外蒙织物;

墙面的面层材料为壁毯,内衬20mm厚泡沫塑料,楼座地面满铺羊毛地毯,织物面软座2500个,这些作为控制中,高频混响时间的吸声材料;

石膏板吊顶,由于该材料的共振频率在100Hz以下,因此,在设计值内显示不出它的功效。

### (3) 音质缺陷的控制。

大会议厅内的音质缺陷主要是控制回声。厅内的平均自由程  $4v/s$  ( $v$ 为大厅容积,  $s$ 为厅内总表面积)为12.9m,大厅横向宽45m;因此,从侧墙反射回来的强反射声,均为回声,后墙同样是形成回声的表面。对此,将所有的墙面均作吸声处理(壁毯);同声传译室、记者席的玻璃

表2 国内容积在10000m<sup>3</sup>以上的会堂满场混响时间一览表

会堂名称	容 量 (座)	容 积 (m <sup>3</sup> )	每座容积 (m <sup>3</sup> /座)	下述频率 (Hz) 的混响时间 (s)		
				125	500	2000
上海文化广场会堂	12500	122000	9.8	3.30	2.60	2.20
人民大会堂大礼堂	10000	91400	9.1	1.80	2.00	2.10
广州中山纪念堂	5000	34230	6.8	2.60	2.30	1.85
太原湖滨会堂	2145	15860	7.4	1.62	1.33	1.21
新疆大会堂大礼堂	3200	26300	9.2	1.69	1.05	1.03
成都锦江礼堂	3406	25647	8.4	1.84	1.81	1.76
北京展览馆剧场	2715	24000	8.8	1.92	1.47	2.08
河南大会堂大礼堂	3052	19000	6.2	2.20	1.50	1.40
北京中山公园音乐堂	2300	17900	7.8	2.10	1.50	1.42
北京政治学院礼堂	2500	13800	5.5	2.24	1.69	0.90
包头二机厂文化宫礼堂	2336	12240	5.2	1.86	1.55	1.31
京西宾馆礼堂	1200	11609	9.7	1.91	1.52	1.60
沈阳中华剧场	2170	11540	5.3	2.02	1.86	1.55
青岛大礼堂	2000	11000	5.5	2.45	2.02	1.91
江苏省党校礼堂	1500	10800	7.2	1.95	1.04	0.80
山东东郊宾馆礼堂	1664	10695	6.4	1.65	1.48	1.58
北京政协礼堂	1404	10680	7.6	1.75	1.33	1.23
北京后勤礼堂	2016	10500	5.2	2.23	0.98	0.98
杭州剧场	2000	10000	5.0	2.10	1.50	1.50

面作成锯齿形扩散体，后墙也设三角形扩散体并与灯光结合，成为内装修的一部分。

#### (4) 会议厅的噪声控制

会议厅的噪声控制包括隔声和空调系统的消声设计两部份。大厅的周围均为休息厅和辅助用房，因而墙体隔声不成问题；但屋顶采用钢结构和轻质屋面层(双层铝板，中间夹聚苯隔热层)，隔声量仅为30dB，对此，在屋面下，上弦杆上追加一层6mm厚FC板(加压水泥板)，中间设空气层，经实验室测定该构造可达隔声指数 $I_a = 50\text{dB}$ 。

所有与会议厅出入的门均设隔声门。

空调系统均做消声和隔振处理；并限制出风口的流速不大于3.0m，以免气流噪声干扰。

#### (5) 会议厅内的声场和声级

会议厅内的声场不均匀度要求不大于±3.0dB，听众席的声级不低于75dB，这对于设有扩声系统的会堂并不困难。会议厅采用全套进口扩声设备：英国声艺的调音台，美制EV扬声器等。主扬声器配置在台口上部，在两侧设置小功率声柱，以便改变前座听众的声象(声

音从顶部传来)。

厅内设有8种语言的同声传译设备，由于首层为活动座席，因此，采用无线红外同声传译系统。

#### (6) 舞台的声学处理

大会议厅的舞台较小，有效容积为3820m<sup>3</sup>，仅为大厅的1/4。因此，在满场时，舞台与观众厅混响时间差别不大。但考虑到电影扬声器对后墙的反射声引起声干扰，以及会议时，反射声进入传声器而产生声反馈。因而在后墙中间部位配置65m<sup>2</sup>的积物包50mm厚玻璃棉毡；

此外，将侧台与休息厅之间的联接口处设隔声隔断，仅留出入口，消除长混响休息厅声能倒流至舞台，使舞台声衰减曲线成折线的状况；

在调试中，发现台口有颤动回声，对此，在台口周围均用织物包泡沫塑料的吸声处理，得以解决。

由于舞台正下方为中会议厅的讲台，因此，舞台双层木地板下的木筋均配置在50mm厚的橡胶垫块上。同时增加承重钢筋混凝土楼板的厚度，以此提高楼板的撞击隔声和空气隔声的

能力。

## 2. 中会议厅

中会议厅以会议为主，兼供小型文艺演出和放映六声道立体声电影所用。容纳听众

652名，有效容积 $3230\text{m}^3$ ，总表面积为 $1326\text{m}^2$ 。

中会议厅平面呈钟形，台口至后墙纵向长度为 $26.5\text{m}$ ，宽 $21.0\text{m}$ ，平均高 $6.5\text{m}$ 。会议厅的平剖面见图4所示。

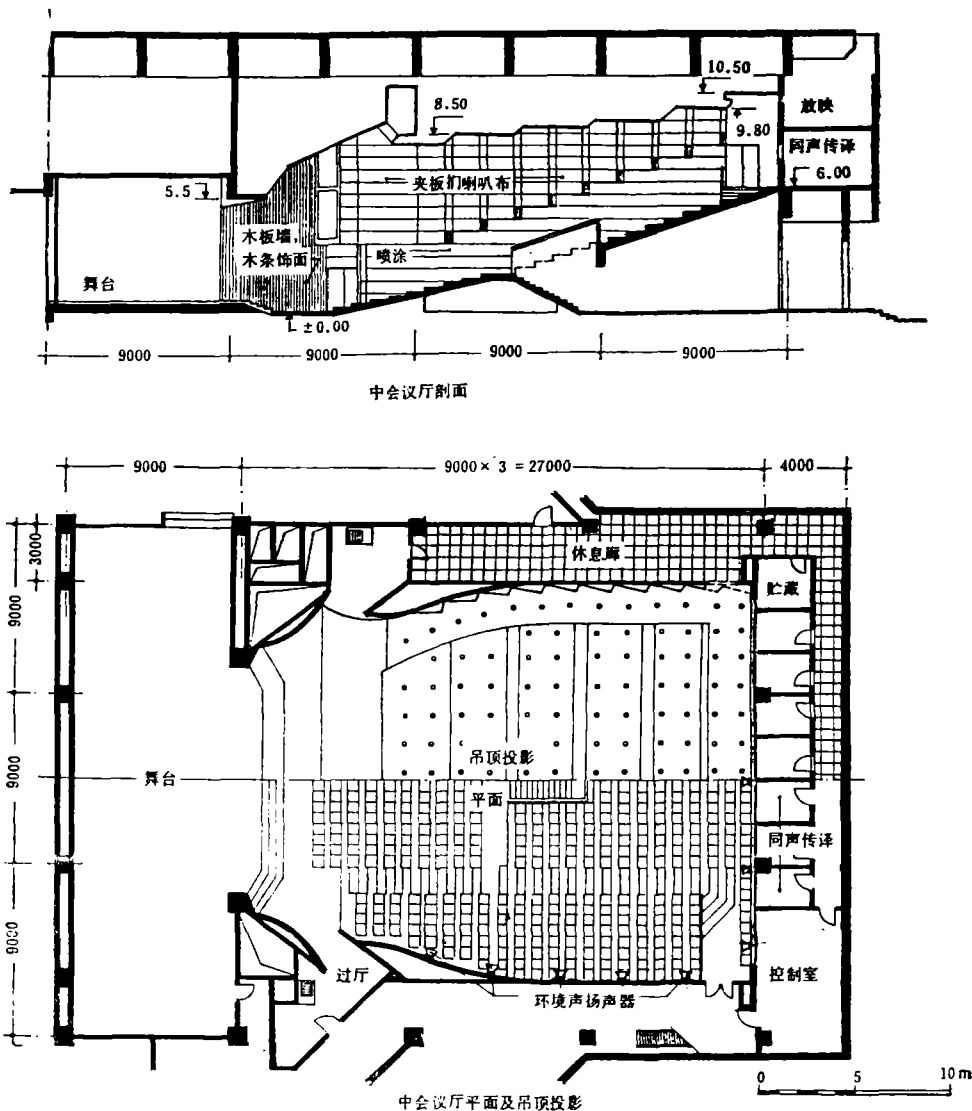


图4 北京国际会议大厦中会议厅平、剖面

由于放映立体声电影，对大厅的音质要求高于会议厅。因此，该厅按放映立体声电影确定其声学指标：

频率 (Hz)	125	500	2000
混响时间 (s)	0.70	0.60	0.60
声场不均匀度 (dB)	$\pm 2.5$	$\pm 3.0$	$\pm 3.0$
噪声级 (dBA)	$< 30$		

无音质缺陷。

根据上述声学要求，对大厅作如下的声学处理：

台口两侧为木板弧形反射面，木条饰面；侧墙和后墙在木基层板上铺海绵，外扞织物，用以控制低频混响；顶部为矿棉吸声板，地面满铺地毯，652个进口织物软座等作为控制中、高频混响。

大厅的起坡很大，前排地面与最后排的高差达 6m，这样可确保直达声不被观众掠射吸收；台口、侧墙和吊顶的形式是根据声场均匀分布和防止平行墙面间的颤动回声设计的，同时也为小型文艺节目自然声演出创造条件。

为满足国际会议的需要，观众厅内设有 6 种语言的无线同声传译系统，以及报告时投影显示设备。

为放映六声道立体声电影，在厅内周墙设有 15 个环境声扬声器，台上设左、中、右三组扬声器。厅内语言扩声系统的扬声器组配置在台口上部。两侧离台 400mm 有拉方位感的小功率扬声器组。

放映机房、声控室和同声传译室均配置在大厅的后部。用反光玻璃隔断。

中会议厅讲台很小，原为木地板，且台的左侧与休息厅联通。在第一次调试中，发现台有

回声，台上混响衰减曲线在前 20dB 衰减很快，以后延续很长，使扩声系统不能正常发挥其功效。对此，作了如下修改：

- (1) 在木地板台面上满铺 6mm 羊毛地毯；
- (2) 台口周围全部外包阻燃织物，木条饰面；
- (3) 将左侧台与休息厅用石膏板墙隔离，留 1/3 出入口设帐帘。

通过以上处理，使上述缺陷得以解决。

### 3. 阶梯会议室

阶梯会议室主要为学术报告使用的房间。容纳 170 名听众，有效容积 470m<sup>3</sup>，总表面积 460m<sup>2</sup>。

会议室为矩形平面，纵向长 15m，宽 11.4m，平均高度为 2.9m。两侧入口设双道隔声门。会议室的平、剖面见图 5 所示。

会议室内的声学处理是按强吸声短混响设

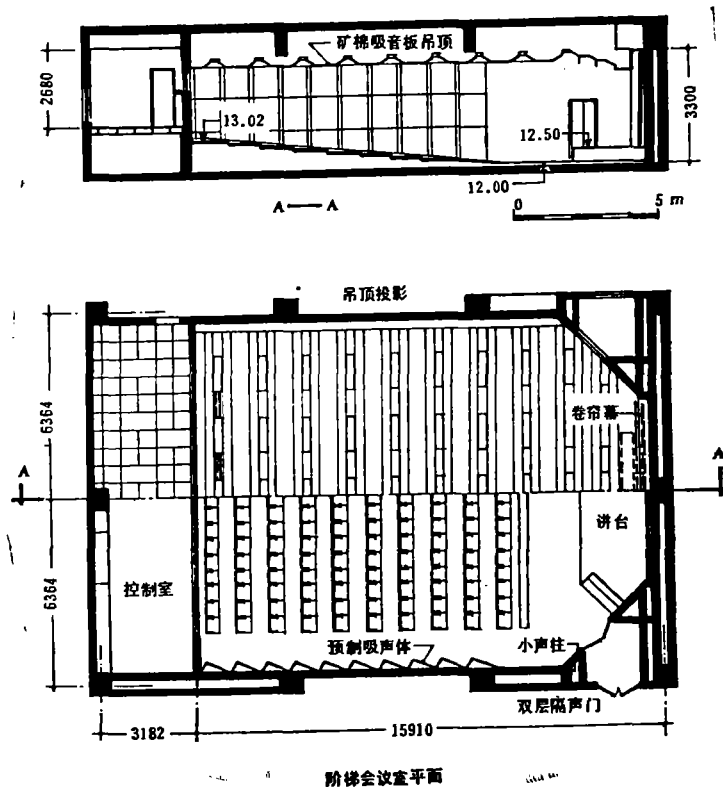


图 5 阶梯会议室平、剖面图

计的：混响时间控制在 0.5s 范围内。室内吊顶为矿棉吸声板；台口前的吊顶和墙面为石膏板

喷涂料；侧墙为锯齿形仿羊皮面，内填泡沫塑料，这一方面为控制混响的需要，另一方面，作

为防止平行墙面间产生回声的措施；后墙除通长的观察窗外，也采用同样的做法；地面满铺地毯。

室内扩声系统的扬声器组配置在台口两侧的倾斜面上。

室内每座的容积小，仅为  $2.8\text{m}^3$ ；地面起坡大，因而，即使不用扩声系统，在讲台上用通常力度讲话时，全室也能有足够的响度和良好的清晰度。

#### 4. 高级会议室

高级会议室供会议主席团使用，亚运会期间供组委会专用。设有 6 种语言的同声传译、即席发言和选举表决显示系统，并设有单独的休息(议事)室。供 50 名代表使用，有效容积为  $436\text{m}^3$ 。

会议室平面为正方形，平面尺寸为  $11.4\text{m} \times 11.4\text{m}$ ，平均高  $3.3\text{m}$ 。会议室的平、剖面见图 6 所示。

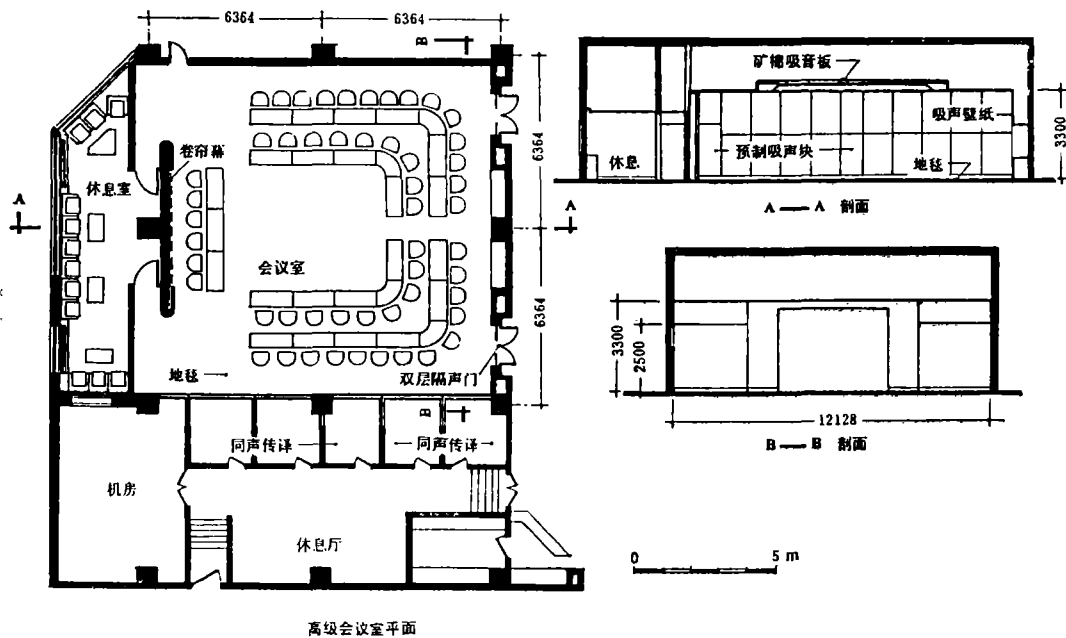


图 6 高级会议室的平、剖面图

会议室的设计混响时间为  $0.5\text{s}$ ；因此，内装修同样采用强吸声处理，同时也是防止正方形平面产生明显驻波的措施。室内侧墙用织物包泡沫塑料；部分墙面用吸声壁纸；地面满铺羊毛地毯。50 个高靠背皮转椅。

主席台后设卷帘屏幕和电动帐帘。

进入会议室的门采用双层隔声门，其中一道为推拉门。

会议室内空调系统都经消声、减振处理。

#### 5. 同声传译室

会议大厦内的大会议厅，中会议厅和高级会议室均设有同声传译室。对同声传译室的声学设计指标如下：

频率 (Hz)	125	500	2000
混响时间 (s)	0.50	0.40	0.40
室内噪声级 (dBA)	< 35		

传译室之间的隔声量应  $>40\text{dB}$  (隔声指数  $I_a$ )；传译室与会议室之间的隔声量应  $>35\text{dB}$  (隔声指数  $I_a$ )。

同声传译室按规定为  $2.0\text{m} \times 2.4\text{m} \times 2.5\text{m}$ ，容积  $12\text{m}^3$ 。内装修墙面均为织物包海绵，满铺地毯，矿棉吸声板吊顶。隔断墙为双层石膏板，中间填  $50\text{mm}$  厚岩棉的轻结构；双层  $6\text{mm}$  玻璃隔声窗。为了防止传译室间通过风管相互串音，设有专门的消声装置。

### 三、声学测定和调试

北京国际会议大厦于1989年5月建成,并交付试用。在这期间曾进行了声学测定和试用,通过测定和第十四届国际采矿会议的使用,发现大会议厅和中会议厅有音质缺陷:

1. 大会议厅台口上、下和两侧有回声,使台上传声器引起声反馈;同时,因舞台与大空间侧台、休息厅相联通,使250Hz混响衰减曲线成折线,后期衰减很长,从而影响扩声系统的传声增益和电影还原的真实度;

2. 中会议厅也有类似的问题,台口柱面有颤动回声;舞台一侧与休息厅联通而使舞台混响时间偏长,引起扩声系统的声反馈。

针对上述发现的问题,进行了声学处理:

在大会议厅的台口两侧配置织物吸声材料,同时将大空间的侧台与舞台用隔墙分隔,仅留必要的出入口;

中会议厅同样在台口框表面配置吸声材料,原木地板台面满铺地毯,同时将舞台一侧与休息厅之间设局部隔断和帐帘。

经上述处理后,音质缺陷消除。

所有四个会议厅、室的声学测定结果见表3所示。

由表3测定结果可见,各项声学指标均达到了设计要求。经亚运会组委会和数十次国际会议的使用表明,大、中、小会议厅的音质良好,得到与会者的一致好评。唯一存在的问题是多功能厅的活动隔断,其隔声量未能达到预定的40dB要求,致使原设计分隔成三个小会议室后,仅能同时使用二个。

表3 四个会议厅、室声学测定结果

会议厅名称	测定项目	频率 (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
(1) 大会议厅	· 混响时间 (s) 空场	1.80	1.70	1.68	1.45	1.35	1.18
	· 混响时间 (s) 满场	1.56	1.44	1.37	1.20	1.10	1.00
	· 声场不均匀度 (dB)	±2.8		±2.9		±3.5	
	· 频率响应 (dB)	7.3		8.6		8.2	
	· 噪声级 (30dBA)	41.0	35.0	30.0	27.0	22.0	19.0
(2) 中会议厅	· 混响时间 (s) 第一次 空场	1.10	1.06	0.85	0.76	0.70	0.64
	· 混响时间 (s) 第二次 空场	0.93	0.83	0.78	0.59	0.66	0.60
	· 混响时间 (s) 满场	0.71	0.62	0.60	0.50	0.52	0.48
	· 声场不均匀度 (dB)	±3.0		±2.3		±2.3	
	· 噪声级 (dBA)			32			
(3) 阶梯会议室	· 混响时间 (s) 空场	0.72	0.61	0.55	0.60	0.61	0.63
	· 混响时间 (s) 满场	0.63	0.54	0.47	0.49	0.47	0.49
	· 声场不均匀度 (dB)	±2.3		±3.5		±4.0	
	· 噪声级 (dBA)			33.0			
(4) 高级会议室	· 混响时间 (s) 空场	0.60	0.55	0.45	0.52	0.58	0.58
	· 混响时间 (s) 满场	0.57	0.53	0.43	0.49	0.53	0.53
	· 声场不均匀度 (dB)	±1.75		±2.3		±3.5	
	· 噪声级 (32dBA)	43.0	40.0	30.0	27.0	20.0	15.5
(5) 同声传译室	· 混响时间 (s)	0.47		0.40		0.39	
	· 声场不均匀度 (dB)	±3.5		±2.5		±2.5	
	· 噪声级 (dBA)			31.0			
	· 传译室隔墙						
	· 传译室双层玻璃窗						
		空气声隔声指数 $I_a = 44\text{dB}$					
		空气声隔声指数 $I_a = 38\text{dB}$					