

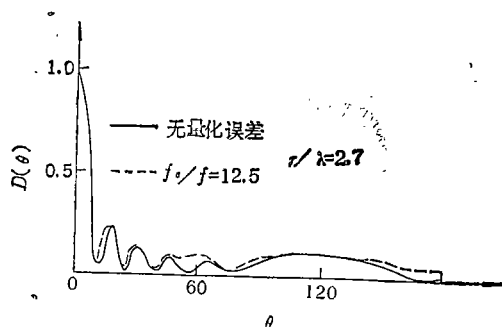


图 8 时间量化对指向性的影响

表 4 时间量化对主瓣响应的影响

t_s/f	主瓣响应
∞	10.0928
2.5	10.0580
12.5	10.0201
6.25	9.9803

12.5 是足够的。图 8 是一个具体的计算结果。

五、结 论

数字式多分层多波束系统的指向性与模拟

系统存在着一定的差异。分析造成这种差异的原因,对于声呐系统的计算来说是重要的。系统的计算机模拟可以在短期内对某些参量的选取作出决定。

作者感谢梁祖威、任浩同志在整个系统模拟期间所给予的大力支持。

参 考 文 献

- [1] W. C. Knight et al., Proc. IEEE Vol. 69, 1981, 1451—1506.
- [2] P. Skitzki, Electronic Progress, Vol. XV1, 1974, 20—37.
- [3] T. E. Curtis and R. J. Ward, IEE Proc., Vol. 127, 1980, Pt F 257—265.
- [4] V. C. Anderson, J. Acous. Soc. Am., 32(1960), 687—870.
- [5] P. Rudnick, J. Acous. Soc. Am., 32(1960), 871—877.
- [6] R. G. Pridham and R. A. Mucci, Proc. IEEE Vol. 67, 1979.
- [7] P. Rudnick, J. Acous. Soc. Am., 46(1969).
- [8] G. M. Byram et al., Proc. of NATO Advanced Stydy Inst. on Signal Processing, Reidal, 1973.
- [9] 李启虎, 电子学报, 4(1980).

室内手枪靶场的噪声控制

项端祈 高鸿印

(北京市建筑设计院研究所)

1985 年 4 月 11 日收到

室内手枪靶场噪声控制的目的是: 1. 保护射击运动员的健康, 防止听力损伤; 2. 降低射击练习时强噪声的作用时间, 避免过早出现疲劳; 3. 为教练员、裁判员和观众创造一个都能接受的声环境。

为了有效地控制噪声, 采用强吸声、价廉, 且具有装饰效果的宽频带吸声结构、多种亥姆霍兹共振吸声器和盘式空间吸声体, 为防止毗邻靶位间噪声干扰设置了可转动的声屏障, 取得了成效: 在练习时, 运动员接受到的枪声低于 100dBA; 观众厅内最大声级低于 90dBA; 厅内空场和满场混响时间分别为 1.0s 和 0.7s, 混响声的降低量 $\Delta L = 8.2\text{dB}$ 。

在近两年的使用中, 得到了运动员、教练员的好评, 为我国射击运动员在奥运会上取得优异的成绩, 起到积极的作用。

一、概 述

1983年建成的现代化室内手枪靶场是作为

手枪练习和国内、国际比赛之用。靶场有效容积为 5230m³, 总表面积 3029m²。吸声处理面积为 832m², 约占总表面积的 27.5%。

室内手枪靶场由靶位、观众厅与电动人像

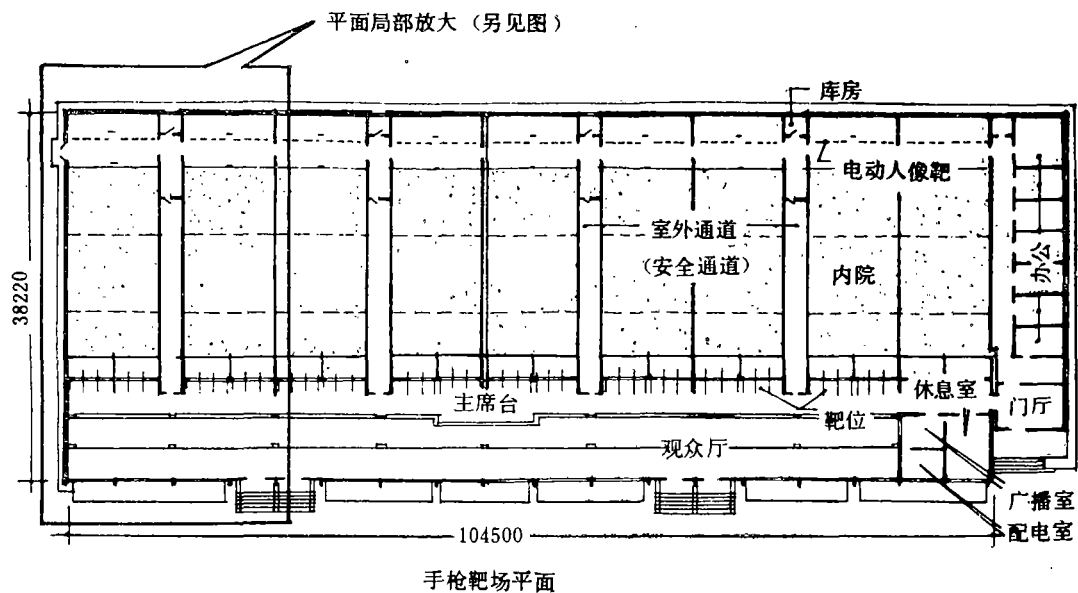


图1 室内手枪靶场平面图

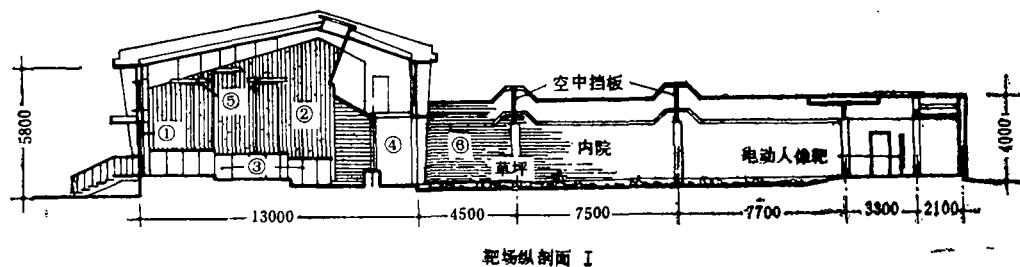
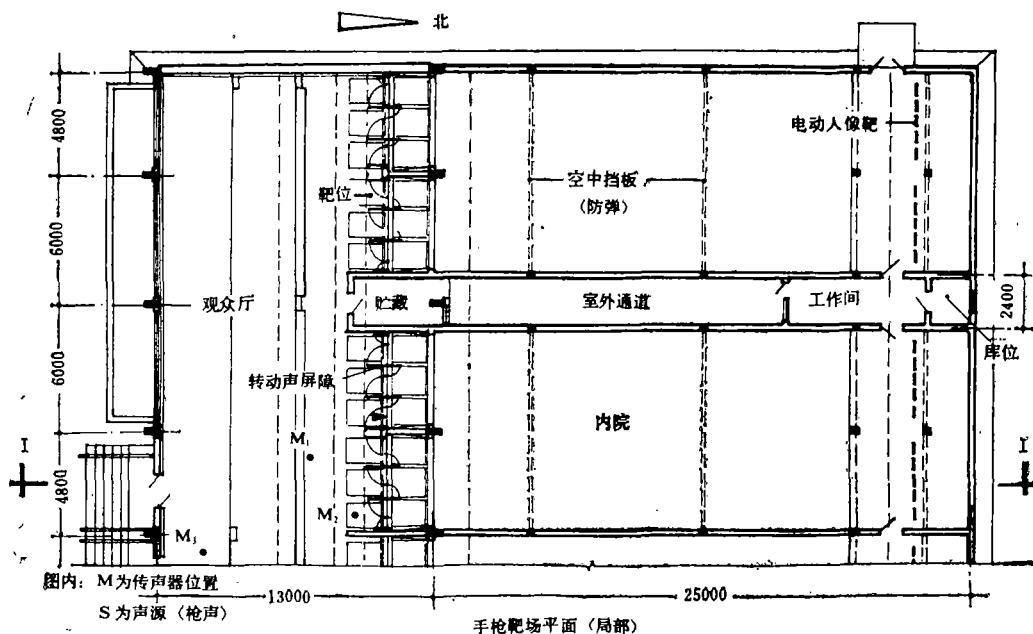


图2 室内手枪靶场局部平面及剖面 (图内①②③④⑤⑥为吸声结构的配置)

靶,通过室外(安全)通道构成一体,另设办公、休息、广播等辅助用房。靶场的平、剖面见图1,图2。

手枪靶场噪声控制的主要任务是降低手枪射击时的直达声、混响声和消除回声。因为过高的噪声将损伤运动员的听力;枪声延续过长会加长强噪声对运动员的作用时间,从而过早出现疲劳而影响练习和降低成绩。同时,也会影响运动员的健康。

对于教练员、裁判员和观众来说,也需要有一个都能接受的、噪声较低的环境。为此,对手枪靶场作了噪声控制的设计,并以降低投资、减少吸声处理面积和取得良好的室内艺术效果为准则。

竣工后的声学测定和近两年来的使用表明,达到了预期的要求,运动员、教练员、裁判和观众们都曾给予较高的评价。

二、手枪噪声产生的机理^[1]和控制要求

手枪射击时产生的噪声属于典型的脉冲噪声。它主要由以下几部分组成

1. 弹头出口的瞬间,从膛内向外喷射的高温、高压和高速的大量火药气体,冲击枪口前的空气,使之产生剧烈扰动而形成巨大噪声。

2. 当弹头速度接近或超过声速时,弹头表面出现弹道波,弹道波的突然形成使空气剧烈扰动而引起的噪声。

3. 弹头在膛内挤出空气柱到枪口外形成球面波而产生的噪声。

4. 金属另件相互撞击、以及未燃完的火药气体在枪口外二次爆燃所发生的噪声等。

以上几种噪声中,最主要的是第1种,即火药气体出枪口后形成的爆炸声。

为了有效地控制噪声^{*1},首先要确定控制噪声的要求。但目前还没有关于枪声-脉冲声的听力保护标准。国际标准化组织(ISO)仅提出工业企业听力保护标准,即每天工作8小时

的容许连续噪声级A声级为90dB,(1971年ISO又提出声级有起伏时,以等效声级 L_{Aeq} 作为评价听力保护标准, $L_{Aeq}=90\text{dB}^{*2}$)时间减半,声级可提高3dB。但在任何情况下不得超过115dB。

对于枪声,在断续约2小时的作用下(运动员平时练习所需时间)应怎样确定允许的噪声标准,还有待研究。迫于工程设计的需要,我们参考了有关听力保护的噪声标准,测定了比赛用手枪的声级,并考虑到控制噪声的可能性,确定了如下的要求。

1. 当手枪射击时,运动员耳边位置的声级不大于105dBA(脉冲声级)。

2. 比赛时,来自毗邻靶位的射击声级应低于105dB(125—4000HZ的平均值)。

3. 降低观众厅的混响声(即枪声延续的时间),混响时间应低于1.0s,噪声减低量 ΔL 不小于6dB。

4. 防止由枪声引起的回声和颤动回声。

由手枪射击时的噪声谱如下

频率(HZ)	125	250	500	1000	2000	4000	平均
脉冲声级(dB)	110	110	117	118	119	120	116

(测定时,传声器离枪口80cm,传声器高1.5m;用2230脉冲声级仪测定,每开一枪测一频率。)

三、噪声控制的措施

为使控制噪声达到预期的目的和要求,采取了如下的措施

1. 降低手枪射击时的直达声

听力保护最有效的措施是降低手枪射击时直达声对运动员的作用。射击运动员在练习时受枪声的干扰最大、作用时间也最长,因此,噪声控制以平常练习时为主,对正式比赛时,仅考虑减低混响声和来自毗邻靶位的噪声干扰。

由于手枪噪声的最高声级出现在枪口附近,因而降低直达声的有效措施是在枪口与射击运动员之间设置既不挡视线(靶),又能隔声

* 1. 降低手枪本身的噪声不属本文范围。

* 2. 目前各国还有争议。

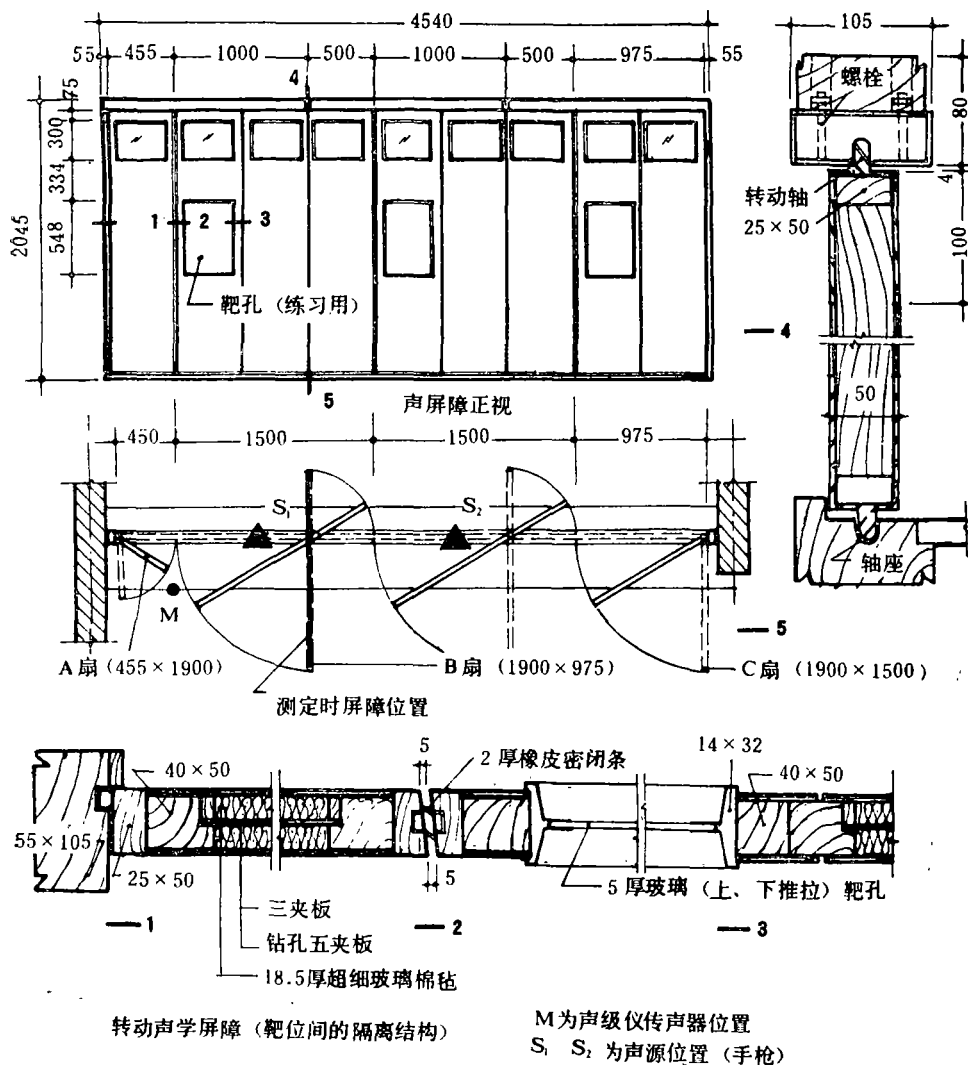


图 3 转动声屏障的构造

的屏障,对此,设计了可以转动的声学屏障,并在屏障的各个靶位上设推、拉(上、下)玻璃射击孔,在练习时,拉开射击孔,使枪口伸出靶孔,这样就有可能降低直达声(枪口至射击运动员耳朵)10—15dB;而当正式比赛时,可将屏障展开,使它成为靶位间的隔离结构,从而使毗邻靶位有约10dB的隔离度。对正在紧张比赛的运动员来说,降低相邻靶位的射击声,有利于集中精力取得良好的成绩。

所设计的声屏障构造及内景分别见图3,图4。

声屏障展开时,相邻靶位的隔离度实测值

应用声学

(空场)如下:

频率(HZ)	125	250	500	1000	2000	4000	平均
隔离度(dB)	19.2	8.5	9.5	7.6	5.8	14.3	10.8

(测定时,每开一枪测一频率,测点位置见图3,测定采用丹麦 B&K 公司仪器 2230+1625,脉冲声档)

2. 混响声的减低

枪声作为典型的脉冲声,声级虽高,而作用的时间很短,如果靶场内混响时间很长,就会延长强噪声对射击运动员的作用时间,伤害听力和健康。因此,降低混响是十分必需的。此外,对教练员和观众创造一个较低噪声的环境也是

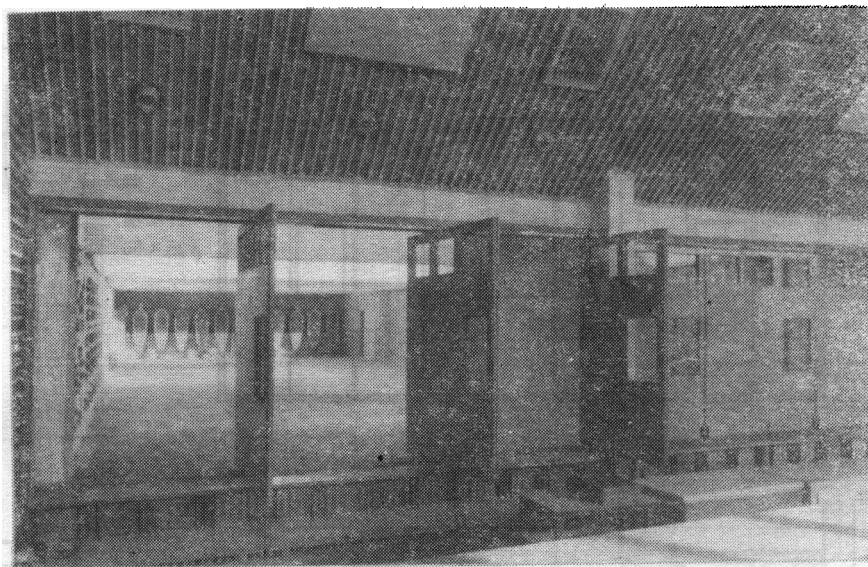


图4 声屏障内景(左侧展开,用于比赛时;右侧闭合,用于练习时)

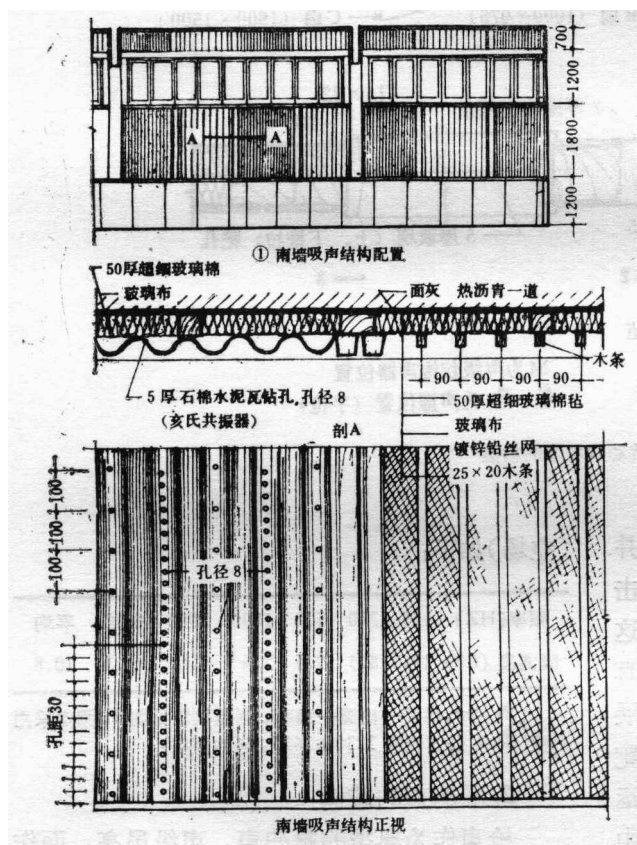


图5 靶场内南墙吸声构造

应该采取的措施。

为了降低混响,无论在靶位附近或观众厅内配置了强吸声的结构(配置见剖面图2),现

分述如下

① 南墙(即靶位后面的墙),采用宽频带的吸声结构,它是由作为亥姆霍兹共振器^[2]的钻孔石棉水泥瓦和50mm厚超细玻璃棉组合而成的吸声结构。共振器的共振频率分别为 $f_0 = 120\text{HZ}$ 和 250HZ ,共振频率 f_0 由下式求得:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{s}{L_k \cdot V}}$$

式中 c 为声速(34000cm/s); s 为钻孔的断面积(cm^2); $L_k = L$ (板厚) $+ 1.57R$ (孔的半径,cm); V 为孔后空腔容积(cm^3),吸声构造见图5。

② 东西墙(靶场尽端墙)采用50mm厚超细玻璃棉毡吸声结构。该结构除了控制混响外,主要为消除可能出现的回声;

③ 靶场内的护墙均采用石棉水泥板钻孔,作为吸收低频的亥姆霍兹共振器,其共振频率 f_0 分别为125HZ和250HZ;

④ 为了控制枪口噪声,在靶孔外的侧墙上和地面,分别采用钻孔石棉板(构造与护墙相同)和砂土地面;上述三种构造见图6所示。

⑤ 为了降低造价,尽可能减少吸声处理面

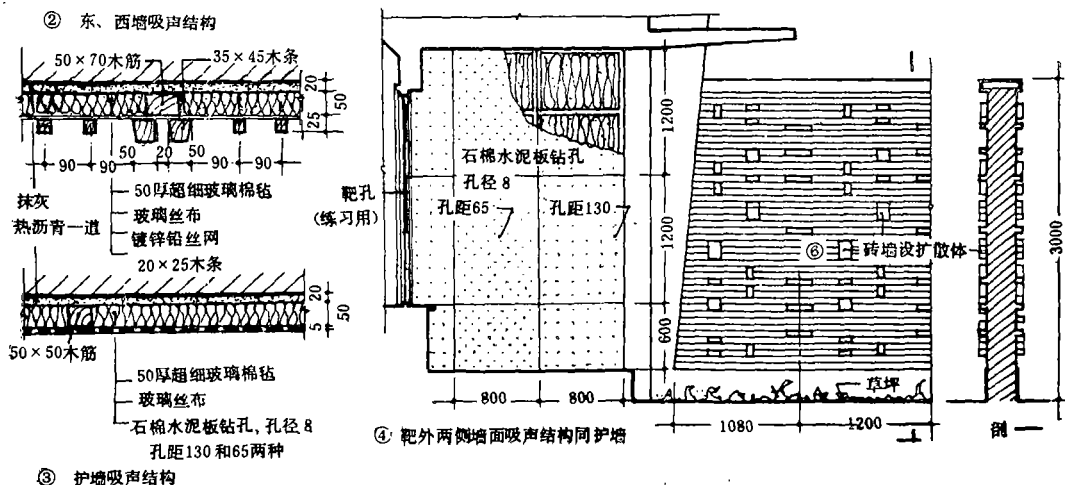


图6 东西墙、护墙和靶孔外侧墙的构造,配置部位见剖面图内的②、③、④

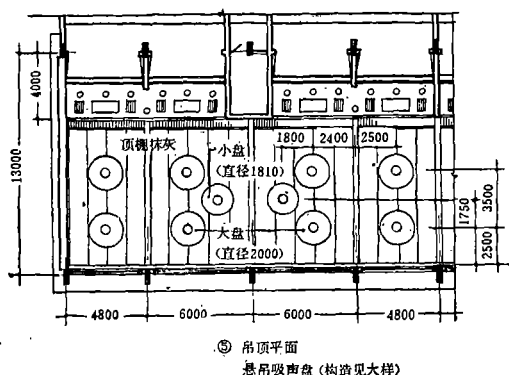


图7 顶部悬吊的吸声盘局部配置平面图

积,同时又要求加强声吸收,故在吊顶下悬吊40个(大盘32个,小盘8个)盘式空间吸声体^[3](局部配置见图7)。

吸声盘由盘面钻孔吸声结构和周圈管状亥姆霍兹共振器所组成,共振频率 $f_0 = 140\text{HZ}$ 。吸声盘的平、剖面见图8。图9为吸声盘的装修效果。

经上述吸声处理后,靶场内实测的混响时间如下:

频率(HZ)	125	250	500	1000	2000	4000	平均
空场混响(s)	0.98	1.07	1.07	1.08	1.05	0.98	1.04
满场混响(s)	0.76	0.82	0.79	0.71	0.62	0.57	0.71

(满场时靶位铺地毯,约250名观众)

应用声学

由上述测定结果表明,混响时间达到了设计要求。相应的噪声(混响声)减低量可按下式求得

$$\Delta L = 10 \log_{10} \frac{T_1}{T_2} = 10 \log_{10} \frac{A_2}{A_1}$$

式中: T_1 , T_2 (s) 和 A_1 , A_2 (m^2) 分别为吸声处理前后的混响时间和吸声量。由上式求得的混响声减低量 ΔL 值如下:

频率(HZ)	125	250	500	1000	2000	4000	平均
空场 ΔL (dB)	8.3	7.9	6.8	5.7	5.0	5.2	6.5
满场 ΔL (dB)	9.4	9.1	8.1	7.5	7.3	7.5	8.2

3. 靶孔外的噪声减低

枪弹从枪口射出至电动人像靶要经过25m的距离,为了减低枪口噪声和回声,(包括院内两侧墙的颤动回声)采取了如下的措施:

(1) 除了在枪口附近作吸声处理外,在院内种植草坪。

(2) 院内两侧墙设扩散体(见图6)并种植“爬山虎”。

(3) 靶的后墙作吸声处理(50mm厚超细棉毡)。

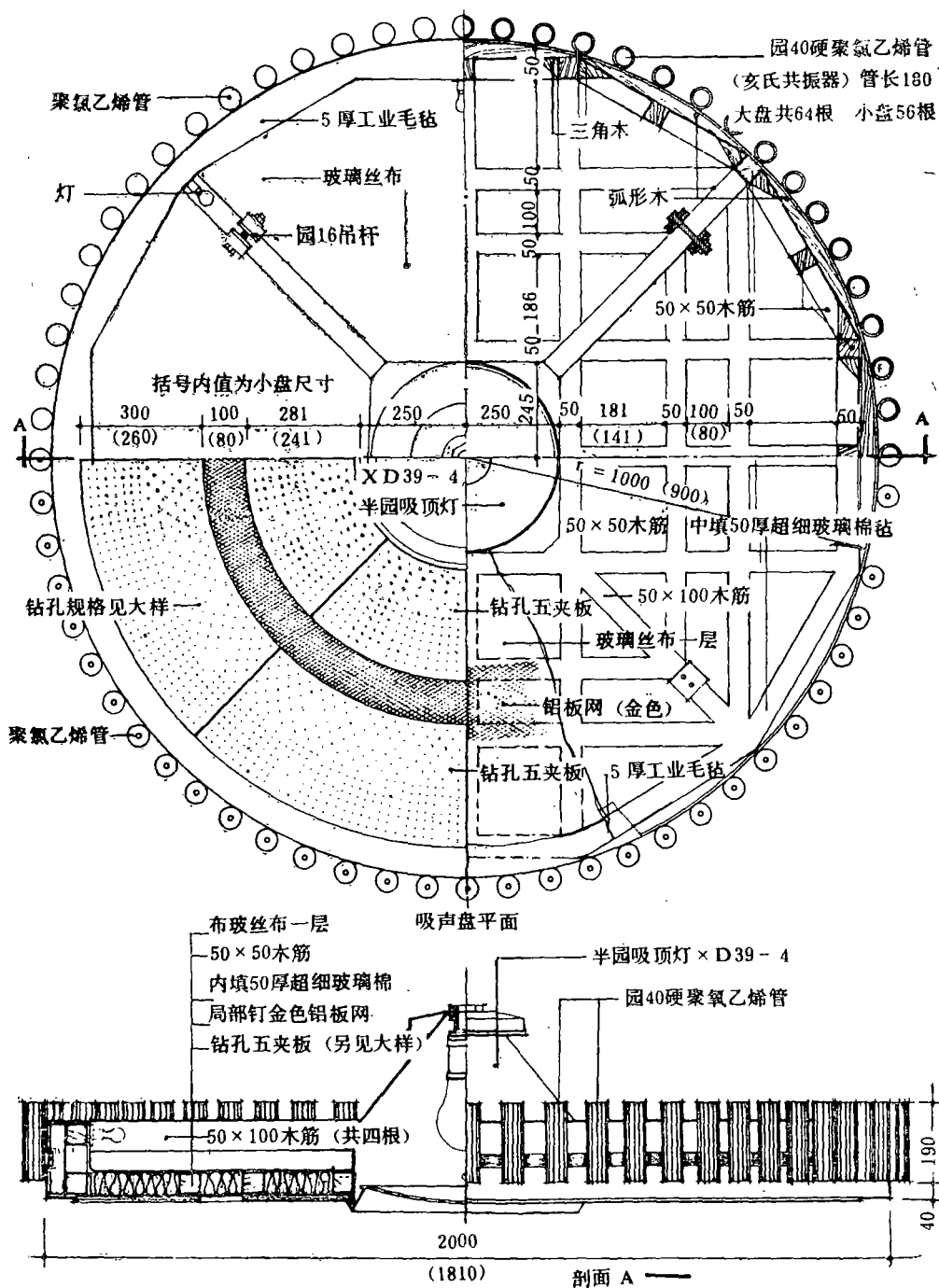


图 8 悬挂吸声盘的平、剖面

四、声学测定和评价

室内手枪靶场建成后,曾进行了声学测定,其结果简述如下:

1. 练习时,声屏障关闭,打开射击孔,这时离枪口 80cm (相当于枪口离人耳的距离)的声级为 98.5—100dBA (脉冲声级)。

2. 比赛时,声屏障展开,靶位间的隔离度,即声级差为 10.8dB (6 个频率的平均值);来自

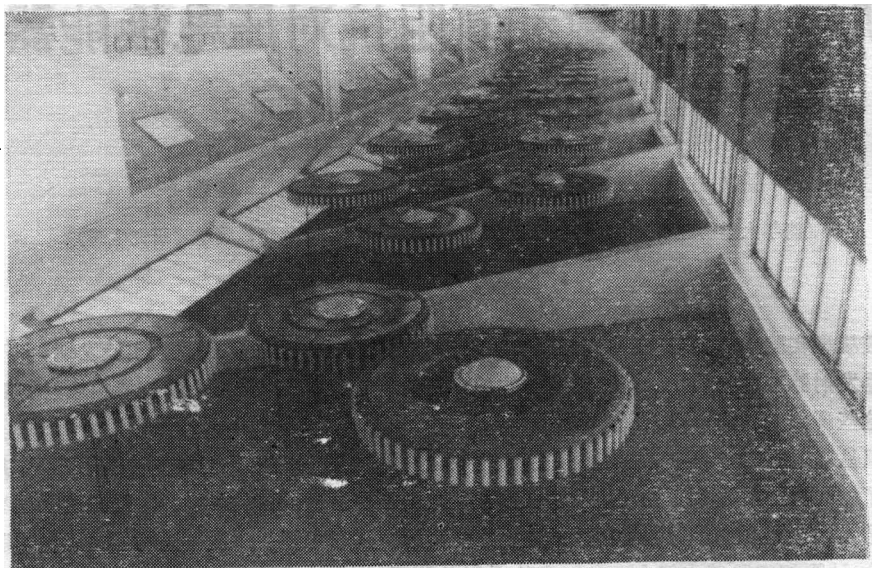


图9 吸声盘的装修效果

毗邻靶位的声级在空场时小于 105dB；满场时约为 100dB（推算值）。

3. 观众厅内混响时间，分别为 1.04s（空场）和 0.71s，噪声减低量 $\Delta L = 6.5\text{dB}$ （空场）和 8.2dB（满场）。

4. 靶场内和院内无明显回声和颤动回声。由上述测定结果可见，达到了预期的要求。

对于靶场的噪声评价，没有按传统的统计方法进行，而是采取工程竣工后听取使用者反映的方法。靶场竣工至今已近两年，我国手枪射击运动员曾为参加23届奥运会在这里进行过长期的练习和各种比赛。据运动员和教练员们反映：该靶场噪声与国内、外同类靶场相比是较低的，比洛杉矶奥运会靶场低很多；没有因噪声而影响运动员的健康和听力^{*1}；在观众厅内

的枪声不构成威胁，或使人难以忍受；没有使人厌烦的回声。总之，对靶场的噪声控制一致认为满意的，并给予较高的评价。

除笔者外，参加声学测量的还有陈金京、王峰和葛砚刚同志；中国射击队的同志们为测量创造了各种有利条件，笔者谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] R. W. Stephens and A. E. Bate, Acoustic and Vibration Physics, Edward Arnold Ltd., London, 1966.
- [2] 马大猷, 沈喆, 声学手册, 科学出版社, 1983.
- [3] 车世光, 空间吸声体的吸声特性及其应用, 工人出版社, 1981.

* 1. 运动员的自我感觉, 而不是测听试验的结果。

（上接第 34 页）

耦合系数 k_{33} 和复阻抗对厚度模压电换能器辐射声脉冲波形的影响较大。文中给出的公式和计算结果，以及对实验的分析讨论对设计和应用厚度模压电换能器有一定的参考意义。

本工作得到清华大学声学研究室诸国桢研究员和科学院声学研究所李明轩副研究员的帮助，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 应崇福, 李明轩等, 声学学报, 4(1980), 249.
- [2] P. 拉丰尔森等, 石油物探译丛, 6(1983), 74.
- [3] M. Redwood, Applied Materials Research, 2-2 (1963), 76.
- [4] L. E. Kinsler, Fundamentals of Acoustics, Second Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York. London, 1962, 179.
- [5] C. S. Desilets, J. D. Fraser and G. S. Kino, IEEE Transaction Sonics and Ultrasonics, 25-3 (1978), 115.
- [6] C. H. Chou, IEEE 1980 Ultrasonics Symposium Proc., 984.