



[12] 实用新型专利说明书

[21] ZL 专利号 200420025620.2

[45] 授权公告日 2005 年 3 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 2684218Y

[22] 申请日 2004.3.23

[21] 申请号 200420025620.2

[73] 专利权人 中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街 188 号

[72] 设计人 张振超 崔向群 王 佑 李新南

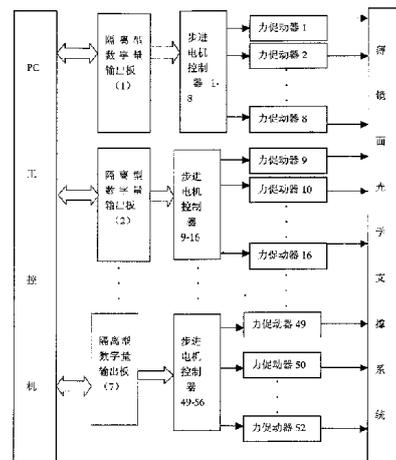
[74] 专利代理机构 南京知识律师事务所
代理人 栗仲平

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 2 页

[54] 实用新型名称 高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑控制装置

[57] 摘要

高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑控制装置，设有承重台面，另外设有光学检测系统，其特征在于：在承重台面上设有若干镜面支撑器，所述的支撑器由固定支撑器和作为主动支撑的力促动器构成，其中固定支撑器不少于三支，所述的力促动器上设有步进电机，光学检测系统的输出接计算机，计算机通过驱动器接步进电机。优化方案是在计算机与步进电机驱动器之间，设置有若干数字输出控制接口卡，计算机的输出分别接各数字输出控制接口卡，数字输出控制接口卡再分别接各个步进电机驱动器。本实用新型可以动态的、边磨制边检测、边调整支撑体系，随时防止镜面材料在磨制过程中产生形变，控制精度可以达到万分之五，均方根值 $\leq 50\text{mN}$ 。



ISSN 1008-4274

1、一种高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑控制装置，设有承重台面，另外设有光学检测系统，其特征在于：在承重台面上设有若干镜面支撑器，所述的支撑器由固定支撑器和作为主动支撑的力促动器构成，其中固定支撑器不少于三支，所述的力促动器上设有步进电机，光学检测系统的输出接计算机，计算机通过驱动器接步进电机。

2、按照权利要求 1 所述的高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑装置，其特征在于：在计算机与步进电机驱动器之间，设置有若干数字输出控制接口卡，计算机的输出分别接各数字输出控制接口卡，数字输出控制接口卡再分别接各个步进电机驱动器。

3、按照权利要求 1 或 2 所述的高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑装置，其特征在于：所述的力促动器，是定标为加力的范围 $\pm 30\text{N}$ 的力促动器。

高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑控制装置

技术领域

本实用新型涉及一种加工制作天文望远镜的设备，特别是一种高精度大口径天文望远镜镜面磨制的主动支撑控制装置。

背景技术

传统的天文望远镜镜面磨制工作是采用被动支撑，或称为静态支撑，即把镜面材料（光学玻璃）放置在承重台上，用机械磨制。磨制中需要另外用检测设备不断对镜面进行检测。传统镜面一般材料的厚度较大，其刚性足以克服外力造成的材料形变。而现代天文望远镜的发展趋势是采用大口径薄镜面。大口径薄镜面的天文望远镜具有口径大、自重轻等很多优势，但是由于这种大口径薄镜面的材料厚度薄，抗形变的能力很差，磨制过程中的加工机械会使镜面材料变形，这种变形会严重影响镜面的加工精度。镜面被加工磨制的同时，加工设备中的光学检测系统，不断对镜面进行检测，人们再根据检测结果调整磨制工作，以消除形变。但是这种形变是动态的、随着加工步骤不断变化的，所以在传统的被动支撑的基础上，很难采用对应的技术措施来及时消除或对抗镜面的变形现象。如何克服大口径薄镜面材料在磨制过程中的材料形变，能控制磨镜机磨制出满足现代大型天文望远镜要求的薄镜面的技术是一个重大难题。

01113668.5号中国发明专利公开了一种“大型天文望远镜镜面位移控制系统”；01113669.3号中国发明专利公开了“大型天文望远镜中力促动器的电控系统”，虽然该技术属于天文观测控制领域，不属望远镜加工制造技术上需要的薄镜面控制技术，但对解决上述难题有着积极的借鉴作用。

发明内容

本实用新型的目的在于提供一种高精度大口径天文望远镜镜面磨制的主动支撑控制装置，该装置将传统的被动支撑改为主动支撑，同时把支撑与检测结合在一起，使用这种装置磨制大口径薄镜面，就可以动态的、边磨制边检测、边调整支撑体系，随时防止镜面材料在磨制过程中产生形变，以保证大口径薄镜面天文望远镜的制造精度。

完成上述发明任务的方案是：高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑控制装置，设有承重台面，另外设有光学检测系统，其特征在于：在承重台面上设有若干镜面支撑器，所述的支撑器由固定支撑器和主动支撑（以下称之为：力促动器）构成，其中固定支撑器不少于三支，所述的力促动器上设有步进电机，光学检测系统的输出接计算机，计算机通过驱动器接步进电机。

镜面在磨制中产生形变时，光学检测系统随时检测到形变产生的部位及其大小，并随时将检测结果传输给计算机，计算机通过控制接口控制步进电机驱动器，再由步进电机驱动器分别控制力促动器加（拉）力，以此对抗或消除镜面的形变。

本实用新型有以下优化方案：

在计算机与步进电机驱动器之间，设置有若干数字输出控制接口卡，计算机的输出分别接各数字输出控制接口卡，数字输出控制接口卡再分别接各个步进电机驱动器。优化方案增加了计算机的输出通道，使主控计算机对所有力促动器的控制可以同步进行，不必再采用分时控制技术。例如：在主动支撑装置中采用七块数字输出控制接口卡，每块数字输出控制接口卡的数字量输出为 32 个通道，七块数字输出控制接口卡的数字量输出为 224 个通道。其中一套力促动器使用四个数据通道。即最多可以控制 56 套力促动器运行，可以满足目前高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制过程中检测与调整支撑的需要。

本实用新型的另一个优化方案是：所述的力促动器，是加力范围定标为 $\pm 30\text{N}$ 的力促动器。即在安装前，力促动器先使用了力传感器作为加（拉）力

闭环控制的反馈器件，逐套促动器进行分别定标。对标定的要求 52 套促动器中的任一套的加力的范围为 $\pm 30\text{N}$ 。

本实用新型将天文望远镜薄镜面磨制的被动支撑，改为多点动态支撑，并将单纯的固定支撑，改为支撑与检测一体化，可以动态的、边磨制边检测、边调整支撑体系，随时防止镜面材料在磨制过程中产生形变，以保证大口径薄镜面天文望远镜的制造精度。同时，本实用新型的控制系统将支撑系统的开环控制与光学检测系统联系在一起，构成闭环控制系统，可以很好地完成控制任务。结合软件的设计，计算机对主动支撑的控制精度可以达到万分之五，均方根值 $\leq 50\text{mN}$ 。

附图说明

图 1 为本实用新型电原理框图；

图 2 为控制软件示意图；

图 3 为力促动器分布示意图。

具体实施方式

实施例 1，国家自然科学基金重点项目，高精度大口径天文镜面磨制技术是为我国建造大型天文光学望远镜的需要而开展的研究课题，其中首次采用高精度大口径天文望远镜薄镜面磨制的主动支撑装置，薄镜面光学检测系统镜的直径为：1035mm，厚度为：25mm，在这块镜子的背面放置 55 套促动器；其中 3 套为固定支撑和 52 套力促动器。力促动器上设有步进电机，光学检测系统的输出接计算机，计算机通过驱动器接步进电机。参照图 1：约定接口地址和相关的控制字寄存器：在主动支撑光学检测电控系统中采用了七块数字输出控制接口卡。每块数字输出控制接口卡的数字量输出为 32 个通道。七块数字输出控制接口卡的数字量输出为 224 个通道。每套力促动器使用四个数据通道。即最多可以控制 56 套力促动器运行。在安装前，力促动器先使用了力传感器作为加（拉）力闭环控制的反馈器件，逐套促动器进行分别定标。对标定的要求 52

套促动器中的任一套的加力的范围为 $\pm 30\text{N}$ 。结合软件的设计，计算机对主动支撑的控制精度可以达到万分之五，均方根值 $\leq 50\text{mN}$ 。其中力促动器控制接口的地址分配和寄存器定义见表 1、表 2:

表 1 力促动器控制接口的地址分配表

序号	A	B	说明
1	280H	B	I/O 接口卡基地址
2	290H	B	I/O 接口卡基地址
3	300H	B	I/O 接口卡基地址
4	310H	B	I/O 接口卡基地址
5	340H	B	I/O 接口卡基地址
6	350H	B	I/O 接口卡基地址
7	360H	B	I/O 接口卡基地址
8	370H	B	备用

其中:B 偏移地址对应的数据寄存器约定为 R_n 。

例如: 当 $A = 300\text{H}$; $B = 02\text{H}$ 时, 即实际物理地址为:

$$A + B = 302\text{H}.$$

约定力促动器控制字寄存器 $R_n(i)$ 。

表 2 $R_0(0)$ 寄存器的定义

7	6	5	4	3	2	1	0
HOLD2	FREE2	U/D2	CP2	HOLD1	FREE1	U/D1	CP1

表 2 中的 0~3 为低半字节, 它是一套力促动器的控制字。

表 2 中的 4~7 为高半字节, 它是另一套力促动器的控制字。

也就是说用一个字节可以控制二套力促动器。

其中：CP1 = “0” 时，为低电平；

CP1 = “1” 时，为高电平。

U/D1 = “0” 时，力促动器逆时针方向运行；

U/D1 = “1” 时，力促动器顺时针方向运行。

FREE1 = “0” 时，力促动器处于脱机状态；

FREE1 = “1” 时，力促动器处于在线状态。

HOLD1 = “0” 时，力促动器处于低压维持状态；

HOLD1 = “1” 时，力促动器处于高压运行或维持状。

其中，高半字节的定义和低半字节相同。

表 2 是 $R_n(i)$ 中的一套力促动器控制字寄存器。根据表 1 和表 2 可知： $i=B$ 为 $0 \sim 3$ ； $R_n(i)$ 力促动器控制字寄存器可表示如下：

$R_0(i), R_1(i) \dots R_7(i)$ 。

以上的 i 的取值都是 $0 \sim 3$ 。

例如：第 k 套力促动器运行、保持或停止时，它所对应的表达式：

$R_n(i) = R_n(f_i(k))$

假定 $k=10$ 时， $R_n(i) = R_1(f_i(10))$

又 $i=B=1$ ；则 $n=1$ ：

它的物理地址是： $A + B = 300H + 01H = 301H$ 。

即控制字寄存器 $R_1(1)$ 为 $R_1(f_1(10))$ 所对应的物理地址是 $301H$ 。其中 $f_1(10)$ 是第 10 套力促动器的控制变量。

表 3 力促动器控制字真值表

HOLD	FREE	U/D	CP	OUT	说 明
0	0	0	0	0	低压逆时针控制低电平
0	0	0	1	1	低压逆时针控制高电平
0	0	1	0	2	低压顺时针控制低电平

0	0	1	1	3	低压顺时针控制高电平
1	0	0	0	8	高压逆时针控制低电平
1	0	0	1	9	高压逆时针控制高电平
1	0	1	0	A	高压顺时针控制低电平
1	0	1	1	B	高压顺时针控制高电平

表 4 力促动器控制状态真值表

HOLD	FREE	U/D	CP	OUT	说 明
0	0	0	0	0	低压逆时针维持
0	0	1	0	2	低压顺时针维持
1	0	0	0	8	高压逆时针维持
1	0	0	1	9	高压顺时针维持
×	1	×	×	F	离线

其中表 4 的离线一栏中对应的控制字为 F，“×”为任意状态。也就是说，离线控制字除了 F 之外，还可以使用：5，6，7，C，D 和 E。

软件控制方法：

根据光学检测后给出的加力数据可以写出控制方程组如下：

$$\bar{Y} = K\bar{X} + \bar{B} \tag{1}$$

其中；

$$\bar{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_{52} \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ & & \dots & \dots \\ k_{m1} & k_{m2} & \dots & k_{mn} \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{52} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\bar{B} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{52} \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中当 $m=n$ 时是预先测的 K 值, 这个值是从 $m=n=1,2,\dots,52$ 以数据文件的方式存在计算机中; 其余 K 值为 0。B 是计算机中存放的促动器的前一次的加力值。X 是从检测中得到的数组。计算机通过解算求出数组 Y 的值, 根据 Y 的值控制促动器运行。

由于本系统是开环控制, 在安装前对 52 套力促动器进行了严格的定标检测; 定标的实验数据如表 5 所示。

表 5 力促动器的定标、检测实验数据

序号	当量	正极限值 KG	负极限值 KG	均方根值 mN	最大误差 mN	备注
1	0.384	6.9039	-6.826	29, 39	105, 117	带保护传感器
2	0.38199	6.76017	-6.9518	48, 52.5	354, 196	带保护传感器
3	0.394	7.095	-7.022	41, 35	161, 143	带保护传感器
4	0.384	6.9066	-6.973	34, 34	120, 116	带保护传感器
5	0.385	6.83825	-6.9458	34.5	132	带保护传感器
6	0.382	6.8999	-6.55519	22, 30	153, 126	带保护传感器
7	0.382	6.8432	-6.863	37, 40	134, 157	带保护传感器
8	0.392	6.9236	-6.9599	44	327	带保护传感器
9	0.386	6.871	-6.947	46, 39	132, 129	带保护传感器
10	0.374	6.752	-6.79	52	336	带保护传感器
11	0.3815	6.796	-6.985	40, 27	1362, 87	带保护传感器
12	0.385	6.7518	-6.7728	31	154	带保护传感器
13	0.380	6.7249	-6.7576	35, 49	103, 154	带保护传感器
14	0.395	7.11	-7.0025	22, 18	99, 113	带保护传感器

15	0.3905	6.9509	-7.0382	53	345 全程	不带保护
16	0.384	6.835	-6.946	41, 38	111, 155	带保护传感器
17	0.384	6.972	-6.926	38, 50.5	163, 220	带保护传感器
18	0.383	6.856	-6.922	48, 57	198, 215	带保护传感器
19	0.379	6.90	-6.708	43, 40	167, 139	带保护传感器
20	0.384	6.5376	-7.382	51	235	带保护传感器
21	0.378	6.841	-6.849	22, 24	94, 88	带保护传感器
22	0.385	6.889	-6.95	43, 48	199, 195	带保护传感器
23	0.381	6.837	-6.745	41, 55	156, 225	带保护传感器
24	0.3913	7.369	-6.752	50, 51	189, 185	带保护传感器
25	0.3839	6.8975	-7.038	31.6, 44.6	124, 184	带保护传感器
26	0.3837	6.8909	-6.9876	58	204	不带保护
27	0.38	6.9004	-6.7178	21	121	带保护传感器
28	0.386	6.942	-6.96	26, 13	139, 45	带保护传感器
29	0.381	6.9533	-6.6729	43, 33	138, 116	带保护传感器
30	0.3813	6.949	-6.8006	19, 22	67, 84	带保护传感器
31	0.383	6.895	-6.934	13, 12	47, 44	带保护传感器
32	0.382	6.89	-6.874	38, 34	160, 156	带保护传感器
33	0.384	6.7688	-6.968	28, 32	112, 106	带保护传感器
34	0.387	6.831	-7.052	36, 27	121, 114	带保护传感器
35	0.3816	6.839	-6.918	29, 24	135, 93	带保护传感器
36	0.375	6.6706	-6.7213	25,43	124,135	带保护传感器
37	0.385	6.932	-6.98	45	171	带保护传感器
38	0.389	7.0782	-6.858	36, 38	125, 158	带保护传感器
39	0.388	6.968	-6.978	46, 36	156, 166	带保护传感器
40	0.395	7.0526	-7.0538	55	207	带保护传感器
41	0.369	6.66	-6.58	41, 27	156, 137	带保护传感器
42	0.40	7.099	-7.111	36, 21	356, 112	带保护传感器
43	0.392	6.791	-7.046	16	88	带保护传感器
44	0.380	6.3618	-7.3367	19	64	带保护传感器
45	0.387	6.944	-6.579	37, 42	110, 123	带保护传感器
46	0.3864	6.9738	-6.557	43,61	133,193	带保护传感器
47	0.380	7.059	-7.3966	48.8	177	带保护传感器
48	0.37	6.6789	-5.888	26.5, 23.7	104, 91	带保护传感器

49	0.389	6.5534	-7.407	25,20	101,86	带保护传感器
50	0.384	6.8112	-6.756	25	87	带保护传感器
51	0.3834	6.854	-6.963	19, 19	87, 137	带保护传感器
52	0.373	6.4921	-6.7659	22	84	带保护传感器

软件编程:

计算机开机后, 首先进行初始化, 使所有的力促动器处于待命状态。然后根据光学系统的要求, 得到该系统一组力促动器的加力值。

计算机通过解算转换成每套力促动器中的步进电机实际要控制的步数和加力的方向。同时控制 52 套力促动器工作。在控制中根据解算, 如果出现超过正(负)限位, 计算机立即报警并停止执行。如果在正常范围内工作, 第 K 套力促动器运行到解算值后, 计算机立即发出低压维持控制命令, 从而使得第 K 套力促动器处于维持状态。

本实用新型不限于以上公开的实施方案, 本实用新型将覆盖在专利权利要求书中所描述的范围, 以及权利要求范围的各种变型和等效变化。

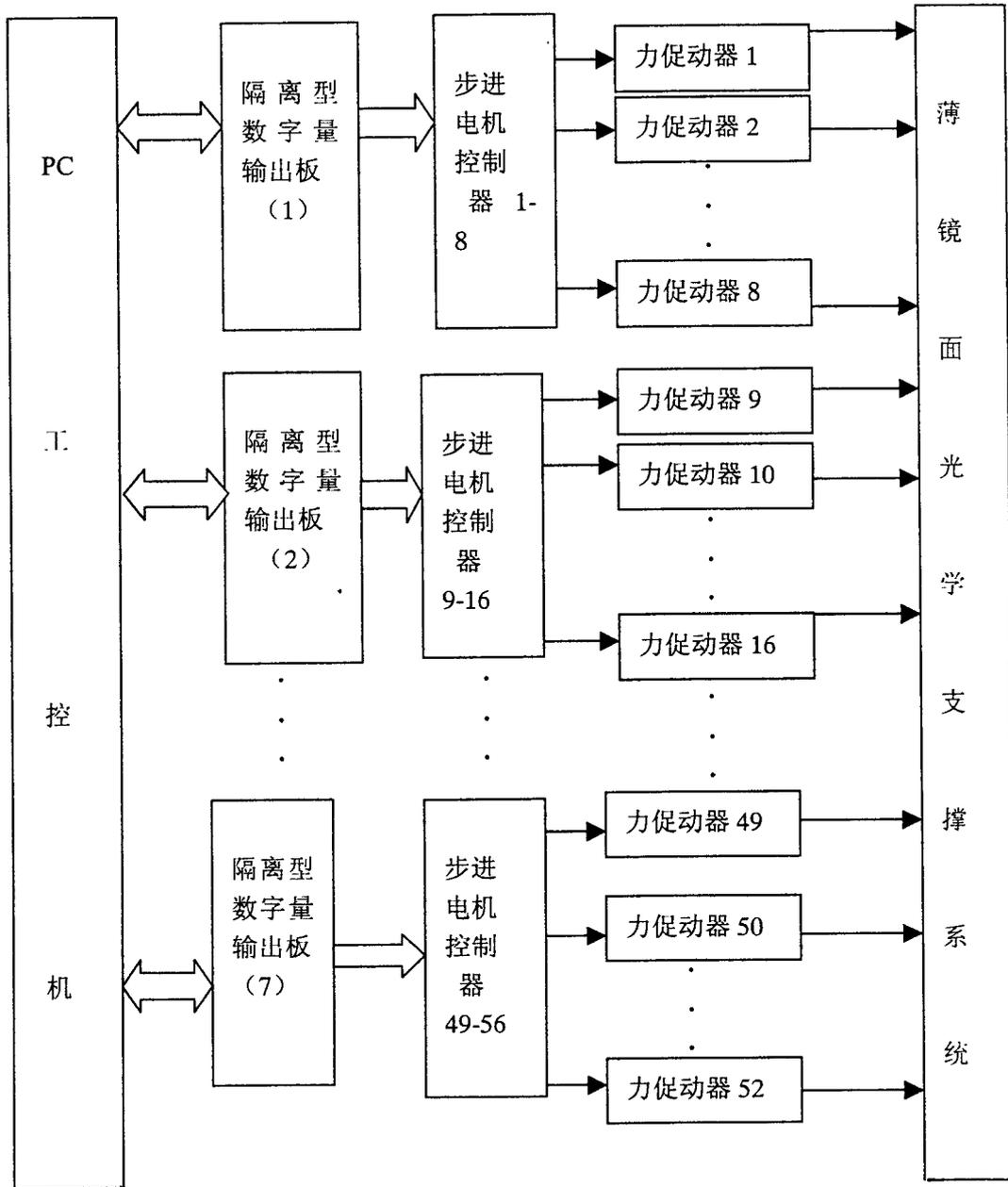


图 1

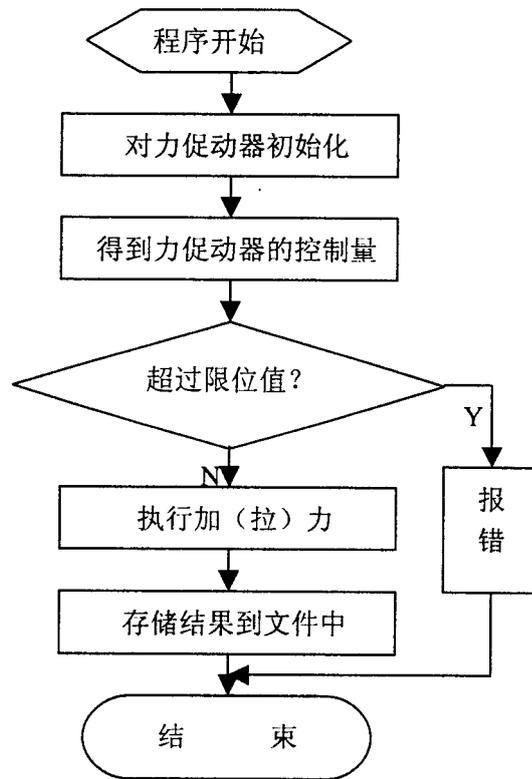


图 2

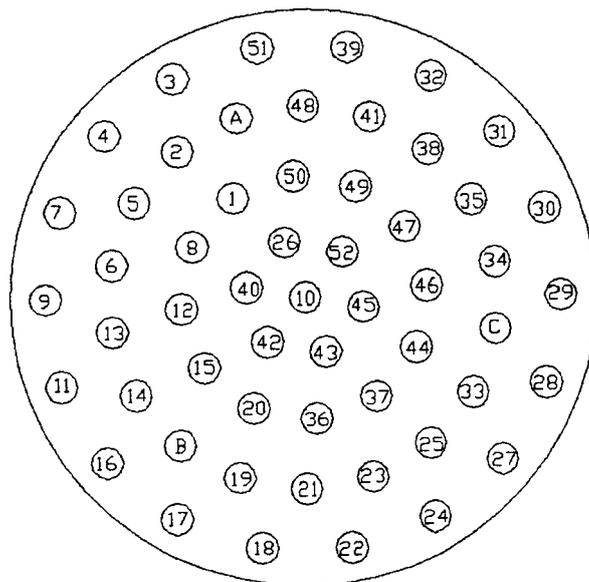


图 3