

# 中型云室技术特点概要\*

张纪淮

(气象科学研究院人工影响天气研究所)

气象科学研究院中型云室已于1985年12月20日通过鉴定,它是我国第一个综合性云室,以研究云雾物理和人工影响天气中的科学技术问题为主要任务。它可着眼于研究人工降水点(包括冰雹和雨滴)增长过程和冷、暖云催化剂,也能研究不同催化方法和扰动对云雾的宏观、微观影响,并模拟部分云物理过程,可作为一个大气化学、大气环境模拟设备为国民经济各部门科研和生产服务。

中型云室由云室主体容器和云雾风洞两部分构成,云室主体容器为高14.8米,内直径3米的不锈钢圆桶,容积约96米<sup>3</sup>(见图1),可单独作为云室使用,亦可作为云雾风洞的雾源发生部分。选取这样一个直径和高度,主要考虑雾的生存时间与容积有较大关系,而壁制冷方式不允许容器直径太大,较大的高度有利于观测质点降落的增长变化。

在云雾物理学科内,最初的分类是以云室能不能控制温度(降温)来区分的,不控制温度的叫暖云室,能降温的叫冷云室。此外也有以雾的发生方法分类的,如膨胀云室、扩散云室、混合云室等。随着科学技术的发展,云室多以其所能控制的参数来表明其特征,如苏联的温、压云室,大气溶胶云室,美国的等温云室等。中型云室设计中考虑了所涉及的温度、压力、湿度、垂直气流、滴谱、背景核六个参数,是一个多功能的综合性云室(见图2)。云室由六个系统组成。

## 1. 温度系统

为了使云室中心温度适应30—45℃的要求,以F-22为制冷剂,以F-30(CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)为载冷剂组成双环冷却系统。F-22系统采用三台8FS-125冷冻压缩机和一台6FW-10冷冻压缩机组成单、双级机组,F-22在干式蒸发器蒸发从而冷却F-30,F-22蒸气再经压缩机加压送入冷凝器被冷却凝结为液体,F-22液体再经膨胀阀进入蒸发器蒸发,如此循环往复产生冷量。F-30是一闭式循环系统。云室主体外有上、中、下三段夹套,夹套内有螺旋状折流板可以起到类似蛇形管的导流作用,用三台屏蔽泵使冷却了的F-30充满夹套并循环拉冷,由于三段夹套均是各有进出口独立调节流量的,可在需要时使云室上下具有一定的温度梯度。

云室温度控制有两个手段,一是根据所需要的温度、热负荷大小,用打单级或双级和能量调节等控制产冷量,从而使F-30在蒸发器出口处的温度保持在某一定值范围。二是根据

\* 本文于1986年1月8日收到,3月8日收到修改稿。

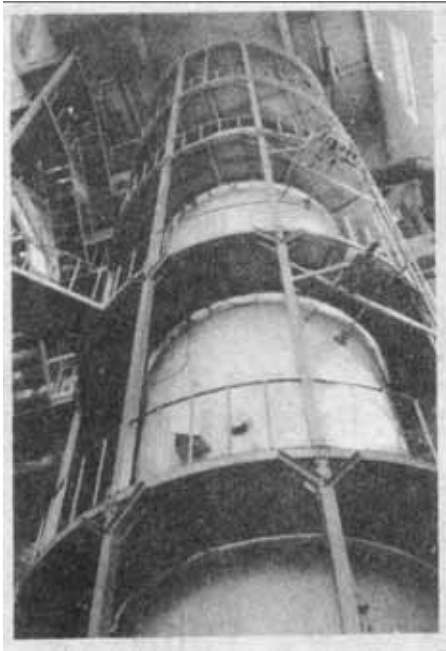


图1 云室立体部分

云室内的温度来控制进入夹套内F-30的流量的旁路分流调节, 主要由它来保证温度控制精度。系统中采用铂电阻作温度传感元件, DDE-II型仪表作调节器和显示仪表。云室内每段沿半径方向均分别设置有7个测点, 三段共21个测点的实测记录表明云室内水平方向温度分布均匀, 打开自控以后, 云室可保持在某一温度两小时以上。

### 2. 深冷系统

为急速冷却云雾风洞所需要的气流设计了中型云室所特有的深冷系统, 与云室连接的风洞直径近200毫米, 最大速度为30米/秒, 也即每小时约有3600米<sup>3</sup>的空气通过, 通过云室的速度约0.13米/秒。而每一气泡由云室底到云室顶所需时间近2分钟, 这时单靠云室壁制冷来控制温度显然不够, 则需要迅速有效地冷却空气, 为此采用了两台板翅式换热器。第一台板翅保证进入的新鲜空气迅速由普通气温降至接近0°C(夏天可除去空气中大量水分), 第二台板翅保证干燥后的空气由0°C迅速降至所需要的温度。

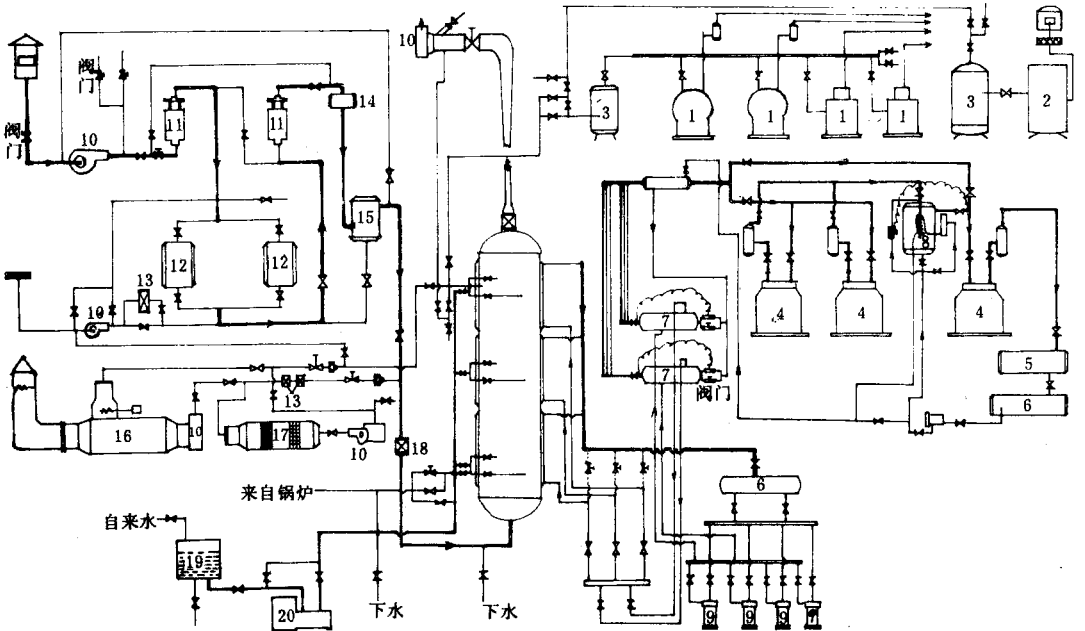


图2 中型云室工艺流程简图

- 1. 真空泵, 2. 空气压缩机, 3. 气罐, 4. 冷冻机, 5. 冷凝器, 6. 贮液器, 7. 蒸发器, 8. 中间冷却器, 9. 屏蔽泵, 10. 风机, 11. 板翅换热器, 12. 干燥塔, 13. 电加热器, 14. 雪花过滤器, 15. 混合器, 16. 加热段, 17. 净化段, 18. 转换装置, 19. 水槽, 20. 高压泵

干燥系统由两个直径1.2米、高3米的干燥塔和分子筛再生系统组成，串联在第一板翅和第二板翅之间。塔内堆放分子筛可使通过的空气迅速干燥，干燥后的空气露点实测值最低为 $-45^{\circ}\text{C}$ 。其主要任务是保证第二板翅正常工作，防止冻堵，也兼作空调系统干燥用。分子筛再生系统由再生风机和一台36千瓦电加热器组成，热空气温度控制在 $300-350^{\circ}\text{C}$ ，单塔循环再生约需13.5小时。

深冷系统板翅出口气温的控制用WZB型铂热电阻作敏感元件，以XDD-402型交流自动平衡电桥作二次仪表，用它附带的PID调节器的输出信号，去控制带有DFD-200型电-气阀门定位器的ZMAN-6KT型气动低温调节阀，从而控制进入板翅换热器的液氮量。在风洞试验段，半分钟一次的实测数据表明气温是稳定的。

### 3. 压力系统

为使云室压力可以控制和作某些模拟，真空系统采用了两台2YK-27水环泵和两台H-150真空泵。水环泵不怕水，适合云室水分较多（造雾、清洗等）的情况，可和真空泵配合接力使用，真空系统也是净化云室的手段之一。云室压力可在半小时内顺利降低到100百帕，或利用2z-3/8型空气压缩机升压直至2个大气压。

### 4. 空调系统

为了净化云室内的空气和尽可能减少云室中自然凝结核本底，以及给云室加温或调湿，设计了空调系统。空调系统主要由两个空调箱（蒸汽加热、高效过滤）、微调电加热器、风机等组成，调湿由蒸汽造雾系统分担。目前直径 $\geq 0.3$ 微米的核经过滤后可滤去约98%。

### 5. 造雾系统

为了创造一个合适的云雾环境，云室考虑了三种造雾方法。一是蒸气雾，即在云室中通入蒸汽冷凝成雾，一般使蒸汽通过减压阀调到 $0.5-0.8$ 公斤/厘米<sup>2</sup>左右再进入云室。蒸汽造雾会给云室带来约 $3^{\circ}\text{C}$ 的升温，充雾停止后大约15分钟基本上降至原来的温度，蒸汽雾维持时间约50分钟。二是喷水造雾，喷水造雾系统由200个大气压的高压泵和专用硬质合金喷头以及高压管路、阀门组成。造雾时压力一般掌握在150个大气压上下，喷雾时间约5—10分钟，喷水雾维持时间约40—50分钟。三是膨胀造雾，先使云室增压，然后通过 $\phi 300$ 毫米的阀门快速放气，产生急剧的温降造雾，雾的浓度和维持时间和初始条件（升压的大小和初始湿度）有较大关系。

由于云室深冷系统考虑了不止一个旁路，空气可经一级板翅、干燥塔、二级板翅到混合容器再进云室，也可直接进混合容器或只通过一级板翅，可靠调节主、旁路阀门开度调节冷暖空气混合比。这实际上也是潜在的一种造雾方法。

### 6. 风洞系统

云雾风洞系统由风机、调速装置、整流装置和试验段等组成。试验段的温度由深冷系统和云室来控制。风机共两台，一鼓一抽，采用旁路分流和阀门调速方案。整流装置有断剖面为链锤线的多孔板、蜂窝器，剖面为双扭曲线的收缩段等。风洞试验段长1米，目前有两个，一为有机玻璃圆桶，透明；一为木质八角形中空柱，开有两个玻璃方窗；两者还可根据试验需要置换。

风洞风速范围为1—30米/秒，当只开下面高压风机时为1—13米/秒。在试验段用皮托

管沿直径方向三个测点（中心、 $\frac{1}{4}D$ 处、 $\frac{3}{4}D$ 处）测得：当单风机时三个测点测得的 $\Delta H$ 不变，风速不变；双风机时中心测点和边缘有速度差异，但最大速度差异 $\frac{\Delta v}{v} < 10\%$ 。

云室主体容器分上、中、下三段，每段在东西方各有对开的观测窗，观测窗采用双层特制电加热玻璃以防止在低温下结霜，在窗的南侧和北侧有对开的三对仪器孔用以安装透明度仪、滴谱仪等。在中段有一真空取样装置，用以在真空下输送取样仪器，也同时作为激光全息滴谱仪取样孔用。主体容器顶部内部装有风洞收缩段，在容器封头和收缩段之间藏有电动葫芦，可在需要时迥转、升降，供安装仪器仪表用。除引出电缆孔、催化剂孔、通雾孔外，云室下部有 $\Phi 600$ 毫米的人孔一个。云室进气口和出气口均有 $\Phi 600$ 毫米专门设计的启闭装置，亦可密闭单独作云室用。

中型云室已配备有我国自己研制的激光全息滴谱仪和高速摄影机，随着试验研究工作的进展，将进一步增添测试手段并改善提高云室性能。

中型云室是集体劳动的结晶。鉴定会期间以赵柏林教授为组长、练元坚高级工程师为副组长的与会的全体工程和气象各方面的专家、教授，对云室进行了认真的评审，给以充分的肯定和较高的评价，并提出了宝贵的指导意见，借此表示衷心的感谢。