

30000 大气压大空间液体介质超高压设备¹⁾

高龙生 葛焕称

(国家地震局地球物理研究所) (江苏省地震局)

地球内部 99% 以上的物质处于 10kbar 以上的压力下。因而，要了解地球内部的结构和状态，必须在超高压条件下进行实验。实验的对象是岩石。岩石本身很不均匀，这样只有采用较大的试样才能使实验结果具有一定的代表性，因此，需要研制大空间的超高压设备。大空间设备除要克服高压设备中的密封、强度两个基本困难外，还要考虑外部系统不能过分庞大。本设备是在一系列小空间超高压设备^[1,2]的基础上研制的。在 20kbar 以下进行实验时，此设备的工作空间(圆柱形)为 $\phi 30 \times 170(\text{mm} \times \text{mm})$ ；而在 20—30kbar 范围内，工作空间(圆柱

形)为 $\phi 26 \times 170(\text{mm} \times \text{mm})$ 。

设备的核心部分为高压容器，它由高压容器(内高压腔)、中箍、外箍、电极头及高压活塞组成，如图 1 所示。

在进行大空间流体静压力实验时，内压力的增长会造成容器内壁的大尺度形变，当压力高于 20kbar 时，金属密封圈就会由于活塞与容器内壁之间的间隙过大而流动喷出。因此，在液体超高压设备中，按照内压力的升高而变动容器的箍力就显得非常必要。此设备采用三层套装容器，每层容器均用优质合金结构钢 45 CrNiMoVA 制造。内容器及中箍经热处理至硬度 R_c 为 49—52，外箍经热处理至 R_c 为 42—46。考虑到淬透性，外箍从横向切成两片再叠起。要使箍力随内压力的升高而变化，必须使内容器随着升降压过程而在中箍内进出。故内容器的外表面设计为锥状，其锥角超过摩擦角。配合面上的润滑剂采用固体二硫化钼，使用时将它调于酒精中，然后再均匀喷涂于接触面上。利用锥面进入和退出时推力差值，可测出接触面上的摩擦系数为 0.0065。内容器的外表面锥角选择为 5° ，大于摩擦角。

电极头既作为产生预应力的活塞，又作为穿引电线的“电极”，以便对各种物理量进行电测。其结构如图 2 所示。作为预压活塞，其密封靠两个 O 型环。当预压完成后即依靠锥型套与高压腔的凸肩的接触来实行强制性密封。强制密封力是用一个单独的油缸控制，控制其密封面上的压强比内部液体的工作压强高 20% 左右。电极头里采用了新的引电方式：在微电极与电极头体之间放上两层薄的叶腊石锥套，

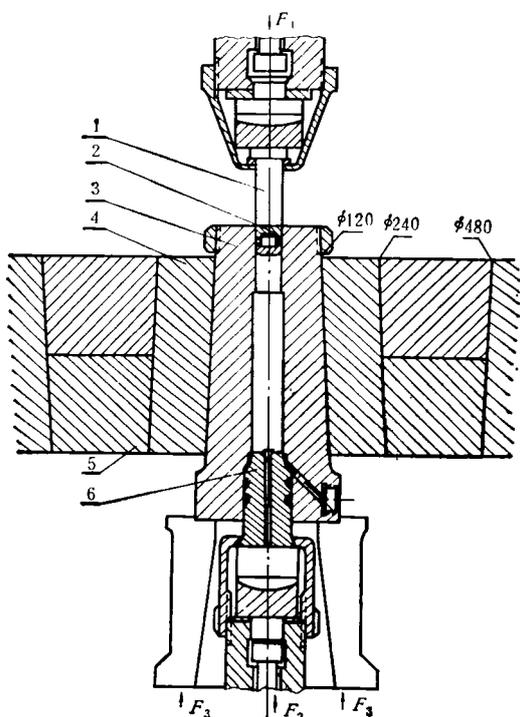


图 1 高压容器结构

1. 高压活塞杆； 2. 密封头； 3. 内高压腔体；
4. 中箍； 5. 外箍； 6. 电极头

1) 本工作完成于 1965 年。

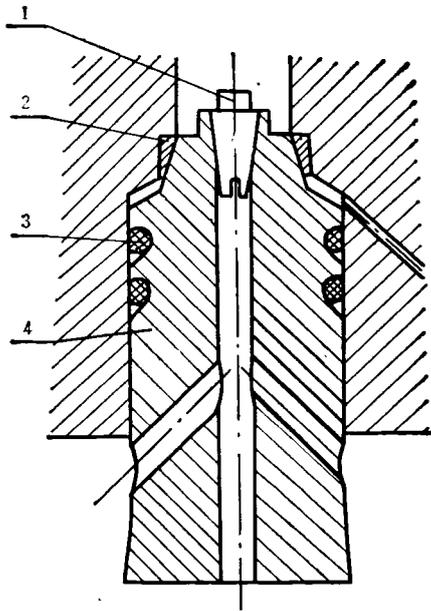


图2 电极头

1.微电极; 2.锥型套; 3.O型环; 4.电极头体

而在叶腊石套之间夹入纱包线。这样,在受压过程中,由于微电极锥体的无支持面作用,使夹在两层叶腊石套间的导线在压力作用下,愈来愈紧。叶腊石套既起密封作用又起绝缘作用。

压机由三个油缸组成,以5000bar的立式活塞泵供压,三个油缸的压力分别作用在上活塞 F_1 、电极头 F_2 和高压腔体 F_3 (提供保护应力)上,压机总吨位为1000吨。

实验过程如下:首先将锥型超高压内腔体放在初始位置,喷好二硫化钼后由压机将其推入保护箍的锥孔中,再在高压腔的两端装上高压活塞及电极头,实验样品用支架固定在电极头上,这时即可开始加压实验。预压由预压泵及电极头实现,预压达3000—4000bar,用波登管压力表与锰铜丝压力计进行对比测量。锰铜压力计是用 $\phi 0.04\text{mm}$ 的丝包锰铜丝绕制而成,使用蜡纸作线圈内衬,制成后在中性油中进行

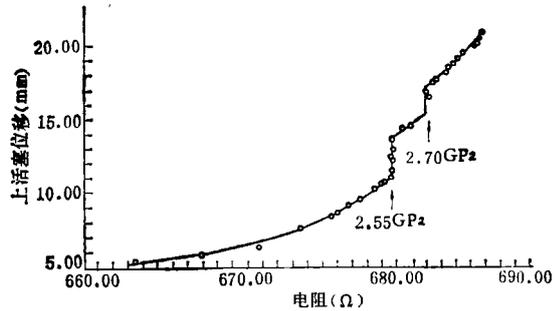


图3 铋铸棒的体积变化曲线

(横轴表示锰钢压力计的电阻读数,纵轴表示高压活塞杆的位移,箭头表示Bi I-II和Bi II-III的相变点)

反复老化处理^[3]。在该设备上进行实验时得到的电阻-压力系数为 $\alpha = 2.47 \times 10^{-3} \text{ MPa}^{-1}$ 。

根据体积在相变时的显著变化,观察了室温30°C时水银(约1.358GPa)和氯化钾(约2.0GPa)的相变;并实测了Bi I-II(2.5499GPa)和Bi II-III(2.70GPa)^[4]相变。

图3是铋的体积变化(用活塞行程表示)曲线,为显示相变点方便,低压下的体积变化状况未表示在图上。

在设备研制过程中,穿插进行了多次岩石标本弹性波速度测定^[5],证明此设备在高压下工作方便,灵活可靠。

设备由中国科学院地球物理研究所与上海大隆机器厂协作完成。施子明、庄菊华二位工程师给与很大的帮助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 谭守宇、齐生英、贺一鸣,物理学报,17-1(1961),45.
- [2] F. Birch et al., Industrial and Engineering Chemistry, 49 (1957), 1965.
- [3] 高龙生、葛焕称,地球物理学报,18-1(1975),26.
- [4] V. E. Bear, High Pressure Measurement Techniques, Edited by C. N. Pegg, Applied Science Publisher, (1983), 102, 114—116.