

研究简报

液 氢 靶

李远人 马 卉 张竹湘 林树子

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

本文简介了我们研制的液氢靶的用途、流程、结构、液氢靶的测量、控制和安全措施。液氢靶容积0.3升，一人启动后可无人操作，长期运行，并在普通实验室内使用这种液氢靶。

液氢靶是高能物理实验中常用的实验靶。高能物理实验最基本的方法就是用高能粒子束流轰击质子、中子或电子，通过对轰击后所产生的次级粒子的探测和分析来研究基本粒子的性质、组成和它们相互转换的规律，这些被轰击的质子、中子和电子就叫实验靶。

为提高高能物理的实验精度，便于分析，应力求使粒子束只与质子进行相互作用。由于氢原子核就是质子，所以氢是理想的纯质子靶；氘原子核有一个质子和一个中子，所以是最好的中子靶。

常温常压下氢气的密度很小，仅是液态氢的1/790，因此用气态氢作靶产生的作用事例数目少。所以在高能实验中一般都采用液氢靶。

在一般实验室内用液氢靶作实验是十分不方便的。主要原因是在于贮存、输送和使用液氢时必须把大量蒸发的氢气排放到安全空间。即使液氢靶很小，为冷却输液管路、容器和靶室，也需要较多的液氢作预冷介质。不安全环节较多，稍有疏忽就会发生燃爆事故。

用小型制冷机作液氢靶的冷源，可省去贮存和转输液氢的步骤，在正常工作情况下，氢系统成封闭式，做实验时不排放氢气，安全容易保证。流程见图1。钢瓶中的高压氢经瓶伐和氢气调节器压力降低到0.1公斤/厘米²，经被液氮冷却的活性被吸附器纯化后，经供氢伐入制冷机一级冷头盘管换热器。氢气在此被冷却到77K后入再冷凝器。在再冷凝器的冷板上，氢气被冷凝成液氢，并靠自重下落，逐渐冷却下面的管路，最后流入靶室。靶室内蒸发的气氢沿另一管上升，经氢气动伐到再冷凝器内的冷表面上再次冷凝成液氢，重新落入靶室。一旦靶室充满液氢，上液面计可灯光显示，并自动关闭供氢伐。靶室内的压力用防爆电接点压力表接通或断开二级冷头上的加热器来控制，使工作压力保持在所要求的范围内。在实验过程中，若需暂时抽空靶室中的液氢，可用2公斤/厘米²的氮气驱

动波纹管关闭氢气动伐，阻止靶室内蒸发的氢气进入再冷凝器。由于蒸发的氢气越来越多，必将靶室内的液氢压入再冷凝器下部贮存。若靶室需再充满液氢，可排出波纹管伐中的氢气，使氢气动伐恢复到正常开启状态，液氢又重流入靶室。

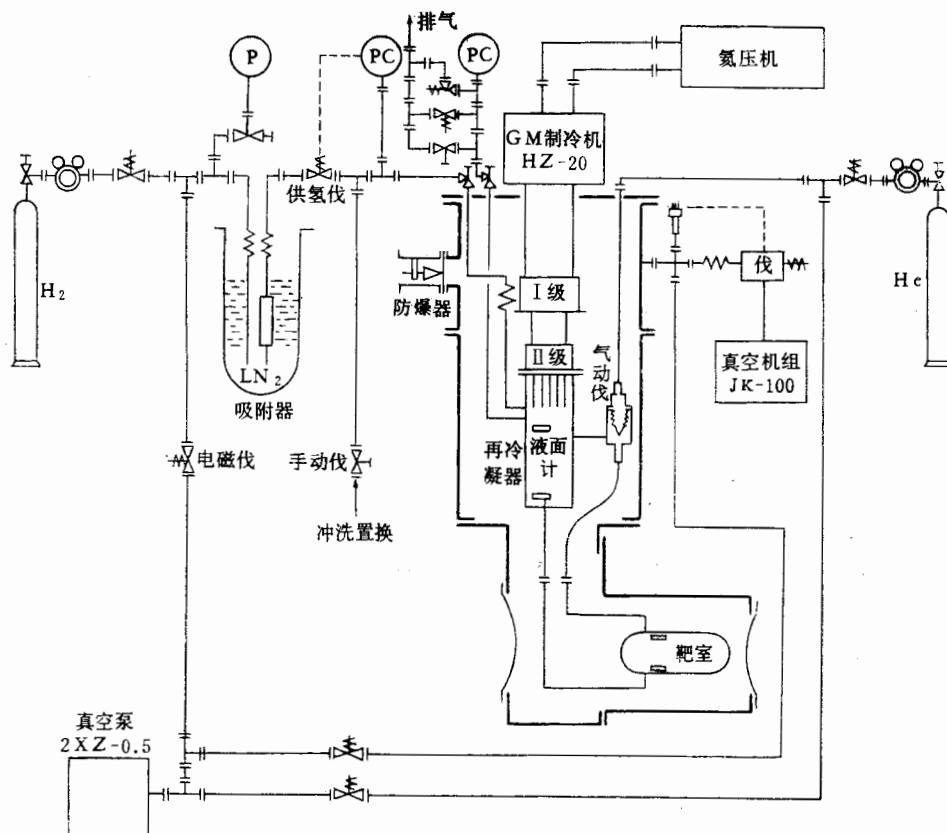


图 1 制冷式液氢靶流程图

由于氢与空气混合后存在燃爆危险，应考虑到可能发生的任何不安全情况。除严格试压和检漏外，整个系统有检测、报警、自控手段和安全措施。特别是各部份压力的检测、控制与报警。当氢系统压力达工作压力额定值的 1.5 倍时，立即关闭供氢伐并打开放气伐，让氢排空，使系统泄压到正常值。当氢系统压力低于 0.05 公斤/厘米² 时，应发出报警信号，并打开供氢伐，防止空气漏入管内。当绝热真空层真空度降低到 1×10^{-2} 托时，绝热真空与扩散泵之间的电磁伐应关闭，防止漏入真空层内的氢与扩散泵中的油蒸气混合。当靶室突然破裂时，防爆膜受压变形，被顶尖刺破，氢气泄压排空，防止真空容器超压爆炸。

非防爆电器设备设置在距氢系统 2 米以外的区域，并装在较低位置。为防止万一，在可能漏氢的薄弱部份处和屋顶可能聚氢的死角处，分别设置氢探头。当该处空气中氢浓度达 0.4% 时，氢探头发讯号，关闭供氢伐，同时给出灯光和音响报警信号。

我们用 HZ-20 型双级 G-M 制冷机作冷源，20K 时制冷功率 4W。用高纯氮作制冷

工质, 充气压力 9.5 公斤/厘米². 靶室尺寸 $\phi 50 \times 150$, 容积 0.3 升, 用 0.1 毫米厚的涤纶薄膜制作. 靶室内液氢是否充满, 用 300Ω , 1/8W 碳电阻作液面传感元件. 引线用 DW-4 低温胶封接. 靶室的零件和组件全部悬挂在制冷机二级冷头下, 绝热真空保持在 1×10^{-4} 托以上. 用镀铝涤纶薄膜分别缠绕真空罩内的组件和管子 10~20 层, 以减小辐射热损失.

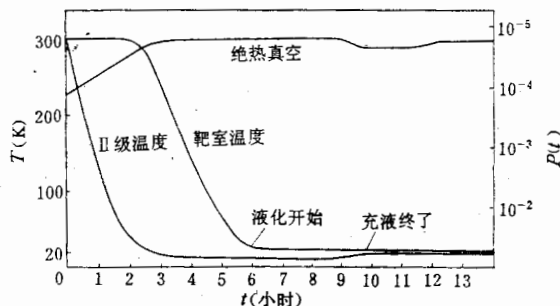


图2 液氢靶 $T-t-P$ 曲线

液氢靶系统按图 1 装配好后, 先用压缩空气试压、试漏, 确认系统不漏后, 用氦代氢作低温考核实验. 氦液化成功取得数据和经验后, 即可通氢液化. 先启动真空系统, 1 小时半后达 2×10^{-4} 托, 此时即可开动制冷机. 制冷机启动 6 小时, 靶室开始积液氢, 再经 3 小时, 0.3 升靶室充满液氢, 温度时间曲线见图 2. 氢液化速率 0.1 升/小时. 经多次实验, 系统运转稳定, 重复性好, 不漏氢, 安全可靠, 自动化程度较高: 系统压力和温度能自动调节, 漏氢能报警并自动处理, 断电能自动泄压、升温, 不发生爆破事故. 一人启动, 待靶充满液氢后, 即可远离现场, 自动运行, 供高能物理实验用.

LIQUID HYDROGEN TARGET

LI YUAN-REN MA HUI ZHANG ZHU-XIANG LIN SHU-ZI

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

We summarize the use, circulation, construction, measurement, control and safety precaution of the liquid hydrogen target. The volume of the liquid hydrogen target is 0.3 l. As soon as it is started it can be running without being taken care of. It can be used in any laboratory which needs it.