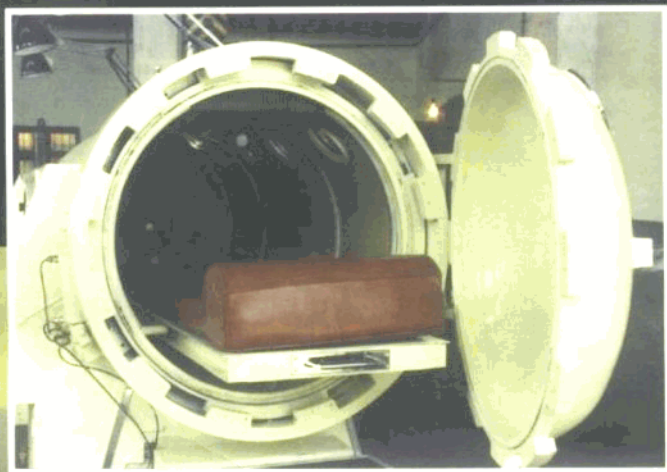


医用 高压氧临床手册

yi yong gao yao yang lin chu ang shou ce

主编 / 吴钟琪



湖南科学技术出版社

PDG

2677/17

医用高压氧临床手册

主 编	吴钟琪	湖南医科大学
副主编	易 治	深圳市人民医院
编 委		
	李严祥	湖南医科大学湘雅医院
	刘子藩	中山医科大学附属一院
	朱双罗	湖南医科大学湘雅医院
	翁其彪	第一军医大学珠江医院
	陈一飞	湖南医科大学湘雅医院
	刘广森	空军广州医院
	吴致德	湖南医科大学湘雅医院
	张洪明	湖南医科大学湘雅医院
	余聪秀	湖南医科大学湘雅医院

前 言

高压氧医学是人类在与疾病作斗争的过程中发展起来的一门新兴学科，在治疗多种疾病中发挥了重要作用。特别是在对厌氧菌感染、一氧化碳中毒、持续植物状态、减压病、脑外伤等疾病的治疗中，发挥了其它疗法不可替代的作用，已成为临床工作中不可或缺的治疗手段之一。近些年来，我国高压氧医学发展迅速，目前，全国各种类型的高压氧治疗舱已超过 2000 台座，从事高压氧的人员已逾 5000 人，在医疗保健事业中发挥了重要作用。由于在高压氧医学事业发展过程中存在着氧舱设备质量、专业人员素质和管理方面不健全等问题，治疗安全事故也偶有发生。为此，中华医学会高压氧学会制订了高压氧治疗适应证与禁忌证的建议，国家有关部门制定了高压氧舱国家标准，卫生部和劳动部还明确规定，高压氧从业人员必须经过培训、考核，合格者经发给培训合格证，方可持证上岗。同时卫生部批准已在湖南医科大学建立了卫生部医政司医用高压氧岗位培训中心，在中华医学会上海分会建立了上海医用高压氧岗位培训中心，分别承担全国高压氧医学专业人员上岗前培训任务，劳动部也颁发了医用氧舱维护管理人员培训考核的通知。这无疑将对我国高压氧医学的发展起到巨大的推动作用。

本书系根据卫生部批准的高压氧岗前培训大纲编写，希望能为岗前培训提供较为规范的培训资料，同时也为高压氧专业人员和医院管理人员提供一本实用的案头参考书。

由于时间急促，水平有限，本书错误和不足之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见，以供今后补充和修改。

卫生部医政司高压氧岗位培训中心

(湖南医科大学)

1997 年 9 月 10

目 录

总论	(1)
第一章 绪论	(1)
第一节 高压氧医学概念	(1)
第二节 高压氧医学发展史	(2)
第二章 高压氧医学基础	(5)
第一节 高压氧医学的物理基础	(5)
第二节 高压氧医学的呼吸生理学基础	(10)
第三章 高压氧对机体的影响	(16)
第一节 高压氧对机体生理机能的影响	(16)
第二节 高压氧对机体生化机能的影响	(31)
第三节 高压氧下血流动力学的变化	(38)
第四节 高压氧对微循环的作用	(43)
第四章 高压氧的抗微生物特性	(47)
第一节 高压氧是一种“抗菌剂”	(47)
第二节 高压氧增强白细胞的抗微生物能力	(49)
第三节 高压氧增加某些抗菌剂的药效	(50)
第五章 氮的饱和及脱饱和过程和高压氧 对气泡的作用	(51)
第一节 氮的饱和及脱饱和过程	(51)
第二节 影响体内氮饱和及脱饱和的因素	(52)
第三节 氮气的过饱和及过饱和安全系数	(53)
第四节 高压氧对气泡的作用	(54)
第六章 高压氧适应症及治疗常规	(55)
第一节 高压氧治疗适应症	(55)
第二节 高压氧治疗禁忌症	(58)

第三节	高压氧治疗方法	(59)
第四节	高压氧治疗操作规程	(66)
第五节	高压氧治疗方案	(71)
第六节	高压氧下的护理及消毒	(74)
第七章	高压氧治疗的副作用	(80)
第一节	氧中毒	(80)
第二节	气压伤	(94)
第三节	减压病	(97)
第八章	高压氧舱设备及质量要求	(105)
第一节	多人舱	(105)
第二节	单人舱	(117)
第三节	医用高压氧舱国家标准	(119)
第九章	高压氧各级人员职责及管理规则	(141)
第一节	各级人员的职责	(141)
第二节	医护人员的卫生保障	(146)
第三节	高压氧科室管理制度	(147)
各论	(155)	
第十章	神经精神科疾病	(155)
第一节	急性脑缺氧和脑水肿	(155)
第二节	颅脑外伤	(159)
第三节	脊髓损伤	(163)
第四节	脑血管病	(166)
第五节	帕金森氏病	(170)
第六节	进行性肌营养不良症	(173)
第七节	重症肌无力	(176)
第八节	感染中毒性脑病	(178)
第九节	化脓性脑膜炎	(180)
第十节	结核性脑膜炎	(182)
第十一节	病毒性脑炎	(184)
第十二节	多发性硬化	(187)

第十三节 神经症	(190)
第十四节 癫痫	(192)
第十五节 持续性植物状态	(195)
第十一章 心血管系统疾病	(199)
第一节 休克	(199)
第二节 冠状动脉粥样硬化性心脏病	(207)
第三节 心律失常	(212)
第四节 高压氧下的心脏外科手术	(219)
第十二章 呼吸系统疾病	(222)
第一节 肺水肿	(222)
第二节 支气管哮喘	(224)
第三节 急性支气管炎	(227)
第四节 肺栓塞	(228)
第十三章 消化系统疾病	(231)
第一节 消化性溃疡	(231)
第二节 溃疡性结肠炎	(233)
第三节 病毒性肝炎	(235)
第四节 急性胰腺炎	(237)
第五节 肠气囊肿病	(239)
第六节 急性坏死性肠炎	(241)
第十四章 代谢疾病	(243)
糖尿病	(243)
第十五章 泌尿系统疾病	(247)
慢性肾小球肾炎	(247)
第十六章 外科感染性疾病	(250)
第一节 气性坏疽	(250)
第二节 破伤风	(252)
第十七章 周围血管疾病	(255)
第一节 血栓闭塞性脉管炎	(255)
第二节 动脉栓塞	(257)

第三节	血栓性静脉炎	(259)
第四节	肢端动脉痉挛病	(261)
第十八章	骨与肌肉损伤疾病	(264)
第一节	筋膜间隔区综合征	(264)
第二节	挤压综合征	(266)
第三节	骨折延迟愈合和不愈合	(269)
第四节	骨无菌性坏死及手指坏死	(272)
第五节	化脓性骨髓炎	(275)
第六节	断肢(指)再植术后	(279)
第十九章	烧伤与整形外科	(283)
第一节	烧伤	(283)
第二节	皮肤移植	(287)
第三节	皮肤慢性溃疡	(289)
第二十章	妇产科疾病	(292)
第一节	妊娠高血压综合征	(292)
第二节	先兆流产	(293)
第三节	过期妊娠	(294)
第四节	胎儿宫内发育迟缓	(296)
第二十一章	儿科疾病	(298)
第一节	新生儿窒息	(298)
第二节	新生儿核黄疸	(300)
第三节	脑性瘫痪	(302)
第二十二章	五官科疾病	(304)
第一节	视网膜血管阻塞	(304)
第二节	中心性浆液性视网膜脉络膜炎	(306)
第三节	视神经炎	(308)
第四节	突发性耳聋	(310)
第五节	感音性耳聋	(312)
第六节	美尼尔氏病	(314)
第七节	牙周病	(316)

第二十三章 皮肤科疾病	(319)
第一节 玫瑰糠疹	(319)
第二节 寻常痤疮	(320)
第三节 斑秃	(321)
第四节 结节性红斑	(322)
第五节 硬皮病	(324)
第二十四章 中毒性疾病	(326)
第一节 一氧化碳中毒	(326)
第二节 硫化氢中毒	(330)
第三节 二氧化碳中毒	(332)
第四节 氰化物中毒	(333)
第五节 奎宁中毒	(335)
第二十五章 气栓症	(336)
第二十六章 老年疾病	(339)
第一节 老年期痴呆	(339)
第二节 血管性痴呆	(341)
第二十七章 肿瘤	(344)
附录：高压氧自测试题	(347)

总 论

第一章 绪 论

第一节 高压氧医学概念

高压氧医学 (Hyperbaric Oxygenation Medicine) 是一门年轻的临床医学, 它主要是研究机体在高气压环境下吸入氧气时, 组织器官对高压氧产生的反应, 以及反应的原因、条件及其对机体生理机能和病理过程的影响; 同时也研究高压氧对微生物的特殊作用, 从而阐明高压氧治疗多种疾病的原理。

高压氧治疗与针对特异性损害的对抗式疗法既不相同, 又是相互补充。临床实践证明, 高压氧医学已成为一门十分重要的医学学科。

(一) 大气压强

由于大气中气体分子不停地向地面上的物体碰撞, 从而产生大气对物体表面的压强, 这种压强称之为大气压强。在纬度 45° 的海平面上, 温度为 0°C 时, 测出每平方厘米面积所承受的压强为 760 毫米汞柱 (mmHg), 称为 1 个大气压强 (也称常压)。由于水银的比重为 13.6, 因此 1 个大气压强 $= 76 \times 13.6 = 1033.6$ 克/厘米² (g/cm^2)。现在压强单位已改为帕斯卡, 简称帕 (Pa)。换算关系如下。

$1\text{mmHg} \approx 133.3\text{Pa} \approx 0.13\text{kPa}$ (千帕)。

1 个大气压强 $= 760 \times 133.3\text{Pa} = 1.013 \times 10^5\text{Pa} \approx 0.1\text{MPa}$ (兆

帕)。

(二) 高压

超过 1 个大气压的压力谓之高压，人们处于高压环境下，就感到有压力的存在。

(三) 附加压

常压以外所增加的压强称为附加压。附加压的大小数值可通过压力表显示出来，故又称“表压”。常压下，压力表指针应在“0”点上。

(四) 绝对压 (Atmosphere Absolute, ATA)

单位面积上所承受的压强谓之绝对压。临床应用高压氧治疗时，常用绝对压作为治疗压力单位。

绝对压 = 常压 + 附加压 (表压)

每增加 1 个附加压，每平方厘米面积要多承受大约 1 公斤 (0.1MPa) 压力，相当于人潜入 10 米深水下时所承受的压力。

(五) 高压氧舱

要创造一个高压环境，必须有特殊的、耐高压和密封的设备，这种设备称高压氧舱。高压氧舱应力求美观、舒适，并设置各种医疗监护系统，如心电、脑电监护仪等，以保证治疗安全进行。

(六) 高压氧疗法

患者置身于高压氧舱内，进行加压、吸氧以达到治疗疾病的目的，这种方法称为高压氧疗法。

第二节 高压氧医学发展史

我国早在 1637 年出版的《天工开物》中就有当时潜水医学情况的记载，如潜水者水下“气逼”，出水后“寒慄”，“煮热毳毛急覆之”以防止死亡等。

英国医生 Henshaw 于 1664 年首先使用压缩空气治疗疾病，并认为高气压可以帮助消化，改善呼吸和防治某些肺部疾患。

1775 年和 1777 年, Priestley 和 Scheele 各自独立地发现了氧气。随着氧气的分离成功, 氧气在生命活动中的重要作用便为人们所重视, 并应用氧气治疗各种疾病。

19 世纪初, 气体物理学中的几项重要定律被发现, 为高压氧治疗提供了理论基础。

1834 年, 法国人 Junod 建造了一个铜舱, 用 0.2~0.4MPa 的高气压治疗病人, 对肺部疾患取得了良好疗效。继而高压疗法开始在欧洲广泛应用。1860 年, 加拿大渥太华建成了北美第一座治疗用的高压舱。1870 年, Fontaine 首先在高压舱内做手术, 并在舱内同时吸氧, 认为有苏醒早、不发生窒息等优点。1887 年, Valenzuela 第一次成功地在高压舱内用纯氧治疗疾病, 为高压氧的临床应用作出了良好的开端。1928 年, Cunningham 建造了有史以来最大的高压舱, 5 层楼高, 直径 19.5 米, 该舱于第二次世界大战期间被拆除, 限于当时对高压氧治疗机理、氧中毒等认识不足, 故未能取得理想的疗效, 至后期仅用于治疗 and 预防深水作业潜水员发生的减压病。

直至 1950 年 Paek 等报告高压氧可以有效地治疗一氧化碳中毒和厌氧菌感染; 1952 年 Cross 和 Wangenstein 报道高压氧对实验性肠梗阻治疗有效; 1955 年, Churchill Davidson 应用高压氧配合放疗治疗恶性肿瘤获得成功; 特别是 1956 年荷兰人 Boerema 等在大型高压氧舱内进行心内直视手术成功, 并于 1960 年发表了“无血的生命”一文, 引起了世界各国医学界的重视和极大兴趣, 高压氧医学开始迅速发展。

近年来, 在美国, 平均每年有 60 多个高压氧舱建成使用。日本在高压氧应用方面虽比欧洲起步晚, 但发展快, 已跃居世界先进行列。

从 1963 年至 1993 年已先后在荷兰、英国、美国、日本、加拿大、前苏联、澳大利亚、中国和意大利召开了 13 届国际高压氧医学学术会议。高压氧医学在世界各地迅速发展。

新中国成立前, 上海打捞局已设有为潜水员治减压病的高压

舱。解放后，于1954年在上海海军医学研究所建造了训练潜水员和供科研使用的高气压舱。1958年军事医学科学院建成了我国第一台动物实验舱。1960年在北京建成了第一台供人体试验及模拟潜水的大型高压舱。

1964年福建医学院附属协和医院院长李温仁教授与工程人员一起，建成了我国第一台医用高压氧舱，其直径3m、长7m，是当时世界第三个大型高压氧舱，治疗了各种缺氧性疾病，抢救了不少危重患者，并在0.3MPa氧下进行了阻断循环心内直视手术和体外循环心内直视手术，取得了良好疗效，引起国内外医学界的重视，有力地推动了我国高压氧医学的发展。

从本世纪60年代起，我国各大、中城市相继建成了高压氧舱，目前全国已拥有各种类型的高压氧舱1800多台，高压氧专业人员5000多人，形成了一个以大、中城市为中心的高压氧治疗网。高压氧医学已广泛应用于临床各科，治疗80多种疾病，取得了良好的成绩，我国高压氧临床医学已进入国际先进行列。

1973年以来，我国先后召开了八次全国高压氧医学学术会议，并成功地举办了第十一届国际高压氧学术会议。1992年成立了中华医学会高压氧学会，把我国高压氧医学事业的发展推向了一个新阶段。

目前高压氧医学还是一门年轻的学科，尚有很多课题需要研究和探索，如高压氧治疗机理尚未完全阐明，高压氧对细胞微小结构和对酶的影响尚未揭示清楚，治疗范围能否进一步扩大，实施方法上能否再予改进等等问题，均要通过实践，不断总结，深入研究，逐步提高。可以预料，高压氧医学在对威胁人类最严重的脑血管疾病、心血管疾病、肿瘤及早衰等的防治中将会发挥愈来愈重要的作用。

第二章 高压氧医学基础

第一节 高压氧医学的物理基础

高压氧医学与气体及其压力变化有密切关系。本节重点介绍与气压有关的物理基础知识。

一、气体分压定律（道尔顿定律，**Dalton** 定律）

混合气体的总压力等于组成混合气体的各种气体分压的总和。并且某气体体积在混合气体中占什么比例，它的分压也在混合气体总压强中占同样的比例。用数学公式表示：

$$P = P_1 + P_2 + \cdots P_n \cdots \cdots \cdots \text{（公式）}$$

式中 P 表示混合气体的总压力， P_1 、 P_2 、 P_n 为各组成气体的分压。

大气是由氮（ N_2 ）、氧（ O_2 ）、二氧化碳（ CO_2 ）、水蒸气及少量惰性气体组成的。大气压就是这些气体所产生的压强的总和。大气中某种气体如氧气，单独产生的那一部分压强就称为该气体的分压，如“氧分压”。在肺泡内，肺泡气体总压力 $= PO_2 + PCO_2 + PN_2 + PH_2O + \cdots$ 。

应用道尔顿定律可以计算出在不同的压力下，吸入不同浓度的氧气时，肺泡内氧分压的值。在正常体温（ $37^\circ C$ ）时，测出水蒸气压力为 $6.3kPa$ （ $47mmHg$ ），二氧化碳分压为 $5.3kPa$ （ $40mmHg$ ）。常压（ $0.1MPa$ ）下呼吸空气时，肺泡内氧浓度为 14.3% ，肺泡氧分压为 $PO_2 = (\text{大气压} - \text{水蒸气压}) \times 14.3\% = (760 - 47) \times 14.3\% = 103mmHg = 13.7kPa$ 。

如果在常压下吸入纯氧，则肺泡内氧分压 $PO_2 = 760 - (47 + 40) = 673mmHg = 89.5kPa$ ，较吸入空气时增加几乎达 7 倍。若在 $0.2MPa$ 下吸入纯氧，则肺泡氧分压 $PO_2 = 760 \times 2 -$

$(47+40) = 1433\text{mmHg} = 190.6\text{kPa}$ ，此时较常压吸空气时增加约 14 倍。而在 0.3MPa 下吸入纯氧，肺泡氧分压达 291.7kPa (2193mmHg)，为常压吸空气时的 21 倍，余此类推。

二、气体在液体中的溶解度（亨利定律，Henry 定律）

当气体与液体相互接触时，气体会溶解于液体内。在一定温度下，其溶解度与压力成正比，一直到液体内气体压力与液面上的气体压力互相平衡时，溶解才停止。

在混合气体中，各种气体的溶解度取决于该气体的分压值，分压越大，溶解便越多。同时，一种气体在液体中的浓度，还与该气体溶解系数有关。在一定的温度、压力 (0°C 、 0.1MPa) 的条件下，1 毫升的液体可溶解气体的毫升数称为溶解系数。其数学公式有两种表示方法：

$$\frac{VG}{VL} = 2P_1 \dots\dots\dots (\text{公式 1})$$

式中 VG ——在标准温度、压强及干燥条件下溶解的气体体积

VL ——液体的体积

P_1 ——液体上方该气体的分压

或
$$U_0 = \frac{\alpha PV_1}{760} \dots\dots\dots (\text{公式 2})$$

式中 U_0 ——某气体溶解于液体中的量

Z ——某温度下该气体的溶解系数

P ——该气体的分压

V ——液体的体积

如计算常压呼吸空气时，每 100ml 血液中物理的溶氧量，从查表可知氧气溶于血液中的溶解系数为 0.023，常压下呼吸空气时，肺泡氧分压为 13.7kPa (103mmHg)，若按 100mmHg 计算，按照公式 (2)，则 100ml 血液中物理溶解的氧量应该为：

$$U_0 = \frac{0.023 \times 100 \times 100}{760} = 0.3 \text{ (Vol\%)}$$

三、压力与气体体积关系（波义耳-马略特定律，Boyle-Mariotte 定律）

温度恒定时，气体的体积与压强成反比。其数学公式为：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad PV = K \dots\dots\dots \text{（公式）}$$

式中 P_1 ——初始压强

P_2 ——终末压强

V_1 ——初始体积

V_2 ——终末体积

P ——气体压强

V ——气体体积

K ——恒量（常数）

在高压氧舱的设计使用中，高压氧舱容积是恒定的，要达
到治疗所需要的压力，必须知道有多少容积的气体才能满足使
用要求。例如长为 2m，直径为 0.9m 的小型单人纯氧舱，其容
积为 $\pi R^2 h = 3.14 \times 0.45^2 \times 2 = 1.27 \text{ m}^3$ 。常规治疗时使用
0.2MPa 压力，按公式：

$$V_1 = 1.27 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 0.2 \text{ MPa (2ATA)}$$

$$P_2 = 0.1 \text{ MPa (1ATA)}$$

$$V_2 = \frac{V_1 P_1}{P_2} = \frac{1.27 \times 0.2}{0.1} = 2.54 \text{ m}^3$$

即需要 2.54 m^3 的氧才能达到所需要的压力。

当体内血管或组织发生气泡栓塞时，气泡一般呈圆形或椭圆
形。当用高压氧治疗时，根据波义耳-马略特定律，压力升至
0.2MPa 时，气泡缩小至原来体积一半；升至 0.3MPa 时，气泡
缩小至 $1/3$ 。随着压力增大，气泡逐渐缩小，被气泡堵塞的血

管逐渐恢复正常的血液流通，症状即可消失，因此高压氧常用于治疗气栓症及减压病。

四、气体压强与温度的关系(查理定律, Charles 定律)

当体积不变时，一定质量气体的压强与绝对温度成正比。或者说，体积不变时，一定质量气体的温度每升高 1℃ 时，其压强的增加等于它在 0℃ 时压强的 1 / 273。其数学公式如下：

$$P_t = P_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ 或 } \frac{P_1}{P_2} = \frac{273 + t_1}{273 + t_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots \text{ (公式)}$$

式中 P_t ——温度升至 $t^\circ\text{C}$ 时气体的压强

P_0 ——在 0°C 时气体的压强

P_1 ——初始压强

P_2 ——终末压强

t_1 ——初始 $^\circ\text{C}$

t_2 ——终末 $^\circ\text{C}$

T_1 ——初始绝对温度 ($^\circ\text{K}$)

T_2 ——终末绝对温度 ($^\circ\text{K}$)

如将一个在 25°C 条件下充氧，压强为 150ATA 的高压氧气瓶置于室温为 40°C 的供氧房内，据查理定律，该氧气瓶内压将升高，按公式得：

$$P_2 = \frac{P_1 T_1}{T_2} = \frac{150 \times (273 + 40)}{273 + 25} = 157.6\text{ATA}$$

若室温更高，或将高压氧气瓶置于烈日或热源旁，则瓶内压将进一步升高。若是超过氧气瓶允许承受的压强，将会引起爆炸。因此贮氧房要通风透气，室温不要过高，尤其不准将高压氧气瓶露天搁置。

五、气体体积与温度的关系 (盖-吕萨克定律, Gay-lussac 定律)

当气体压强不变时，一定质量气体的体积，在温度每升高

1℃时，就增加其 0℃时体积 1/273，亦即体积与绝对温度成正比。其数学公式为：

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ 或 } \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots \text{ (公式)}$$

式中 V_t ——温度升高到 $t^\circ\text{C}$ 时气体的
体积

V_0 ——温度在 0°C 时气体的体积

V_1 ——初始体积

V_2 ——终末体积

T_1 ——初始绝对温度($^\circ\text{K}$)

T_2 ——终末绝对温度($^\circ\text{K}$)

我们可以将上述的波义耳-马略特定律、查理定律及盖-吕萨克定律归纳为下列数学公式：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \dots\dots\dots \text{ (公式)}$$

式中 P_1 ——初始压强

P_2 ——终末压强

V_1 ——初始体积

V_2 ——终末体积

T_1 ——初始绝对温度

T_2 ——终末绝对温度

以上公式称为气态方程，或称为理想气态方程。该方程显示，压强与体积的乘积被它的绝对温度来除所得的商，在变化状态中总是保持不变的。

计算举例：将 25m^3 的高压氧气充入温度是 25°C 、压强 1ATA、容积 1.5m^3 的单人纯氧舱内，舱内压强将上升到 1.8ATA，问此时舱内温度多高？

解： $P_1 = 1\text{ATA}$ $P_2 = 1.8\text{ATA}$

$V_1 = 25\text{m}^3$ $V_2 = 1.5\text{m}^3$

$T_1 = 273 + 25 = 298^\circ\text{K}$