

金屬冷处理用的 冷冻机和冷冻裝置

康德里雅科夫著

机械工業出版社

15

23

目 次

序言	3
第一章 用压缩气体工作的冷冻装置	5
1 概論	5
2 冷冻装置的示意图和構造	12
3 冷冻装置的計算	32
第二章 高压空气冷冻机	41
4 一次节流的空气冷冻机	41
5 空气經一次节流并在活塞式冷气發動机中膨脹的空气冷冻机	44

出版者的話

本書敘述了在金屬熱處理時所應用的一些冷凍裝置和冷凍機，書中還引述了這些冷凍裝置和冷凍機的主要計算，並且提出了許多實際指示。

本書可供機器製造廠和設計機關的工程技術人員參考。

蘇聯 И. К. Кондряков 著 'Холодильные машины и устройства для обработки металлов холодом' (Машигиз 1953 年第一版)

*

*

*

著者：康德里雅科夫 譯者：杜明、蕭湘

NO. 1634

1958 年 1 月第一版 1958 年 1 月第一版第一次印刷

787×1092 $\frac{1}{32}$ 字數 40 千字 印張 $1\frac{13}{16}$ 0,001— 2,200 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號

定價(10)0.30 元

序 言

苏联共产党第十九次代表大会关于五年计划的指示中规定了要大大地提高工业生产水平。在第五个五年计划中，非常注意机器制造业进一步的技术进步。

要顺利地完成本项重大任务，就需要经常不断地改进生产过程，改进机器制造与金属的加工工艺，以及在生产中广泛地推广新的、先进的方法。在金属加工中采用冷处理就是这些先进方法中的一种。

先进企业的经验证明，采用冷处理能在很大程度上促进机器制造生产中一系列工艺过程的根本改进。

早在一百多年以前，伟大的俄国冶金学家安諾索夫（Аносов）曾在茲拉透斯托夫工厂在世界上第一次对钢使用了淬火后的冷处理。但是，在资本主义制度的条件下，这一先进方法没有得到应有的发展。只有在后来苏联的研究者们（庫尔久莫夫、古里耶夫等等）的工作才证明，金属的热处理采用 -80°C 到 -120°C 的负温处理是合适的。在钢的热处理中采用负温处理能提高机器零件的硬度和耐磨性，以及刀具的生产率。

在机器制造工艺中，进行配合也可以利用负温。

同样，大家都知道，由于金属中发生的某些组织的转变，会使机器零件与精密仪器逐渐地改变自己的尺寸与体积。这种不良现象就可以用低温处理来防止。因而，负温的应用对机器制造方面和金属加工方面的工艺改进开辟了广泛的可能性。

然而，冷处理法的采用尚未在金属加工中得到普遍的推广。其原因是在有关金属冷处理用的冷冻机和冷冻装置的技术文献中对

它宣傳得不够，而且沒有充分的說明。所有这一切都大大地阻碍了这种先进方法在机器制造工業中的推广。

本書想綜合一下机器制造工業中以及其他工業部門中关于低溫冷冻裝置的工作經驗，当然，本書并不能填补技术文献上关于这个極其重要問題的空白，也远不能完成机器制造工業所提出的任务——創造經濟而适用的金屬冷处理用的冷冻机。

这项任务，只有在机器制造業的革新家們同冷冻机器制造方面的專家們密切地創造性合作下才能順利地完成。所以，作者謹向那些能提供关于現有冷冻裝置的工作經驗，关于在試驗过程中或生产过程中所發現的必要的溫度规范，以及有关冷冻机在工作中的缺点等等的金屬冷处理方面的所有工作人員致以深深的謝意。这样的材料对更完滿地总结經驗与合理地确定获得金屬冷处理用的特別低溫的各种方法是很必要的。

凡对本書的缺点給予批評，对本書中所叙述的金屬冷处理用的冷冻机与冷冻裝置提出进一步改进的意見，作者均不胜感謝。

作 者

第一章 用壓縮气体工作的冷冻裝置

1 概 論

获得特別低的,即 $-70\sim-150^{\circ}\text{C}$ 或更低的溫度的方法有好多种。其中在現在应用得最多的有以下四种:

- 1)用固态二氧化碳(干冰)可得到約 -70°C 的低溫;
- 2)利用在正常压力下沸点很低的壓縮气体(液态氮、液态空气)可获得低达 -120°C 或更低的溫度;
- 3)利用高压、中压以及低压的空气冷冻机可获得低溫;
- 4)利用梯流壓縮蒸汽冷冻机可获得低溫。

本書只討論两种获得特別低溫的方法:用壓縮气体(液态氮、液态空气、在特殊的場合下用液态氧)获得低溫的方法;和用一次节流并在膨脹机中使空气膨脹的高压空气冷冻机获得低溫的方法。

用固态二氧化碳获得低溫的方法既不經濟,又不能获得比 -70°C 低很多的稳定性溫度,所以沒有得到广泛应用。

在要求溫度不低于 $-50\sim-60^{\circ}\text{C}$ 的一切国民經济部門中,壓縮蒸汽冷冻机获得了普遍的推广。

但是,能够获得 -80°C 以及更低溫度的(梯流)壓縮蒸汽冷冻机,在目前还是很少見的。

这些机器还没有运轉的技术經濟数据。并且还考虑到本書不是一本理論性質的書籍,而純是一本实际用的参考書,所以,对这些机器不进行研究。

同样，本書也不研究中压与低压的空气冷冻机，因为目前还没有把它們用到金屬冷处理方面去的工作經驗。

本書將特別着重討論在其中靠液态氮或液态空气的蒸發而进行冷处理的冷冻裝置。

任何一种冷冻装备，如果它是靠从專門制造液态冷冻剂（液态氮、液态空气）的裝置供应的液态冷冻剂的蒸發而完成冷处理的，便叫做冷冻裝置，在这里指出这一点是很适当的。

在这种冷冻裝置中，冷冻剂（液态氮或液态空气）在其蛇形管中或任一其他热交换器中蒸發后，便被抛弃（不同收）在大气中。所以，为了使这种冷冻裝置不停地工作，必須接連不断地供給液态氮或液态空气。

任何一种机器，由于作功而把热量从較冷的物体傳給較热的物体，就叫做冷冻机。冷冻机中的工作物質（工作物体）是循环的，热量的傳遞就靠这种物質来实现。

冷冻机和冷冻裝置不同，它的特点是和外部供給的冷源無關。它本身由于功的消耗而[生]冷。

冷冻裝置，主要是在試驗和定期冷处理少量金屬（刀具、小冲模等）时才使用。

显然，这样的冷冻裝置用来連續冷处理大量的金屬就不适当，因为要消耗大量的氮，而現在生产液态氮的工厂能供应的氮量是有限的。

只有在本身有生产液态氮或液态空气的装备时，才可以用这些冷冻裝置进行金屬冷处理的流水作業法生产。

只有在焊接中需要用氧，并且这时在冷处理中对冷的需要量低于企業所消耗的液态氧的冷量生产率时，才可以采用使用液态氧工作的冷冻裝置。

在設計获得低溫的冷冻机和任何一种其他冷冻裝置时，应当考虑到，單位冷量的能量消耗与用来致冷的工作物質的最低溫度有关。

工作物質的溫度愈低，單位冷量所消耗的能量就愈大，因而1仟卡冷量的价值就愈高。

所以，用壓縮气体，例如用在正常压力下沸点为 $-192\sim -195.8^{\circ}\text{C}$ 的液态空气和液态氮来获得 $-110\sim -150^{\circ}\text{C}$ 或更低的特別低溫較為合适。用这样的冷冻裝置来获得較高的溫度是不經濟的，并且冷冻室中的溫度愈高，就愈不經濟。

对能保証获得溫度約为 -150°C 的小型冷冻裝置，可用液态氮作为冷冻剂，它的沸点在1大气压时为 -195.8°C 。液态氮在实验室的条件下和小型的工厂用冷冻裝置中得到了广泛的应用。大型的工厂用冷冻裝置很少用液态氮，这是因为其他型式的冷冻机比这种冷冻裝置还要經濟。

然而，使用液态氮的冷冻裝置具有許多优点：它們不用稀有和貴重的材料，維護簡便，占用地方小，制造起来簡單、便宜，最后，达到最低溫度所需要的时间比其他冷冻机較短。此外，这些冷冻裝置安全可靠，这也是它們的优点。

它們的缺点是：液态氮的价錢貴，在液态氮的运输和保管过程中有損耗，在缺乏制造液态氮的设备的地区不能采用这种冷冻裝置。

制氧设备(或工厂)能对外供給液态氮、氧及富氧的液态空气。也有制造液态空气的设备。

在上述冷冻裝置中使用液态空气●和液态氧时，会使这些设备有爆炸的危險，因为，有机物質落到液体中去的可能性是很难避

● 液态空气中含有达40%的氧。

免的。

氧和富氧空气与有机物质混合时就有爆炸的危险。所以,当用液态空气,特别是当用液态氧进行冷处理时,必须十分谨慎,千万要避免在上述液体中混入有机物质。即使是混入极微量的有机物质也是不允许的。更要特别注意,在这些液体中也不许有乙炔和油。

因此,作者建议在这些冷冻装置中最好使用没有危险的压缩气体,即液态氮。

下面表1中所列的是某些压缩气体的主要物理常数。

表1 压缩气体的性质表

气体名称	化学式	760公厘水银柱及0°C时的比重 γ (公斤/公尺 ³)	气体常数 R (公斤·公尺/公斤·°C)	分子量 μ	在1公斤的气体在20°C及1大气压时的热容量 c (千卡/公斤·°C)		$\frac{c_{\text{定压}}}{c_{\text{定容}}}$	760公厘水银柱时的沸点 t (°C)	在760公厘水银柱时在沸点时的蒸发热 r (千卡/公斤)	液体的比重 $\gamma_{\text{液}}$ (公斤/公尺 ³)
					$c_{\text{定压}}$	$c_{\text{定容}}$				
氮	N ₂	1.251	30.26	28	0.25	0.178	1.40	-195.8	47.7	808
		1.293	29.27	28.95	0.241	0.172	1.40	-192~-195	47	811
氧	O ₂	1.429	26.5	32	0.218	0.156	1.40	-182.8	51	1140

可采用真空绝热容器(圖1)来运输与贮藏少量的液态空气,液态氧和液态氮。

这些容器是用铜做的,有兩層壁。在底部兩壁之間有裝有活性碳或硅膠的網。將兩壁間的空間中的空气抽掉(抽到压力小于0.001公厘水銀柱)。当向容器內注入液态空气或液态氮时,活性碳(或硅膠)便冷却下来,并吸附容器壁間的空間內殘存的气体,而使那里的真空度变得更高。[無空气]的間層是最好的絕热層,因此

冷量的損耗極小。這些球形容器裝在帶有把手的鐵殼內，以防損壞（特別是真空外殼）。外容器與鐵殼之間填滿絕熱材料。容器頸上塞以帶孔的塞子，以便氣體自由向外逸出。絕對禁止用無孔的塞子緊緊地塞住容器。蘇聯工廠所製造的真空絕熱容器的容量有從5公升到100公升的。它們的尺寸列在表2中。

當損耗過大時，必須再恢復真空度與更換新的吸附劑。

在運輸與保存大

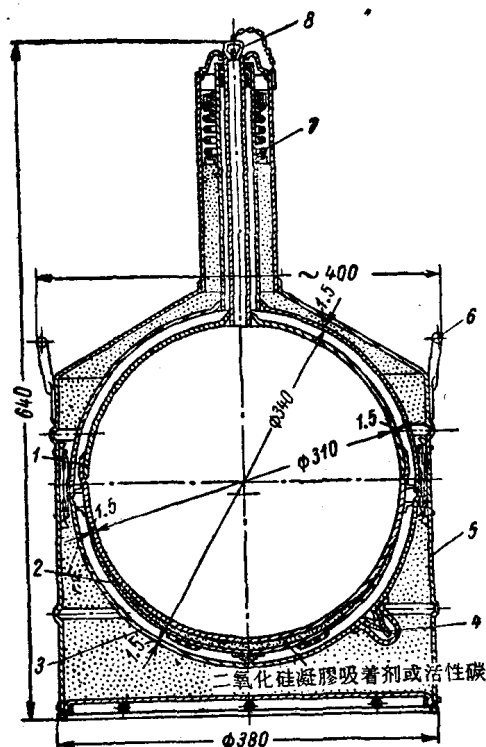


圖1 15公升容量的真空絕熱器(真空瓶):

1—銅制的球形內容器；2—有活性碳或硅膠的吸附室；3—銅制的球形外容器；4—鉛管接頭；5—外殼；6—把手；7—彈簧；8—塞子。

表2 真空絕熱器的主要尺寸

容器的有效容量		空容器的重量 (公斤)	外形尺寸		正常的蒸發損失 (每小時的百分數)
公升	公斤 (以氣計)		直徑 (公厘)	高 (公厘)	
5	5.65	7	280	520	0.8
15	16.95	16	380 ^①	640	0.4
25	28.25	22	460	780	0.3
50	56.5	40	540	880	0.25
100	113	55	680	1040	0.2

① 原書為80。——譯者

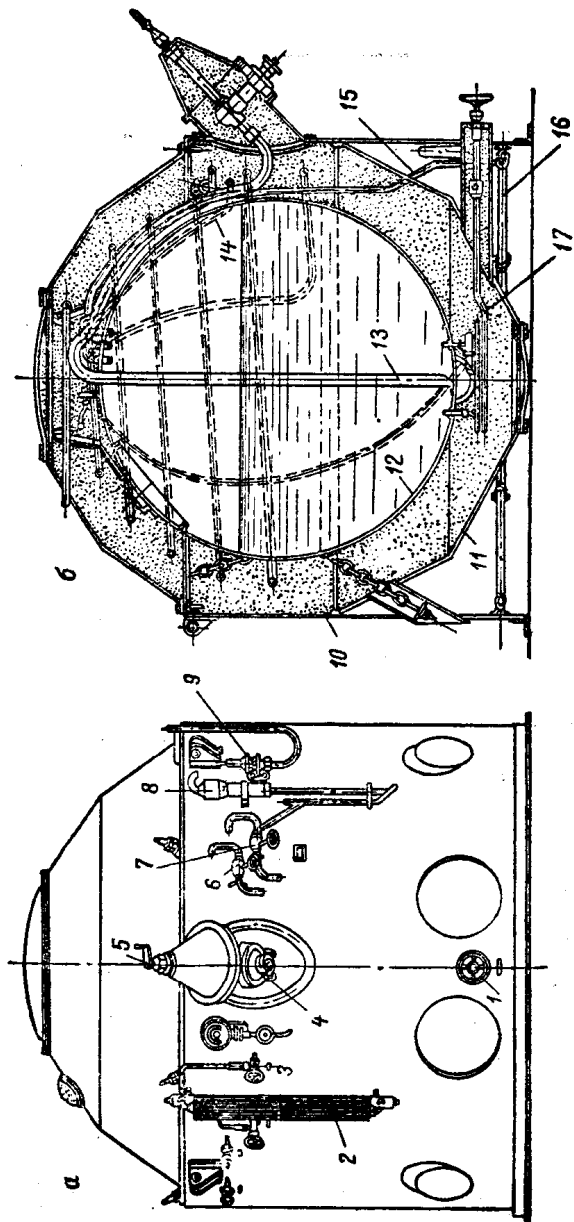


圖 2 運輸用氣罐:

a —总圖; b —縱剖視圖:

1—增壓閥；2—液面指示器；3—壓力計；4—連接軟管的管接頭；5—閥；6—放氣閥；7—直接放氣閥；8—水銀安全器；9—安全閥；10—圓柱形外殼；11—外容器；12—內容器；13—管；14—蛇形管；15—管；16—蒸發器；17—管。

量压缩气体(氧、氮、液态空气)时可用气罐(有运输用的和保存用的)。气罐(圖2)是由内容器12、外容器11与作为支架的圆柱形外壳10所组成的。通过软管把液体充到气罐内或从其中抽出来,软管连接到經液体閥和几乎插到容器底部的管13的管接头4上。充注液态气体时(和在保存期间内)所形成的蒸汽通过蛇形管14逸到大气中。冷气通过蛇形管时,將絕热層冷却。在蛇形管上接有帶孔的支管,以供把干燥的空气通至絕热層,从而防止湿空气自外浸入。

气罐上装有压力計、液面指示器、安全閥以及当安全閥破坏时备用的計算計示大气压为0.55的水銀安全器。气罐中的計示大气压力应为0.3~0.4。

增压閥1是供当由气罐中移注液态气体时提高压力之用的,液体經管17流进蒸發器16中。在蒸發器16中形成的气体經管15进入内容器,在液体的上空产生压力,因此,液体便經管13和閥5而排出。須把增压閥打开,直到气罐内的压力增加到0.4計示大气压时为止。每六个月必須用热空气加热气罐一次。

气体在保存和輸送时的蒸發損失是不大的。而当向气罐内装液体和从其中抽出液体时,損失就要大得多。

保存用的和运输用的气罐的尺寸如表3中所列。

如果气罐的絕热層發生潮湿,就会引起液体的强烈蒸發。这时,就必须取出絕热材料,很好地使它干燥后,再重新放入填好。

对气罐的维护必須严格遵守气罐制造厂所附的說明書上的說明来进行。

严禁把压缩气体、特别是液态空气和液态氧同易燃物及其他有机物质放在一塊保存。

使用压缩气体时必须特別小心,因为液体落到身体上时,会把

表3 气罐的主要尺寸

主 要 数 据	保存用气罐			运输用气罐		
	800 公尺 ³	1000 公尺 ³	1600 公尺 ³	500 公尺 ³	1000 公尺 ³	1400 公尺 ³
容量(公升)	1003	1317	2007	660	1377	2007
装入量(公升)	984	1296	1992	648	1296	1992
换算成气体(15°C和760公厘水銀柱时的氧气)的装入量(公尺 ³)	820	1080	1660	540	1080	1660
空气罐重(公斤)	1000	1070	1480	382	585	695
液体(氧)重(公斤)	1120	1465	2250	733	1465	2250
总重(公斤)	2120	2535	3730	1115	2050	2945
外直径(公厘)	1758	1868	2082	1487	1748	1934
底面直径(公厘)	1858	1968	2172	1587	1848	2034
高(公厘)	2170	2265	2982	1558	1816	2000
裝載車的載重量(吨)	—	—	—	1.5	2.5	3.5
蒸發損失(%)	0.33	0.3	0.25	0.42	0.34	0.3

皮膚燙傷，落到眼睛內時會使眼睛失明。

2 冷冻裝置的示意圖和構造

用台式冷冻箱做試驗性的冷处理是很成功的。作者曾設計并制成了一組这样的冷冻箱，这組冷冻箱既可单独供冷，也可集中供冷。单独供冷的冷冻裝置示意圖如圖 3 所示。

在塑料平板上放有厚 80~100 公厘的絕热層(多孔橡膠)。用銅管(8×1 公厘)制成的直径为 130~180 公厘的蛇形管即固定在絕热層的上方，蛇形管的兩端經絕热層与塑料平板向下伸出。蛇形管的一端几乎插入到液态氮容器的底部，而另一端与試驗室用的真空泵相通。將一直径为 150~200 公厘、高为 200~250 公厘的双層玻璃容器倒放在塑料平板上。为了增加这个玻璃容器的絕热性能，將双層玻璃間的空間內的空气抽到真空度为 0.001 公厘水銀

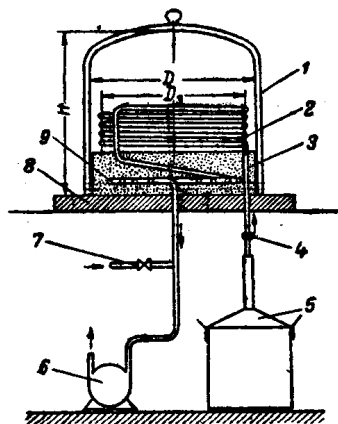


圖3 台式冷冻箱示意图:

- 1—帶有無空氣間層的双層玻璃罩;
2—蛇形管;3—絕熱材料;4—外套連接螺帽;5—液態氮容器;6—真空泵;
7—調節溫度的開關;8—夾布膠木板;
9—絕熱層中的螺旋狀蛇形管。

柱。使用玻璃罩是為了能用眼睛觀察被試驗的工件。真空泵與外界空氣相通的通路上裝有開關，以便調節溫度。關閉或打開這個開關就可調節通到蛇形管內的液態氮量，因此，能使罩內保持一定的溫度。

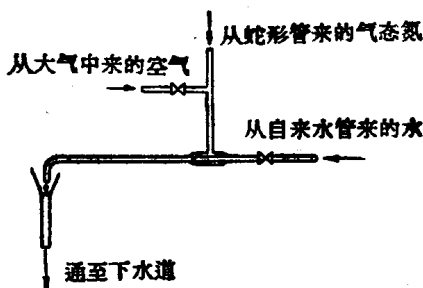


圖4 水流抽氣機的接通示意圖。

可用水流抽氣機代替真空泵。用自來水工作的水流抽氣機的接通示意圖如圖4所示。這時，利用控制自來水的流量或者通過上述的開關摻入外面的空氣來調節氮蒸汽的吸入量。玻璃罩可用如圖5所示的能很好絕熱的木罩(或硬紙罩)來代替。

集中供冷的數個台式冷冻箱有一個公共的真空泵和一個公共的液態氮容器。連成一個統一冷冻系統の台式冷冻小箱組的接通示意圖如圖6所示。工件的冷冻既可在一個冷冻箱內進行，也可以在所有的冷冻箱內同時進行。這種冷冻裝置組最適用於進行大規模的試驗工作。

可用每一冷冻箱上的開關來打開與關閉冷冻箱。箱內溫度的調節，利用在真空泵的進氣管和大气相通的通路上的開關來進行。

當需要冷冻箱中的溫度高于室溫，或者需要縮短在箱中升溫

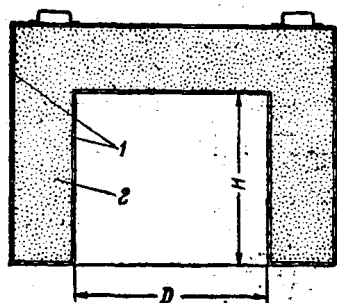


圖5 台式冷冻箱的罩(絕熱的):

1—外壳; 2—絕熱材料。

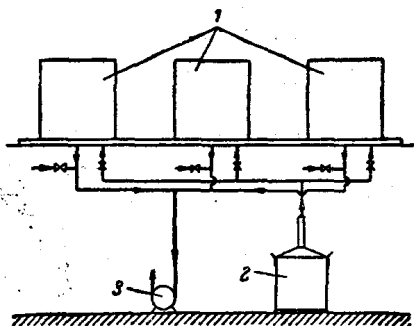


圖6 台式冷冻箱組的接通示意圖:

1—冷冻箱; 2—液态氮容器; 3—真空泵。

(达到室溫或更高)的时间时,可接通裝在箱內的电热器。只有在蛇形管中沒有液体的情况下才可接通电热器。

列宁格勒冷藏与奶品工業研究所曾制成了試驗室用的台式冷冻装置。它的示意圖如圖7所示。双層金屬杯(紫銅制)放在直径为120~150公厘,高为250公厘的玻璃真空瓶內。为了防止金屬与

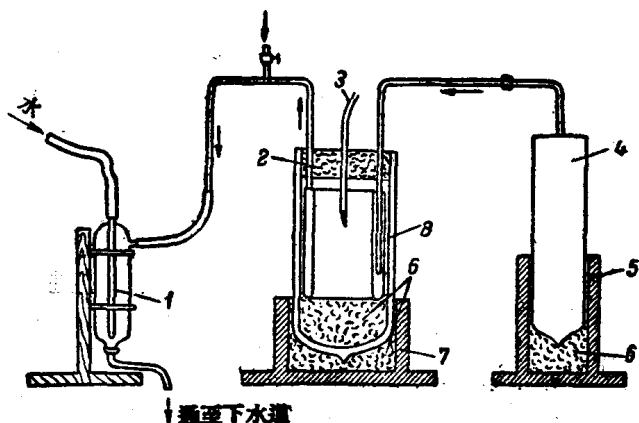


圖7 小型試驗室用冷冻裝置示意圖:

1—水流抽气机; 2—多孔橡胶塞; 3—热电偶; 4—液态氮容器; 5, 7—木座; 6—棉花; 8—真空絕热容器。

玻璃容器的壁相接触，金屬杯的外面包上極薄的呢子。用一根管子將另一玻璃容器中的氮通入雙層金屬杯的兩壁間的空間內，而液態氮蒸發成的蒸汽則用水流抽氣機從另一根管子抽出。控制水流抽氣機的給水量和經過管路的氮蒸汽量來調整溫度，這個管路把水流抽氣機和冷凍金屬杯間的管道與外面的大氣連接起來。當工作時，要用細管子（或孔換膠墊）塞好冷凍杯所在的容器。由於冷凍杯是放在真空絕熱容器內，自周圍介質浸入的熱流極小，故液態氮的消耗也很小。

這種裝置的照片如圖 8 所示，並且為了看得清楚起見，金屬杯稍微往上提出了一些。冷凍杯的左面是水流抽氣機，而它的右面是液態氮容器。

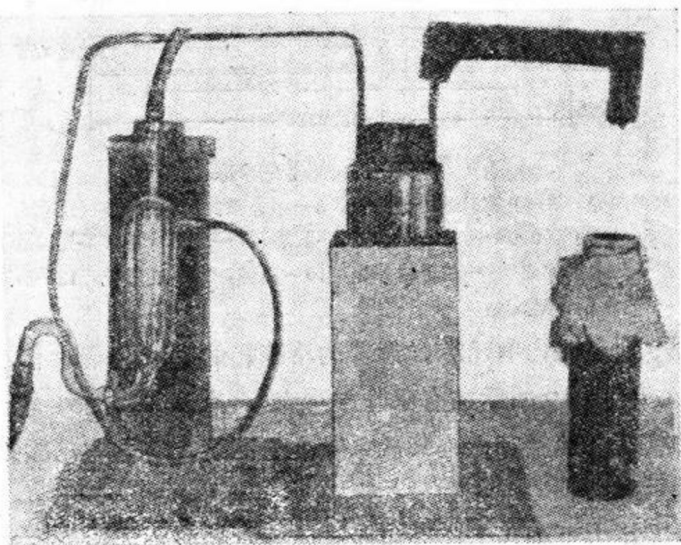


圖 8 小型試驗室用冷凍裝置的總圖。

對較大型工件的冷處理，要利用有效容積達 50 公升或更大的冷凍箱進行。

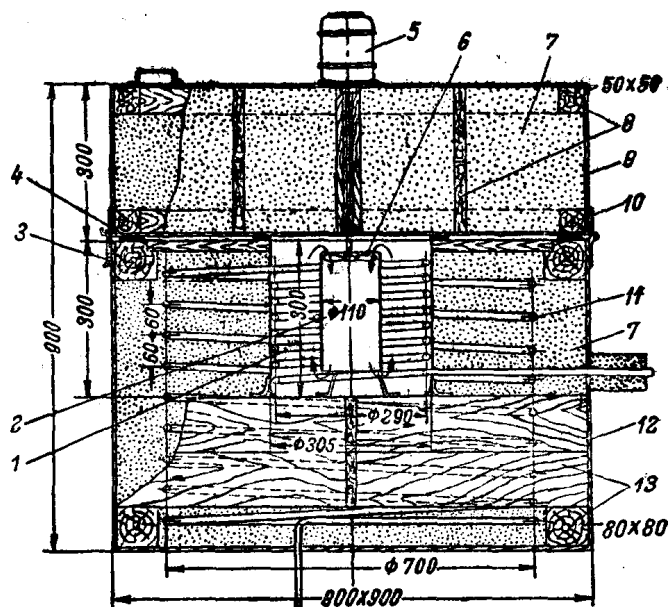


圖 9 具有冷冻蛇形管的冷冻箱：

- 1—黃銅內壳；2—空气运动的导向管；3—閉合鎖扣；4—襯墊（橡膠或毛毡）；5—电动机（0.08~0.12仟瓦）；6—風扇；7—絕热材料（多孔橡膠）；8—盖子的木制骨架；9—盖子的外壳；10—鉸鏈；11—蛇形管；12—外壳；13—箱的木制骨架。

圖 9 所示是內有冷冻蛇形管的冷冻箱的構造。箱的有效容积为 30 公升。圖 10 所示是有双壁內冷壳（具有冷冻套的外壳）的冷冻箱的構造和包括在冷冻裝置系統之內的泵、容器与冷冻箱本身的接通示意圖。

冷冻箱由下列几个部分組成：內部有蛇形冷冻管或板狀冷冻器（圖 9 及 10）的壳、攪拌空气的風扇、真空泵、以及液态氮容器。

圖 10 所示是所有保持与調整冷冻箱溫度的設備和裝置相互作用的示意圖。