



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专规划教材

Zhilengyukongti
Zhuangzhi
Jianxiugongyi

制冷与空调装置检修工艺

李心刚 胡桂秋 编



中国建筑工业出版社
China Architecture & Building Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专规划教材

制冷与空调装置检修工艺

李心刚 胡桂秋 编
李惟毅 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷与空调装置检修工艺/李心刚, 胡桂秋编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专
规划教材

ISBN 978-7-112-09670-1

I. 制… II. ①李…②胡… III. ①制冷装置—检修—高等
学校: 技术学校—教材②空气调节设备—检修—高等
学校: 技术学校—教材 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 172478 号

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。主要包括:
维修设备工具及基本操作、电冰箱与空调器的检修、各种压缩机的检修、
空调系统设备检修、家用中央空调检修等。

本书可作为高职高专制冷、建筑设备类专业的教材, 也适合工程现场
运行检修的技术人员、工人学习和参考, 也可作为制冷、空调职业技能培
训教材。

* * *

责任编辑: 齐庆梅

责任设计: 董建平

责任校对: 刘 钰 王 爽

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专规划教材

制冷与空调装置检修工艺

李心刚 胡桂秋 编

李惟毅 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 14% 字数: 357 千字

2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 24.00 元

ISBN 978-7-112-09670-1

(16334)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

为贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的文件精神,必须加强优质教材建设,确保教材质量。

本教材以培养技能应用型人才为目标,培养现场一线职业操作技能,以具体操作工艺为主要内容,加以部分结构介绍,略去了工作原理部分。对制冷、空调装置维修的基本操作技术、各主要组成设备和部件的结构以及安装、检修工艺,运行故障排除方法作了详细阐述。根据当前中央空调系统民用化的特点,增加了家用中央空调系统的内容。叙述上力求直观、实用、易懂。

本书第一、二、五章由承德石油高等专科学校胡桂秋编写,第三、四章由承德石油高等专科学校李心刚编写。

感谢本书主审天津大学李惟毅教授的认真审阅。

书中如有不妥之处,敬请读者指正。

目 录

第一章 维修设备工具及基本操作.....	1
第一节 设备、仪表、工具及材料配件.....	1
第二节 基本操作技术.....	5
第二章 电冰箱与空调器的检修	25
第一节 电冰箱的类型和结构	25
第二节 空调器的类型和结构	28
第三节 电冰箱与空调器的维修技术	42
第四节 电冰箱与空调器电气控制系统的主要部件及故障检修	54
第五节 电冰箱与空调器常见故障分析	81
第三章 各种制冷压缩机的检修.....	103
第一节 制冷压缩机的类型和结构.....	103
第二节 机器零部件装卸的基本工艺.....	113
第三节 活塞式压缩机的常见故障分析.....	115
第四节 活塞式压缩机的检修内容和拆卸工艺.....	122
第五节 活塞式压缩机零部件的检测与修理.....	126
第六节 活塞式压缩机的装配工艺.....	133
第七节 螺杆式压缩机的检修及故障分析.....	142
第八节 离心式制冷压缩机的检修及故障分析.....	152
第四章 空调系统的设备检修.....	158
第一节 空调系统的常用设备.....	158
第二节 空调系统主要设备的维修及常见故障分析.....	170
第三节 空调系统的故障分析及处理.....	178
第四节 溴化锂吸收式机组的结构及检修.....	183
第五章 家用中央空调检修.....	210
第一节 家用中央空调的类型.....	210
第二节 家用中央空调的工作原理.....	213
第三节 家用中央空调的维护与故障检修.....	216
主要参考文献.....	230

第一章 维修设备工具及基本操作

第一节 设备、仪表、工具及材料配件

一、常用工具

1. 螺钉旋具（俗称螺丝刀）：十字螺丝刀、一字螺丝刀。
2. 钳子：电工钳、鲤鱼钳、尖咀钳、钢丝钳、封口钳、夹扁钳。
3. 扳手：套筒扳手、活动扳手、六角扳手、梅花扳手、管子扳子、呆扳手。
4. 锉刀：圆锉、平锉、三角锉、方锉、组合锉。
5. 锤子：1kg 铁榔头、木榔头。

二、专用设备和工具

1. 真空泵：用于制冷系统抽真空，国产的可用 2XZ—1 型或 2XL—4 型；还可用于日本产的 ROBINAIR15010 型，该真空泵体积小，排气量大，达 4.5L/s，抽真空时间可大大缩短。
2. 干燥箱：1 ~ 2m³/100℃，储存零件用；100 ~ 200L/200℃，零件干燥用。
3. 便携式充注机：1 ~ 2kg，外出修理用。
4. 轻便充注机：3 ~ 5kg，维修站用。
5. 气焊设备：包括乙炔及钢瓶、氧气及钢瓶、各自的减压阀和焊枪等，焊接管路用。
6. 氮气及钢瓶：50 ~ 100L，氮气在制冷设备维修过程中消耗较大，主要用来清洗管道、系统检漏试压等。也可以用氮气来吹扫换热器上的灰尘，使用时，钢瓶上应该安装减压阀。
7. 制冷剂气瓶：50 ~ 100L，盛装制冷剂用。
8. 便携式气焊箱：外出修理用。
9. 便携式工具箱：外出修理用。
10. 便携式仪表箱：外出修理用。
11. 系统冲洗设备：用于系统的清洗。
12. 电烙铁：用作焊接接头，一般 35W 的比较适用。

三、常用检测仪表

1. 压力表：0 ~ 1.6MPa，用于测量制冷系统压力。
2. 复合压力表：最好采用表盘上带有制冷剂饱和压力对应饱和温度指示线的专用压力表，其量程为 -0.1 ~ 0 ~ 2.5MPa。
3. 真空表：-0.1 ~ 0MPa，抽真空、测真空度。
4. 玻璃温度计：-30 ~ 50℃，测温。
5. 热敏电阻温度计：-50 ~ 100℃，测温。

6. 数字温度计及压力式温度计：测温。
7. 万用表：常用来测量元器件的好坏、压缩机的阻值、电源电压等，常用的有 500 型和 MF30 型。
8. 电流表：0 ~ 5A，测电流；0 ~ 10A，测大电流。
9. 钳形电流表：0 ~ 20A，用来测量启动电流和工作电流。
10. 功率表：500 ~ 2000W，测功率。
11. 电度表：10 ~ 20A，测耗电量。
12. 兆欧表：DC500 ~ 1000V，测绝缘电阻。
13. 游标卡尺：测量板厚和管子等内外径的量具。使用时使游标卡尺移动，对准尺上刻度线后读出正确数据。
14. 卤素检漏仪：检查系统是否泄漏，如图 1-1 所示。
15. 电子检漏仪：检查系统是否泄漏。

四、专用管加工工具

1. 快速接头：又称速换接头， $\phi 5 \sim 10\text{mm}$ ，抽真空、灌制冷剂用，如图 1-2 所示。
2. 光管接头： $\phi 5 \sim 10\text{mm}$ ，与快速接头配用，如图 1-3 所示。

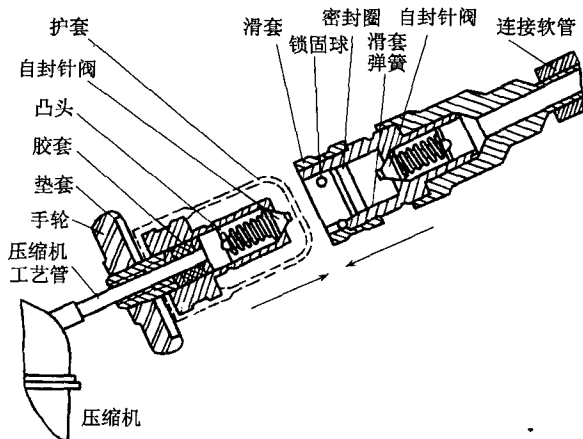


图 1-2 快速接头

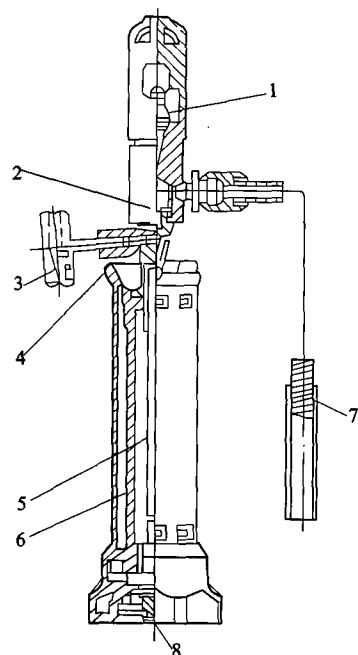


图 1-1 卤素检漏仪

- 1—灯头；2—喷嘴；3—阀芯旋钮；
4—烧杯；5—灯芯；6—灯筒；
7—吸气软管；8—底盖

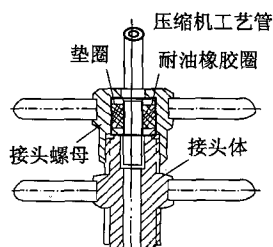


图 1-3 光管接头

3. 检修阀：抽真空或灌制冷剂时检测用。
4. 三通阀：抽真空或灌制冷剂时使用，其结构如图 1-4 所示。在抽真空或充灌制冷剂时，各种管接头和阀门的安装连接如图 1-5 所示。
5. 扩管器和翻边工具：用来对管道进行加工。公制和英制的扩管器和翻边工具最好各准备一套。
6. 手动弯管器和弹簧式弯管器：主要用来对较粗的铜管进行弯曲。
7. 管子割刀：其规格为 3 ~ 20mm；用于切割管道，其形状如图 1-6 所示。

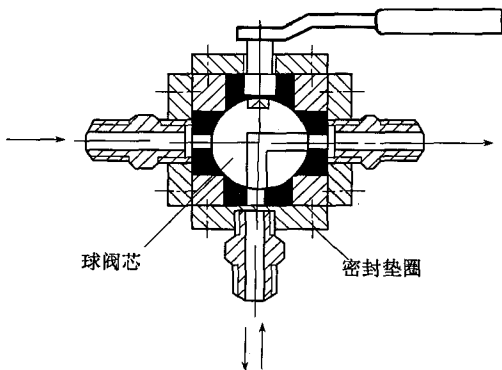


图 1-4 三通阀

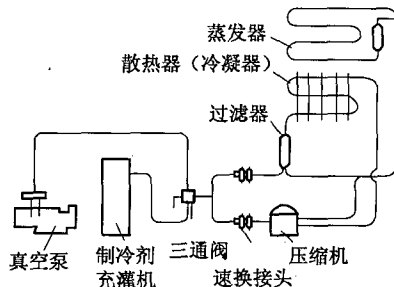


图 1-5 接头、阀门的安装及连接

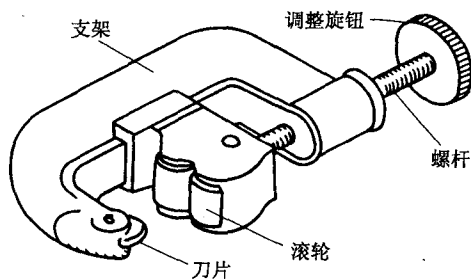


图 1-6 管子割刀

五、常用材料

1. 管材

常用的制冷用管材有紫铜管和无缝管。当制冷管道的管径在 26mm 以下时，一般用紫铜管，紫铜管的规格如表 1-1 所列。当管径较大时，也可以用无缝钢管，普通无缝钢管的规格见表 1-2。英制管径的紫铜管的规格如表 1-3 所列。

紫铜管规格

表 1-1

外径 (mm)	3.2	4.0	6.0	10	12	16	19	22	25
壁厚 (mm)	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
质量 (kg/m)	0.053	0.084	0.140	0.252	0.307	0.608	0.734	0.859	0.985

普通无缝钢管规格

表 1-2

公称直径 (mm)	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
外径 (mm)	14	18	25	32	38	45	57	76	89	108
壁厚 (mm)	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
质量 (kg/m)	0.814	1.11	1.63	2.46	2.98	3.58	4.62	7.10	8.38	10.26

英制管径的紫铜管规格

表 1-3

外径 (mm)	6.35 (1/4")	9.52 (3/8")	12.70 (1/2")	15.88 (5/8")	19.05 (3/4")
壁厚 (mm)	0.8	0.8	0.8	1.0	

紫铜管在进行弯曲加工时，应先退火。退火后的铜管内壁留下氧化皮，应当予以清除。清除的方法有两种：一是用高压氮气冲洗，即用高压氮气从管内吹过，把氧化的皮吹净；二是用棉纱拉洗，即把棉纱扎在钢丝上，浸以汽油，将钢丝伸入管内穿过从另一端穿出，使棉纱从铜管中拉过，一般要拉洗数次，最后用干棉纱拉过。

制冷系统中使用的薄壁钢管，在清洗过程中可用汽油或三氯乙烯，洗净后再用高压氮气吹净。

2. 制冷剂

几种常用制冷剂的特性如表 1-4 所列。

常用制冷剂的特性表

表 1-4

制冷剂	分类	分子式	大气压下 沸点 (°C)	臭氧耗减潜能 ODP (CO ₂ = 1)	全球变暖潜能 GWP (CO ₂ = 1)	是否为受 限物质	是否可燃
R11	CFC	CCl ₃ F	23.82	1	1500	是	否
R12	CFC	CCl ₂ F ₂	-28.79	1	4500	是	否
R22	HCFC	CHClF ₂	-40.79	0.05	510	(否)	否
R32	HFC	CH ₂ F ₂	-58.81	0		否	否
R113	CFC	C ₂ Cl ₃ F ₃	47.57	0.8	2100	是	否
R114	CFC	C ₂ Cl ₄ F ₂	3.81	1.0	5500	是	否
R115	CFC	C ₂ ClF ₅	-39.11	0.8	7400	(否)	否
R123	HCFC	C ₂ HCl ₂ F ₃	27.81	0.02	29	(否)	否
R124	HCFC	C ₂ HClF ₄	-12.00	0.02	150	否	否
R125	HFC	C ₂ HF ₅	-48.50	0	860	否	否
R134a	HFC	C ₂ H ₂ F ₄	-28.5	0	420	(否)	否
R141b	HCFC	C ₂ H ₃ Cl ₂ F	32.00	0.08	150	(否)	轻微
R142b	HCFC	C ₂ H ₃ ClF ₂	-9.78	0.08	540	否	轻微
R143a	HFC	C ₂ H ₃ F ₃	-47.71	0	1800	是	轻微
R152a	HFC	C ₂ H ₄ F ₂	-25.00	0	47	否	中等
R500	CFC/CFC	R12/R152	-33.50	0.74	3333	是	否
R502	HCFC/CFC	R22/R115	-45.44	0.33	4038	是	否
R717		NH ₃	33.4	0	0	是	可
R718		H ₂ O	100	0	0	是	否
H1211	哈龙	CClF ₂ Br		3.0	7	是	否
H1301	哈龙	CF ₃ Br		10.0	5800	是	否
H2402	哈龙	C ₂ F ₄ Br ₂		6.0	7	是	否

注：(否) 为过渡性物质，2020 ~ 2040 年之间受限。

3. 其他

(1) 冷冻润滑油；

- (2) 毛细管： $\phi 0.5 \sim 0.8\text{mm}$ ；
- (3) QZ 漆包线；
- (4) 防冻剂；
- (5) 环氧树脂；
- (6) 固化剂；
- (7) 增塑剂；
- (8) 汽油；
- (9) 焊剂、焊锡、焊条等。

六、常用配件

- 1. 压缩机：500W、750W、900W、1500W 等；
- 2. 启动继电器；
- 3. 启动电容器；
- 4. 温度控制器（温控器）；
- 5. 高、低压阀片；
- 6. 干燥过滤器；
- 7. 汽缸盖与汽缸纸垫。

第二节 基本操作技术

小型制冷系统的修理基本操作主要包括管道加工方法、焊接技术及一些维修中常会遇到的操作方法。现分别介绍如下：

一、管道加工

1. 切管

铜管切断时一般都使用管子割刀。使用管子割刀切割具有管口整齐光洁、适宜扩口的优点。比起手工锯割要好得多，用手工锯割往往会因操作不当而将铜管夹扁变形，且容易使锯屑落入管内，增加清洗管道的麻烦。

管子割刀又称切管器，是切割小直径管子的专用工具，使用时顺时针慢慢旋紧刀轮 $1/4$ 圈，管子割刀再旋转一周，依次类推，直至管子切断。切割管子时轮刃应与管子垂直，并注意进刀深度，以免轮刃崩裂，如图 1-7 所示。

首先，将管道展直，铜管若有弯曲，则不能正确地将铜管切断，或断面倾斜，或断口不平，给进一步加工带来麻烦。然后，将欲切断的管子折合在管子割刀的导向槽内，夹在刀片与滚轮之间，并使割刀与管子垂直，再旋紧手柄进刀，让割刀刀片接触铜管，再将割刀旋转，边旋转割刀，边旋转手柄进刀，大约每旋转两周进刀一次，每次进刀不宜过深，进刀过深会增加毛刺或压扁铜管。故在进刀时，进刀速度要慢，用力要小。

正确的切割方法不是直接用割刀将管子切断，而是在铜管即将被切断时就拆下管子割刀，用手将铜管上下弯折到断开，这样就能减少毛刺。

无论用何种方法切割铜管，当管子切断之后都要用绞刀或管子割刀后面的尖铁将管子内缘的毛刺刮净，如图 1-8 所示。刮毛刺时，应尽可能将管屑去净，刮毕用毛刷刷净，清除管内碎屑。

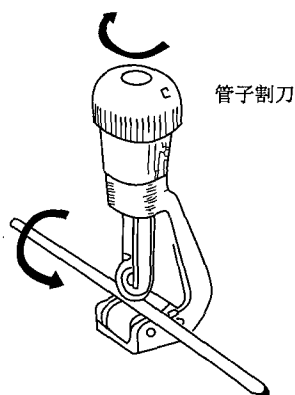


图 1-7 用管子割刀切割管道

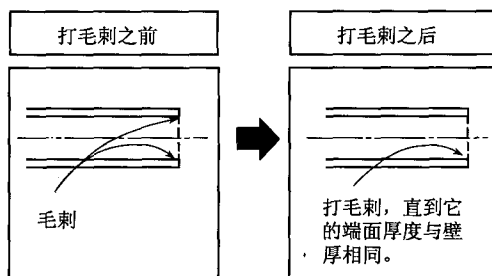


图 1-8 打毛刺

如毛细管太细，可用锉刀锉出槽子后将其折断，也可用锋口较利的剪刀来回转动，划出刀痕，然后用手轻轻折断。

2. 铜管的扩口加工

管道的焊接、全接头连接、半接头连接都需要采用扩管。管道焊接时两管需套接起来，故需先扩成杯形口（胀套接口）。全接头、半接头连接都需要扩口（喇叭口），喇叭口连接方式如图 1-9 所示。

（1）胀管器扩喇叭口。首先将铜管两端的毛刺用刮刀刮去，胀管的一端热退火，在空气中自然冷却后再进行胀管。如果不打毛刺就进行扩口加工，则会造成如图 1-10 所示的不良结果，在以后进行喇叭口连接时，容易造成泄漏。然后将铜管胀口一端放入胀管器夹铁中（选用与管径相同的夹口），铜管露出夹口的高度应和胀管器夹铁模口的斜边长度相同，旋紧夹具，在顶尖上涂抹少许冷冻润滑油，然后旋紧手柄，使顶尖下旋 $3/4$ 圈左右，再退出少许，反复进行操作，直到扩成喇叭口为止。

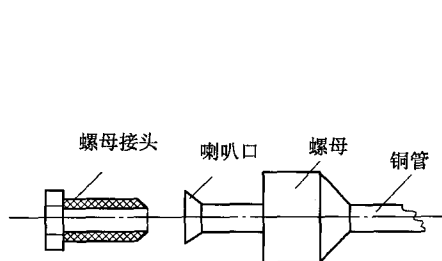


图 1-9 喇叭口连接方式

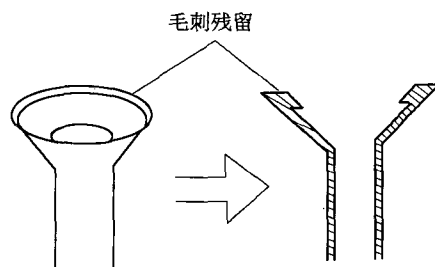


图 1-10 喇叭口卷边

图 1-11 所示是一种专门用来扩喇叭口的工具。只需将铜管夹入相应的夹口中，锥头对准铜管口，收紧紧固螺杆，向右旋动手柄，直至手感变轻，在出现“咔嗒”声响后，再多旋 2 圈，喇叭口即扩成，使用起来非常方便。

扩出的喇叭口应光滑、无裂、扩口无伤疤，扩口既不能小，也不能大，以压紧螺母能灵活转动而不致卡住为佳。图 1-12 所示的是不合格的喇叭口，都应割掉后重新加工，以保证质量。

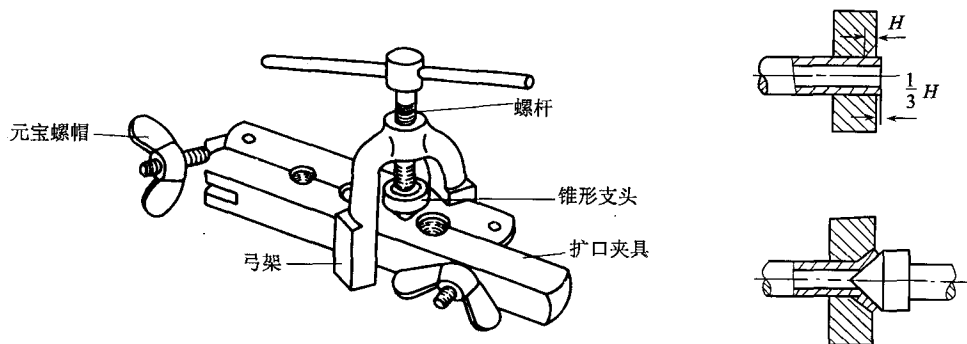


图 1-11 喇叭口专用胀管器

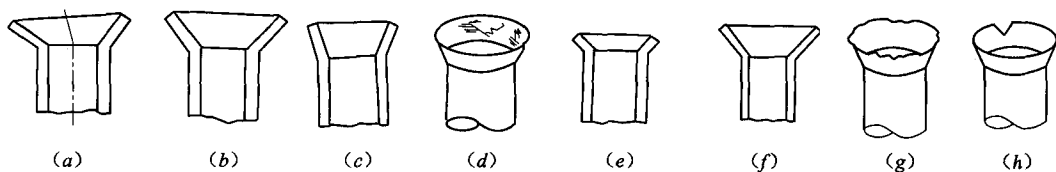


图 1-12 不合格的喇叭口

(a) 铜管切割不良造成的偏心；(b) 厚度不等；(c) 扩口用圈杆上表面贴合不良造成的角度不良；

(d) 切屑粉末等造成的内表面伤疤；(e) 扩口部尺寸小；(f) 扩口部尺寸大；

(g) 打毛刺加工不良；(h) 打毛刺过分所造成的裂口

(2) 冲扩杯形口。杯形口主要用来进行管道连接，其加工的方法有两种：一种如扩喇叭口，只是把扩喇叭口的尖头换成扩杯形口的冲头，操作步骤与扩喇叭口相同，图 1-13 所示为扩喇叭口和杯形口的夹具及冲头。第二种方法是先将被冲扩管子的端部约 20mm 的长度加热退火，然后在室温中自然冷却。再将铜管放入夹具中夹紧，铜管上部露出 10~15mm，再将夹具夹在台钳上，用榔头将钢冲逐步打入，边打边转动，待钢冲全部打进去后，取出钢冲，即冲出了杯形口。冲扩完毕后应用干布拭净。杯形口无扁、无裂口为合格，见图 1-14。

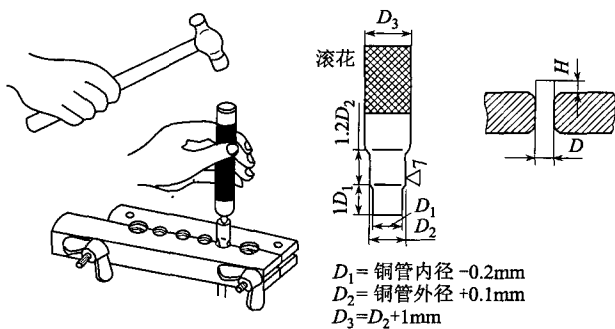


图 1-13 胀扩管夹具及冲头

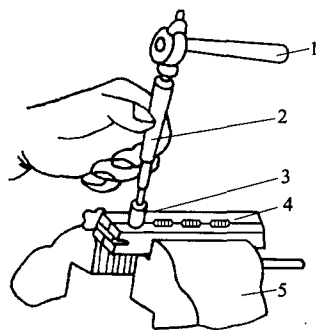


图 1-14 冲杯形口

1—铁锤；2—钢冲；3—管子；
4—胀管器；5—台虎钳

3. 弯管

弯管的方法有用手弯管和用弯管器加工两种方法。

用手弯曲铜管的方法是：双手握住铜管，用拇指的指肚从弯曲的内侧撑住，一只手紧握，另一只手一边滑动，一边慢慢将铜管弯曲。

用手弯曲铜管时值得注意的是：若铜管较粗，弯曲起来则比较困难。用力不能过猛，过猛则容易使铜管压扁或损坏。同时，用手弯曲铜管时弯曲的程度不能过大，若弯曲程度太大，则铜管会压坏。

用手弯曲铜管的方法如图 1-15 所示。

铜管、钢管都可用弯管器进行弯管。弯管时应注意铜管弯曲的半径应大于管径的 5 倍，否则，会因曲率半径过小而将管道弯扁变形。

弯管的工具有弯管器和弹簧弯管器。

弯管时，先将铜管套入弯管器内，然后扣住，慢慢旋转杆柄，使管子弯曲。所用的弯管器规格应与铜管直径相符，在弯管过程中应注意不要将管压扁、胀裂。如铜管两端需要扩喇叭口时，应在弯管后再进行扩口，用弯管器弯管如图 1-16 所示。

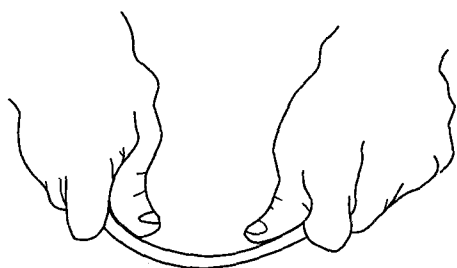


图 1-15 用手弯曲铜管

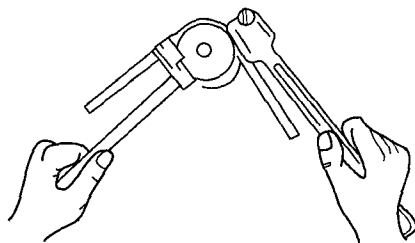


图 1-16 弯管器弯管

对于直径小于 10mm 的较细的铜管可以用弹簧弯管器弯管。这种方法简便易行，可将铜管弯成 90°、环形或任意角度，但弯曲半径不能过小，否则弹簧弯管器不易抽出。操作时将铜管套入弹簧弯管器内，轻轻弯曲，因为弯管时速度过快或用力过猛都会造成铜管被压坏。也要注意不要用管径不匹配的弹簧弯管器。如不加以选择而任意乱用，也将使铜管弯扁。弹簧弯管器及使用如图 1-17 所示。

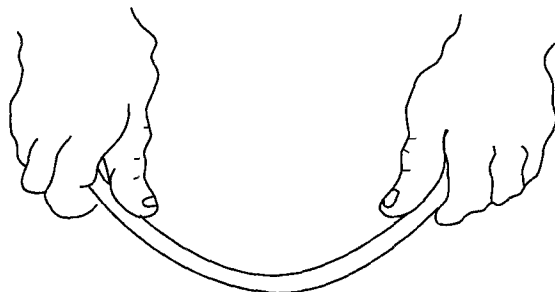


图 1-17 弹簧弯管器弯管

二、焊接

1. 操作规程

在制冷系统的修理、装配过程中，制冷剂管道的连接都可以采用焊接连接。焊接是技术性较强的操作，既要有一定的实际操作经验，又要有理论来作依据。同时，由于焊接时使用乙炔、氧气等，所以安全操作也是非常重要的。焊接操作时必须严格遵守操作规程。

空调与冰箱维修中一般采用的焊接方法是钎焊或称硬钎焊。硬钎焊就是用熔点比所焊接的管件金属熔点低，但又高于 450°C 的金属作焊料。使焊料熔化后添加在管道的结合部位，使其与管材金属发生沾润现象，而又不致使管材金属熔化的一种焊接方法。熔点在 450°C 以上的焊料叫做硬焊料。

空调与冰箱管道、管件采用硬焊料或气焊。通常使用的有银焊料、黄铜焊料和磷铜焊料。国产的银焊料有银基焊料（45% 银钎料），以银钎焊剂或硼砂为焊药。开始熔化的温度为 620°C ，被焊接的管材金属熔化的温度约在 $620 \sim 760^{\circ}\text{C}$ 之间。

气焊焊矩钎焊，一般要有熔剂保护。熔剂也就是俗称的焊药，其作用是去除被焊管材金属的氧化物和异物，且对焊接金属及焊料的腐蚀作用限制在最低限度，焊接后易除去熔渣。使用熔剂可以使焊料流动对焊接有利。我们常用的硼砂就是一种非腐蚀性熔剂。

用硬钎焊对空调制冷管道、管件进行焊接时，应注意以下几点：

（1）首先将欲焊接的管道、管件的金属材料表面进行清洁，不应有水分、油污和灰尘。因为这些成分都会影响焊料的流动和焊接，油污受热炭化后也会使焊料不流动、不焊接。

（2）选择合适的焊接熔剂。熔剂的使用对焊接质量有很大影响，要根据焊接金属、焊料和间隙等选择熔剂，一般熔剂的温度比焊料温度低 50°C 为佳。

（3）适当掌握火候和焊接时间。强火焊接会造成金属氧化，影响焊接强度。相反，用弱火加热（即慢加热）易使熔点低的金属和熔点高的金属分层，易造成泄漏。

（4）焊接部件必须固定牢靠，在不振动的地方进行焊接。

（5）铜管采用套焊时，伸入长度和管间长度与焊接强度有直接关系。空调器制冷管道的合理间隙及伸入长度分别见图 1-18 所示和表 1-5 所列。图中管间间隙 $A = D - C$ ，伸入长度为 B 。

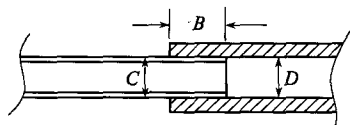


图 1-18 间隙尺寸及伸入长度

套焊间隙及伸入长度

表 1-5

管径 (mm)	10 以下	10 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 35
间隙 (mm)	0.06 ~ 0.10	0.06 ~ 0.20	0.06 ~ 0.26	0.06 ~ 0.55
伸入长度 (mm)	6 ~ 10	10 ~ 15	15 以上	15 以上

（6）焊接完毕应仔细检查和清扫。

空调与冰箱制冷管道的焊接主要采用氧—乙炔焰气焊。氧—乙炔焰焊接的焊接火焰分为三种，即中性焰、氧化焰和碳化焰，如图 1-19 所示。

中性焰：氧气与乙炔的比值（氧/炔）为 1~1.2 时，得到的火焰为中性焰。中性焰有三个能显著区别的区域，即焰芯、内焰和外焰。焰芯由未经燃烧的氧气和乙炔组成，外表分布有一层由乙炔分解所生成的碳素微粒，因而温度较高，形成光亮而明显的轮廓。内焰由乙炔的不完全燃烧产物（一氧化碳与氢气）所组成，具有一定的还原性，颜色较暗，呈淡橘红色。外焰是一氧化碳与氢气与大气中的氧完全燃烧后生成的二氧化碳和水蒸气，具有氧化性。中性焰适用于焊接一般碳钢和有色金属。

氧化焰：当氧与乙炔的比值大于 1.2 时，得到氧化焰。燃烧后尚有部分过剩的氧气，焰芯形状变尖，内焰很短，几乎看不到，外焰也缩短，呈蓝色，燃烧时有噪声。氧化焰适用于焊接黄铜、锰钢等。

碳化焰：氧与乙炔的比值小于 1 时，得到碳化焰。燃烧后尚有部分乙炔未燃烧，碳化焰火焰变长，而且非常明亮，焰芯的轮廓不清，外焰特别长，当乙炔过剩量很大时，会冒黑烟。由于碳化焰中有过剩的乙炔，它可分解为碳和氢，在焊接时，使用焊缝金属渗碳，这会改变焊缝金属的机械性能，使强度增高，塑性降低。碳化焰适用于焊接高碳钢、铸铁及硬质合金材料等。

中性焰是气焊的标准火焰，其温度分布如图 1-20 所示。焰芯温度约 900℃，内焰最高温度为 3150℃，在距离焰芯末端 2~4mm 处。气焊时金属应放置在该处加热，进行焊接。

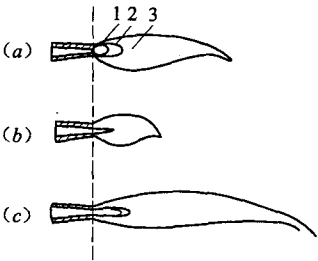


图 1-19 氧—乙炔焰
(a) 中性焰；(b) 氧化焰；(c) 碳化焰
1—焰芯；2—内焰；3—外焰

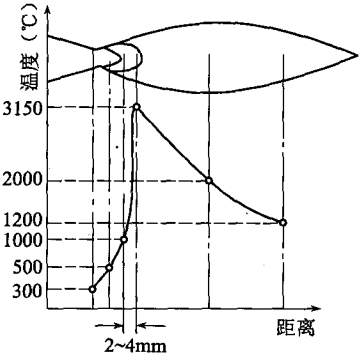


图 1-20 中性焰温度分布及
火焰温度调节范围

用气焊焊接时，加热的时间不宜过长，以免部位氧化，同时加热要均匀。铜在焊接时，受热后颜色要随温度不同而变化，其颜色的变化反映了温度的高低，表 1-6 给出了铜在加热时的温度和颜色的对照关系。

铜加热时温度、颜色对照表								表 1-6	
颜色	白天可见	暗红	鲜红	浅红	橙	黄	浅黄	白色	白而有光
温度 (°C)	525	600	725	830	900	1000	1080	1180	1300

2. 设备及操作

焊接设备主要由氧气瓶、乙炔气瓶、氧气压力调节器、乙炔气压力调节器、氧气连接管、乙炔连接管、焊枪等部分组成，如图 1-21 所示。

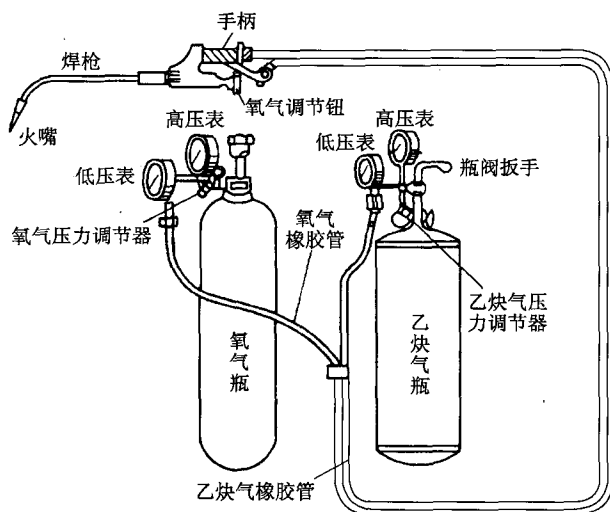


图 1-21 焊接设备

在使用氧—乙炔焊接时，应注意下列事项：

- (1) 焊接前一定要检查设备是否完好。焊接时，焊接者一定要带上护目镜（墨镜）和手套。
- (2) 乙炔气瓶不得卧放，只能直立使用。开启乙炔阀时动作要轻、缓。
- (3) 氧气阀的开启也要轻、缓。不得同时开启乙炔阀和氧气阀，以免产生爆音。
- (4) 点火时要取正确方向，以防火焰吹向气瓶。气瓶的调节阀在开启时不得向人体的方向，而应朝外，确保安全。
- (5) 应检查气瓶口、橡皮管是否漏气，火嘴的检漏使用肥皂水。
- (6) 若发现火焰变成双道，应检查火口。
- (7) 不准在未关闭压力调节阀的情况下整理火嘴。应先关闭压力阀，再更换火嘴。也不准将橡皮管折弯后换火嘴。
- (8) 不准在未关气阀熄火前离开现场。
- (9) 每个减压阀只能用一种气体，若减压器冻结时只能用热水或蒸汽解冻，不准用火烘烤。减压器不得沾有油脂。
- (10) 气瓶不得靠近热源，也不应置于日光下暴晒，应放在阴凉的通风环境下使用，以防止气瓶受热后压力增大而引起爆炸事故。
- (11) 焊炬及火嘴不应放在有泥沙的地上，以防堵塞。
- (12) 易燃品等应远离焊接现场，以免发生意外。

具体的焊接操作如下：

铜管插入焊：平焊、立焊。首先将焊接管扩成杯形口。所焊两管按规定尺寸插入（见表 1-5），且圆心对正。使气焊火焰烤热铜管焊接处，当铜管微红（ $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ ）时，将银焊条放在焊口处，熔化焊接。焊接时间及火候要掌握适当，且要加热均匀，并在焊口四周焊接。焊接要充分牢靠，但又不能过热，焊料应冒出管接头 0.8mm 以上，决不能有小孔和焊渣存在。自然冷却后，用干布将焊接处擦净。铜管插入焊如图 1-22 所示。

- (1) 铜管与毛细管焊接。因毛细管较细，铜管较粗，故焊接时需用压管器。其方法

为：将毛细管插入铜管 20 ~ 30mm，并用压管器在粗管距管端约 10mm 处四周滚压，至压到铜管内的毛细管为止。若无压管器用钢丝钳压也行。然后如前述方法进行焊接，只是在烘烤铜管时，不必烘烤到毛细管。其焊接方法如图 1-23 所示。

(2) 毛细管与过滤器焊接。毛细管与过滤器焊接如图 1-24 所示。毛细管插入过滤器约 15mm，应深度合适。若插入过深，会触及过滤器内的滤网，易发生堵塞。焊接时温度要低，时间要短，否则，毛细管易变形。

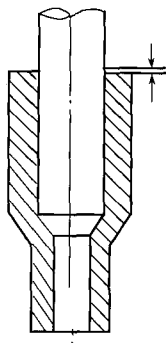


图 1-22 铜管插入焊接

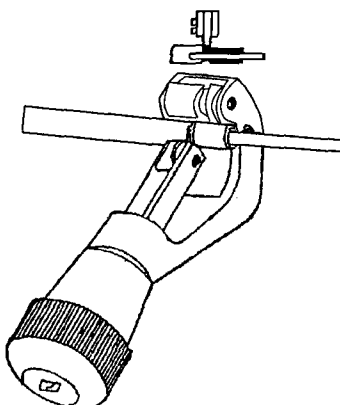


图 1-23 铜管与毛细管焊接

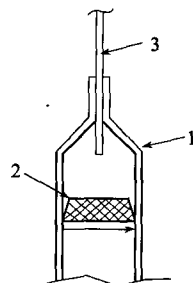


图 1-24 毛细管与过滤器焊接
1—壳体；2—过滤网；3—毛细管

三、抽真空

在检修制冷系统时，必定会有一定量的空气进入系统中，空气中含有一定量的水蒸气，这会对制冷系统造成膨胀阀冰堵、冷凝压力升高、对系统零部件产生腐蚀等影响。由此可见，系统检修后，在未加入制冷剂前，对系统抽真空是十分重要的，而抽真空的彻底与否，将会影响系统的运转效果。

真空泵的功能是抽真空，排除空调制冷系统内的空气、水分。抽真空并不能把水分抽出系统，而是真空形成后降低了水的沸点，水在较低温度下沸腾，以蒸汽的形式从系统中抽出。如图 1-25 所示，叶片式真空泵由转子、定子、叶片及排气阀等组成。工作时在离心力和弹簧的弹力作用下，叶片紧贴而定子的缸壁上，并将其分隔成吸气腔和压缩腔，转子旋转时吸气腔容积逐渐扩大，腔内压力下降，吸入气体；压缩腔容积逐渐缩小，压力升高，气体从排气阀排到大气中去，这样不断循环，便可以把容积内的空气抽出，从而达到抽真空的目的。

1. 全封闭压缩机制冷系统抽真空

常用抽真空的方法有四种：低压单侧抽真空，加热干燥抽真空，高、低压双侧抽真空及二次抽真空。图 1-26 所示为全封闭压缩机制冷系统抽真空连接图。

(1) 低压单侧抽真空。低压单侧抽真空是利用压缩机壳上的加液工艺管进行，但高压侧即冷凝器、干燥过滤器内的空气需要通过毛细管、蒸发器、低压回气管、压缩机，然后由真空泵排出。由于毛细管内径小，阻力很大，当低压侧的真空度达 133Pa 时，高压侧仍要在 1000Pa 以上。抽真空的时间视真空泵抽真空能力而定，一般约需 3 ~ 4h，真空度可在 133Pa 以下。