

本标准参照采用国际标准 ISO 4414—1982《气动——装置在传动与控制系统中应用的建议》。

1 适用范围

本标准适用于机械设备的气动系统。

2 引用标准

GB 786 液压及气动图形符号

GB 7940 五气口气动方向控制阀 安装面

GBJ 87 工业企业噪声控制设计规范

3 一般要求

3.1 基本要求

气动系统的设计、制造与使用必须满足以下要求：

- a. 人员安全；
- b. 连续动转；
- c. 寿命长；
- d. 维修方便和经济。

3.2 安全要求

设计气动回路时，应考虑各种可能发生的事故（包括电控、气控、液控等各种控制源的事故）。元件的选择、应用、安装和调整等应首先考虑在事故发生时能保证人员的安全，并使设备的损坏最小。

3.2.1 系统中所有元件必须具有合格证。

3.2.2 设计系统时，应使元件位于易装拆之处，并能安全地调整和维修。

3.2.3 系统必须有过压保护措施。

3.2.4 必须保证系统在失压时不会引起危险。

3.2.5 必须保证排气不会引起危险。

3.2.6 系统中的所有元件必须按制造厂的规定进行操作。

3.2.7 当气动系统在特殊场合下使用时，设计、制造和使用单位应商定特殊场合的具体要求，并据此进行系统的设计。例如，需要考虑：

- a. 振动、严重污染、高湿度；
- b. 高海拔（1 000 m 以上）及严寒地带；
- c. 易燃环境条件；
- d. 电路数据（电压、频率、功率）；

e. 电气元件的保护措施。

3.3 系统的工作温度

必须说明系统工作环境的温度范围,在此范围内设备应能可靠地工作。

3.4 元件的更换

应能在不拆邻近机器部件的条件下更换元件。

3.5 起吊措施

质量超过15 kg的所有元件、部件或装置、都必须有便于起吊的措施和方法。

3.6 设备的安装

3.6.1 元件和设备的安装必须按制造厂的规定进行。

3.6.2 制造厂必须向用户提供气动设备基础细部图和主干管路布局图,以及安装技术要求。

3.6.3 制造厂必须使用按国家标准制造的零件(开关、轴承、填充材料、销子、紧固件等)。

3.7 使用说明书或维修资料

制造厂必须向用户提供气动设备的使用说明书或维修使用资料,其内容应包括:

a. 气动系统原理图和(或)气动控制回路图,电气控制线路图、元件与机器的连接细部图、控制柜和控制面板元件安装位置图、元件部件明细表;

b. 系统的调试方法和步骤;

c. 特殊元件及部件的构造、工作原理、拆装和维修方法;

d. 需要定期测试和维修保养的测试点、加油点、放水口、过滤器、分水滤气器等的位置;

e. 推荐的备件清单;

f. 气动系统的常见故障及排除方法。

3.7.1 系统图和(或)回路图

a. 应按照 GB 786及其他有关国家标准绘制;

b. 除非另有说明,一般情况图形符号必须表示设备处于静止(即所有动力都已关断,回路排空和准备起动)时的状态;

c. 应尽量减少交叉线;

d. 图中每个元件必须有单独的名称或字母编号(见3.10.2);

e. 气口、测试点、放气口和节流接头必须有标志(见3.10.3);

f. 气源和机器间的管道两端必须有标志,回路的每根管道都应有编号。

3.7.2 数据和资料

说明书或元件明细表应提供下列数据和资料:

a. 每种元件必须说明名称、型号、规格、数量、目录编号、件号或图号;

b. 管子的口径、壁厚;

c. 气缸活塞和活塞杆的直径;

d. 自由空气消耗量;

e. 空压机驱动电机的型号、功率和转速;

f. 压力控制阀的压力调定值;

g. 过滤器的型号和过滤精度;滤芯备件数;

h. 每一执行元件用途的说明;

i. 使用时要求的冷却水流量、最高和最低压力,以及冷却水源最高温度;

j. 气罐额定容积;

k. 每只油雾器所需润滑油的体积、牌号和粘度范围;

l. 机器的循环时间,气动、电器和机械控制装置的操作节拍顺序图表或说明。

3.8 试验

3.8.1 气动系统应按规定或协议进行性能试验,以确定性能是否符合制造厂的说明书或本标准。

3.8.2 安装完毕的气动设备,其噪声必须符合 GBJ 87的规定。

3.8.3 气动管路系统不得有外部泄漏。

3.9 包装和运输

3.9.1 需要分段运输设备时,已拆下的管子及与它们相连接的接口和(或)接头都必须有识别标记。

3.9.2 所有设备必须包装完好,防止生锈、变形和损坏。运输过程中应保护设备的标志。

3.9.3 在运输过程中和安装之前,外露的孔口和外螺纹应加密封帽等予以保护。

3.10 标志

3.10.1 元件(小型元件除外)上必须以耐久的形式表明下列细节:

- a. 制造厂名和产地;
- b. 型号;
- c. 符合 GB 786的图形符号,符号的每个气口应有标志;
- d. 工作压力。

此外,有些元件和输件应表明表1所列数据。

3.10.2 只要可能就应在系统中的每个元件附近以鲜明耐久的方式标注其件号或字母编号,但不标在元件上。这些件号或编号必须和图中、表中及目录清单中的相一致。

表 1 元件上应给出的附加数据

元(辅)件	数据和符号	说 明
a) 空压机	额定输出(压力和自由空气体积) 所需输入功率 转速(r/min) 转动方向 系列编号	
b) 马达和摆动马达	自由空气消耗量(标准状态下) 转动方向(相对于出口) 转速(r/min) 回转角度 扭矩(额定压力下) 系列编号	适用于气马达 适用于摆动马达
c) 气缸	缸筒直径 活塞杆直径 行程长度	
d) 压力控制阀	压力调整范围	
e) 电磁阀(标志在电磁铁上)	电压 交流电频率或直流电 防护等级	
f) 压力继电器	压力调整范围 压力级差范围 开关的电压及电流容量 防护等级	

续表 1

元(辅)件	数据和符号	说 明
g) 气罐、均压罐和空气瓶	水压试验压力和试验日期 设计工作压力 容积 系列编号	任选一种标志方法： a) 在焊接于容器上的金属板上打上钢印； b) 在容器上低应力区(例如冷冲端盖)打钢印。圆柱壳上不允许打钢印
h) 过滤器	工作温度范围 过滤精度 空气的流动方向	符合国家标准
i) 油雾器	工作压力范围 流动方向	
j) 干燥器	空气最大工作流量(在规定的状态下) 压缩空气最高和最低温度 最高和最低工作环境温度 流动方向 电源电压、频率和额定电流 保险丝额定值	
k) 冷却器	流动方向 冷却介质的类型 最高工作环境温度	在空气和冷却介质的出入口处应有流动方向的永久性标志

3.10.3 元件的气口,包括先导口、测试点和放气口都必须有清楚的和永久性的标志,且应和回路图中的一致。

3.10.4 非电控阀的操作机构必须有简明耐久的标志,且应和回路图中的一致。

3.10.5 在电气线路图和气动回路图中,阀的电气操作机构的标志必须一致。

3.10.6 装在气路板、底板和接头内的插装阀及其他功能元件(节流孔、梭阀、单向阀等),必须在其检拆口附近做上标志;当检拆口位置在一个或几个元件下面时,则必须在元件近旁提供识别标志,并注上“内装”字样。

3.10.7 控制台上的每个元件必须设一块铭牌,其位置应便于操作者视读。铭牌上的标志应准确地表达被控制的执行元件的功能。

4 空压机、气马达、摆动马达和气缸

4.1 空压机、气马达和摆动马达

4.1.1 空压机与电动机以及马达、摆动马达与被驱动装置的安装底座必须有足够的刚度,以确保转动时始终同轴。

4.1.2 联轴器的型式和安装要求应符合空压机、气马达和摆动马达制造厂的规定。

4.1.3 外露的旋转轴和联轴器必须有防护罩。

4.1.4 空压机的进口条件应符合制造厂的规定。

a. 设置进口过滤器(湿式或干式),无油空压机必须用干式过滤器;

b. 大型空压机必须从空压机房外边吸取空气,其进气口应有防护措施。

4.1.5 空压机站必须具备下列条件:

a. 合适的基础;

- b. 维修和起重设备用的通道;
- c. 避免有害的环境;
- d. 吸声和隔振的措施;
- e. 空气冷却器的适当通风措施。

4.1.6 容积式空压机必须安装安全阀,空压机和安全阀之间不得有其他阀。多级空压机或空压机串联使用时,每一级后都必须设过压保护装置。

4.1.7 并联安装的空压机之间必须有隔离阀,隔离阀与每台空压机之间必须安装单向阀。

4.1.8 空压机本身装有冷却器时,制造厂必须说明冷却液的用量和型号。

4.1.9 空压机和管道连接,应有隔振和消除应力的措施。

4.1.10 气马达和摆动马达的气源条件(清洁度、压力、湿度、温度和润滑)必须符合制造厂的规定。

4.1.11 在应用气马达和摆动马达时,应该考虑起动扭矩、堵转扭矩、负载波动的影响和负载动能。

4.2 气缸

4.2.1 设计系统时必须考虑行程、负载和工况,要防止塞杆伸出时产生不正常弯曲。

4.2.2 脚座式气缸的底座固定螺栓必须能承受全部剪应力而不致引起危险。

4.2.3 安装表面不得使气缸变形,必要时需留出热膨胀裕量。

4.2.4 活塞杆和活塞采用装配式结构时必须可靠地锁紧。

4.2.5 为了拆装方便,活塞杆端有连接螺纹时一般应在螺纹近旁设计和标准扳手相配合的扁平部分。

4.2.6 单作用气缸的排气口必须加以保护,以防液体及异物进入。

5 控制阀

5.1 安装

5.1.1 板式阀和插装阀必须有保证定位的措施。

5.1.2 为保证阀能可靠地工作,阀的安装方位必须考虑重力、冲击或振动对主阀芯的影响。

5.1.3 叠加阀和板式阀必须采取适应措施以保证:

- a. 相邻阀之间有适当隔以保护导管(见 GB 7940);
- b. 便于检测阀和操作机构的泄漏;
- c. 有足够的维修空间;
- d. 不使背压产生有害影响。

5.2 失效保护

在起动、停止或控制系统失灵时,若需保持执行元件自身位置时,必须使用带有定位装置或能起失效保护作用的阀来控制。

5.3 阀的操作机构

5.3.1 设计和安装机控阀时,必须保证过载或超程不引起事故。

5.3.2 电控阀线圈接线器必须有维修用的自由电缆,其输入端需要套管保护。接线器外罩必须有足够的空间、紧固件以及防止损坏的保护措施。

5.3.3 在额定电压的+10%和-15%范围内,电磁铁应能正常工作。

5.3.4 除非另有协议,电控阀必须能手动操作,并应使手动操作机构不被无意识地操作。

6 辅件

6.1 管道、接头和流道

6.1.1 管道中的空气流速一般不应超过30 m/s,以防止引起过大的温升、压降和冲击。

6.1.2 管道弯曲处应圆滑,不得压扁或打摺;管内径应避免突然变化。

6.1.3 管道的布置不得妨碍调整、维修、更换元件和生产作业。

- 6.1.4 装配管道前,管道、接头及流道(包括铸造型芯孔和钻孔)必须清洗干净,不得有任何异物(如毛刺、铁屑、氧化皮等)存在。
- 6.1.5 在回路图上应标明节流接头中的节流孔的位置和标志,接头上应有永久性标志,该标志应和回路图上的一致。
- 6.1.6 回路配用的管道的尺寸、软管、接头和法兰,必须符合有关的国家标准。
- 6.1.7 架设压缩空气管网的要求;
- 长度超过5 m时,沿管道流动方向应有1%~3%的坡度;
 - 支管从干管最高点引出;
 - 管路的最低点应设泄水口;
 - 对泄水口应采取适当措施,以防止污染周围环境。
- 6.1.8 跨越道路的管路系统不得妨碍道路的正常行驶,应埋于地下或架空;并用钢性支撑和管夹固定,管道外部应加保护。
- 6.1.9 气动装置由若干部件构成时,应采用连接板将部件间的管路连接和支撑起来。
- 6.1.10 管道和气路板不得焊接连接。
- 6.1.11 软管的安装应注意:
- 满足最小长度要求,以预防设备运行期间软管过度弯曲或过紧;
 - 务使扭转变形最小;
 - 不使软管位于易磨损之处,否则应加保护;
 - 软管因自重引起过大张力时,应有支撑或使管端垂直;
 - 软管损坏会引起危险时必须将其屏蔽起来,或者不使用软管。
- 6.1.12 管道两端应可靠固定,沿管道全长应使用管夹等支撑物将管子夹持固定,支撑间距见表2。

表2 管道支撑的间距

管 道 外 径 mm	支 撑 间 距 m
≤10	1.00
>10~25	1.50
>25	2.00

- 6.1.13 管道支撑不得焊在管上,也不得使用损坏管道的其他安装办法。
- 6.1.14 不得用管道支撑元件或气路板。
- 6.1.15 软管或管道的接头应易于上紧,操作时不应影响邻近的管子或元件。
- 6.1.16 软管和管段应能在不拆元件和不用专用工具的条件下拆装。
- 6.1.17 要求检测多点压力时,应采用由一只压力表和一只选择阀组成的多路压力测试点,此点应表示在回路图上,且每根管子都应加标志。
- 6.1.18 气路板必须符合下述条件:
- 表面不平度和粗糙度必须符合阀制造厂的规定,在工作压力和温度下不得产生使元件失灵的变形;
 - 必须刚性地安装固定;
 - 便于清洗内腔。

6.2 气罐和均压罐

- 6.2.1 设计工作压力应为管路最高工作压力的115%。
- 6.2.2 气罐和均压罐必须符合有关的压力容器设计规范。
- 6.2.3 气罐和均压罐的构造必须符合下列要求:

- a. 在压力作用下不可能被拆散;
- b. 容易检验;
- c. 带有手孔或人孔(仅适用于气罐);
- d. 有适当的支撑(仅适用于气罐);
- e. 入口和出口不应设在罐底;
- f. 备有安装压力表的接口;
- g. 罐底最低处设放水口。

6.2.4 气罐的容积应和空压机类型及系统的需要相适应。

6.2.5 均压罐的容积应能将空气的周期压降限制在管路额定压力的10%以内。

6.2.6 气罐和均压罐安装必须符合下述要求:

- a. 安装及配管应便于维修和检查;
- b. 配备安全阀和压力表时应考虑在罐的设计工作压力下,阀的口径应足够释放全部输入气流,必要时需配备压力表开关;
- c. 安全阀和压力表应在冰点以下仍能工作,或加以防冻保护;
- d. 排水口应配备放水阀并加防冻保护;
- e. 罐上应标出“小心:压力容器”的永久性标志;
- f. 气罐应配备手控排空阀;对均压罐来说,当机器的气源被关断时,应采用气控方式使罐排空或者使罐与机器隔离,然后再用手控排空阀排空。

6.3 气瓶

6.3.1 气瓶必须符合有关的国家标准。

6.3.2 设计工作压力应不低于12 MPa。

6.3.3 气瓶必须配备:

- a. 拧在出口接头上的开关阀门;
- b. 装运防护金属帽;
- c. 超温熔断放气塞。

6.3.4 人力移动式气瓶充满时的质量不得超过100 kg。瓶长不得超过2 m。

6.3.5 使用气瓶时应直立支撑,并配备减压阀。

6.3.6 气瓶的阀门、减压阀或螺纹接头不得使用油脂或油润滑。

6.4 过滤器

6.4.1 压缩空气必须通过过滤以除去有害物质,过滤等级应和装置的要求以及环境条件相一致。

6.4.2 滤芯的最大压降不应超过制造厂的规定。

6.4.3 过滤器不应安装在受压力波动影响的输气管段,以免影响过滤效率。

6.4.4 过滤器和分离器应安装在被保护装置的上游附近。

6.4.5 过滤器和分离器应能在不拆管路的条件下更换滤芯;对连续生产的工艺设备,应提供不停车更换滤芯的方法。

6.4.6 滤芯应为经清洗可重复使用的或是可更换的;如为后者则应在罩上作出标志。

6.4.7 过滤器和分离器必须有放水或自动放水装置。

6.4.8 必要时过滤和分离器的非金属杯应有防爆防护罩。

6.4.9 大型过滤器必须符合国家标准。

6.5 油雾器

6.5.1 油雾器必须安装在被润滑装置的上游且便于维修。

6.5.2 油雾器应能不停机加油,其安装位置应便于从工作地面加油。

6.5.3 油雾器的非金属杯应有防爆防护罩。

- 6.5.4 润滑液必须和系统中所有元件、橡胶件及软管相容。
- 6.5.5 使用抗燃润滑油必须考虑它和下列物质是否相容：
- a. 抗氧化涂料、油漆和维修油液等；
 - b. 可能和泄漏出的抗燃液体接触的部件及材料，例如电缆、维修材料等。
- 6.5.6 设备或润滑液的制造厂必须提供使用润滑液时人员的劳动卫生要求、失火时产生的毒气和窒息危险以及废液处理问题等方面的资料。

6.6 干燥器

- 6.6.1 干燥器必须符合有关的安全法规。
- 6.6.2 干燥器应安装在靠近气罐或气瓶出口的位置。
- 6.6.3 干燥器应能从工作地面上维修。
- 6.6.4 干燥器的空气入口和出口必须有永久性的标志。

6.7 冷却器

- 6.7.1 后冷却器必须符合有关压力容器的安全法规。
- 6.7.2 后冷却器应备有安全阀和压力表。
- 6.7.3 使用冷却液的后冷却器必须有放液阀。
- 6.7.4 后冷却器应备有放置温度计的设施，以便检查压缩空气和冷却介质入口及出口温度。
- 6.7.5 必须在后冷却器出口安装分水器。
- 6.7.6 后冷却器必须安装在空压机和气罐之间，并便于在地面上维修。
- 6.7.7 冷却用管道必须作防锈防腐处理。

6.8 密封件

- 6.8.1 密封件材料必须和与它贴合的材料及与它接触的外界条件相容。
- 6.8.2 气动系统中所用的密封圈、密封垫一般应符合国家标准，设计气动元件应考虑到更换密封件。
- 6.8.3 动密封件必须能保证充分的密封性，同时使摩擦力不过大。

6.9 压力表

- 6.9.1 压力表必须符合国家标准，应根据系统的安全压力选择压力表的量程。
- 6.9.2 气动回路中长期使用的压力表应加保护，以防压力波动而损坏。

6.10 消声器

- 6.10.1 设计消声器时应使其引起的背压最低。
- 6.10.2 制造消声器的材料必须与水及润滑液相容。
- 6.10.3 当气动设备排气产生的声压级超过85 dB(见GBJ 87)时，必须安装消声器。

6.11 快速接头

快速接头的设计应满足下列要求：

- a. 管接头和座体的上紧和松开只需要一个简单的滑动和(或)转动动作即可实现；
- b. 拆开快速接头时，应能自动封闭上游气流，同时封闭或放出下游气流；
- c. 内部通道面积不小于管道公称通径面积的80%。

7 控制机构

7.1 回路保护装置

- 7.1.1 为了安全，气动回路应配备自动溢流式减压阀。
- 7.1.2 所有气动系统必须备有卸压式气源开关阀，其“关断”位置应有定位装置，并能安全地卸去(除160 kPa以下测量回路以外)全部回路压力。
- 7.1.3 压力和流量控制元件必须设计和装配成能防止调整装置越出铭牌规定的调整范围。在重新调整之前应能保持其调定位置。

7.1.4 当设备上有一个以上互相关联的自动和(或)手动控制装置,而任何一个出故障可能引起人身危险或破坏设备时,必须联锁保护。

7.1.5 设计的气动回路必须能防止设备在整个循环过程(包括起动、停车、空载运行、调整)中执行元件(特别是作垂直和倾斜运动的执行元件)发生失控运动、误动作以及气动故障。

7.1.6 在选择和配置压力和流量控制元件时,应当根据系统的要求考虑工作压力、温度和负载变化对元件响应、重复性和稳定性的影响。

7.2 人工控制装置

7.2.1 设备必须有紧急停车或紧急复位的装置,以确保安全。

7.2.2 急停和复位控制装置必须满足下列要求:

- a. 容易识别;
- b. 设在每个操作人员位置处,并在任何工作条件下操作方便,为此可增设附加的控制装置;
- c. 不引起其他危险;
- d. 能直接操作;
- e. 不影响其他控制和节流装置的调整,也不受它们的影响;
- f. 必须仅靠人力进行急停或复位操作;
- g. 只需一次操作。

7.2.3 紧急停车后,自动循环的再起动力不得引起人身危险或设备的破坏。若需将执行元件重新置于起动位置,必须配备手动控制装置。

7.2.4 手控杆的操作方向应和被控制设备的运动方向一致。

7.2.5 为了调整多执行元件的系统,每个执行元件应配备手动控制装置。

7.2.6 为防止机器运转时对人身造成危险,必要时可配备双手操作的控制装置(但不应将它当作保护操作者的唯一手段),并且必须满足下列要求:

- a. 设备在整个循环过程(直到循环终了),每个控制装置必须保持其操作状态;
- b. 双手操作期间无法再用其他手段操作;
- c. 一次循环之后若不释放双手控制装置,设备就不能进行新的循环。

7.3 控制装置的安装要求

7.3.1 所有控制装置的安装位置都应有充分的保护措施,免受下列因素危害:

- a. 失灵和损坏;
- b. 高温;
- c. 腐蚀性气氛。

7.3.2 控制装置的安装位置应便于调整和维修。

7.3.3 人工控制装置的位置和安装要求:

- a. 必须装在操作者从其正常工作位置达到的范围内;
- b. 不得要求操作者把手伸过或越过转动或移动的设备部件去操作装置;
- c. 不得妨碍操作者正常作业。

7.3.4 自动控制装置的位置和安装要求:

- a. 应安装在面板上或靠近动力源的位置;
- b. 除非受客观条件限制,应安装在距工作面0.6~1.8 m的高度内。

7.3.5 应尽量采用位置顺序控制;在单独使用压力或时间顺序控制会引起人身危险或破坏设备时,必须采用位置顺序控制。

7.4 控制柜

7.4.1 控制柜外壳、柜门及柜内格子的门,应选用厚度不大于2 mm的金属板或协议规定的代用板材。

7.4.2 控制柜的门或盖应满足下列要求

- a. 对人员无危险;
- b. 易开闭;
- c. 能钩住或锁住,且能用手动工具打开。

7.4.3 必须使控制柜外壳、格子和门盖构成的空间,除了安装控制器外,还留有维修空间。

附加说明:

本标准由全国液压气动标准化技术委员会提出。

本标准由清华大学负责起草。