

团 体 标 准

T/QGCML 1301—2023

智慧空压站设计规范

Design technical specification of intelligent air compressor station

2023 - 09 - 01 发布

2023 - 09 - 16 实施

全国城市工业品贸易中心联合会 发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 空压站布置 2

6 设备选型和布置 4

7 系统设计 8

8 其他要求 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布单位不承担识别专利的责任。

本文件由湖北气佬板节能技术有限公司提出。

本文件由全国城市工业品贸易中心联合会归口。

本文件起草单位：湖北气佬板节能技术有限公司、武汉科技大学、扬州大学、上海空标压缩机技术检测中心、上海泵阀压缩机协会、南京磁谷科技股份有限公司、福建伊普思实业有限公司、萨震节能科技（上海）有限公司、石家庄康普斯压缩机有限公司、宁波德曼压缩机有限公司、中车北京南口机械有限公司、德耐尔能源装备有限公司、德哈哈压缩机江苏有限公司、优尼可尔压缩机制造江苏有限公司、深圳气佬板节能技术有限公司、浙江康帕斯流体技术股份有限公司、广州市博立净化设备有限公司、佛山市天地元一净化设备有限公司、合肥科迈捷智能传感技术有限公司、飞思仪表（深圳）有限公司、苏州东泽物联科技有限公司、盛米顿流体机械（上海）有限公司、德蒙（上海）压缩机械有限公司、湖北索立德压缩机有限公司。

本文件主要起草人：何福成、丁江坤、张华、陈荣发、唐志伟、朱浩波、林英哲、王亚军、林培锋、程红星、马静、岑焕军、王甲、管军、朱汪、潘晓峰、徐刚、薛卫东、王其昌、刘建强、龚岳强、曹联德、廖志远、张建平、陈行柱、卞光辉、唐海平、陆书查、王旭平。

本文件为首次发布。

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到 5.2 与（201922452643.0）《一种智能联控的空压机系统》相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围和无任何立场。

该专利权所有人已向本文件的发布机构承诺，同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何单位或者个人在实施该标准时实施其专利。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：湖北气佬板节能技术有限公司。

地址：武汉经济技术开发区南太子湖创新谷启迪协信科创园(QDXX-F3112)。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

智慧空压站设计规范

1 范围

本文件规定了智慧空压站设计的术语和定义、基本要求、空压站布置、设备选型和布置、系统设计、其他要求。

本文件适用于智慧空压站（下文简称“空压站”）的优化设计和评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 3853 容积式压缩机 验收试验
- GB/T 4975 容积式压缩机术语 总则
- GB/T 7167 锗 γ 射线探测器测试方法
- GB/T 10893.1 压缩空气干燥器 第1部分：规范与试验
- GB/T 15487 容积式压缩机流量测量方法
- GB/T 16665 空气压缩机组及供气系统节能监测
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价
- GB/T 26921 电机系统(风机、泵、空气压缩机)优化设计指南
- GB/T 26967 一般用喷油单螺杆空气压缩机
- GB/T 27883 容积式空气压缩机系统经济运行
- GB 50029 压缩空气站设计规范(附条文说明)
- GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范
- GB 50052 供配电系统设计规范(附条文说明)
- JB/T 6430 一般用喷油螺杆空气压缩机
- JB/T 7664 压缩空气净化 术语
- JB/T 10526 一般用冷冻式压缩空气干燥器
- JB/T 10532 一般用吸附式压缩空气干燥器
- JB/T 10598 一般用干螺杆空气压缩机
- JB/T 10972 一般用变频喷油螺杆空气压缩机
- JB/T 13346 一般用压缩空气过滤器

3 术语和定义

GB/T 4975、JB/T 7664、JB/T 13346 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空压站 air compressor station

由空气压缩机、干燥机、储气罐、电力系统、冷却系统、监控系统和压缩空气送气总管之前压缩空气的管路、阀门仪表及必需的辅助设备所组成的总体。

3.2

压缩空气系统 air compressor system

由部件组集成的一个子系统群，包括空气压缩机、净化设备、控制装置、管道系统、气动工具、气动的动力机械和使用压缩空气的工艺流程。

4 基本要求

- 4.1 空压站设计宜进行全生命周期成本分析，并据此设置分压力、压力露点(以下简称“露点”)、含油量，以满足生产对压缩空气压力、流量、压缩空气质量的需求及变化。
- 4.2 空压站宜依据全生命周期成本较低方案设计选用节能设备，不应选用国家明确的落后和淘汰产品。
- 4.3 空压站应设置废油收集装置，废水排放应符合相关标准和规范。
- 4.4 空压站中所使用的空气压缩机、干燥机等设备的一般性能要求应符合 GB/T 26967、JB/T 6430、JB/T 10526、JB/T 10532、JB/T 10598、JB/T 10972 的要求。
- 4.5 空气压缩机、储气罐本体以及各设备之间相关安全措施的配置应符合 GB 50029 和其他相关标准的规定。
- 4.6 空压站宜配置控制系统，使得空气压缩机、净化设备运行能快速响应压缩空气流量、压力和质量需求的变化，且运行在高效区。
- 4.7 电力、冷却、监控系统等公用设施应能够满足空压站供气量的动态变化要求。
- 4.8 装机总功率大于 500 kW 的空压站，应配置实时监控系統，按照 GB/T 16665、GB 17167 的规定安装测量仪器仪表，监测电量、压力、流量、露点等有关能效的参数。
- 4.9 空压站宜采用相关技术和设备回收利用压缩热能，或预留增加设备接口。

5 空压站布置

5.1 总则

空压站在厂区内的布置可采用集中式或分散式两种方式，应综合考虑多种因素，经技术经济方案比较后确定。考虑因素包括但不限于：

- a) 靠近用气负荷中心；
- b) 供电、供水合理，应靠近配电室；
- c) 未来生产规划，扩建的可能性；
- d) 避免靠近散发爆炸性、腐蚀性和有毒气体以及粉尘等有害物质的场所，并宜位于上述场所全年最小频率风向的下风侧；
- e) 空压站与有噪声、振动防护要求场所的间距应符合国家现行的有关标准规范的规定。

5.2 系统设计

- 5.2.1 空压站系统宜设计为智能联控系統，参见图 1。

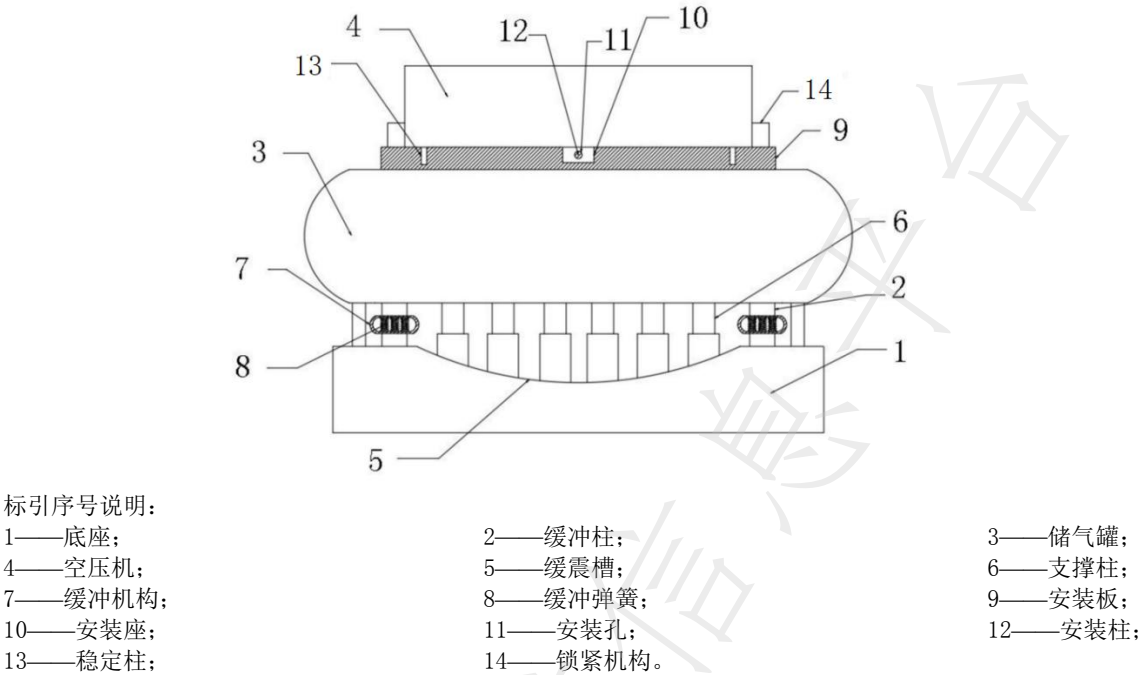


图 1 系统结构示意图

5.2.2 系统设计应符合以下要求：

- a) 底座顶端两侧均应固定安装有缓冲柱，缓冲柱顶端应安装有储气罐，储气罐的顶端应安装有安装板，安装板的另一端应与空气压缩机连接；
- b) 底座的顶端中部应开设有缓震槽，缓震槽顶端应安装有支撑柱，支撑柱的另一端应与储气罐固定连接；
- c) 缓冲柱中部应安装有缓冲机构，缓冲机构的内部安装有缓冲弹簧。

5.3 优化设计

- 5.3.1 空压站宜选择空气洁净、湿度低、灰尘少，背阴、无热源的位置。若工厂环境较差、灰尘多，应增加设置前置过滤设备。
- 5.3.2 空压站宜选择布置在宽敞、采光良好的场所；宜预留通路，空气压缩机与墙体之间至少应有 1.5 m 以上距离，在具备条件的情况下，宜装设行车，以利维修和保养。
- 5.3.3 空压站的朝向，宜使机器间有良好的自然通风，并宜减少西晒。
- 5.3.4 智慧空压站单机额定功率大于等于 75 kW 或总台数大于 3 台时，宜为独立建筑物。
- 5.3.5 空压站与其他建筑物毗连或设在其内时，宜用墙隔开。空气压缩机宜靠外墙布置，设在多层建筑内的空气压缩机，宜布置在底层。
- 5.3.6 工作压力大于等于 32 MPa 的空压站不应布置在地下室、半地下室以及楼层内，机器间和储气罐间应为单层，屋面不应设置与空压站无关的设备与设施。
- 5.3.7 当采用分散式布置时，宜联网运行。当两个压缩空气系统的压力等级不同但接近时，应在连接管路上安装压力流量控制器。
- 5.3.8 空压站内应无杂物堆积，禁止存放易燃易爆品，并应配备消防栓及灭火器。

5.4 智慧设计

- 5.4.1 宜采用中央控制系统对有多台空气压缩机运行的空压站进行运行控制。
- 5.4.2 对空气压缩机宜采用变频调速技术连续调节供气量，将管网压力始终维持在能满足供气压力上，

与加载卸载供气控制方式相比，优势主要包括：

- a) 减少不合理的能量消耗；
- b) 变频启动替代原 Y- Δ 起动方式，平稳起动，减少对电流的冲击；
- c) PID 调节器实现压力闭环，系统在设定的压力点工作时，保持压缩空气供气管网压力的基本恒定，提高压缩空气品质；
- d) 提升电力品质，电动机功率因数高达 0.90 以上；
- e) 大幅度降低了空气压缩机系统的噪声。

5.4.3 空压站宜通过实施“分压供气、降低供给压力”进行节能改造。分压供气实施途径包括空压分组供气和局部增压两种方式。宜根据高压空气的需求量大小进行选择。

5.4.4 宜使用声发射泄漏检测法对空压站泄漏点进行检测，以提高泄漏点检测的自动化程度、效率和准确度。

5.4.5 宜重视对空压站压力、流量、露点和电力的实时监测以及物联网管理。宜安装压力检测装置，实时监测管路压力波动状况，根据监测数据控制空气压缩机的运行，保证设备的最低供气压力，有利于系统实现在最低能耗下运转，以及可视化、精细化管理。

5.4.6 宜通过安装智能流量计、智能电表、数据采集器，对空压站运行数据、气量、电量进行采集和分析。

5.4.7 宜配套空压站远程控制与管理系统，实现远程手机端或 PC 端数据显示和分析，远程预警、远程复位、远程开关等功能。

6 设备选型和布置

6.1 组成设备

空压站主要由计量设备、空气压缩机、储气罐、干燥机、过滤器及相应的管道及阀门等组成。

6.2 计量设备

6.2.1 智能流量计

6.2.1.1 智能流量计应根据气体的品质、流量范围、耐压等级等进行选择。根据现役空气压缩机的理论产气量和实际产气量，结合实际生产总用气量的最小值和最大值，测量范围应能覆盖实际气量的变化（一般涡街流量计的流速范围为 2 m/s $\sim$ 60 m/s 或 3 m/s $\sim$ 60 m/s）。

6.2.1.2 智能流量计应满足测量精度高（误差应在 $\pm 1.5\%RD$ 以上）、量程宽（1:30）、重复性高（误差为 $\pm 0.5\%RD$ ）等性能要求。

6.2.1.3 为满足现场复杂多变的工况要求，保证测量误差在合理范围内，宜选择管段式安装类型的流量计。

6.2.1.4 智能流量计应具备自诊断、智能远程维护等功能。

6.2.2 智能电表

智能电表互感器的选型应根据设备运行的最大电流进行选择。

6.3 空气压缩机

6.3.1 分类

根据工作原理的不同，空气压缩机可分为容积式和速度式两大类，见图 1。

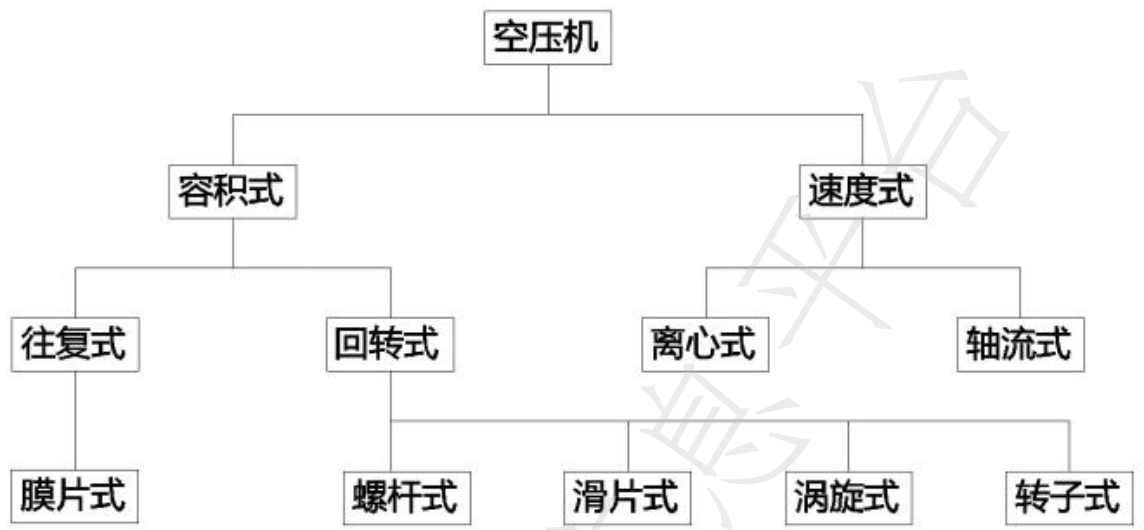


图 2

6.3.2 选型

6.3.2.1 不同行业、不同工厂的压缩空气使用特性部分有各自不同的差异性，应根据工艺设备对压缩空气质量要求和压缩空气流量要求的变化特点，经过经济比较后，合理选择空气压缩机的气量、压力和类型、台数。

6.3.2.2 空气压缩机的选型宜考虑多种因素的影响，包括但不限于：

- a) 电力系统的限制：首先宜考虑的是使用的电源电压，其次宜考虑大型空气压缩机在启动时，电网的冲击承受能力是否足够；
- b) 压缩空气的变化量：宜考虑随着季节、时间差或其他因素可能导致压缩空气的变化量超过某一范围（视机种而定）的情况；
- c) 生产停顿的风险：为了降低生产停顿的风险宜考虑设置备机；
- d) 能源效率：为使整个压缩空气系统达到最佳能源效率，应以耗气量及耗气变化量或者实际测试结果作为分析选择空气压缩机容量的依据。在耗气量变化的范围甚大的情况下，宜选择大、小容量空气压缩机兼具的压缩空气系统，以提供更有弹性的应变范围。宜慎重选择适当的控制方式及外围配备，以避免小容量空气压缩机被闲置的可能。

6.3.2.3 在确定系统基本负荷和变化负荷的基础上, 选用空气压缩机时宜遵循如下原则：

- a) 对于基本负荷，宜选用离心式空气压缩机或螺杆式空气压缩机，负荷较大时宜选用离心式空气压缩机。离心式空气压缩机的压力选型，应与供气压力要求相适应，在现有机型无法相适应时，宜选择定制离心式空气压缩机；
- b) 对于变化负荷，宜选用带有变速传动的螺杆式空气压缩机；
- c) 对于备用容量，宜综合考虑系统负荷变化范围和空气压缩机部分负荷特性，经过经济比较后确定。宜优先选择机组比功率较低、能效优于 2 级(当有能效分级时)的空气压缩机；
- d) 对于用气量大于 300 m³/min 且用气负荷稳定的空压站，宜以离心式空气压缩机为主；
- e) 对于用气量较小或用气量波动较大、间歇用气、经常停机运行的空压站，宜选择回转式空气压缩机；
- f) 当冷却水资源丰富并符合 GB 50050 时，宜优先选用水冷型空气压缩机。

6.3.3 布置

6.3.3.1 一个空压站内，对于同一品质和压力的供气系统，除非配置有变速传动空气压缩机外，其型号原则上不宜超过两种。离心式空气压缩机的台数宜为 2 ~ 5 台，并宜采用同一型号。

6.3.3.2 多台空气压缩机运行时，宜根据流量波动情况合理选择变频空气压缩机的数量。对于 4 台以上空气压缩机运行时，不应采取全部或过多数量的变频空气压缩机用于调节。

6.4 储气罐

6.4.1 组成

储气罐属于压力容器，每台储气罐上应配套有以下装置：

- a) 安全阀；
- b) 空气进出口应装有切断阀门；
- c) 指示罐内压力的压力表；
- d) 对容积较大的气罐，应有为了检查方便的人孔或手孔，以便检查或清洗；
- e) 底端应有排放油、水的接管和阀门。

6.4.2 选型

6.4.2.1 储气罐容积的选择宜根据不同行业压缩空气负荷变化的特点来确定。

6.4.2.2 当空气压缩机或外部管网突然停止供气(如停电)，仅靠气罐中储存的压缩空气维持压缩空气系统工作一定时间，储气罐容积按公式(1)计算：

$$V \geq \frac{p_a q_{max} t}{60 (p_1 - p_2)} \quad (1)$$

式中：

V —储气罐的容积， m^3 ；

p_a —大气压力，MPa；

q_{max} —系统的最大耗气量，L/min；

t —停电后，维持系统正常工作的时间，s；

p_1 —突然停电时气罐内的压力，MPa；

p_2 —系统允许的最低工作压力，MPa。

6.4.2.3 若空气压缩机的吸入流量是按用气设备的平均耗气量选定的，当用气设备在最大耗气量下工作时，则储气罐容积的按公式(2)计算：

$$V \geq \frac{(q_{max} - q_{na}) p_a t'}{60 p} \quad (1)$$

式中：

q_{na} —系统的平均耗气量，L/min；

p —系统的使用压力，MPa；

t' —系统在最大耗气量下的工作时间，s。

6.5 干燥机

6.5.1 干燥机选型，应选择稍低且接近供气要求的露点，不应选择露点过低的干燥机。应综合比较耗电量、耗气量参数，合理选择节能型干燥机。

6.5.2 干燥机主要分为冷冻式干燥机、吸附式干燥机，选型时应根据具体情况确定。

6.5.3 选择冷冻式干燥机时，应考虑进气温度、压力及环境温度和空气处理量等因素。进气温度应控制在 45℃ 以下，超出此温度时，应选择高温型冷冻式干燥机。冷冻式干燥机宜选择变频控制或循环式机型，适应工况和气量、露点要求的变化。

6.5.4 压缩空气处理量大于 10 m^3/min ，且需配置吸附式干燥机时，宜选用零气耗鼓风加热再生干燥

机；在有条件时，优先选用零能耗压缩热或余热再生吸附式干燥机。吸附式干燥机宜选择具有露点控制功能的。

6.6 过滤器

6.6.1 选型

6.6.1.1 应根据通过主管路过滤器的最大流量不得超过其额定流量，来选择主管路过滤器的规格，并检查其他技术参数是否满足使用要求，包括满流量时的压力损失应不大于 0.15 bar、分水率应大于 80% 等。应根据通过过滤器的最大流量及两端允许的最大压降来选择过滤器的规格。

6.6.1.2 应根据对空气质量的要求来选择过滤精度。

6.6.1.3 应依据压缩空气的含油量、固体颗粒指标要求，合理选择配置过滤净化等级，确定过滤器的类型。

6.6.2 布置

过滤器的设置，除应满足工艺对压缩空气净化等级的要求外，还应在下述位置设置：

- a) 干燥机前、后端和洁净气用气设备前端；
- b) 湿度等级大于等于 2 级或固体颗粒等级大于等于 2 级的干燥和净化压缩空气系统配气台的前端、后端。

6.7 压缩空气管道

6.7.1 选型

6.7.1.1 压缩空气管道应满足用户对压缩空气流量、压力和品质的要求，并应考虑今后生产发展的需要。

6.7.1.2 压缩空气管道宜根据全生命周期成本分析，设置管道内径，降低压缩空气流速，减小压力损失。

6.7.1.3 管道和阀门等相关附件的选择，应遵循阻力系数低的原则。

6.7.1.4 主分配管路到用气点之间连接管路和空气处理部件尺寸，宜根据用气设备最大空气流量来选择。

6.7.2 布置

6.7.2.1 在不同的场合，对管路系统的要求不同，应按照不同的压力要求、空气质量要求、可靠性与经济性要求选择管路布置。

6.7.2.2 按供气压力布置管路系统的原则：

- a) 用气设备有多种压力需求，宜选择多种压力管路供气系统；
- b) 用气设备有多种压力需求，但用气量都不大的场合，宜选择降压管路供气系统；
- c) 大部分用气设备使用低压空气，极少部分用气设备需要高压空气，且高压用气气量都不大，宜选择管路供气与增压相结合。

6.7.2.3 按供气品质布置管路系统的原则：

- a) 供气品质要求不高，宜选择一般供气系统；
- b) 供气品质要求高，宜选择洁净供气系统。

6.7.2.4 按供气可靠性和经济性布置管路系统的原则：

- a) 用于间断性用气，宜选择终端管网供气系统；
- b) 连续性用气，避免检修带来的停气影响，宜选择环形管网供气系统。

7 系统设计

7.1 电力系统

- 7.1.1 空压站的用电负荷等级，应根据压缩空气用户的用气重要程度按 GB 50052 的负荷分级规定执行。除中断压缩空气会造成较大损失者外，宜为三级负荷。
- 7.1.2 供电电源质量，电机系统谐波限制应符合 GB/T 26921 的要求。
- 7.1.3 依据电机系统运行方式，合理实施功率因数补偿，补偿后设计工况下功率因数不宜低于 0.9。
- 7.1.4 功率大于 315 kW 的空气压缩机，主电机宜采用 6 kV 或 10 kV 供电系统。
- 7.1.5 空压站的机器间内应设置 380 V 和 220 V 的专用检修电源。

7.2 控制系统

- 7.2.1 空压站应设置集中控制室。控制室应符合下列规定：
 - a) 应位于空压站固定端或适中位置；
 - b) 室内设备布置应整齐、协调、统一，应能满足运行人员工作需要，包括设备的维护检修、调试及通行要求；
 - c) 应有良好的通风和照明，并应采取隔声、防火、防尘、防水防振等措施。
- 7.2.2 空压站宜采用计算机控制系统。当工厂设置有工业电视监视系统时，空压站应设有监视点。

7.3 冷却水系统

- 7.3.1 空压站的冷却水，宜采用循环水或重复使用水系统，循环水宜采用开式高位冷却塔或闭式系统。
- 7.3.2 空气压缩机入口处冷却水的压力应符合以下规定：
 - a) 螺杆式空气压缩机不应大于 0.4 MPa，并不应小于 0.15 MPa；
 - b) 离心式空气压缩机不应大于 0.52 MPa，并不应小于 0.15 MPa。
- 7.3.3 空气压缩机及其冷却器冷却水的水质标准，应符合 GB 50050 的有关规定。当工厂内部有软水可以利用，且系统经济合理时，循环系统的供水，可采用软水复用。
- 7.3.4 空气压缩机及其冷却器的冷却水采用直流系统供水时，排水温度应根据冷却水的碳酸盐硬度控制，当冷却水的碳酸盐硬度超过表 1 规定的限值时，应对冷却水进行软化处理。

表 1 排水温度

碳酸盐硬度（以 CaO计），mg/L	排水温度，℃
≤ 140	45
168	40
196	35
280	30

- 7.3.5 冷却水系统所选用的清水离心泵的额定效率宜不低于 GB 19762 中的节能评价价值。
- 7.3.6 冷却水系统的循环水泵宜采用变频控制，循环水泵根据冷却水流量自动启停。

7.4 监控系统

- 7.4.1 空压站配置实时监控系统的测点要求，应符合 GB/T 16665、GB/T 7167 的规定。对于多个分系统输出的空压站，应对每个分系统输出参数独立监测。
- 7.4.2 应对空压站输出压缩空气的压力、流量实时监测，对输出压缩空气的露点实时监测。
- 7.4.3 仪器仪表测量精度应符合 GB/T 3853、GB/T 15487、GB/T 16665、GB/T 27883 的要求。
- 7.4.4 对单机功率大于 110 kW 的空气压缩机，宜监测压力和流量，测点要求应符合 GB/T 3853 的规定。

- 7.4.5 对单机流量大于 $60 \text{ m}^3/\text{min}$ 干燥机宜监测输出压缩空气的流量、露点、压降，测点要求按 GB/T 10893.1 的规定。
- 7.4.6 应实时监测空压站的用电单耗、输功效率。
- 7.4.7 应监测空压站室内环境温度及空气湿度。
- 7.4.8 空压站宜采用网络技术提升信息化管理能力, 进行能效监测、评估。

8 其他要求

有关空压站设计的其他要求，包括土建、采暖、通风等，应符合 GB 50029 的规定。
