Mechanical Engineering and Technology 机械工程与技术, 2022, 11(1), 41-49
Published Online February 2022 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/met
https://doi.org/10.12677/met.2022.111006

Hans汉斯

空压机机头排气温度的影响因素研究

刘　凯，张　桐，王宏宇

南京中车浦镇海泰制动设备有限公司，江苏　南京

收稿日期：2021年12月24日；录用日期：2022年2月8日；发布日期：2022年2月16日

摘　要

为研究轨道交通车辆极限运用工况条件下螺杆空压机耐温能力，在环境箱内开展地面试验，通过控制环境箱内吸气温度、吸气压力及空压机运转率等参数，分析空压机机头排气温度的变化规律。试验结果表明，该空压机能够满足高低温试验要求，同时其极限耐高温能力达到62℃。

关键词

轨道交通车辆，螺杆空压机，耐温能力

Research on Influencing Factors of Air Compressor Head Exhaust Temperature

Kai Liu, Tong Zhang, Hongyu Wang

CRCC Nanjing Puzhen Haitai Brake Equipments Co., Ltd., Nanjing Jiangsu

Received: Dec. 24th, 2021; accepted: Feb. 8th, 2022; published: Feb. 16th, 2022

Abstract

In order to study the temperature resistance capability of the screw air compressor under the extreme operating conditions of rail transit vehicles, ground tests were carried out in the environmental box, and the air suction temperature, suction pressure and air compressor operating rate in the environmental box were controlled to analyze the variation law of the exhaust temperature of air compressor head. The test results show that the air compressor can meet the requirements of high and low temperature tests, and its ultimate high temperature resistance capability reaches 62℃.

Keywords

Rail Transit Vehicle, Screw Air Compressor, Temperature Resistance Capability

文章引用: 刘凯, 张桐, 王宏宇. 空压机机头排气温度的影响因素研究[J]. 机械工程与技术, 2022, 11(1): 41-49.
DOI: 10.12677/met.2022.111006

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

作为现代空气压缩机的新主流，喷油螺杆空压机俨然已经得到了国民工业各个领域的青睐和应用[1]。相对于活塞式压缩机(同等排气压力下)，喷油螺杆空压机拥有更加优越而且可靠的性能，其具备振动噪音小、利用效率高、无易损件、操作维护方便、动力平衡性好等优点[2] [3]。随着螺杆空压机在轨道交通车辆上的发展应用，对其使用安全性提出了很高的要求。在螺杆式空气压缩机的运行过程中，温度是衡量其稳定性和安全性的重要参数。当空压机处于高温下运行时，其经常会出现温度高故障报警，会造成机头螺杆结焦[4]、冷却器堵塞、散热不良，甚至导致电动机烧损等现象。这些都不利于压缩空气用户的使用，降低了使用可靠性与工作寿命。

螺杆空压机如图 1 所示，主要由空气压缩机(含驱动系统、散热系统、油气分离系统)、空气后处理(含过滤器、双塔干燥器)和电气控制模块等部件组成[5] [6] [7]。本文以某型号螺杆空压机为例，分析不同吸气温度、吸气压力及空压机运转率下空压机机头排气温度的变化规律，为后期空压机的设计提供参考。

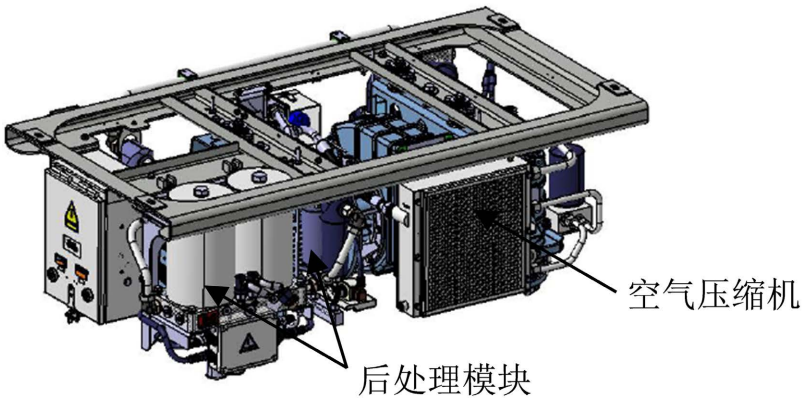


Figure 1. Screw air compressor
图 1. 螺杆空压机

2. 试验测试

2.1. 试验设备

本试验主要通过在环境箱内开展地面试验，通过控制环境箱内吸气温度、吸气压力及空压机运转率等参数，从而模拟现车实际运行工况要求。如图 2 所示，试验设备主要包括：高低温环境箱、温度传感器、压力传感器、油温开关等。其相应的尺寸参数、功能如下所示：

1) 高低温环境箱，尺寸(长 × 宽 × 高)：3.5 m × 3.5 m × 2.8 m；
2) 温度传感器：采集测试过程环境温度、吸气温度、压缩机冷却器出口温度；
3) 压力传感器：采集测试过程吸气压力；
4) 油温开关(自带)：采集润滑油油温。

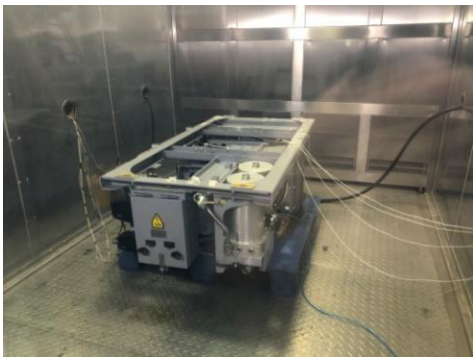


Figure 2. Test site
图 2. 试验测试现场

2.2. 试验工况

本文主要通过控制吸气压力、吸气温度及空压机运转率的变化分析螺杆空压机机头排气温度的变化规律。根据现车实际运行的温度及所处海拔的要求，拟采用如下工况设置。

1) 吸气压力

吸气压力随海拔的变化如表 1 所示。

Table 1. Inspiratory pressure changes with altitude
表 1. 吸气压力随海拔变化

海拔(km)	0	0.5	1.0	1.5	1.9	3.0	4.0
吸气压力(kPa)	101.3	95.2	89.4	84.0	79.7	67.2	56.0

2) 运转率

统计 2 条正式运营地铁线路空压机工作情况，如表 2，故本试验运转率选取 10%、20%、30%三种，打风时间 165 s。

Table 2. Air compressor operating rate
表 2. 空压机运转率

项目	地铁 A	地铁 B
打风时间/s	平均 170	平均 160
运转率	12%~30%，平均 20%	11%~27%，平均 16%

3) 吸气温度

本试验吸气温度选取−25℃、20℃、50℃三种。

本试验测试参照标准 GB/T 2423.2-2008 进行，采集的电信号、压力信号、温度信号用以记录供风装置性能参数，并且监控供风装置运行情况。其中，主要分析螺杆空压机机头排气温度的变化规律。

3. 结果分析

3.1. 吸气压力对机头排气温度的影响

由于不同海拔对现车运行吸气压力的影响，试验条件如表 3 所示。

Table 3. Different suction pressure conditions
表 3. 不同吸气压力工况

吸气温度/℃	吸气压力/kPa	运转率
20	100→56	连续运转
20	100, 79.7, 56	10%
50	100, 56	连续运转

通过温度传感器检测机头排气温度、油分芯下方油温、电机表面温度、空滤吸气口温度及机头喷油温度的变化，得到各温度参数与吸气压力的关系如图 3~5 所示。

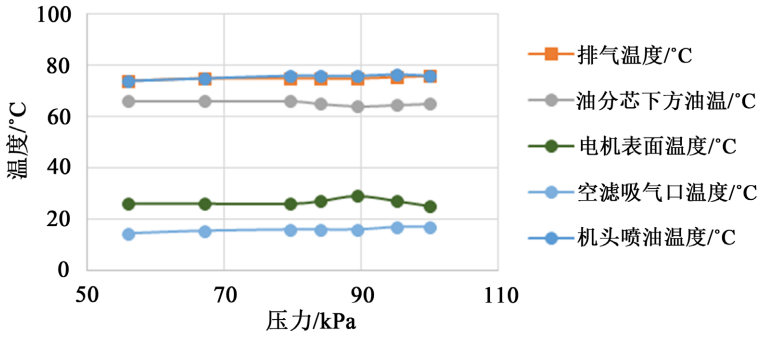


Figure 3. Variation of exhaust temperature of machine head with suction pressure in continuous operation at 20˚C
图 3. 20℃，连续运转机头排气温度随吸气压力变化规律

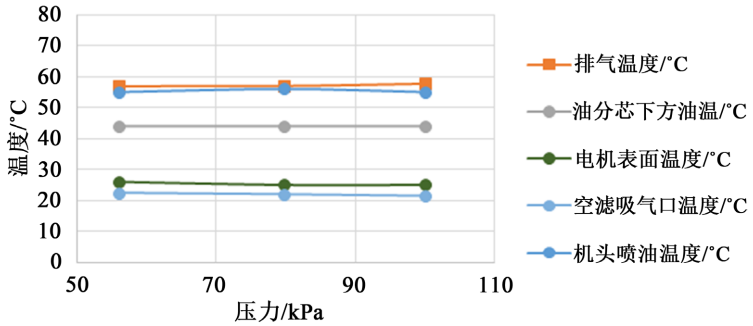


Figure 4. Variation of exhaust temperature of machine head with suction pressure at 20˚C, 10% operation rate
图 4. 20℃，10%运转率机头排气温度随吸气压力变化规律

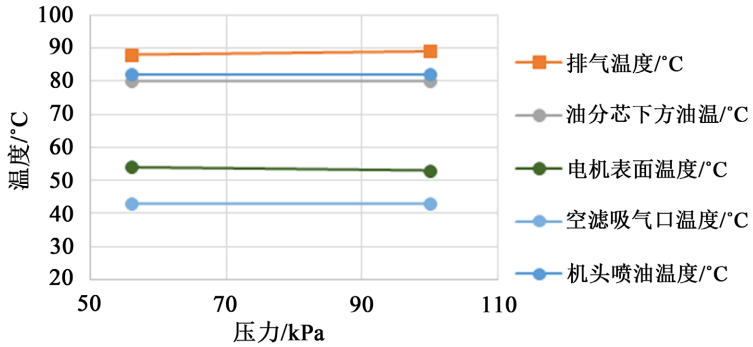


Figure 5. Variation of exhaust temperature of machine head with suction pressure at 50˚C, continuous operation
图 5. 50℃，连续运转机头排气温度随吸气压力变化规律

对比图 3、图 4、图 5 表明，在不同温度、不同运转率条件下，吸气压力对温度的影响均不敏感。其中，不同工况下的机头排气温度均不超过 90℃ [8]，满足标准要求。故取消部分低气压的试验工况，在常压吸气工况下分析温度数据。

3.2. 运转率对机头排气温度的影响

理论上，运转率和吸气温度对温度都有直接的影响，故设置试验条件如表 4 所示。

Table 4. Working conditions of different operating rates
表 4. 不同运转率工况

运转率	吸气压力/kPa	吸气温度/℃
连续运转、10%、20%、30%	100	−25
连续运转、10%、20%、30%	100	20
连续运转、10%、20%、30%	100	50

得到与运转率机头排气温度的关系如图 6 所示。

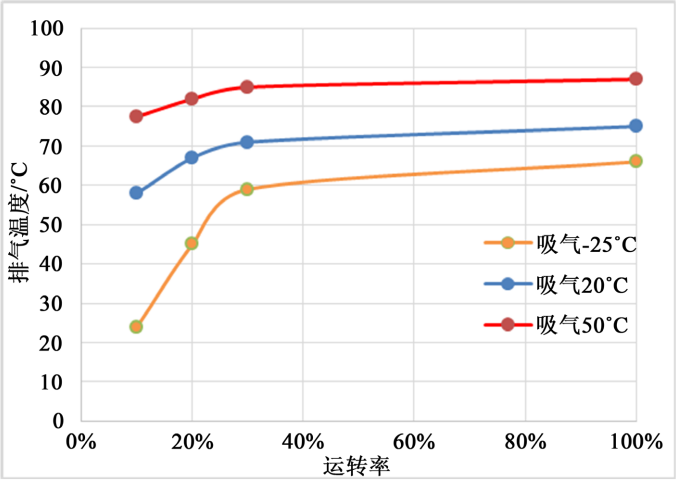


Figure 6. The variation law of the exhaust temperature of the machine head with the operation rate
图 6. 机头排气温度随运转率变化规律

图 6 表明，在低运转率(≤30%)下，机头排气温度增加显著。特别是在低温下，运转率由 10%增加至 30%的过程中，机头排气温度增加明显，且低温环境下，低运转率对机头排气温度的影响比常温及高温更为显著。

当空压机运转率 ≥30%，机头排气温度趋于稳定。

在高温(50℃)、100%运转率条件下，排气极限温度 88℃，满足现车使用要求。

3.3. 吸气温度对机头排气温度的影响

常压下开展不同吸气温度对机头排气温度影响的试验测试，得到吸气温度与机头排气温度的关系如图 7 所示。

由图 7 表明，在相同运转率下，机头排气温度均随吸气温度的增加而增加。在相同吸气温度下，机头排气温度均运转率的增加而增加。

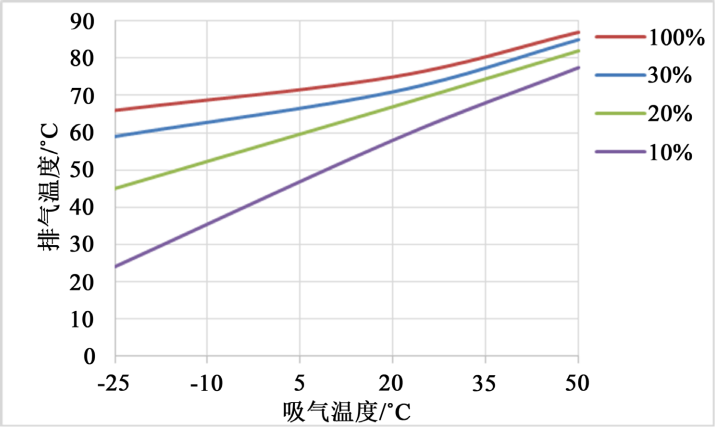


Figure 7. The variation law of the exhaust temperature of the machine head with the suction temperature
图 7. 机头排气温度随吸气温度变化规律

由图 7 表明，在相同运转率下，机头排气温度均随吸气温度的增加而增加。在相同吸气温度下，机头排气温度均运转率的增加而增加。

3.4. 极限耐温试验

为验证该型号螺杆式压缩机极限耐温能力，进一步开展耐高温测试、封堵冷却器(模拟冷却器脏污覆盖)试验。试验测试现场图如图 8、图 9 所示，得到温度曲线如图 10、图 11 所示。

Figure 8. Extreme high temperature test temperature setting
图 8. 极限高温测试温度设定

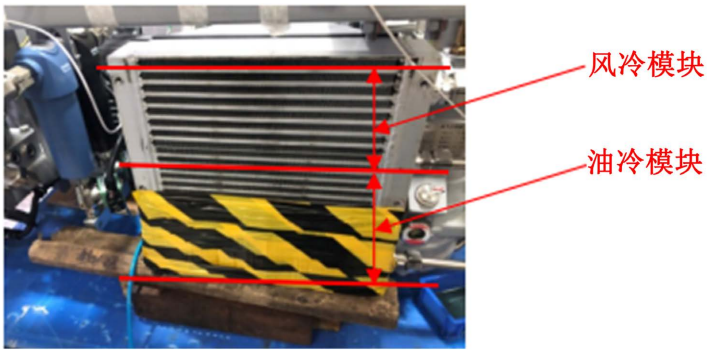
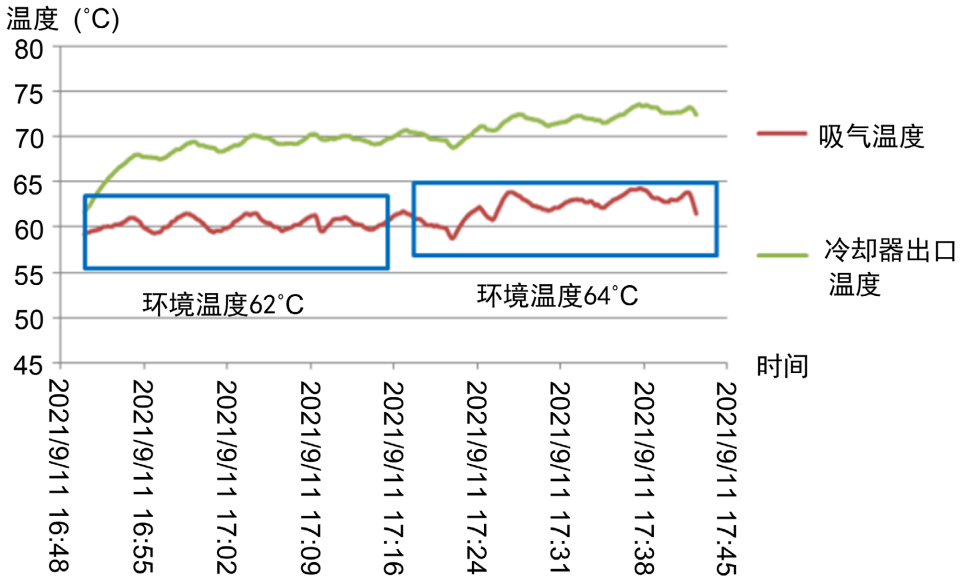
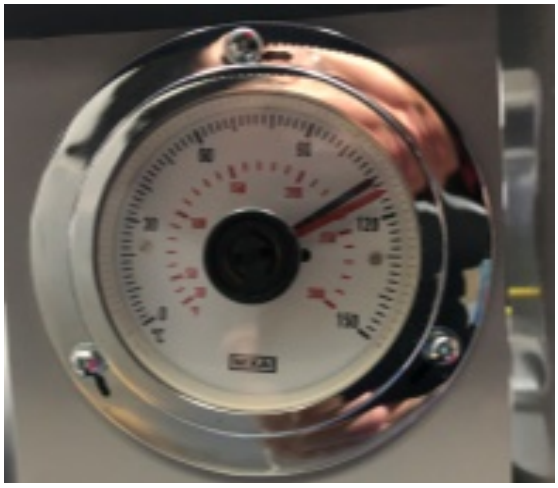


Figure 9. Cooler dirty block simulation test
图 9. 冷却器脏堵模拟测试

图 10 表明，螺杆空压机在 62℃环境温度下连续工作，油温稳定在 110℃；在 64℃环境温度连续工作时，润滑油温度稳定在 113℃，处于温度开关动作临界点(动作值公差：小于量程 2%)。冷却器出口温度－吸气温度 ≤15℃，符合冷却器设计指标要求。



(a)



(b)

(c)

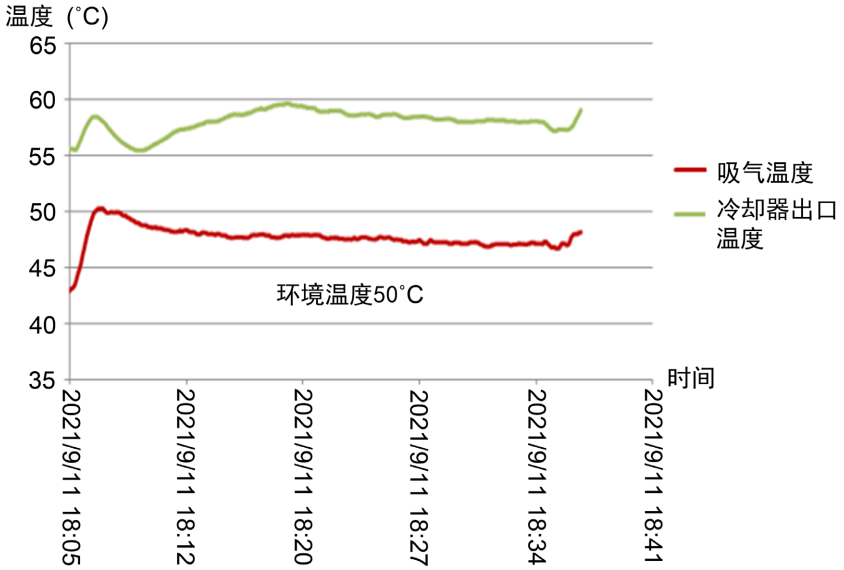
Figure 10. (a) Extreme high temperature test; (b) Ambient temperature 62˚C, oil temperature 110˚C; (c) Ambient temperature 64˚C, oil temperature 113˚C

图 10. (a) 极限高温测试；(b) 环境温度 62℃，油温 110℃；(c) 环境温度 64℃，油温 113℃

针对部分车辆将空压机设置在设备舱内，当发现舱内异常高温(环境温度 60℃)，且空压机持续工作极限工况时，该型号空压机能够满足安全使用，保证供风要求。

图 11 表明，在环境温度为 50℃、覆盖油冷 1/2 面积，润滑油温度稳定在 101℃，远低于润滑油高温报警设定值(115℃)要求。冷却器出口温度 ≤65℃，符合轨道交通空压机行业标准要求。

针对部分车辆无设备舱安装条件，当空压机冷却器被杂物部分覆盖时，该型号空压机能够满足安全使用，保证供风要求。



(a)

(b)

Figure 11. (a) Simulation test of cooler dirty block; (b) Ambient temperature 50 C, oil temperature 101˚C
图 11. (a) 冷却器脏堵模拟测试；(b) 环境温度 50℃，油温 101℃

4. 结论

本文对某型号螺杆空压机吸气压力、吸气温度及运转率等因素进行了试验研究，获得了空压机机头排气温度的变化规律。同时该型号空压机极限耐高温能力达到 62℃，且能够满足 1/2 油冷面积被覆盖极限使用工况。

试验结果表明该型号螺杆空压机能够较好地适应轨道交通高低温、频繁启停等运转工况，且能够保证在夏季设备舱温度较高的运行环境可靠应用。

另外，文中对于空压机在不同运转率工况下机头排气温度试验研究，能够为后续解决轨道交通用螺杆空压机频繁启停工况下润滑油乳化故障提供数据支撑。

参考文献

[1] 喻志强，刘福来，鲍洋洋，辛安见．螺杆压缩机产品质量状况分析[J]．化工机械, 2014, 41(6): 718-721.

[2] 杨信一，孙庆东，郭新，罗玉龙．螺杆空压机温度的影响和改进分析[J]．天然气技术与经济，2017，11(4): 40-42+83.

[3] 张缓缓，鲍洋洋，刘玉勇，李金荣．吸气温度对喷油螺杆空压机能效检测的影响研究[J]．通用机械，2016(5): 76-78.

[4] 陈刚．螺杆空压机机油温度高的原因分析及改进措施[J]．铁道机车与动车, 2015(12): 38-39.

[5] 莫臻峰．螺杆空压机机头排气温度高缺陷分析与处理[J]．应用能源技术, 2016(10): 40-43.

[6] 张海飞．喷油螺杆空压机主机机头排气温度高的分析及处理[J]．压缩机技术, 2015(3): 50-52.

[7] 陆蕊坚．喷油螺杆空压机机头排气温度高的原因分析及处理[J]．压缩机技术, 2019(2): 60-64.

[8] 古钦培．空压机运行温度高的原因分析及处理对策[J]．科技创新导报, 2019, 16(25): 58+60.