

巷道风阻变化对煤矿通风系统稳定性影响研究

周强 王培亮

(山东能源鲁西矿业单县能源有限责任公司 山东 菏泽 274333)

摘要:以某煤矿通风系统为研究对象,通过现场测试方式获取煤矿通风系统现状,并合理预测新风井投运后矿井通风系统相关参数,解决煤矿远端通风问题,分析风井投运后可能存在的容易时期和困难时期。采用仿真分析方法,构建煤矿通风系统仿真模型,并以此为基础分析边缘分支风阻变化对南翼运输大巷和西翼运输大巷的影响,同时开展边缘分支等效分支敏感性分析,以通过强敏感性边缘分支的有效控制来提升煤矿通风系统的稳定性。

关键词:巷道风阻;通风系统;稳定性;多风井;仿真分析

0 引言

随着通风路线的日趋复杂化发展,分区角联大巷总阻力不断增加,其风量的不稳定性将直接影响整个矿井通风系统的稳定性。某煤矿作为高瓦斯矿井,设置有3个进风井和2个回风井,其中进风井为主斜井、副立井以及进风立井;回风井为回风立井以及中央回风立井。

煤矿南翼的辅运大巷和胶带大巷作为连接进风立井和中央回风井之间的分区角联大巷,在通风结构发生变化后可能出现微风、无风甚至反流情况。因此,为保障多风井矿井通风系统的稳定性,必须要开展相关研究,并根据研究结果提出相应的调整方案,保障煤矿生产的安全有序推进。

1 工程概况

某煤矿的井田面积约为157.648km²,设计年生产能力为800万t/a。煤矿主采煤层为3#煤层,煤层平均厚度为6.28m,预测可采储量为7.42亿t,设计服务年限为71.4年。矿井绝对瓦斯涌出量和绝对二氧化碳涌出量分别为332.2m³/min和8.65m³/min,相对瓦斯涌出量为21.47m³/t,属于高瓦斯矿井。

煤矿主井工业场地中布置主斜井,用于矿井煤炭运输;副一井工业场地中设置副立井和中央回风井,分别用于人员、材料及设备升降作业和北一盘区~北三盘区回风任务;副二工业场地中设置进风立井和回风立井,用于分担南一盘区~南三盘区进风任务;计划在副三工业场地设置一组进风井和回风井,用

于分担北二盘区和北四盘区进风任务^[1]。

2 煤矿通风系统现状及新风井投运后预测

2.1 煤矿通风系统现状

根据现场调查分析,煤矿主斜井、副立井、进风立井的风量分别为63.96m³/s、420.73m³/s和340.19m³/s,进风井总风量为724.88m³/s;中央回风井和回风立井的风量分别为439.42m³/s和397.46m³/s,回风井总风量为836.88m³/s。

2.1.1 中央回风井

以某煤矿N1305工作面为例,综合计算中央回风井的总阻力。具体中央回风井通风路线长度及累加阻力如表1所示。

表1 中央回风井通风路线长度及累加阻力

序号	巷道名称	通风路径长度/m	累加阻力/Pa
1	副立井	612	798
2	东翼进风大巷	2396	1013
3	N1305进风顺槽	3174	1475
4	N1305采煤工作面	3479	1639
5	N1305胶带顺槽	3621	1898
6	N1305回风顺槽	4420	2055
7	东翼1#回风大巷	5795	2313
8	东翼2#回风大巷	6264	2703
9	中央回风井	7015	3158

中央回风井的风量为439.42m³/s,总阻力为3158Pa,功率为1387.69kW,根据《AQ 1028-2006》中规定计算分析后,确认中央回风井的等积孔为9.31m²,属于容易通风矿井。

根据中央回风井最大阻力路线分别计算工作面进风区、用风区、回风区阻力及对应比例。其中，进风区、用风区、回风区阻力分别为 1013Pa、1042Pa 和 1103Pa；进风区、用风区、回风区阻力占比分别为 32.07%、33.00% 和 34.92%^[2]。其他阻力较大区段可通过扩大巷道断面、增加巷道表面光滑度等方式实现减阻效果。总体来说，N1305 工作面现有的通风路线较为合理。

2.1.2 回风立井

以 S1303 采煤工作面为例，综合计算回风立井的总阻力。具体回风立井通风路线长度及累加阻力如表 2 所示。

表 2 回风立井通风路线长度及累加阻力

序号	巷道名称	通风路径长度 /m	累加阻力 /Pa
1	进风立井	612	499
2	进风立井底进风巷道	1056	551
3	南翼辅运大巷延伸段	1465	590
4	S1303 胶带运输顺槽	1913	1047
5	S1303 采煤工作面	2218	1845
6	S1303 回风顺槽	2524	2133
7	南翼 2# 回风大巷延伸段	2663	2300
8	回风联络巷	2973	2630
9	回风立井底回风巷道	3773	2770
10	回风立井	4523	3290

回风立井的风量为 397.46m³/s，总阻力为 3290Pa，功率为 1307.64kW，根据 AQ 1028-2006 中规定计算分析后，确认回风立井的等积孔为 8.25m²，属于容易通风矿井。

根据回风立井最大阻力路线分别计算工作面进风区、用风区、回风区阻力及对应比例。其中，进风区、用风区、回风区阻力分别为 590Pa、1543Pa 和 1157Pa；进风区、用风区、回风区阻力占比分别为 17.93%、46.90% 和 35.17%^[3]。总体来说，S1303 采煤工作面回风区通风路线相对较长。

2.2 新风井投运后预测

根据某煤矿历史需风量变化经验，确认副三工业场区采煤工作面需风量一般根据瓦斯涌出量实施计算分析^[4]。当前矿井采煤工作面的最大绝对瓦斯涌出量约为 138.0m³/min，根据 80% 的瓦斯抽采率计算后，获取采煤工作面风排瓦斯涌出量约为 27.6m³/min，计算采煤工作面需风量为 3864m³/min。

为满足通风困难时期矿井供风任务，设计将采煤

工作面瓦斯抽采能力从 80% 提升至 83%，抽采后风排瓦斯涌出量约为 23.46m³/min，设计瓦斯涌出需风量为 3285m³/min，经过计算后确认理论风速符合要求。同时，设计备用工作面的需风量为 1900m³/min，其他需风地点保持原样不变。

经过理论计算后，确认采煤工作面需风量为 3285m³/min，总阻力为 3896Pa，总体来说可满足采煤工作面通风系统阻力要求，但在具体生产中需要加强空留巷巷道维护管理。

3 巷道风阻变化对煤矿通风系统稳定性的影响

3.1 煤矿通风系统仿真模型构建

某煤矿现有的矿井通风网络结构可简化为“两进两回”^[5]，具体角联通风网络如图 1 所示。

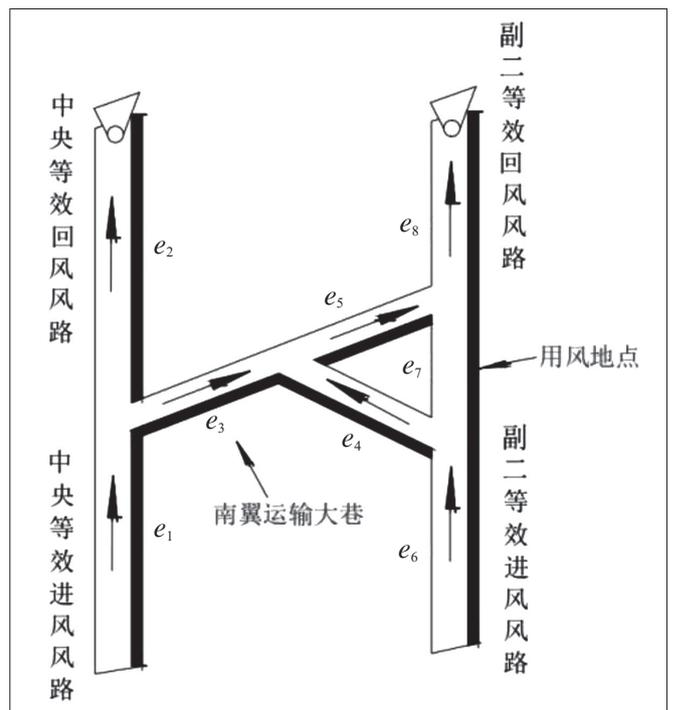


图 1 “两进两回”角联通风网络示意图

通过仿真模拟软件对角联通风网络进行仿真模拟，并为模型配置数据参数，进而形成的“两进两回”角联通风网络仿真模型（图 2）。

未来副三风井投运后，煤矿“两进两回”角联通风网络将会变更为“三进三回”角联通风网络，为模型配置基本参数后，形成“三进三回”角联通风网络示意图（图 3）及仿真模型（图 4）。

3.2 边缘分支风阻变化对煤矿通风系统稳定性的影响

3.2.1 对南翼运输大巷的影响

进风井风阻变化对南翼运输大巷的影响如图 5 所示。

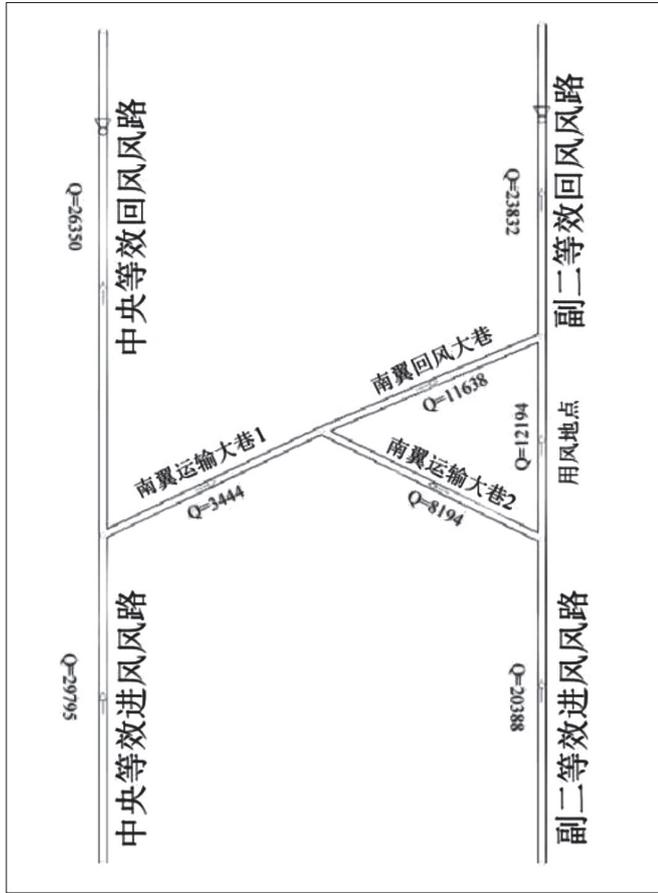


图2 “两进两回”角联通风网络仿真模型

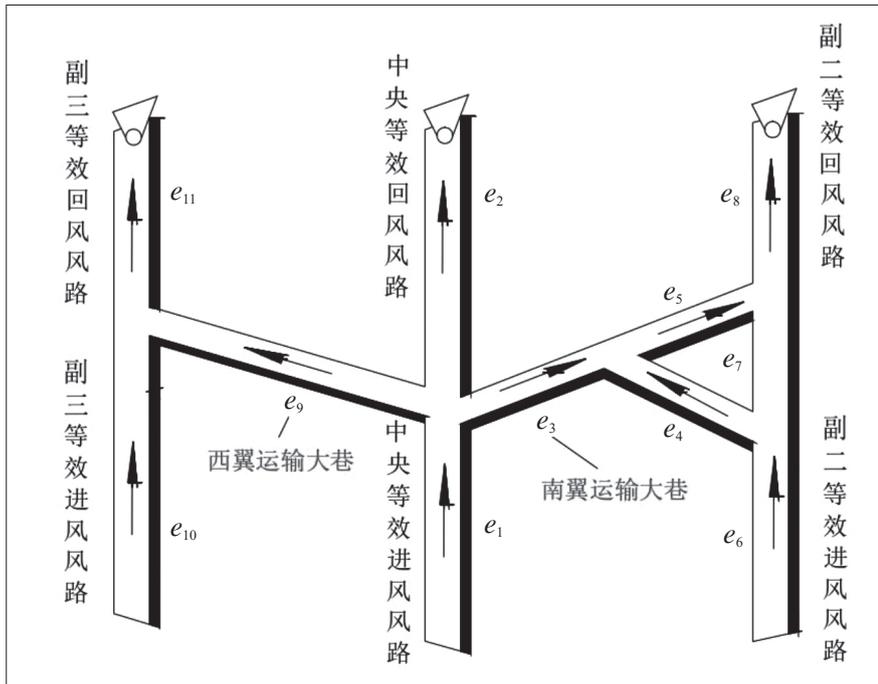


图3 “三进三回”角联通风网络示意图

如图5(a)所示, e_1 分支对南翼运输大巷的影响相对较大, 其原因在于南翼运输大巷的主要风量

均来自于 e_1 分支, 随着 e_1 分支等效风阻的持续加大, 分支流入风量将会持续下降。如图5(b)可知, 随着 e_6 分支等效风阻的持续提升, 南翼运输大巷的风量也随之增加。

同理, e_2 分支对南翼运输大巷的风量稳定性影响相对较大, 具体表现为随着分支等效风阻的持续增加, 南翼运输大巷风量随之增加; 随着 e_8 分支等效风阻的持续增加, 南翼运输大巷的风量变化较小, 可将 e_8 分支视为无关分支回路。

随着 e_7 分支等效风阻的增加, 南翼运输大巷风量基本无变化, 说明 e_7 分支等效风阻基本不会对南翼运输大巷风量稳定性造成影响。

e_5 分支等效风阻对南翼运输大巷的风量稳定性影响相对较大, e_4 分支等效风阻影响较小。

3.2.2 对西翼运输大巷的影响

在新风井投运后, 巷道风阻变化对西翼运输大巷的影响仿真分析过程与对南翼运输大巷影响仿真分析过程基本一致, 以下直接说明仿真分析结果。

根据仿真分析结果可知, e_{10} 分支等效风阻对南翼运输大巷的风量稳定性影响相对较大。在初期 e_1 分支等效风阻的变化基本不会对西翼运输大巷的风流稳定性造成影响, 但在后续控风设施开启后, e_{10} 分支和 e_1 分支等效风阻均会对西翼运输大巷风量稳定性造成影响。

e_{11} 分支等效风阻对南翼运输大巷的风量稳定性影响相对较大。初期由于控风设施的存在, e_2 分支等效风阻的变化基本不会对西翼运输大巷的风量稳定性造成影响。但在后期控风设施开启后, e_{11} 分支和 e_2 分支等效风阻均会对西翼运输大巷风量稳定性造成影响。

e_8 分支等效风阻对南翼运输大巷的风量稳定性影响相对较大。初期由于控风设施的存在, e_2 分支等效风阻的变化基本不会对西翼运输大巷的风量稳定性造成影响。但在后期控风设施开启后, e_{11} 分支和 e_2 分支等效风阻均会对西翼运输大巷风量稳定性造成影响。

3.3 边缘分支等效风阻敏感性分析

通过 Python 语言实施显著性检验, 提取边缘分支风阻变化对矿井通风系统的影响较大分支的特征参数, 引入敏感性系数, 根据敏感性系数值依次排列, 获取各边缘分支的实际

影响^[6]。

- (1) 南翼运输大巷边缘分支敏感性相关系数: e_1

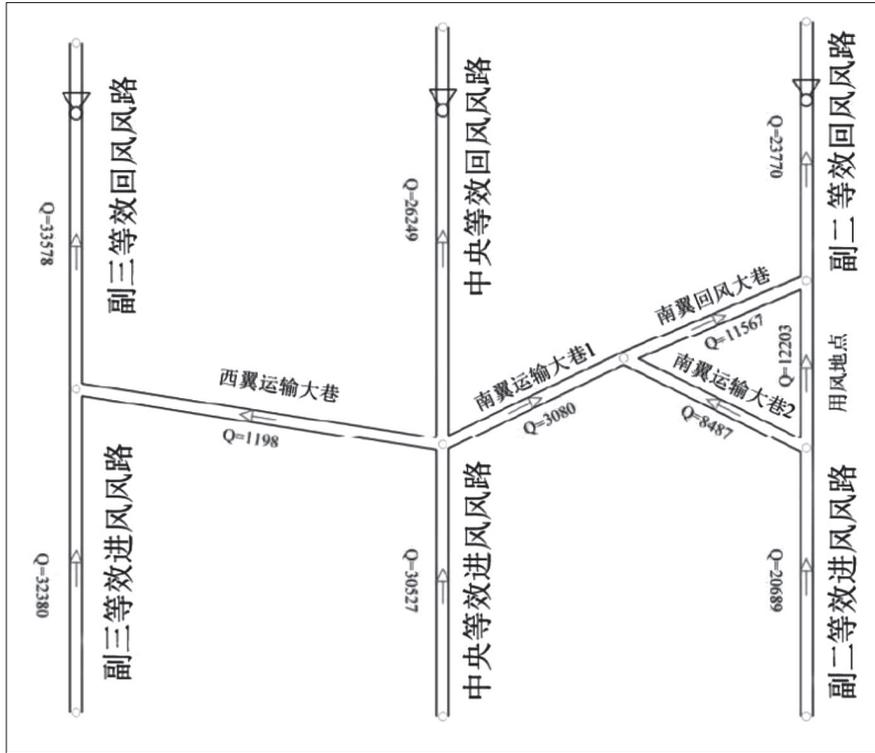


图4 “三进三回”角联通风网络仿真模型

分支 -0.55955 、 e_2 分支 0.43159 、 e_4 分支 0.18852 、 e_5 分支 -0.55918 、 e_6 分支 -0.34018 、 e_8 分支 -0.13902 。

根据分析结果可知，南翼运输大巷风量影响最大的为 e_1 分支和 e_5 分支，其次为 e_2 分支 0.43159 和 e_6 分支，最后为 e_4 分支和 e_8 分支。

(2) 西翼运输大巷边缘分支敏感性相关系数： e_1 分支 -0.32608 、 e_2 分支 0.24687 、 e_4 分支 0.66594 、 e_5

分支 -0.52516 。

根据分析结果可知，西翼运输大巷风量影响最大的为 e_4 分支，其次为 e_5 分支 0.43159 ，最后为 e_1 分支和 e_2 分支。

4 结语

综上所述，以某煤矿通风系统为研究对象，结合现场测试方式获取煤矿通风系统现状和新风井投运后矿井通风系统相关参数，通过仿真分析法综合分析巷道风阻变化对煤矿通风系统的稳定性影响。具体研究中获取以下研究成果：

(1) 根据某煤矿历史需风量变化经验，结合煤矿新建风井后需风量变化，合理预测采煤工作面需风量为 $3285\text{m}^3/\text{min}$ ，总阻力为 3896Pa 。

(2) 分别构建新建风井前后的“两进两回”角联通风网络仿真模型和“三进三回”角联通风网络仿真模型，以此实施仿真分析，获取不同边缘分支等效风阻对巷道风量稳定性的影响，计算其对应的影响敏感性。

获取不同边缘分支等效风阻对巷道风量稳定性的影响，计算其对应的影响敏感性。

参考文献：

[1] 王中举，赵硕婧. 六家煤矿矿井通风系统阻力测定与优化

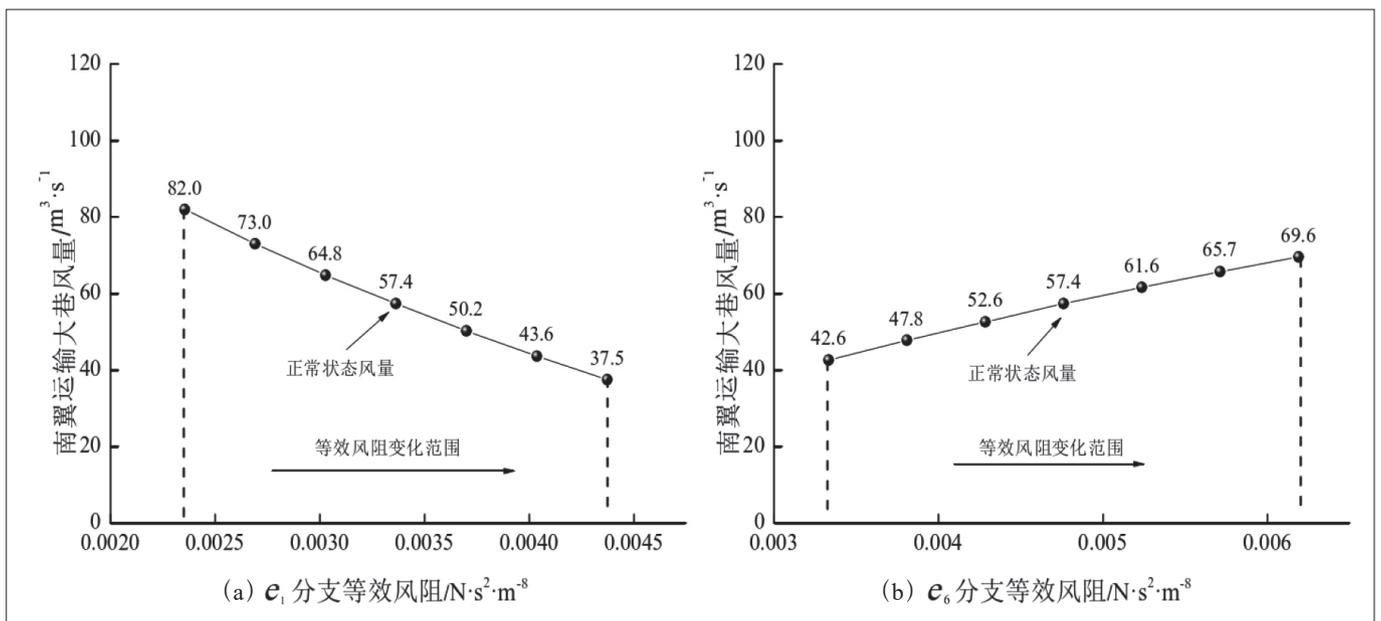


图5 进风井风阻变化对南翼运输大巷的影响

[J]. 煤炭技术, 2021, 40(5):103-106.

[2] 吴奉亮, 徐童正, 石磊. 矿井通风系统现状模拟中的双约束最优化风阻修正方法 [J]. 煤矿安全, 2022, 53(9):205-211+220.

[3] 罗兵. 辛置煤矿通风系统阻力测定及降阻增效技术研究 [J]. 能源与节能, 2021(8):144-146.

[4] 韩利军. 煤矿通风系统风流稳定性影响因素研究 [J]. 能源与节能, 2022(9):219-221.

[5] 史义存. 矿井通风系统阻力测定及降阻减压优化研究 [J]. 煤炭技术, 2022, 41(12):145-147.

[6] 王大帅. 基于风阻参数测定对通风系统的优化改造 [J]. 机械管理开发, 2022, 37(4):132-133.

(上接第90页)

过程中确保每一个瓦块厚度一致, 调整完成后需要检查轴承与推力盘的接触面积, 接触面积要保证在85%以上;

(5) 针对瓦块有划伤、合金层脱落的情况, 情况不严重的可以采用手工钳修与局部补焊来处理, 如果情况严重, 需要更换备件瓦块;

(6) 瓦块在安装前需要进行厚度的测量, 使用量块+检修平台进行测量, 偏差在0.01mm以下;

(7) 检查压缩机的进、回油管路管径、管口大小及是否存在异物, 并及时进行清理。

3.3 推力轴承温度高处理措施的应用

推力轴承温度高处理措施的应用主要包括以下几点:

(1) 在推力轴承温度高处理措施的应用过程中, 对于推力轴承需要从轴承比压、轴承载荷及进油方式进行核算;

(2) 轴承中比较核心的部件是瓦块, 瓦块制造中巴氏合金的浇筑, 轴承间隙的调整是否关键步骤, 需要检查: ①瓦块装配后的摆动情况; ②电阻线走线槽存在锋利圆角; ③推力轴承衬环内的节流塞尺寸与图纸不符;

(3) 轴承安装过程中轴承间隙、瓦块厚度的均匀, 轴瓦接触及轴瓦过盈需要重点检查;

(4) 离心压缩机推力轴承是油润滑轴承, 润滑油品质、润滑油牌号、油压及油温也会对支撑轴承温度产生影响, 尤其是试车前的油循环、油品检查工作, 需要严格按照机组说明书要求执行。

4 结语

通过对比离心压缩机支撑轴承与推力轴承的处理措施发现, 大部分的处理手段相同, 可以使用在这两种轴承上。而由于轴承结构不同和受力方式不同, 支撑轴承处理措施上相对复杂, 综合考虑的信息比较多; 而推力轴承的主要考虑因素在轴向推力的计算上。在处理方式上, 在线处理手段相对较少, 这主要受到了机组运行的影响, 增大温度高轴承的进油量是主要的处理手段; 而在停车处理过程中, 除了进行扩孔等设计上的改动, 更不能忽视其他的处理措施和检查措施的严格执行, 这是改动原设计的基础保障。以上所列举处理方案中, 仍有一些可以作为继续深挖、讨论的起点, 采集离心压缩机现场运行数据, 继续优化轴承供油的方式与结构。

参考文献:

[1] 朱映林, 贺石中, 於迪, 等. 透平机组用油的漆膜问题研究 [J]. 润滑油, 2019, 34(04):30-35.

[2] 俞亮. 循环氢压缩机轴温度异常分析及对策 [J]. 大氮肥, 2022, 45(04):259-263.

[3] 王俊, 王金贵. 循环气压缩机(K1301)存在的问题及改进措施 [J]. 化学工程与装备, 2013(12):115-117.

[4] 刘永华, 王磊, 宋启越, 等. 循环氢压缩机可倾瓦轴承温度问题的分析及处理 [J]. 中国石油石化, 2017(11):117-118.