

矿用挖掘机电气室流场和温度场数值模拟分析

刘钟军 褚悦
(江铜集团德兴铜矿公司 江西 上饶 334224)

摘要: 本文针对挖掘机通风除尘系统存在电气室温度较高、气流组织不佳等问题,以挖掘机电气室通风除尘系统为研究对象,依据流体力学基本方程,使用有限元仿真分析的手段,对电气室内流场和温度场进行数值模拟分析,得到内部流场和温度场分布的变化规律,为挖掘机通风除尘设计提供理论指导,提高产品的性能及可靠性。

关键词: 矿用挖掘机; 通风除尘系统; 温度场; 数值模拟

0 引言

矿用挖掘机通风除尘系统采用“滤筒+轴流风机+螺旋输送机”的除尘方案,在现场使用过程中,尽管风机确实能够将足量的洁净空气输送至机棚内部,但内部空气流动较为紊乱,循环效果也欠佳,导致部分高温区域的热量不能及时排走,从而引起电气室变频器、滤波柜等高温报警。因此,必须结合电气室内实际的散热源分布情况,建立电气室空气循环的有限元模型,进行数值模拟分析从而优化电气室内部空气的组织形式。首先在 Icpak 中建立电气室的三维模型并划分网格,设置好边界条件后,用 Fluent 求解器进行求解,最后进行后处理提取相关数据并绘制温度云图和流线图。

1 仿真模型的建立

在 Icpak 中建立的电气室的三维模型如图 1 所示,其中热源为 14 个电气柜,两个入口分别为入口 1 和入口 2,三个出口分别为出口 1、出口 2 和出口 3,入口和出口处的风量由风扇提供,入口处为进风,出口处为排风。

电气室的网格划分如图 2 所示,其中网格单元数量为 194461 个,节点数量为 212973 个。

2 边界条件的确定

(1) 入口边界条件的确定

入口 1 和入口 2 由风量为 20000m³/h 的轴流风机提供,因此,入口 1 和入口 2 设置成流量入口,流量为 333.33m³/min,形式设置成 Intake (进风)。

(2) 出口边界条件的确定

出口 1、出口 2 和出口 3 由风量为 10000m³/h 的轴流风机提供,因此,出口 1、出口 2 和出口 3 设置成流量出口,流量为 166.67m³/min,形式设置成 Exhaust (排风)。

(3) 热源的确定

热源主要是电气室内 14 个电气柜发热的热量,电气柜的热量主要是由电气柜内的电子元件发热导致的,电气柜内部的电子元件的发热功率如表所示:

表 电气室的电气柜的发热功率

序号	名称	发热功率: w	体积: m³	单位体积上的功率: w/m³
L1	左行走	10900	0.50824	21446.56068
L2	前提升	13200	0.73413	17980.46667
L3	1# 进线	1073	0.50824	2111.207304
L4	1# 滤波	11400	0.50824	22430.34787
L5	1# 整流	22800	0.73413	31057.16971
L6	推压	10900	0.73413	14847.50657
L7	控制	10900	0.50824	21446.56068
R1	右行走	10900	0.50824	21446.56068
R2	后提升	13200	0.73413	17980.46667
R3	2# 进线	1073	0.50824	2111.207304
R4	2# 滤波	11400	0.50824	22430.34787
R5	2# 整流	22800	0.73413	31057.16971
R6	回转	13200	0.73413	17980.46667
R7	制动	10900	0.50824	21446.56068

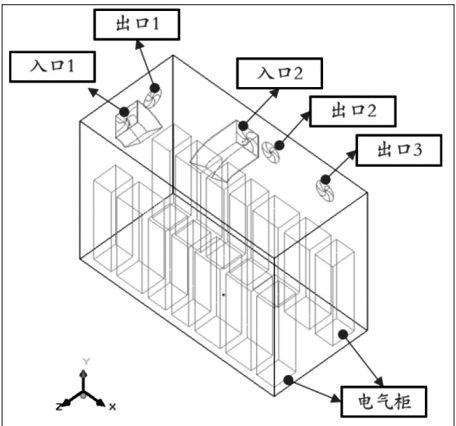


图 1 电气室的三维模型

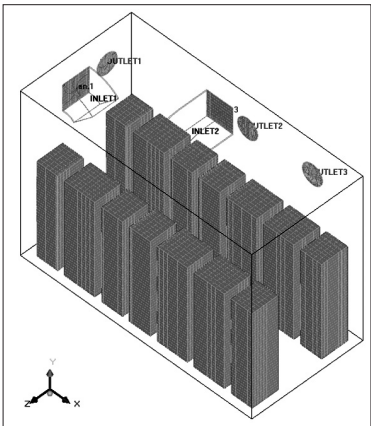


图 2 电气室的网格划分

在仿真过程中 14 个电气柜柜体设置成 Hollow, 壁面温度设置为 60℃, 通过仿真分析的数据与实测中通风散热系统启动后电气柜的进气温度 48 ~ 49℃ 进行比较, 验证仿真的准确性。

3 仿真模型求解器的设置

在求解器中设置求解流场(速度和压力)和温度场, 流动方式设置成湍流, 采用 Zero equation 进行求解, 迭代步数设置成 2000 步, 流场收敛判据设置成 1e-5, 能量收敛判据设置成 1e-7, 采用 6 线程并行的方式进行求解。点击进行求解, 待收敛后收敛残差曲线如图 3 所示。

4 仿真结果

在模型中左侧和右侧的电气柜进口处做两个平面观察电气柜进气口处的温度。通过探针在电气柜的进气口处设置监测点，得到电气柜入口处的温度，电气室的左侧电气柜的进气口温度和右侧电气柜的进气口温度分别如表 2 和表 3 所示，电气柜进口温度在 50℃ 左右，与实测过程中测量的 48 ~ 49℃ 误差很小，可以用于后续的研究。

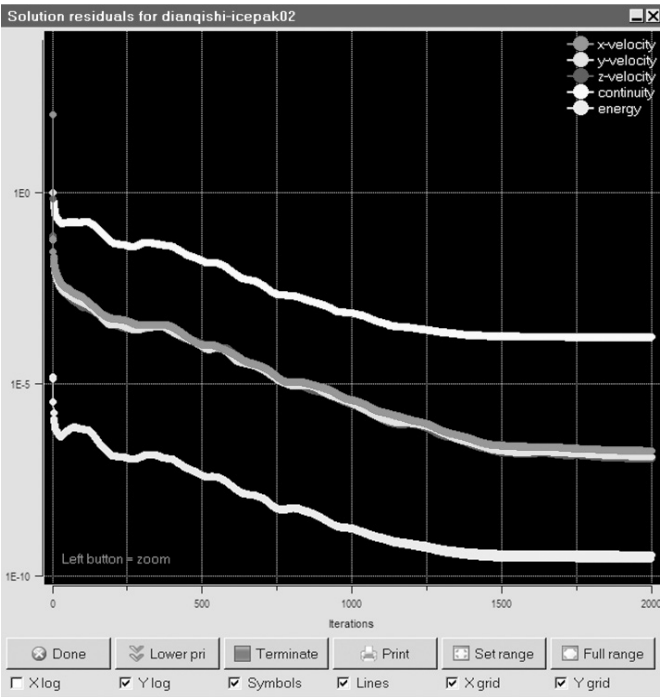


图 3 收敛残差曲线

表 2 电气室左侧电气柜的进气口温度

位置	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
温度 (°C)	49.884	50.063	50.198	50.151	49.976	50.033	49.984

表 3 电气室右侧电气柜的进气口温度

位置	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
温度 (°C)	50.473	50.700	50.841	50.920	51.014	50.699	50.515

XY 平面的速度矢量图如图 4 所示，在图中可以发现入口 1 处的空气的速度最大可达 33.4525m/s，高速的空气从入口 1 处进来后直接斜射入两排电气柜之间，内部空气流动较为紊乱，循环效果欠佳，导致前面的变频柜进口处没有直接吸入低温的空气，这样会造成前排的变频柜内的热量不能及时带走，造成局部温度过高的现象。

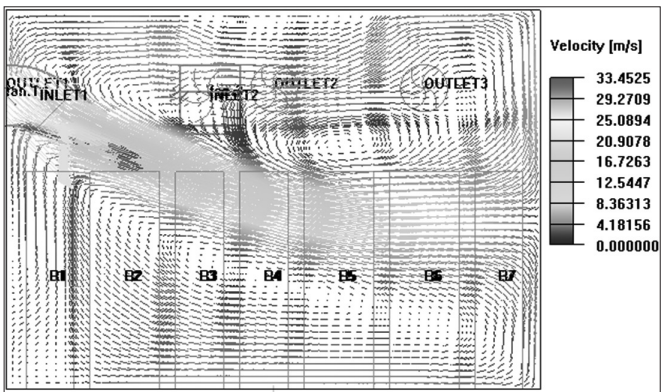


图 4 XY 平面的速度矢量图

5 电气室通风散热的改进措施

基于以上仿真分析结果，可以通过以下方法改善电气室的电气柜的散热效果：

- (1) 将入口 1 的风道下移，移至变频柜与入口相当的高度。这样从风道出口出来的风可以直接射入两排电气柜之间，位于两排电气柜之间的变频柜的入口可以及时的吸入低温的空气，带走变频柜内电子元件产生的热量，然后从变频柜上方的出口排出。
- (2) 依据发热功率改变变频柜的位置。由于整流变频柜、提升变频柜和回转变频柜发热功率比较高，可以移至靠近入口 1 的位置，将发热功率低的变频柜移至后面。这样从入口 1 进来的低温的空气更容易被吸入到发热功率高的变频柜内，更好的带走更多的热量，发热功率低的变频柜即使位于后面吸入足够的空气也能使温度降下来。

6 结语

本文通过结合实际建立电气室空气循环的有限元模型，进行数值模拟分析，从而得到电气室流场和温度场分布的变化规律，根据分析结果提出电气室通风散热改进措施，从而降低挖掘机的故障率，提高矿用挖掘机的工作效率和可靠性。

参考文献：

[1] 曾颖宇, 蒋晓华. 集总参数热路结合温度场和流场的电机永磁体温升分析方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2018 (1):67-74.

[2] 古新, 罗元坤, 熊晓朝, 等. 扭转流换热器结构参数对流场和温度场的影响[J]. 化工学报, 2018(8):99-106.

[3] 范强, 吕黔苏, 邱继艳, 等. 配电室温度场与湿度场的建模与仿真分析[J]. 电力大数据, 2019,22(1):48-53.