

ICS 29.160
CCS K 20

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 3440—2025

电机流场温度场仿真分析技术规范

Technical specification for motor fluid flow
and temperature simulation

2025 - 05 - 07 发布

2025 - 08 - 07 实施

山西省市场监督管理局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 仿真分析流程	2
6 流场温度场仿真	2
7 报告编写	4
附录 A（规范性） 电机流场温度场仿真分析流程	5
附录 B（资料性） 电机流场温度场仿真分析报告格式	6

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。

本文件由山西省工业和信息化厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对本文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省装备制造业和智能制造标准化技术委员会（SXS/TC07）归口。

本文件起草单位：中车永济电机有限公司、山西省高质量转型发展研究院、西安交通大学、中车大同电力机车有限公司、太原理工大学电气与动力工程学院。

本文件主要起草人：张洁、庞聪、白宇皎、张哲、曾敏、桑尚、徐艳晖、杨成、王旭平、王文庆、武媛、李继伟、刘冠芳、黄晓云、张瑞、吴青平。

电机流场温度场仿真分析技术规范

1 范围

本文件规定了电机流场温度场仿真分析的流程、流场温度场仿真及报告编写要求。
本文件适用于采用单相冷却的旋转电机流场温度场仿真分析，其他类型电机可参考使用。

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 1993—1993 旋转电机冷却方法

GB 3100 国际单位制及其应用

GB/T 16638.1—2008 空气动力学 概念、量和符号 第1部分：空气动力学常用术语

GB/T 31054 机械产品计算机辅助工程 有限元数值计算 术语

GB/T 33582—2017 机械产品结构有限元力学分析通用规则 术语和定义

3 术语和定义

GB/T 16638.1—2008、GB/T 31045界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

有限体积法 **finite volume method**

将求解域分成若干个有限体积的小单元，在每一个小单元内，保证积分形式的守恒关系成立而得到的一组离散方程组，求解此方程组作为原方程的近似解。

[来源：GB/T 16638.1—2008，3.3.22]

3.2

固体域 **solid domain**

仿真分析中涉及到的固体介质区域，如定子、转子等。

3.3

流体域 **fluid domain**

仿真分析中涉及到的冷却介质流动的区域，包含旋转部分和静止部分。

3.4

流场 **flow field**

描述流体域冷却介质流动状态的场数据，包含速度场和压力场数据。

3.5

温度场 **temperature field**

描述流体域或固体域自身温度分布状态的场数据。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

k- ϵ ：一种两方程k-epsilon湍流模型。

k- ω ：一种两方程k-omega湍流模型。

5 仿真分析流程

仿真分析流程主要包括几何模型构建、网格划分、材料属性设置、边界条件施加、湍流模型设置、仿真分析、结果评估以及输出，具体见附录A。

6 流场温度场仿真

6.1 几何模型构建

几何模型构建要求如下：

- a) 几何模型应包含固体域、流体域；
- b) 几何模型应采用 1:1 比例；
- c) 流体域旋转部分的模型应覆盖电机转子；
- d) 流体域进出口模型应延长到接口直径尺寸的 1~2 倍；
- e) 简化的结构模型不应改变电机冷却介质主体的流动形式。

6.2 网格划分

网格划分要求如下：

- a) 流体域与固体域接触面的网格密度应大于内部的 2~3 倍；
- b) 流体域旋转区域与静止区域接触面的网格密度应大于流体域内部的 2~3 倍；
- c) 流体域进口的过渡网格与出口缓冲段的过渡网格应不少于 5 层；
- d) 电机绕组绝缘层的网格宜为 1 至 3 层。

6.3 材料属性设置

6.3.1 材料属性应输入导热系数、质量热容、密度、动力粘度，应与计算工况的温度范围相对应。

6.3.2 材料属性单位应符合 GB 3100 的相关规定，具体见表 1。

表 1 材料属性单位

量	单位
导热系数	W/(m·K)
质量热容	J/(kg·K)
密度	kg/m ³
动力粘度	Pa·s

6.4 边界条件施加

6.4.1 施加类别

边界条件包括外部环境条件、损耗及转速三种类别。

6.4.2 外部环境条件施加

冷却介质进口边界的流量、温度和压力应按照电机实际工况施加，出口边界宜采用压力出口。

6.4.3 损耗施加

6.4.3.1 加载方法

损耗对象应至少包含定子和转子。加载方法分为平均加载、分区域加载和分布式加载三种。

6.4.3.2 平均加载

平均加载方法见公式(1)。

$$q = Q/V \dots\dots\dots (1)$$

式中：

q ——平均体积损耗，单位为瓦每立方米（ W/m^3 ）；

Q ——损耗对象的总损耗，单位为瓦（ W ）；

V ——损耗对象的总体积，单位为立方米（ m^3 ）。

6.4.3.3 分区域加载

分区域加载方法见公式(2)。

$$q_i = Q_i/V_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

q_i ——区域*i*的体积损耗，单位为瓦每立方米（ W/m^3 ）；

Q_i ——区域*i*的损耗，单位为瓦（ W ）， Q 的计算见公式（3）；

V_i ——区域*i*的体积，单位为立方米（ m^3 ）， V 的计算见公式（4）。

$$Q = \prod_{i=1}^n Q_i \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Q ——损耗对象的总损耗，单位为瓦（ W ）。

$$V = \prod_{i=1}^n V_i \dots\dots\dots (4)$$

式中：

V ——损耗对象的总体积，单位为立方米（ m^3 ）。

6.4.3.4 分布式加载

分布式加载是将损耗空间场数据施加到模型对应位置。

6.4.4 转速施加

转速应施加到流体域的旋转部分。

稳态分析按固定转速施加，瞬态分析按时间—转速曲线施加。

转速单位应为r/min，时间单位应为s。

6.5 湍流模型

机壳表面冷却的电机宜采用低雷诺数 $k-\epsilon$ 或者 $k-\omega$ 湍流模型，其他冷却类型的电机宜采用高雷诺数 $k-\epsilon$ 湍流模型。旋转电机冷却类型应符合GB/T 1993—1993第5章的规定。

6.6 仿真分析

模型应根据GB/T 16638.1—2008中的有限体积法构建方程组，迭代法求解。求解过程中应监测流量、温度、压力等参数。

6.7 结果评估

结果评估采用数值评估法或物理样机法，具体如下：

- a) 数值评估法：多次试算调整有限体积模型的边界和模型参数，数值评估分析结果的可靠性。
- b) 物理样机法：进行物理样机试验，对比有限体积分分析结果和试验结果，如偏差较大，以试验结果为依据修正有限体积分分析模型重新计算后评估。

若评估结果不满足要求，对构建过程进行修正，重新分析和评估。

6.8 结果输出

仿真分析结果的提取和输出包含但不限于以下信息：

- a) 定子、转子的最高、最低及平均温度；
- b) 冷却介质进口、出口的平均压力；
- c) 关键部位冷却介质的流量、温度、压力等分布云图。

7 报告编写

报告编写可参考附录B，报告内容应包含但不限于以下内容：

- a) 电机参数：电机型号、冷却方式；
- b) 几何模型；
- c) 网格划分；
- d) 材料属性；
- e) 边界条件；
- f) 湍流模型；
- g) 仿真结果及分析；

附录 A
(规范性)
电机流场温度场仿真分析流程

流场温度场仿真分析流程见图A.1。

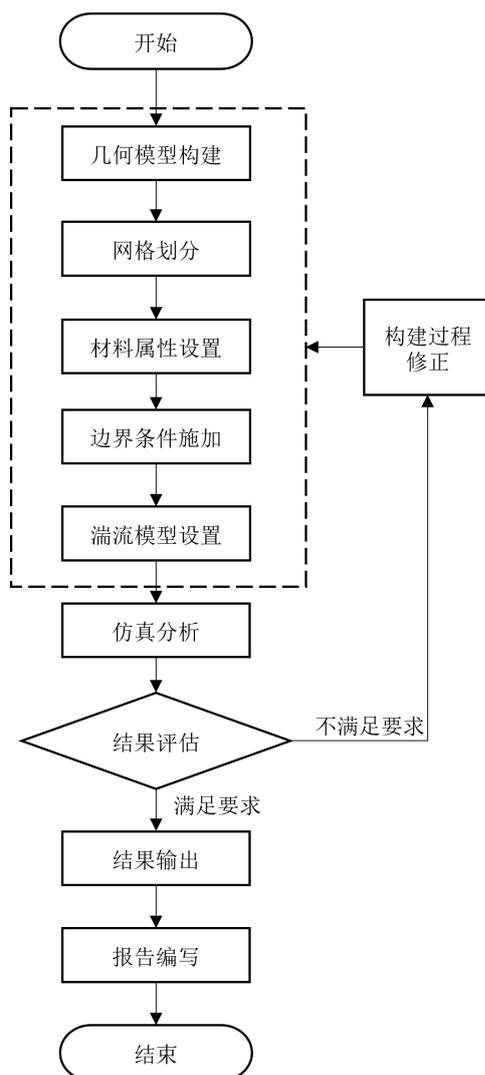


图 A.1 电机流场温度场仿真分析流程

附 录 B
(资 料 性)

电机流场温度场仿真分析报告格式

B.1 电机参数

电机名称：
电机型号：
冷却方式：

B.2 流场温度场仿真分析

B.2.1 仿真软件

说明使用的软件及其版本。

B.2.2 几何模型

几何模型图，并图示冷却结构。

B.2.3 网格划分

网格划分模型，网格数量。

B.2.4 材料属性

列举所涉及到的所有材料属性。

B.2.5 边界条件

边界条件包括外部环境条件、损耗、转速等。

B.2.6 湍流模型

计算所采用的湍流模型及参数。

B.2.7 仿真结果及分析

提取并输出以下信息：

- a) 定子、转子的最高、最低及平均温度；
 - b) 冷却介质进口、出口的平均压力；
 - c) 关键部位冷却介质的流量、温度、压力等分布云图，并标记出最大值位置；
 - d) 对仿真结果进行分析。
-