

Na China, o sistema de qualificação profissional para engenheiros segue um processo estruturado que reflete o desenvolvimento de suas habilidades e experiência ao longo do tempo. Aqui está uma explicação geral de como esse processo funciona e como ele se aplicaria ao engenheiro mencionado, Ren Gui Gu, com base em seus dados:

A. FORMAÇÃO PROFISSIONAL:

1. Formação Acadêmica

O primeiro passo para obter uma qualificação profissional como engenheiro na China é concluir uma formação acadêmica relevante. No caso de Ren Gui Gu, sua formação em engenharia mecânica seria a base para ingressar nesse caminho. Ele concluiu o curso de graduação em uma universidade reconhecida e obteve conhecimentos técnicos na área, conforme comprova o **“3-Certificado de Graduação de Mestrado”**.



Figura 1 - Certificado de Graduação de Mestrado.

2. Registro Inicial e Experiência Profissional

Após a graduação, os engenheiros ingressam no mercado de trabalho, acumulando experiência prática em sua área. Durante esse período, eles precisam registrar-se em sistemas locais ou nacionais de engenharia, o que envolve:

- Trabalhar por um período mínimo em projetos relacionados à sua especialidade (geralmente 3 a 5 anos, dependendo da área).
- Ser supervisionado por engenheiros sêniores que avaliam seu desempenho e aprendizado.
- Participar de treinamentos adicionais ou cursos especializados, quando aplicável.

Esse período é crucial para desenvolver habilidades práticas e compreender os padrões industriais e regulatórios.

3. Avaliação e Qualificação Inicial

Depois de acumular a experiência necessária, o engenheiro pode solicitar a certificação. Na China, isso envolve um processo de avaliação realizado por comitês de engenharia local ou nacional, similar ao procedimento para obtenção da OAB no Brasil. Os requisitos incluem:

- Relatórios sobre os projetos em que o engenheiro trabalhou.
- Exames teóricos e práticos sobre conhecimentos de engenharia.
- Avaliação de habilidades de planejamento e execução de projetos.

Após essa avaliação, o profissional recebeu o título de "Engenheiro Intermediário" em 2017, indicando que ele passou por esse processo e atingiu um nível intermediário de competência profissional, como apresenta o **“3-Certificado Profissional - Intermediate engineer Ren Gui Gu”** em anexo.

O certificado foi emitido pelo Departamento de Recursos Humanos e Previdência Social de Taizhou, uma autoridade local responsável pela administração de registros e qualificações profissionais, que seria equivalente ao CREA/CONFEA. O documento valida sua experiência, formação e capacidade técnica para atuar como engenheiro intermediário em engenharia mecânica.



Figura 2 - Certificado Profissional.

O sistema de qualificação profissional na China é hierárquico, com níveis como:

- **Engenheiro Assistente** (nível inicial);
- **Engenheiro Intermediário** (nível médio);
- **Engenheiro Sênior** (nível avançado);
- **Engenheiro Chefe** (ou Engenheiro Especialista, nível mais alto).

4. Experiência Profissional

Após a formação, Ren Gui Gu adquiriu experiência prática em projetos de engenharia, supervisionado por engenheiros sêniores. Esse período o habilitou a assumir responsabilidades técnicas mais complexas, como mostrado em sua atuação no projeto descrito nos documentos apresentados e por ele assinados, como responsável técnico:

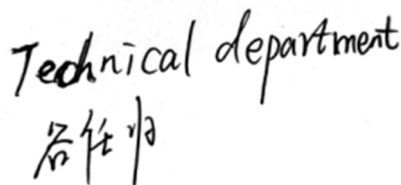
The image shows a handwritten signature in black ink. The top part of the signature is written in English, "Technical department", in a cursive, slightly slanted font. Below it, the Chinese characters "谷仕刚" (Gu Shigang) are written in a similar cursive style.

Figura 3 – Assinatura do Engenheiro constante nos documentos em língua nativa

Os documentos apresentados na Diligência anterior (em condição original/língua nativa), consta a assinatura do engenheiro, comprovando que faz parte do Departamento Técnico e realizou os projetos de seleção e análises computacionais CFD.

B. PROJETOS APRESENTADOS:

Documento: 5-Pump 900QZ-160 CFD Hydraulic Report Analysis 900QZ-160 水力分析报告

O relatório técnico apresenta a análise do desempenho hidráulico da bomba 900QZ-160 da vazão solicitada, por meio de modelagem CFD (Dinâmica de Fluidos Computacional). O documento detalha o projeto, especificação e seleção da bomba, com foco nos seguintes pontos:

1. Especificação do Projeto:

- A bomba foi projetada com parâmetros como vazão, altura manométrica, velocidade de rotação, potência no eixo e eficiência.
- Propriedades físicas do meio de bombeamento, como densidade e viscosidade, foram consideradas.

2. Análise por CFD:

- A estratégia de cálculo incluiu a definição do domínio computacional, configuração de malha, condições de contorno e parâmetros de simulação.
- O software ANSYS CFX foi utilizado para prever as características externas, como altura manométrica, potência e eficiência.

3. Resultados e Ajustes:

- Os resultados iniciais indicaram discrepâncias entre os valores calculados e os parâmetros projetados, atribuídas à presença de zonas de água estagnada no modelo hidráulico.

- Após ajustes no modelo, removendo essas zonas, os resultados se alinharam melhor com as especificações projetadas, demonstrando melhorias em altura manométrica e eficiência.

4. Características do Campo de Fluxo:

- A análise do escoamento interno revelou que vórtices nas palhetas guia contribuíram para as perdas de eficiência e desempenho. Esses problemas foram mitigados após os ajustes no modelo.

O relatório conclui que o processo de projeto, especificação e seleção da bomba foi bem-sucedido, com a análise CFD desempenhando um papel essencial na identificação e correção de problemas no modelo hidráulico, garantindo o atendimento aos parâmetros de desempenho estabelecidos.

Documento: 5-CFD Hydrodynamics Analysis Report of An Integrated Prefabricated Pump Station—一体化预制泵站内部CFD流体力学

O documento apresenta o desenvolvimento do projeto, especificação e seleção da estação de bombeamento integrada destacando o processo de análise hidrodinâmica utilizando CFD (Dinâmica de Fluidos Computacional).

1. Projeto e Especificação:

- A estação foi projetada com cilindro de aço fundido, design de base anti-acúmulo de sedimentos e equipada com duas bombas de fluxo axial, além de componentes como grade de cesta e tubulação de pressão.
- A análise determinou os parâmetros críticos de desempenho e a geometria ideal para otimizar a operação da estação.

2. Análise CFD:

- O processo incluiu modelagem tridimensional, divisão de malha, solução de campo de fluxo e pós-processamento.
- O software ANSYS foi utilizado para analisar o fluxo interno da estação, avaliando condições de entrada e estabilidade operacional das bombas.

3. Seleção e Ajustes:

- A análise comparou diferentes condições operacionais (uma bomba ou duas em funcionamento) para avaliar o comportamento do fluxo.
- Identificou-se que, com ambas as bombas em operação, o fluxo interno era simétrico e a condição de entrada no sistema era ideal.

4. Resultados e Conclusão:

- O relatório conclui que a estação projetada atende aos critérios de desempenho esperados, com fluxo interno uniforme e eficiente, comprovando a adequação do projeto, especificação e seleção das bombas utilizadas.

- Critérios de aceitação conforme ISO 9906:2012, similar a ANSI/HI 14.6, vide 3-4-Test Report of Suzhou River Channel Project 800QZ-125.

Este documento demonstra que todo o processo foi conduzido com precisão técnica, garantindo eficiência e confiabilidade do sistema projetado.

Porto Alegre, 09 de dezembro de 2024.

**GUILHERME
GONCALVES**

**ALMEIDA:002493
63089**

Assinado de forma digital
por GUILHERME
GONCALVES

ALMEIDA:00249363089

Dados: 2024.12.09

16:12:16 -03'00'

CONSÓRCIO CB FARROUPILHA

硕士研究生

毕业证书



研究生 谷任归 性别 男，一九八五年十一月十四日生，于

二〇一一年九月至二〇一四年六月在 流体机械及工程

专业学习，学制3.0年，修完硕士研究生培养计划规定的全部课程，成绩合格，

毕业论文答辩通过，准予毕业。

培养单位：江苏大学

校长：

袁善法

证书编号：102991201402000804 二〇一四年六月十六日

台州市专业技术职务 任职资格证书

此证表明持证人具备担任相应中、初级专业技术职务的任职资格。

姓名: 谷任归
性别: 男
出生年月: 1985年11月14日
资格名称: 工程师
专业名称: 机械工程
取得资格时间: 2017年10月31日
评委会名称: 直接确认



身份证号: 430481198511143932
证书编号: 20170407522878
查 询
在线验证码: TSIPL06B



发证时间: 2017年11月16日



利欧集团湖南泵业有限公司



一体化预制泵站内部 CFD 流体力学

分 析 报 告

利欧集团湖南泵业有限公司技术部

2024 年 6 月 24 日

Technical department
谷任明

目录

- 1. 概述 3
 - 1.1 分析对象 3
 - 1.2 一体化预制泵站 CFD 分析过程 3
 - 1.3 控制方程 4
- 2. 三维造型与网格划分 6
- 3. 边界条件 7
- 4. 计算求解 8
- 5. 流场显示 8
 - 5.1 筒体三维流场分布 8
 - 5.2 筒体内部局部流态 9
- 6 结论 12

Technical department
谷任明

1.概述

1.1 分析对象

分析对象为利欧集团湖南泵业有限公司提供的 700QZ-70J 一体化预制泵站模型，筒体尺寸为 $\Phi 4200 \times H8850\text{mm}$ ，泵站采用铸钢筒体和防淤泥堆积底座设计，内置两台轴流泵，此外泵站内还包括：提篮格栅、压力管道等设备，其结构示意图如图 1-1 所示。

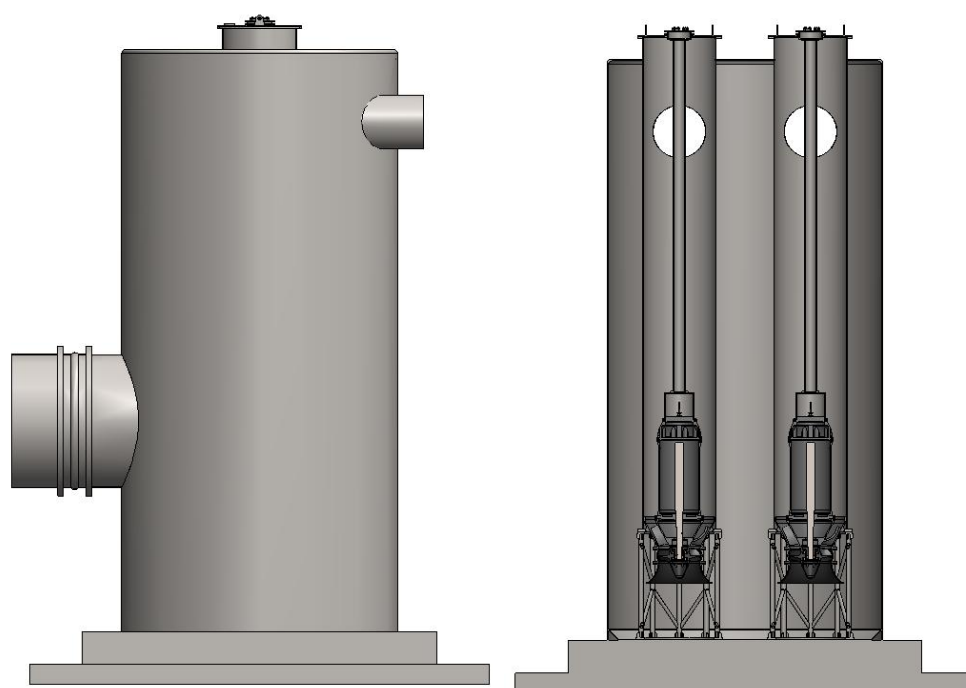


图 1-1 泵站结构

1.2 一体化预制泵站 CFD 分析过程

一体化预制泵站内的流态好坏决定泵的入流条件，从而影响泵机组运行的稳定性，因此需要对筒体内部流场进行 CFD 分析，判别筒体底部形状设计好坏。

一体化预制泵站 CFD 分析过程主要包括三维模型、网格划分、流场求解及后处理四个阶段，采用国际上运用最广泛的 ANSYS 对一体化泵站进行 CFD 分析，具体流程如图 1-2 所示。

Technical department
谷任明

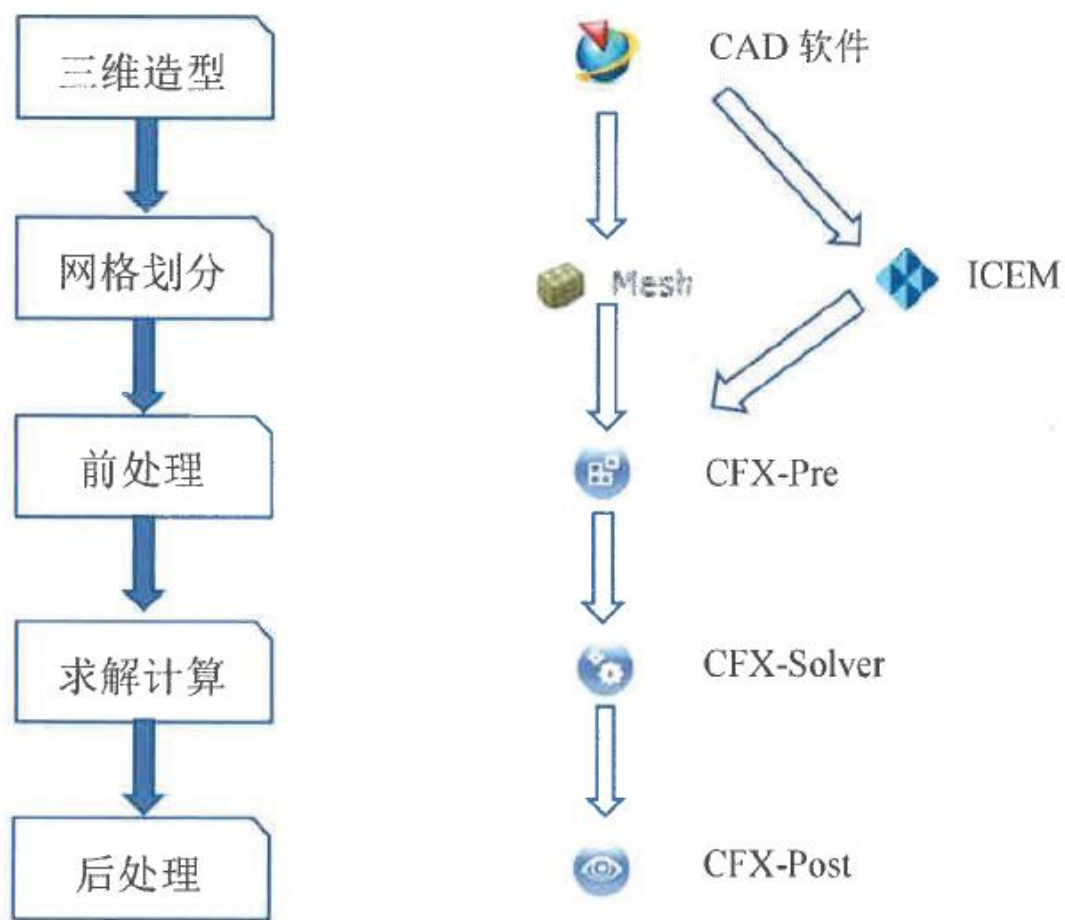


图 1-2 CFD 计算流程

1.3 控制方程

泵站内的流体流动遵循质量守恒、能量守恒和动量守恒，这些规律可用想应的控制方程进行描述。CFD 求解即对这些离散化的控制方程进行求解，得出流体域在各点的压力、速度等流动变量。本次分析的泵站内的流动为三维不可压缩湍流流动，不考虑流体换热情况下其直角坐标系下流动控制方程为：

(a) 质量守恒（连续）方程：

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

式中： ρ — 为流体的密度；

u 、 v 、 w — 速度的坐标分量。

Technical department
谷任明

(b) 动量守恒 (N-S) 方程:

$$\begin{cases} \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u u) = \text{div}(\mu \text{grad} u) - \frac{\partial p}{\partial x} + S_u \\ \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v u) = \text{div}(\mu \text{grad} v) - \frac{\partial p}{\partial y} + S_v \\ \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w u) = \text{div}(\mu \text{grad} w) - \frac{\partial p}{\partial z} + S_w \end{cases}$$

式中: S_u 、 S_v 、 S_w —动量守恒方程的广义源项;

u —流体绝对速度矢量;

μ —动力粘度;

t —时间。

对于湍流, 如果直接求解三维瞬态的控制方程, 需要采用直接模拟方法, 但这对计算机的内存和速度要求都很高, 很难在实际工程中采用。工程上广泛采用的方法是对瞬态 N-S 方程进行时均化, 同时补充反映湍流特性的其他方程, 组成封闭方程组再进行求解。

本次分析采用 k - ε 模型对湍流进行求解, 该模型是对瞬时的 N-S 方程用重整化群的数学方法推导出来的模型, 其精度较高, 在流线曲率大、有旋涡和旋转的叶轮机内部流场中更加适用。其 k 、 ε 方程如下:

$$\begin{aligned} \frac{D(\rho k)}{Dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + \tau_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \rho \varepsilon \\ \frac{D(\rho \varepsilon)}{Dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\alpha_\varepsilon \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1}^* \frac{\varepsilon}{k} \tau_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \end{aligned}$$

其中 ρ 为流体密度, μ_t 是湍流粘度, 定义为:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

式中: $C_{\varepsilon 1}^* = C_{\varepsilon 1} - \frac{\eta(1-\frac{\eta}{\eta_0})}{1+\beta\eta^3}$, $\eta = \frac{(2E_{ij}E_{ji})^{0.5}k}{\varepsilon}$, $E_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \eta_0 = 4.377$, $\beta =$

0.012, $C_\mu = 0.0845$, $\alpha_k = 1.39$, $C_{\varepsilon 1} = 1.42$, $C_{\varepsilon 2} = 1.68$ 。

Technical department
谷佳明

2.三维造型与网格划分

采用商业三维软件 SolidWorks 对泵站过流区域进行三维造型,如图 2-1 所示,对水泵依次进行编号。

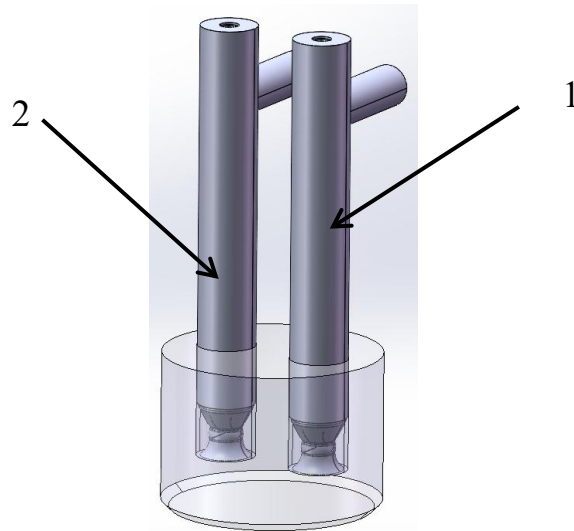


图 2-1 一体化泵站水体三维模型

泵站内的流体为连续流动的,而直接求解连续的流体域难度较大,因此,目前的 CFD 技术需借助网格划分将连续流体域离散化,并求解离散化的方程组,可大大减小数值计算难度并提高求解的精度。从计算的稳定性来说,结构化网格比非结构化网格要好,带来的插值误差等各方面较小。但是,从模型的保形性角度,非结构化网格比结构化网格好的多,能以比较小的网格量做出保形性效果好的网格。由于泵站内流动区域较为复杂,为了有更好的适应性,本文采用的非结构化网格。

如图 2-2 所示,在 ANSYS 中对整个水体进行四面体非结构网格划分,并对泵出水管叶轮区域进行局部加密。理论上,网格的数量会对计算精度和速度造成一些影响。网格数量的增加会提高计算准确度,但考虑到计算时间及计算成本,网格数也不宜过多,因此有必要进行网格无关性检查。表 2-1 为计算域的网格无关性检查。

根据网格疏密程度划分三套网格方案,比较泵站进出口的流动损失(m),结果表明疏网格方案会导致计算结果产生一定的偏差,而中密型网格

Technical department
谷任明

密网格计算偏差为 1.2%，综合考虑后，选择中密型网格方案，其网格总数为 3496782。

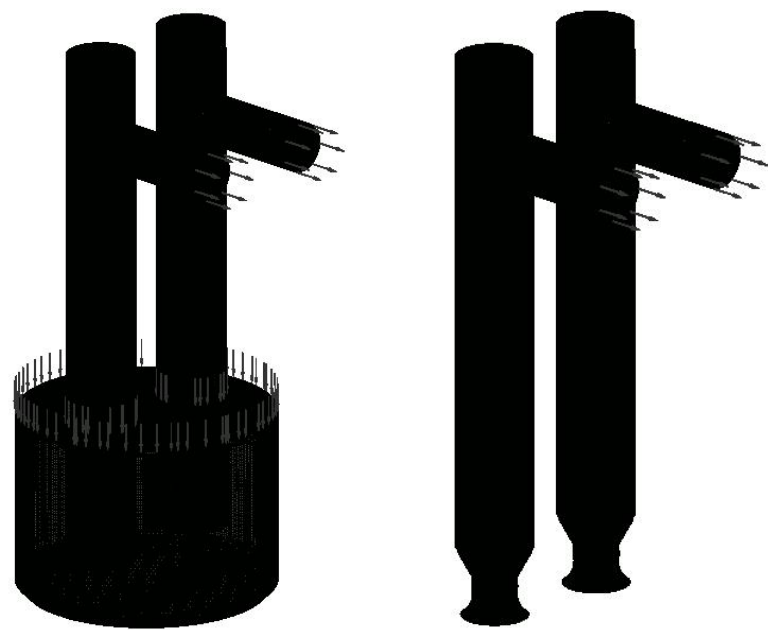


图 2-2 网格划分

表 2-1 网格无关性检查

疏密程度	网格数量	流动损失(m)
疏	1639648	0.53
中	3496782	0.66
密	5697138	0.65

3.边界条件

采用商用软件 ANSYS CFX 对一体化泵站内部流动进行 CFD 分析，针对泵站内部流动特点和对计算收敛性的影响，根据流量将泵站进口设置为恒定的压力进口，出口设置成质量流，叶轮与静止部件间的交界面设置为 Stage(Mixing-Plane)，其余固体壁面均设为光滑无滑移壁面条件。

Technical department
谷任明

4.计算求解

对泵站两种开机情况(开一台和两台全开)分别进行计算求解，对比流场分布，最终给出建议。两种开机情况的计算域如图 4-1 所示。

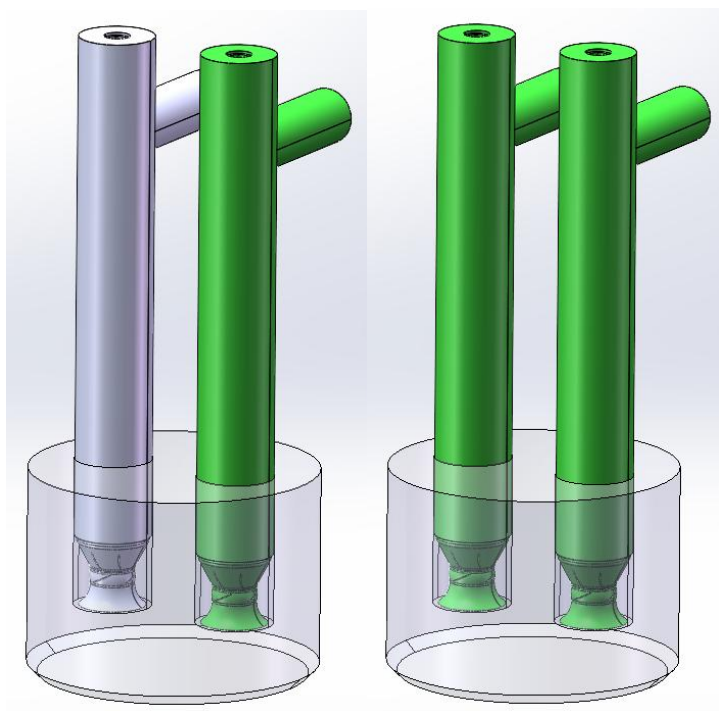


图 4-1 两种开机情况组合

5.流场显示

5.1 筒体三维流场分布

如图 5-1 所示为泵站在两种启动状态下筒体内部三维流线及速度矢量分布，可以看出水流从进口液面向下运动至泵入口后均匀进入泵内，泵进口入流未出现明显的不良现象，泵吸入口和筒体底座流速较密，说明该处流速较大对底部具有很强的抽吸作用。对比发现 2 台泵同时开启时，筒体内流动几乎呈对称分布，泵的入流条件很好。

Technical department
谷任明

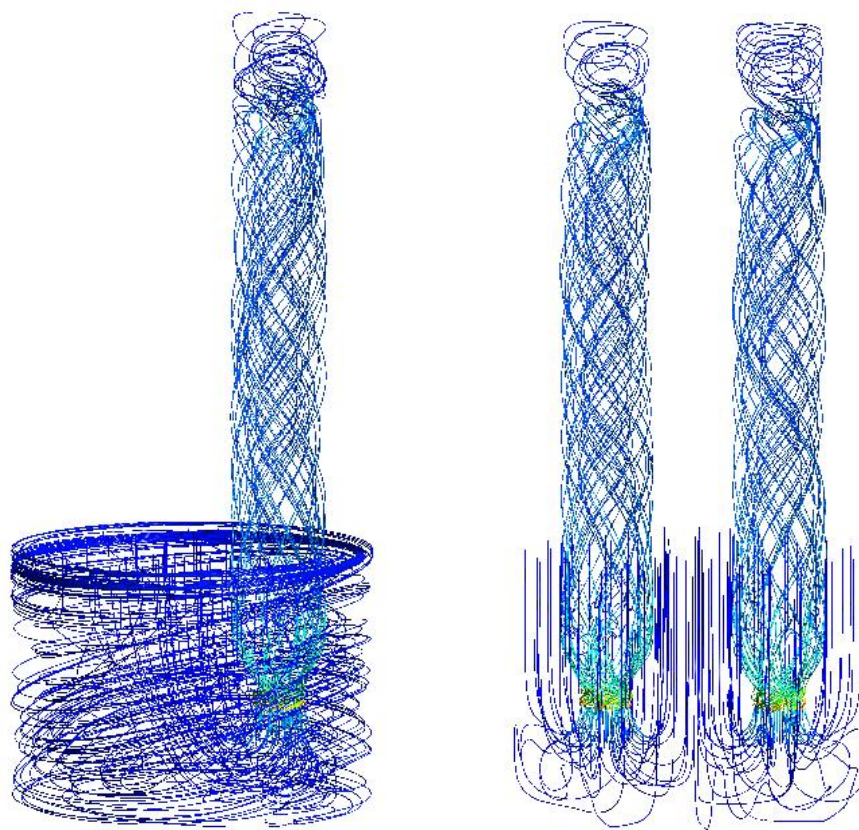


图 5-1 两种开机情况筒体和泵内部三维流动

5.2 筒体内部局部流态

为了更仔细的查看筒体底部流场，在水泵中心横截面查看其速度流线分布，如图 5-2 所示，单台泵启动运行时，筒体内介质会产生旋流，在泵入口处有较大预旋；两台泵同时启动时，筒体内部流态较好，整个流动的对称度很好，介质基本沿轴向进入泵，进口预旋很小。

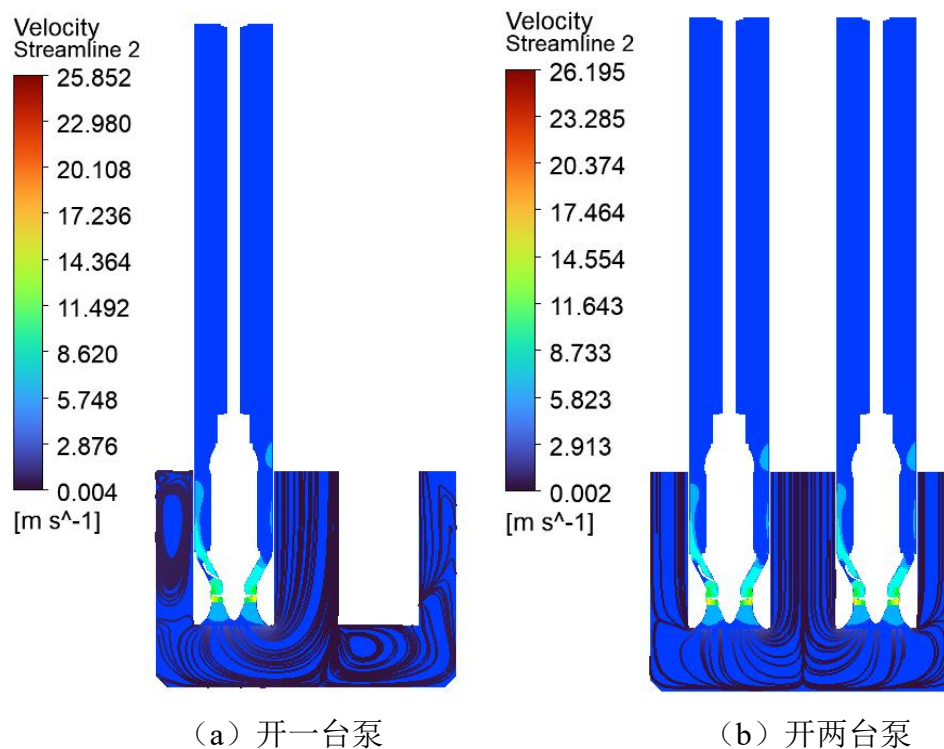
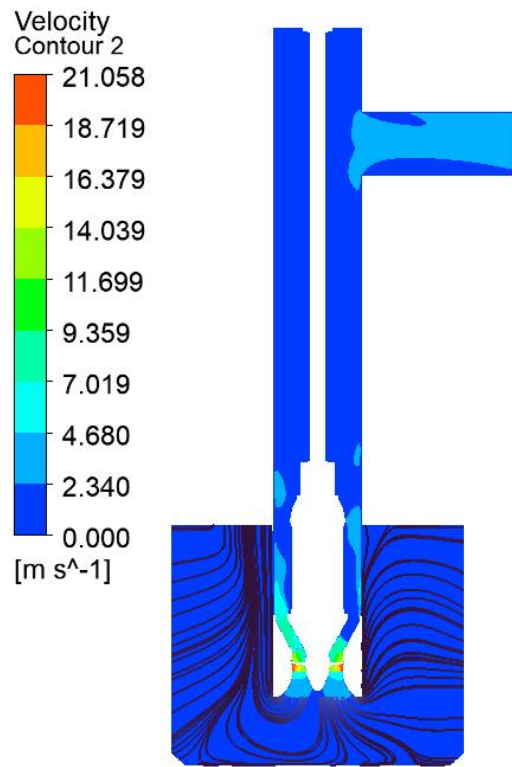


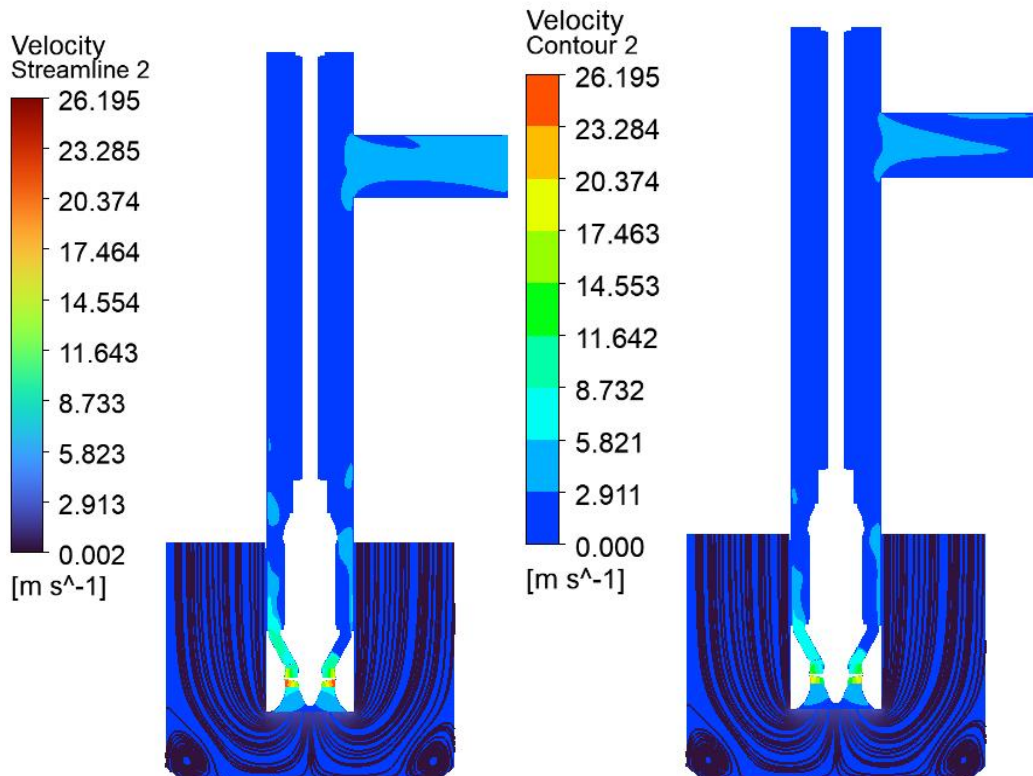
图 5-2 水泵中心横截面流场分布

图 5-3 为每台水泵中心线纵剖面的速度流线图。图 (a) 为单台泵启动运行时水泵中心线纵剖面的速度流线图, (b) ~ (c) 为两台泵启动运行时水泵中心线纵剖面的速度流线图。单台泵启动运行时, 纵剖面筒体内相对较为混乱, 泵进口流态呈不对称状态; 两台泵同时运行时, 筒体内部流态较好, 整个流动的对称度很好, 介质基本沿轴向进入泵, 泵进口处流线顺畅, 基本没有预旋。

Technical department
谷任明



(a)



(b)

(c)

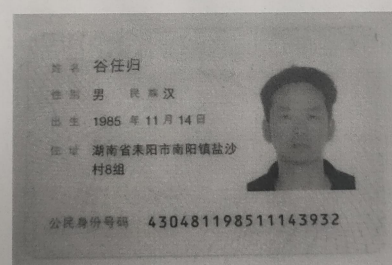
图 5-3 水泵中心纵截面流场分布

Technical department
谷任明

6 结论

一体化预制泵站在两台泵同时启动运行时，筒体内部流态较好，整体呈对称状态，泵进口入流条件很好，未出现明显的不良流动现象。

Technical department
谷任明



谷任归
(投标用资料)

台州市专业技术职务 任职资格证书

此证表明持证人具备担任相应中、初级专业技术职务的任职资格。

姓名: 谷任归
性别: 男
出生年月: 1985年11月14日
资格名称: 工程师
专业名称: 机械工程
取得资格时间: 2017年10月31日
评委会名称: 直接确认



身份证号: 430481198511143932
证书编号: 20170407522878
查询
在线验证码: TSIPL06B



发证时间: 2017年11月16日



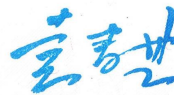
硕士研究生 毕业证书



研究生 谷任归 性别 男，一九八五年十一月十四日生，于
二〇一一年九月至二〇一四年六月在 流体机械及工程
专业学习，学制 3.0 年，修完硕士研究生培养计划规定的全部课程，成绩合格，
毕业论文答辩通过，准予毕业。

培养单位：江苏大学

校 长：



证书编号：102991201402000804

二〇一四年 六 月 十六 日

900QZ-160 CFD 水力性能分析报告



1. 设计参数

900QZ-160 设计参数如下表所示。

表 1.1 设计参数

流量 (m ³ /s)	扬程 (m)	转速 (rpm)	轴功率 (kW)	效率 (%)
3.02	2	490	80.1	74
3.2	1.2		56.6	66.5

设计和计算分析中所采用的常数和抽送介质基本物理属性见下表。

表 1.2 常数和介质属性

重力加速度 g	介质密度	动力粘度
9.81 m/s ²	997 Kg/m ³	8.899×10 ⁻⁴ Pa·s

2. CFD 计算策略

CFD 计算策略在四个方面制定：1) 计算域；2) 计算网格；3) 边界条件；4) 计算设置。经过反复论证后最终方案如后文所述。

2.1 计算域

在水力模型开发过程中，完整水力模型的计算域涵盖从进口段到出口段的所有过流部件但不包含各种密封间隙和盖板外侧腔内的流动。沿流动方向，计算域依次为喇叭口、叶轮、导叶。下图所示为本次计算最终确定的计算域。

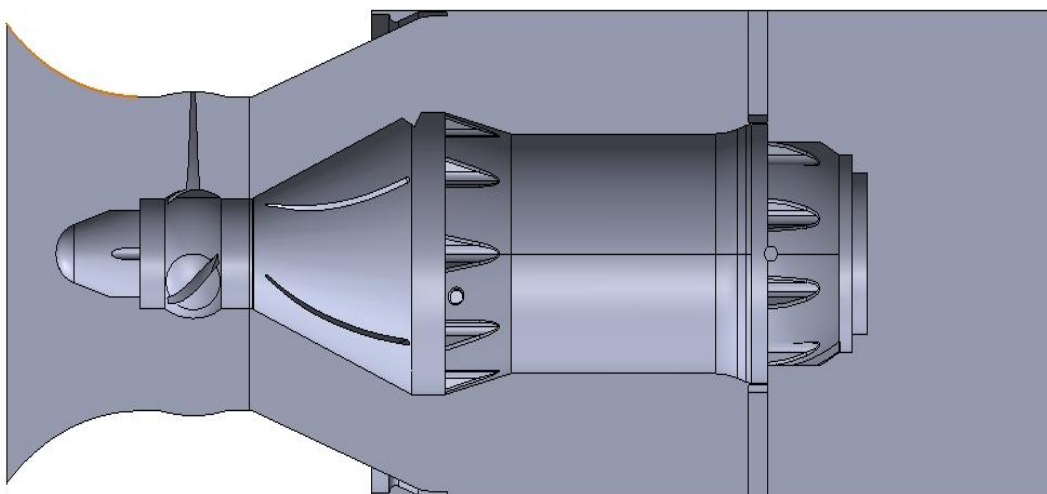


图 2.1 计算域

2.2 计算网格

计算网格对计算结果有至关重要的影响，需要经过网格无关性验证，恰当的处理近壁区网格密度以满足湍流模型的要求等。

本次计算网格采用贴体网格。其中喇叭口、叶轮和导叶流道网格为六面体为主的混合网格。在叶轮流道内，对近壁区网格进行了特别的加密处理以更好地模拟边界层内的流动和估算水力效率。各部分网格大概数量见下表。

表 2.2 网格数量

位 置	总数量
喇叭口	500000
叶轮	800000
导叶	1200000

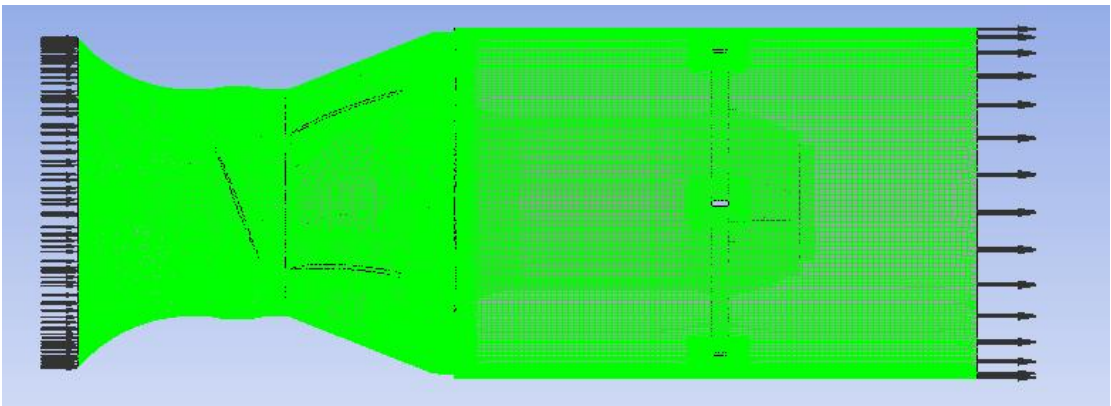


图 2.3 计算网格

2.3 边界条件和计算设置

流体为不可压缩流体，所有过流部件耦合计算，不同部件间的连接关系见下表。

采用无滑移壁面，其他主要边界条件设置见下表。

表 2.4 主要边界条件和计算域耦合算法

项 目	参 数
进口	总压
出口	质量流量
喇叭口和叶轮	Stage Interface (Constant Total Pressure)

项 目	参 数
叶轮和导叶	Stage Interface (Constant Total Pressure)

计算采用 ANSYS CFX 软件进行，主要计算设置见下表。

表 2.5 主要计算设置

项 目	参 数
分析类型	Steady state
湍流模型	The Baseline (BSL) k-omega Model
壁面函数	Automatic
对流项数值精度	High resolution (2 阶)
湍流项数值精度	High resolution (2 阶)

3. 外特性分析方法

泵的扬程、功率、效率的计算方法为：

$$\text{扬程 } H = \frac{(\overline{P_{t\ out}} - \overline{P_{t\ in}})}{\rho g}$$

式中， $\overline{P_{t\ out}}$ ， $\overline{P_{t\ in}}$ 分别为泵进出口质量加权平均总压，按下式求得：

$$\overline{P_t} = \frac{\int_A p_t \rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dA}{\dot{m}}$$

$$\text{其中， } \dot{m} = \int_A \rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dA$$

$$\text{功率 } P = P_p + P_{vis}$$

等式右边依次为压力对叶轮所做功率和粘性力对叶轮所做功率，按下式求得：

$$P = M \cdot \omega$$

式中， M 为压力或粘性力对叶轮回转轴的力矩， ω 为叶轮旋转角速度。

$$\text{效率 } \eta = \frac{\rho g Q H}{P} \times 100\%$$

式中， Q 为通过泵的流量。

4 CFD 性能预测

4.1 外特性结果

参照 3 节分析方法从 CFD 计算结果中提取计算模型的外特性，见下表及下图所示。

表 4.1 设计参数

流量 (m³ /s)	扬程 (m)	转速 (rpm)	轴功率 (kW)	效率 (%)
3. 02	2	490	80. 1	74
3. 2	1. 2		56. 6	66. 5

表 4.2 CFD 计算参数

流量 (m³ /s)	扬程 (m)	轴功率 (Kw)	水力效率 (%)
2. 80	2. 41	116. 3	56. 8
3. 02	1. 64	96. 5	50. 1
3. 20	0. 86	78. 0	34. 6
3. 30	0. 38	66. 8	18. 2

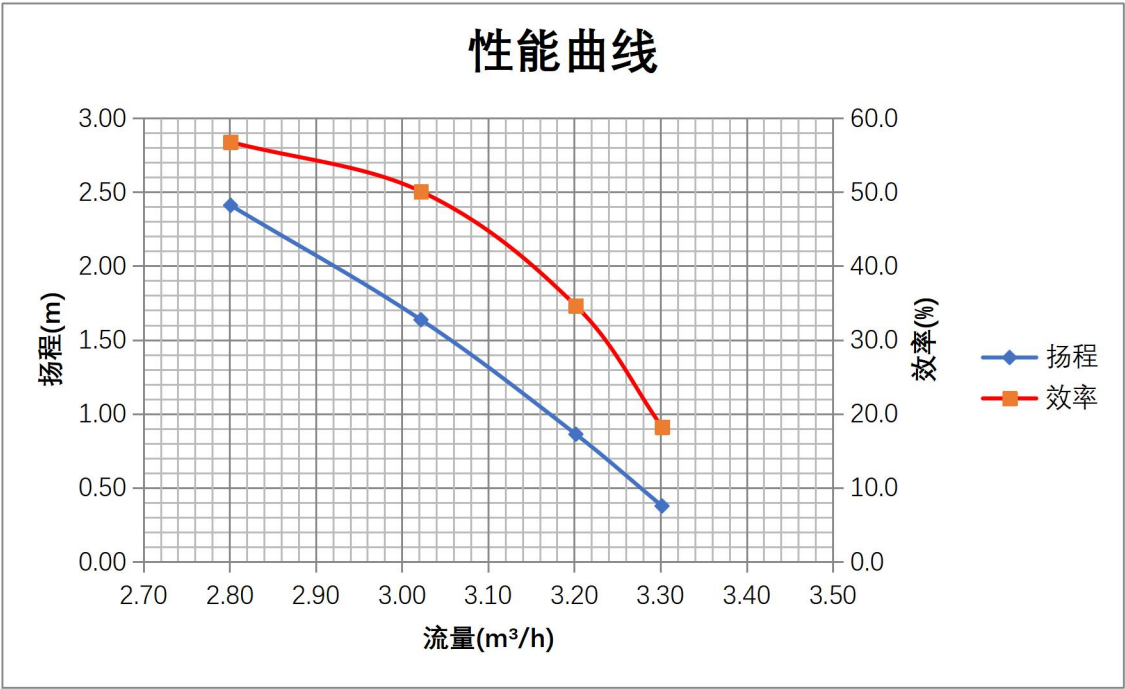


图 4.3 流量-扬程/效率曲线

Technical department
谷任明

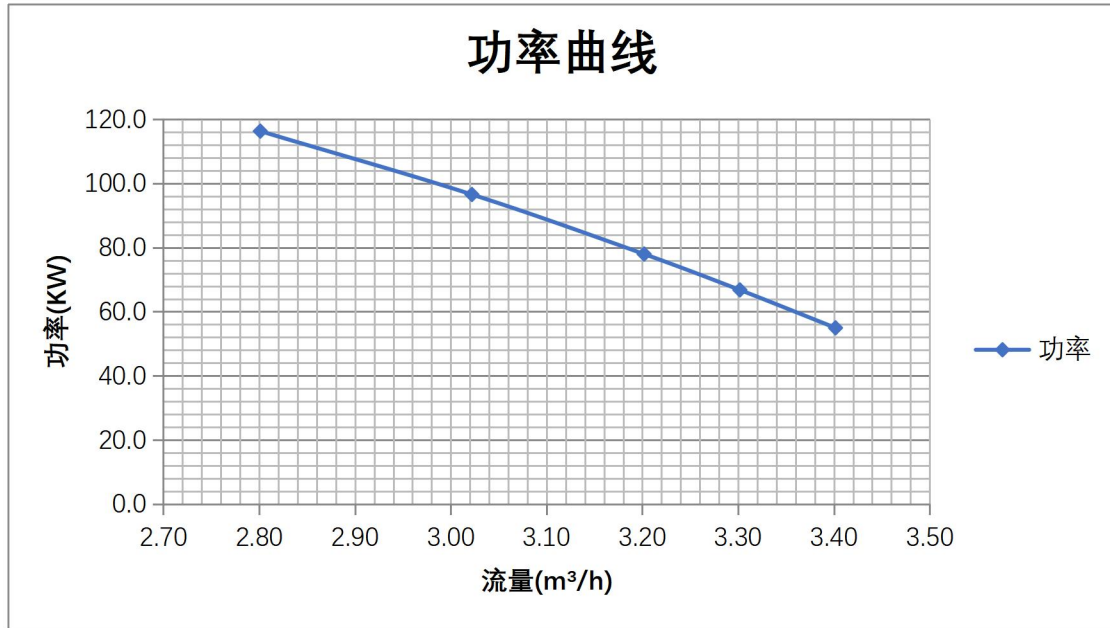


图 4.4 流量-功率曲线

从上图和上表中可以看到，计算模型外特性参数不满足设计要求。

4.2 原因分析

对水力模型分析后发现，扬程、效率、轴功率和设计参数都偏差比较大，在流量 $3.2\text{m}^3/\text{s}$ 时，扬程偏差了 28.3%，这个比例还是非常大的，问题可能是出现在了分析的水力模型上，水力模型加了很多的死水区(如下图 4.5 所示)，这些区域的水无法提供有效功，但是却会消化有限功，从而导致了扬程下降很多的情况。

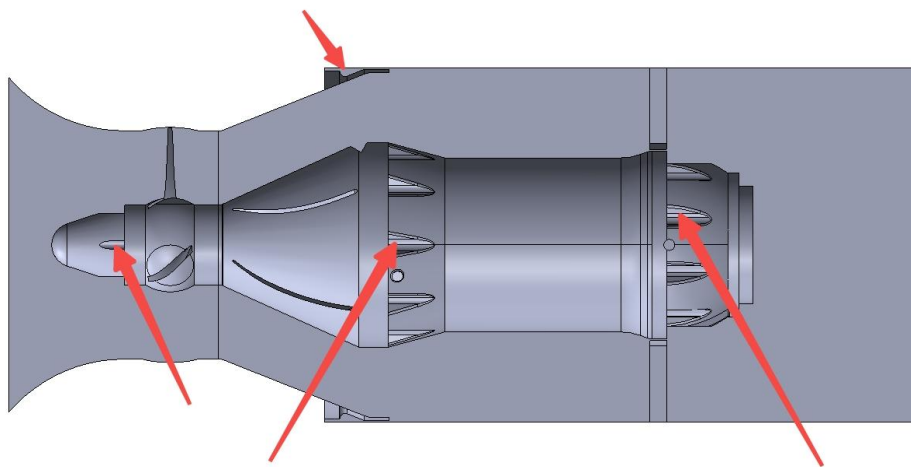


图 4.5 首次分析水力模型死水区

4.3 对比分析

扬程和效率低下的原因，可能是因为首次分析的水力模型死水区域过多，通过减少死水区域再分析一次，进行一下对比。水力模型如图 4.6 所示。

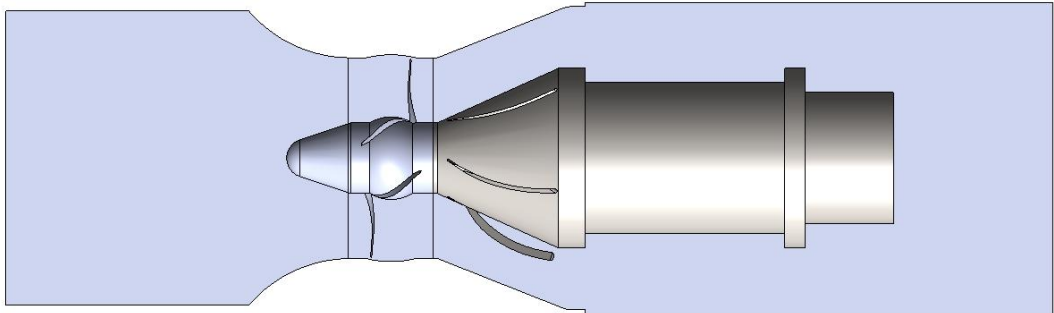


图 4.6 第二次分析水力模型无死水区

计算结果如下表 4.7。

表 4.7 第二次分析结果

流量 (m³ /s)	扬程 (m)	轴功率 (Kw)	水力效率 (%)
2. 80	2. 91	108. 2	73. 6
3. 02	2. 09	88. 3	69. 9
3. 20	1. 23	69. 7	55. 3
3. 30	0. 68	58. 0	37. 7
3. 40	0. 12	45. 7	8. 6

表 4.8 第一次分析结果

流量 (m³ /s)	扬程 (m)	轴功率 (Kw)	水力效率 (%)
2. 80	2. 41	116. 3	56. 8
3. 02	1. 64	96. 5	50. 1
3. 20	0. 86	78. 0	34. 6
3. 30	0. 38	66. 8	18. 2

两次分析结果对比后可以得出，再去掉水力模型的死水区域后，CFD 计算出来的结果和设计参数基本一致，同时也验证了第一次分析扬程差距比较大的原因，是因为分析模型中的死水区域，所带来的损失造成的。

Technical department
谷任明

5 内流场特性

本节基于（速度）框架对泵内流场特性进行了多角度的展示。

5.2 速度分布

5.2.1 空间流线

下图 5.1 展示了在流量 $3.2\text{m}^3/\text{s}$ 时，首次分析叶轮和导叶内的流体的空间流线，表示了流体的空间运动轨迹。

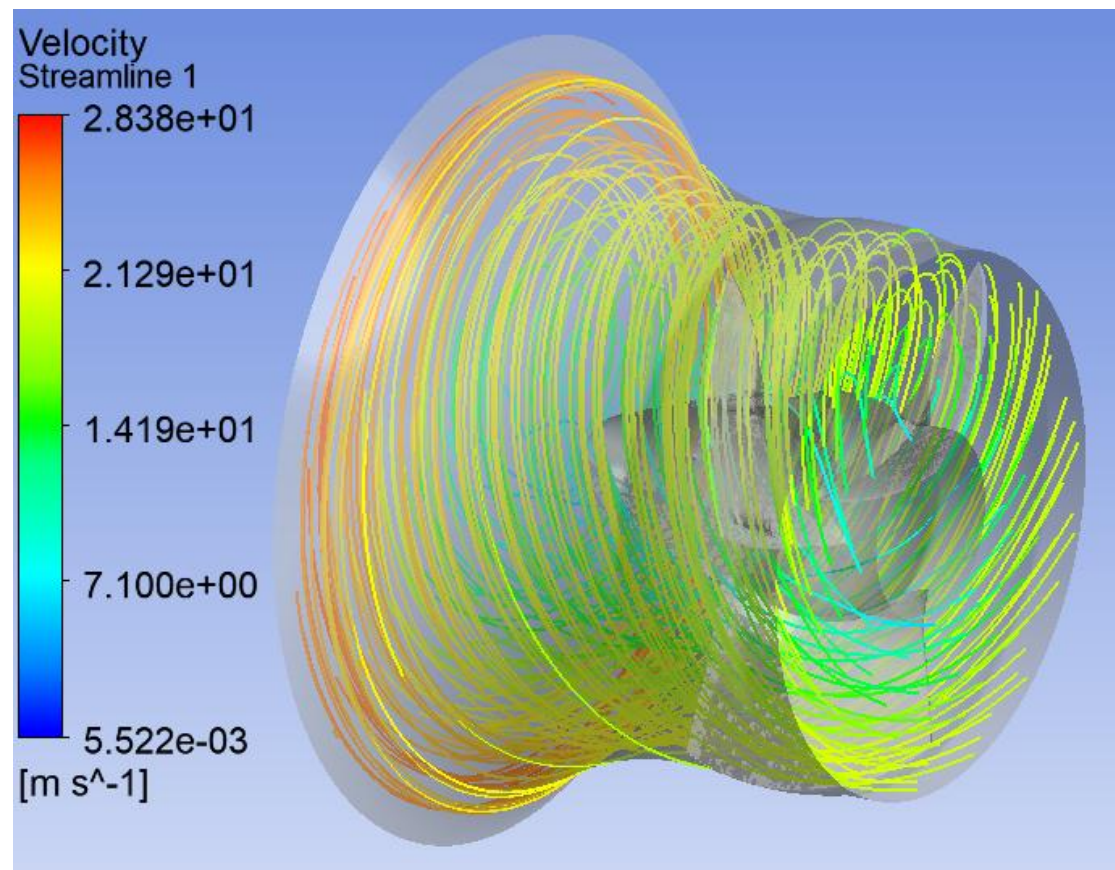


图 5.1（a）第一次分析叶轮流线图

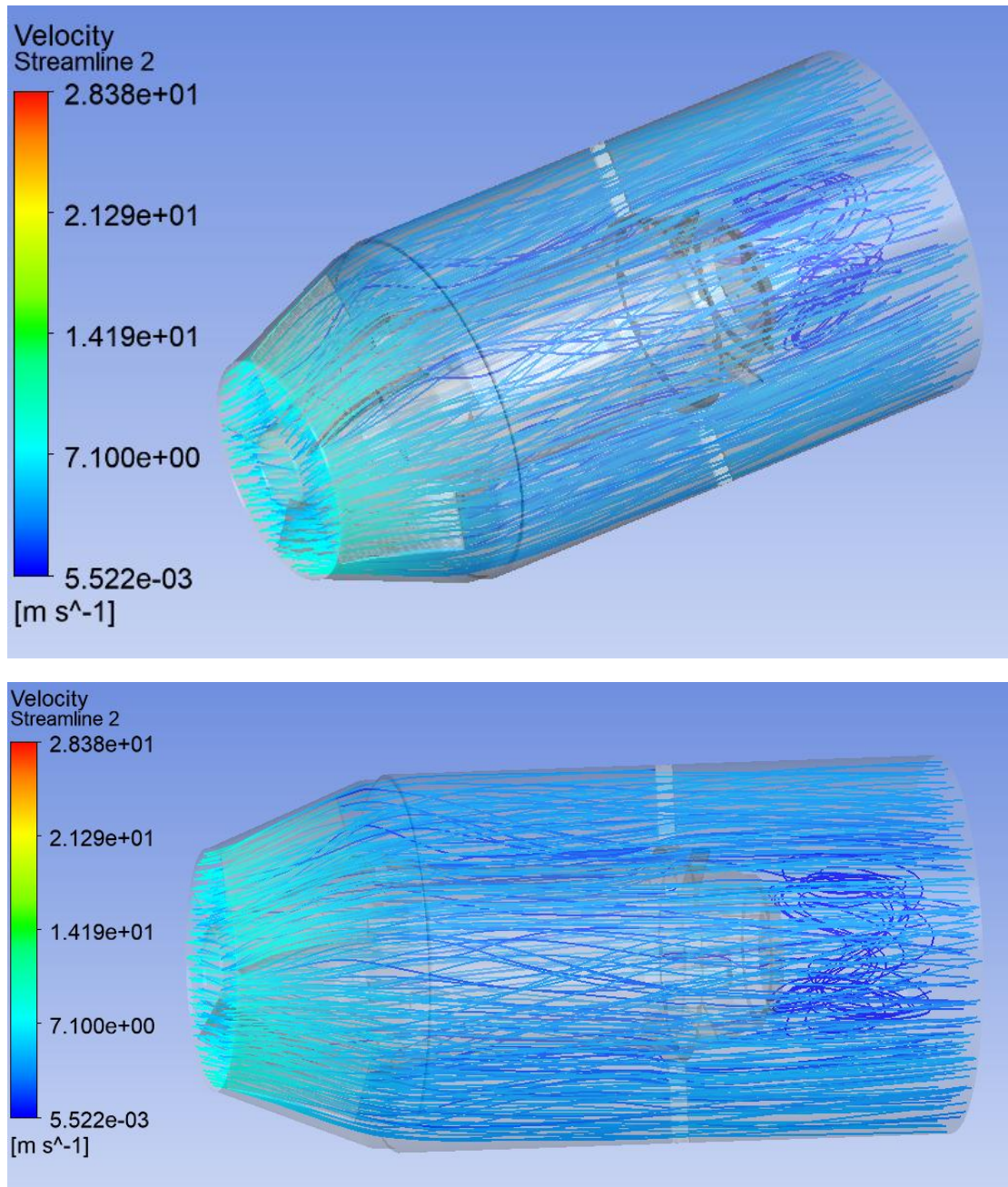


图 5.2 (b) 第一次分析导叶流线图

结论：明显可以看出来，导叶尾部有明显的漩涡，从而造成了扬程和效率下降。

下图 5.2 展示了在流量 $3.2\text{m}^3/\text{s}$ 时，第二次分析叶轮和导叶内的流体的空间流线，表示了流体的空间运动轨迹。

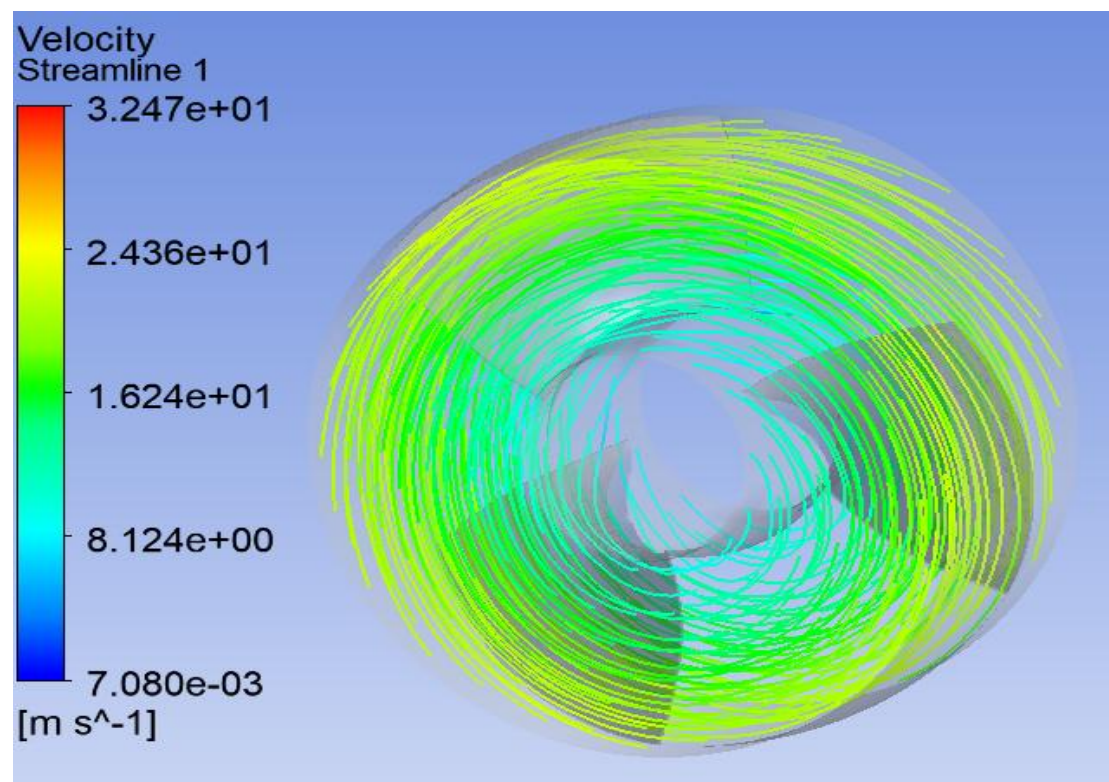
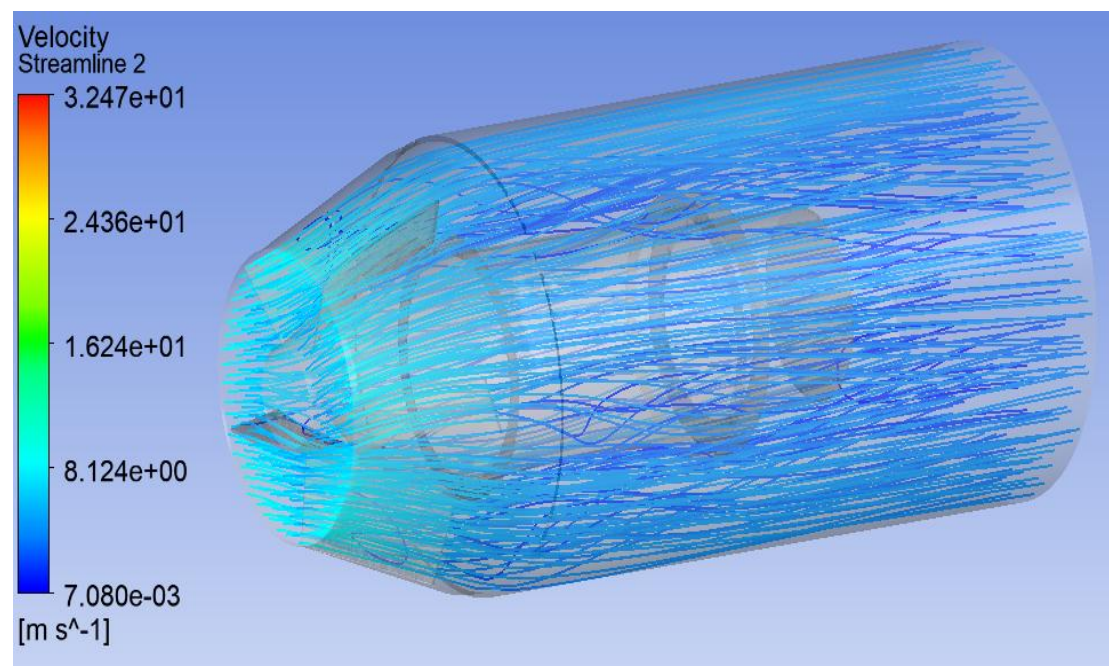


图 5.2 (a) 第二次分析叶轮流线图



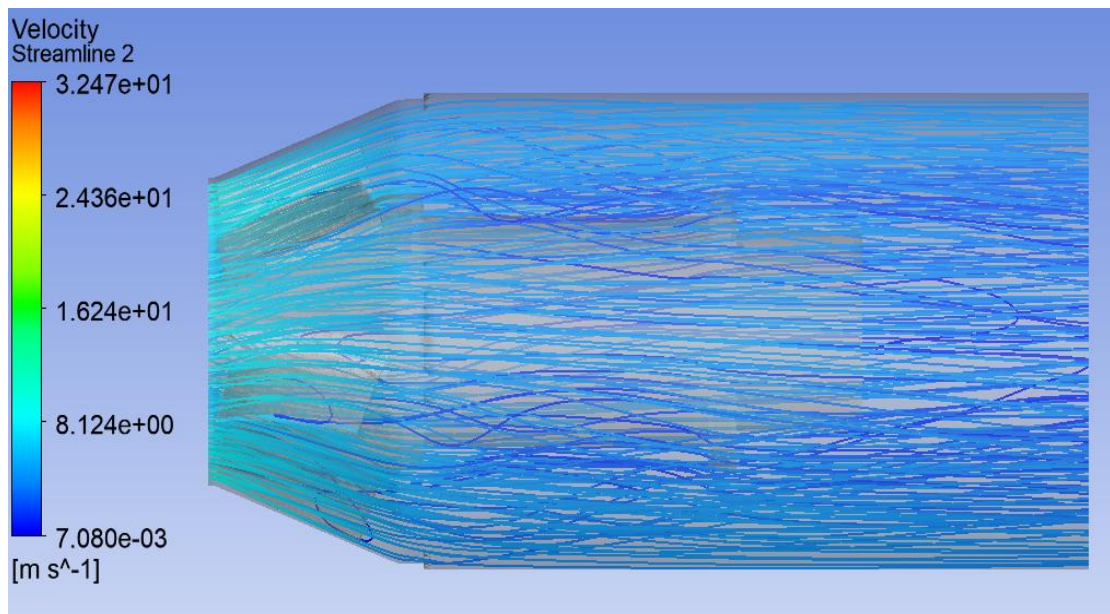
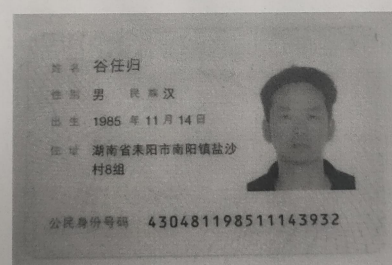


图 5.2 (b) 第二次分析导叶流线图

结论：第一次分析后导叶尾部有明显的漩涡，第二次分析后导叶尾部的漩涡消失，故扬程和效率都相应的进行了提升。

Technical department
谷任明



谷任归
(投标用资料)

台州市专业技术职务 任职资格证书

此证表明持证人具备担任相应中、初级专业技术职务的任职资格。

姓名: 谷任归
性别: 男
出生年月: 1985年11月14日
资格名称: 工程师
专业名称: 机械工程
取得资格时间: 2017年10月31日
评委会名称: 直接确认



身份证号: 430481198511143932
证书编号: 20170407522878
查询
在线验证码: TSIPL06B



发证时间: 2017年11月16日



硕士研究生 毕业证书



研究生 谷任归 性别 男，一九八五年十一月十四日生，于
二〇一一年九月至二〇一四年六月在 流体机械及工程
专业学习，学制 3.0 年，修完硕士研究生培养计划规定的全部课程，成绩合格，
毕业论文答辩通过，准予毕业。

培养单位：江苏大学

校 长：



证书编号：102991201402000804

二〇一四年 六 月 十六 日

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Certisign Assinaturas. Para verificar a s s i n a t u r a s c l i q u e n o l i n k : <https://www.portaldeassinaturas.com.br/VerificadorAssinaturas/Verificador?codigo=405E-B949-9464-811A> ou vá até o site <https://www.portaldeassinaturas.com.br/VerificadorAssinaturas/Verificador?codigo=> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido.

Código para verificação: 405E-B949-9464-811A



Hash do Documento

6078F81F2F8D2B828E2BC64D3C7573D0CAB3D30BC48E2B852D991C754226BDA1

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 09/12/2024 é(são) :

☒ Jing Ru Chiu - ***.473.088-** em 09/12/2024 10:56 UTC-03:00

Tipo: Certificado Digital





JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F060

Eu, JING RU CHIU, tradutora pública e intérprete comercial, certifico que me foi apresentado, nesta data, um documento na forma digitalizada de relatório, e redigido em idioma chinês, com a finalidade de traduzi-lo para o vernáculo, o que faço em razão do meu ofício e nos seguintes termos:

Relatório de Análise de Performance Hidráulica CFD do 900QZ-160

1. Parâmetros de Projeto

Os parâmetros de projeto do 900QZ-160 estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 1.1 Parâmetros de Projeto

Fluxo (m³/s)	Altura Manométrica (m)	Rotação (rpm)	Potência do Eixo (kW)	Eficiência (%)
3.02	2	490	80.1	74
3.2	1.2		56.6	66.5

Os constantes e as propriedades físicas do meio de bombeamento utilizadas na análise de projeto e cálculo estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 1.2 Constantes e Propriedades do Meio

Aceleração gravitacional (g)	Densidade do fluido (ρ)	Viscosidade dinâmica (μ)
9.81 m/s²	997 Kg/m³	8.899×10^{-4} Pa·s

2. Estratégia de Cálculo CFD

A estratégia de cálculo CFD é definida em quatro aspectos: 1) Domínio de Cálculo; 2) Malha de Cálculo; 3) Condições de Contorno; 4) Configurações de Cálculo. Após várias discussões, a solução final é descrita a seguir.

2.1 Domínio de Cálculo

Durante o desenvolvimento do modelo hidráulico, o domínio de cálculo do modelo hidráulico completo abrange todos os componentes de fluxo desde a seção de entrada até a seção de saída, excluindo os espaços de vedação e as cavidades externas das tampas. Ao longo da direção do fluxo, o domínio de cálculo inclui sequencialmente o bocal, o impulsor e as palhetas guias. Abaixo está o domínio de cálculo finalmente definido para esta análise.

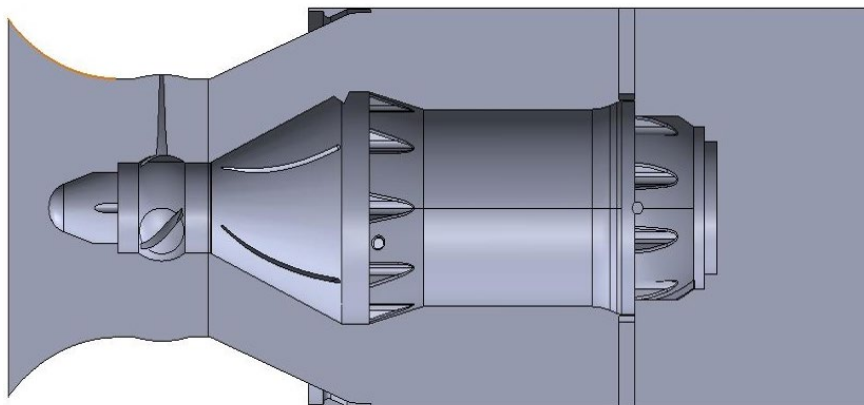


Figura 2.1 Domínio de Cálculo

2.2 Malha de Cálculo

A malha de cálculo tem um impacto crucial nos resultados do cálculo, sendo necessário realizar uma verificação da independência da malha e tratar adequadamente a densidade da malha nas regiões



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F061

próximas às paredes para atender aos requisitos do modelo de turbulência. Nesta análise, foi utilizada uma malha conformada. A malha nas regiões do bocal, impulsor e palhetas guias é predominantemente composta por uma malha mista de células hexaédricas. Dentro do canal do impulsor, a malha na região próxima às paredes foi especialmente refinada para melhor simular o fluxo na camada limite e estimar a eficiência hidráulica. A quantidade aproximada de malhas em cada parte está apresentada na tabela abaixo.

Tabela 2.2 Quantidade de Malhas

Localização	Quantidade Total
Bocal	500.000
Impulsor	800.000
Palheta Guia	1.200.000

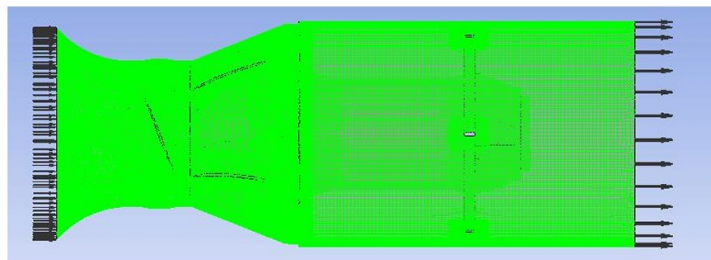


Figura 2.3 Malha de Cálculo

2.3 Condições de Contorno e Configurações de Cálculo

O fluido é considerado incompressível, e todos os componentes de fluxo são calculados em conjunto. A relação de conexão entre os diferentes componentes é apresentada na tabela abaixo. É utilizada uma condição de parede sem deslizamento, e as principais configurações de condições de contorno são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 2.4 Principais Condições de Contorno e Algoritmo de Acoplamento do Domínio de Cálculo

Item	Parâmetro
Entrada	Pressão Total
Saída	Fluxo de Massa
Bocal e Impulsor	Interface de Estágio (Pressão Total Constante)

Item	Parâmetro
Impulsor e Palhetas	Interface de Estágio (Pressão Total Constante)

A análise foi realizada utilizando o software ANSYS CFX. As principais configurações de cálculo estão apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 2.5 Principais Configurações de Cálculo

Item	Parâmetro
Tipo de Análise	Estado Estacionário
Modelo de Turbulência	Modelo k-omega Baseline (BSL)
Função de Parede	Automática
Precisão Numérica de Termos de Convecção	Alta Resolução (2ª ordem)
Precisão Numérica de Termos de Turbulência	Alta Resolução (2ª ordem)



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F062

3. Método de Análise das Características Externas

Os métodos de cálculo da altura manométrica, potência e eficiência da bomba são:

Altura Manométrica:

$$H = \frac{(\overline{P_{t\ out}} - \overline{P_{t\ in}})}{\rho g}$$

Na equação, $\overline{P_{t\ out}}$, $\overline{P_{t\ in}}$ representam a pressão total média ponderada na entrada e na saída da bomba, que é obtida pela seguinte fórmula:

$$\overline{P_t} = \frac{\int_A p_t \rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dA}{\dot{m}}$$

$$\dot{m} = \int_A \rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dA$$

Onde,

$$\text{Potência } P = P_p + P_{vis}$$

No lado direito da equação, estão expressas, respectivamente, a potência realizada pela pressão atuando no impulsor e a potência realizada pela força viscosa atuando no impulsor, que é obtida pela seguinte fórmula:

$$P = M \cdot \omega$$

Na equação, M representa o momento gerado pela pressão ou pela força viscosa em relação ao eixo de rotação do impulsor, e ω é a velocidade angular de rotação do impulsor.

$$\text{Eficiência } \eta = \frac{\rho g Q H}{P} \times 100\%$$

Na equação, Q representa o fluxo que passa pela bomba.

4. Previsão de Desempenho CFD

4.1 Resultados das Características Externas

Com base no método de análise da Seção 3, foram extraídas as características externas do modelo de cálculo a partir dos resultados da simulação CFD, conforme apresentado na tabela e na figura abaixo.

Tabela 4.1 Parâmetros de Projeto

Fluxo (m³/s)	Altura Manométrica (m)	Rotação (rpm)	Potência do Eixo (kW)	Eficiência (%)
3.02	2	490	80.1	74
3.2	1.2		56.6	66.5



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F063

Tabela 4.2 Parâmetros de Cálculo CFD

Fluxo (m³/s)	Altura Manométrica (m)	Potência do Eixo (kW)	Eficiência Hidráulica (%)
2.80	2.41	116.3	56.8
3.02	1.64	96.5	50.1
3.20	0.86	78.0	34.6
3.30	0.38	66.8	18.2

Curvas de Desempenho

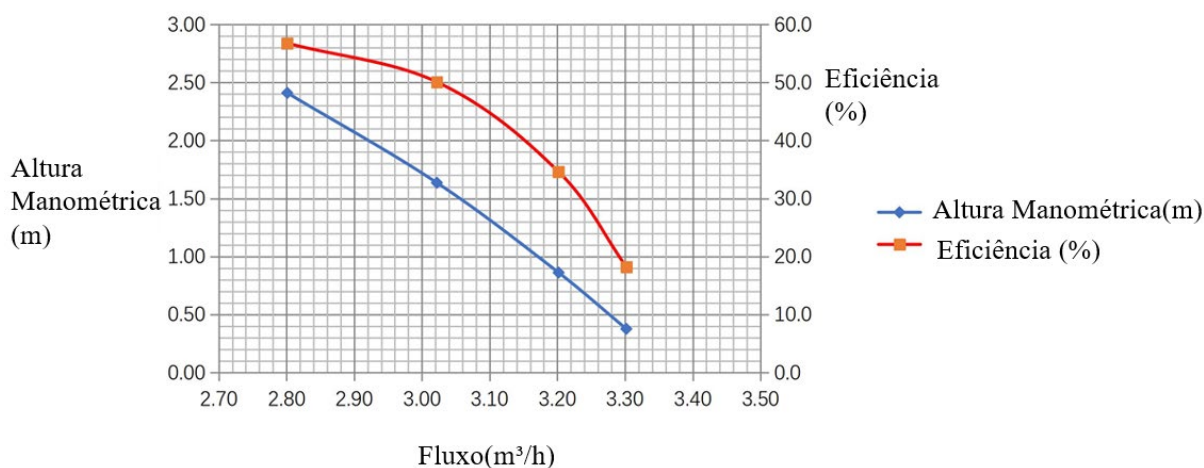


Figura 4.3 Curvas de Fluxo - Altura Manométrica / Eficiência

Curva de Potência

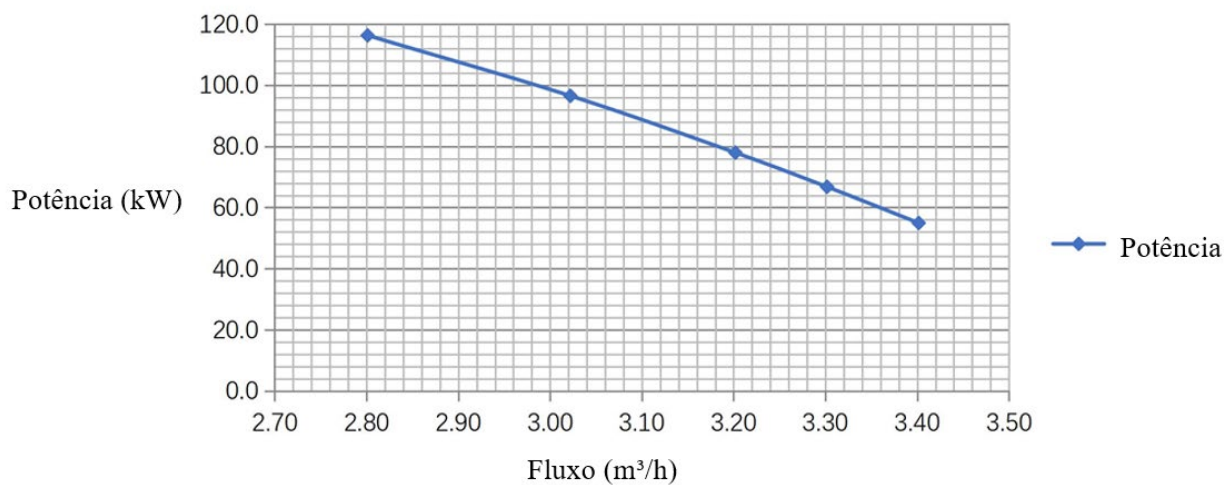


Figura 4.4 Curva de Fluxo - Potência

A partir da figura e da tabela acima, pode-se observar que os parâmetros de características externas do modelo de cálculo não atendem aos requisitos de projeto.



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F064

4.2 Análise de Causas

Após a análise do modelo hidráulico, constatou-se que a altura manométrica, a eficiência, a potência do eixo e os parâmetros de projeto apresentam grandes desvios. Com um fluxo de $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$, a altura manométrica desviou em 28,3%, um percentual considerável. O problema pode estar relacionado ao modelo hidráulico analisado, que incluiu muitas áreas de água parada (conforme mostrado na Figura 4.5). Essas áreas não conseguem fornecer trabalho eficaz, mas consomem energia limitada, resultando em uma significativa diminuição da altura manométrica.

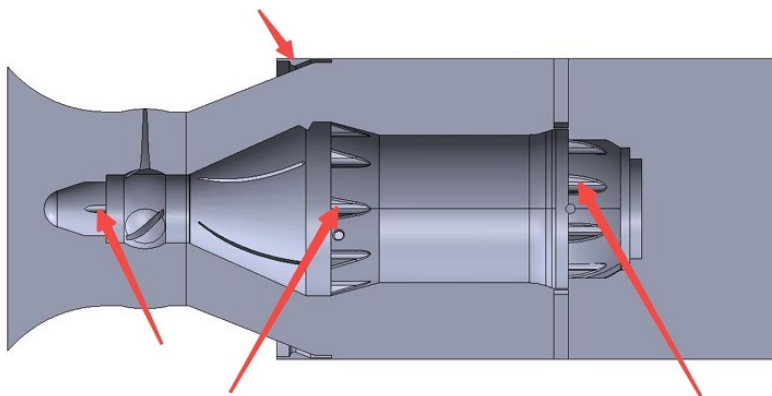


Figura 4.5 Análise Inicial das Áreas de Água Parada no Modelo Hidráulico

4.3 Análise Comparativa

A baixa altura manométrica e eficiência podem ser atribuídas ao excesso de áreas de água parada no modelo hidráulico inicialmente analisado. Portanto, será realizada uma nova análise após a redução dessas áreas de água parada para comparação. O modelo hidráulico é apresentado na Figura 4.6.

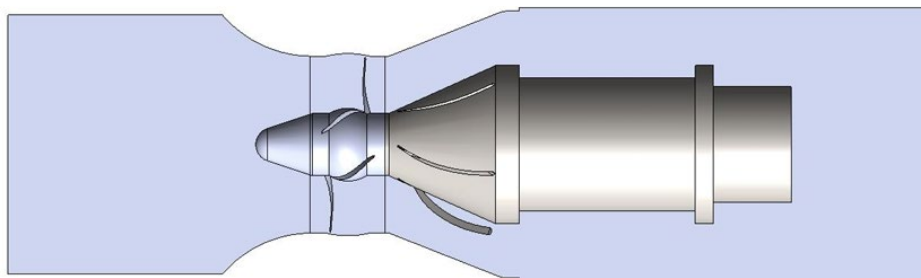


Figura 4.6 Segundo Análise do Modelo Hidráulico sem Áreas de Água Parada

Os resultados dos cálculos estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.7 Resultados da Segunda Análise

Fluxo (m^3/s)	Altura Manométrica (m)	Potência do Eixo (kW)	Eficiência Hidráulica (%)
2.80	2.91	108.2	73.6
3.02	2.09	88.3	69.9



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955	L289	F065
3.20	1.23	69.7
3.30	0.68	58.0
3.40	0.12	45.7

Tabela 4.8 Resultados da Primeira Análise

Fluxo (m³/s)	Altura Manométrica (m)	Potência do Eixo (kW)	Eficiência Hidráulica (%)
2.80	2.41	116.3	56.8
3.02	1.64	96.5	50.1
3.20	0.86	78.0	34.6
3.30	0.38	66.8	18.2

Após a comparação dos resultados das duas análises, pode-se concluir que, ao eliminar as áreas de água parada do modelo hidráulico, os resultados calculados pelo CFD estão alinhados com os parâmetros de projeto. Isso também valida a razão pela qual houve uma grande discrepância na altura manométrica na primeira análise, que foi causada pelas perdas resultantes das áreas de água parada no modelo de análise.

5. Características do Campo de Fluxo Interno

Nesta seção, as características do campo de fluxo dentro da bomba são apresentadas de múltiplas perspectivas, com base no quadro de velocidade.

5.2 Distribuição de Velocidade

5.2.1 Linhas de Fluxo Espaciais

Abaixo está a Figura 5.1, que mostra as linhas de fluxo do fluido no impulsor e nas palhetas guias durante a primeira análise, com um fluxo de 3,2 m³/s. Essa figura representa as trajetórias do movimento espacial do fluido.

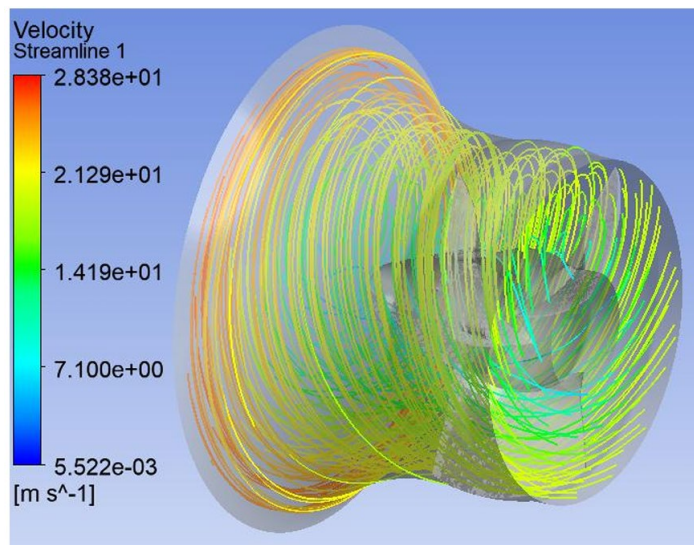


Figura 5.1 (a) Gráfico
o das Linhas de Fluxo do Impulsor na Primeira Análise



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F066

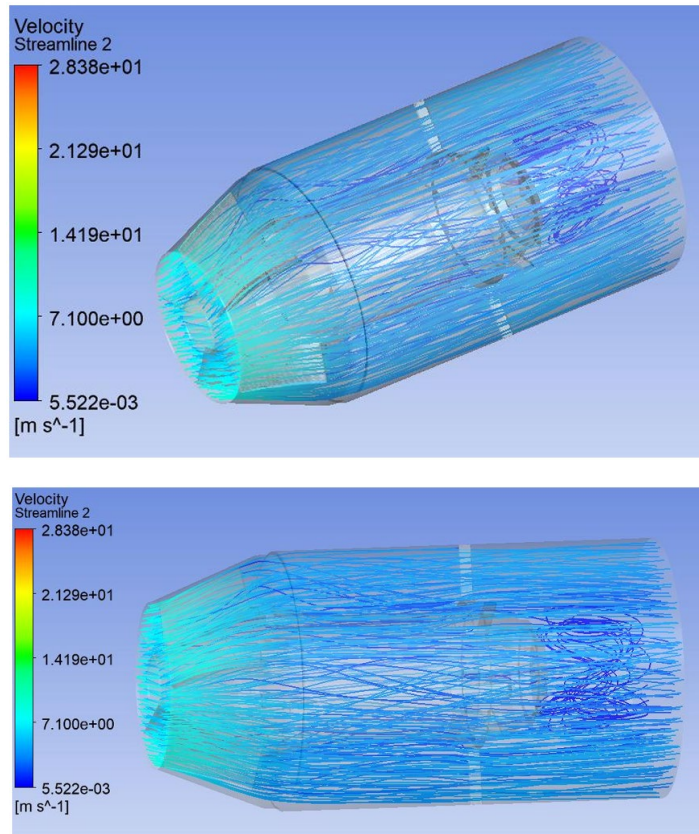


Figura 5.2 (b) Gráfico das Linhas de Fluxo das Palhetas Guias na Primeira Análise

Conclusão: É evidente que há um vórtice significativo na parte traseira da palheta guia, o que resulta em uma diminuição da altura manométrica e da eficiência.

Abaixo está a Figura 5.2, que mostra as linhas de fluxo do fluido no impulsor e nas palhetas guias durante a segunda análise, com um fluxo de 3,2 m³/s. Essa figura representa as trajetórias do movimento espacial do fluido.

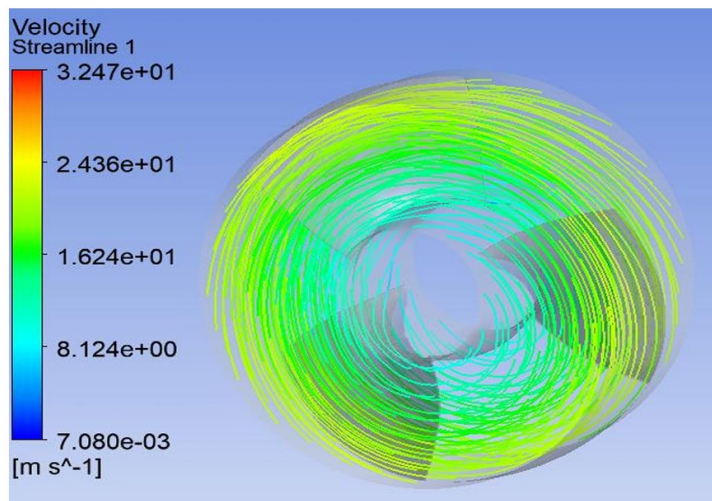


Figura 5.2 (a) Gráfico das Linhas de Fluxo do Impulsor na Segunda Análise



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F067

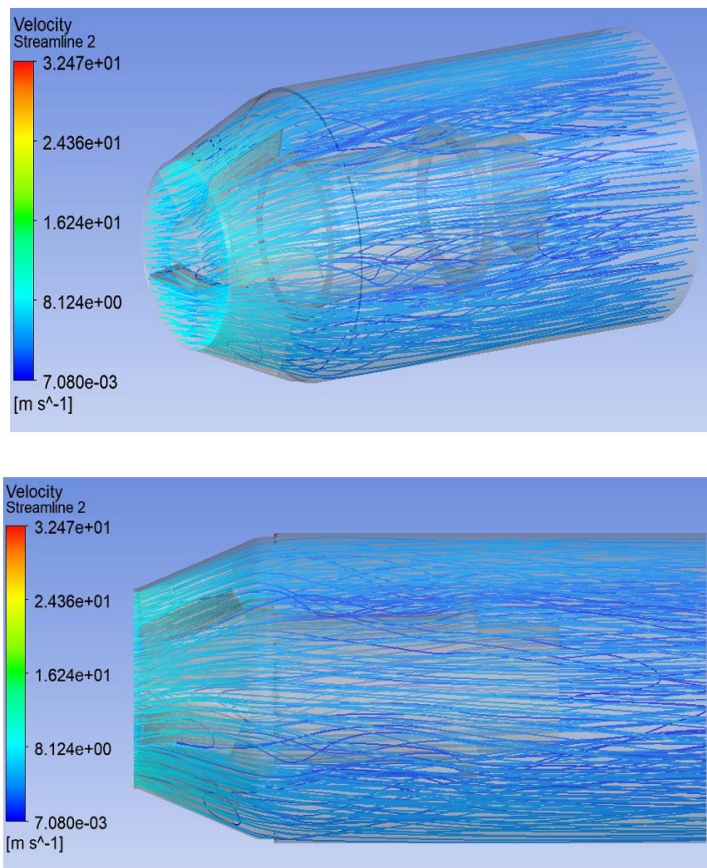


Figura 5.2 (b) Gráfico das Linhas de Fluxo das Palhetas Guias na Segunda Análise

Conclusão: Após a primeira análise, observou-se um vórtice significativo na parte traseira da palheta guia. Contudo, após a segunda análise, o vórtice no final da palheta guia desapareceu, resultando em melhorias correspondentes na altura manométrica e na eficiência.

República Popular da China

Carteira de Identidade

Órgão Emissor: Departamento de Polícia de Leiyang

Vigência: 23/01/2017 - 23/01/2037

Nome: Ren Gui Gu

Sexo: Masculino

Etnia: Han

Data de Nascimento: 14 de novembro de 1985

Endereço: Grupo 8, Vila Yansha, Cidade Nanyang, Município de Leiyang, Província de Hunan

Número de Identidade Civil: 430481198511143932

Certificado de Qualificação Profissional de Nível Técnico de Taizhou

Este certificado confirma que o portador possui a qualificação para ocupar cargos de nível médio e junior em disciplinas técnicas apropriadas.



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65955

L289

F068

Nome: Ren Gui Gu

Sexo: Masculino

Data de Nascimento: 14 de novembro de 1985

Título do Certificado: Engenheiro

Nome da Área: Engenharia Mecânica

Data de Obtenção da Qualificação: 31 de outubro de 2017

Nome da Comissão de Avaliação: Confirmação Direta

Número de Identidade Civil: 430481198511143932

Número do Certificado: 20170407522878

Verificação Online: TSIPL06B

Data da Emissão do Certificado: 16/11/2017

Certificado de Graduação de Mestrado

Gu Ren Gui, sexo masculino, nascido em 14 de novembro de 1985, estudou na área de Mecânica de Fluidos e Engenharia de setembro de 2011 a junho de 2014, com um curso de duração de 3 anos. Concluiu todos os cursos exigidos pelo programa de formação de mestrado, obteve notas satisfatórias e passou na defesa de sua dissertação, recebendo assim a autorização para graduar-se.

Instituição de Ensino: Universidade de Jiangsu

Número do Certificado: 102991201402000804

Data de Emissão: 16 de junho de 2014

NADA MAIS, dou fê e firmo o presente

São Paulo, 09 de dezembro de 2024

JING RU CHIU

Tradutora Pública

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Certisign Assinaturas. Para verificar a s a s s i n a t u r a s c l i q u e n o l i n k : <https://www.portaldeassinaturas.com.br/VerificadorAssinaturas/Verificador?codigo=48BE-4A81-F10C-57B8> ou vá até o site <https://www.portaldeassinaturas.com.br/VerificadorAssinaturas/Verificador?codigo=> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido.

Código para verificação: 48BE-4A81-F10C-57B8



Hash do Documento

EEF0E0BD3FE7473E6CD76D199A0DC927474EDCDFFA0578614CA1BCC9CAC79899

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 09/12/2024 é(ão) :

☒ Jing Ru Chiu - ***.473.088-** em 09/12/2024 10:56 UTC-03:00

Tipo: Certificado Digital





JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65954

L289

F051

Eu, JING RU CHIU, tradutora pública e intérprete comercial, certifico que me foi apresentado, nesta data, um documento na forma digitalizada de relatório, e redigido em idioma chinês, com a finalidade de traduzi-lo para o vernáculo, o que faço em razão do meu ofício e nos seguintes termos:

Leo Group Hunan Pump Industry Co., Ltd.

Dinâmica dos Fluidos Interna da Estação de Bombeamento Pré-fabricada Integrada – CFD

Relatório de Análise

Departamento Técnico da Leo Group Hunan Pump Industry Co., Ltd.

24 de junho de 2024

Sumário

1. Visão Geral.....	3
1.1 Objeto de Análise.....	3
1.2 Processo de Análise CFD da Estação de Bombeamento Pré-fabricada Integrada.....	3
1.3 Equações de Controle.....	4
2. Modelagem Tridimensional e Geração de Malha.....	6
3. Condições de Contorno.....	7
4. Solução do Cálculo.....	8
5. Exibição do Campo de Fluxo.....	8
5.1 Distribuição do Campo de Fluxo Tridimensional do Cilindro.....	8
5.2 Condições de Fluxo Localizadas no Interior do Cilindro.....	9
6. Conclusão.....	12

1. Visão Geral

1.1 Objeto de Análise

O objeto de análise é o modelo da estação de bombeamento pré-fabricada integrada 700QZ-70J fornecido pela Leo Group Hunan Pump Industry Co., Ltd. As dimensões do cilindro são $\Phi 4200 \times H 8850 \text{ mm}$. A estação de bombeamento utiliza um cilindro de aço fundido e um design de base para evitar o acúmulo de lodo, com duas bombas axiais instaladas. Além disso, a estação de bombeamento inclui equipamentos como grelha de cesta e tubulação de pressão. O diagrama estrutural é mostrado na Figura 1-1.

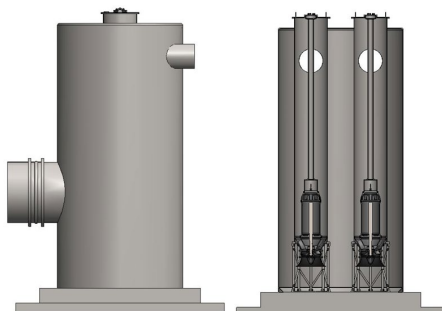


Figura 1-1 Estrutura da Estação de Bombeamento



1.2 Processo de Análise CFD da Estação de Bombeamento Pré-fabricada Integrada

A qualidade do padrão de fluxo dentro da estação de bombeamento pré-fabricada integrada determina as condições de entrada do fluxo na bomba, o que, por sua vez, afeta a estabilidade do funcionamento do conjunto da bomba. Portanto, é necessário realizar uma análise CFD do campo de fluxo interno do cilindro para avaliar a qualidade do design da forma da base do cilindro.

O processo de análise CFD da estação de bombeamento pré-fabricada integrada inclui quatro etapas principais: modelagem tridimensional, geração de malha, solução do fluxo e pós-processamento. A análise CFD é realizada utilizando o ANSYS, que é amplamente aplicado internacionalmente, e o fluxo específico é mostrado na Figura 1-2.

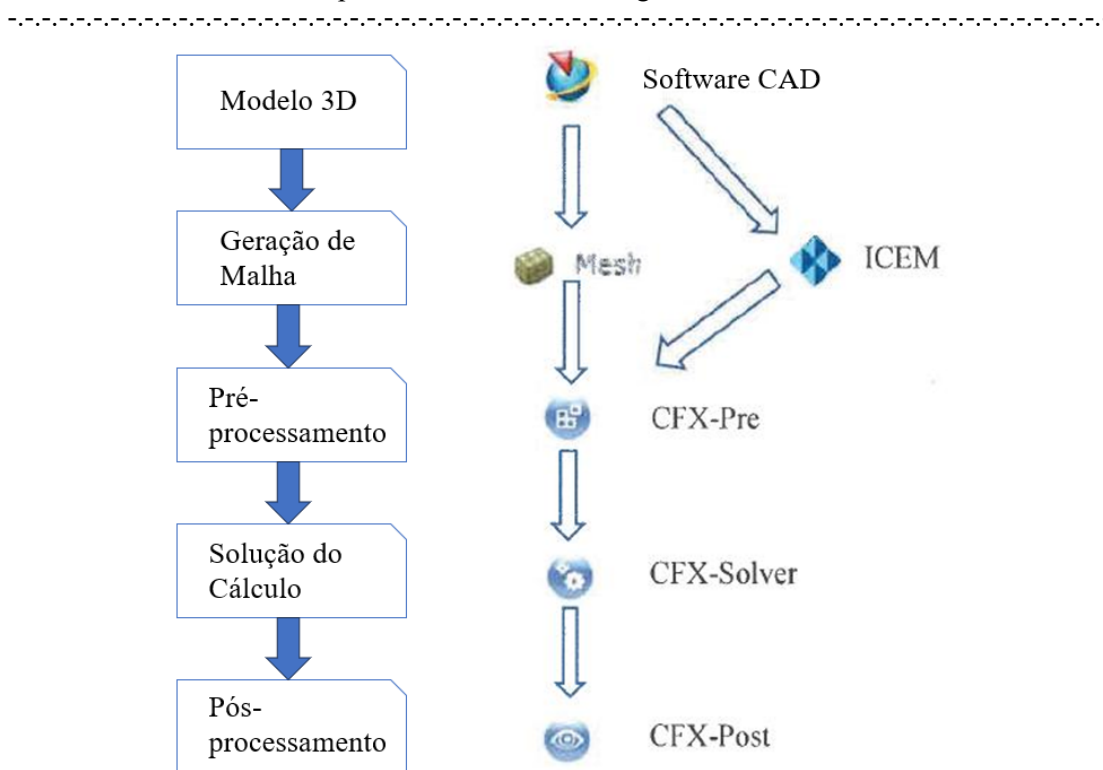


Figura 1-2 Processo de Cálculo CFD

1.3 Equações de Controle

O fluxo de fluido dentro da estação de bombeamento segue as leis de conservação de massa, conservação de energia e conservação de momento. Essas leis podem ser descritas pelas equações de controle correspondentes. A solução CFD envolve a resolução dessas equações de controle discretizadas, obtendo variáveis de fluxo como pressão e velocidade em diferentes pontos do domínio do fluido. O fluxo na estação de bombeamento analisada é um fluxo turbulento tridimensional e incompressível. Considerando a ausência de trocas de calor no fluido, as equações de controle do fluxo no sistema de coordenadas retangulares são:

(a) Equação de Conservação de Massa (Continuidade):

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

Na equação: ρ é a densidade do fluido;

u, v, w - componentes das velocidades nas direções das coordenadas.



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP
CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65954

L289

F053

(b) Equação de Conservação de Momento (Equação de Navier-Stokes):

$$\begin{cases} \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial x} = \rho u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial \tau}{\partial x} + \rho g_x \\ \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} = \rho v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial \tau}{\partial y} + \rho g_y \\ \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \rho w \frac{\partial w}{\partial z} = \rho w \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\partial \tau}{\partial z} + \rho g_z \end{cases}$$

Na equação:

Su, Sv, Sw - termos fonte generalizados da equação de conservação de momento;

u - vetor da velocidade absoluta do fluido;

μ - viscosidade dinâmica;

t - tempo.

Para o fluxo turbulento, se quisermos resolver diretamente as equações de controle tridimensionais e transitórias, é necessário utilizar métodos de simulação direta. No entanto, isso exige uma alta capacidade de memória e velocidade do computador, tornando difícil a aplicação em engenharia prática. O método amplamente utilizado na engenharia é a média temporal das equações de Navier-Stokes (N-S) transitórias, complementado com outras equações que refletem as características da turbulência, formando um sistema de equações fechado para resolução.

Nesta análise, o modelo k- ϵ é utilizado para resolver a turbulência. Este modelo é derivado das equações N-S instantâneas através de métodos matemáticos de renormalização de grupo, apresentando alta precisão e sendo mais aplicável em campos de fluxo interno de máquinas rotativas, onde há grande curvatura das linhas de corrente, vórtices e rotação. As equações k e ϵ são as seguintes:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \rho k \frac{\partial k}{\partial x} &= \rho k \frac{\partial k}{\partial x} + \rho \frac{\partial k}{\partial x} - \rho \frac{\partial k}{\partial x} \\ \frac{\partial(\rho \epsilon)}{\partial t} + \rho \epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial x} &= \rho \epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial x} + \rho \frac{\partial \epsilon}{\partial x} - \rho \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \end{aligned}$$

Onde ρ é a densidade do fluido e ∂ é a viscosidade turbulenta, definida como:

$$\partial = \rho k \frac{\partial k}{\partial x}$$

Na equação:

$$\rho^* = \rho - \frac{\rho \left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right)}{1 + \frac{\rho}{\rho_0^3}}, \quad \rho = \frac{(2 \rho \frac{\partial \rho}{\partial x})^{0.5}}{\rho}, \quad \rho = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) \rho_0 = 4.377, \quad \rho =$$

0.012, $\rho = 0.0845$, $\rho = 1.39$, $\rho = 1.42$, $\rho = 1.68$.

2. Modelagem Tridimensional e Geração de Malha



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65954

L289

F054

Foi utilizado o software comercial 3D SolidWorks para a modelagem tridimensional da área de fluxo da estação de bombeamento, conforme mostrado na Figura 2-1, e as bombas foram numeradas sequencialmente.

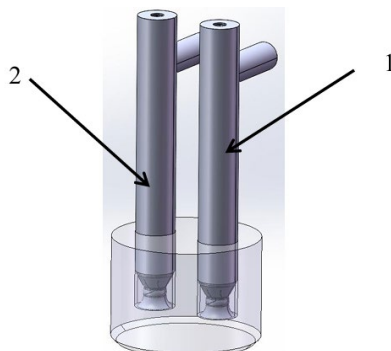


Figura 2-1 Modelo Tridimensional do Fluido da Estação de Bombeamento Integrada

O fluido dentro da estação de bombeamento é um fluxo contínuo, e resolver diretamente o domínio do fluido contínuo apresenta grandes dificuldades. Portanto, a tecnologia CFD atual requer a discretização do domínio do fluido contínuo através da geração de malha, permitindo a solução do sistema de equações discretizadas, o que pode reduzir significativamente a complexidade do cálculo numérico e aumentar a precisão da solução. Do ponto de vista da estabilidade do cálculo, malhas estruturadas são superiores às malhas não estruturadas, pois apresentam menores erros de interpolação e outras limitações. No entanto, em termos de conformidade do modelo, as malhas não estruturadas são muito melhores do que as malhas estruturadas, pois podem produzir malhas com boa conformidade usando um número relativamente menor de células. Dada a complexidade da região de fluxo dentro da estação de bombeamento, optou-se por utilizar uma malha não estruturada neste estudo para melhor adaptação.

Como mostrado na Figura 2-2, foi realizada a geração de malha tetraédrica não estruturada para todo o domínio do fluido no ANSYS, com uma densificação local na região do impulsor da tubulação de saída da bomba. Teoricamente, a quantidade de malha pode afetar a precisão e a velocidade do cálculo. O aumento do número de células de malha melhora a precisão do cálculo, mas, considerando o tempo e o custo computacional, o número de células não deve ser excessivo, tornando necessária a realização de um teste de independência de malha. A Tabela 2-1 apresenta a verificação da independência da malha para o domínio de cálculo.

Com base na densidade da malha, foram elaborados três planos de malha, comparando as perdas de fluxo (m) nas entradas e saídas da estação de bombeamento. Os resultados indicaram que o plano de malha esparsa resultou em desvios significativos nos resultados do cálculo, enquanto a malha de densidade média apresentou uma adequação maior, com um desvio de 1,2% em relação ao cálculo da malha densa. Considerando esses fatores, optou-se pela malha de densidade média, que possui um total de 3.496.782 células.



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65954

L289

F055

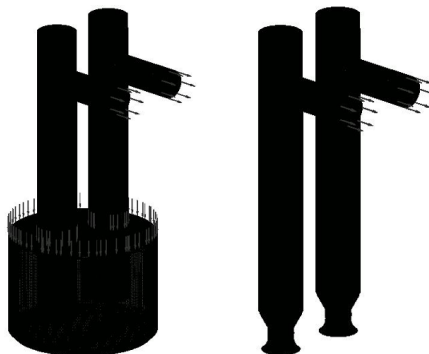


Figura 2-2 Geração de Malha

Tabela 2-1 Verificação da Independência da Malha

Densidade da Malha	Quantidade de Malhas	Perda de Fluxo (m)
Baixa	1639648	0,53
Média	3496782	0,66
Alta	5697138	0,65

3. Condições de Contorno

Foi utilizada a ferramenta comercial ANSYS CFX para realizar a análise CFD do fluxo interno da estação de bombeamento integrada. Considerando as características do fluxo dentro da estação de bombeamento e seu impacto na convergência do cálculo, a entrada da estação de bombeamento foi configurada como uma entrada de pressão constante, enquanto a saída foi definida como fluxo de massa. A interface entre o impulsor e os componentes fixos foi configurada como Stage (Mixing-Plane), e as demais superfícies sólidas foram definidas como paredes lisas sem deslizamento.

4. Solução do Cálculo

Foram realizados cálculos para duas situações de operação da estação de bombeamento (uma bomba ligada e duas bombas operando em plena capacidade), a fim de comparar a distribuição do campo de fluxo e, por fim, fornecer recomendações. Os domínios de cálculo para as duas situações de operação estão mostrados na Figura 4-1.

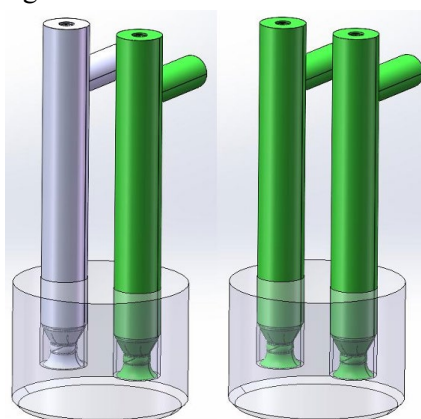


Figura 4-1 Combinação das Duas Situações de Operação



T65954

L289

F056

5. Exibição do Campo de Fluxo

5.1 Distribuição do Campo de Fluxo Tridimensional do Cilindro

A Figura 5-1 mostra as linhas de corrente tridimensionais e a distribuição do vetor de velocidade dentro do cilindro da estação de bombeamento nas duas condições de partida. Pode-se observar que a água flui da superfície do líquido na entrada, descendo até a entrada da bomba, onde entra de forma uniforme. Não foram observados fenômenos adversos significativos na entrada da bomba, e a velocidade do fluxo na entrada da bomba e na base do cilindro é relativamente alta, indicando uma forte ação de sucção na parte inferior. Ao comparar as duas situações, nota-se que, quando as duas bombas estão ligadas, o fluxo dentro do cilindro apresenta uma distribuição quase simétrica, o que indica boas condições de entrada para as bombas.

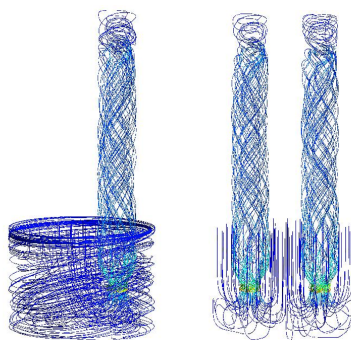
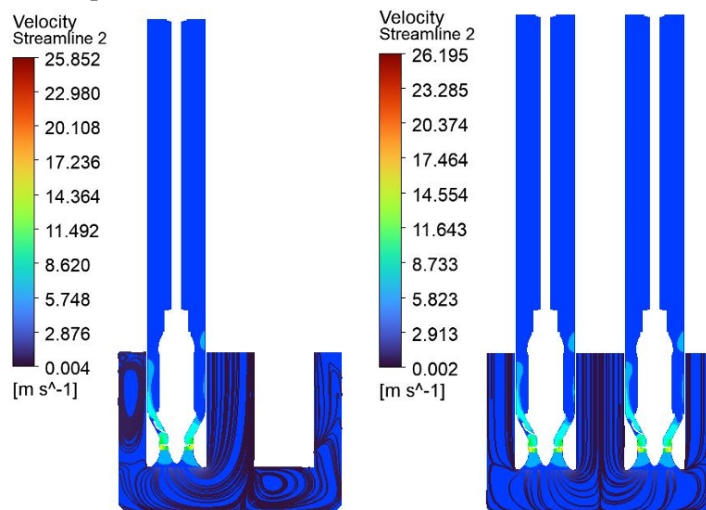


Figura 5-1 Fluxo Tridimensional Dentro do Cilindro e da Bomba nas Duas Condições de Operação

5.2 Fluxo Local dentro do Cilindro

Para observar mais detalhadamente o campo de fluxo na parte inferior do cilindro, foi analisada a distribuição das linhas de fluxo de velocidade na seção transversal central da bomba, conforme mostrado na Figura 5-2. Quando uma única bomba está em operação, o fluido no interior do cilindro gera um vórtice, apresentando uma grande pré-rotação na entrada da bomba. Por outro lado, quando as duas bombas estão ligadas simultaneamente, o fluxo dentro do cilindro é considerado bom, com uma simetria notável em todo o processo de fluxo, e o fluido entra basicamente ao longo do eixo da bomba, resultando em uma pré-rotação mínima na entrada.



(a) Operando uma Bomba

(b) Operando Duas Bombas

Figura 5-2 Distribuição do Campo de Fluxo na Seção Transversal Central da Bomba



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65954

L289

F057

A Figura 5-3 apresenta o gráfico de linhas de fluxo de velocidade ao longo da linha central de cada bomba em seção longitudinal. A Figura (a) mostra o gráfico de linhas de fluxo de velocidade na seção longitudinal da bomba quando uma única bomba está em operação, enquanto as Figuras (b) e (c) mostram o gráfico de linhas de fluxo de velocidade na seção longitudinal da bomba quando as duas bombas estão operando simultaneamente. Quando uma única bomba está em operação, o fluxo na seção longitudinal do cilindro é relativamente caótico, e a condição do fluxo na entrada da bomba é assimétrica. Por outro lado, quando as duas bombas estão funcionando ao mesmo tempo, o fluxo dentro do cilindro é considerado bom, apresentando uma simetria notável, com o fluido entrando basicamente ao longo do eixo da bomba. Na entrada da bomba, as linhas de fluxo são suaves, apresentando praticamente nenhuma pré-rotação.

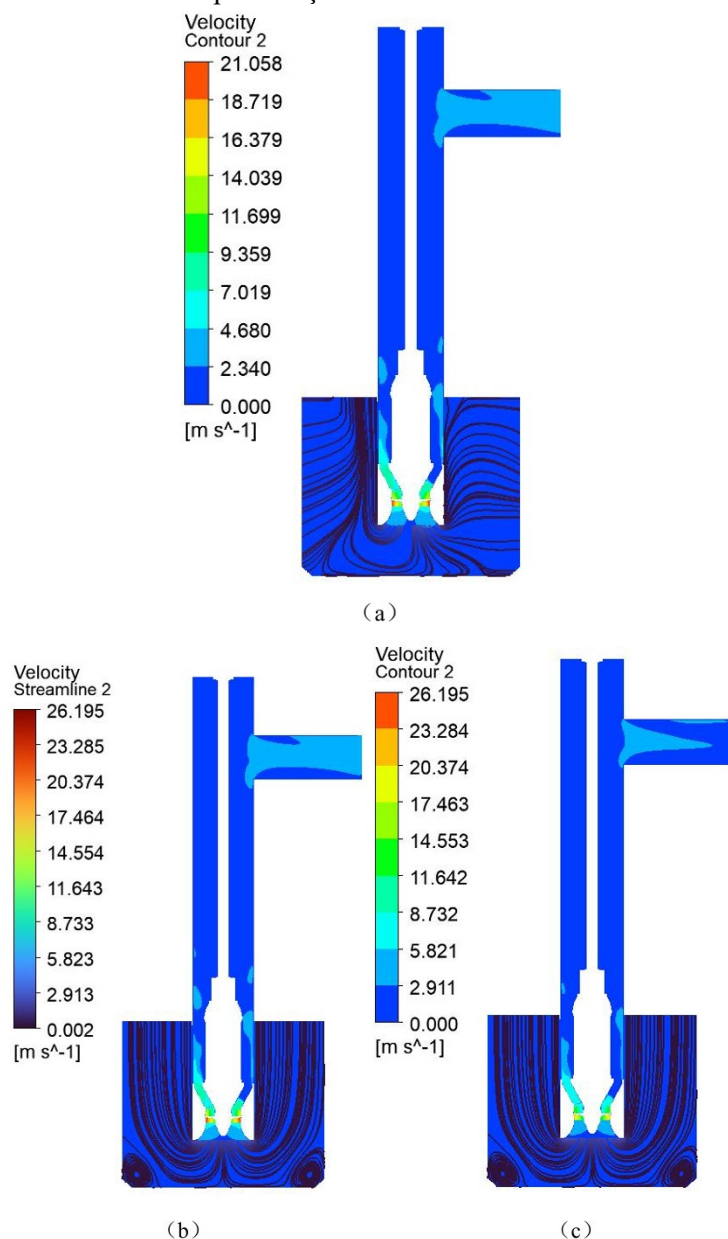


Figura 5-3 Distribuição do Campo de Fluxo na Seção Longitudinal da Bomba



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65954

L289

F058

6. Conclusão

Quando as duas bombas da estação de bombeamento pré-fabricada integrada são acionadas simultaneamente, o fluxo interno do cilindro apresenta boas características, com uma condição geral de simetria. As condições de entrada na bomba são excelentes, sem a presença de fenômenos de fluxo adversos significativos.

República Popular da China

Carteira de Identidade

Órgão Emissor: Departamento de Polícia de Leiyang

Vigência: 23/01/2017 - 23/01/2037

Nome: Ren Gui Gu

Sexo: Masculino

Etnia: Han

Data de Nascimento: 14 de novembro de 1985

Endereço: Grupo 8, Vila Yansha, Cidade Nanyang, Município de Leiyang, Província de Hunan

Número de Identidade Civil: 430481198511143932

Certificado de Qualificação Profissional de Nível Técnico de Taizhou

Este certificado confirma que o portador possui a qualificação para ocupar cargos de nível médio e junior em disciplinas técnicas apropriadas.

Nome: Ren Gui Gu

Sexo: Masculino

Data de Nascimento: 14 de novembro de 1985

Título do Certificado: Engenheiro

Nome da Área: Engenharia Mecânica

Data de Obtenção da Qualificação: 31 de outubro de 2017

Nome da Comissão de Avaliação: Confirmação Direta

Número de Identidade Civil: 430481198511143932

Número do Certificado: 20170407522878

Verificação Online: TSIPL06B

Data da Emissão do Certificado: 16/11/2017

Certificado de Graduação de Mestrado

Gu Ren Gui, sexo masculino, nascido em 14 de novembro de 1985, estudou na área de Mecânica de Fluidos e Engenharia de setembro de 2011 a junho de 2014, com um curso de duração de 3 anos. Concluiu todos os cursos exigidos pelo programa de formação de mestrado, obteve notas satisfatórias e passou na defesa de sua dissertação, recebendo assim a autorização para graduar-se.

Instituição de Ensino: Universidade de Jiangsu

Número do Certificado: 102991201402000804

Data da Emissão: 16 de junho de 2014



JING RU CHIU 邱静如

TRADUTORA PÚBLICA E INTÉRPRETE COMERCIAL
CHINÊS - PORTUGUÊS 法定中葡文公证及商业翻译

圣保罗州商会注册号 MATRÍCULA NA JUCESP: N° 1874

E-MAIL : jing1709@gmail.com

TEL(电话) : (11)98458-5953 / (11)3329-9266 / (11) 953835410

Endereço de escritório : Av. Senador Queiróz, 279, 7º andar ,sala 76, Santa Efigênia,São Paulo-SP

CEP:01026-001 (办公室地址: Senador Queiróz 大道 279 号 7 楼 76 室 接近 25 街-Luz 地铁站)

T65954

L289

F059

NADA MAIS, dou fê e firmo o presente

São Paulo, 09 de dezembro de 2024

JING RU CHIU

Tradutora Pública