第 39 卷 第 5 期
2 0 1 7 年 10 月
低 温 物 理 学 报
CHINESE JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS
Vol.39,No.5
Oct 2 0 1 7

布水器性能测试平台设计及应用*

唐佳丽[1,2†]　　石玉洋[1]　　欧阳峥嵘[1]

[1]中国科学院 强磁场科学中心,合肥 230031;

[2]中国科学技术大学,合肥 230026

收稿日期:2017-08-18;接收日期:2017-09-26

【摘要】 由于需要优化设计布水器,对其性能参数进行了深入研究,设计安装了布水器性能测试平台及测温系统.该平台可用于对比分析不同参数、不同类型布水器的斜温层效果,通过相关模拟计算及实验,初步得出相同出口流速的径向型布水器在大雷诺数也可以取得较好的斜温层效果,另外,在相同出口流速及一定的容忍度下,八角形布水器的斜温层效果优于径向型,而在相同雷诺数下,径向型布水器的分层效果优于八角形布水器.

关键词: 自然分层法,布水器,性能测试平台,斜温层

PACS: 7460,7490,0290

1 引　　言

自然分层法是最经济有效的水蓄冷模式,在暖通空调领域此蓄冷技术也被广泛的应用[1].针对大流量、大温差的大型水蓄冷系统,目前已验证了其可行性[2].前期,在稳态强磁场实验装置水蓄冷系统中安装了八角形布水器,并对其斜温层效果进行了探索研究,在供冷流量接近 1200 m^3/h 时,蓄冷效率在 80%左右,基本达到使用要求,但并不理想.下一步需要研究更适用于大流量、大温差水蓄冷系统的布水器类型,提高蓄冷效率.

而对于温度自然分层型蓄冷罐而言,热损失主要有三个途径[3]:与外界环境温差造成的透过罐壁的热损,该部分若保温得当,其热损只会占到蓄水罐蓄冷能力的 1%～2%;其次是斜温层与冷、热水界面处的热传导,该部分难控制,但所占蓄冷效率比例也不大;进水端布水器开口处的混合损失,才是提高蓄冷效率的关键所在.因此,布水器的优化设计是解决大流量、大温差工况下蓄冷效率低的关键,针对大流量的水蓄冷系统而言,其关键在于增大布水长度以减小布水口流速,最大限度降低布水器出口处的混合损失.

2 布水器性能测试平台

2.1 测试平台的设计

在现有基础上,进一步优化设计的布水器若直接在现有蓄冷系统进行实验验证,工程量大,因此首先设计布水器性能测试平台,专门用于分析各种布水器性能好坏对比,测试平台设计图如图 1 所示:

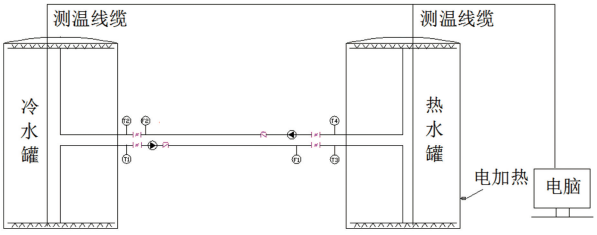


图 1　布水器性能测试平台设计图

该平台主要包含两个蓄水罐,设计参数如下.罐体均做保温;且罐身与罐顶为分离式,方便布水器安装;罐顶预留测温线缆安装口,测温线缆测温范围在

* 国家发改委(2007)"稳态强磁场装置"大科学工程资助的课题.

† tangjl@hmfl.ac.cn

0～50 ℃，精度为 0.1 ℃，输出 4～20 mA 电流，每隔 10 cm 一个测温点；罐体材质为不锈钢；热水罐加装电加热，建立冷热水罐的温差.

表 1 布水器性能测试平台蓄水罐参数

	设计参数
冷水罐容积	2.7 m^3
热水罐容积	2.7 m^3
水泵流量	2 m^3/h
热水罐电加热器功率	9 kW

2.2 测温系统的设计

斜温层的厚度主要通过分析采集到的罐内温度数据来确认，图 2 为蓄水罐测温系统原理图.将测温线缆竖直安装于罐内，再通过数据采集模块，采集蓄水罐内斜温层形成、稳定以及结束等阶段的温度分布情况.电脑通过软件保存并分析线缆不同高度的温度值，从而得知斜温层大致厚度，以确认布水器设计的合理性.

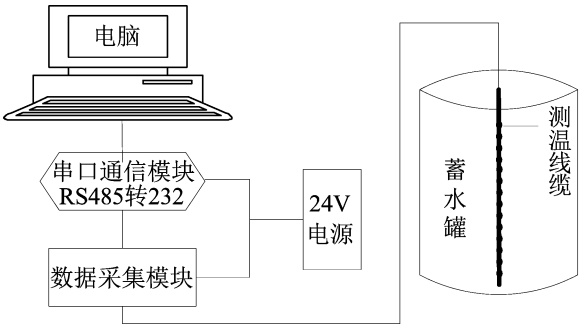


图 2 蓄水罐测温系统原理图

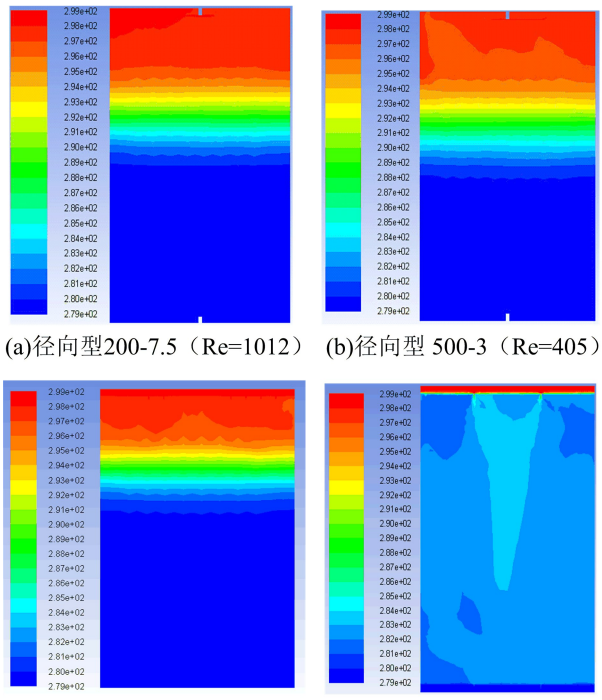
3 布水器设计计算及实验

3.1 布水器设计计算

表 2 为不同尺寸、相同出口流速(V)下径向型及八角形布水器的性能参数计算结果，包括雷诺数(Re)、弗兰德数(Fr_i)、八角形布水器孔径(d)及开孔个数(K)等.其中径向型布水器参数选用了雷诺数差距较大的两组参数，八角形布水器参数一组与径向型布水器同出口流速，另一组参数则是考虑了与其中一组径向型布水器同雷诺数.这样可以分析对比径向型布水器在相同出口流速下，不同直径与开缝高度对斜温层的影响；相同出口流速下，八角形布水器与径向型布水器的斜温层效果；相同雷诺数下，八角形布水器与径向型布水器的分层效果.模拟结果见图 3 所示.

表 2 布水器性能参数计算

径向型布水器				
D/mm	H/mm	V/(m/s)	Re	Fr_i
500	3.0	0.118	405	0.18
200	7.5	0.118	1012	0.45
八角形布水器				
d/mm	K/个	V/(m/s)	Re	Fr_i
6	94	0.118	67.5	0.029
6	24	0.82	405	0.179



(a)径向型200-7.5（Re=1012） (b)径向型 500-3（Re=405）

(c)八角形（Re=67.5） (d)八角形（Re=405）

图 3 不同参数、不同类型布水器分层效果分析

通过对比分析，可以得出以下结论：

(1)相同出口流速的径向型布水器在大雷诺数也可以取得较好的斜温层效果，关键在于圆盘直径与缝高的设计；

(2)在相同出口流速及一定的容忍度下，八角形布水器的斜温层效果最佳；

(3)在相同雷诺数下，径向型布水器的分层效果优于八角形布水器.

3.2 布水器设计实验

为了进一步验证模拟结果，选取了两组参数进行了加工并安装于性能测试平台的两个罐体中进行实验分析，分别为模拟效果最佳的 200～7.5 径向型

布水器以及与之同出口流速的八角形布水器.图 4 为布水器安装及数据采集情况.

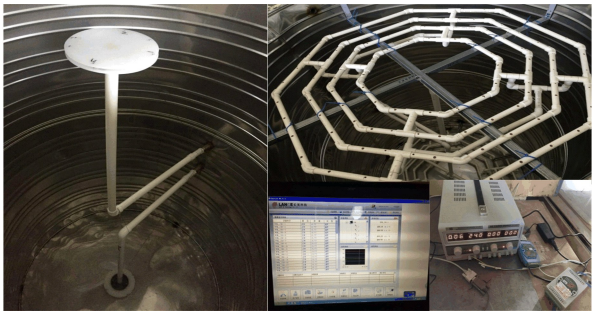


图 4　布水器安装及数据采集

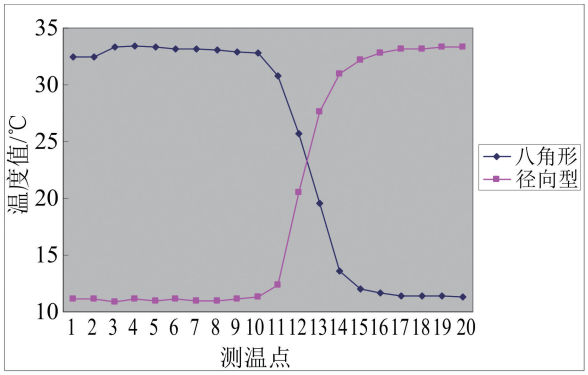


图 5　布水器性能测试平台实验分析

图 5 为实验过程中两罐斜温层基本稳定后的温度分布情况，温差约为 22 ℃，流量为 2 m^3/h.测温线缆总共包含 20 个测温点，测温点间隔为 10 cm，从距罐底 10 cm 开始编号，依次往上标为 1，2，3，……，20.从图中可以看出，在两种布水器出口流速保持一致的前提下，斜温层效果相差不大，径向型的冷热分层更为平缓，八角形布水器在一定的容忍度下，斜温层厚度较为理想.由于目前斜温层厚度主要依靠给定一个容忍度范围进行估算，而现有测温点间隔稍大，下一步将加密测温点，进一步提高斜温层数值的准确性.

4 结　　论

由于需要对布水器进行进一步的优化设计，在稳态强磁场实验装置水蓄冷系统中进行实验研究较难实现，因此设计了布水器性能测试平台.该平台便于安装，分冷、热水罐，可较好地进行实验分析对比.此外，还设计了一套测温系统，便于安装，可有效测量罐体内的温度分布，估算斜温层厚度.针对不同类型、不同参数下的布水器进行了相关计算，并在布水器测试平台上进行了多次实验.目前研究的结论、存在的问题及下一步设想如下：

(1)径向型布水器在相同出口流速下，大雷诺数也可以取得较好的斜温层效果，关键在于圆盘直径与缝高的设计；在相同出口流速及一定的容忍度下，八角形布水器的斜温层效果较好；在相同雷诺数下，径向型布水器的分层效果优于八角形布水器.

(2)测温点间隔略大，将进行进一步的细化；

(3)下一步将继续针对不同类型布水器进行优化设计，并进行相关模拟及实验对比，从而得出最优的布水器形式及相关参数.

参　考　文　献

[1] B. L. Wang, W. X. Shi, X. T. Li. *HV&AC*, **40**(2010), 6.

[2] J. L. Tang, Z. R. Ouyang. *CRYOGENICS*, **193**(2013), 35.

[3] Z. Y. Wang, F. M. Huang, S. Z. Guo. *Power Generation & Air Conditon*.**149**(2013), 59.

Design and Application of the Diffuser Performance Test Platform

TANG Jiali[1,2†] SHI Yuyang[1] OUYANG Zhengrong[1]

[1] *High Magnetic Field Laboratory, Chinese Academy of Sciences, Hefei* 230031, *China*;

[2] *University of Science and Technolgy of China, Hefei* 230026, *China*

Received date: 2017-08-18; accepted date: 2017-09-26

【Abstract】 The diffuser performance test platform and its temperature measurement system has been designed and installed for the optimization design on diffuser and its performance parameters research. This platform can be used to analyze the thermocline under different parameters or different type of the diffuser. According to the simulation, calculation results and some experimentals, the radial diffuser with a high Reynolds number can get a good thermocline; the thermocline of the octagonal diffuser is better than radial diffuser under the same outlet flow and a certain tolerance; the thermocline of the radial diffuser is better than octagonal diffuser under the same Reynolds number.

Keywords: naturally stratified; diffuser; performance test platform; thermocline

PACS: 7460, 7490, 0290