

基于反射膜的输气站分析小屋的 节能降耗应用研究

王坤¹ 雷恒威¹ 姜欢笑² 姬航¹ 卓麟¹ 杨晓松¹
(1. 国家管网集团华中分公司 2. 中石化上海工程有限公司)

摘要：输气站中的天然气在线分析仪器通常位于分析小屋内，用于监测天然气气体组成及含量。金属分析小屋由于太阳照射时围护结构吸热量大，仪器运行过程会产生热量等原因，在空调设计装机容量不足、空调性能衰减或空调故障期间，分析小屋内部易存在超温问题，严重威胁分析仪器运行的可靠性和准确性。基于反射膜的贴膜技术在太阳强光照下，反射以红外线为主的太阳光辐射，是分析小屋节能降耗及高制冷能耗等问题的重要解决方案，有利于仪器设备快速、准确、长期稳定可靠工作，确保工业生产过程的安全性和稳定性。本文对分析小屋应用效果进行第二阶段的监测，测试结果表明，应用基于反射膜的贴膜技术的分析小屋外表面温度降低 45.1℃；在空调关闭情况下，内部空气温度可降低 13.1℃。基于反射膜的贴膜技术施工简单、维护方便，降温效果明显，也节省了空调高负荷运行产生的大量电费，为分析小屋的正常运行提供可靠的技术保障。

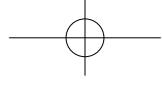
关键词：反射膜；输气站；分析小屋；节能降耗

0 引言

天然气输气站中的在线分析仪器通常位于分析小屋内，用于监测气体组成及含量，对天然气长输管道的平稳、高效运行具有重要影响。分析小屋整体为不锈钢材质，对太阳辐射的吸收率高，且红外辐射能力低，因此在太阳直射情况下外表面温度较高，夏季通常可达 70~80℃，使得自围护结构传入内部空间的热量较大。同时分析小屋内分析仪器运行期间自身发热量较大，导致分析小屋内部总热量较大。在空调制冷量不足或空调故障期间分析小屋内部温度较高，降低了仪器运行可靠性和测试准确性，加速仪器的老化，缩短使用寿命，增加维护成本且存在安全隐患。近年

来极端天气频发，导致分析小屋在开启空调情况下，内部仍出现严重超温现象，威胁内部精密测试设备的安全性和工作可靠性，从而影响生产和安全。同时空调长期连续运行将增加空调制冷能耗、加快空调性能衰减、增加空调故障率，进一步影响分析小屋的正常运行，也增加了空调的维护成本^[1]。

日间辐射制冷技术在高效反射太阳辐射的同时，以红外辐射的方式通过 8~13μm 大气窗口将热量源源不断地输送至低温外太空，从而实现 24h 持续零能耗制冷。宁波瑞凌新能源科技有限公司为全球首家零能耗辐射制冷技术产业化的企业，其生产的反射型辐射制冷膜正是基于该原理的一种辐射制冷材料，兼具太



PRODUCT AND TECHNIC

|| 产品与技术 ||

阳光波段 (0.3~2.5 μm) 高反射率和大气窗口红外波段 (8~13 μm) 选择性高发射率^[2]。材料可直接贴合于物体外表面, 降低建筑或设备表面和内部温度, 改善内部热工环境, 增加设备的使用寿命, 同时实现节能降耗。目前该技术已在机场、高铁站房、粮食仓储、工业厂房、户外电力设施、通信基站等领域进行应用, 效果显著, 也为分析小屋提供了一种新的降温节能解决思路。

本文对位于新疆地区的西部管道塔里木输油气分公司站场分析小屋进行辐射制冷技术应用, 并与未应用辐射制冷技术的分析小屋进行对比, 从而研究该技术的降温效果。

1 实验设置

1.1 测试对象选取

在勘察选取分析小屋实验组和对照组时, 应尽量保证两个小屋在结构、材料、内部设备、通风情况、空调性能、外部环境等情况基本一致, 从而减少降温测试的影响因素, 保证测试数据的合理性。其中实验组应用辐射制冷材料 (以下称“实验小屋”), 对照组未应用辐射制冷材料 (以下称“对比小屋”)。

1.2 辐射制冷材料施工

辐射制冷材料的应用部位主要为分析小屋整体外围护结构, 施工流程包括清理、测量、裁剪、贴覆和封边。分析小屋应用辐射制冷材料后的效果如图 1 所示, 整体干净整洁、美观大方。



图 1 输气站分析小屋贴膜后的外观

1.3 测试方案

为评估夏季高温期间辐射制冷产品的降温效果, 本文选取第二阶段测试时间为 2022 年 6 月 25 日至 9 月 6 日共 72 天。测试期间两个分析小屋的空调均关闭, 从而体现辐射制冷产品对内部空间的降温能力。

分析小屋的测点主要包括外顶温度、内部空气温度及环境温度, 其中环境温度需布置在分析小屋附近遮阳且通风良好处。现场测点布置见图 2。

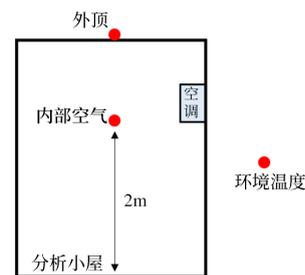


图 2 分析小屋温度测点安装示意图

2 测试结果分析

2.1 分析小屋外顶温度分析

辐射制冷材料通过高效反射太阳光和选择性红外辐射, 可大幅降低材料表面温度。由图 3 可以看出, 实验小屋外顶温度始终接近环境温度或低于环境温度, 而对比小屋外顶温度在白天则远高于环境温度。测试期间外顶最高温差可达 45.1 $^{\circ}\text{C}$ 。

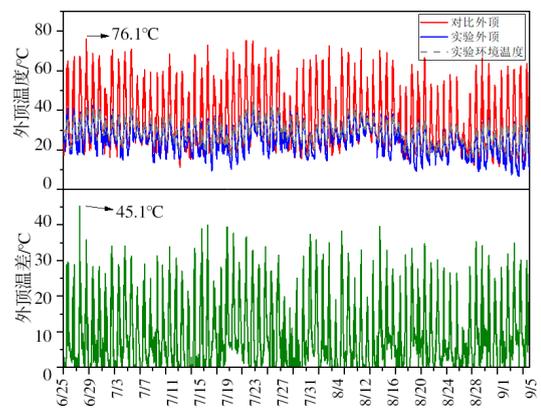


图 3 输气站分析小屋外顶温度对比



2.2 内部空气温度

如图 4 所示，在实验小屋空调关闭状态下，白天实验小屋基本接近或低于环境温度，且在测试期间最高温始终保持在 40.0℃ 以下，极大改善分析小屋内部温度环境，有助于提高内部设备工作可靠性。

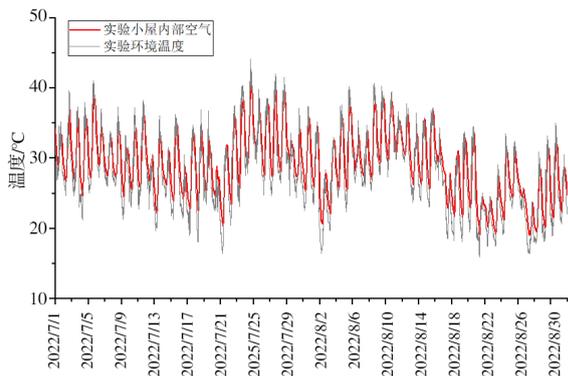


图 4 实验分析小屋内部空气温度

2.3 内部空气温度对比表

在同一环境温度情况下，监测到对应试验小屋和对比小屋的内部温度数据，平均内部空气温差为 8.5℃；最小温差为 5.6℃；最大温差为 13.1℃；贴覆制冷膜的试验小屋内部空气温度保持低于环境温度，未贴制冷膜的对比小屋内部空气温度持续高于环境温度，如表 1 所示。

表 1 内部空气温度对比表

(单位: ℃)

日期	环境温度	实验小屋内部温度	对比小屋内部温度	内部温差
2022/7/1	36.1	30.8	37.8	7.02
2022/7/2	41.8	31.7	42.9	11.18
2022/7/3	37.9	32.1	38.9	6.8
2022/7/4	38.5	33.0	40.5	7.5
2022/7/5	43.4	32.9	44.5	11.62
2022/7/6	35.7	31.6	40.2	8.54
2022/7/7	36.7	30.7	40.0	9.3
2022/7/8	36.5	31.5	37.5	6.02
2022/7/9	33.3	28.2	38.1	9.86
2022/7/11	39.9	32.9	40.8	7.86
2022/7/12	31.2	27.0	35.5	8.48
2022/7/13	36.7	31.0	38.2	7.24
2022/7/14	33.7	28.3	36.2	7.84

2022/7/16	30.4	26.8	36.5	9.7
2022/7/17	36.3	30.6	37.2	6.64
2022/7/18	39.5	30.8	40.3	9.48
2022/7/20	25.4	25.1	32.9	7.8
2022/7/21	33.7	29.1	37.8	8.66
2022/7/22	40.1	32.6	42.5	9.84
2022/7/23	41.2	30.4	43.5	13.14
2022/7/24	41.3	31.0	43.6	12.6
2022/7/25	38.1	33.7	41.1	7.38
2022/7/26	40.7	34.9	43.0	8.14
2022/7/27	43.2	37.1	45.9	8.78
2022/7/28	42.1	36.4	43.2	6.76
2022/8/1	37.5	31.7	37.4	5.62
2022/8/2	29.9	25.2	35.5	10.26
2022/8/3	35.1	29.9	37.9	7.96
2022/8/4	39.0	32.9	41.4	8.52
2022/8/5	40.8	32.9	43.1	10.2
2022/8/7	35.6	30.2	39.7	9.5
2022/8/8	41.5	33.3	43.8	10.52
2022/8/10	42.2	33.2	44.1	10.9
2022/8/11	37.2	33.1	40.2	7.06
2022/8/13	35.3	30.1	39.6	9.54
2022/8/14	36.9	33.3	39.4	6.12
2022/8/15	39.3	34.2	41.9	7.64
2022/8/16	32.3	29.1	36.5	7.34
2022/8/17	29.6	22.6	32.5	9.94
2022/8/20	35.8	30.9	38.5	7.6
2022/8/21	26.9	22.0	33.1	11.14
2022/8/22	26.7	22.0	31.3	9.3
2022/8/25	34.9	28.5	35.5	7.02
2022/8/27	24.9	19.3	27.4	8.1
2022/8/28	31.5	26.0	32.0	6.02
2022/8/30	35.1	29.5	35.2	5.7
2022/8/31	30.6	26.6	32.4	5.76

3 结束语

本文深入探讨将先进的辐射制冷材料应用于输油气管道场景中的分析小屋，并对其实际应用效果进行全面而细致的测试。测试结果显示，采用辐射制冷材料的分析小屋在外部温度调控上展现出显著优势，其外顶温度相比未采用该材料的对比小屋降低了惊人的 45.1℃，这一数据充分验证辐射制冷材料在极端环境下的高效降温性能。

进一步分析发现，在空调均处于关闭状态条件下，应用辐射制冷材料的实验小屋内部空气温度显著低于对比小屋，温差高达 13.1℃。尤为值得注意的是，即使在外部环境温度不断攀升的情况下，贴有制



PRODUCT AND TECHNIC

|| 产品与技术 ||

冷膜的试验小屋内部空气温度依然能够保持低于环境温度，而未采用制冷膜的对比小屋内部温度则持续攀升，远高于外界环境。

辐射制冷材料的应用，不仅体现了其作为一种零能耗被动式降温产品的卓越性能，更展示了其在提升分析小屋工作环境质量方面的巨大潜力。无需对原有围护结构进行改动，施工简便快捷，后期维护也极为简单，这一特性使得辐射制冷材料在输油气管道领域的应用更加广泛和可行。通过有效降低分析小屋的外顶温度和内部空气温度，辐射制冷材料为分析仪器提供了更加稳定和适宜的工作环境，进而有助于提高仪器的工作可靠性，延长设备使用寿命，减少维护成本，最终为输油气管道的平稳高效运行提供了有力保障。

参考文献

- [1] 陈小龙, 赖江宇, 梁永安. 基于辐射制冷超材料技术的变电站零能耗节能降耗研究与应用 [J]. 电力与能源, 2021, 42 (1): 1-95, 126.
- [2] 赖垂林, 杨荣贵. 辐射制冷整理剂、辐射制冷纤维膜及其制备方法和应用: CN116219736A[P]. 2023-06-06.

(收稿日期: 2024-08-30)

2025.08.DQGY
70

(上接第66页)

4 结束语

综合以上分析, 模型在输电线路设备检测任务中展现出较为良好的整体性能, 然而仍存在进一步优化的空间。对于表现欠佳的类别, 可能原因在于样本数量不足或类别特征复杂。因此, 改进策略可包括增加这些类别的样本量以平衡数据分布, 或者对模型结构进行调整, 以增强其对复杂类别的辨识能力。此外, 针对少数类别的特殊训练技术 (如迁移学习、数据增强或少样本学习) 也可被引入, 以提高模型在少样本条件下的泛化能力。这些改进措施能够进一步提升模型在实际应用中的有效性和鲁棒性。

参考文献

- [1] 邵瑰玮, 刘壮, 付晶, 等. 架空输电线路无人机巡检技术研究进展 [J]. 高电压技术, 2020, 46

(1): 14-22.

- [2] 王磊, 郝涌汀, 潘明然, 等. 电力巡检中改进YOLOv5s的缺陷检测算法研究 [J]. 计算机工程与应用, 2024, 60 (10): 256-265.
- [3] 郭雨, 马美玲, 黎大林. 基于改进YOLOv5的轻量化绝缘子表面缺陷检测 [J]. 激光与光电子学进展, 2023, 60 (24): 222-229.
- [4] 渠慎迪. 基于深度学习的图像小目标检测方法研究与实现 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2023.
- [5] 吴锦涛. 基于深度学习的图像小目标检测方法研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2020.
- [6] 方毅, 蒋作. 基于注意力机制和特征融合的绝缘子缺陷检测 [J]. 现代电子技术, 2023, 46 (15): 49-54.

(收稿日期: 2024-12-04)