

2024

TONGFANG

“特殊环境下制冷降温问题探讨及实践”

报告人：孟杰 博士

2024年04月 北京

同方人工环境有限公司

双碳目标下新型产业对热管理需求增强

- 随着我国新型基础设施，新能源等装备制造行业的快速发展，以及新质生产力发展需求，制冷行业迎来进一步发展



5G基站



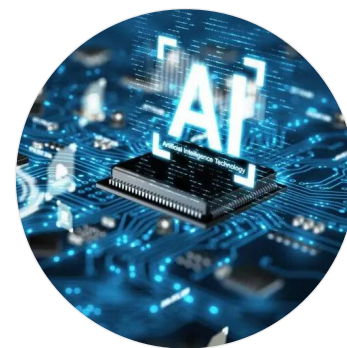
特高压



新能源



轨道交通



人工智能

- 新型产业对热管理需求旺盛、制冷降温装备差异化增强、专业性增强



高温高湿隧道降温

地铁环境制冷降温

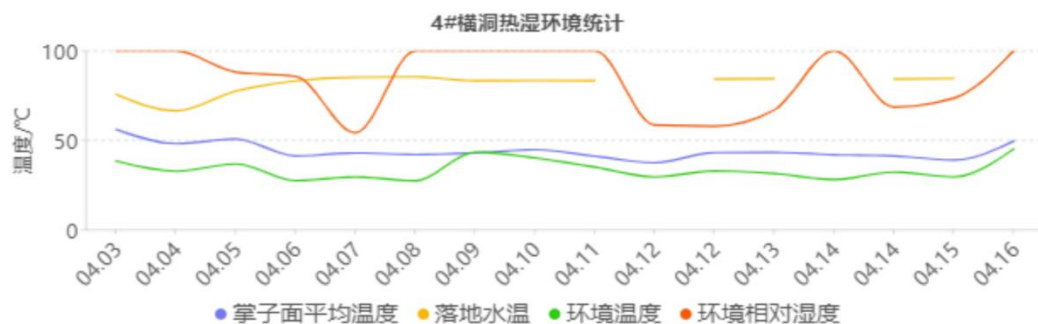
设施农业制冷降温



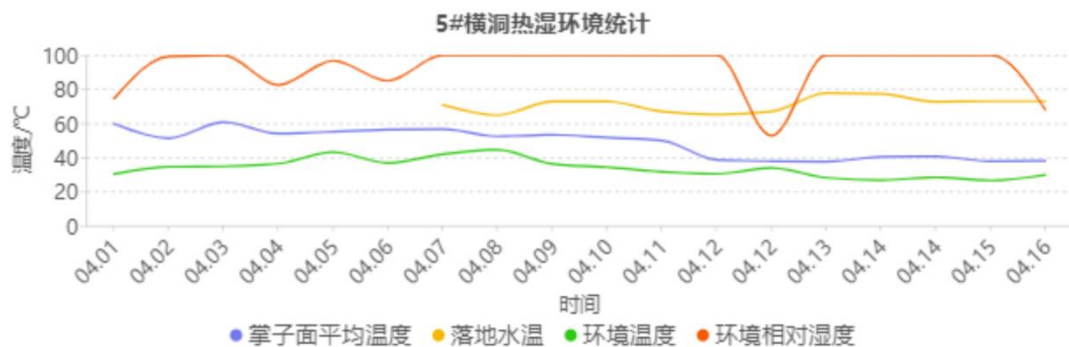
■ 高温高湿隧道特征

• 高岩温、高温涌水

4#横洞：岩温最高达49.5℃，孔口水温 85.1℃



5#横洞：掌子面岩温63.7℃)，落地水温66℃，孔口水温90℃。



某隧道揭露的热水



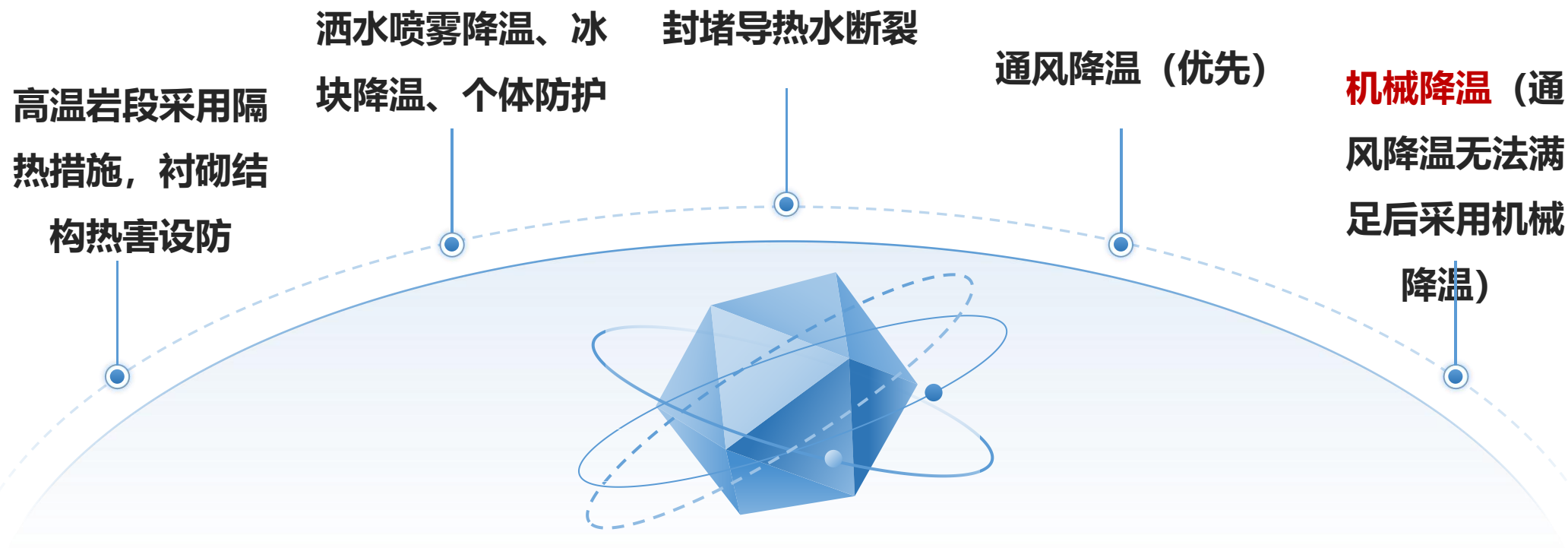
某隧道揭露的热水温度



某隧道高地温段高温湿环境情景

高海拔高温高湿隧道环境制冷降温问题

■ 解决方案



■ 研制隧道降温直接蒸发制冷装备

- **一体化集成**：集制冷、通风、除湿、冷却、移动、安全防护等于一体。
- **高效节能**：合理利用自然冷源；能效比达4-6。
- **安全可靠**：集装箱结构、电控系统多重防护设计。
- **操作简便**：自主研发的监控系统，集成化设计，设置简便，方便用户操作和维护。
- **移动方便**：采用撬装整体可移动式结构。
- **系统简化**：制冷剂直接蒸发技术，减少中间换热，提高系统能效，降温速度快。

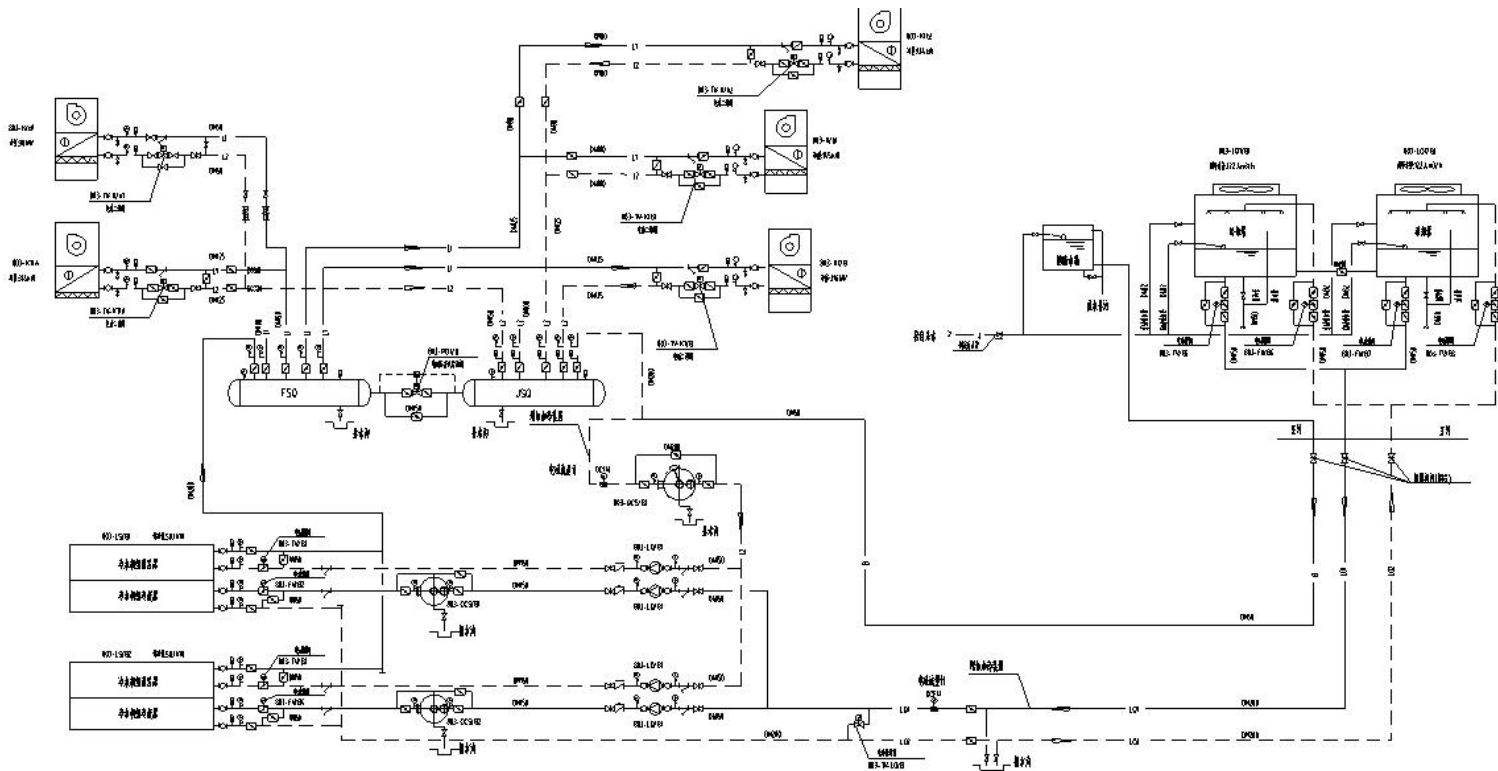


隧道降温直接蒸发制冷机组外观效果图



□ 常规系统基本设计:

- **水系统:** 冷水机组+冷冻水系统
+冷却水系统+冷却塔
- **风系统:** 全空气系统
- 空调系统沿用地上楼宇设计方式:
多空间、小空间 (“十三五”课题报告)
- 地下车站: 少空间、高大空间
- 导致问题: 占地 (150-200m²/站), 耗能 (100-120万度/站.年), 耗人 (运维复杂、小问题多)



地铁环境制冷降温问题

A城市

冷机	制冷量	冷机 COP	空调系统 EER
1#冷机	709	6.0	3.0
2#冷机	594		
3#冷机	300		
1#冷机	875	5.0	2.3
2#冷机	751		
1#冷机	799	3.6	2.0
2#冷机	322		
3#冷机	186		
2#冷机	341	4.9	2.9
1#冷机	719	3.9	1.8
1#冷机	712	4.0	/
3#冷机	94	3.0	/
1#冷机	462	3.6	1.9
3#冷机	371		
4#冷机	203		
总系统	915		
1#冷机	817	4.2	2.3
1#冷机	121	3.0	1.0
2#冷机	123		
1#回路	540	5.3	3.6
2#回路			
机组			
1#回路	515	4.4	2.7
2#回路			
机组			
2#冷机			

B城市

冷机编号	制冷量 (kW)	COP	空调系统 EER
1#	640	5.6	4.2
1# (大系统)	728	5.4	3.2
3# (小系统)	298	2.2	1.8
1#	546	5.0	4.2
1# (大系统)	1274	4.8	3.4
3# (小系统)	451	3.4	2.3
1# (大系统)	278	3.6	2.5
3# (小系统)	235	3.8	2.5
1、2#	613	2.9	2.4
1、2#	552	3.0	2.3
1、2#	438	2.8	2.1
1#	206	2.2	1.4
1#	333	2.7	2.1
1#	474	3.7	2.0

C城市

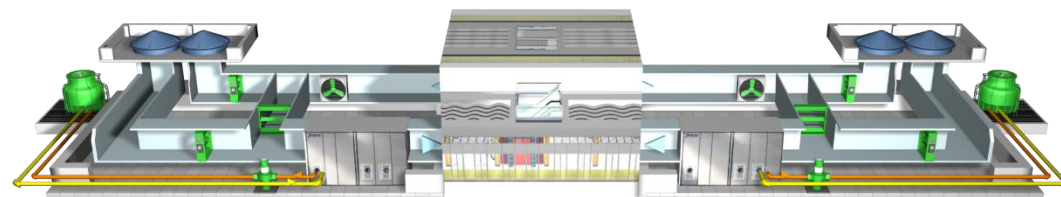
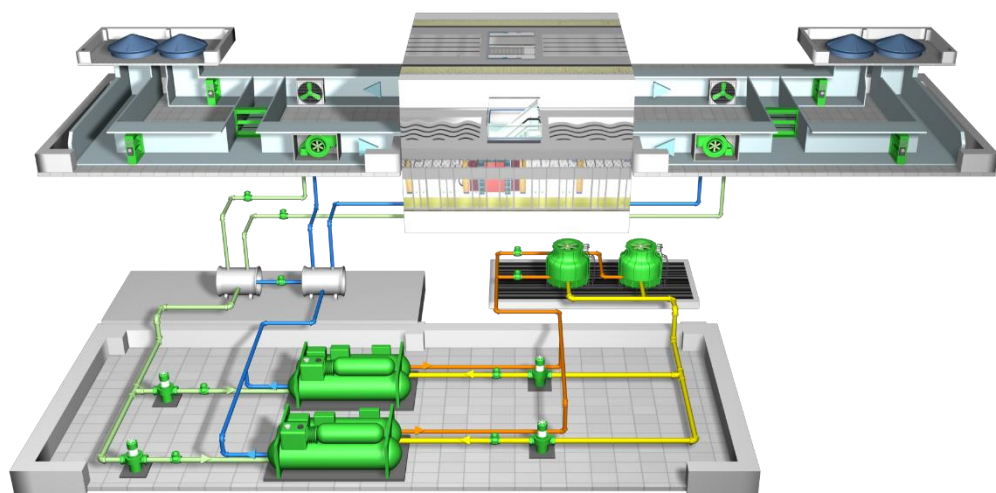
冷机	冷量(kW)	冷机 COP	空调系统 EER
1#冷机	491	3.2	2.0
2#冷机	431	3.3	
1#冷机	352	4.0	2.2
1#冷机	416	2.3	1.3
2#冷机	423	1.4	
1#冷机	392	3.2	2.1
2#冷机	392	4.3	
1#冷机	361	2.9	1.9
2#冷机	420	3.2	
2#冷机	559	3.2	1.9
2#冷机	582	5.2	2.4
2#冷机	415	3.5	2.1
2#冷机	577	4.0	2.3

结论：3座城市，31座车站空调系统

平均空调系统EER2.3，最低1.0

出自：2016年工程院咨询项目《轨道交通地下车站能耗评价与节能策略研究》

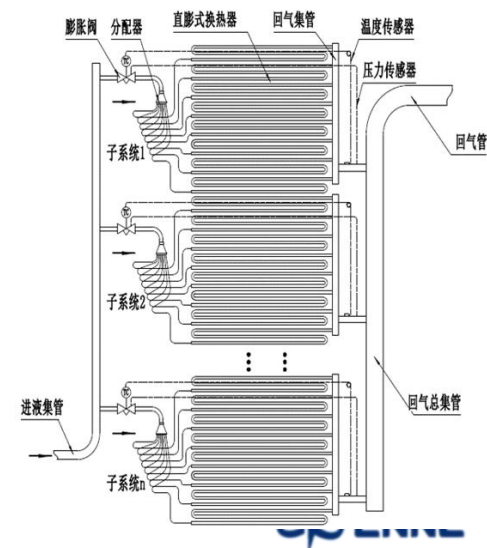
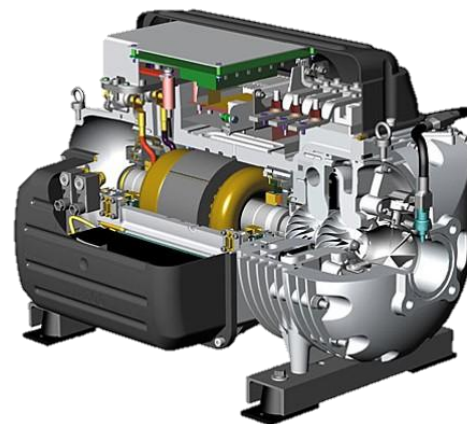
以**磁悬浮直膨空调**为基础，以**群智能控制**技术为核心
为地下车站提供**节能、节地、节资**的新一代空调系统



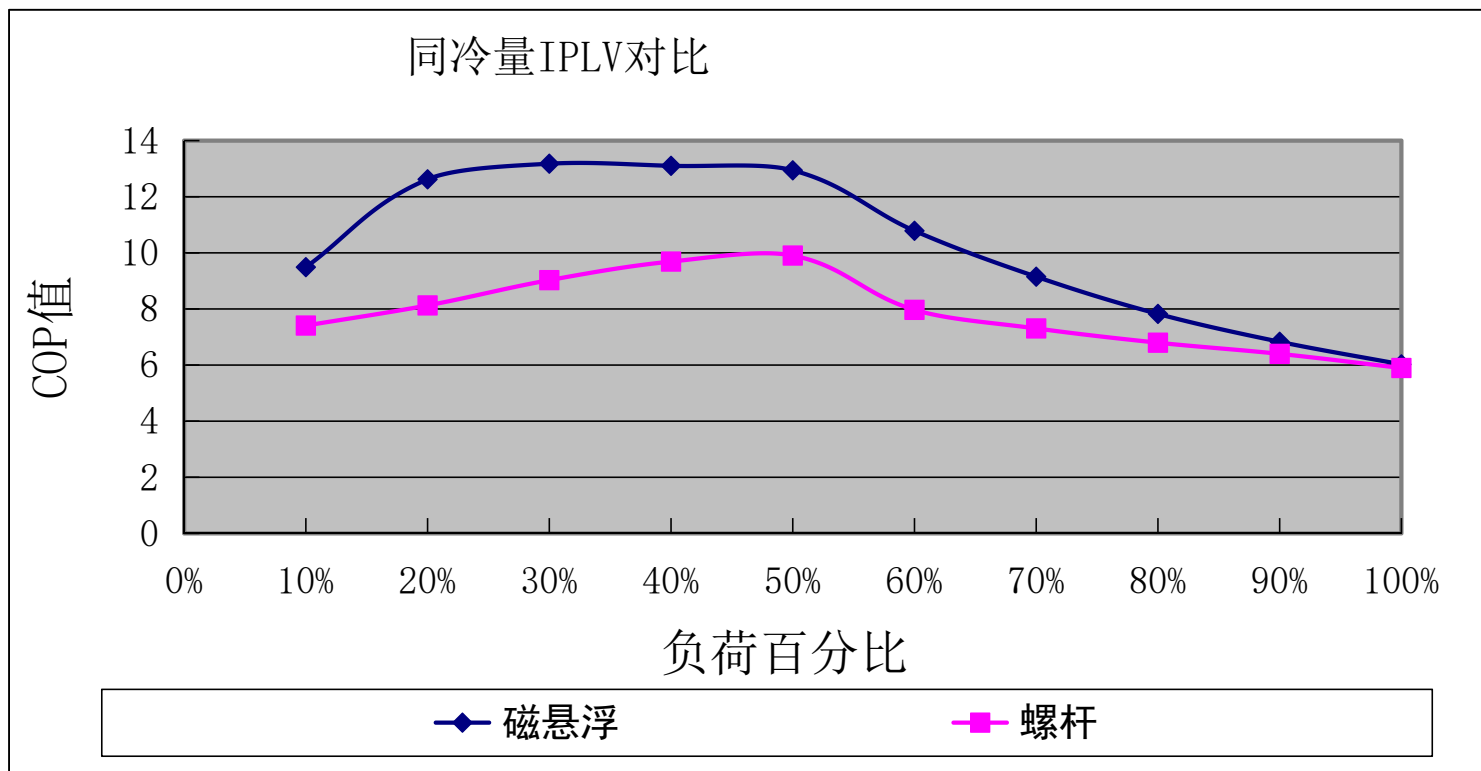
北京科委课题：“地铁磁悬浮与净化空调设备及智能控制技术研究与示范”，建管公司、轨道交通设计研究院、清华大学、同方

节能高效

- 取消冷冻水系统--无冷冻水泵能耗，该部分能耗约占全系统**5%-7%**
- 制冷剂与风直接换热--提升**3°C**蒸发温度，能效提升**9%**
- 磁悬浮技术应用，取消油路系统，提升系统运行效率



节能高效

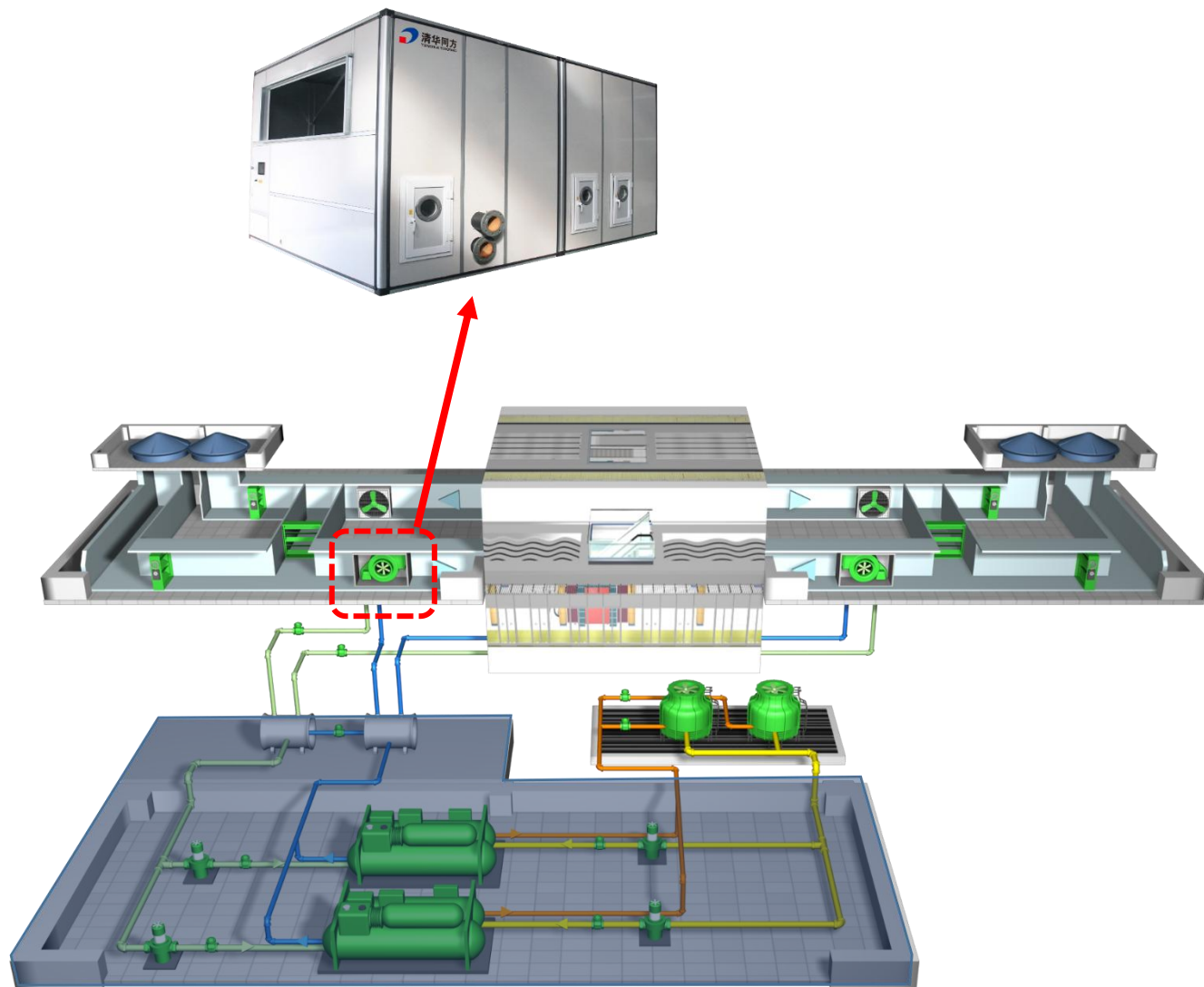


磁悬浮IPLV值=10.7; 螺杆IPLV值= 8.4, 部分负荷效率提升27%

节约占地

- 取消冷冻水输配系统
- 集约化设计，系统形式简化
- 空调机组尺寸不增加

150-200_{m²}



低建设、维护工作量

□ 工厂预装式设计：

模块化拼装设计，工厂内完成测试，降低现场施工调试周期

□ 机电一体化设计：

可根据站内环控要求，自行实现设备（压缩机、风机）调控与运行

□ 电子化产品设计：

磁悬浮即插即用式维护、制冷循环无油、无冷冻水系统



降低施工调试周期30%以上

降低运维工作量45%以上



□ 测试结果与全年效果预估：

①定工况机组能效测试结果

测试机组	测试条件	测试结果
KT/B1	蒸发温度7℃ 冷凝温度22.5℃ 送风温度18.5℃ 混风温湿度24.3, 54.09%	机组能效 6.62 冷站能效比 6.12 制冷循环能效 11.24

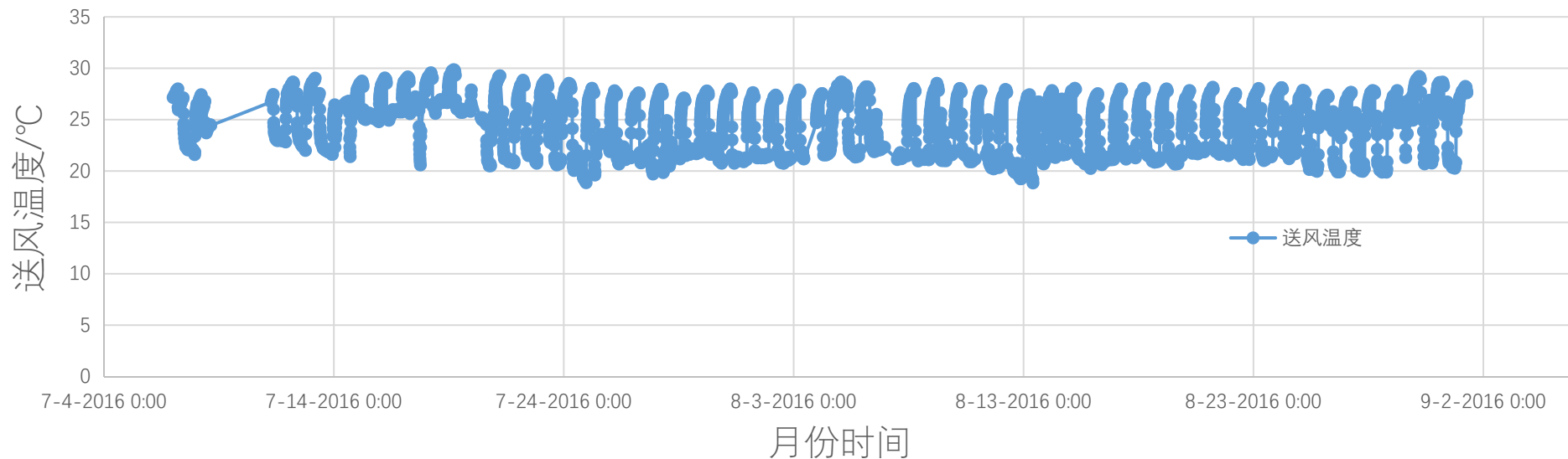
单机组

②当天工况，系统全自动运行能效

室外新风温度℃	23
风机额定风量m ³ /h	110000
风机额定功率kW	54.8
风机频率Hz	25
新风量m ³ /h	55000
风机运行功率kW	6.9
新风冷量m ³ /h	98.54167
机组能效	14.39

机组+控制

□ 测试结果与全年效果预估：



北京地铁既有线路运行数据（节能改造车站）

- 7、8月份送风温度控制在21-22°C
- 全年平均送风温度控制在21.5°C，根据机组特性，蒸发温度平均在10-10.5°C
- 根据既有线路运营经验，6-9月份，冷却水温度22.9、27.5、26.5、22，冷凝温度在此基础上提升0.5°C

□ 测试结果与全年效果预估：

- **结论：**通过磁悬浮直膨机组与群智能控制一体化解决方案，系统超双5.1预期，达到6.5以上行业领先水平
- **目标：**
- 通风空调全系统运行电耗小于50万度（大换乘站），空调占动照50%左右，单站整体能耗控制在100万度以内

概念：设施农业是使用人工设施、人工控制环境因素，使生物获得适宜的生长条件，从而延长乃至“改变”生产季节，获得最佳产出的农业生产方式。

种类：

1 设施栽培

(1) 主要的设施有：**温室**、苗床、排灌系统、**温度控制系统**、**湿度控制系统**、**光照控制系统**、施肥系统和植物保护系统。其中，以**温室及其温度、湿度和光照控制系统**为最基本的设施。

(2) 特点：设施栽培是在人工环境下进行的栽培，投资大，科技含量高，采取的人工措施越适当，生产的产品**质量就越好**，**产量越高**，经济效益就越好。

2 设施养殖

(1) 主要是通过各类现代化和集约化的饲养房舍及配套设施，对各类畜禽、水产品和某些特种动物，进行工厂化饲养和管理。

(2) 特点：设施养殖是工厂化、规模化和自动化的成产方式，具有高度集约化的生产条件、**稳定的生产环境**和严密的质量管理体系，能极大地提高生产效率。

清华同方提出的解决方案

让樱桃“早睡早起”，春节期间走进千家万户！

通过对**暖通学、制冷学、植物学和气象学**四个学科技术的融会贯通，清华同方研制出与温室大棚紧密结合的专用型设备——**温室大棚环境控制专用机组**。通过机组对大棚内温度、湿度的精准控制，人工干预樱桃的生长周期。

温湿度控制专用机组大棚与常规大棚樱桃生产周期对比图



清华同方·温室大棚环境控制专用机组

改变“靠天”种植的历史，充分利用专用机组的温湿双控功能，使得休眠期内大棚**温度**一直控制在**3~6℃**，**湿度**≥90%，让樱桃树连续稳定的进入深度睡眠，让**有效休眠期**比常规大棚**提前20天左右**。通过人为调节棚内小气候环境，模拟优势气象条件，满足设施生产樱桃所需的休眠期、生长期、授粉期、采摘期的温度及湿度要求，从而使樱桃提前走向市场，改变全国春节前后无国产高品质大樱桃上市现状。

机组特点

- 智能控制：**温度和湿度自动调节，使得樱桃休眠环境稳定，有利于果树营养回流；生长过程严格控制温度和湿度使得樱桃开花齐，坐果率高
- 节省费用：**系统模块化设计，温度湿度设定后自动控制机组启停，降低运行费用
- 节省人工：**大幅度降低工人劳动强度，减少对人工管理水平依赖，增强樱桃大棚生产过程中对天气情况的抗干扰性



设施农业制冷降温问题

清华同方·温室大棚环境控制专用机组

机组主要功能及使用效果

休眠功能：机组通过温度湿度配合调节，结合室外温度变化，在樱桃休眠阶段运用机组维持棚内**温度在3~6℃**之间，在此环境条件下樱桃树可以进入连续稳定的深度休眠。如果没有运用机组大棚则需要**根据当地天气情况不定时的间歇式休眠**，由于休眠时间不连续、温度不稳定，影响产量。

智能加湿、除湿功能：果树休眠过程中，自动对棚内环境加湿或除湿，保证开花期间花齐、饱满，坐果率高；樱桃在成长过程中会遇到雨雪和极寒天气，高湿冷环境很容易造成樱桃烂花、烂果、冻伤甚至停止生长，此时机组会根据棚内温度和湿度进行智能识别进而启动调整，维持棚内**温度在10~25℃**，同时**迅速除湿（每小时除湿30%）**从而保证果实品质产量不受影响。

设施农业制冷降温问题

清华同方·温室大棚环境控制专用机组

机组主要功能及使用效果

休眠时间短：机组运行期间棚内温度和湿度保持优势状态，在40天内樱桃休眠连续稳定达到800小时；而一般大棚则要阶段累积达到800小时，根据天气情况约需要60~70天，实测应用机组的大棚比普通大棚**提早结束休眠20天左右**。

休眠质量高：机组运行期间保证温度和湿度保持优势状态，保证果树不受极端气候损伤，开花率高，花齐，坐果率高，实测比普通大棚樱桃**产量提高30%**。

缩短生产周期：在生产过程中，遇到极寒或者雨雪天气造成棚内温度过低，会影响樱桃会生长。这时启动机组运行，**白天可维持棚温15℃以上，夜间维持棚温9~10℃**，营造樱桃生长所需的连续稳定的优势环境。

保障果品质量：樱桃生长期间因为湿度大会产生果裂和烂果现象，使用机组后对大棚湿度进行智能化设定，使棚内湿度保持在樱桃生长最适宜状态，降低坏果率，控制**坏果率在5%以内**，然而往往没有使用设备的大棚坏果率高达20%以上，实测使用本机组既保证樱桃的品质，可以同时增加樱桃产量。

大连市瓦房店市松树镇-设施农业温湿双控科技示范基地



本项目位于大连市瓦房店市松树镇丁屯村，是由同方人工环境有限公司和瓦房店市政大农业发展有限公司合作创办的设施农业温湿双控科技示范基地，瓦房店政大农业多年来一直致力于农业科技创新和新技术推广利用。此项目开始于2019年春天，经过2019年到2020年两年间不断试验运行和数据纠正存储，**在2021年春节前示范基地樱桃上市，合作研发取得良好的成果。**

试验基地樱桃大棚两座，各占地面积为5亩左右，分别选用温室大棚环境控制专用机组四组。每组机组分为室内机和室外机两部分，室内机放在大棚内连接风管将风量均匀在大棚内部循环，室外机放置室外通风良好处。

设施农业制冷降温问题



2021年2月4日，北京新发地领导及企业家代表实地考察，高品质大樱桃被收购一空。清华同方与政大农业合作的科研开发取得重大成果

转色后一个月进入采摘期，整个生产周期在85天左右，果实大，颜色好，单果增重2~3g，降低裂口率到5%以内。

新闻采访

清华同方温室樱桃大棚环境控制机组介绍



大连新闻频道

2020年11月29日新闻报道



大连电视台城市直通车

2021年1月22日报道





心系天下冷暖 科技服务社会

初心 使命

- 源于清华大学：怀“**心系天下冷暖**”之初心，以创新技术创造冷暖舒适的**人工环境**，并实现节能减排。
- 30年发展，已成为“**智能+节能**”核心技术双轮驱动的行业领军企业。
- 融入中核集团，发挥**能源消费侧**优势和**数智化**核心能力，与**核风光水等清洁电力生产**产业链充分协同，以综合智慧能源贯穿源网荷储，为城市提供“双碳”目标下低碳零碳转型全域解决方案。

欢迎交流!

报告人：孟杰

电话：18910852919

心系天下冷暖 科技服务社会