

集装箱式一体化机房

技术白皮书

广东海悟科技有限公司

1 公司介绍

1.1 海悟集团介绍



广东海悟科技有限公司成立于 2008 年，在行业著名的机房环境解决方案商和清洁能源科技服务商，为具有自主知识产权的国家级高新技术企业，旗下“海悟”品牌在通信市场具有较强的行业影响力和良好的客户口碑。

公司已实现了“研、产、销、售后”业务一体化运营。专业为行业内客户提供工业化节能设备、精密机房空调、基站空调、户外一体化机柜、机房与基站节能设备，UPS 配电电气产品，等模块化机房产品业务。

并致力于推广绿色清洁能源模式的节能改造业务、远程能耗计量与节能控制系统服务，为 IDC 机房、电力及通信基站户外设备、大型医疗诊断设备、博物馆、试验室等“高精度要求环境”。提供高可靠性的产品和一体化服务解决方案，并为各行业客户量身定制环境调控产品和节能服务方案。

公司生产总部位于广东东莞，于 2017 年在东莞樟木头设立研发基地产业园，在全国 29 个省市州设立了办事处机构，有 600 家以上的售后服务网点覆盖全国。

公司拥有发明、实用、外观专利数百项，海悟为国家级高新技术企业，东莞市连续三年倍增企业，广东省高效节能特种空调工程技术研发中心，已经通过 ISO14001、ISO9001、OHSAS18001 三体系认证，产品严格执行国际通用的标准生产，具备 3C 认证、节能认证等产品认证。同时被评为中国制冷空调工业协会理事会的副理事长单位、中国通信标准化协会全权会员。

近年来，公司积极与华中科技大学、中南大学、湖南大学、北京科技大学、北京邮电大学等顶尖“985、211”一流高校进行合作，每年完成各高校的人才输送计划，制定培养数批行业内的精英人才，共同参与及申报的重点项目百余项。



图 1 研发实力

海悟集团配备了国内最专业的研发队伍，公司拥有精干的产品策划，工业化设计团队，结构设计工程师，制冷系统工程师，电气工程师，控制器软硬件设计工程师，计算机高级软件设计及产品系统集成应用人才百人团队，具有全新配置的 BIM 仿真咨询研究设计院，由多年海外工作经验的设计团队领头，为公司未来的发展铺设一条良好的道路。

海悟在 2018 年成功建立国家级 CNAS 焓差实验室测试中心，实验室能力大大提升，认证报告可得到全球 128 个国家认可。

公司研发人员的专业知识扎实，均来自于各大名校毕业，包含暖通、电气、机械工程类专业人才，以及业界内知名企业底蕴深厚的工程师，研发人员研究生学历占 30%，本科生学历占据 60%，人才经验丰富，员工平均专业经验超过 10

年，部分员工专业经验超过 20 年。



图 2 广东海悟科技有限公司性能实验室



图 3 恒温恒湿测试房

在满足标准通用产品开发设计的同时，海悟科技还具有非常强的非标定制响应能力。海悟科技根据客户的具体需求，从产品选型、定制研发、安装方式、配件附件的选择等各个环节，可最大程度上满足，秉持客户为主的服务态度。

针对客户要求，对于比较复杂的定制要求，我们可以在 30 天内及时提供最理想的解决方案或样机，满足用户实验室测试及使用现场实际测试的要求。

以下为广东海悟科技生产线部分图片：





图 4 总装生产车间



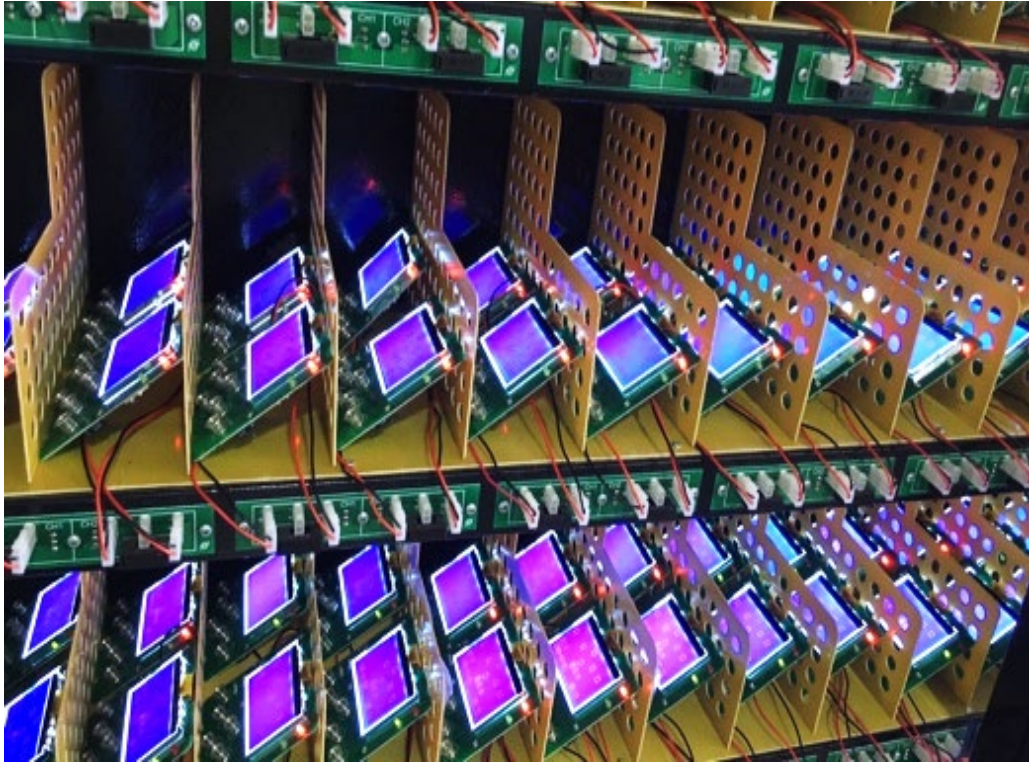


图 5 海悟电控车间

以下是海悟科技有限公司部分检测设备：氦气检漏仪

海悟科技的氦气检漏室使用高端氦质谱检漏仪，对产品的管路气密闭性进行检验检测，是真空检漏技术中灵敏度最高的检漏系统。对管路焊接进行质量控制，避免发生因焊接、管路材质等因素造成的冷媒泄漏等潜在的质量问题。



图 6 氦气检漏仪

机组钣金件制作和切割：

海悟科技具备钣金车间，从德国进口数十台高效激光数控切割机，能针对市场上各类客户需求进行机组外观的钣金件生产和组装，车间操作工均为持证上岗员工，保障了生产效率和产品质量。



图 7 海悟钣金车间

海悟科技产业园设有两器车间，专门用来制作各类产品的蒸发器、冷凝器。采用全自动化机械式流水线，大大提高了工作效率，降低人力物力的浪费，并采用优质内螺纹紫铜管，显著提高两器的换热指数效率。赢得业界良好口碑。



图 8 海悟两器车间

海悟集团作为精密空调领域的专家，在信息化技术领域，通信自动化工业设备高科技领域中，提供全方位的客户解决方案。

海悟机房专用空调集成了微小芯片控制板，满足设备全自动化调控、自诊断程序、设置参数程序、彩色全中文触摸大屏、人机对话等多功能集于一身。使整机在环境控制精度、整机节电率，故障报警信号，以及用户直观使用感上，都有了极大的优化和提升。经过多年来市场的考研和售后调研，研发对机房专用空调的机组的体积、重量、噪音、外观、性能等全方面逐步优化，产品各项性能指标在同行业均处于领先地位。

海悟之所以能取得如此的成功，除了本身产品的高可靠性之外，还归功于海悟集团在中国建立起的强大有效的售后服务体系。海悟从公司成立的第一天起，就以及助力在建立自己的售后服务体系，通过不懈的努力，现已在全国范围内已建立起一个系统化、本地化的高效售后服务网络。

已建设成完善的三级服务体系



1个总部技术服务中心

29个省级分支办事处

500+家认证服务网点

5000+位认证技术服务工程师

2 产品简介

2.1 产品定位

随着 5G 技术进步与发展，云计算、物联网、新媒体、虚拟现实、自动驾驶汽车等新的应用都会产生海量的数据，推动了数据中心的建设需求。为了更加满足客户的使用需求，集装箱数据中心在过去几年应运而生。

集装箱数据中心属于集中化的云数据中心的组成部分，为 IT 设备、CT 设备提供设备安装、制冷、供配电、安防等环境，并能实现独立运营功能；主要由机柜系统、空调系统、供配电系统、监控系统、消防系统、综合布线系统等组成。产品采用标准化、模块化、预制装配化设计，工厂预制模块、现场总装配后上电调试即用，实现数据中心快速、灵活、按需部署；满足政府、企业、电信、电网、教育、医疗、金融、能源等数据中心的部署需求。

2.2 产品特点

集装箱数据中心采用 All In Row 设计理念，具有一体化集成、绿色节能、低噪音、安全可靠、快速灵活部署、智能管控、集中运维、便携维护等特点，是云数据中心的分布式基础设施解决方案。

2.2.1 一体化集成

- 一体化集成机柜系统、空调系统、电源系统、供配电系统、监控系统、消防系统、综合布线系统，高集成设计，提供完整的解决方案。

2.2.2 绿色节能

- 封闭冷通道，空调自动寻优，绿色节能。综合利用自然冷源，节能效率高。
- 通道全封闭式结构，全年 PUE 值低至 1.2 以下。
- 高效 UPS 和智能温控模块，节能省电。
- 完善的动环系统，实现精准能耗管理与分析。

2.2.3 安全可靠

- 产品抗震性能好，箱体整体 8 烈度，机柜静态承重 $\geq 2550\text{KG}$,动态承重 $\geq 1200\text{KG}$,满足 8、9 级烈度带载 800KG。
- IP55 防护等级。
- 全面、高效的漏水检测报警措施。
- 支持通道级门禁，避免无关人员进入。
- 紧急按钮在紧急情况下可紧急开门。
- 支持双路独立电源输入。
- 采用模块化 UPS，实现 2N 冗余备份，提高系统的可靠性。
- 强电和弱电，光纤和网线四线分离走线，减少电磁干扰。

2.2.4 快速灵活部署

- 标准化部件，模块化架构，匹配业务快速按需部署。
- 供货周期短，快速安装，有效降低成本。
- 标准化工序，减少安装的时间和工作量。
- 根据房间尺寸和功耗需求，灵活部署各功能模块。
- 匹配企业业务和内部业务，微模块内灵活安装服务器、存储设备、网络设备。

2.2.5 智能管控

- 微模块内自配监控系统，可通过多种传感器，实现对各功能模块的不间断监控。
- 监控系统支持 Web 访问，轻松实现远程管理各功能模块。

2.3 产品参数

2.3.1 配置规格参数

该项目集装箱数据中心产品分为 40 尺通信箱和 40 尺设备箱；其中通信箱采用长度 12192mm、宽度 3200mm、高度 2896mm，内含 10 个 600mm(宽)*1200mm（深）*2200mm（高）机柜以及 1 台综合配电柜和电池柜，并采用 3 台 25.26KW 的列间空调，保证总制冷量 75.78kW，并备用 1 台 25.26KW 的列间空调；箱体内部采用封闭冷热通道分离。详见下图 9 所示。

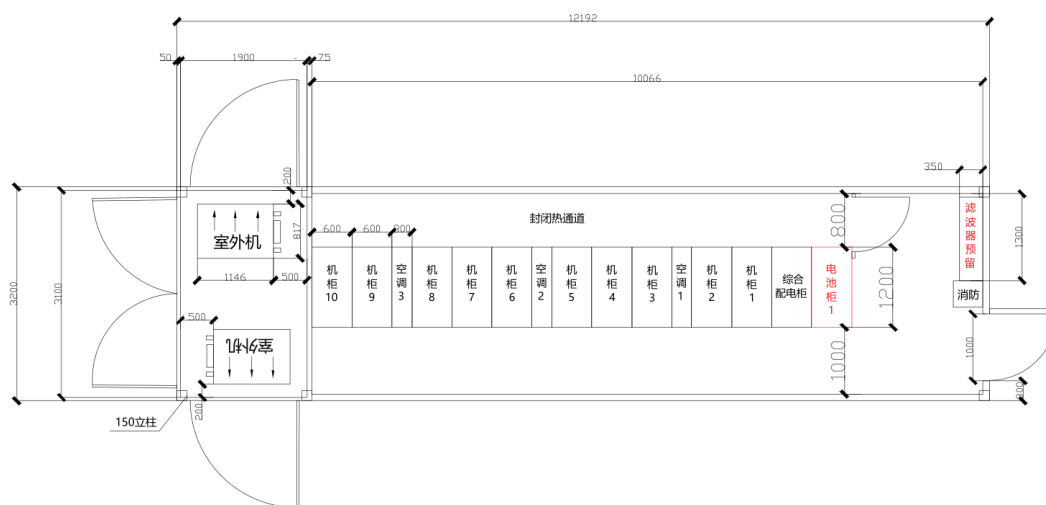


图 9 通信箱布局图

另设备箱采用长度 12192mm、宽度 3200mm、高度 2896mm，内含 10 个 600mm（宽）*1200mm（深）*2000mm（高）机柜以及 1 台综合配电柜和电池柜，并采用 4 台 25.26KW 的列间空调，保证总冷量 101.04KW，并备用 1 台 25.26KW 的列间空调；箱体内部采用封闭冷热通道分离。详见下图 10 所示。

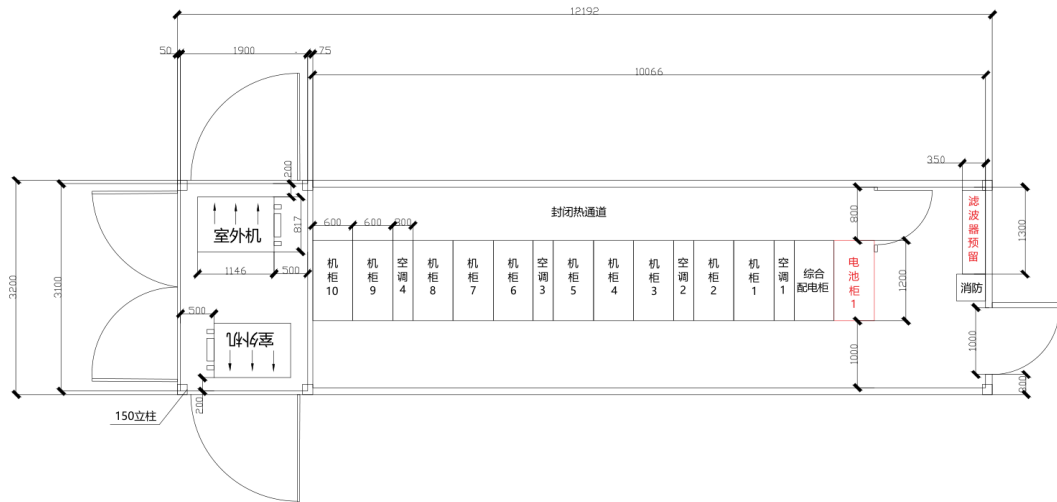


图 10 设备箱布局图

2.3.2 外观和组成

集装箱数据中心包括集装箱、机柜底座、热通道密封组件、电池柜、综合柜、IT 柜、空调系统、消防系统等系统组成。

3 系统组成

3.1 集装箱系统

集装箱系统由 1 个集装箱组成，集装箱满足微模块的承重及抗震要求。集装箱框架采用拼接满焊的方式形成一个整体，保证其强度及密封性。

集装箱式一体化机房，根据内部安装设备不同分为通信箱和设备箱两类，集装箱式箱体总体结构及布局相同，划分为空调舱、屏蔽舱；在结构组成上，箱体总成按结构划分由底壁、左壁、右壁、前壁、后壁、顶壁、屏蔽门、进风口、排风装置等组成。其中空调舱的侧壁、顶壁采用金属栅栏结构，在有效保护空调外机的同时，保证其通风散热功能。

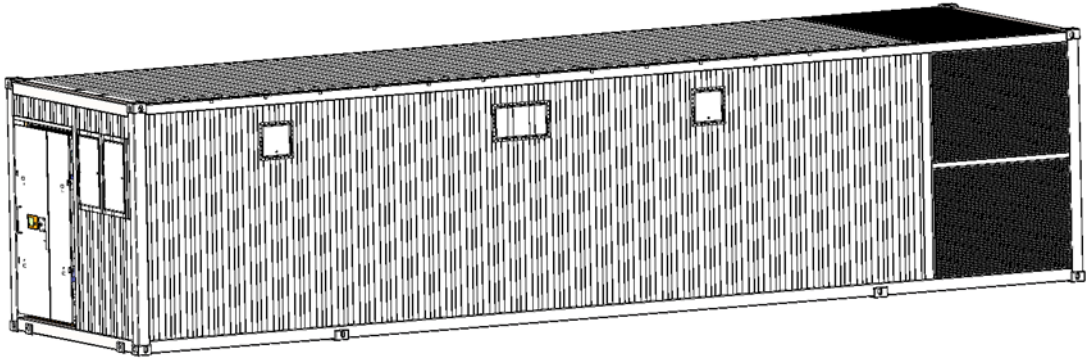


图 11 集装箱箱体外部效果图

箱体总成能够装载空调、机架、服务器，并对所装载产品提供所需的力学环境、自然环境和电磁环境条件,为设备提供安装平台和空间，满足设备承载要求,箱体外形尺寸为 40 英尺集装箱,长度 12192mm、宽度 3200mm、高度 2896mm。箱体具备良好的屏蔽、保温、防雨性能,能在 30m/s 的大风环境保持正常工作,支持公路/铁路运输、转载，具有非标集装箱运输、转载固定、起吊接口,能承受吊装载荷。

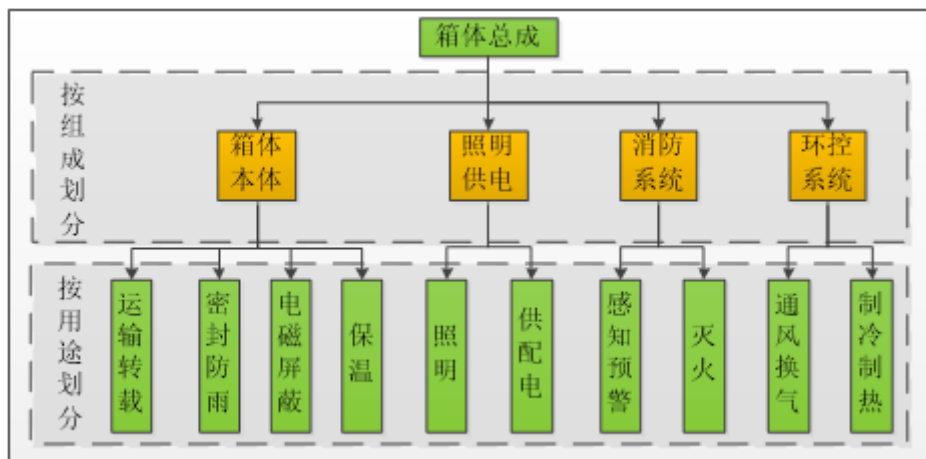


图 12 箱体总成框架图

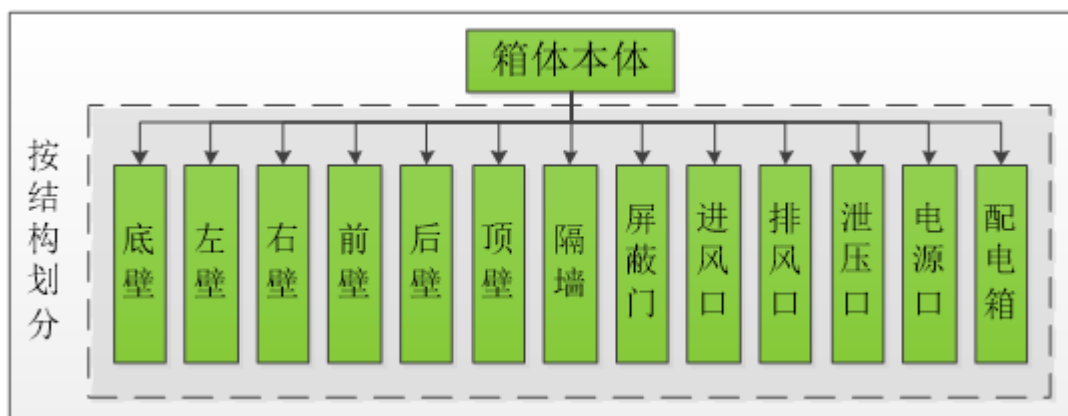


图 13 箱体本体框架图

3.1.1 箱体结构设计

集装箱式一体化机房，按客户需求分为通信箱和设备箱两类，其集装箱式箱体总体结构相同，箱体主要由工作舱和空调舱组成。底架总成采用框架结构，为吊装工况提供承载条件。前后舱采用框架式集装箱结构，将骨架和角件焊接成一体。箱体的骨架结构形式如下图 14 所示。

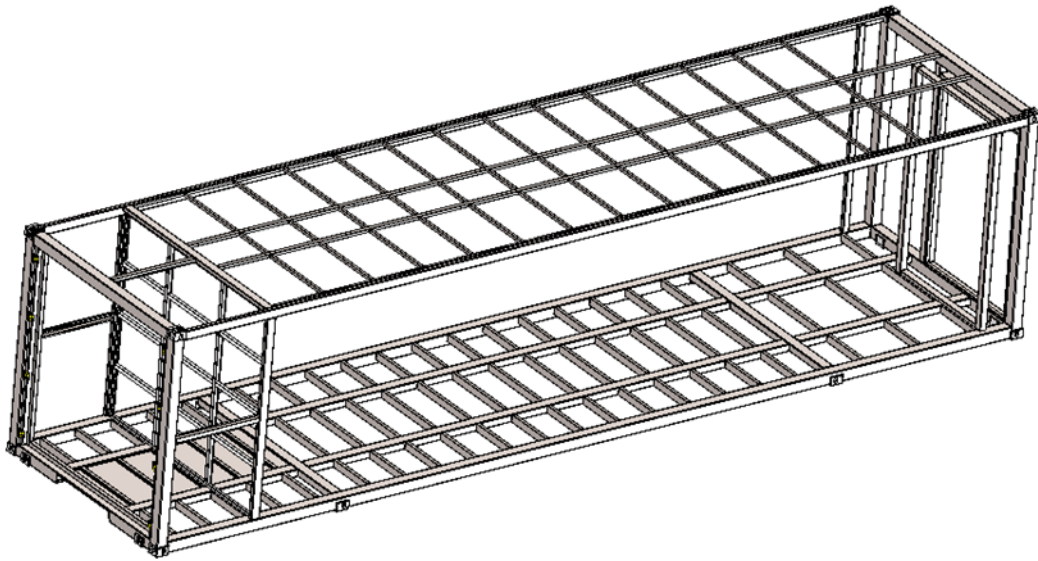


图 14 集装箱骨架示意图

3.1.2 箱体性能设计

3.1.2.1 屏蔽性能

3.1.2.1.1 屏蔽原理

电磁屏蔽方舱的设计是选用合适的金属屏蔽材料，处理好方舱上各屏蔽材料间缝隙的电连接和贯穿舱体的金属导体与舱体的电连接，使整个屏蔽方舱是一个完整的、连续的导体。

在新风、排风、泄压口等均配装波导窗，水管、空调管等配装液体波导管，各电源、信号等接口处配装有相对应的滤波器。

屏蔽方舱的屏蔽效能与所选用的金属屏蔽材料实体屏蔽效能有关，与各屏蔽材料间各电连接处理有关，即屏蔽方舱存在从屏蔽材料中穿透（实心部分）和屏蔽体上电气不连续处电磁能量泄漏（含各种使屏蔽效能下降的因素）二个途径。

从屏蔽材料中穿透的泄漏是组成方舱实心材料的电磁屏蔽。屏蔽体上电气不连续处的泄漏是由方舱本身的结构特性所具有的如缝隙、孔洞、屏蔽体形状与尺寸、滤波、天线效应等的屏蔽效能。方舱总的屏蔽效能可按下式计算。

$$SE_{\Sigma} = -20 \lg \quad (\text{dB})$$

式中 SE_{Σ} 代表方舱总屏蔽效能。

SE_p —影响屏蔽效能的各种因素的衰减值（屏蔽效能）。

从公式分析，方舱屏蔽效能是木桶原理，所有的泄漏都会降低方舱总的屏蔽效能。因此在对屏蔽方舱设计和选用电磁屏蔽材料时，应对各种影响因素的屏蔽效能要设有足够的富余量并要进行充分的预算。一般实心屏蔽的屏蔽效能至少比要求的屏蔽效能大 20dB，屏蔽体上最薄弱因素的屏蔽效能至少比要求的屏蔽效能大 10dB。公式中影响屏蔽效能的各因素见下表 1 所示，其中以各种缝隙、孔洞的泄漏较为普遍。

表 1 影响屏蔽效能的各种因素

序号	项目	数值	备注
1	实心屏蔽材料 SE_1	材料种类、电气性能(μ_r 、 σ_r)厚度及层数	
2	缝隙 SE_2	固定缝隙，可拆及活动缝隙	
3	孔洞 SE_3	各种电气不连续孔（如通风孔等）	
4	天线效应 SE_4	各种金属导体贯穿屏蔽体	
5	滤波 SE_5	传导耦合	

下面就 80dB 电磁屏蔽方舱电磁屏蔽设计将从屏蔽材料选用、组舱结构、舱体上的各屏蔽材料间缝隙的电连接和贯穿舱体的金属导体与舱体的电连接处理及连接方舱线缆的电磁屏蔽等到方面进行设计和工艺处理。

3.1.2.1.2 主要屏蔽材料的选用

组成屏蔽方舱所使用的屏蔽材料有方舱的金属结构板、屏蔽门、截止波导通风板、屏蔽接插件、屏蔽线缆及各种 EMI 衬垫等，根据留有富余量、生产施工方便和性价比高等原则进行合理选用。

3.1.2.1.3 箱体金属结构板材料的选用

常用的屏蔽材料有钢、铜、铝，而常用于方舱的内金属结构板的板材，一般

使用钢板和铝板，在某些特殊情况下，才考虑采用铜板。根据 GB/T12190-2006 电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法中的测试距离要求可选择金属材料在低频段的电磁屏蔽效能计算公式为：

$$SE = SE_A + SE_R + SE_B \quad (1)$$

$$SE_A = 0.131t \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

$$SE_R = 20 \lg(+5.35r + 0.354) \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

式中：SE——材料总电磁屏蔽效能

SE_A——吸收损耗

SE_R——反射损耗

SE_B——多次反射修正项，当吸收损耗大于 10dB 时，该项可忽略。

t ——屏蔽体的厚度，单位为 mm。

f ——电磁波频率，单位为 Hz。

σ_r ——金属的相对电导率（相对铜的电导率）

μ_r ——金属的相对磁导率（相对铜的磁导率）

吸收损耗与板材的性质和板材的厚度 t 有关，假设板材厚度为 t=1.5mm，按公式（2）计算三种常用材料在不同频率处的吸收损耗见下表 2 所示。

表 2 1.5mm 厚三种常用材料的吸收损耗

频率	钢		铜		铝	
	μ_r	SE _A (dB)	μ_r	SE _A (dB)	μ_r	SE _A (dB)
9KHz	180	103.1		18.6		14.6
90KHz	180	326.1	1	59.0	1	46.0
100KHz	180	343.7	1	62.1	1	48.5
150KHz	180	421.0	1	76.1	1	59.4
1MHz	180	1087.0	1	196.5	1	153.5

注：1 相对电导率与频率无关。钢 $\sigma_r=0.17$ ；铜 $\sigma_r=1.0$ ；铝 $\sigma_r=0.61$ 。

2 钢的 σ_r 和 μ_r 依据《电磁兼容性工程设计手册》表 4-7-10 与第 7.7.11 条选择。

按公式（3）计算三种常用材料在不同频率点距舱壁 r=0.3m 处的反射损耗见下表 3 所示。

表 3 三种常用材料的反射损耗

频率	钢		铜		铝	
	μ_r	SE _R (dB)	μ_r	SE _R (dB)	μ_r	SE _R (dB)
9KHz	180	14.1		43.7		41.5
90KHz	180	23.6	1	53.7	1	51.5
100KHz	180	24.1	1	54.1	1	52.0
150KHz	180	25.8	1	55.9	1	53.7
1MHz	180	25.8	1	64.1	1	62.0

注：相对电导率与频率无关。钢 $\sigma_r=0.17$ ；铜 $\sigma_r=1.0$ ；铝 $\sigma_r=0.61$

在 90KHz 频率上三种材料的吸收损耗都大于 10dB，在计算材料的总电磁屏蔽损耗时多次反射修正项可以忽略。根据公式 (1)，综合数据可得出三种常用材料在各频率点上的电磁损耗效能指标，见下表 4 所示。

表 4 1.5mm 厚三种常用板材屏蔽效能

频率	钢 (dB)			铜 (dB)			铝 (dB)		
	SE _A	SE _R	SE	SE _A	SE _R	SE	SE _A	SE _R	SE
9KHz	103.1	14.1	117.2	18.6	43.7	62.3	14.6	41.5	56.1
90KHz	326.1	23.6	349.7	59.0	53.7	112.6	46.0	51.5	97.6
100KHz	343.7	24.1	367.8	62.1	54.1	851.8	48.5	52.0	1804.1
150KHz	421.0	25.8	446.8	76.1	55.9	1025.6.0	59.4	53.7	2164.3
1MHz	421.0	25.8	446.8	196.5	64.1	1154.2	153.5	62.0	2523.9

据表 4 中数据分析，钢板在低频段有很好的吸收损耗效能，铜板和铝板有很好的反射损耗效能。铜板和铝板的电磁屏蔽特性相同，指标相差不大。从电磁屏蔽特性、表面防护处理、方舱的荷重比和材料价格等方面综合考虑，方舱蒙皮材料一般选取铝板，在低频段有特殊要求时还可选用钢板。

从留足实体屏蔽材料的屏蔽效能的富余量，材料的表面防护性和材料的性价比等方面综合考虑，80dB 屏蔽方舱的蒙板材料选择为：选用 1.5mm 厚的钢板 (在 9KHz 处屏蔽效能为 117dB)作为方舱的金属结构板,方舱的壁板屏蔽效能可达

80dB 以上，满足 GJB 5792-2006 B 级要求。

3.1.2.2 喷涂防护性

我司集装箱机房表面采用涂料喷涂的伪装防护方式、增强其防腐性功能，涂料外采用高性能聚脲防腐涂料对屏蔽钢板层作保护处理。相较于传统防锈漆，聚脲防腐涂料具有一下优势：

(1) 无污染：高性能防水材料（异氰酸脂和多元醇等组成），不含催化剂和任何挥发性有机物，不易燃烧；

(2) 工期短：快速固化，无需稀释剂，可喷涂或涂刷；

(3) 耐腐蚀：涂层致密无缝，可耐受水、酸、碱、盐、油等介质的侵蚀。

(4) 耐磨：具有超强的耐磨性，抗拉强度可达 10MPa。

(5) 耐温：可在-30℃~120℃范围内施工，不利环境因素影响小；

(6) 寿命长：长期使用不起泡、不脱落、不空鼓，寿命可达 30 年。

3.1.2.3 保温性

内层采用聚氨酯保温材料对内部作保温处理。聚氨酯填充剂是目前聚氨酯类产品中比较特殊的双组分发泡填充剂，具有质量轻、导热系数低、耐热性好、耐老化、容易与其它基材黏结、燃烧不产生熔滴等优异性能。

防火性能：材料符合 GB8624—2012《建筑材料燃烧性能分级方法》中规定的 B1 级。



图 15 聚氨酯保温效果图

墙体传热系数公式：

(1) 围护结构导热热阻的计算

单层结构热阻 $R = \delta / \lambda$ ($\text{m}^2 \cdot \text{W}$)；

式中： δ —材料层厚度（m）； λ —材料导热系数[W/(m·K)]；

多层结构热阻 $R=R_1+R_2+\dots+R_n=\delta_1/\lambda_1+\delta_2/\lambda_2+\dots+\delta_n/\lambda_n$ ；

式中： R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_n —各层材料热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）； δ_1 、 δ_2 、 \dots 、 δ_n —各层材料厚度（m）； λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_n —各层材料导热系数[W/(m·K)]。

（2）围护结构壁面对流换热热阻

内表面换热阻： $R_i=1/h_1$ ；

外表面换热阻： $R_e=1/h_2$ ；

（3）围护结构的传热热阻

$R_0=R_i+R+R_e$ ；

式中： R_i —内表面换热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）（一般取 0.11）； R_e —外表面换热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）（一般取 0.04）；

R —围护结构热阻（ $m^2 \cdot K/W$ ）。

（4）围护结构传热系数计算

$K=1/R_0$ (w/($m^2 \cdot K$))

式中： R_0 —围护结构传热热阻；

聚胺脂泡沫材料，其导热系数很小，因而集装箱体的传热系数也比较小，保温性能较好。采用 PVC 作为隔热桥，能更好的提高箱体的保温性。

门及孔口的密封方式和密封件的安装形式，是影响箱体的保温性能的重要环节。在进行箱体设计时，针对不同部位采用不同的密封结构，并尽可能使其统一。密封条的安装件采用铝型材结构，以避免加工过程中产生的积累误差，提高安装件的装配质量。密封材料质量好坏，对其使用寿命长短影响较大，选用密封材料为硅橡胶密封材料，环境适应性好，使用寿命不少于 15 年。

对于箱体构件均通过高低温等效工艺试验，保证高低温环境中能保持有的机械强度和刚度。箱体采用粘接发泡板经铆接、焊接和胶接工艺组装，箱体具有良好的隔热性能。

集装箱箱体及配套件均为成熟技术，与其相同结构、材料以及工艺集装箱，在传热试验时，在箱体内外温差大于 55℃的情况下，箱体的传热系数平均值为 2.5W/（ $m^2 \cdot ^\circ C$ ）。

3.1.2.4 防水性

3.1.2.4.1 防水设计

箱体主要密封防水处理方式为：

- (1) 箱体门和孔口采用铝型材结构，设计防水止口，安装密封胶条；
- (2) 密封胶条采用卡槽式安装方式，便于更换、维护；
- (3) 箱外安装件固定采用封闭型铆钉拉铆固定，拉铆时，铆钉头涂密封胶封闭铆孔，拉铆后铆钉头轴心插入铅丝并涂上密封剂密封；
- (4) 骨架蒙皮箱体，蒙板结合处焊接。

以上密封结构方案已在多种系列产品上应用，出厂的产品均经严格的淋雨试验，密封性能能够满足整体满足 GB4208 的 IP55 等级要求。

进风口与排风出口采用相同的型材及密封屏蔽结构形式，框口铝型材嵌入 B 型密封条，门关闭后，门框型材压住 B 型密封条，使密封条发生弹性变形贴紧门框型材。进风口与排风出口密封结构见下所示。

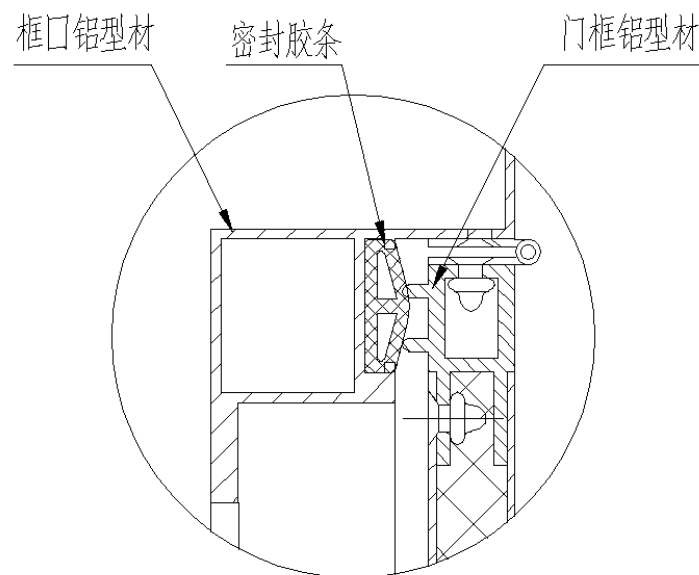


图 16 电源、信号口密封结构

3.1.2.4.2 排水设计

箱体底壁设置反向重力式直通密闭自动排水地漏，配有防水传感监测和水波导；当箱内积水时，自动打开地漏排水，当积水排尽后，地漏自动关闭，防止底部雨水倒灌。排水口进行了保温设计，以防止温度过低时，排水结冰堵塞排水口。该地漏结构简单、性能可靠、实用，满足使用需求。

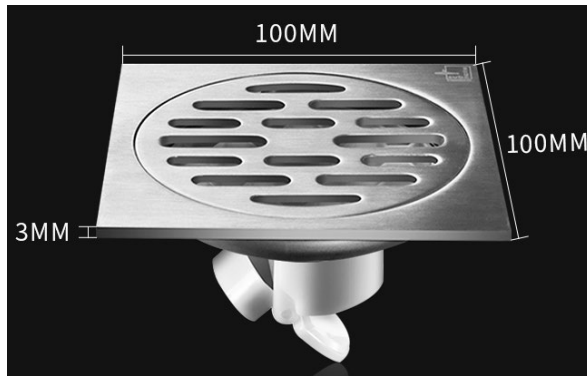


图 17 地漏外形尺寸图



图 18 地漏防反水原理图

3.1.2.5 防火性

3.1.2.5.1 大板蒙皮结构形式

本方舱结构形式采用外蒙皮采用 1.5mm Q235 瓦楞板，内蒙皮采用 12mm 蜂窝铝板。

Q235 瓦楞板与蜂窝铝板均为金属材料，属于阻燃材料，中间为填充层

从下表 5 钢的比强度最小；复合材料的比强度比铝高，但复合材料的脆性和层压板的各向异性特性，导致安装孔会切断纤维，产生应力集中，降低连接强度；而且铝、钢紧固件与碳复合材料接触会产生电偶腐蚀。经过对现有常规方舱材料和新型复合材料的成本和材料可靠性反复测试对比，舱体的蒙皮仍然使用了常规材料铝板作为大板蒙皮。

表 5 夹心大板蒙皮材料性能特性

材料	密度 (kg/m ³)	拉伸强度 (MPa)	压缩强度 (MPa)	剪切强度 (MPa)
铝	2700	190	—	105~150

钢	7800	380~470	——	170
高强碳纤复合板	1900	782	480	77.2

3.1.2.5.2 大板芯材的选用

大板中间的夹芯材料一般有聚氨酯类、PVC类和蜂窝类材料。根据下表6中的数据可知：

(1)从强度方面比较：蜂窝芯强度>PVC发泡芯强度>聚氨酯发泡芯强度，但蜂窝芯剪切强度<PVC发泡芯剪切强度；

(2)从保温性方面比较：蜂窝芯保温性明显比聚氨酯发泡芯和PVC发泡芯差；

(3)从阻燃性方面比较：蜂窝芯阻燃性优于PVC发泡芯阻燃性，PVC发泡芯阻燃性优于聚氨酯发泡芯阻燃性；

(4)从价格方面考虑：蜂窝芯价格>PVC发泡芯价格>聚氨酯发泡芯价格。

考虑到扩展方舱需要较高的强度及刚度，并且扩展方舱有传热系数III级的要求，综合上述分析，所以选用聚氨酯发泡芯作为大板中间的夹芯材料。

表6 夹心大板芯材材料性能特性

材料	密度(kg/m ³)	拉伸强度(MPa)	压缩强度(MPa)	剪切强度(MPa)	导热系数W/(m·K)	阻燃性	价格
聚氨酯泡沫	64±5	0.32	0.4	0.27	0.02~0.03	≤30s	低
PVC泡沫	60	1.05	0.85	0.7	0.03	≤15s	中
酚醛发泡填充 NOMEX蜂窝板	53	1.6(平向)	1.59	0.25	0.073	≤10s	高

3.1.2.5.3 防火安全

防火安全设计如下：

- (1) 舱内电源线、信号线等线材选用阻燃电缆；
- (2) 舱内内饰及结构件等的材质选用具有阻燃性能的材料；
- (3) 方舱芯材具有阻燃性。
- (4) 整体耐火完整性不低于0.5h。

3.1.2.6 吊装性

3.1.2.6.1 吊装方式

集装箱在吊装时采用底吊方式，其中吊点设计满足集装箱空载和满载等不同

工况下使用要求，保证在起吊过程中安全、便捷和可靠，集装箱重载吊装时，起吊点设在箱体中特别设置的多组专用集装箱角件上，这样可以大大减小箱体承受的最大弯矩值，可根据实际吊装设备选择双点垂直吊装或者单点夹角吊装，吊装示意图如下图 19 和图 20 所示。

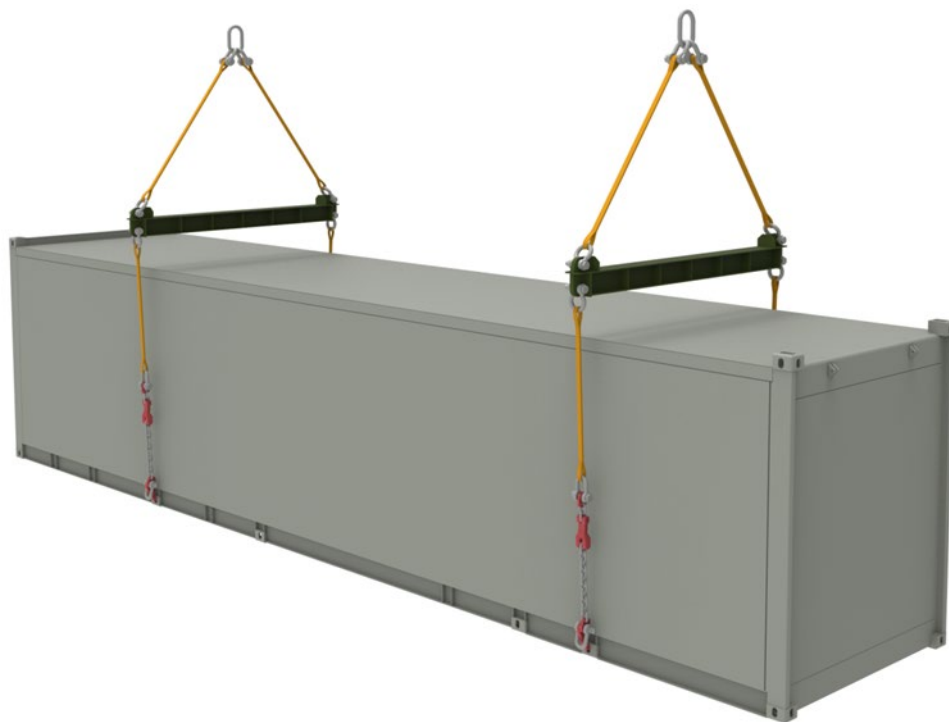


图 19 双点垂直吊示意图

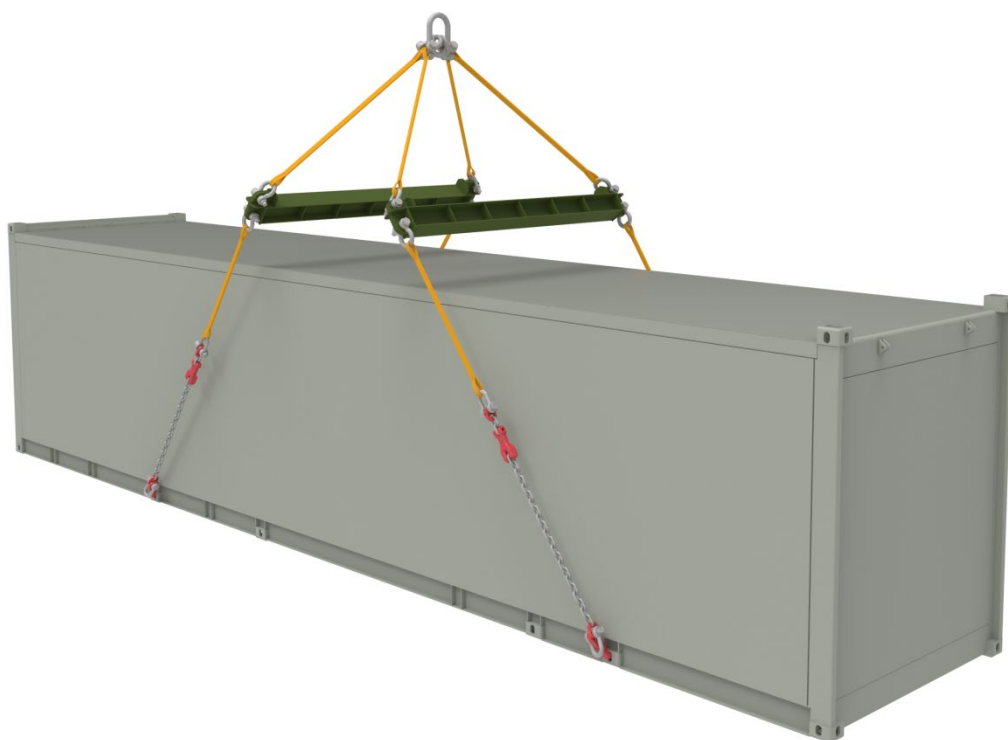


图 20 单点夹角吊示意图

3.1.2.6.2 吊具设计

集装箱采用横吊梁吊装，吊梁包含吊梁、吊带、链条、吊环、卸扣、链条调节器、链条连接器等组成，该吊具采用垂直双点吊可解决工厂内单行车、吊车吨位不够问题，又能通过链条调节器调节链条长度，解决不同配置的集装箱因重心位置不同或重心估算不准导致集装箱吊装倾斜问题，还能适应单点夹角吊，吊具的示意图如下图 21 和图 22 所示。

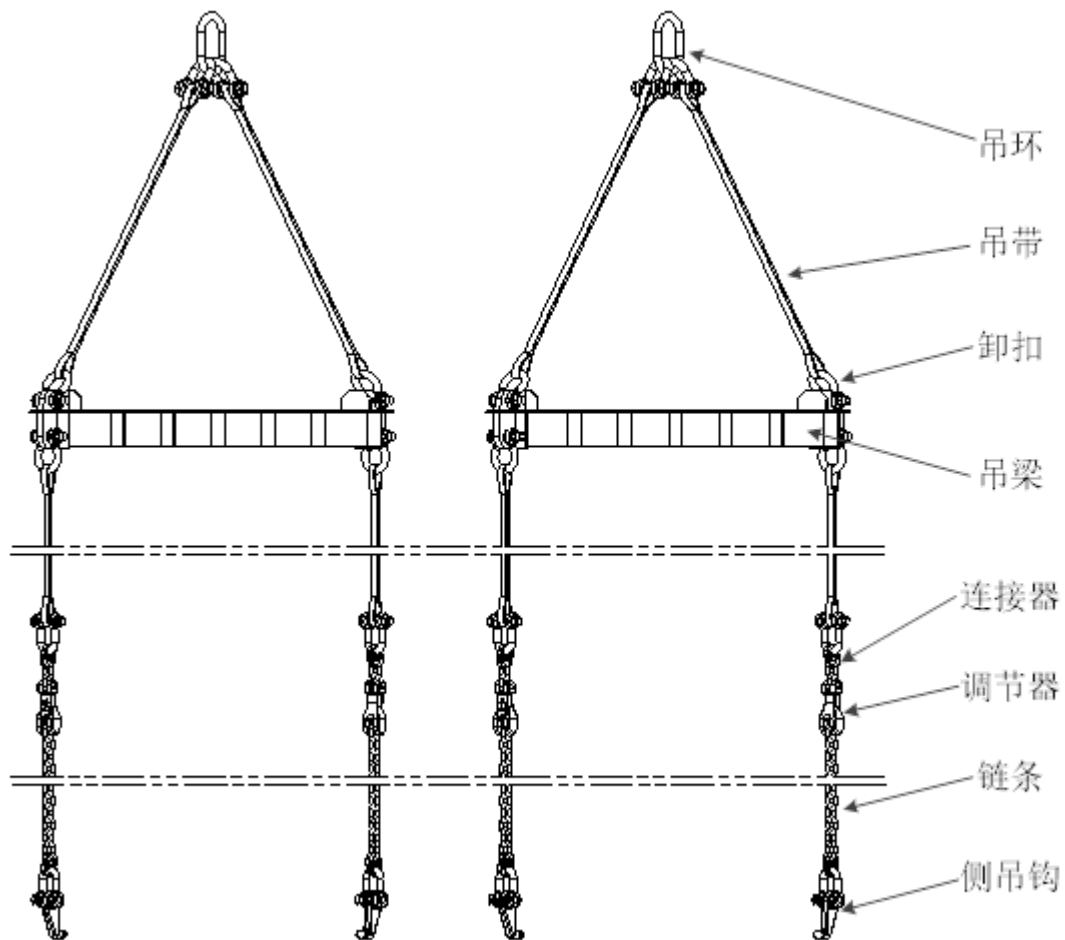


图 21 直双点吊吊具使用状态示意图

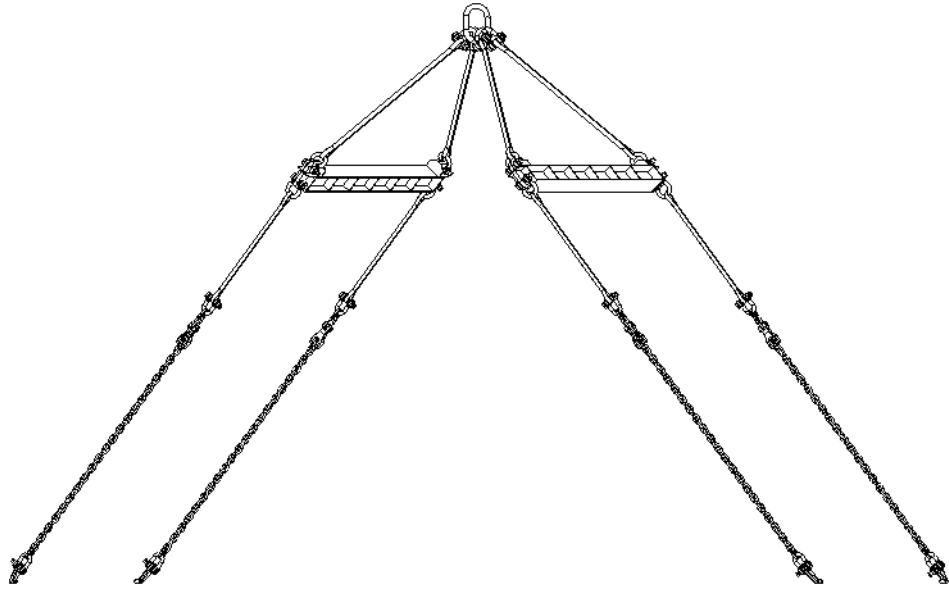


图 22 单点夹角吊吊具使用状态示意图

(1) 吊梁设计

吊梁梁体具有承载、支撑吊装过程中各种载荷的作用，避免吊装过程中索具对被吊物表面的损伤。梁体采用“一”字梁结构，主要由梁体本体、耳座等组成，重量约 300kg，外廓尺寸为 3545mm×200mm× 330mm。梁体的结构形式如下图所示 23 所示。

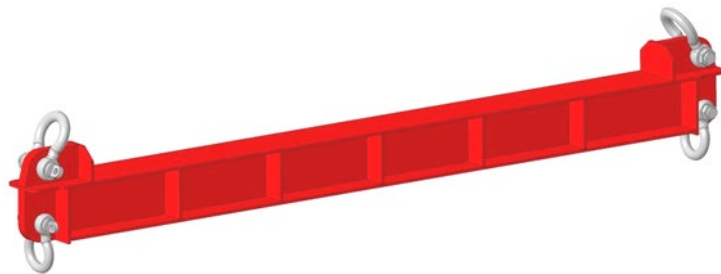


图 23 吊梁效果图

梁体本体截面为工字结构，梁体上端设计为双点起吊，耳座通过卸扣与上吊带连接，再通过长吊环与吊带连接。

梁体长度方向两端侧面的上部和底部，分别设有吊耳孔。其中，吊装集装箱时，两根起吊梁左右两端底部的下吊耳座的吊孔分别通过卸扣与吊带、链条及集装箱侧吊钩或吊顶卸扣连接均匀受力；左右两端的吊孔距离为 3360mm，满足于集装箱在宽度方向（3000mm）不干涉条件。

根据实际工况约为 25t 左右，初步设计载荷按 40t，梁体整体主要选用 10mm 厚的 Q345E 钢板、20mm 厚的 Q345E 钢和 40mm 厚的 Q460E 钢板拼焊梁体，并

对焊缝进行无损检测，满足低温-40℃使用条件，材料可做低温冲击试验验证其性能。

(2) 吊梁有限元分析

1) 双吊机工况

经有限元计算分析，应力应变云图如下图 24、图 25 和图 26 所示。

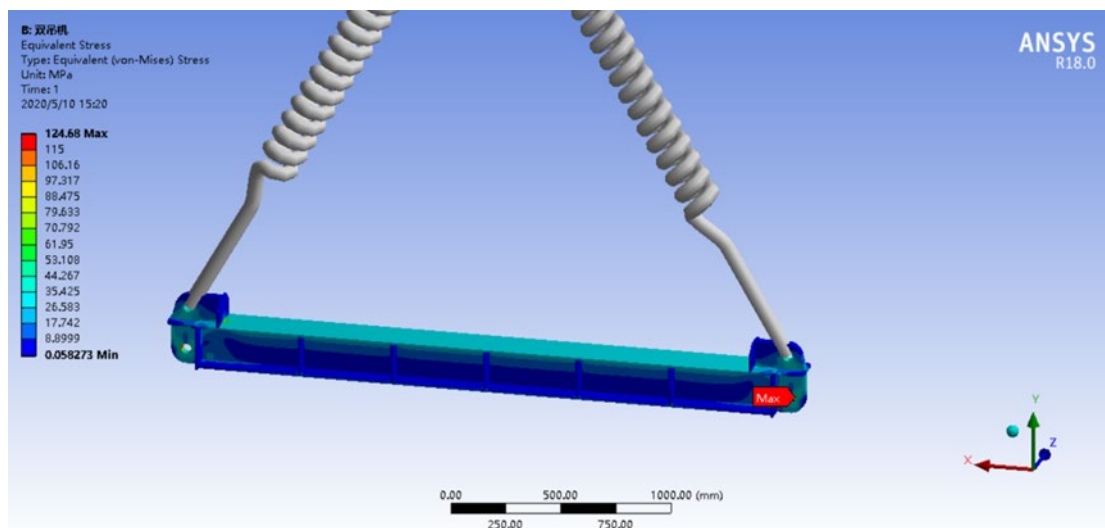


图 24 双吊机应力云图

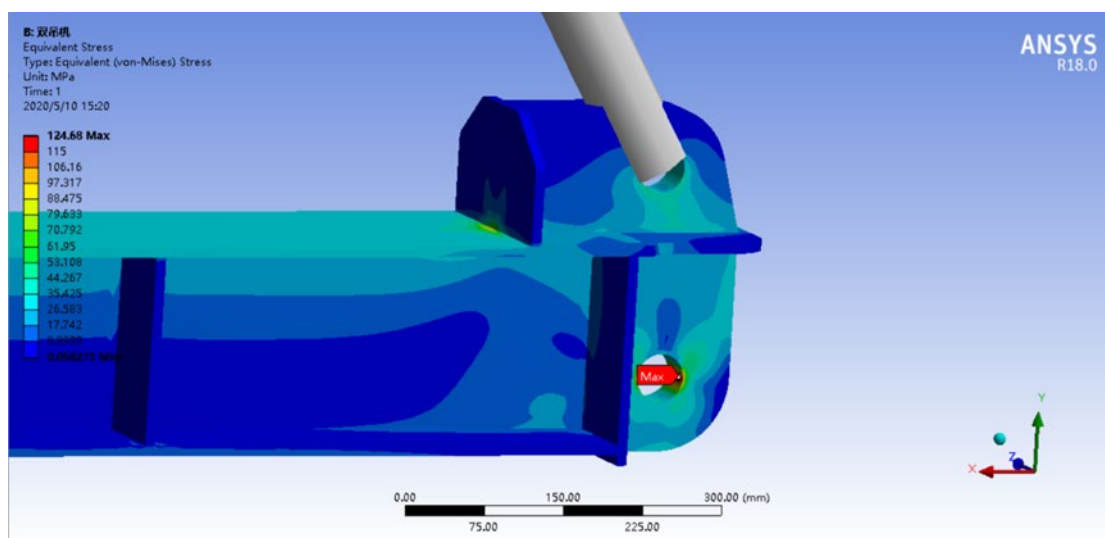


图 25 双吊机应力云图（局部放大图）

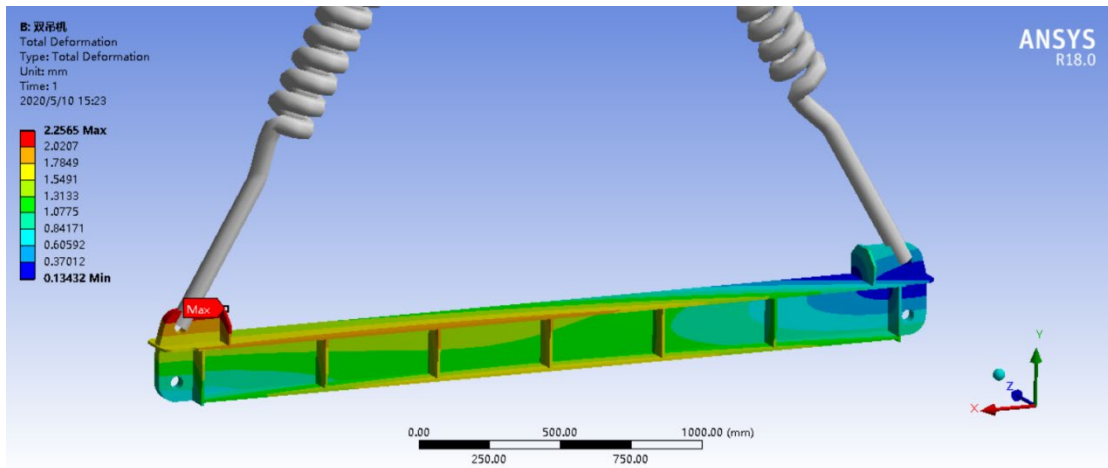


图 26 双吊机形变位移云图

由上图的分析结果可知，主梁的应力最大值为 125MPa，发生下起吊孔内。起吊孔板采用 Q460E 的钢材加工制造而成，材料的屈服极限强度为 460MPa，因此主梁的安全系数为：

$$\eta = ([\sigma]) / \sigma = 460 / 125 \approx 3.68$$

故设计安全系数约为 3.68 大于 3.0，满足设计要求。

主梁的变形最大值为 2.26mm，发生在上吊耳地方。该变形值很小，小于总长度 3545mm 的千分之一，即 3.5mm。且肉眼根本观测不到。故主梁设计满足变形要求。

2)单吊机工况

经有限元计算分析，应力应变云图如下图 27、图 28 和图 29 所示

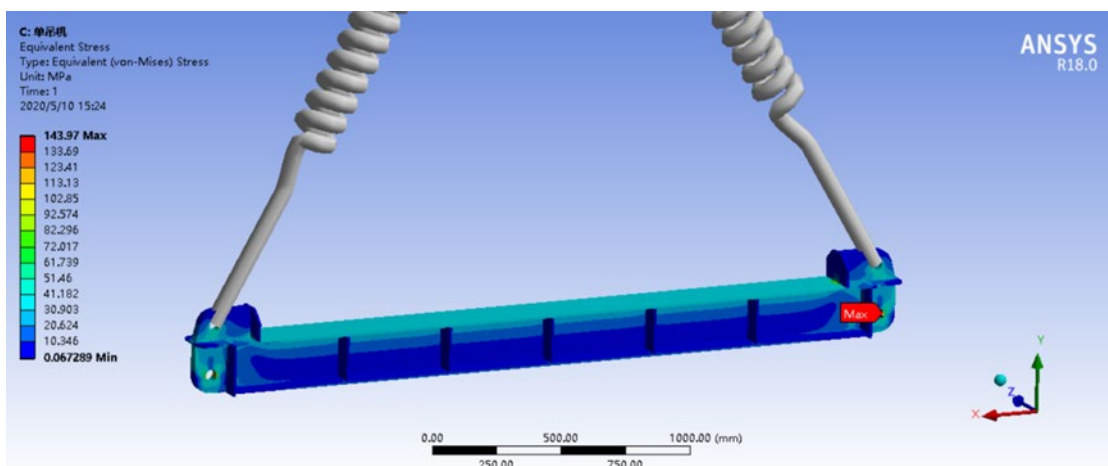


图 27 单吊机应力云图

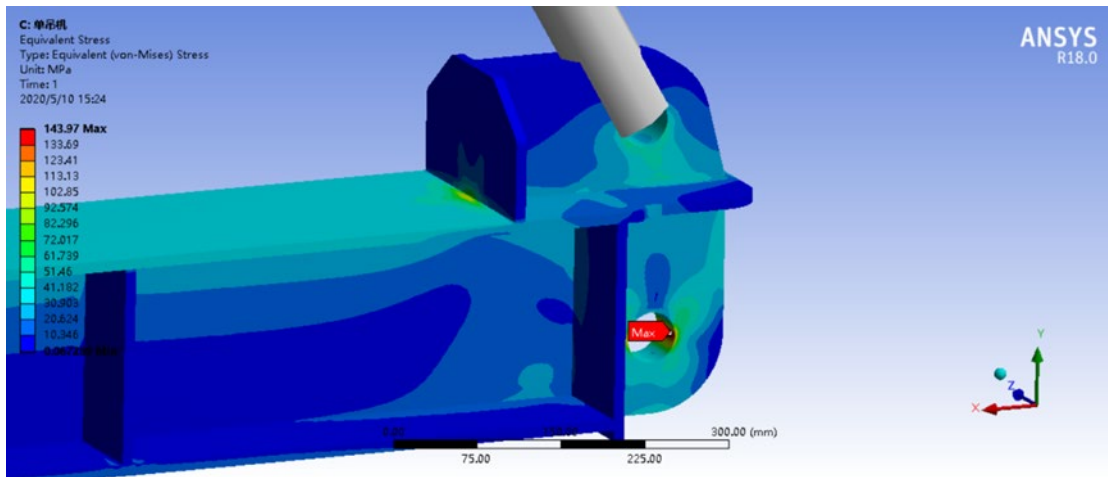


图 28 单吊机应力云图（局部放大图）

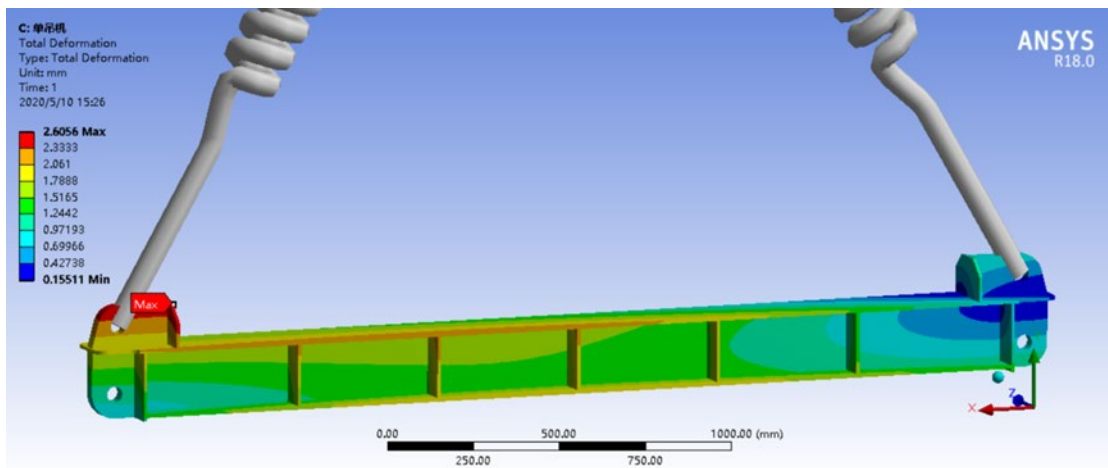


图 29 单吊机形变位移云图

由上图的分析结果可知，主梁的应力最大值为 144MPa，发生下起吊孔内。起吊孔板采用 Q460E 的钢材加工制造而成，材料的屈服极限强度为 460MPa，因此主梁的安全系数为：

$$\eta = ([\sigma]) / \sigma = 460 / 144 \approx 3.19$$

故设计安全系数约为 3.19 大于 3.0，满足设计要求。

主梁的变形最大值为 2.6mm，发生在上吊耳地方。该变形值很小，小于总长度 3545mm 的千分之一，即 3.5mm。且肉眼根本观测不到。故主梁设计满足变形要求。

由上述计算分析可知，安全系数为 3.19>3，变形值为 2.6mm，故设计满足强度要求和变形要求。

3.1.2.7 减震设计

3.1.2.7.1 车载震动环境

方舱需要适应 40 英尺的卡车车身振动，经相关资料检索，大的卡车车身结构振动，不仅引起自身结构的疲劳损坏，而且更是车内低频结构辐射噪声源，其频率主要分布在 20-80Hz 的频带内。而车辆振动激励源主要由两方面引起：

(1) 道路激励源，这部分主要有道路与车辆动力传动系统尤其是动力不平衡和燃烧所产生的各阶激励、空气动力激励。

(2) 车身结构和车辆动力系统激励源的结构特性匹配不合理引起的路径传递放大。

因此了解以上参数时作为本项目的振动源作为本方案的激励源，进行减震设计的初始条件。

3.1.2.7.2 建立机柜简化模型并进行频率仿真计算

主要模拟机柜的重量、材质、尺寸。设计尺寸按照宽 600mm×1200mm(深)×2000mm 高，总重量按照 550kg 计算（机柜 150kg+11 台 2U 服务器 400kg），以上条件作为输入条件，进行机柜振动频率和振幅的模拟分析，仿真结果如下图 30 所示。

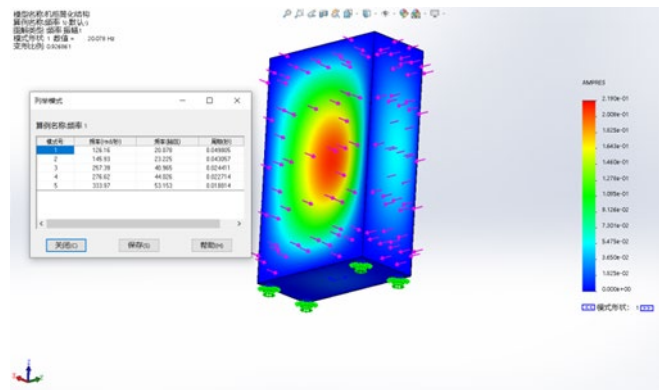


图 30 仿真结果图

通过以上仿真分析得出机柜前 5 阶振动频率如下图 31 所示。

算例名称:频率 1			
模式号:	频率(rad/秒)	频率(赫兹)	周期(秒)
1	126.16	20.078	0.049805
2	145.93	23.225	0.043057
3	257.39	40.965	0.024411
4	276.62	44.026	0.022714
5	333.97	53.153	0.018814

图 31 仿真振动频率

通过以上数据得出机柜的谐振点有可能跟卡车的车身结构谐振频率引起共频。因此需要做减震设计。

3.1.2.7.3 减震设计

选择合适的减震器，安装在机柜底部做平面四点减震设计，减震器的形式如下图所示。机柜整体并柜，减震设置在机柜底部。

选用的减震器形式如下：

底部和顶部选用 GS 钢丝绳减震器，适用于车载舰船载机柜设备减震，其形状如下图所示 32 所示。

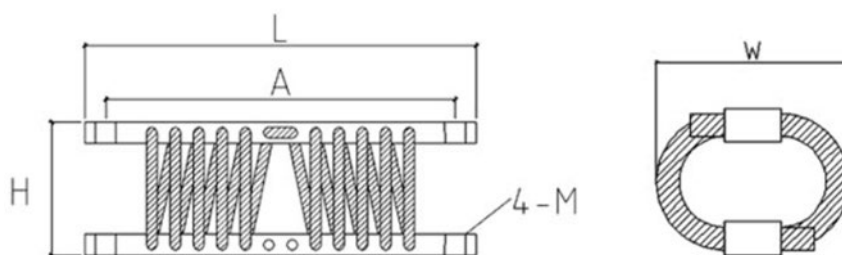


图 32 减震器

GS 型钢丝绳减震器，其阻尼大、放大倍率低、固有频率低、抗冲击能力强、使用安装方便等特点。

底部设计的减震器型号为 GS7-71 减震器，承载范围为 132-230kg，底部设置 4 个减震器，可承载机柜总重量为：528-920kg，该减震器本振频率为 10-15Hz，适合本项目的减震需求。

顶部设计的减震器按照底部承载能力减半就可满足设计需求，设置 4 个减震器，该减震器本振频率为 10-15Hz，适合本项目的减震需求。

机柜侧部由于空间的限制,设计的减震器主要形式采用橡胶板进行机柜之间的隔振和能量吸收,橡胶减震垫的厚度采用 5mm 厚度的耐低温橡胶材质,适用于-40° ~+70° 。

本减震器具有以下特性:

橡胶与金属一体成型设计, 本体采用 Neoprene Rubber,保证最佳气密性;

超低的 3-5Hz 自然频率, 适用于一切高低频震动设备;

独特空气隔振原理, 隔振效率 98%以上;

最大使用压力 4.5kg / C m², JISD-4101 气垫耐压试验标准。

通过以上分析选用的减震器适用于车载减震环境, 并可根据减震实验测试数据, 调整橡胶材料配方以调整刚度 K 值, 适用于本方案减震设计。

3.1.2.8 运输性

3.1.2.8.1 公路运输

(1) 公路运输接口

箱体底部设有四只集装箱标准角件 (GB1835-2006) 且角件的分布尺寸符合 (GB1413-2008) 尺寸,能满足民用 40 英尺半挂车的运输接口。

根据 GB/T 1413-2008 《系列 I 集装箱分类、尺寸和额定质量》标准中 40ft (40 英尺) 集装箱的角件定位尺寸要求, 箱体底部的接口尺寸如下图 33 所示。

集装箱类型	纵向中心距 =S ₁ =S ₂	横向中心距 =P ₁ =P ₂
1AA,1A,1AX	11 985.5	2 259.0
1BB,1B,1BX	8 918.5	2 259.0
1CC,1C,1CX	5 853.5	2 259.0
1D,1DX	2 887.0	2 259.0

图 33 接口尺寸图

本集装箱体长度为 12192mm, 约合 40 英尺, 宽度为 3200mm,大于 40 英尺集装箱的标准宽度 2438mm, 为了适应公路运输接口采用 40ft (40 英尺) 集装箱的接口尺寸, 能够满足公路运输的安装和固定需求,在集装箱底部新增了两组角件, 旋锁中心距符合 40ft, 如下图 34 和图 35 所示

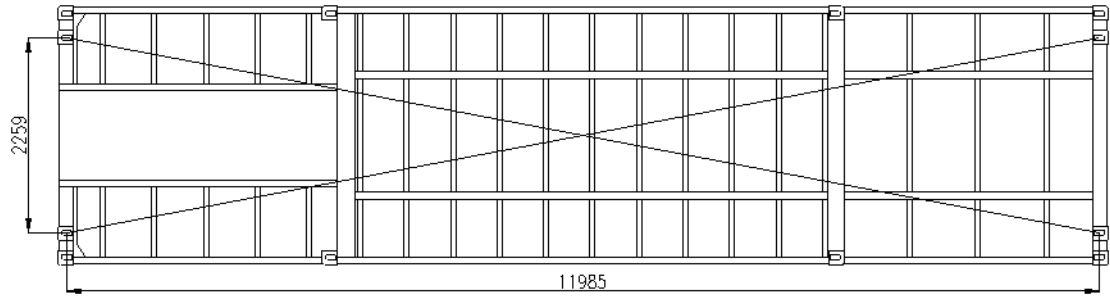


图 34 公路运输接口示意图（箱体底部仰视）

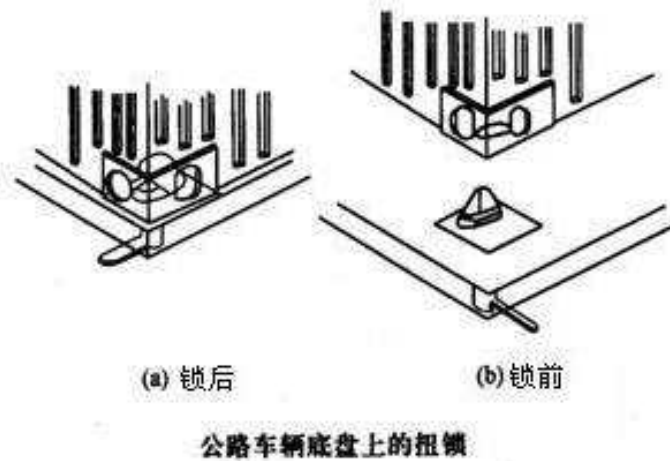


图 35 半挂车运输扭锁锁定示意图

(2) 公路运输通过性

集装箱体设计尺寸 12192mm×3200mm×2896mm（长×宽×高），采用半挂车运输。

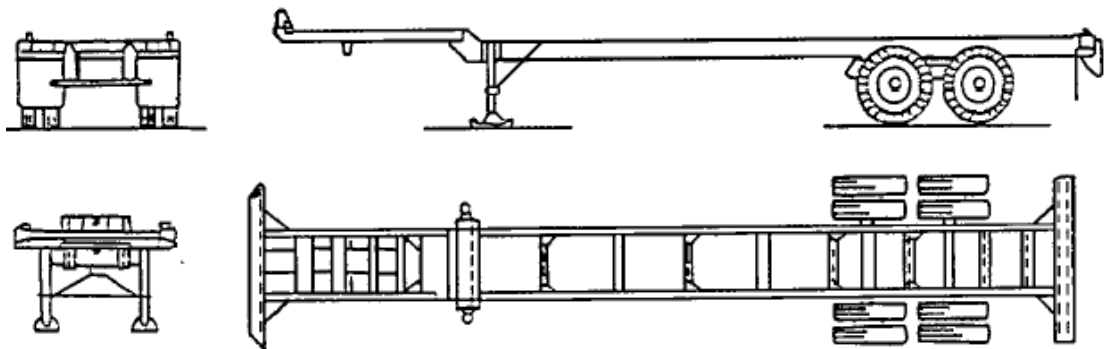


图 36 带鹅颈槽的典型挂车

集装箱箱体按照 GB/T1413-2008《系列 1 集装箱分类、尺寸和额定质量》设计鹅颈槽，可在公路运输时避开挂车、半挂车的鹅颈，满足公路运输要求。鹅颈槽接口示意图如下图 37 所示。

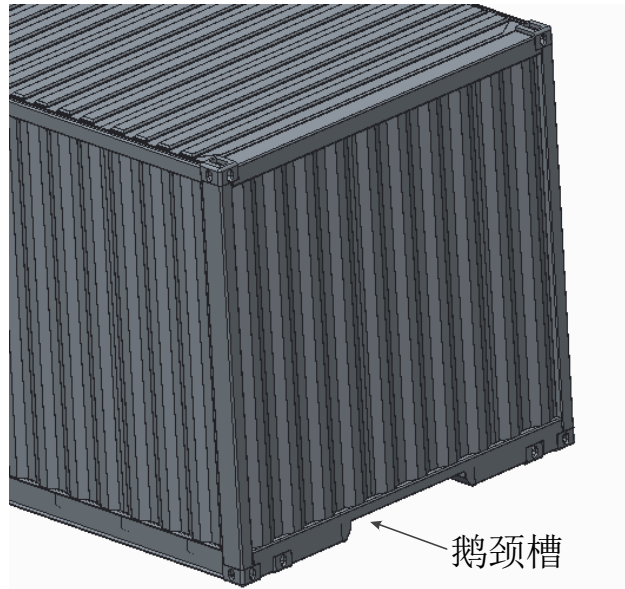


图 37 鹅颈槽结构示意图

根据标准 GB1589-2016《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》中的规定：半挂车总长度不超过 16500mm，集装箱体设计总长度 12192mm，满足标准要求。

13.75 米三轴空悬抽拉平板半挂车，型号为 XSD9350TDP，车架高度为 875~935mm，集装箱箱高为 2896mm，总高度为 3771~3831mm。满足 4m 限高要求（按 4 级公路计算）。

3.1.2.8.2 铁路运输

(1) 铁路平板车运输接口

NX70 铁路平板车主要技术参数见下表 7 所示。

表 7 NX70 铁路平板车技术参数表

项目	参数	备注
支持集装箱规格	40ft、20ft、40ft、48ft、50ft	40ft、48ft、50ft 为国际非标箱
载重	70t	
轨距	1435 mm	
车辆长度	16366mm	
集装箱装载面距轨面高	1216mm	

NX70 铁路平板车通用运输接口为 40ft 和 20ft 标准集装箱接口，故本集装箱体运输接口采用 40ft（40 英尺）集装箱的接口兼容 2 个 20ft 标准集装箱接口，具体接口尺寸见下图 38，经过计算 40ft 运输接口的中心与集装箱长度方向的中

心线基本重合，满足运输要求。

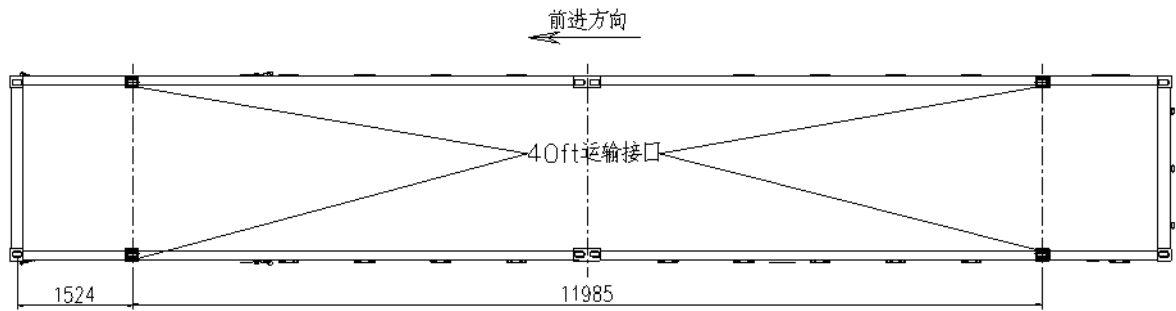


图 38 铁路平板车运输接口示意图（箱体底部仰视）

(2) 铁路平板车运输通过性

根据 GB146.1-1983《标准轨距铁路机车车辆限界》规定的铁路运输要求，对集装箱体铁路运输通过性进行校核。

集装箱体满足铁路平板车运输不超一级界限。整车长度为 12192mm，满足《铁路货物装载加固规则》（铁运【2006】161 号）规定的超长货物运输要求。整车设计重量控制在 25t 以下，满足铁路普通平板 NX70 货物装载质量 70t 的要求。

3.1.2.8.3 水路运输

箱体在船舶上采用标准旋锁连接，四个旋锁可插入到箱体对应的四个角件孔内旋转 90° 完成连接，满足水路运输要求。

箱体底架上 40 英尺标准角件位，可直接在民用运输船和军用运输船甲板上使用角件旋锁固定在甲板上。

根据 GJB2948 运输装载尺寸与重量限值登陆舰艇尺寸标准中规定的登陆舰艇、军用运输船尺寸重量限值。

表 8 登陆舰艇、军用运输船尺寸重量限值

交通工具类型	长度限值	宽度限值	高度限值	重量限值
登陆舰艇	18400mm~96000mm	4000mm~9200mm	3200mm~3600mm	50t
军用运输船	舱口高 4000mm~11500 mm 舱口宽 4600 mm~8000 mm 货舱容积 182m ³ ~1867 m ³			400t~3000t

通过上表分析可知，集装箱能适应民用集装箱船只、军用运输船和登陆舰等舰船水运。集装箱在船上固定采用集装箱锁钮及绑扎杆系固，上下集装箱锁孔

间用个锁头固定。

3.1.3 壁板设计

3.1.3.1 底壁

底壁采用骨架加泡沫板结构形式，骨架采用高强度 Q345 材质焊接而成，骨架通过 5 个组件（左边梁、右边梁、框架一、框架二、框架三）组合焊接而成，保温层采用夹芯板形式，泡沫采用 60mm 厚 65kg/m³ 聚氨酯泡沫，内蒙皮采用 3mm 花纹铝板，外蒙皮采用 1mm 钢板。

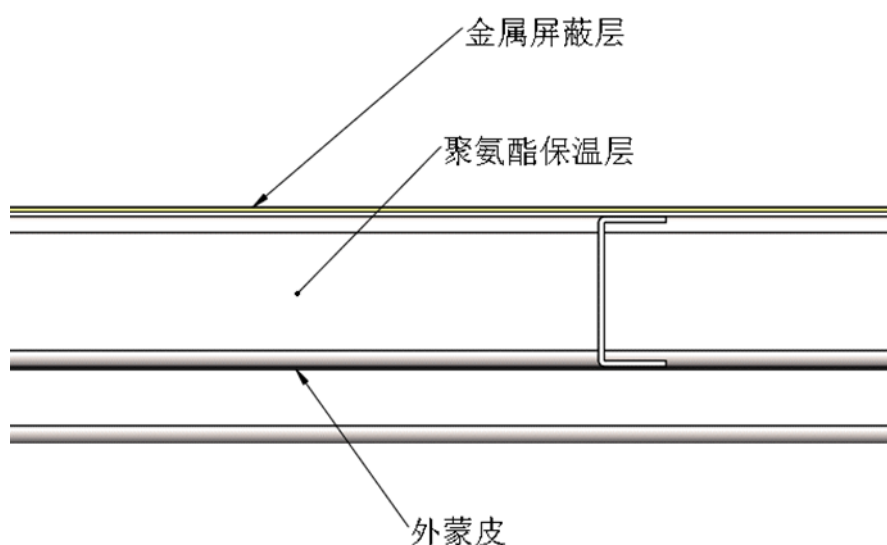


图 39 底壁横截面

底壁骨架主纵梁采用“工”字形梁，工字梁截面具有良好的抗弯性能，横梁采用钢板折弯拼接组焊而成，底壁骨架通过 5 个组件拼焊而成，如下图图 40 所示。

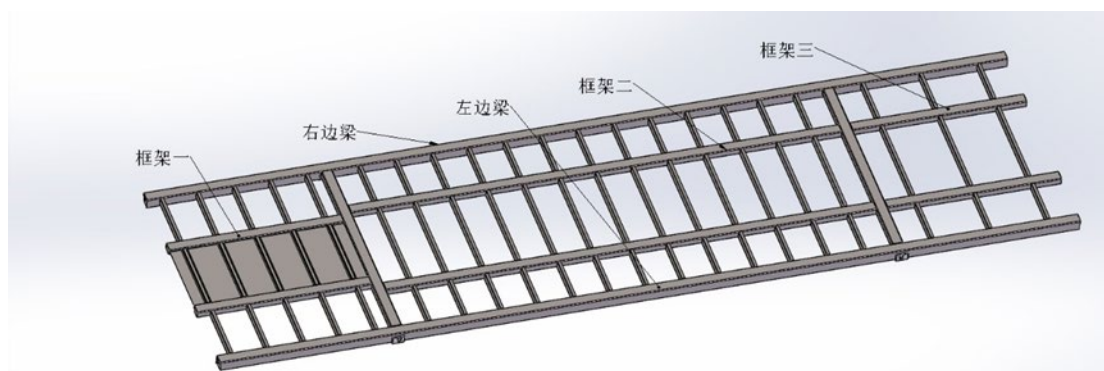


图 40 底壁框架爆炸视图

3.1.3.2 前壁

前壁采用角件与钢板折弯组焊而成,外形尺寸为 3200mm*2896mm*330mm,在前壁下横梁底板安装 4 个角件,其中中间两个角件宽度距离为 2438mm,适用 40 英尺集装箱运输接口,前壁下横梁下方与集装箱的鹅颈槽匹配,如下图 41 所示。

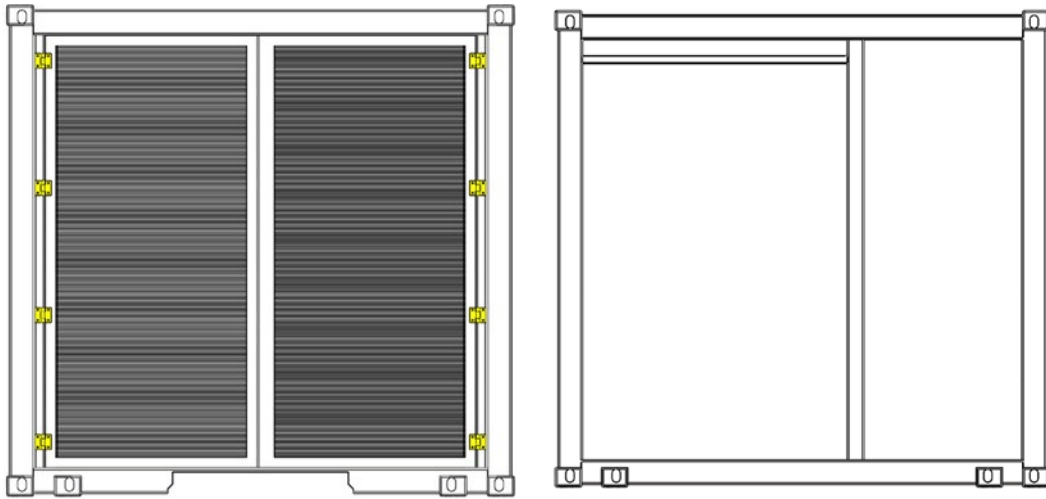


图 41 前壁外形尺寸图

3.1.3.3 后壁

后壁采用角件与钢板折弯组焊而成,外形尺寸为 3200mm*2896mm*228mm,在后壁下横梁底板安装 4 个角件,其中中间两个角件宽度距离为 2438mm,适用 40 英尺集装箱运输接口,如下图 42 所示。

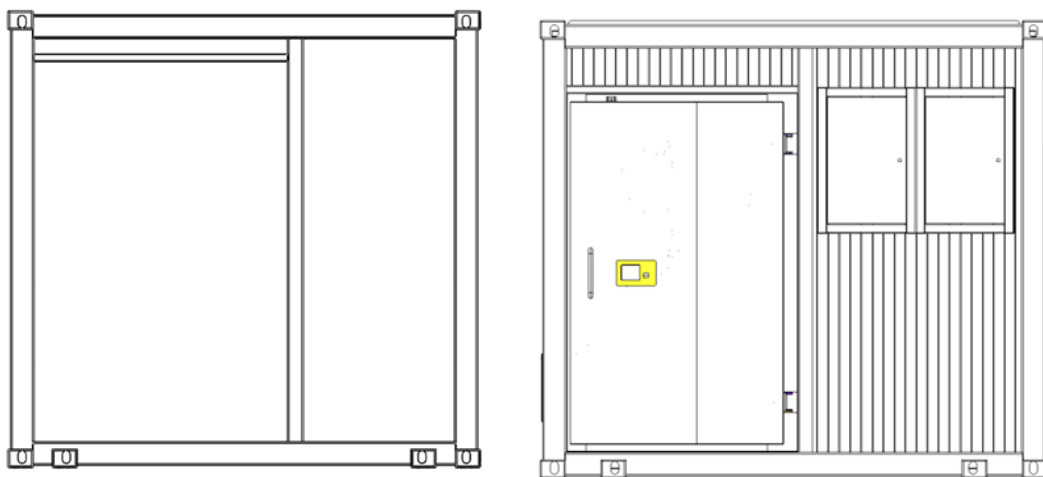


图 42 后壁外形尺寸图

3.1.3.4 左壁

左壁外形尺寸为 11836mm*2656mm*80mm,采用骨架+泡沫+蒙皮结构形式,采用粘泡工艺,骨架采用虚拟边框定位进行粘泡,粘泡后壁板组焊前切除虚拟边框。

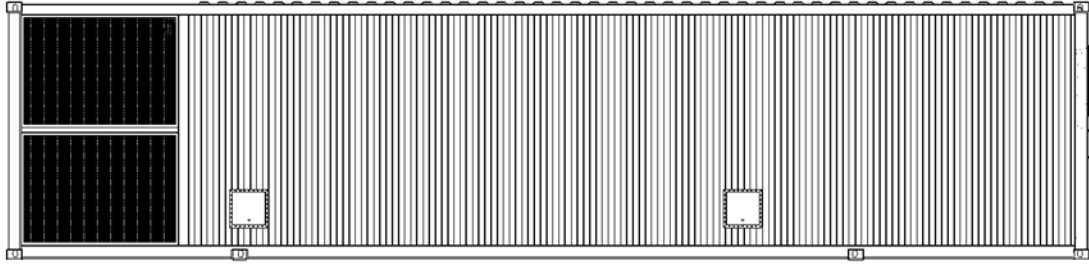


图 43 左壁外形图

左壁的保温泡沫分为瓦楞成形泡沫、泡沫板,泡沫材质为聚氨酯,密度为 45Kg/m³,成形泡沫通过大板胶与瓦楞凹面结合,泡沫板厚度为 60mm,通过粘、铆结合形式与左壁骨架结合,外蒙皮采用 1.5mm Q235 瓦楞板,内蒙皮采用 12mm 蜂窝铝板,结构形式如下图 44 所示。

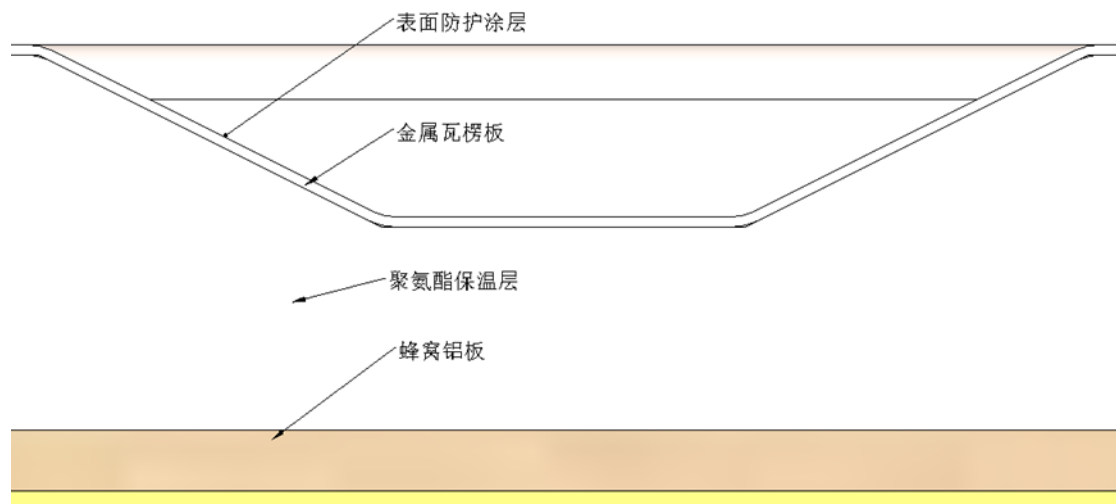


图 44 左壁保温层示意图

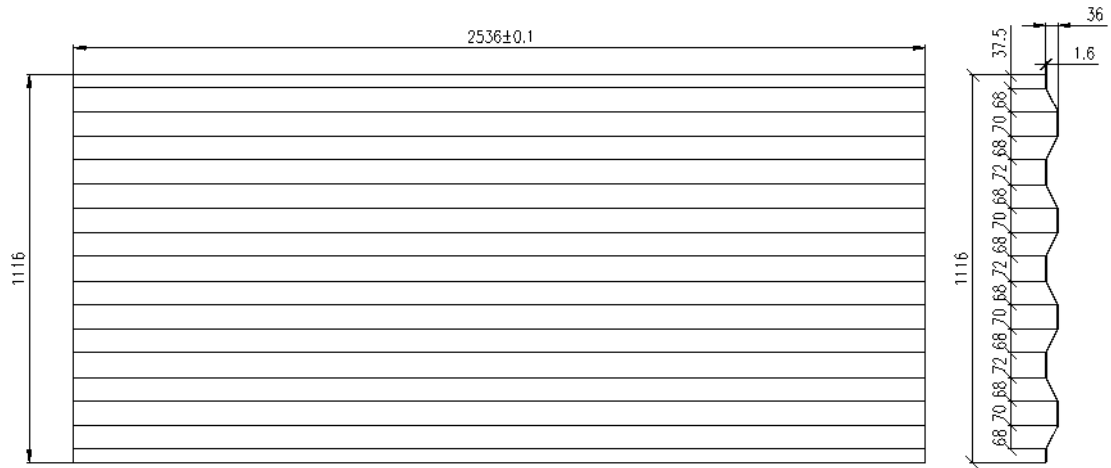


图 45 瓦楞板外形尺寸图

3.1.3.5 右壁

右壁外形尺寸为 11836mm*2656mm*80mm，采用骨架+泡沫+蒙皮结构形式，采用粘泡工艺，骨架采用虚拟边框定位进行粘泡，粘泡后壁板组焊前切除虚拟边框。

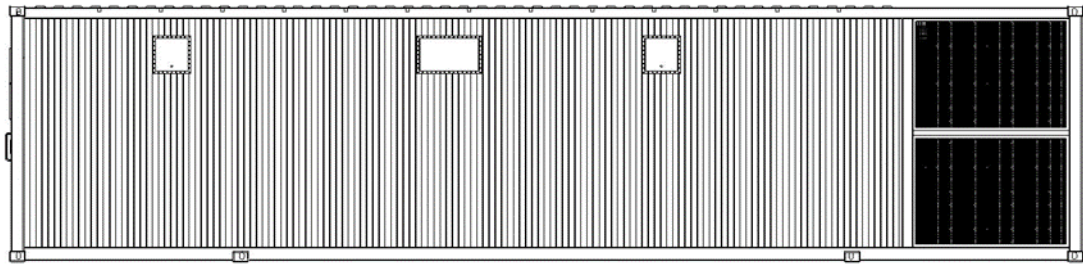


图 46 右壁外形图

右壁的保温泡沫分为瓦楞成形泡沫、泡沫板，泡沫材质为聚氨酯，密度为 45Kg/m³，成形泡沫通过大板胶与瓦楞凹面结合，泡沫板厚度为 60mm，通过粘、铆结合形式与左壁骨架结合，内蒙皮采用 1.5mm Q235 瓦楞板，内蒙皮采用 12mm 蜂窝铝板，结构形式如下图 47 所示。

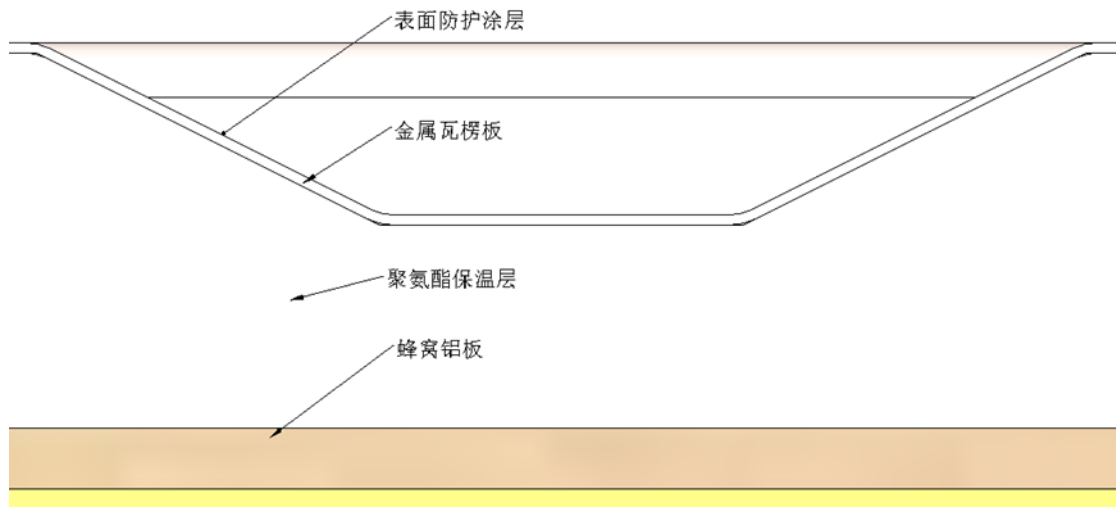


图 47 右壁保温层示意图

3.1.3.6 隔墙

隔墙外形尺寸为 3172mm*2656mm*75mm，采用骨架+泡沫+蒙皮结构形式，采用粘泡工艺，泡沫材质为聚氨酯，密度为 45Kg/m³，外蒙皮采用 1.6mm Q235 钢板，内蒙皮采用 12mm 蜂窝铝板，外形尺寸如下图 48 所示。

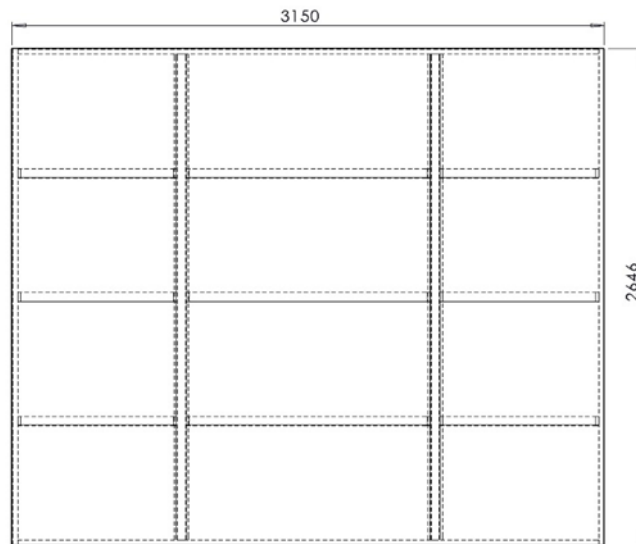


图 48 隔墙外形尺寸图

壁板保温层结构形式如下图 49 所示。

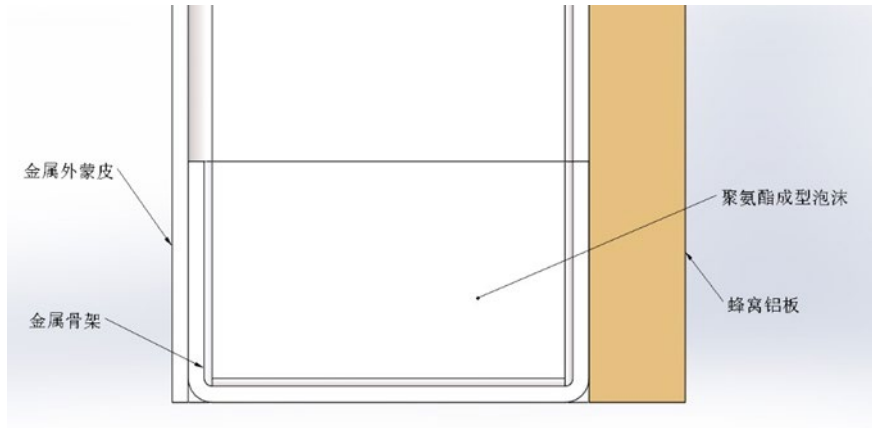


图 49 隔墙保温层示意图

3.1.3.7 顶壁

顶壁外形尺寸为 9402mm*3232mm*114mm，采用骨架+泡沫+蒙皮结构形式，采用粘泡工艺，泡沫材质为聚氨酯，密度为 45Kg/m³，外蒙皮采用 1.6mm Q235 钢板，内蒙皮采用 12mm 蜂窝铝板，结构形式如下图 50 所示。

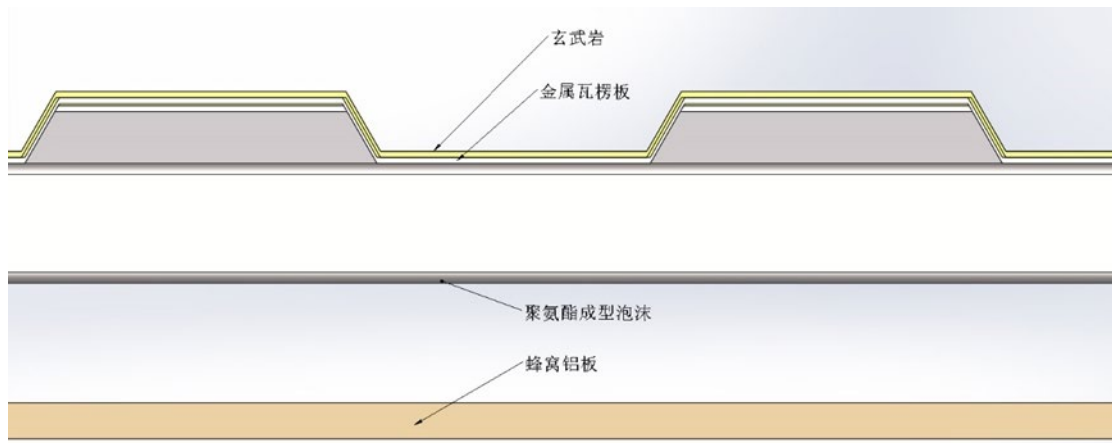


图 50 顶壁结构示意图

顶盖的瓦楞为 5 浪封头大瓦楞，钢板厚度为 1.6mm，高度为 20mm，外形尺寸如下图 51 所示。

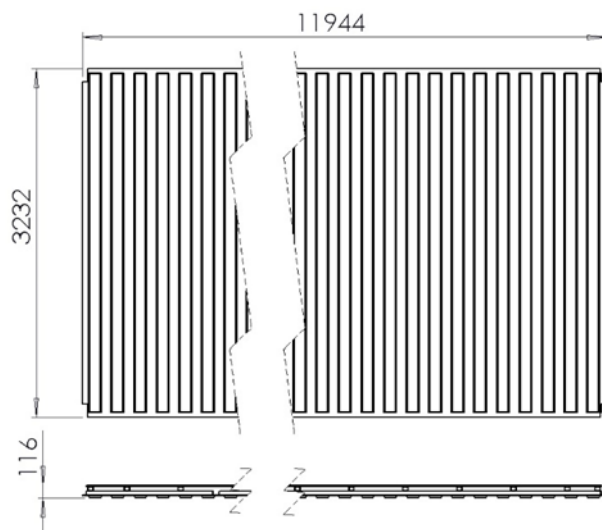


图 51 顶部瓦楞板示意图

3.1.4 智能电动电磁屏蔽门

门是电磁屏蔽设备舱上最大的开口，门和门框之间形成的缝隙，是造成电磁波泄漏的主要途径，因此，有效解决门体与门框的缝隙，避免电磁波的泄漏，从而提高电磁屏蔽效果是至关重要的。

门主要由门框、门、铰链、屏蔽材料、防水胶条及锁紧结构组成，门内部填充保温材料，满足了电磁屏蔽、保温性和防水性等要求，见下图 52 所示。

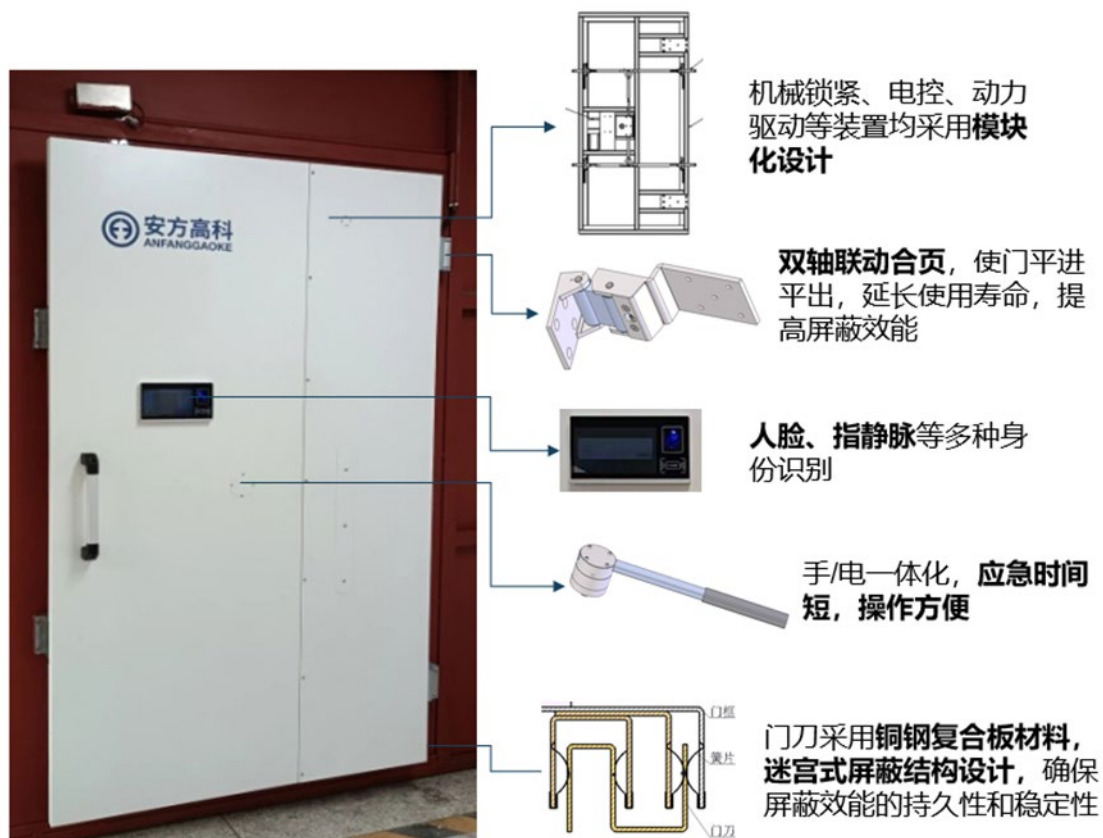


图 52 四点锁紧电动屏蔽门外观及主要结构图

3.1.4.1 基本性能指表

表 9 基本性能指表

序号	类别	指标	备注
1	适用频率范围:	10kHz-18GHz	
2	屏蔽效能	GJB 5792-2006 B 级	
3	门洞尺寸	1000*2100±10mm	
4	安装尺寸	1150*2250±10mm	
5	屏蔽门体净重量	≤200kg	
6	锁紧方式	四点自动锁紧	
7	门禁	人脸识别、指纹识别和密码识别	
8	门开关寿命	≥5000 次	
9	手动开门力	≤100N	
10	手动关门力	≤100N	
11	工作温度	(电动) -20℃~70℃;	

		(手动) -40℃~70℃;	
12	工作湿度	≤80% RH	

3.1.4.2 电控系统基本控制流程图

手动开关门配电控上锁/解锁流程简图，见下图 53 所示。

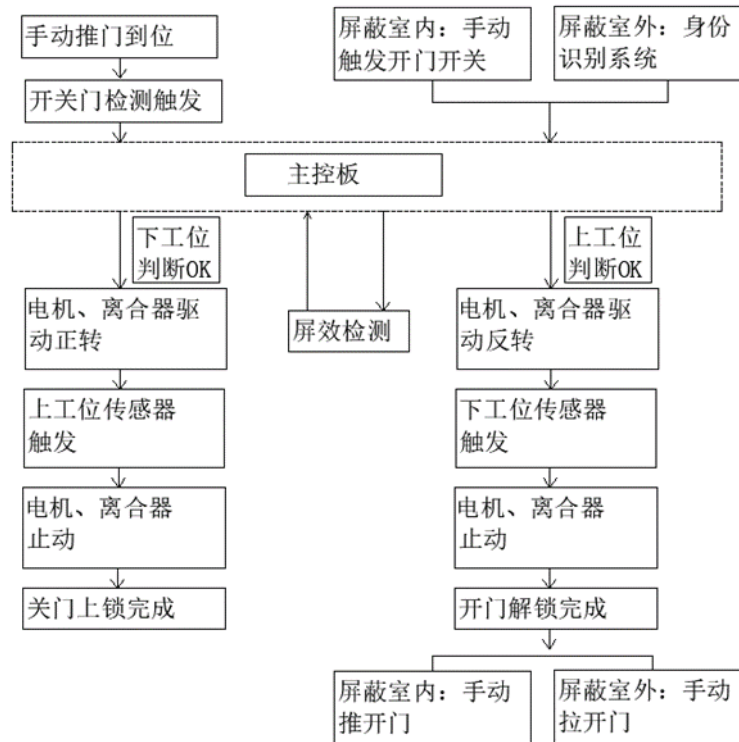


图 53 四点锁紧电动屏蔽门开关门控制流程图

3.1.4.3 四点锁紧电动屏蔽门机械部分主要组成部分

- (1) 门框主要由加强矩形管骨架与优质屏蔽层组成，屏蔽效能达到 B 级及以上要求；
- (2) 门框安装锁紧导向槽构件，保证门体锁紧更加流畅、牢固；
- (3) 门框屏蔽槽采用优质铍铜簧片组成双槽刀舱室结构，确保满足 B 级要求，通时延长使用寿命，增长铍铜簧片保养时间；
- (4) 门体主要由有优质轻型矩形管骨架与优质屏蔽层、装饰板等组成，屏蔽效能达到 B 级以上要求；
- (5) 门体屏蔽门刀，即满足了屏蔽效能的需求、降低了生产工艺难度；
- (6) 门体四点锁紧机构由电机、离合器、蜗轮蜗杆减速机、齿轮齿条、滚准轴承等，配合门框导向槽完成流畅的四点锁紧功能；

(7) 内屏蔽把与外隐藏把手供电控等失效时应急使用，保证屏蔽室正常工作；

(8) 把手机械及电控系统组成，配合美观视；

(9) 门体装饰板由专业工业设计工程师完成，具有较舒适的视感。

3.1.4.4 四点锁紧电动屏蔽门电控系统

(1) 电控系统的总体要求

控制系统模块化设计，通过主控板控制不同功能的单元模块，实现对屏蔽门状态的控制及检测，同时预留接口，必要时可接入屏效监控仪、显示屏幕、消防报警系统等。具体功能规划如下：

1)所有输入输出结点均采用光电隔离方式进入或由 MCU 输出，提高系统的抗干扰能力，绝缘耐压为 5000V；

2)关门、开门数字延时，提高计时精度，更改延时数据只需更改软件，增加了灵活性；

3)开关门延时保护功能，设定开关门延时时间，超出时间电机停转，防止接近开关出现故障时，长时间不停产生机械故障；

4)双门互锁控制由电压控制转为电压差控制，提高系统的抗干扰能力；

5)可连接屏蔽效能监控仪。

(2) 电控系统基本拓扑设计

从模块化角度出发，设计控制电路，主控制器选择 STC15 系列单片机，按功能区分电源板、主控板、I/O 板、通信板，按实际需求，灵活增减配置，操作方便，配置灵活。

电源给整个控制电路供电；多种类型传感器通过 I/O 板与控制器连接，实现自动开关门、故障告警等控制功能；通信板预留 2 个南向接口（设备之间通信），1 个北向接口（远端通信，上传设备信息）。

电路系统由电源、屏蔽门主控板、开关门接近开关、接触器、电机、预留其它设备的通信接口等组成。电路系统拓扑图见下图 54 所示。

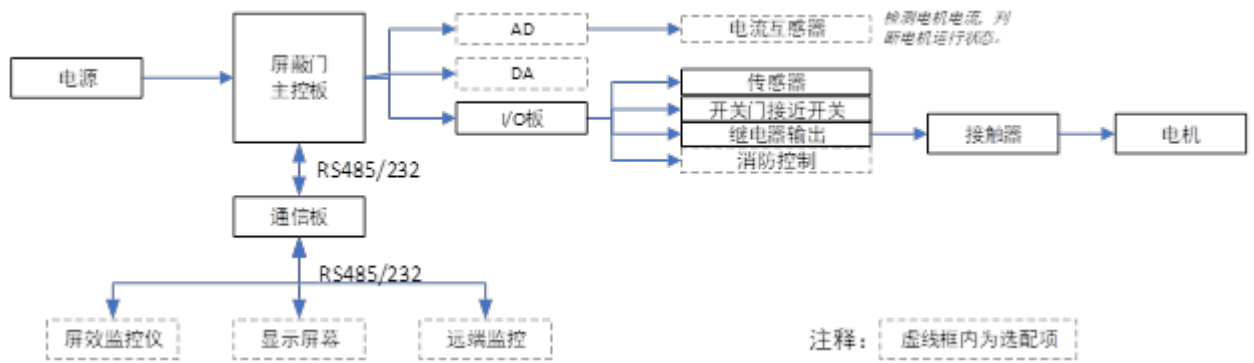


图 54 电路系统基本拓扑图

电源子系统负责整个系统的供电，双路直流供电，+5V@3A 提供门控器，12V@2A 供继电器、压力传感器、开关门接近开关、显示器等供电。

主控板是系统控制中心，与显示器数据通信，接收指令并显示工作状态，从压力传感器和输入接口输入数据并数字化处理，通过输出接口控制继电器组和执行元件来实现各种功能。

3.1.5 新风系统

在进风口安装新风机，与进风口波导窗之间采用胶垫密封，选用型风机为国产优质品牌，送风量可达到 350m³/小时。

3.1.5.1 进风口

箱体进气口布置在左壁后下方（可视具体更改），通口尺寸均为 300mm*300mm，进气口设有波导窗，波导窗屏蔽性能：在 100KHz~18GHz 范围内屏蔽效能大于 80dB；波导板、框架材料为钢材，表面镀锡。波导板外侧设有密封门，该门可开启 65°，进气门设有限位装置，门框内嵌入 B 型密封条，门关闭后可防雨、防尘。进气门、波导板如下图 55 和图 56 所示。

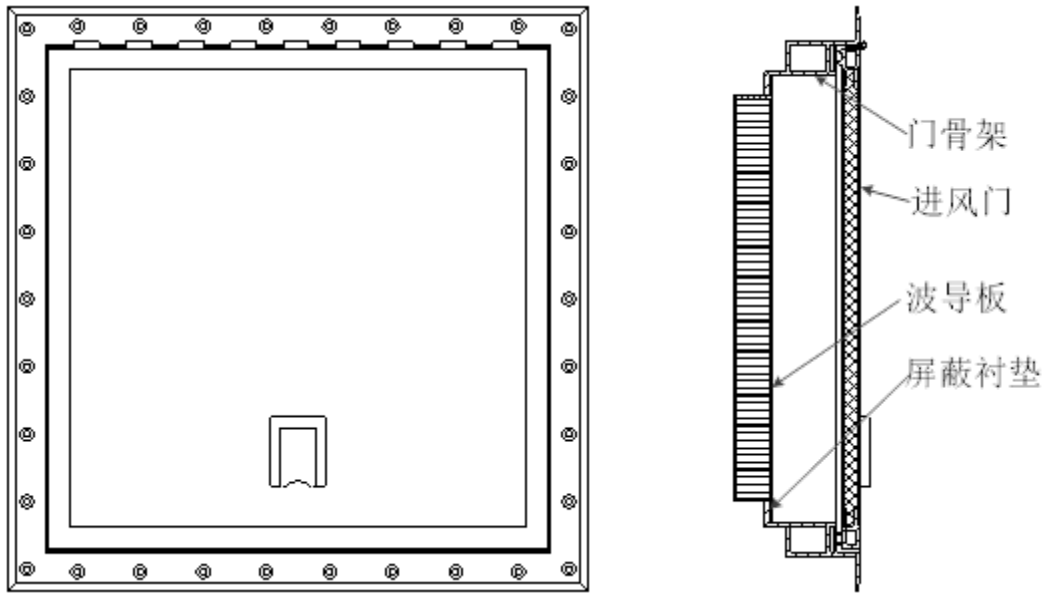


图 55 进风口结构示意图

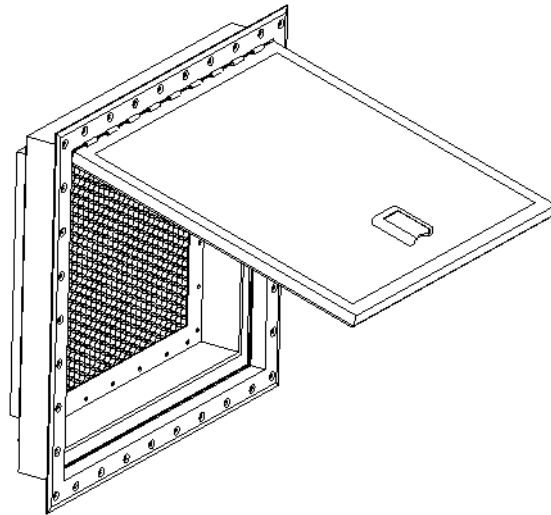


图 56 进风口三维示意

进气口的波导窗见下图 57 所示。

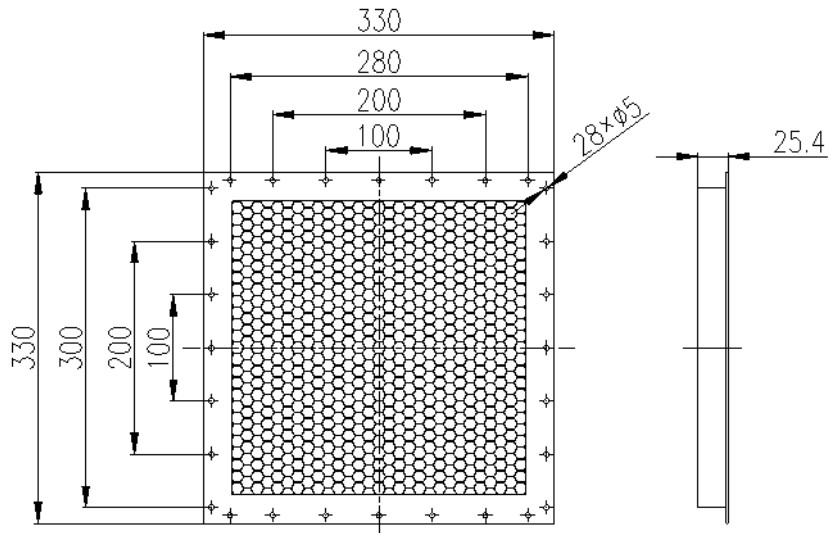


图 57 波导窗外形尺寸图

3.1.5.2 排风口

箱体排风口布置在右壁前上方(可视具体更改), 通口尺寸均为 300mm*300mm, 排风口设有波导板, 波导板屏蔽性能: 在 100KHz~18GHz 范围内屏蔽效能大于 80dB; 波导板、框架材料为钢材, 表面镀锡。波导板外侧设有密封门, 该门可开启 65°, 排风门设有限位装置, 门框内嵌入 B 型密封条, 门关闭后可防雨、防尘。排风门、波导板、风扇安装结构如下图 58 所示。

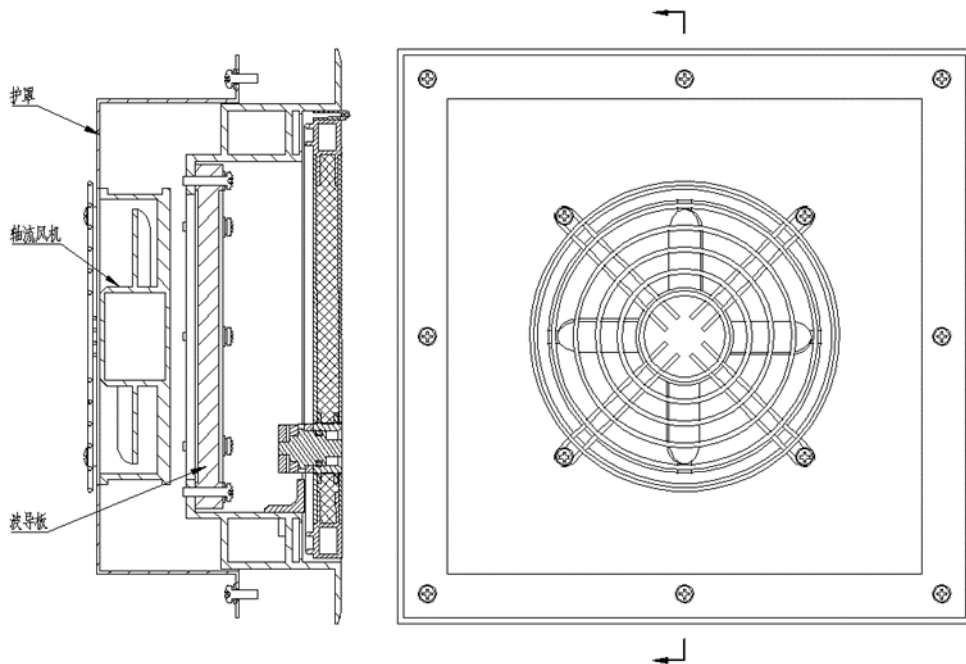


图 58 排风口结构示意图

3.1.5.3 泄压口

泄压口选用机械式全自动泄压口方式, 里侧通风口设备屏蔽效能波导窗, 外侧同常规机械式全自动泄压口装置, 既可以保证屏蔽效能, 又可是实现自动通风

泄压功能。

3.2 箱体电气设计

3.2.1 综合布线

3.2.1.1 一般原则

布线设计时，遵照综合布线设计一般原则和电磁兼容原则：

- (1) 电源电缆与信号电缆尽量分开布设；
- (2) 车内所有线缆均采用屏蔽线。车内同路径的线缆需成束捆扎，并在适当的位置进行固定，保证线缆在车辆行驶、振动等情况下不脱落；
- (3) 凡穿过隔板及结构件的线缆将过线孔周边的毛刺尖角去除，并装橡胶或塑料圈；
- (4) 线缆布设时留有余量，从固定部位过渡到转动部位时不出线呈拉紧状态，应弯曲成“U”形，以预防摆动时磨损；
- (5) 导线和电缆的长度均留有适当的余量，以便操作和维修。

3.2.1.2 线缆和连接器的选用

连接器和线缆类型的选用，按以下方案进行选型：

- (1) 电源系统采用双线设计，地线与电源回线分开，避免用车体直接作为电源回线。电源线根据载荷选用满足电流承载能力、耐压、绝缘电阻、使用环境等指标要求的三芯和四芯聚氯乙烯绝缘屏蔽电缆芯线；
- (2) 信号连接电缆根据承载信息类型、传输速率、信号集中频段选取满足耐压、绝缘电阻、使用环境、串音衰减、截面积等指标要求的屏蔽双绞电缆；
- (3) 馈线采用满足工作频率、低损耗、柔软性好的同轴电缆，部分设备采用波导管传输；
- (4) 机柜地线汇流条采用（20×2）mm² 铜排，设备接地线选用多股绞合铜导线，芯线截面积为 6mm²；
- (5) 车内各电连接器壳体均采用屏蔽型，且在制作线缆时，屏蔽层与连接器 360° 连接，以保证电磁兼容性。

3.2.1.3 布线设计

- (1) 箱内内线缆布设

壁插、开关、照明灯和空调控制等导线及线缆走暗线，车壁内预留穿线管；车壁壁盒线缆沿走线槽布设到地板下 L 型槽板，延伸布设到相应机柜及会议桌转接盒处，电源线和信号线尽量分开；至前壁电视墙上各设备线缆经前壁 L 型槽板和绑线卡固定并经台面预留的过线孔穿出接至对应设备。

(2) 设备柜内布线设计

机柜中设备间的连接电缆布设采用明线方式，设计时要保证连接可靠、美观；设备间互连电缆布线沿机柜立柱进行，连接时尽量上下设备连接一一对应，不交错连接；

为使整体机柜布局美观，对于前出线的设备，机柜的相应位置设计有出线面板，并设有托盘以防抽拉设备时挤压而损坏线缆；

后出线的设备，机柜上设备后部的相应位置安装走线架，线缆布设到设备相应接口处，用尼纶扎带将线缆绑在走线架上；

机柜的后立柱上布设接地铜带，并在铜带上设置设备接地点，设备地就近汇接铜带上，接地铜带与电源孔口接地柱进行可靠搭接。

箱体内采用上走线方式，强弱电线槽分开布置，线槽宽度 400mm，间距为 350mm；采用 2.0mm 镀锌钢板制作，承重能力 $\geq 180\text{kg/m}$ 。

3.2.1.4 电源壁盒

舱外后壁右侧下部设置电源壁盒。方舱的电源口板全部采用滤波器的形式进行电源屏蔽处理和供电功能。

电源壁盒是市电和电源车电源输入口，具有三相交流 380V 输入和接地等接口。电源接口采用航插对接，配备 60 米带航空插头的引接电缆。

3.2.1.5 信号壁盒

舱外后壁右侧上部设置信号壁盒及信号接口窗。配备有以下接口：

光缆出入口 12 个；

电缆端口 5 个；

2M 端口 6 个；

以太网接口 6 个；

光口 26 个；

通信箱配 100 对音频接口。

内部安装与接口对应的信号滤波器。

3.2.1.6 照明灯

舱内顶部安装 8 盏 18W LED 照明灯，照明采用 AC220V 供电，开关设置在舱内配电箱上，照明的照度标准值 $\geq 400\text{lx}$ 。在舱体侧壁顶部和底部分别安装有应急照明灯和安全出口指示灯。

照明灯布置如下图 59 所示。

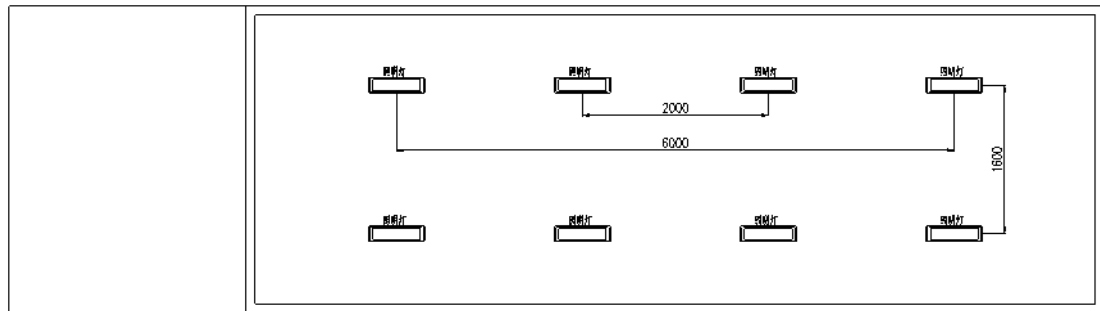


图 59 照明灯布置图

3.2.2 接地系统

系统接地主要是为雷击放电、漏电电流、系统内的电磁干扰提供引入大地的通路，以保护该车及人员设备的安全。雷击放电接地主要是防止车体免受雷电静电感应与电磁感应的破坏，电磁干扰接地主要是减小系统的辐射干扰、供配电系统的传导干扰和外界环境干扰。

3.2.2.1 箱体接地

接地是供电系统安全和可靠的保证。系统按 GB14050-93《系统接地的形式及安全技术要求》实行“联合接地”方式，整个车载系统实施等电位联结，做到“水涨船高”。导电连续性是防止静电放电干扰和电磁屏蔽措施的基础，厢体金属外蒙皮、构架有良好的电气连续性并与接地端子连接，其接触电阻不大于 1Ω 。箱体上配备多个均匀分布的 M12 接地螺栓。箱外配 2 根 60 米 70 平方毫米接地线和接地钉。

3.2.2.2 设备接地

利用接地线（三芯电源电缆中的地线），放射式接到各设备上。舱内配电源地和信号地的接地排，与舱外接地螺栓连接。接地端口与箱体技术外蒙皮可靠连接，导入接地地钉上。

舱内各设备电源单独接地，利用电源接口窗接地端子通过接地线连到接地地钉上可靠地接地。

3.2.2.3 防雷接地

为防止绝缘损坏和漏电对人身安全造成的电击危险，车内选用的设备均通过安全认证，符合 GJB219B-2005 规定的要求。车载的电气布线经抗电强度测试符合要求。

本车载系统配有接地地钉，以便车体可靠接地。这是防电击、防雷击的重要保证。为了减小雷电效应、电磁干扰，保护供配电系统、通信系统不受破坏，采取以下防雷措施：

配电箱内设有防雷模块。在正常工作情况下，防雷模块处于高电阻阻断状态，不影响电路正常工作。当有雷电侵入或出现浪涌时，防雷模块将以纳秒级的响应速度立即导通，将雷电或浪涌电流通过良好的接地系统泄入大地，保护设备正常运行。当雷电或浪涌电流释放后，防雷模块又迅速地恢复到高阻状态。

(1) 一般原则

防雷电安全设计包括如下方面：

快速安装整车接地线，可靠接地；车内设备与车体等位连接，可有效防范雷电感应和雷击；

电源防雷：在电源壁盒安装避雷装置，可有效防止感应雷电波从电源线缆引入车内；

信号线的防雷：在信号壁盒加装专用避雷装置和同轴避雷装置，抑制来自线路上的感应电流，保护箱内设备免遭雷击。

(2) 防感应雷设计

车辆感应雷电防护从电源、信号方面进行设计。防雷系统通过对电源回路、信号回路等加装专用防雷模块，以及对整车进行等电位连接等措施，将雷击危害降低到设备能承受的范围內。

在电源引入口安装避雷装置，同时提供防雷和滤波二种功能，可有效防止感应雷电波从电源线缆引入车内。避雷器分别跨接在电源线 L、N 对地之间构成共模防雷，接在 L、N 之间构成差模防雷，可疏导模拟雷电 20kA (8/20 μs) 最大 40KA 冲击电流，安装形式采用可插拔式且带颜色指示好坏(绿色表示正常,红色表

示故障)的模块，易于观察和更换。

信号线在信号壁盒接口处加装相应的信号避雷器，尽可能减少浪涌电流对通信设备的影响。在设置 SPD 时，还应考虑它的保护范围。这是因为在 SPD 和需要保护设备之间的线缆上，由于雷电波的反射效应造成振荡电压，其幅值与线路长度、负载阻抗成正比。如果线缆较长，SPD 上的残压加上线缆的压降仍可能损坏设备，不能起到保护作用。所以，SPD 应靠近设备安装。

3.3 热通道门系统

热通道门系统主要包括推拉门、安装立柱、门楣、门禁等零件。热通道系统如下图 60 所示。

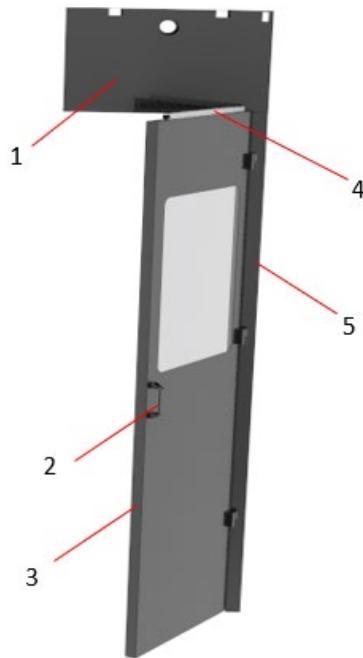


图 60 热通道系统外观图

- | | | |
|------------|--------|--------|
| (1) 门楣 | (2) 把手 | (3) 门板 |
| (4) 隐藏式闭门器 | (5) 立柱 | |

3.3.1 门楣

门楣采用优质 1.5mm 钢材折弯和焊接而成。用于连接推拉门两侧立柱，给推拉门提供辅件安装位置，同时也起到了美化及隐藏走线的目的。门楣外观如下图 61 所示。

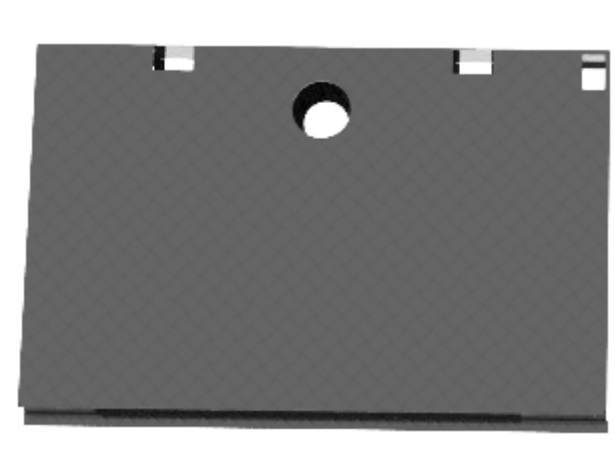


图 61 门楣外观图

3.3.2 门板

推拉门采用优质 1.2-2.0mm 钢材折弯和焊接而成。通过铰链固定在墙体侧立柱上。主要用于封闭热通道及保证人员正常进出热通道。门上设置有检查窗口，便于日常热通道检查。推拉门外观如图 62 所示。



图 62 门板外观图

3.4 热通道封板系统

热通道系统包含封板、导轨、毛刷组成固定在集装箱顶部与机柜组成一个密闭的热通道，封板和导轨均有 1.5mm 厚的钢板折弯而成，如下图 63 所示。

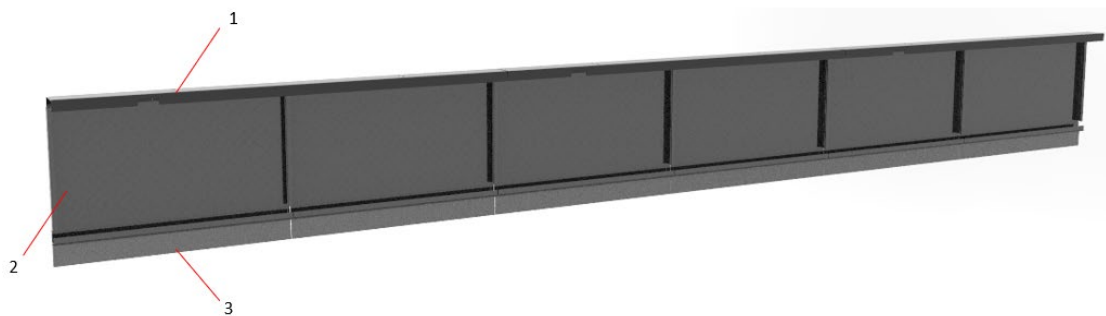


图 63 热通道封板外观图

(1) 导轨

(2) 封板

(3) 毛刷

3.5 机柜系统

IT 机柜系统包括柜体、L 型支架、托盘、盲板、1U 理线架、PDU 等，具体数量可按需选配。

IT 机柜系统符合 IEC（International Electrotechnical Commission）60297-1 标准，为数据中心服务器提供可靠稳定的安装空间，保证服务器的安全运行。

IT 机柜尺寸统一，并采用前后风道，具体如下特性：

- 机柜前门为单开网孔门、配单点机械锁,后门为双开网孔门、配三点机械锁,开孔率 76%;
- 强弱电分离管理，后部左侧配置过线圈、用于弱电走线，右侧安装两条 PDU;
- 机柜的设备安装位置设有“U”位标识;
- L 型支架、托盘、盲板、1U 理线架数量按需选配;
- 满足 8、9 级烈度抗震测试，静载 2550kg，动载 1200kg;
- 机柜支持底座安装，底部设有安装孔位;
- LOGO：金属拉丝材质海悟 LOGO，安装于机柜右上角;

IT 机柜系统外观见下图 64 所示，参数表见下表 10 所示。



图 64 机柜系统外观图

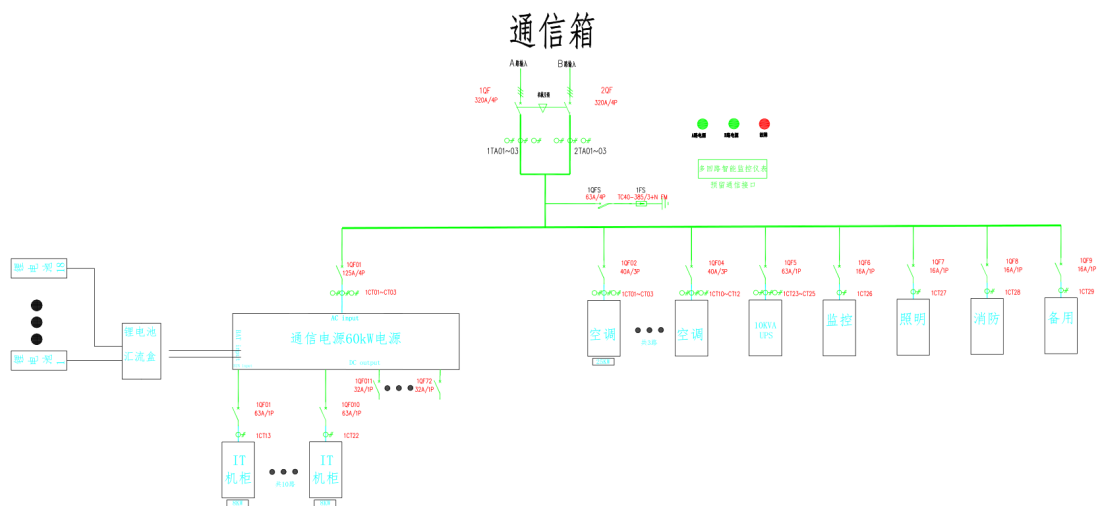
表 10 机柜参数表

序号	参数	技术指标	备注
1	通信机柜尺寸	宽 600*深 1200mm*高 2200mm	
2	设备机柜尺寸	宽 600*深 1200mm*高 2000mm	
3	颜色	砂纹黑 (HW-016)	
4	材质	高强度 A 级优质碳素冷轧钢板	
5	安装空间	42U/47U	
6	门板标准	前门单开网孔, 后门双开网孔	
7	开孔率	76%	
8	防护等级	IP20	

3.6 供配电系统

3.6.1 通信箱

使用一体化配电柜, 满足双路市电输入 (机械互锁), 配置 60KW 通信电源, 电池配置 18 个 51.2V100AH 锂电, 配置 UPS 主机, 电池配置 1 个 192V27AH 锂电, 配套电池柜。供配电系统包含综合配电柜、通信电源、UPS 主机。配电系统图见图 65 所示。



综合配电柜双母线输入（机械互锁），尺寸为宽 600*深 1200*高 2200mm。带电源指示灯，配置电源输入开关、通信电源电源输入输出开关、机架式 UPS、其他设备开关若干及防雷器等，综合配电柜具备全供电链路监控功能，可监测主路及支路电压、电流、功率、状态等参数。综合配电柜参数见表 11 所示。

表 11 配电单元技术参数表

序号	参数	技术指标	备注
1	电源输入	双路市电	
2	开关容量	320A/4P*2	
3	防雷要求	C 级	
4	通信电源输入	125A/4P*1	
5	通信电源输出	32A/1P*72	
6	空调开关	40A/3P*3	
7	市电输出	16A/1P*4	
8	UPS 主机输入	63A/1P*1	
9	智能监测	配置 RS485 智能采集模块，可监测主路及支路供电电压、电流、功率等参数；7 寸触摸屏，配置电源输入指示灯	

通信箱 UPS 采用机架式 UPS，19 英寸安装方式，额定容量不大于 10KVA，输入输出制式为单进单出。配置 LCD 屏、支持历史记录、故障记录导出功能。通讯功能标配 RS232，支持 SNMP 卡（选配）多种通讯方式实现计算机与不间断电源的智能监控，满足远端管理需求完善的通信管理功能；机架式 UPS 技术参数表见表 12 所示。

表 12 机架式 UPS 技术参数

序号	参数	技术指标	备注
1	额定容量	10kVA	
2	制式	单进单出	
3	额定输入电压	220VAC	
4	输出功率因数	0.8	

5	输出频率	46Hz~54Hz@50Hz 系统 56Hz~64Hz@60Hz 系统	
---	------	--	--

3.6.1.1 后备时间

为了保证该系统能够在现有的空间内有足够长的后备时间，此次采用锂电池进行备电。

- 10K UPS 电源放电时间计算公式：

$$H=(U \cdot u \cdot \mu \cdot C)/(P \cdot PF)$$

H: 系统备电时间

U: 锂电模组平台电压

u: UPS 逆变效率

μ : 电池转换效率

C: 系统所需容量

P: UPS 额定功率

PF: UPS 负载功率因数

$$H=(U \cdot u \cdot \mu \cdot C)/(P \cdot PF)=(192 \cdot 0.95 \cdot 0.97 \cdot 27)/(10000 \cdot 0.8)=35.83\text{min}$$

10KUPS 配置 1 个 192V27AH 锂电后备时间为 35.83min。

- 40K 通信电源放电时间计算公式：

$$H=(U \cdot u \cdot \mu \cdot C)/(P \cdot PF)$$

H: 系统备电时间

U: 锂电模组平台电压

μ : 电池转换效率

C: 系统所需容量

P: 通信电源额定功率

PF: 负载功率因数

$$H=(U \cdot \mu \cdot C)/(P \cdot PF)=(51.2 \cdot 0.97 \cdot 100)/(40000 \cdot 1) \cdot 18=134.09\text{min}$$

40K 通信电源配置 18 个 51.2V100AH 锂电后备时间为 134.09min。

3.6.2 设备箱

使用一体化 UPS，满足双路市电输入，配置 UPS 主机，电池配置 1 个 512V54AH

锂电，配套电池柜。该设备箱，我们采用采用 4+1 架构，功率容量 100kVA，并备用 1 个 25K 的功率模块。供配电系统包含一体化 UPS、电池柜、PDU。配电图见下图 66 所示。

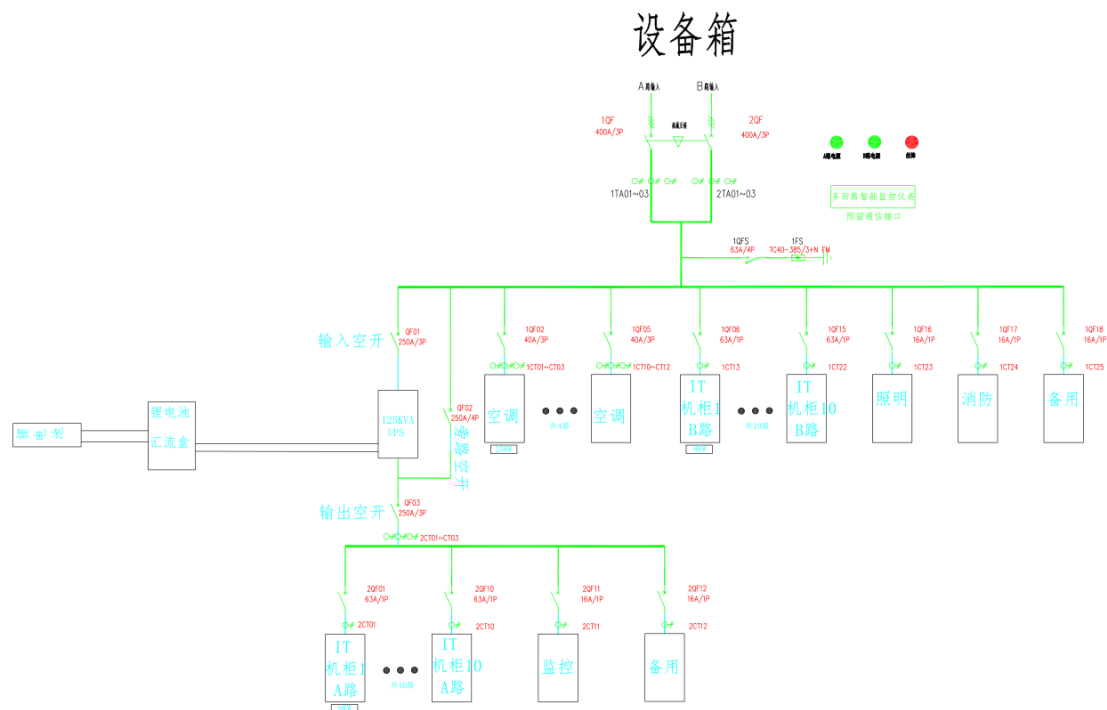


图 66 设备箱配电系统图

一体化双母线输入（机械互锁），尺寸为宽 600*深 1200*高 2200mm。带电源指示灯，配置电源输入开关、UPS 输入输出开关、维修旁路开关、其他设备开关若干及防雷器等，一体化 UPS 具备全供电链路监控功能，可监测主路及支路电压、电流、功率、状态等参数。一体化 UPS 外观见图 67 所示。



图 67 一体化 UPS 外观图

表 13 配电单元技术参数表

序号	参数	技术指标	备注
1	电源输入	双路市电	
2	开关容量	400A/3P*2	
3	防雷要求	C 级	
4	维修旁路	250A/4P*1	
5	空调开关	40A/3P*4	
6	市电输出	16A/1P*3、63A/1P*10	
7	UPS 输出	16A/1P*2、63A/1P*10	
8	智能监测	配置 RS485 智能采集模块，可监测主路及支路供电电压、电流、功率等参数；7 寸触摸屏，	

		配置电源输入指示灯	
--	--	-----------	--

设备箱 UPS 采用模块化 UPS，额定容量不大于 125KVA，输入输出制式为三进三出。配置 LCD 屏、支持历史记录、故障记录导出功能。通讯功能标配 RS485，支持 SNMP 卡（选配）、干接点监控、CAN 接口多种通讯方式实现计算机与不间断电源的智能监控，满足远端管理需求完善的通信管理功能；

表 14 模块化 UPS 技术参数

序号	参数	技术指标	备注
1	额定容量	125kVA	
2	开关容量	400A/3P*2	
3	制式	三进三出	
4	额定输入电压	380VAC	
5	输出功率因数	1	

3.6.2.1 后备时间

同样设备箱也采用锂电池进行系统备电。

80K UPS 电源放电时间计算公式：

$$H=(U \cdot u \cdot \mu \cdot C)/(P \cdot PF)$$

H：系统备电时间

U：锂电模组平台电压

u：UPS 逆变效率

μ ：电池转换效率

C：系统所需容量

P：UPS 额定功率

PF：UPS 负载功率因数

$$H=(U \cdot u \cdot \mu \cdot C)/(P \cdot PF)=(512 \cdot 0.95 \cdot 0.97 \cdot 54)/(80000 \cdot 1)=19.11\text{min}$$

80KUPS 配置 1 个 512V54AH 锂电后备时间为 19.11min。

3.7 空调系统

Hyper Block 集装箱数据中心根据使用环境，制冷方式选用风冷方式；系统标配新风和排风机控制系统，用于保证箱内外空气流通。

3.7.1 机房精密空调所面临的主要问题

3.7.1.1 对环境的调节控制能力

根据 GB50174-2017《数据中心设计规范》中要求的设备运行环境：

项目	技术要求			备注
	A 级	B 级	C 级	
冷通道或机柜进风区域温度	18~27℃			不得结露
冷通道或机柜进风区域相对湿度和露点温度	露点温度 5.5℃~15℃，同时相对湿度不大于 60%			
主机房环境温度和相对湿度（停机时）	5℃~45℃，8%~80%，同时露点温度不大于 27℃			

高温低温与湿度的变化都会造成设备运行不正常，设备停止宕机，甚至烧毁。湿度过大，电子设备会产生凝露；湿度过小，设备电气元件易产生静电，空调对温湿度的调节控制是机房空调的最主要功能，如何准确、快速、稳定安全的使机房环境达到用户设定的温湿度是机房精密空调所必须具备的重要能力。

3.7.1.2 安全性

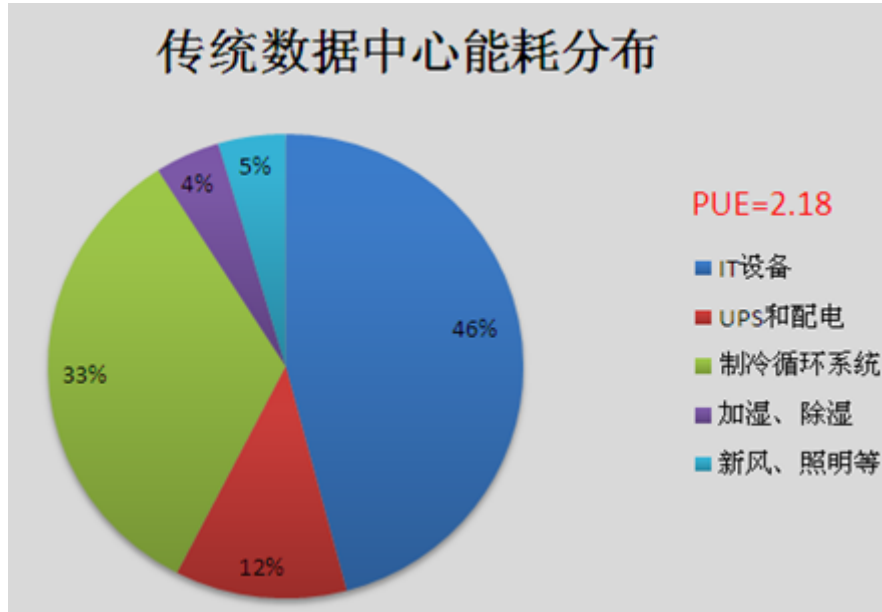
精密空调在日常运行中，其安全性相当重要，如电网环境的不稳定对空调造成的冲击等都会对空调机组造成严重损害，一旦空调出现故障停机，机房温度降急剧升高，严重威胁 IT 设备的安全。因此，国家 B 类机房标准中，要求配置空调时采用 N+1 冗余配置，同时，空调本身必须具备较强的自我保护能力，比如宽范围的输入电压和频率，缺相、反相保护功能，抗震、漏水检测、故障告警等。

3.7.1.3 能耗问题

随着国家颁布的十二五能源计划及全球性的气候、能源问题，我们已经发现传统能源利用对人类社会的影响，节能减排是一项长期计划，碳排放量会成为重要的评价指标。相关统计表明，数据中心占人类总能源消耗的 3%以上，随着数字化的进程，这一比例还会提升，在欧美地区，数据中心的能耗已经引起了政府

的高度关注。

据统计，传统数据中心平均能耗的 30%~45%用于机房环境制冷系统，PUE 长期处于 2.0 以上。



传统数据中心的制冷系统多采用高架地板下送风方式，受机房现场的制约较为严重，PUE 值居高不下。冷却系统占机房总能耗的 30%以上，合理建设制冷系统能够有效降低机房 PUE 值。冷却系统的能耗在数据中心占相当大的比重，其节能性就需要被重点关注，确保选择正确的制冷解决方案。从长远利益考虑，选择高制冷量效率、高节能特性的空调解决方案能为用户节省相当大一部分资金，节能高效是当今机房制冷系统发展的趋势所在。

3.7.2 送风方式的选择

目前的精密空调的送风方式主要有封闭通道送风、上送风、下送风、风道送风四种。上送风方式，冷风与热风会有参混、效率不高。下送风方式需要高架地板，高架地板里面还要走线，实际效果不是很好，因送风量有限而单机柜功耗受限。如果高架地板里面不走线，机柜上部需要布置线架，对层高要求严格，风道送风方式，上部需要安装风道，风管精确送风到每个机柜顶，但因送风量有限而单机柜功耗受限，安装复杂，同时对层高有要求。因为封闭通道送风不会有冷热参混、效率高、同时对层高没有要求，综合考虑，封闭通道送风应成为微模块的主流送风方式。

1. 密闭冷通道列间水平送风：

对通道进行密封，列间空调与机柜并列安装，采用前送风后回风方式，确保制冷气流充满整个密闭通道内，保障对每个机柜的高效制冷。该制冷方式适用于各种规模的数据中心机房。

2. 密闭冷通道下送风：

封闭通道下送风方式虽然能获得不错的制冷效果，但是受通孔地板和送风压力的影响，风机能耗高，冷量的泄漏不可避免，冷风与室内热风对流换热，造成冷量的浪费。

密闭冷通道列间水平送风能杜绝冷热空气混合，提高机柜级的制冷效率，比封闭通道下送风更高效节能，降低运维成本，同时不需要高架地板，对层高的要求较低。由于不需要高架地板，安装速度快，对地板承重的要求低，便于快速扩容，

所以优选密闭冷通道行级水平送风方式。

3.7.3 海悟风冷型列间精密空调产品特点

3.7.3.1 技术特点

1、列间精密空调采用前部正前送风，单台空调制冷量 $\geq 25\text{KW}$ ；外观尺寸长*宽*高：300(宽)*1200mm（深）*2000mm（高）；外机尺寸为：2475(宽)*718（深）*980（高）mm，可水平或竖直安装。

高效节能：额定能效比 ≥ 3.6 ，全年能效比 ≥ 5.0 以上通过第三方权威机构检测，测试工况：名义工况测试条件：（回风干球温度 37°C 、相对湿度50%，室外干球温度 35°C ）。

高显热比：大风量、高回风温度设计，显热比0.95以上，通过第三方权威机构检测。

具有全国工业产品生产许可证，生产许可证范围覆盖所用产品。

空调空开采用施耐德、ABB等国际一流电气品牌，可靠性高。

2、列间空调的送风型式

列间空调机组采用正前送风的送风型式，并采用独立的风机系统，风机的电机和风扇数量一致；为提高风机效率及可靠性，采用直流无级调速EC风机，应为独立控制的冗余风机系统。风机应能够方便的从机组正面取出进行现场维修，提高系统的可维护性。

风机品牌采用国际知名品牌 EBM、施乐百或同档次品牌。

每个风机设计有独立的开关可以进行维护。

3、列间空调的结构

列间空调机组应为专业的机架级尺寸设计，并能很好的兼容 IT 环境。

器具的结构和外壳设计对意外触及带电部件有足够的防护。电控箱由盖板严密防护，电控器件不裸露或易于触及。

风机叶轮设计有防护设计，避免被人手或工具触及。

室内机出风前门板上设置有 45 度角导流装置，从中间开始呈“////\\”结构，有效保证机组向左右两侧均匀排风，气流更均匀，保证两侧的服务器设备能吸到足够的冷风。

4、列间空调的压缩机

采用谷轮或三菱等国际知名品牌高效直流变频压缩机，频率调节范围 10~100Hz（10~100%）。按需调节转速输出冷量，实时匹配热源热负荷变化，实现精确制冷，能大幅降低能耗；部分负载情况下更能实现高能效运行。

压缩机有排气减震软管，保证长期运行无管路振动应力的风险。

5、列间空调的蒸发器

蒸发器采用平板式蒸发器，蒸发器的迎风面与气流方向夹角 $\geq 45^\circ$ ，以保证气流更加有序，迎风面积更大，同时避免由于多片蒸发器造成的紊流，保证机内气流组织最优化，减少风机的阻力，从而降低风机功耗。

6、列间空调的膨胀阀

列间空调机组采用电子膨胀阀控流，实现冷量与热负载精确匹配。

8、列间空调的除湿性能

列间空调机组应具备精确除湿功能，通过控制器精确调节风量来达到准确控制除湿量的效果。

9、列间空调的空气洁净度

列间空调机组应安装不小于 G3 级空气过滤器，空气过滤器应便于更换。所安装的过滤器应保证机房的洁净度达到 GB 50174-2017《数据中心设计规范》要求(主机房的空气含尘浓度，在静态或动态条件下测试，每立方米空气中粒径大于或等于 $0.5 \mu\text{m}$ 的悬浮粒子数应少于 17,600,000 粒。)。

10、列间空调系统应具有高可靠性，要求机组平均无故障时间 MTBF \geq 10 万小时。

11、列间空调系统应为环保机型，应采用 R410A 环保制冷剂。

12、列间空调的电气性能

1) 输入电压允许波动范围：380V \pm 10%

2) 频率：50HZ \pm 2HZ

14、列间空调机组能适应室外环境温度-20 $^{\circ}$ C \sim +45 $^{\circ}$ C

15、列间空调的温度、湿度控制性能

1) 列间空调能按要求自动调节室内温、湿度，具有制冷、加热、加湿、除湿等功能。

2) 温度调节范围：+18 $^{\circ}$ C \sim +37 $^{\circ}$ C

3) 温度调节精度： \pm 1 $^{\circ}$ C，温度变化率 $<$ 5 $^{\circ}$ C/小时

4) 湿度调节范围：20% \sim 80%RH

湿度调节精度： \pm 5 %RH

5) 温、湿度波动超限能发出报警信号。

16、列间空调的控制系统

1) 采用 7 英寸中文触摸显示屏，可显示机房内主要参数（温度、湿度）。液晶屏中心距离空调顶端高度适宜，适于常人观看和操作。

2) 可设定温度、湿度数值及主要部件工作值；计算主要部件的运行时间和启动次数，且能显示工作状况及实时数值；允许对主要部件手动控制。

3) 具有全报警系统，并记录所有报警事件；具有报警闪烁提示功能；具有 200 条以上故障报警记录储存功能及断电数据保护功能。

4) 具有多级密码保护功能。

5) 具有手动开机及自动开机功能以及来电自启动功能。

6) 强大的群控功能，可实现 32 台的群控；可使各机组自动轮换工作，以达到各机组灵活控制及工作时间基本相同。

3.8 监控系统

集装箱数据中心智能化管理系统由一体化监控单元、传感器、硬盘录像机、显示屏等硬件组成，搭载专业管理软件平台，实现对动力、环境、消防、视频、

空调等系统的监控和告警预警、消防联动等功能。

智能化管理系统具有良好的可视化界面，根据实际需求可提供全面的管理功能。主要可以监控以下系统设备：

- 动力设备：配电模块、UPS、电池等。
- 空调设备：整体式氟泵空调。
- 显示设备：温度、湿度。
- 门禁设备：密码+刷卡一体机。
- 视频设备：网络硬盘录像机、网络摄像头。
- 环境设备：通道温湿度、漏水检测、机柜温湿度（可选配）。
- 消防设备：烟感探测器、温感探测器。

3.8.1 一体化数据采集器

智能一体化监控主机，1U 机架式结构，内置操作系统及监控软件，接入配电单元、UPS、空调、温湿度、水浸及烟感等动力环境设备；软件为 B/S 架构，同时支持本地展示和 Web 远程访问；系统对外提供标准的 SNMP/Modbus TCP，支持电信 B 接口接入，可供 DCIM 系统集成或第三方系统集成。介绍如下：

一体化数据采集器，外观如下图 68 所示，技术参数见下表 15 所示。

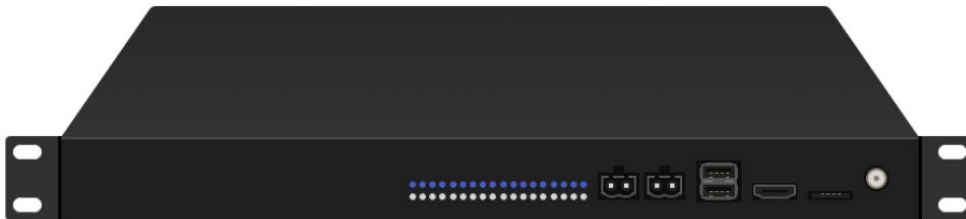


图 68 一体化数据采集器

表 15 一体化数据采集器技术参数表

序号	类别	技术参数	备注
1	CPU 平台	32 位 ARM Cortex-A9	
2	操作系统	Linux	
3	存储	8G，支持 SSD 硬盘扩展	
4	上行网络接口	4 个网口，100/10M 自适应	
5	下行串口	10 个下行 RS485 串口。每个 RS485 采用单	

		独 RJ45 接口，具备 DC12V 供电能力，最大输出电流 500mA。	
6	DI 输入	10 个 DI 输入端口，每个 DI 采用单独 RJ45 接口，具备 DC12V 供电能力，最大输出电流 100mA。	
7	DO 输出	4 个 DO 输出端口，每个 DO 采用单独 RJ45 接口，C 型继电器	
8	电源输出	3 组， DC12V/3A	
9	电源输入	双电源 220Vac/240Vdc	
10	产品尺寸	标准 1U 机架式安装，宽 483mm*深 208mm* 高 44.4mm	

3.8.2 显示设备

15.6 英寸电容触摸一体机

集装箱数据中心采用 15.6 英寸电容触摸一体机，安装于箱级综合柜前门 PAD 安装板上，便于操作，LCD 显示屏外观见下图 69 所示，技术参数见下表 16 所示。



图 69 电容触摸一体机外观尺寸图

表 16 电容触摸一体机技术参数

序号	项目	技术指标	备注
1	尺寸	15.6 寸	
2	分辨率	1366*768/60Hz	
3	显示比例	16:9	
4	主板	低功耗工控主板	

5	CPU	Intel Celeron CPU J1900/1800	
6	内存	4G	
7	硬盘	64G	
8	电源	12VDC	

3.8.3 门禁设备

3.8.3.1 门禁读卡器

集装箱数据中心平台箱级门配置 1 个门禁读卡器，支持刷卡、指纹、密码三种模式单独或组合使用，采用 RS485 标准接口。采用 OLED 显示屏，具备良好人机交互体验。读卡器外形见下所示，参数见下所示。



图 70 读卡器外观图

表 17 读卡器参数表

序号	项目	技术指标	备注
1	工作电压	12VDC	
2	工作电流	<100mA	
3	读卡距离	3~5cm	
4	读卡时间	<0.2s	
5	读卡提示	声光提示	
6	读卡类型	刷卡、指纹、密码	
7	接口方式	RS485	

3.8.3.2 门禁控制器

集装箱数据中心标配 1 台 2 门门禁控制器实现对通道前后门集中监控管理与控制，其支持联网及本地门禁控制功能，支持 2 路读卡器接入，可检测 2 路门磁状态，通用与平移门及旋转门等各种开门形式，外观见下图 71 所示，其参数见

下表 18 所示。



图 71 门禁控制器

表 18 门禁控制器参数表

序号	项目	技术指标	备注
1	CPU	32 位 ARM	
2	读卡器接口	wiegand26/34、wiegand 自适应	
3	联网距离	读卡器接入超过 100m	
4	输入端口	7 组输入（火警 * 1、门磁 * 2、开门按钮 * 2、辅助输入 * 2）	
5	输出端口	6 组输出（电锁 * 2、辅助输出 * 2、12VDC 输出 * 2）	
6	持卡人数	5000	
7	历史记录	3000	
8	额定电压	AC220V/DC240V	
9	工作环境	温度-40℃~85℃，湿度 5%~95%	
10	尺寸	宽 483mm*深 208mm*高 44.5mm	

3.8.4 视频监测设备

视频监控系统由网络摄像头+NVR+机械硬盘组成。可通过视频监控系统专用平台软件或动环监控系统，实时查看和回放视频。

3.8.4.1 摄像头

200 万像素半球摄像机，1080p 视频输出，1/2.7" CMOS ICR 日夜型半球网络摄像机，支持 POE，同时支持 H.265 和 H.264 视频编码标准，工作电压 DC12V。摄像头外观见下图 72 所示；参数见下表 19 所示。



图 72 摄像头外观图

表 19 摄像头技术参数

序号	项目	数值	备注
1	镜头	镜头 2.8mm, 水平视场角: 107.1°	
2	传感器类型	1/2.7" Progressive Scan CMOS	
3	照度	0.01Lux @(F1.2,AGC ON) ,0 Lux with IR	
4	快门	1/3 秒至 1/100,000 秒	
5	调整角度	水平:0°~360°; 垂直:0°~ 75°; 旋转:0°~360°	
6	图像尺寸	1920 × 1080	
7	帧率	50Hz: 25fps (1920 × 1080,1280 × 720)	
8	图像设置	走廊模式,饱和度,亮度,对比度,锐度,白平衡通过客户端或者浏览器可调	
9	背光补偿	支持	
10	接口协议	开放型网络视频接口, ISAPI, SDK, GB28281 (2016)	
11	智能报警	移动侦测, 遮挡报警, 异常, 越界侦测, 区域入侵侦测	
12	通用功能	心跳, 镜像, 密码保护, 视频遮盖, 水印	
13	通讯接口	1 个 RJ45 10M / 100M 自适应以太网口	
14	工作温度和湿度	-30℃~60℃,湿度小于 95%(无凝结)	
15	电源	DC12V	
16	功耗	非 PoE: 5.5W MAX ; PoE: 6.5W MAX	

17	红外照射距离	<30 m	
18	尺寸	96.8mm*φ127.3 mm	

3.8.4.2 NVR

- 1.持 H.265 高效视频编码码流，支持 H.265、H.264IP 设备混合接入；
- 2.支持 1 个 SATA 接口，最大支持满配 8T 硬盘；
- 3.最大支持 600 万像素高清网络视频的预览、存储与回放；
- 4.最大 4 路同步回放和多路同步倒放；外观见下图 73 所示，参数见下表 20 所示。

· 物理接口

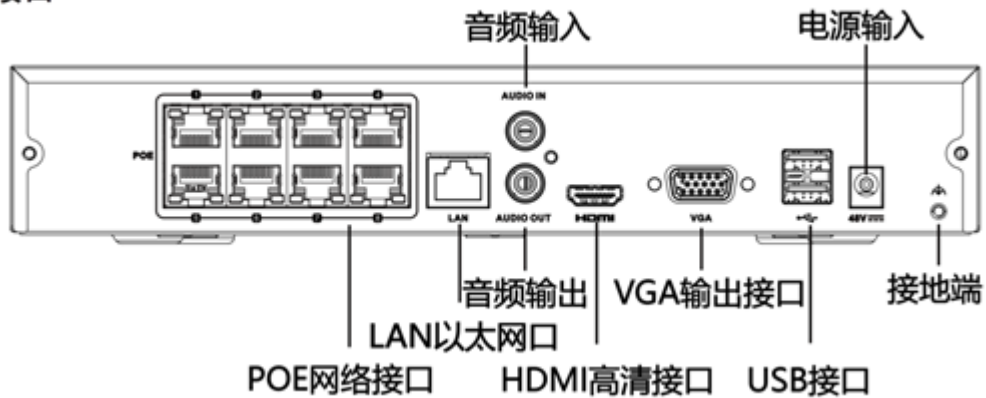


图 73 NVR 物理连接图

表 20 NVR 技术参数

序号	项目	数值	备注
1	视频接入路数	4	
2	网络输入带宽	40Mbps	
3	网络输出带宽	80Mps	
4	录像分辨率	6MP/5MP/4MP/3MP/1080p/UXGA/720p/VGA/4 CIF/DCIF/2CIF/CIF/QCIF	
5	视频输出	1 路 HDMI，1 路 VGA	
6	HDMI 输出	4K (3840×2160) /30Hz, 2K (2560×1440) /60Hz, 1920×1080/60Hz, 1600×1200/60Hz, 1280×1024/60Hz, 1280×720/60Hz	
7	VGA 输出	和 HDMI 同源, 1920*1080/60Hz,	

		1280*1024/60Hz, 1280*720/60Hz	
8	CVBS 输出	不支持	
9	视频解码格式	H.265,Smart265,H.264,Smart264	
10	解码能力	6×1080P	
11	音频输出	1 路, RCA 接口 (线性电平, 阻抗: 1KΩ)	
12	语音对讲输入	1 个, RCA 接口 (电平: 2.0Vp-p, 阻抗: 1KΩ)	
13	盘位	1 个 SATA 接口	
14	单盘容量	最大支持 8TB	
15	阵列类型	不支持	
16	扩展存储	不支持	
17	网络接口	1 个, RJ45 10M/100M 自适应以太网口	
18	USB 接口	2 个 USB2.0 (后置)	
19	报警输入输出	不支持	
20	POE 接口	4 个, RJ45 10M/100M 自适应以太网口	
21	电源规格	DC 48V 65W (外接适配器)	
22	功耗	≤10W (不含硬盘)	
23	工作温度	-10℃~+55℃	
24	工作湿度	10%~90%	
25	尺寸	宽 265mm*深 225mm*高 48mm	
26	红外遥控	不支持	

3.8.5 环境系统监测元件

3.8.5.1 通道温湿度检测模块

通道温湿度选用带数显温湿度检测设备, 实时检测通道内温度与湿度值, 并上传到动环监控系统。温湿度传感器外观见下图 74 所示; 技术参数见下表 21 所示。



图 74 通道温湿度外观图

表 21 通道温湿度采集模块技术参数

序号	类别	技术指标	备注
1	输入电压	DC12V	
2	过流保护	200mA	
3	温度范围	-40℃~100℃	
4	温度精度	±0.2℃	
5	相对湿度范围	0~100%	
6	相对湿度分辨率	0.1%	
7	通讯接口	RS485	
8	波特率	9600bps	
9	通讯协议	Modbus RTU	
10	传输距离	1200m	
11	安装方式	磁吸、壁挂	

3.8.5.2 水浸检测

集装箱数据中心配置不定位漏水检测设备，其检测绳长度 7.5 米；外观见下图 75 所示，参数见下表 22 所示。

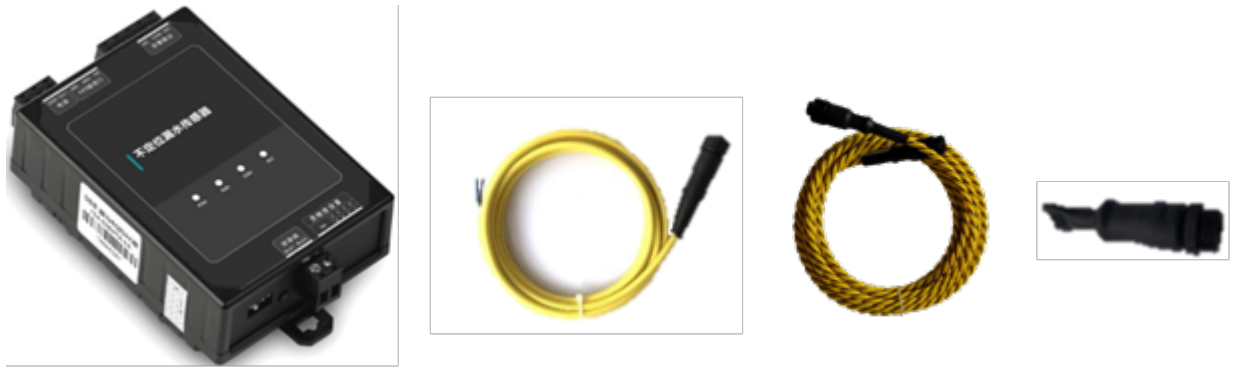


图 75 不定位漏水检测设备

表 22 读卡器参数表

序号	项目	数值	备注
1	工作电压	DC12V	
2	工作电流	380mA@DC12V	
3	输入端口	1 组 AI 输入（差分信号）	
4	输出端口	1 组 DO 输出（C 型继电器）	
5	通信端口	RS485	
6	体积	76.5mm(L) x106.5mm(W) x 30.5mm(H)	
7	配置漏水绳	不定位漏水绳	
8	终端	不定位终止端	
9	引线	3 米不定位引出线	

3.8.6 系统登录与退出

- 本地屏幕登陆或使用谷歌 Chrome 浏览器内网访问地址：10.1.38.11，进入系统界面；
- 点击登录，输入用户名与密码，默认账号：admin；密码：123456。
- 点击“登录”跳转到登录界面，界面见下图 76 所示。

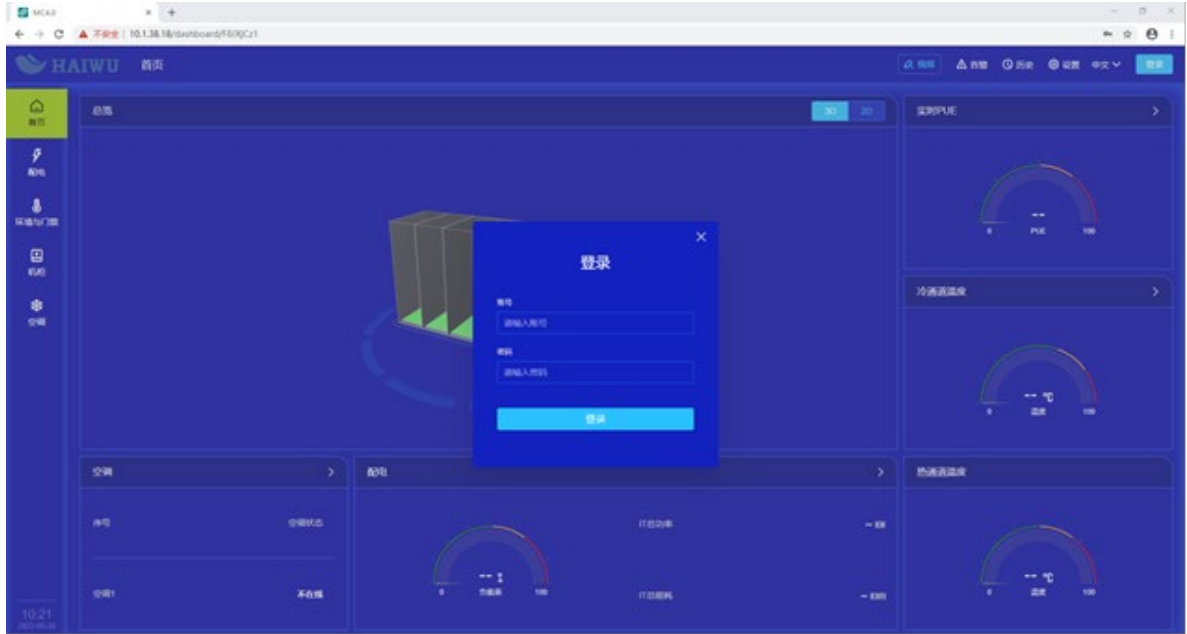


图 76 登录界面

- 首页具备以下功能：
- 查看 PUE 值：实时 PUE。
- 查看环境量：冷通道平均温湿度。
- 查看负载率：配电负载率、空调制冷负载率。
- 查看参数：耗电量、总功率、IT 功率。
- 机柜 3D/2D 模型：各设备位置、名称、告警信息、机柜负载率。界面见下图 77 所示。



图 77 首页界面

3.8.7 配电监测

配电界面分为配电柜界面与 UPS 界面，其中配电柜界面包含电气链路图、配电输入、输出界面，UPS 界面包含 UPS 与电池界面。

➤ 电气链路图界面

实时显示配电柜各输入输出开关状态，配电柜总功率、总耗电量、PUE、IT 功率、IT 剩余功率、空调总功率等参数，界面见下图 78 所示。



图 78 配电链路图界面

➤ 配电输入界面

功能包括输入相电压、电流、频率、功率（有功/无功/视在）、电量、功率因数、电压/电流谐波率等，界面见下图 79 所示。



图 79 配电柜输入界面

➤ 配电输出界面

功能包括输出支路电压、电流、功率、开关状态、负载率等参数，界面见下图 80 所示。



图 80 配电柜输出界面

➤ UPS 界面

功能包括 UPS 架构图、输出相电压、电流、有功功率、视在功率、负载率；旁路线电压、输入线电压、电池电压、旁路频率、逆变频率、电池充电容量、电池后备时间、电池温度、UPS 额定容量/逆变器状态、旁路状态、整流器状态、整流器运行方式、电池充电状态、UPS 状态、风扇故障、旁路温度过高、整流器

限流、整流器温度过高、电池充电故障等参数，界面见下图 81 所示。



图 81 UPS 界面

3.8.8 机柜监控

功能包括：监测 IT 机柜及综合柜电参数：电压、电流、功率、负载率、耗电量,界面见下图 82 所示。

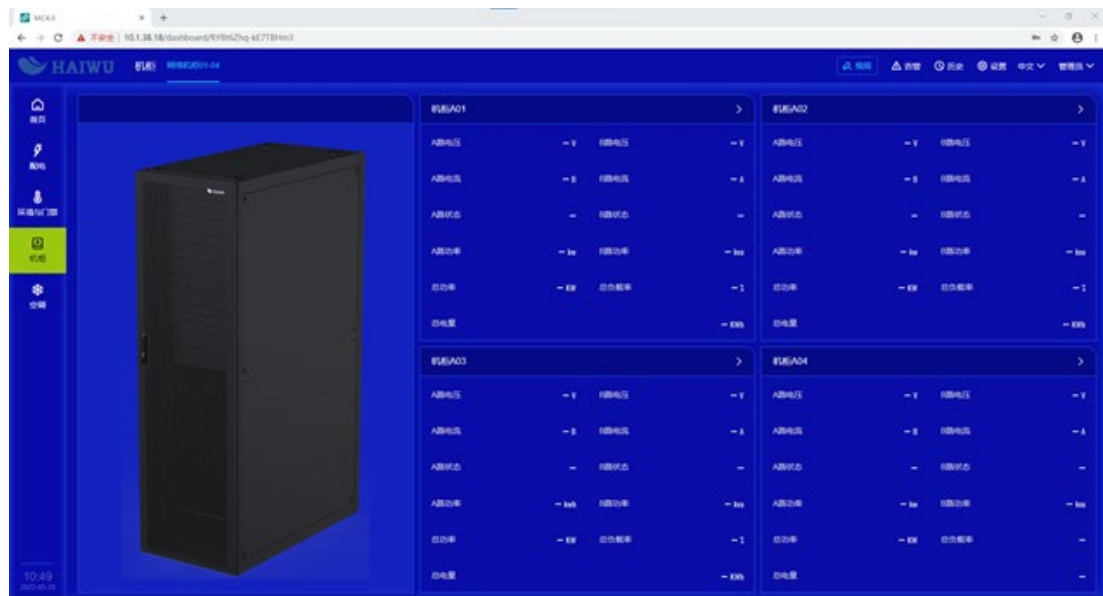


图 82 机柜监控界面

3.8.9 空调监测

空调监控功能如下：

- 参数：送风温度、送风湿度、回风温度、回风湿度，电压、电流、功率、耗电量、制冷负载率；
- 状态：空调运行状态、压缩机运行状态、外风机转速、制冷、制热、除湿、高、低压报警、高、低温报警、高、低湿报警、电源故障报警、气流丢失报警、过滤网维护报警、通讯故障报警、开关机状态；
- 控制：远程开关机、回风温度设置、送风温度设置、湿度设置、高低温报警阈值设置、高低湿阈值设置；

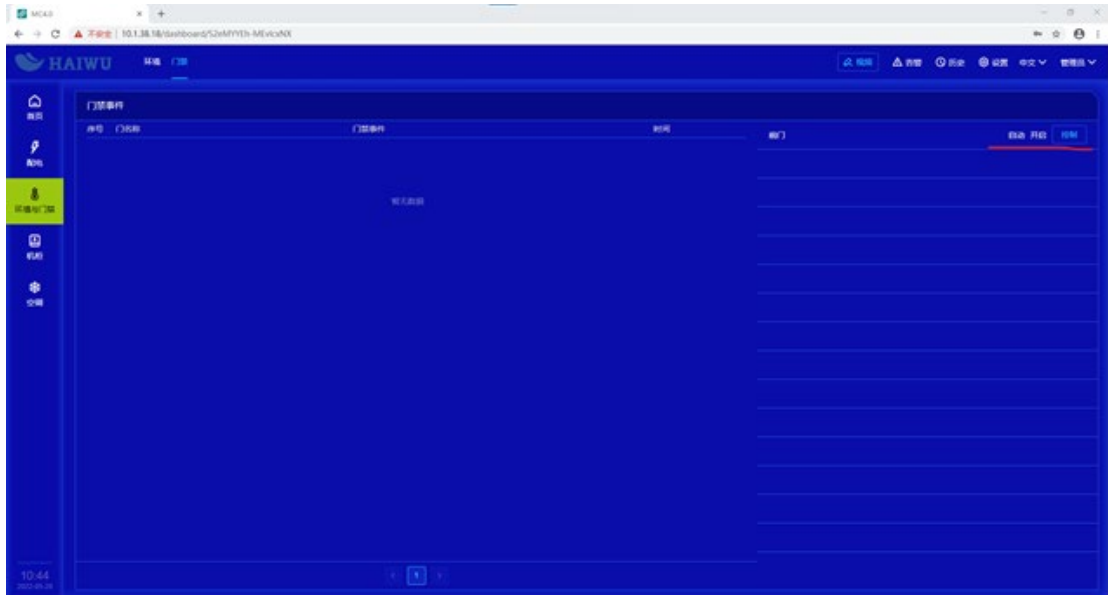
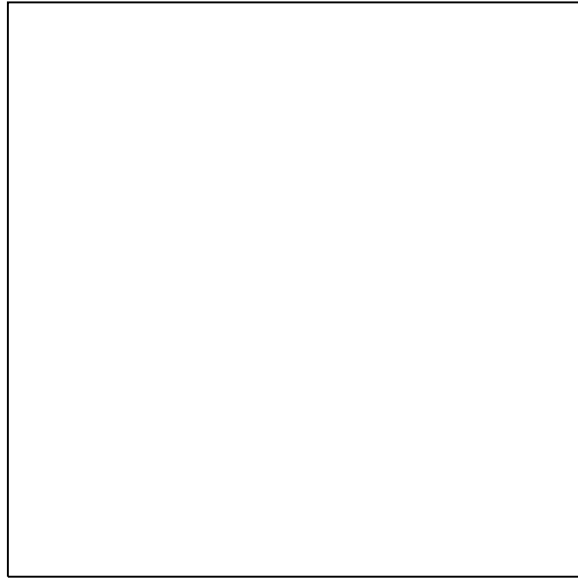
界面见下图 83 所示。



图 83 空调总览界面

群控功能如下：

群控设置可以实现微模块内空调群控调节功能，实现最优化制冷方案，同步可以远程统一设置送回风温度、湿度及远程统一开关机功能，界面见下图 84 所示。



集装箱数据中心标配 200 万像素摄像头，视频监控系统由网络摄像头+NVR+4TB 机械硬盘组成，可通过视频监控系统专用平台软件或动环监控系统，实时查看和回放视频，界面见下图 86 所示。

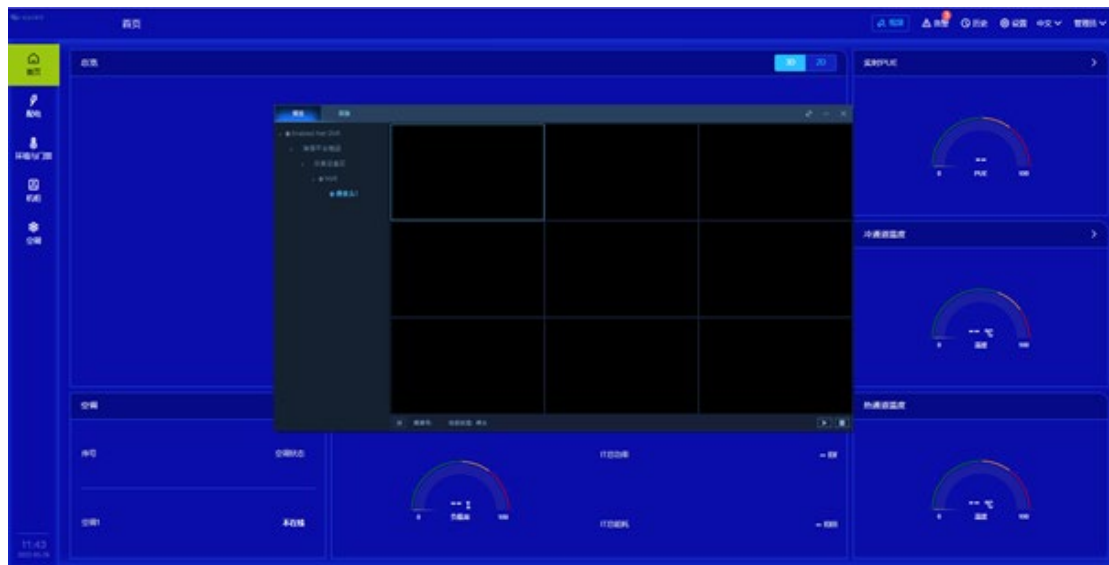


图 86 视频监控界面

3.8.12 告警信息

功能如下，告警新型界面见下图 87 所示：

- 支持历史告警、未确认告警、已确认告警三类，可实时根据时间节点等选择查看；
- 数据支持列表、饼状图、柱状图显示，支持数据 excel 导出；
- 告警内容涵盖告警名称、产生时间、结束时间、确认人等参数。

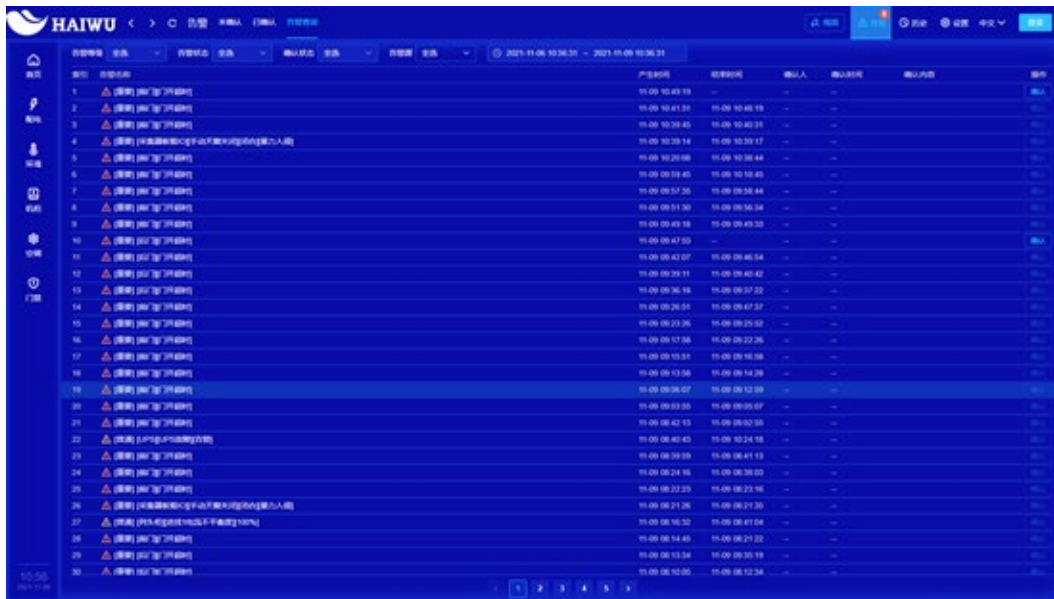


图 87 告警信息界面

3.8.13 历史信息

功能如下，告警新型界面见下图 88 所示：

- 支持所有设备及检测点历史数据查看、筛选、导出；
- 支持单项及多项历史数据同步导出；
- 支持门禁记录查询及导出；

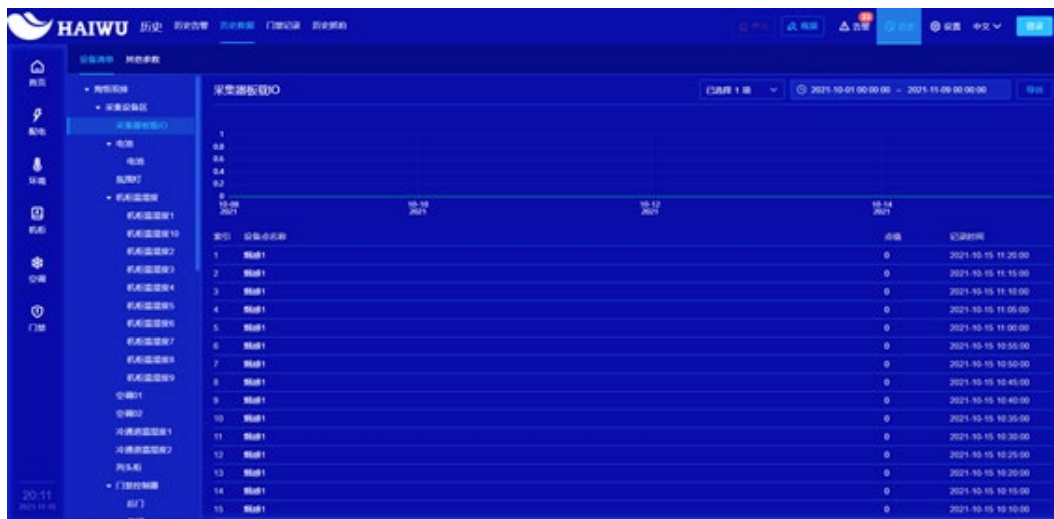


图 88 历史信息

3.9 消防系统

集装箱数据中心采用管网灭火系统，共一个消防分区，消防动作启动灭火装

置。

灭火装置与消防钢瓶、火灾探测器、火灾报警灭火控制器、紧急启/止按钮、声光报警器、放气指示灯、泄压阀等消防设备配套使用。当防护区发生火情，温感、烟感探测器发出火灾信号通过火灾自动报警灭火控制器的逻辑分析后，即发出声光复合报警信号，同时发出联动指令，关闭联动设备，经过一段延时时间后，发出灭火指令，启动电磁型阀驱动器，开启容器阀，释放灭火剂，实施灭火；值班人员如发现火情后，可按下防护区门外的紧急启动按钮，实施灭火操作；电磁型阀驱动器上还设有手动按钮，紧急情况下还可进行机械应急手动操作灭火。

3.9.1 消防联动系统组成

1、消防系统外部联动

a. 门禁联动

发生火灾时，消防联动控制器打开疏散通道上由门禁控制的冷通道门。

b. 消防切非

当火灾发生时，火灾自动报警控制器可根据火灾情况自动切断火灾区域的常用照明、通风设备、空调等非消防电源。当微模方接收到消防动作信号时，模块内市电部分需立即切断。

2、消防系统内部联动

a. 气灭自动控制

将火灾自动报警系统气体灭火控制器上及防护区门外的手动 / 自动转换开关（如有的话）的控制方式选择键拨到“自动”位置时，灭火系统处于自动控制状态。自动状态下，当防护区发生火警时，火灾报警气体灭火控制器接到防护区两独立火灾报警信号后立即发出联动信号（关闭通风空调等）。经过 30 秒时间延时，火灾报警控制器输出灭火指令，启动灭火装置，释放灭火剂，实施灭火。控制器面板喷放指示灯亮，同时报警控制器接收压力讯号器反馈信号，启动防护区门上放气显示灯，避免人员误入。

b. 气灭手动控制

当防护区经常有人工作时，可以将火灾自动报警系统气体灭火控制器上或防护区门外的手动 / 自动转换开关的控制方式选择键拨到“手动”位置时，灭火系统处于手动控制状态。当防护区发生火警时，报警控制器只发出报警信号，不输出

动作信号。由值班人员确认火警,按下控制器面板或防护区门外紧急启动按钮,立即启动灭火装置,释放灭火剂,实施灭火。同时,控制器接收压力讯号器反馈信号,启动防护区门上放气显示灯,避免人员误入。

c.机械应急操作

当自动、手动紧急启动都失灵时,可实现机械应急操作启动。只需拔出对应瓶头阀驱动器上的手动按钮插销,拍击手动按钮,即可完成整套装置的启动喷放工作,操作简单。

d.紧急启动/停止

当保护区发生火情时,气体灭火控制系统不能发出指令时,应通知有关人员撤离现场,关闭联动设备,手动开启应急按钮,释放灭火剂,实施灭火;当发生火警,在系统处于延时阶段时,不需启动灭火系统灭火,可按下控制器面板或防护区门外紧急停止按钮,即可阻止控制系统输出灭火指令,终止系统灭火程序。

消防报警系统原理如下图 89 所示。

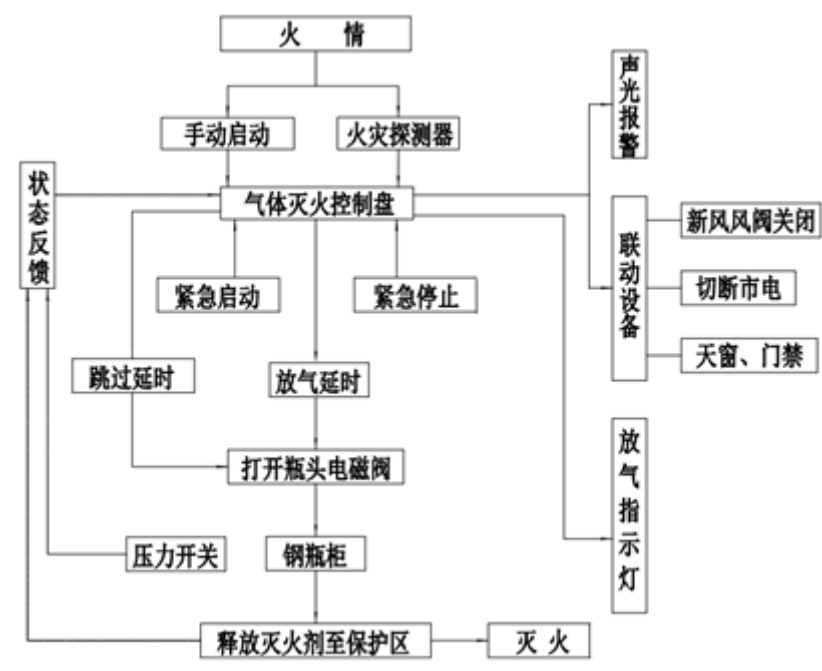


图 89 气体灭火控制盘系统图

3.9.2 气体灭火控制器

火灾报警控制器(联动型)/气体灭火控制器(以下简称为控制器)其功能及特性完全符合国家标准 GB 4717-2005《火灾报警控制器》、GB 16806-2006《消防联

动控制系统》的要求，可与公司的其它关联产品配套使用，灵活配置组成报警联动控制系统。控制器体积小，安装方便，操作简单。气体灭火控制器面板布置见下图 90 所示，气体灭火控制器参数见下表 23 所示。



图 90 气体灭火控制器面板布置图

表 23 气体灭火控制器参数表

序号	项目	数值	备注
1	电源	主电：AC 220V/50Hz； 备电：DC24V 免维护蓄电池	
2	使用环境	温度：-10℃~+55℃（±3℃）， 相对湿度：≤95%（40℃±2℃ 无凝露）	
3	外型尺寸	440mm×340mm×99mm（长×宽×厚）	

系统组成设备介绍

系统除火灾控制器外，还包括相应的系统配套设备。消防控制系统包含以下主要组成部件：

- 主控部分

主控板负责处理和分析系统中其它部件传输过来的数据信息，并根据数据分析结果，指挥系统中的其它部件执行相应的命令，例：控制蜂鸣器火警鸣响等。

- 显示组件

显示组件提供报警信息的主要输出界面，同时提供日常的维护、查询界面。

- 输入设备

系统移植了计算机标准的外设接口，使用面板按键或采用 USB 接口的键盘和鼠标作为输入设备，极大地方便了用户对系统进行设置与维护。

- 电源

电源完成整个系统内部设备的供电。本系统采用 DC 24V 输出的专用消防设备电源，可提供主电故障、备电故障、备电欠压、备电充电等报警或反馈信号，并具有良好的抗干扰特性。

- 总线

总线为探测器总线的驱动，可同时驱动 240 个总线型设备，设备类型如智能探测器、火灾显示盘、输入/输出模块等。

- 火灾探测器

系统可接入本公司生产的多种智能型感烟、感温或复合探测器等系列产品。

声光警报器、手动报警按钮

系统中可接入智能型声光报警器。

- 打印机

系统标配专用微型打印机（以下简称为打印机），可打印报警、反馈、故障等信息，以备查询。

- 气体灭火装置

系统控制面板有直接启停气体灭火装置按钮，通过开关量启动继电器，从而启动/停止设备。常用气体灭火材料有七氟丙烷、泡沫、气溶胶等材料。

3.9.3 烟感探测器

烟感探测器用于探测柜内烟雾，当烟雾达到报警条件后，烟感探测器进入告警状态，信号反馈至消防主机。

3.9.4 气体释放警报器

气体释放警报器安装在密封通道的外围，与火灾报警控制器/气体灭火控制器等配套使用。气体释放警报器采用微处理器控制，能与控制器实时通讯，接收控制器发出的控制命令。气体释放警报器接收到控制器的启动命令后动作，闪动显示“放气勿入”，并发出刺耳的声报警信号，提醒现场人员不要进入防护区。气体释放警报器外观如下图 91 所示。



图 91 气体释放报警器外观图

3.9.5 紧急启/停按钮

紧急启/停按钮主要是给气体灭火控制器提供紧急启动和停止的控制信号。正常运行时，巡检指示灯（绿色）闪亮，按钮有故障时，故障指示灯（黄色）常亮。当火灾发生，需要启动气体灭火系统时，翻开按钮保护罩，按下启动按钮，可以提供启动控制信号，同时启动指示灯点亮；当确认火情已得到控制或火警为误报，且还处于延时阶段时，可立即按下停止按钮，中断放气延时，同时停止指示灯点亮，启动指示灯熄灭。

紧急启/停按钮使用方法：

启动：当火灾发生，人工确认需要启动气体灭火系统时，向上翻开黄色按钮保护罩，按下绿色启动按钮（约 1s），此时红色启动指示灯开始闪烁，当收到气体灭火控制器火警确认命令，启动指示灯常亮。

停止：当确认火情已得到控制或火警为误报，且还处于延时阶段时，可立即按下红色停止按钮（约 1s），此时红色停止指示灯开始闪烁，当收到气体灭火控制器正常确认命令，停止指示灯常亮，同时启动指示灯熄灭。

3.9.6 泄压阀

泄压阀平时呈关闭状态，气体灭火系统启动时会向通道区域释放大量灭火气体，通道区域空气压力瞬间升高，当超过通道区域允许承受的压力时，泄压阀自动打开将超压气体释放，当压力降低时自动关闭泄压装置，保证了通道的密闭性，以满足灭火要求。

泄压阀重量 5.4kg，最大泄压面积 0.062m²。泄压阀外观如下图 92 所示。



图 92 泄压阀外观

3.9.7 消防气瓶

消防钢瓶由灭火剂贮存装置、七氟丙烷药剂、喷头、压力表、阀驱动器、反馈装置等部件组成。钢瓶规格参数见下表 24 所示。

表 24 钢瓶规格参数表

序号	项目	数值	备注
1	规格	40L, ϕ 350*740 (mm)	
2	药剂数量	27kg	
3	喷放时间	8s	
4	环境温度	0°C ~ 50°C	
5	贮存压力 (20°C)	2.5Mpa	
6	最大压力	4.2Mpa	
7	启动电压/电流	24VDC/1.2A	