

第七章 制冷设备监测历险记

有人曾经问过马斯克一个问题：“Paypal 已经让你成为了亿万富翁，如果我是你的话我就去迪拜投资一个豪华宾馆，肯定稳赚，又何必去冒搞航天的巨大风险，可能让你血本无归！”马斯克说：“我崇尚技术，热爱创新和挑战自我，我是不会去作那些没有技术含量的事情的。”

马斯克是振南的偶像，就如同钢铁侠已富可敌国，但还是保持着一颗工程师的初心，在不断地寻求技术创新。这些都是不会被金钱迷惑志向的人，是伟大的。

那些由互联网行业转作实业的大佬，大多都有这样的潜质。在我的经历中，我在前去哪网 CEO 所创始的 BLF 供职过几年，主要还是在作 IOT 智能硬件这个方向。

有人会说：“我知道 BLF 是作便利店的，它需要什么 IOT 硬件自主研发，或者说很多设备是两万的，直接采购就好了。”因为他在搞一个概念叫“智慧门店”或者说“无人门店”，他想用新兴的互/物联网技术来进行便利店的管理从而降低人员与运营成本。OK，那我问大家“一家真正的便利店里(那些小超市不算)，什么设备是最重要的”，对，就是制冷设备！

1、需求的产生与硬件方案

1.1 冷食的利润贡献

首先不要认为冷食只有冰激凌、饮料这些，还有保鲜和现制食品，比如水果、奶制品、盒饭等，其实便利店内部对制冷设备的依赖是很大的：

- 1、每家店后方都配备有冷库（用于放置食材，冷饮备货等），如图 7.1 所示。
- 2、营业区有风幕柜、冷藏柜、冷饮柜等，如图 7.2 所示。



图 7.1 便利店后方内部的冷库(后补冷库)



图 7.2 便利店营业区的冷柜与风幕柜

在每年的 5-8 月份，BLF 的冷食营业额占比很大，如图 7.3 所示。

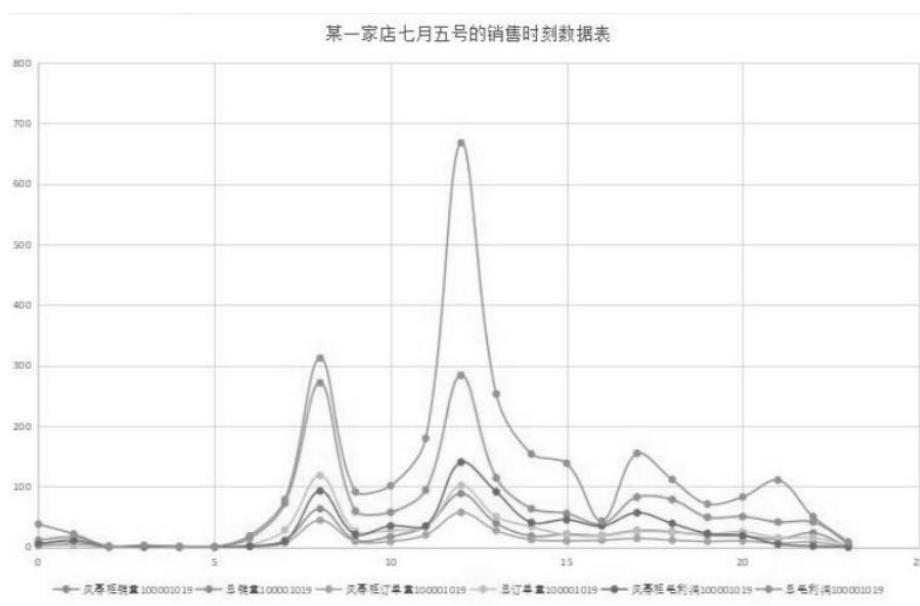


图 7.3 某便利店冷食与总营业额的对比曲线

可以看到，单单风幕柜一项的营业额(毛利率)就占总营业额(毛利率)的 30%左右，再加上冷库食材便餐、冷柜冷饮冰激凌等，冷食的营业额可能占总营业额的 50%~60%。所以一旦制冷设备故障，营业额损失将是巨大的。

我们还忽略了一大块损失，可谓比以上有形的损失更严重：空调如果故障了，三伏天店里热的像蒸笼，这将对便利店品牌造成无法估计的影响。

综上所述，可以说冷设故障对便利店的打击将是毁灭性的。

有人可能会说：“是机器就一定会坏，及时维修不就好了。”说起来简单，及时维修有

两个重要因素 时效要短与问题定位要准确。

很多时候冷设故障都是外机故障不易发觉，再加之室温并不会骤然上升，而是会继续维持一段时间的低温。所以，这就造成维修时效很难得到保证。等到报修，再到上门，通常要经历半天甚至几天的时间。这么长时间的故障使得冷食变质废弃，继而造成损失，当然同时也影响营业额。

再就是，就算维修人员可以及时赶到现场，能否立即找到问题点，迅速修好也是存疑的。尤其是重要部件损坏，需要更换的时候，比如压缩机，通常一等就是半个月。

有人问：“冷设修不上，难道就眼睁睁地看着冷食废弃吗？没有一点办法？”当然有一些治标不治本的方法，比如商品物料串库(就是先转移到其它临近店去)、用干冰为冷设外机散热(让外机解除热保护)等。这些方法可以为冷设维修争取一些时间，减少损失。

BLF 的老板是互联网出射，他非常相信物联网的力量，相信数据模型与物理世界的对应关系和规律，所以他提出了要实现一套“冷设监测预警系统”，以下简称 CME。

1.2 CME 系统的困难

要了解 CME 系统的困难，就要先了解一下冷设的基本结构，如图 7.4 所示。

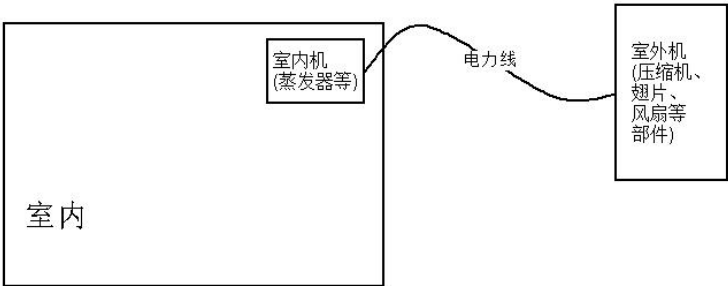


图 7.4 制冷设备的基本结构示意图

关于制冷原理振南已经在《倾斜传感器并不简单》一章中有所提及，不再这里赘述。

很显然，制冷设备的易损部件大多在室外机，比如压缩机、风扇、各种管线阀门等等。我们要监测的外机的管线与压缩机的温度，以及电力线上的电流(功率)，详见图 7.5 所示。

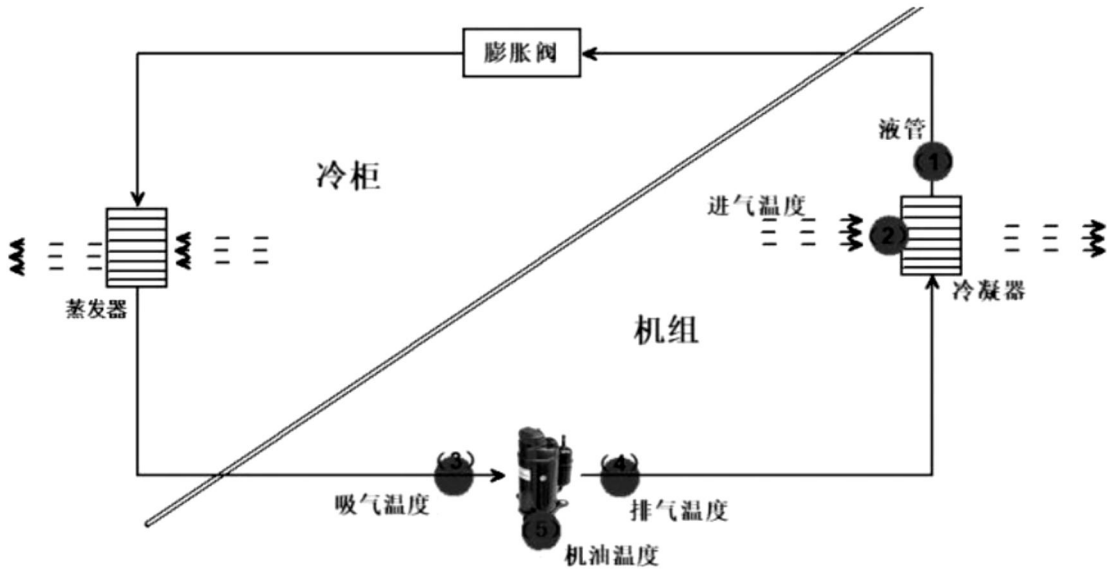


图 7.5 制冷设备监测主要 5 个测点位置

这里略显有些专业了，读者姑且看之：

- 1、液管 2、进风 3、吸气 4、排气 5、机油

OK，我们可以开发一个小硬件设备采集这几个点的温度，以及电源电流值。
问题是：采到的监测数据怎么上传到 IOT 云平台。这就是 **CME 系统的困难之处**。
先为看一下真正外机实物，如图 7.6 所示。



图 7.6 制冷设备的外机

在这之前，其实已有人思考过外机监测数据如何上平台的问题。无非两种方案，第一种方法是使用诸如 NBIOT、CAT1 之类的通过运营商网络直接上传平台；另外一种方法是想办法把外机数据先传到店内，通过店内的 WIFI 上传平台。前者是首先 PASS 掉的 1、外机基本都是金属封闭的，影响信号；2、每年都要有资费的支出。第二种方法的关键是如何将外机数据传到店内，要知道外机与室内之间只有一条电力线，再无额外的通信线。

针对这一问题我带领硬件研发团队(核心人员是我和宏涛)和几位前人作了一些讨论（所谓前人是先前接手这一项目的研发人员）。

“我觉得可以用电力线载波，这样不用单独拉线，直接利用现有的电力线实现通信。”我提出了我的方案。

“电力线载波我们已经试过了，不行的。”他们不屑的说。

“怎么不行？”

“制冷外机有强冲击(浪涌)，电力猫会被烧掉！”

我基本知道是怎么回事了，他们都不是作电子的，而只会用现成的设备作集成。他们用了电力猫加工控机的方案，如图 7.7。



图 7.7 电力猫与嵌入式工控机

BLF 的研发大多是跟随老板一同再创业的互联网从业人员，他们很精通高级编程语言，比如 Python、Golang，但是对于 MCU 却并不在行。所以在他们的硬件项目里大量的使用了嵌入式工控机，里面运行了 Android 或 Linux，这样就极大的降低了开发门槛。

但是有些硬件项目并不是仅仅把嵌入式软件搞定就 OK 了，它还涉及较深的电力电子方面的知识。比如冷设外机，我知道他们的初衷，如图 7.8 所示。

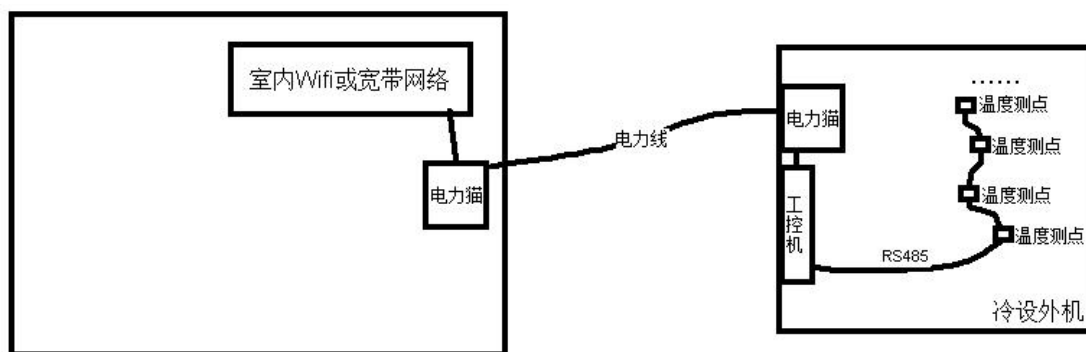


图 7.8 基于电力猫与嵌入式工控机的冷设外机监测示意图

制冷设备外机的工作方式是间歇性的，它的压缩机会不断的启停，这是因为制冷是一个动态调节过程，将被降温空间或物体的温度高于设定温度时，外机即会工作，反之则停机。在启停的瞬间，会在电力线上产生较大的浪涌，瞬时电压可能跳到几千伏，如果电器没有浪涌防护电路，那就很可能被损坏。

一般的电力猫防浪涌能力都较弱，所以直接使用电力猫来通信，其寿命无法得到保证。在浪涌较为严重时，可能连同工控机一起烧掉。

当然，使用这种方案的弊端还有一点就是成本较高。

振南的硬件研发团队仍然使用电力线载波来实现通信，但是我们会专门设计电路，挑选耐操的电力线通信模块，以及针对强干扰环境设计专门的通信协议，来保障整套冷设监测系统的可靠性、稳定性与长寿命。

2、电路设计

先来看一下电路的整体框图，它体现了设计思想，如图 7.9。

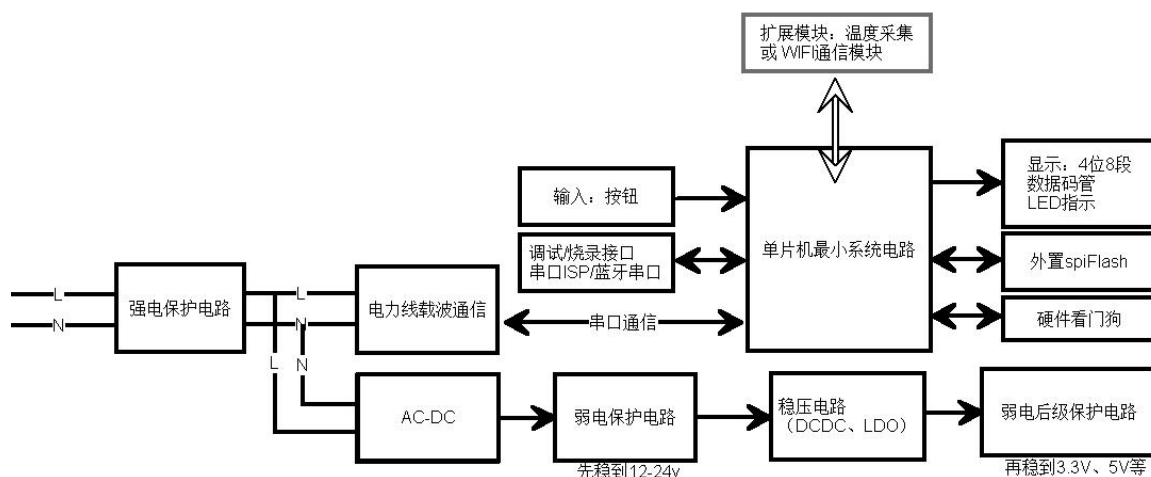


图 7.9 基于电力线载波的冷设外机监测系统电路总体框图

2.1 防护电路

2.1.1 强电防护

我们知道通常交流电力线火零(L与N)之间的等效电压为220V(峰值约可达到311V)，很多的AC-DC模块或适配器上都会写明其交流转入范围，比如110~220V 50/60Hz，一旦超出这个范围，则可能导致其输出的直流电压不正常，或将模块烧坏。所以我们要在220V交流输入端加入防护电路，即本切所说的强电防护。

振南主攻方向并非电力专业，很多知识也是自学而得，有些描述可能可能会有所偏颇或不全，请读者见谅。强电防护我们可以使用保险丝或压敏电阻，前者又可分为可恢复和不可恢复两种。具体连接与使用方法如图7.10。

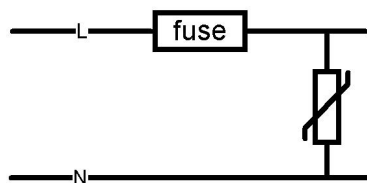


图 7.10 强电防护中的保险与压敏电阻

原理说明：振南不会去用很专业的语言对原理进行描述，想必那样大家看得反而一知半解。振南就用切身的宏观理解来进行描述，这样还能通俗一些。压敏电阻有一个特性，就是加在它两端的电压在耐受电压以下时，其阻值变化很小；一旦超过耐受电压之后，其电阻值将很快下降，这样压敏电阻将分走大量的能量，从而保护了后面的负载。当然，压敏电阻也是有一个能接受的电压上限的，如果电力线上的浪涌非常强烈，此时因为压敏电阻阻值因过小而使电线上流经较大的电流，当此电流超过保险耐受电流时，保险将立即切断，这样就使得后级的负载得以保全。

当然，很多时候线路单单切断还不行，不需要恢复供电，使负载可以继续工作。常用的保险有两种，如图7.11所示。

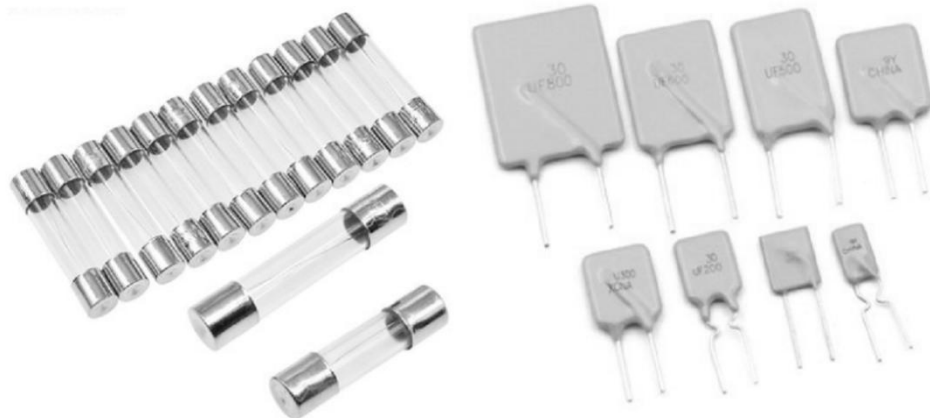


图 7.11 切断型保险丝与自恢复型保险丝

如果用切断型的话，就需要人工去更换，才能恢复线路供电，而自恢复型保险丝则可在线路事故过去之后自行恢复。它们各有优点，前者较后者保险电流通常较大，可以达到 20A 左右，通常用于大型用电器的保护。

2.1.2 弱电防护

首先是一个问题：“既然强电端已经作了防护，为什么弱电还要作防护。”强电防护并不一定能把所有冲击和干扰都拦在前面，比如脉冲群干扰；更重要的是 ESD，即静电释放。这些都可能使弱电端的电压超出其允许的范围，从而对元器件造成损坏。我们可以使用压敏电阻 MOV 或 TVS 二极管来进行解决，如图 7.12。

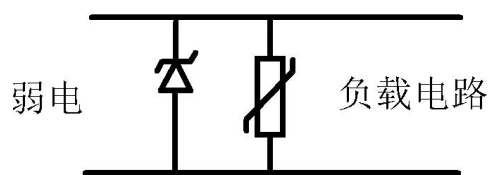


图 7.12 弱电防护中的 TVS 与 MOV

TVS 二极管会和要保护的电路并联。当其电压超过突崩溃准位时，直接分流过多的电流。TVS 二极管是箝位器，会抑制超过其崩溃电压的过高电压。

TVS 二极管与 MOV 似乎很像，都是改变自身的内阻来引流多余的电流。但是在高频电子线路中(电源线与信号线)，我们更多用的是 TVS，因为它的反应速度更快，能达到 ps 级别，从而能够更快速有效的保护元器件免收损坏。

加入了强电与弱电防护电路之后的电路，我们将它放到冷设外机的线路中，连续运行 3 个月(其实就是一个闪灯程序)，没有出现死机和损坏的现象，这表明浪涌冲击这一关我们已经过去了。

2.2 电路复用

电路复用说白了就是“模块化电路”，关于模块化的好处振南就不再赘述了。但要作好模块化，就要从整体全局来审视，把可以共用的部分充分的提炼出来，请看图 7.13。

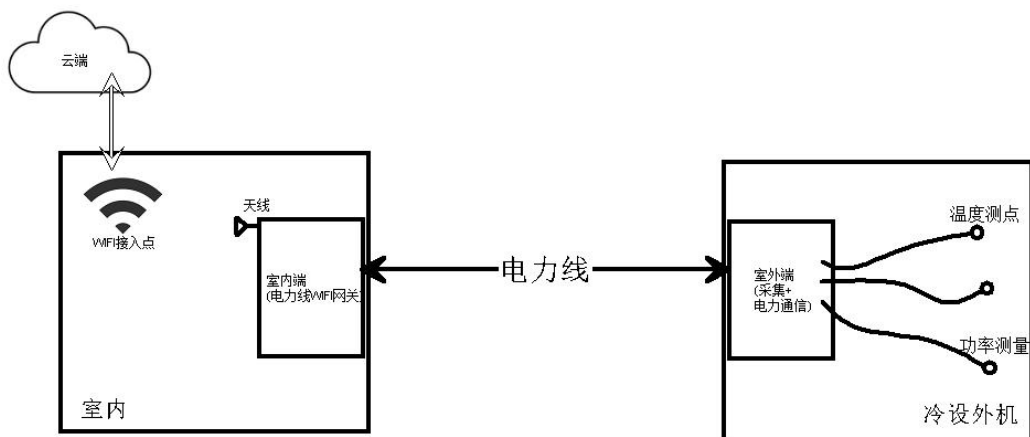


图 7.13 基于电力线载波的冷设外机监测系统整体架构

仔细看过上图，结合上文振南的描述，大家会发现这套系统需要两套电路，一个放在室内，通过电力线通信接收采集数据通过 WIFI 上传到云端；另一个放在室外的冷设外机中，接收室内机的命令，采集温度和功率，通过电力线通信传给室内机。这两套电路除了一个需要 WIFI，一个需要采集功能，其它的功能都是一样的。所以我们需要设备 3 套电路，1 是 WIFI 模块；2 是温度与功率采集模块；3 是主板，如图 7.14。

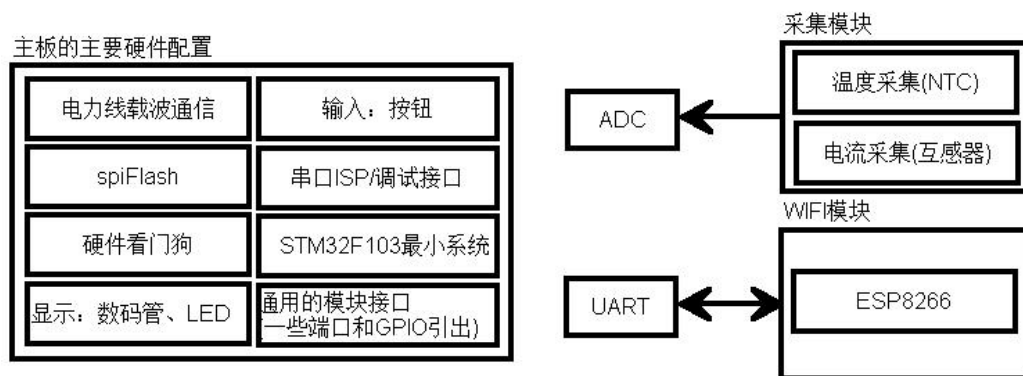


图 7.14 主板、采集模块与 WIFI 模块示意图

它们之间通过插接方式进行组合使用，如图 7.15 所示。

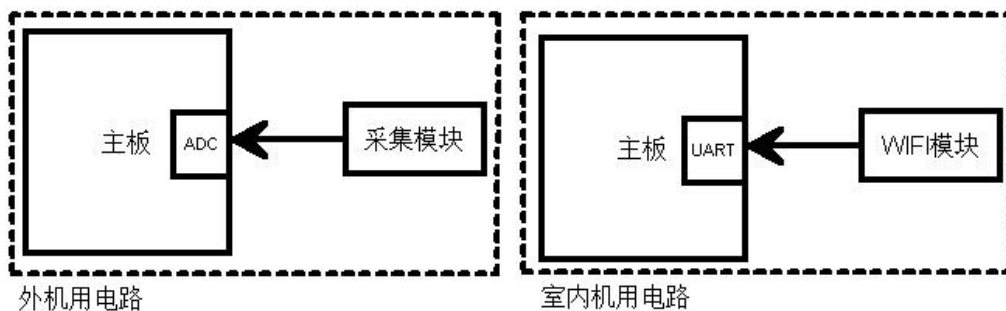


图 7.15 由模块构成的外机与室内机用电路

3、协议设计

3.1 内外机通信协议

先说一下电力线载波通信机制背景：

电力线载波通信硬件层面没有主从与寻址过滤机制，某一个节点发送数据，同一电力线网络下(同相，无变压器隔离)，所有其它节点均可接收到数据(排除电力线干扰的理想情况下)，如图 7.18 所示。

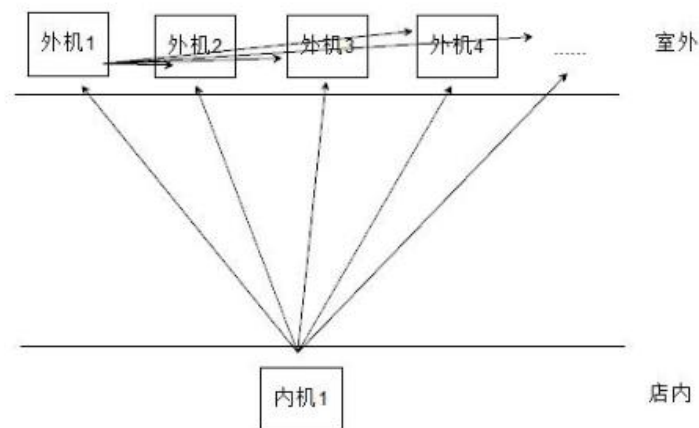


图 7.17 一个内机+N 个外机的电力载波通信模型

即电力线载波通信仅工作在广播通信方式。

电力线载波通信的特点 1、带宽较小，即每次传输数据量较小 2、干扰大，可能导致数据通信失败率较高。

制定协议的原则：

- 1、防止外机与内机通信时对电力线的争抢，即实现有序的无冲突的通信。
- 2、外机与内机自身通信故障诊断，以便从通信故障中恢复。
- 3、容忍恶劣的干扰因素，保障最大限度数据传输
- 4、在有限的数据带宽下，尽量多的传输更多信息

内外机之间的通信采用电力线载波通信，经过多次的筛选测试，最终振南选定了杭州载博科技的 SENS-00 模块，如图 7.16。

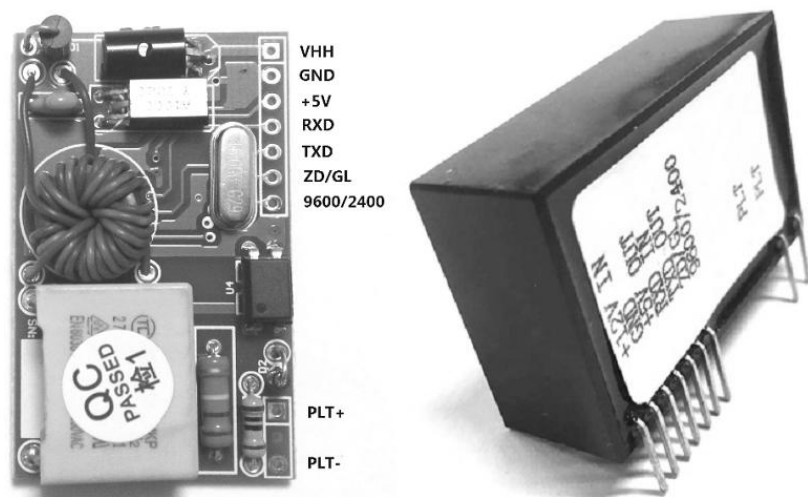


图 7.16 杭州载博科技的 SENS-00 模块

这是一家实力蛮强的公司，模块上所使用的芯片是他们自主研的，如图 7.17。



图 7.17 杭州载博科技自主研发的电力载波通信芯片

主机（内机）请求帧：

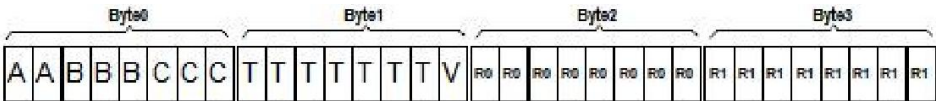
AA55	BB66	AA55	BB66	AA55	BB66	AA55	BB66	AA55	BB66
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

SENS-00 模块每次发送接收固定 20 字节数据，不足部分补 0。

请求帧为了防止数据丢失，采用重复编码，即 10 个 AA55BB66，从机只要接收到至少 1 个 AA55BB66 则认为接收到请求。

外机回传数据帧：

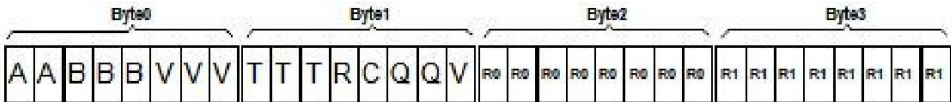
外机回传一次数据长度固定为 40 字节，即两次电力线通信。采用 4 字节反码配对编码，一共可传输 10 组信息。



字段	说明
AA	00 表示模拟量采集数据
BBB	外机 ID，000~111，因此此套方案，现支持 8 个外机
CCC	模拟量采集通道号 000~110，000~101 为 6 路温度，110 为电流
TTTTTTT	温度值，7 位有符号，-64~+63，表达-15~+112 度 于电流，TTTTTTT 表达 0mA~12000mA
V	字节序标记，V=0
R0-R1	前两个字节 Byte0-Byte1 的反码

4 字节前 2 字节与后 2 字节可反码配对，则说明此组数据有效，进而进行解析。
这种方式在传输过程中就算有个别字节丢失，它也能最大限度的解析到足够的信息。

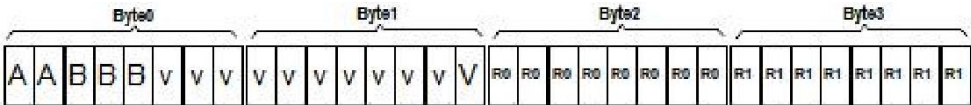
我们不光关心外机回传的采样数据，同时我们也很关心外机自身工作是否正常，所以我们继续作出了如下定义：



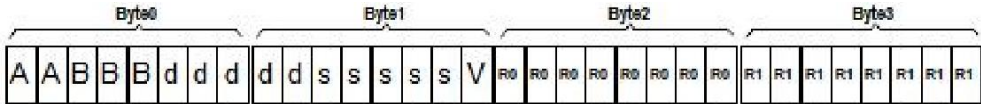
字段	说明
AA	01 表示诊断数据
BBB	外机 ID，000~111，因此此套方案，现支持 8 个外机
VVV	外机电路 CPU 内核电压 000-111，表达 2.1V~4.2V
TTT	外机电路 CPU 内核温度 000-111，表达 18~46 度
R	外机电路软复位标记 (外机软复位后，R=1，直致收到主机请求，将 R 传输后，R=0)

	这样作的目标是为了可以让主机(内机)统计到从机(外机)的软件复位次数，以评估其健康度
C	C 同 R，用于标记外机电路断电（外机因断电复位后，C=1）
QQ	QQ 为从机自主裁决的电力通信质量，00-11，分 4 级别，级别越高，质量越差，误码越高
V	字节序标记，V=0
R0-R1	前两个字节 Byte0-Byte1 的反码

4 字节反码配对编码数据帧还可以表达更丰富的信息：



字段	说明
AA	10 表示从机固件版本
BBB	外机 ID，000~111，因此此套方案，现支持 8 个外机
vvvvvvvvvv	从机嵌入式软件固件版本
V	字节序标记，V=0
R0-R1	前两个字节 Byte0-Byte1 的反码



字段	说明
AA	11 表示从机描述符
BBB	外机 ID，000~111，因此此套方案，现支持 8 个外机
dddddd sssss	dddddd sssss 为两个 ASCII 字符，分别 5 位，用于表达 26 个大写字母，比如 KT(空调)、LK(冷库)等等
V	字节序标记，V=0
R0-R1	前两个字节 Byte0-Byte1 的反码

一共是 40 个字节，就可以将从机(外机)的采集数据、电路诊断信息、固件版本以及人机监控属性描述清楚了，而且任何字节的丢失并不影响其它数据的解析。

有人可能会问一个问题：“我看这套系统是采用主机主动广播请求，从机来回复的方式工作，如何解决数据在电力线上碰撞的问题？”其实，这个问题就如同 RS485 总线的广播一样，从机接收到广播请求帧之后，并不能立即将数据进行回应。振南的作法是各自延时各自的 ID 值后再回应，如图 7.18。

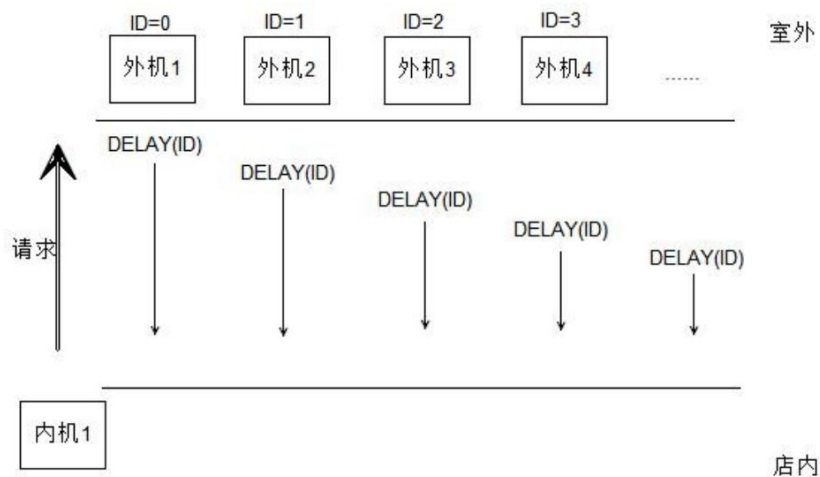


图 7.18 内机一次广播请求各从机延时发送回应

这样，主机(内机)在广播请求之后，等待约 10s，即可接收到来自各从机(外机)的数据了。

3.2 主机与 WIFI Agent 通信协议

主机获取到各个从机的数据并解析之后，最终需要将结果上传到云平台，以便进行进一步的展示或数据分析，在这套系统中主机通过 WIFI Agent 实现数据上传。WIFI Agent 是基于乐鑫 ESP8266 进行单独开发的，这个由专门的嵌入式工程师来负责(它一方面对 8266 的开发方法比较了解，另一方面对 BLF IOT 云平台的数据接入比较有经验)，基本的示意如图 7.19。

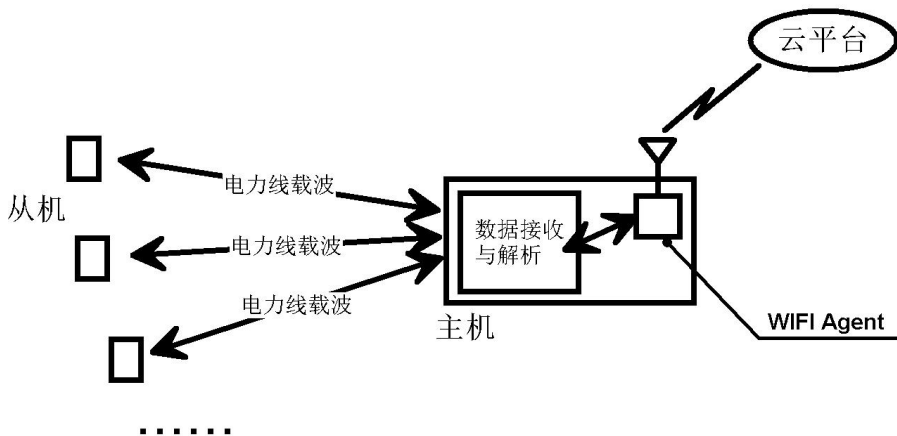


图 7.19 主机接收从机数据解析后通过 WIFI Agent 上传平台

所以这就涉及到主机与 WIFI Agent 之间的协议设计，通过与开发人员商议，最终确定使用 Json 来进行传输。

Json 来对数据进行编码，我们来举个例子：

```
{
  "data": //数据
  {
    "ems": //外机数据数组
    [
```

```

{ //外机 0
  "t1":20.1, //T1
  "t2":30.3,
  "t3":25.2,
  "t4":27.5,
  "t5":28.3,
  "t6":19.4,
  "i":40.5, //电流
  "vc":3.3, //CPU 内核电压
  "tc":40.1, //CPU 内核温度
  "hr":300, //重启次数
  "cr":100, //断电次数
  "cq":2, //外机 0 电力通信质量 0-3
  "fv":1000, //外机 0 固件版本
  "ds":"KT" //外机 0 描述
},
{
  "t1":24.3,
  "t2":32.2,
  "t3":21.1,
  "t4":29.8,
  "t5":27.2,
  "t6":26.1,
  "i":1.0,
  "vc":3.3,
  "tc":40.1,
  "hr":300,
  "cr":100,
  "cq":2,
  "fv":1000,
  "ds":"LS"
}
],

"minf": //主机信息
{
  "shopid":"1120003459", //店号
  "shopinf":"JianWaiSOHO", //店描述
  "mid":"fb89563b98a", //主机 ID
  "mac":"66:ab:33:44:55:66", //主机(Agent) MAC
  "upf":30, //数据上传频度(秒)
  "nem":2, //外机数量
  "hrc":10, //复位次数
  "crc":8, //断电次数

```

```
"plcq":80, //主机端电力通信质量
"comq":6 //网络数据通信质量
}
}
}
```

Json 实质上是一个字符串，其中包含了各分机的采集、诊断等信息，同时还有主机的相关信息，比如主机所在店的店号，这样将更加方便管理。主机将其通过串口发送给 WIFI Agent，然后它再将其处理为它与云平台之间的格式，进而上传。

4、自动化生产与测试

BLF 便利店单单在北京就已经超过 1000 家，全国算下来足有 3000 家左右。这套系统需要在每家店进行部署，而且要赶在 2019 年 5 月份之前完成（这套系统研发完成大约是在 2019 年 3 月），2 个月完成几千家店的部署，先不说安装调试是一个浩大的工程，这首先对代工厂的生产能力就提出了很高的要求，保证在半个月的时间里把几千套冷设监测设备生产制造出来，而且还要做到很高的良品率。这一方面要求代工厂加工设备、人员人力等方面要跟得上，更重要的是要有一整套非常高效成熟的测试手段。在如何实现自动化生产及测试方面，振南下了大功夫，来一起看看振南是怎样作的。

此时有人可能会问：“说了这么多，我们还没有看到这套冷设监测设备的庐山真面目呢？”好，振南在这里放一些照片，如图 7.20。

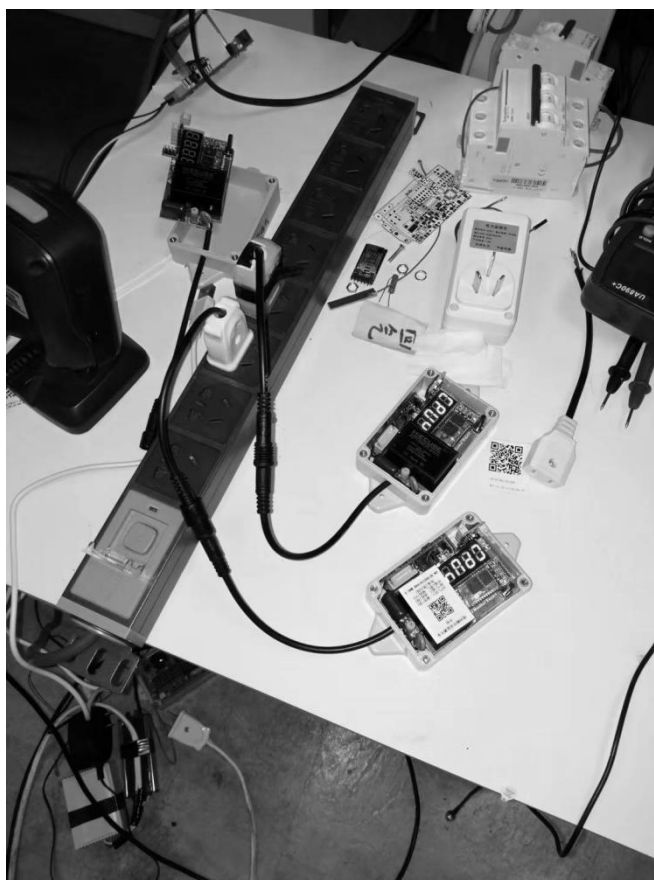


图 7.20 冷设监测设备一主一从通过电力线进行通信



图 7.21 冷设监测设备主机

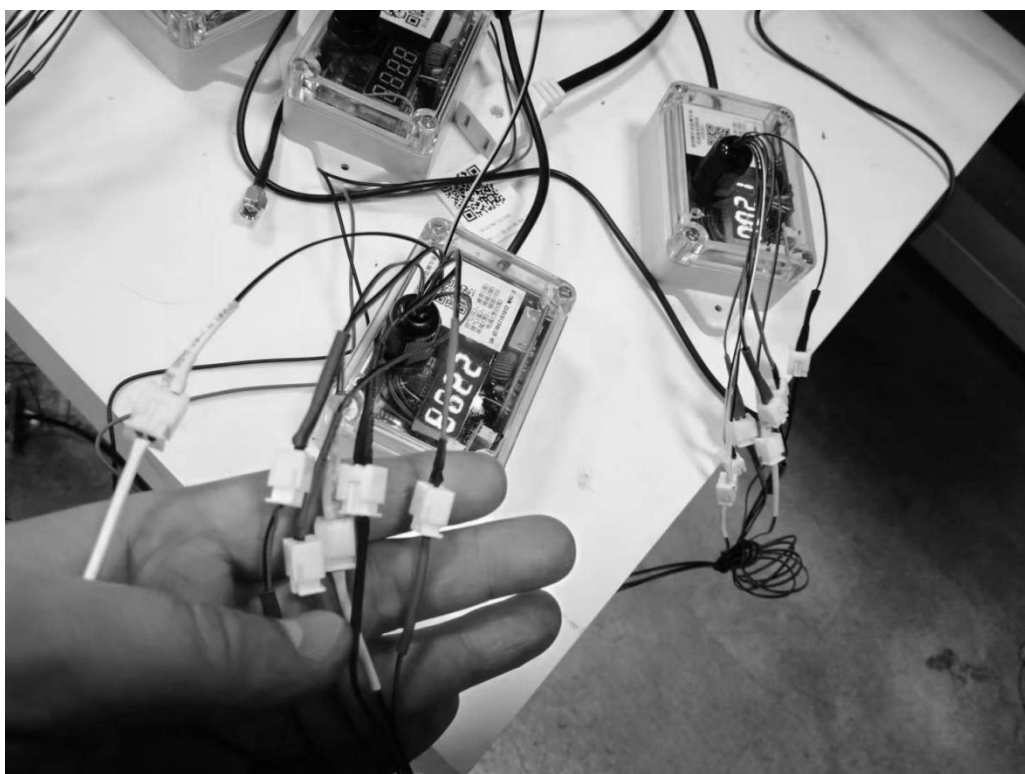


图 7.22 冷设监测设备从机(图中所示为温度探头及互感器接口)



图 7.23 冷设监测设主机安装于室内(直接插在墙插插座上即可与从机通信)

4.1 自动化烧录

有过电子产品批量化生产经历的人都会知道,生产过程中的固件烧录是一件耗时费力的工作。如果我们想办法实现自动化烧录,那生产效率将会有很大的飞跃。冷设监测整套系统一共包括好几个嵌入式软件,如表 7.1 所示。

表 7.1 整套系统所包含的嵌入式软件

部件	嵌入式文件	大小
通用 BL	BL.bin	12K
主机	M.bin	47KB
从机	S.bin	22KB
WIFI Agent	bootloader.bin	9KB
	partitions_two_ota.bin	3KB
	project_template.bin	395KB

我们将这些嵌入式文件统一打包成一个大文件,俗称“大 BIN”,如图 7.20。



图 7.24 用于将诸多 BIN 打包成一个大 BIN 的软件

最终会生成一个体积为 1MB 的 out.bin 文件。

我们在进行批量 SMT 焊接之前，将此 out.bin 文件事先烧录到板上的片外 spiFlash 中，还有所有的 STM32 芯片都事先烧录好 BL.bin，如图 7.25 所示。

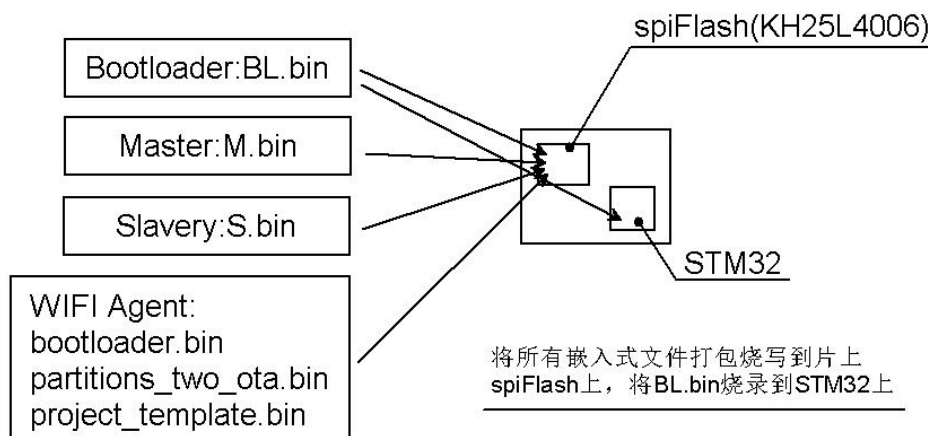


图 7.24 将嵌入式固件事先烧录到片上 spiFlash 与 STM32 中

OK, 经过 SMT 焊接后的 PCBA 是已经内置了所有嵌入式固件的。上电后, STM32 的 BL 会判断此次启动是否为首次启动, 依据是其 APP 区是否为空(擦除或未经编程的内部 Flash 为全 FF)。若为首次启动, BL 将判断此电路是主机还是从机, 依据是所插接的模块是 WIFI 模块还是采集模块, 然后从片外 spiFlash 中读取相应的嵌入式固件烧录到 APP 区中, 再完成 WIFI Agent 的固件烧录。这样, 就实现了自动化烧录。

“你说起来倒是轻描淡写, 自动化烧录应该没那么简单, 比如如何判断插接的是什么模块? 再比如 BL 如何烧写 Wifi Agent(ESP8266), 这个烧写协议应该不简单吧?”

振南在主板与模块的接口中专门留了一个 IO 用于模块的识别, 不同的模块对此 IO 进行了上拉或下拉。BL 依此 IO 的高低电平状态来确认需要烧录哪个固件(关于 BL 更深入的内容请参见《深入浅出话 Bootloader》一章)。而 ESP8266 的烧写, 其实并没有很复杂, 感兴趣的读者可以看一下串口 SLIP 协议(ESP8266 的烧写不是

本章的重点,故不在此展开来讲,网上这方面的教程比较多,大家可以自行学习)。

4.2 自动化测试

自动化测试是依靠测试工装来实现的(关于测试工装我想我不必赘述,有经验的工程师都知道测试工装是什么)。振南还是直接上图吧,如图 7.25。

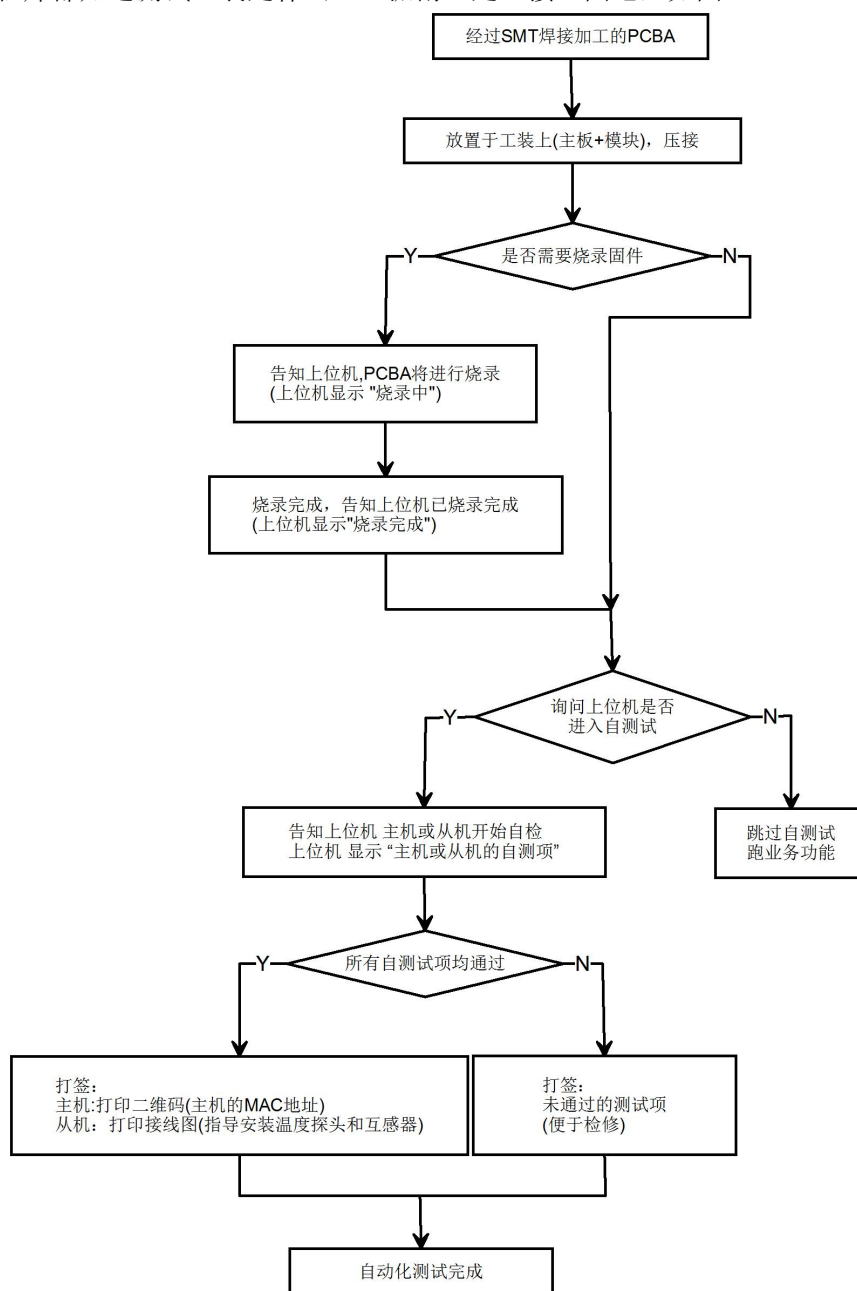


图 7.25 依靠工装及上位机实现自动化测试

从这外流程图中可以看到,我们需要在 PCBA、工装及上位机之间制定一套协议,以便 PCBA 告知上位机其当前的状态,是因为首次上电而准备进行程序烧录,或是即将以主机或从机身份进行自测试,再或是已完成某一项自测试,成功还是失败。自测试项涵盖电路上所有重要功能,比如电力线通信、WIFI 模块工作状态、温度检测、电流检测等等。嵌入式进入自测试程序之后,会依次完成所有自测试项,并将测试结果告知上位机。最终由上位机裁决自测试是否通过,对于测试通过的主机,会直接打印二维码标签(此二维码的意义就是主机的 MAC 地址),由人工贴

于 PCBA 上；而对于从机则会打印接线图，以便指导温度探头和互感器的安装，这样起到了一个简易说明书的作用。如果测试未通过，则将未通过的测试项打印出来，仍然由人工贴在 PCBA 上，以便检修。

“打签这个想法确实新颖，不错！”为了提高生产和测试，乃至后期工程安装的效率，我们确实想了很多的办法。大家可以猜一下，那个主机上的二维码标签有什么作用，如图 7.26？在后面要讲到的工程安装中，它将大有用处。



图 7.26 主机上贴有用于表达其 MAC 地址与 SN 号的二维码标签

有这些自动烧录和自动测试手段的加持，我们在半月内完成了 9000 套电路的生产(包含 3000 台主机和 6000 台从机)。

5、工程测试与安装

5.1 工程测试

所谓工程测试就是由研发人员切身到实际场景下针对冷设监测设备进行测试，以收集安装调试过程中可能出现的问题，最终写入向《工程安装指导说明》中，来指导工程队人员的批量化安装。

主机比较好安装，直接在店内找一个插座插上即可，难点在于从机的安装。制冷设备的外机所处的位置大多并没那么理想，某些情况甚至可谓恶劣。它可能在天台的外机群里，可能在地下车库的一个角落里，可能在某一个房子的房顶上，总之千奇百变，要想找到外机在哪，往往没那么容易，如图 7.27。



如图 7.27 位于地下车库的冷设外机

有些外机所处的位置是非常危险的,比如有些外机在竖井里,它下面就是万丈深渊,要去给它安装冷设监测设备,是需要安全绳的。

我们研发人员作工程测试,当然不会去找位置过于刁钻的外机。我们找了一个在地下外设,如图 7.28。



图 7.28 针对一处在地下的外机进行工程测试



图 7.29 研发人员进行工程测试留影

图中所示的基本就是冷设监测设备的所有研发人员，我们手上抬的是长梯，需要将长梯下放到地下，才能到达外设所在的位置。

在给外机安装完监测设备之后，研发人员需要经常来收集设备的 log 来分析设备是否正常。

“收集 log，需要电脑接上设备的串口，难道每次收集 log 都要抬着梯子，下到地址吗？那似乎有些艰苦啊！”作冷设监测确实是一件很艰苦的工作，但是收集 log 振南动了脑筋，绕开了这些麻烦：在电路上加入了蓝牙串口，它有一定的穿透能力和发射距离，基本在 10 米范围之内就可以找到设备了。而且振南在嵌入式上还写了强大的 Shell 系统，使得诸如配置参数、烧录程序等操作都可以通过 Shell 来进行。所以像收集 log 这样的工作，只要研发人员站在外机附近就能完成了。这套蓝牙串口的机制，在振南很多项目中都有使用，加之串口 Shell，可以为我们省去很多麻烦，让一些操作可以远程完成，尤其是难于触摸到设备的场景，可谓非常方便，如图 7.30、7.31。

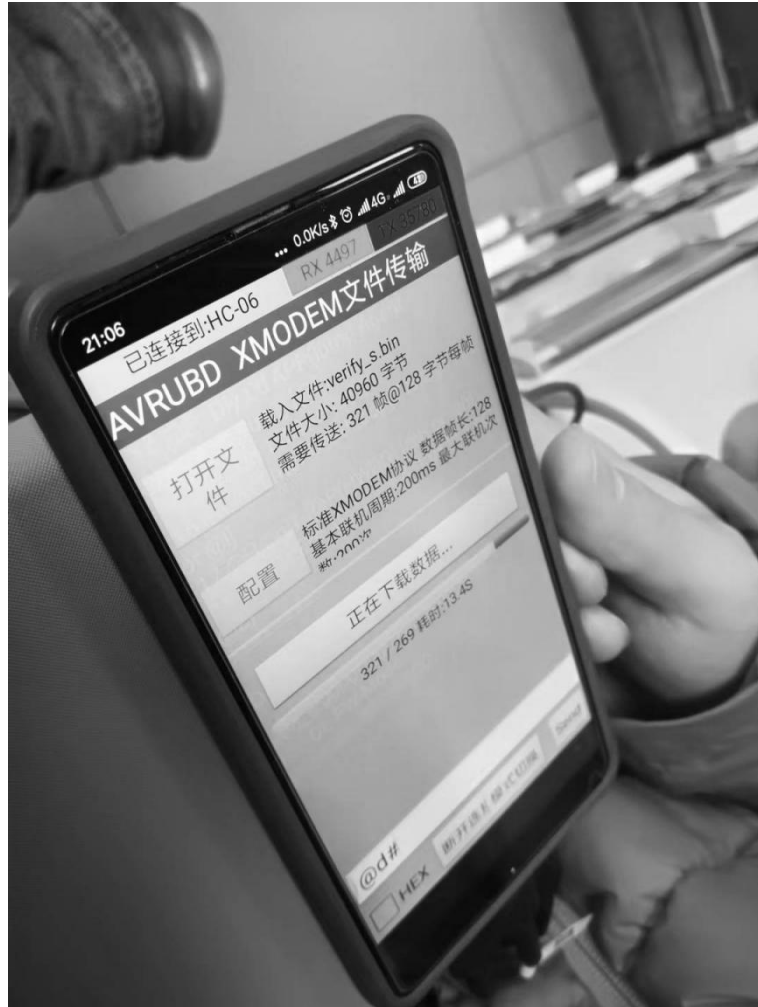


图 7.30 通过手机连接蓝牙串口进行程序烧录



图 7.31 通过电脑连接蓝牙串口收集 log 以及 shell 交互

5.2 工程安装

工程安装有别于研发人员的安装，它是由外包工程队来进行的，他们的人员构成基本都是一些工人，并不会带着太多的思考来干活。他们需要的是 SOP 或者标准化的培训。我们团队中的宏涛承担起了编写 SOP 和针对工人进行培训的任务，为了让工人能更好的理解，宏涛实地教学，亲自动手演示，悉心讲解，如下面几张图。



图 7.33 站在高处为工人演示讲解的宏涛(近景)



图 7.33 站在高处为工人演示讲解的宏涛(远景)



图 7.34 初春乍暖还寒时节洪涛为工人演示冷设监测安装



图 7.34 宏涛配合冷设专家为工程队现场培训

BLF 的便利店遍布全国各大一线城市，所以我们在各大城市都找了工程队对工程安装进行了外包，宏涛需要跑遍全国为各地的工人演示培训，这里对宏涛表示敬意，没有他就没有整个冷设监测项目的真正落地。

时间紧任务重，BLF 全国所有门店需要在 5 月初完成冷设监测设备的安装，以应对夏秋季节冷设故障频发期的到来。全国 10 几支工程队同时开工，我们团队每天为他们提供各种技术支持和指导，远程解决各种现场问题，可以说是连轴转，24 小时不间断，但是我们痛并快乐呢，因为我们都看向同一个目标：待冷设监测设备全国部署完成，它的真正功效将会凸显，极大降低因冷设故障而造成的巨大损失，让技术发挥其巨大的工程实用价值，同时我们自身的价值也得以体现。

空调冷设安装维修真不是一般人能干的，需要有很多证，比如高空作业证、特种施工证等等。看到工人们各种炫技，我们也是佩服不已。

“工人们怎么能确认最终安装是否无误，冷设监测设备运行正常呢？”还记得主机上的那个二维码贴签吗？

我们委托软件部门开发了一款 APP，只需要扫一下主机上的二维码，就可以自动判断是否安装成功。其依据是主机 MAC 地址下，是否可以看到其所挂接的从机数据。

通过这些自动化工程安装手段的辅助，再加上团队的倾力支持，我们完成了这项艰巨的任务，全国 3000 家店都进行冷设监测设备的安装。

5、冷设监测数据分析

在工程安装的过程中，我们已经开始对冷设监测的作用进行评估和分析了。我们挑出了北京地区历年冷设故障率较高的 33 家店，来看他们在一个月内的冷设故障率环比是否有明显下降。

我们把外机分为了冷设外机与空调外机，这 33 家店有冷设外机 31 台，空调外机 32 台。它们的外机报警统计如下表 7.2 所示。

表 7.2 冷设故障率较高的北京地区 33 家店冷设外机报警统计表

序号	已部署门店	冷设	空调
1	酒仙桥路某店	报警, 严重故障	报警, 中度故障
2	酒仙桥路某店	报警, 严重故障	运行良好
3	酒仙桥路某店	报警, 中度故障	报警, 轻度故障
4	酒仙桥路某店	报警, 严重故障	
5	新恒基某店	报警, 中度故障	报警, 轻度故障
6	望京 SOHO 某店	未安装(安装有难度)	报警, 轻度故障
7	阜通东大街某店	运行良好	报警, 轻度故障
8	阜荣街某店	报警, 中度故障	运行良好
9	小营西路某店	报警, 轻微故障	未安装(安装有难度)
10	马甸东路某店	报警, 轻微故障	运行良好
11	苏州街某店	报警, 轻微故障	未安装(安装有难度)
12	北辰西路某店	运行良好	报警, 中度故障
13	北辰福第某店	报警, 严重故障	报警, 轻微故障
14	常利路某店	报警, 严重故障	运行良好
15	朝阳北路某店	报警, 轻微故障	报警, 轻微故障
16	管庄路某店	报警, 严重故障	报警, 轻微故障
17	朝外南街某店	报警, 中度故障	运行良好
18	华远北街某店	报警, 严重故障	运行良好
19	银河 SOHO 某店	报警, 轻微故障	报警, 轻微故障
20	永安里北街某店	运行良好	报警, 轻微故障
21	光华路某店	运行良好	报警, 轻微故障
22	金汇路某店	运行良好	
23	景华北街某店	运行良好	
24	景辉街某店	运行良好	报警, 轻微故障
25	大成国际中心某店	报警, 轻微故障	未安装(安装有难度)
26	景辉南街某店	报警, 中度故障	报警, 轻微故障
27	郎家园东路某店	未安装(安装有难度)	报警, 轻微故障
28	角门路某店	报警, 严重故障	运行良好
29	欣美街某店	运行良好	运行良好
30	农学院北路某店	报警, 严重故障	运行良好
31	融泽嘉园某店	运行良好	运行良好
32	黄木厂路某店	运行良好	运行良好
33	北苑东路某店	报警, 轻微故障	运行良好

我们对上表的报警信息进行了综合分析, 如图 7.35 所示。

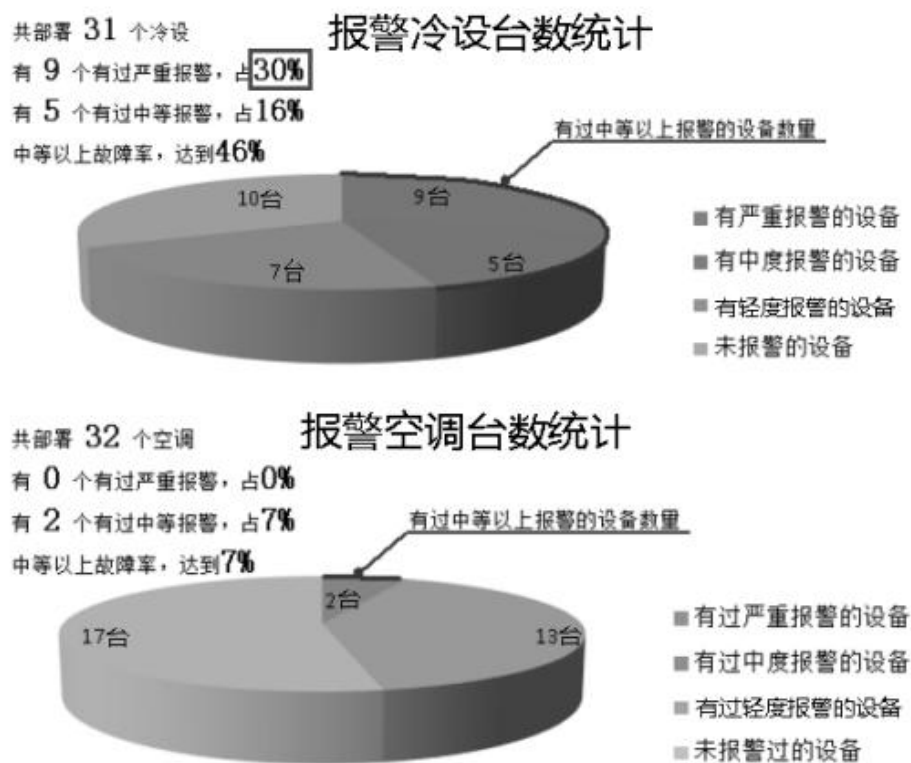


图 7.35 33 门店冷设与空调外机报警综合分析

我们又在北京地区抽取了约 360 家未安装冷设监测设备的门店，拿它们与这 33 家门店的冷设故障率进行比较(两周时间)，如表 7.3 所示。

表 7.3 两周冷设故障率对比

是否部署	门店总数	失温次数	故障率(两周)	平均损失时间
否	约 360 家	11	1.5%	14 小时
是	33 家	0	0%	0

注：损失时间的定义是 故障出现到恢复的时间

6、冷设监测故障预判作用评估

6.1 故障预判时效

故障的预判周期与风险升级，如图 7.36。

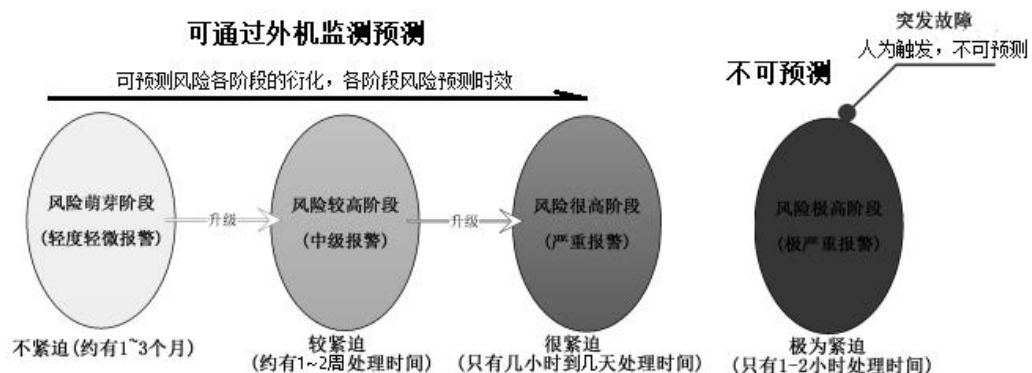


图 7.36 冷设监测的各级故障预判时效

报警提示冷设风险，此时冷设未发生故障而停机，维修是为了清除风险。

风险等级	预判时效	说明
轻度轻微	1~3 个月	萌芽阶段
中度	1~2 周	轻度风险，数月会升级为 中级风险
严重	24 小时	中级报警，在几周内升级为严重报警
极严重(极紧迫)		一些突发故障，不可预测

冷设外机监测安装后，立即就监测到了高危状态，这是因为设备早已处于高危状态。

新建门店短期内出现严重冷设故障实例：3 月份南京有一家店刚装 2 个月压缩机即坏，去年 7 月北京天居园店开业，9 月压缩机即坏。若安装冷设外机监测，严重故障就不会出现，因为在前期的中度风险时就被监测到了，并实施维修。

6.2 对维修保养的验收指导作用

冷设维修后一段时间内，监测指标数据有明显恢复，如图 7.37。

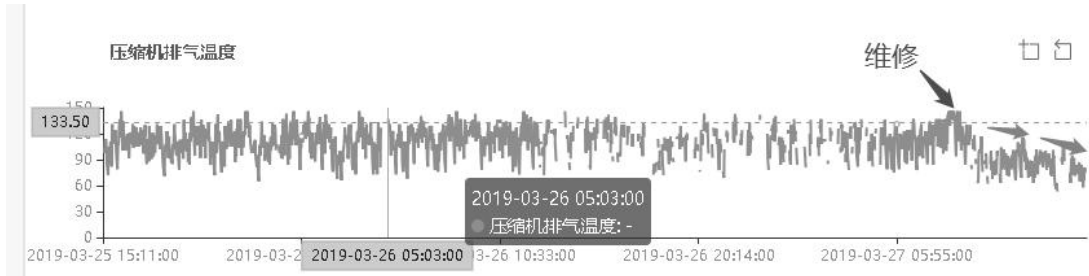


图 7.37 冷设维修后监测数据的变化可为维修结果提供指导作用

上图说明：维修前压缩机温度高达 133 度(压缩机处于极高风险)，维修后监测数据明显恢复。相反，监测数据若无明显恢复，则说明故障仍然存在，继续维修。维修不到位，就反复修，直到故障报警解除，彻底清除风险。

以下是 5 家门店冷设反复维修过程(以监测数据为维修与验收依据)

序号	门店	维护过程
1	某店	[故障报警] [故障解除] [故障报警] [故障解除] [故障报警] [故障解除] [故障报警] [故障解除]
2	某店	[故障报警] [故障解除]
3	保利某店	[故障报警] [故障解除] [未触发报警，但健康度低]
4	福润某店	[故障报警] [故障解除]
5	农学院某店	[故障报警] [故障解除] [故障报警] [故障解除] [故障报警] [故障解除] [故障报警] [故障解除]

[故障报警]	故障报警	[故障解除]	故障解除	[未触发报警，但健康度低]	维修后处于非健康状态，可能再次触发报警
--------	------	--------	------	---------------	---------------------

说明：
某店：经历 4 次反复，最终彻底修好（故障未彻底解决，报警持续）。
某店：维修后故障解除。
保利某店：维修后故障解除，但依监测数据分析，仍有故障趋势(可能再次报警)。
福润某店：维修后故障解除。
农学院某店：监测指标随气温变化而间歇性报警(集中在中午)，抓好气温升高的时机，

维修后彻底解除。

故障预判评估结论：

- 1、冷设外机监测针对不同阶段的故障风险，具有足够的预判时效，指导维修提前主动介入，有效避免故障不发生。
- 2、冷设外机监测对于维修验收，尤其对于疑难故障反复维修，具有重要的指导和参考意义。
- 3、上面的案例是具有代表性的 5 起严重故障。在每起案例中，从故障报警、原因定位、维修结果确认，到反复报警、定位原因、进一步维修，最终彻底排除故障风险，整个过程中，冷设外机监测数据都起到了至关重要的作用。

6.3 故障报警受气温的影响

我们发现：冷设报警数量(尤其是严重报警)与气温变化有较高的关联，如图 7.38 所示。

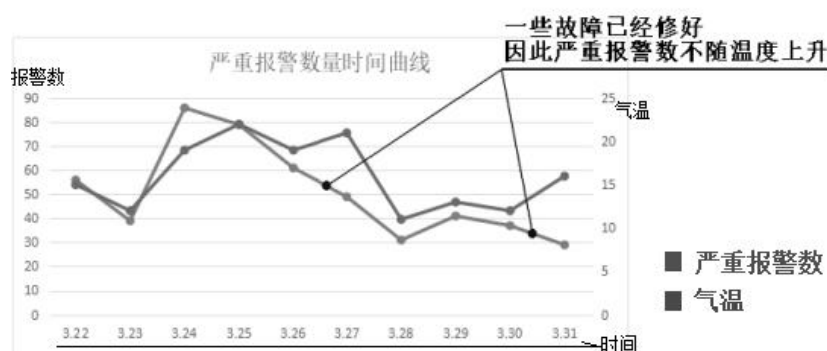


图 7.38 冷设报警数量与气温变化有一定相关性

严重报警数量随气温上升呈现增长趋势。究其原因主是冷设外机散热性能变差。

结论：

- 1、冷设故障具有很强的季节性，与气温有很大关系。
- 2、冷设外机监测对冷设故障具有很强的预判作用，指导维修提前介入，将可以极大降低冷设发生故障的可能(消除早期风险，不出故障)，让营业免受影响，降低损失。

6、冷设预警的典型案列

上面所介绍的几起严重故障案例，每一件展开都是维修工程师与冷设故障斗智斗勇的战斗，振南挑比较典型的给大家详细进行介绍。

1) 申虹路某店

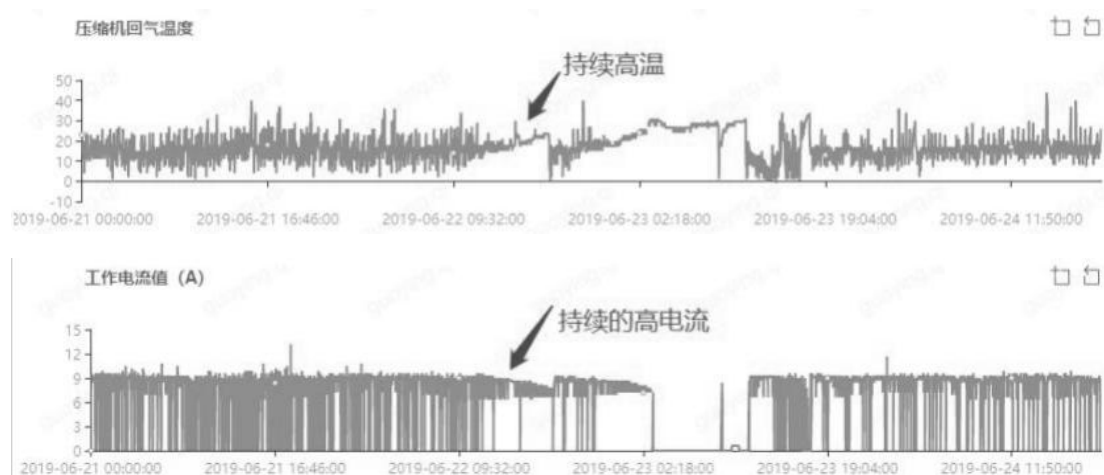


图 7.39 申虹路某店冷设监测曲线(回气与电流)

上海申虹路某店, 从 6 月 22 日回气管线呈现持续高温, 同时从工作电流可以看出, 冷设外机持续工作不停机, 这基本已经可以确认缺氟, 如图 7.39 所示。不出所料, 6 月 23 日该家店的冷设宕机。

“你这有纸上谈兵的嫌疑, 虽然 6 月 22 日报警了, 但是 6 月 23 日不还是宕机了吗? 这个预警时效是不是太短了, 来不及维修?” 其实不然, 对于这种即将宕机的情况能作到提前一天报警, 已经很不错了, 可以为维修争取 1 天的时间。申虹路这家最终还是宕机的原因是, 维修人员对于报警存有怀疑态度, 这种还未报修就上门维修的事情他们从没干过, 说白了他们怕白跑一趟。但最终的结果让他们信服了。后面的举措可谓是大显身手, 拯救了很多冷设, 尤其像申虹路这家店类似的情况, 基本可以作到一击命中。比这种短时救场更有意义其实是排除已经存在的中长期重要隐患(它们不至于让冷设马上宕机, 但是会让冷设健康度不断恶化, 让微疾逐步成为重患, 最终宕机), 尤其是针对于贵重部件的提前维修保养, 比如压缩机, 请看下例。

2) 恒通商务园某店

这家店的冷设监测最早在 3 月 6 日发出报警, 如图 7.40 所示, 排气管线持续处于高温状态。这家园是实验店, 由制冷设备专家亲自负责, 他认为应该是缺氟缺油了。遂带领维修队进行了维修。维修后监测数据恢复了正常。

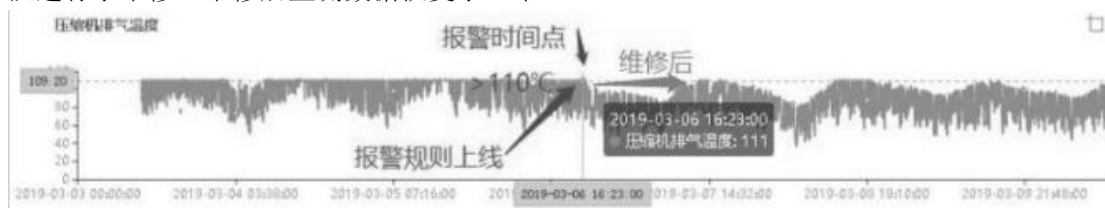


图 7.40 恒通商务园某店冷设监测曲线(排气, 首次报警)

但是在 3 月 11 日再次报警, 如图 7.41 所示, 仍然是排气管线高温, 专家怀疑是前一次维修加氟加油加少了。再次加氟加油后, 恢复正常。

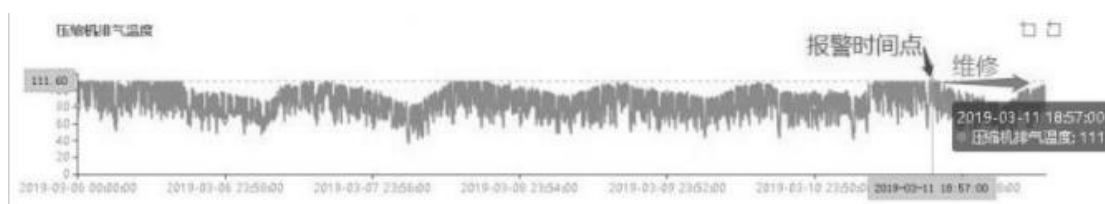


图 7.41 恒通商务园某店冷设监测曲线(排气, 再次报警)

3 月 19 日发生第三次报警, 如图 7.42 所示, 依然是排气管线高温, 这一次专家开始考虑是不是压力阀问题, 调节压力阀后恢复正常。

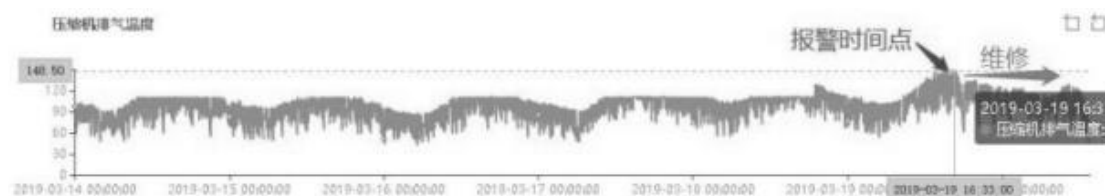


图 7.42 恒通商务园某店冷设监测曲线(排气, 第三次报警)

3 月 20 日发生第四次报警, 如图 7.43 所示, 还是排气管线高温, 专家经过仔细排查,

最终找到了根本原因：风扇风速不足。改换了高速风扇之后，排气彻底恢复了正常。

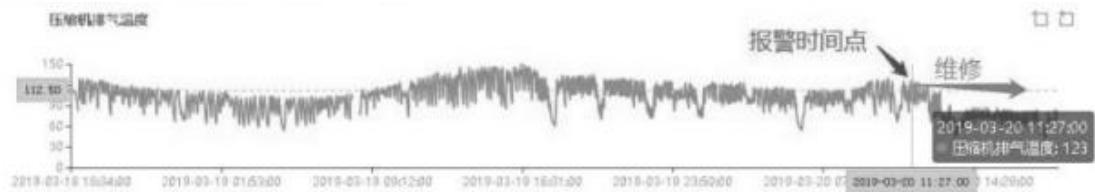


图 7.42 恒通商务园某店冷设监测曲线(排气，第四次报警)

这家店的冷设外机监测多次报警，经实地核对，报警属实而且及时，维修队组织了多次维修，最终找到了故障原因(故障原因较为复杂)，在压缩机严重损坏之前，对其进行了主动预防性的维修。在 4 次维修中，冷设监测报警信息与相关数据起到了重要的作用，指导维修人员最终彻底解决了问题。

像这样的维修例子，在没有冷设监测系统的情况下是不可能作到的。在没有彻底解决冷设问题之前，报警信息将不会解除或者只是暂时解除。

OK，本章花了很大的篇幅介绍了冷设监测项目，这个项目在振南经历中算是比较有规模和典型意义的项目了。在这个过程中，我结识了很多的朋友，包括冷设专家赵工，包括我的团队成员，包括协助我做 Wifi Agent 固件、工装上位机、安装验收 APP 的各位同事，还包括深知此套监测系统经济价值而投以资金支持的 BLF 高层。冷设监测项目其实是一种非常具有挑战意义的项目，研发过程、工程测试等各个环节都是非常累的，但是没人喊累，真可谓痛并快乐着，大家在为共同的目标而奋斗。

向共同奋斗过的同志们致敬，尤其是我硬件团队里的宏涛，这段经历我永远不会忘记。同志们，继续加油！