

# 天加空调预测性运维边缘计算（端到端）解决方案

## 1. 方案背景

南京天加空调设备有限公司系一家服务于政企，机关，医院，轨道交通等各大客户的中央空调制造企业。其产品覆盖广，终端用户众多。其室外机与室内机的配比最大为 3:64，通常在 3:15~3:20 之间可以覆盖一层楼的室内空调服务。

设备厂商为了检修运维需要，在室外机安装了数据采集与控制电板。以下简称 PAC。

电板对外暴露 USB 接口和 RS485 接口。其中，设备厂商通过插入 U 盘方式，让 PAC 中的程序自动写入设备运行的各项指标数据。按照目前数据量推算。每 10 秒钟产生数量量约为 5M 字节。

为了生产运维需要，设备厂商希望，能够通过自动化的终端采集，以网络传输的方式将采集数据自动化的清洗，并送至云端。提供 400 客服进行预测性运维和故障跟踪。详细内容将在下一建设目标章节阐述。

## 2. 建设目标

天加中央空调客户群遍布全国各地，目前采用的运维故障诊断的手段仍然比较传统。通过主机电板获取室内机，外机的配置，运行，告警数据。将数据存储于电板插入的 U 盘中。运维工程师将此份数据从 U 盘取出后，使用自有软件进行人工分析，判障后，在进行现场维修。

此传统手段带来的问题显而易见。人工成本巨大，运维效率低，自动化程度低。因此，需要通过远程的自动化的，低时延的高效率的将远端空调数据实时采集，并自动化的判障。将问题直达客服，客服直接远程回访客户或派单给驻地维护人员进行上门维护。并且，后续还可以进一步的，客服技术支持通过系统空调的故障工单，直接远程为空调下达维护指令，进行远程维护（需要电板协议的进一步支持）。

### 3.需求

#### 3.1 数据采集要素

##### 3.1.1 主机室内机个数

在网关第一次采集某台主机时，需要确定主机中室内机个数。采集数据：室内机数量。  
如室内机数量为 10，则说明此主机所带室内机数量为 10. 其从机地址位 1~10.

##### 3.1.2 室内机状态信息参数

序号	字段名称	规则	示例
1	机组号	当前采集室内机 slaveId+ “#” + “内机” +制冷量 /10+”KW”	1#内机 2.2KW
2	回风	采集字段 TH4 除以 10	32
3	进盘	采集字段 TH1 除以 10	41.2
4	中盘	采集字段 TH2 除以 10	43.1
5	出盘	采集字段 TH3 除以 10	56.1
6	膨胀阀		90
7	能力需求		0
8	程序版本	程序版本除以 10	21.6
9	ID		5447

其中，进、中、出盘表示室内机内部相关构件的实时温度。

##### 3.1.3 室内机设置参数

序号	字段名称	规则	示例
1	设定模式	1-制冷， 2-制热， 4- 送风， 5-除湿	2
2	设定温度		30
3	设定风速	0-低风， 1-中风， 2- 高风	2
4	电辅热	0-关， 1-开	1
5	睡眠	0-关， 1-开	1
6	摆风	0-关， 1-开	1

这里就是家中常用空调面板上显示的室内机的运行模式设置。

##### 3.1.4 室内机开机状态

仅一个参数，表示主机下带的室内机开机状态。可以逐台采集，也可批量采集当前主

机下所有的室内机的开机状态（开状态或关状态）。

### 3.1.5 设备故障

一次性采集主机及其所有室内机的故障。例如：主机的要所及故障，变频压顶传感器故障，变频压缩机故障，低压高压传感器故障，温度传感器故障，主机从机通信故障，实时时钟故障，存储器故障，风机故障，以及室内机的通信、风机、传感器故障。

十进制	十六进制	模块号	功能	R/W	十进制	十六进制	模块号	功能	R/W
12289	3001h	主机	变频高压故障	R	12321	3021h	主机	保留	R
12290	3002h	主机	风机驱动过载	R	12322	3022h	主机	排气过热度过小	R
12291	3003h	主机	定频高压故障	R	12323	3023h	主机	保留	R
12292	3004h	主机	定频热继故障	R	12324	3024h	主机	低压过低	R
12293	3005h	主机	变频驱动通信故障	R	12325	3025h	主机	排气或压顶温度过高	R
12294	3006h	主机	保留	R	12326	3026h	主机	环境温度过低或过高	R
12295	3007h	主机	变频驱动过热	R	12327	3027h	主机	室内机通信故障	R
12296	3008h	主机	变频驱动故障	R	12328	3028h	主机	系统故障	R
12297	3009h	主机	TH1 传感器故障	R	12329	3029h	主机	1#室内机通信故障	R
12298	300Ah	主机	TH2 传感器故障	R	12330	302Ah	主机	2#室内机通信故障	R
12299	300Bh	主机	TH3 传感器故障	R	12331	302Bh	主机	3#室内机通信故障	R
12300	300Ch	主机	TH4 传感器故障	R	12332	302Ch	主机	4#室内机通信故障	R
12301	300Dh	主机	TH5 传感器故障	R	12333	302Dh	主机	5#室内机通信故障	R
12302	300Eh	主机	TH6 传感器故障	R	12334	302Eh	主机	6#室内机通信故障	R
12303	300Fh	主机	TH7 传感器故障	R	12335	302Fh	主机	7#室内机通信故障	R
12304	3010h	主机	TH8 传感器故障	R	12336	3030h	主机	8#室内机通信故障	R
12305	3011h	主机	变频压顶传感器故障	R	12337	3031h	主机	9#室内机通信故障	R
12306	3012h	主机	定频压顶传感器故障	R	12338	3032h	主机	10#室内机通信故障	R
12307	3013h	主机	变频压缩机过载	R	12339	3033h	主机	11#室内机通信故障	R
12308	3014h	主机	定频压缩机过载	R	12340	3034h	主机	12#室内机通信故障	R
12309	3015h	主机	保留	R	12341	3035h	主机	13#室内机通信故障	R

### 3.1.6 室外机主机状态

序号	字段名称	规则	示例
1	程序版本	采集值除以10	22.7
2	本地地址	同采集值	1
3	机型（室外机匹数）		10
4	硬件配置1	字段暂时无用	128

5	运行模式	<div>※2 室外机运行 Mode</div> <div>0: 停机</div> <div>1: 系统复位</div> <div>2: 制冷开机</div> <div>3: 制冷运行</div> <div>4: 制冷关机</div> <div>5: 除霜开始</div> <div></div> <div>6: 除霜运行</div> <div>7: 除霜结束</div> <div>8: 制热开机</div> <div>9: 制热运行</div> <div>10: 制热关机</div> <div>11: 故障保护</div> <div>12: 死机保护</div>	9
6	Time系统时间	采集字段连续四个{秒钟： 56 分钟： 54 小时： 17} 星期week: 5	星期5,17:54:56
7	TH1~TH8	采集字段连续8个，采集值均要除以10	25.9, 82.5, 25.4, 6.8, 21.9, 23.2, 6.6, 0
8	FC1~FC2	采集字段连续2个，采集值均要除以10	85.8,0
9	没用字段		0
10	没用字段		0
11	没用字段		0
12	低压压力low_p	采集值需要除以10	8.4
13	高压压力high_p	采集值需要除以10	25.8
14	吸气过热度	采集值需要除以10	20.2
15	冷凝温度t_dew		44
16	压缩机1指定转速	压缩机转速数据是双字节，就拆开，每个单字节表示一个转速。本次采集测试先考虑就一个压缩机	56
17	总能力输出CAP_OUT:	采集值除以100加上单位KW	15.61KW
18	总能力需求CAP_DMD	采集值除以100加上单位KW	11.76KW
19	EXV1~EXV4开度	采集连续四个字节	60, 480, 0, 0
20	继电器输出状态1~3	采集连续三个字节	2, 13, 0
21	变频压缩机转速C1转速		3360
22	变频压缩机电流		76
23	压缩机驱动温度C1温度		45
24	压缩机驱动故障代码C1错误码		0
25	FAN1设定转速	采集值除以10	69.0
26	FAN1风扇电流	采集值除以10	4
27	保留字段	不要	42
28	FAN1故障码		0

29	FAN2参数（同FAN1）	10797	2A2Dh	主机	2 变频压缩机转速	R
		10798	2A2Eh	主机	2 变频压缩机电流	R
		10799	2A2Fh	主机	2 压缩机驱动温度	R
		10800	2A30h	主机	2 压缩机驱动故障代码	R
		10801	2A31h	主机	2 变频风扇转速	R
		10802	2A32h	主机	2 变频风扇电流	R
		10803	2A33h	主机	保留	R
		10804	2A34h	主机	2 风扇驱动故障代码	R

## 3.2 采集方式

### 1、总体要求

低延时，数据可自动采集，无线通讯方式上报。

### 2、详细要求

通过边缘网关就近通过 RS485 协议，对接主机主控板，采集主机、室内机的配置，状态，告警数据。并按照解析模板，对数据进行清洗转换。清洗转换要求包括高低位转换，去浮点，对比数据字典转换状态码。最终将数据形成一个可读的结构化数据，如 json，xml 格式的数据自动通过无线通讯协议（4G，TCP）导出到云端存储。

数据低延时，网关采集周期每 10 秒采集一次，采集的数据量大约是 5M。网关的数据传输需要达到 5~10M 每 10 秒。

数据安全，主要涉及到后续远程运维对主机下发参数配置时，由于网关处于外部无线网络。数据安全从网络层面需考虑安全策略，SSL,数据传输加密，网络 VPN 隧道等安全方式。

## 3.3 目标效果

### 1、设备管理

以 gis map，列表方式，将天加空调所有客户的主机，室内机设备的数量，状态信息，实时的统计展现出来。例如：

南京：客户数 10000.

客户甲：主机 3 台，内机 64 台。

客户甲的主机编号，状态，室内机的编号，状态。



图：设备分布概览

序号	时间	地区	设备	设备编号	运行状态	故障状态	装机时长(y)	在线时长(y)	操作
1	2018-09-14 12:00:00	南京	主机1	ROS112	在线	无	3.4	9.3	<a href="#">设备详情</a>
2	2018-09-14 12:00:00	南京	外机1	OWU983	在线	告警	9	2.3	<a href="#">设备详情</a>
3	2018-09-13 12:00:00	上海	主机2	JYw8237	离线	无	2.6	7.1	<a href="#">设备详情</a>
4	2018-09-12 12:00:00	杭州	主机3	JW2HY	在线	无	8	2.2	<a href="#">设备详情</a>
5	2018-09-11 12:00:00	成都	外机3	HQRQ7	在线	告警	1.2	6.2	<a href="#">设备详情</a>
6	2018-09-17 12:00:00	乌鲁木齐	外机4	JQUh11	离线	无	3.2	4.7	<a href="#">设备详情</a>
7	2018-09-12 12:00:00	北京	外机6	OQ8131	在线	无	5.3	6.1	<a href="#">设备详情</a>
8	2018-09-17 12:00:00	重庆	主机7	KJQU72	在线	无	3.1	5.6	<a href="#">设备详情</a>
9	2018-09-03 12:00:00	海口	主机7	OQJ723	在线	无	7.6	3.4	<a href="#">设备详情</a>
10	2018-09-12 12:00:00	郑州	外机8	JQU162	在线	告警	4.6	4.1	<a href="#">设备详情</a>
11	2018-09-01 12:00:00	济南	外机8	HQT161	在线	无	4.3	6.4	<a href="#">设备详情</a>

图：各地设备信息

序号	设备	设备编号	机型	冷媒	运行模式	设定转速(rps)	压缩机输入电流(A)	旁通阀状态	吸气压力(bar)	排气压力(bar)	吸气温度(°C)	排气温度(°C)	冷凝温度(°C)
1	主机1	HWY126	JWY729	R263	制冷开机	64	7.1	ON	2.7	6.6	37.1	21.1	17.2
2	主机2	KOY4	JQU8A	R263A	制冷开机	36	4.1	ON	7.2	4.8	37.1	21.1	17.2
3	主机3	FAG233	CGA563A	JQ61A	制冷开机	64	2.4	OFF	2.7	4.7	37.1	21.1	17.2
4	主机4	LWO787	NAIQ15W	JQ6B	停机	36	6.1	ON	5.2	5.9	37.1	21.1	17.2
5	主机5	JWQ363	FWUZ16	IQY7B	制冷开机	64	5.5	ON	4.4	7.8	37.1	21.1	17.2
6	主机6	LOP766	UWUC733	JQY4A	制冷开机	48	3.1	OFF	3.2	4.7	37.1	21.1	17.2
7	主机7	LAOP77	TGU786	R263	停机	36	4.6	ON	3.2	5.5	37.1	21.1	17.2
8	内机1	NASGF2	RGT846	IT2	制冷开机	36	3.2	ON	2.5	7.2	37.1	21.1	17.2
9	内机2	NHC13F	EQR838	J65	制冷开机	48	5.1	ON	4.6	2.3	37.1	21.1	17.2
10	内机3	KWH125	OKP76S	Y237	制冷开机	36	5.5	ON	3.2	8.1	37.1	21.1	17.2
11	内机4	KWI87	WSQ312D	F928	制冷开机	0	5.8	ON	3.2	8.1	37.1	21.1	17.2
12	内机5	WBB177	UGT547	U87	制冷开机	36	6.4	OFF	3.2	8.1	37.1	21.1	17.2
13	内机6	KWY676	FWU488	F363	停机	36	6.8	ON	14.2	11.5	37.1	21.1	17.2
14	故障诊断	JW111	GTG626	N655	制冷开机	维护工单	8.1	ON	12.6	37.1	21.1	17.2	
15	主机11	BIWH	NDP811	Q43WA	制冷开机	48	4.1	ON	3.2	8.1	37.1	21.1	17.2
16	主机12	JWH8	BCG53A	H12QY	停机	36	5.8	ON	16.8	18.3	37.1	21.1	17.2
17	内机13	IW2Y	KU671	J928A	制冷开机	64	10.3	OFF	3.2	8.1	37.1	21.1	17.2

图：设备详细数据

2、自动判别故障

当采集数据故障中出现相应的故障，结合技术支持的运维知识字典，对当前故障做相应的判别和维护措施，并形成告警送达客服技术支持平台。客服技术支持通过电话服务和派单的方式为客户提供产品运维。



● 故障诊断				
序号	时间	设备	级别	状态
1	09-23 11:23:31	JM06	严重	未处理
2	09-17 17:33:46	JM03	一般	未处理
3	09-9 10:18:27	JM06	一般	未处理
4	08-30 19:46:25	JM01	轻微	未处理
5	08-29 06:09:25	JM07	严重	未处理
6	08-28 12:11:45	JM07	严重	未处理
7	08-27 17:54:12	JM07	一般	已处理

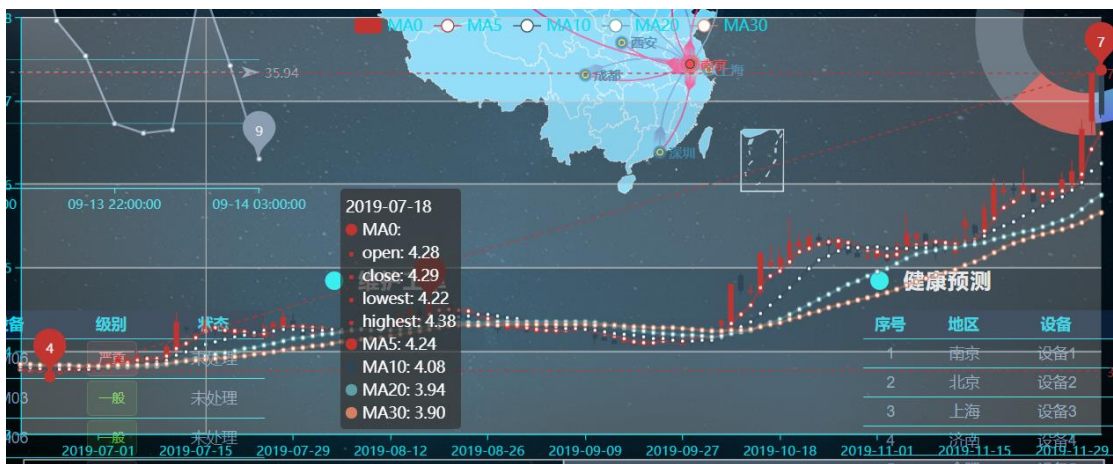
图：设备实时故障诊断

### 3、预测性维护

预测性维护又称辅助决策。即根据故障类型，故障次数，故障周期，设备状态，设备配置参数，以及客户所在地温湿度环境，开机频率，开机时长等环境参数，用户行为习惯等。对故障进行大数据分析。分析出设备在哪些环境，哪些用户行为习惯，哪些设备状态，哪些批次产品设备容易产生什么故障，在什么情况下，在什么样的周期下产生什么样的故障。最终，厂商根据辅助决策数据对现有产品可进行提前维护保养，客户对用户的使用情况进行跟踪回访。厂商也可以根据这些数据对将来的产品进行相应的生产工艺，技术进行各方位的生产过程改进。

● 健康预测				
序号	地区	设备	预维护部件	预计维护时间
1	南京	设备1	压缩机	2018-9-13
2	北京	设备2	电磁阀	2018-9-12
3	上海	设备3	低压开关	2018-9-11
4	济南	设备4	板式换热器	2018-9-11
5	合肥	设备5	压缩机驱动板	2018-9-10
6	南京	设备6	室内机主板	2018-9-09
7	南京	设备7	室内机风机	2018-9-09
8	南通	设备8	电子膨胀阀	2018-9-09

图：健康状态预测（预测设备维护的周期）

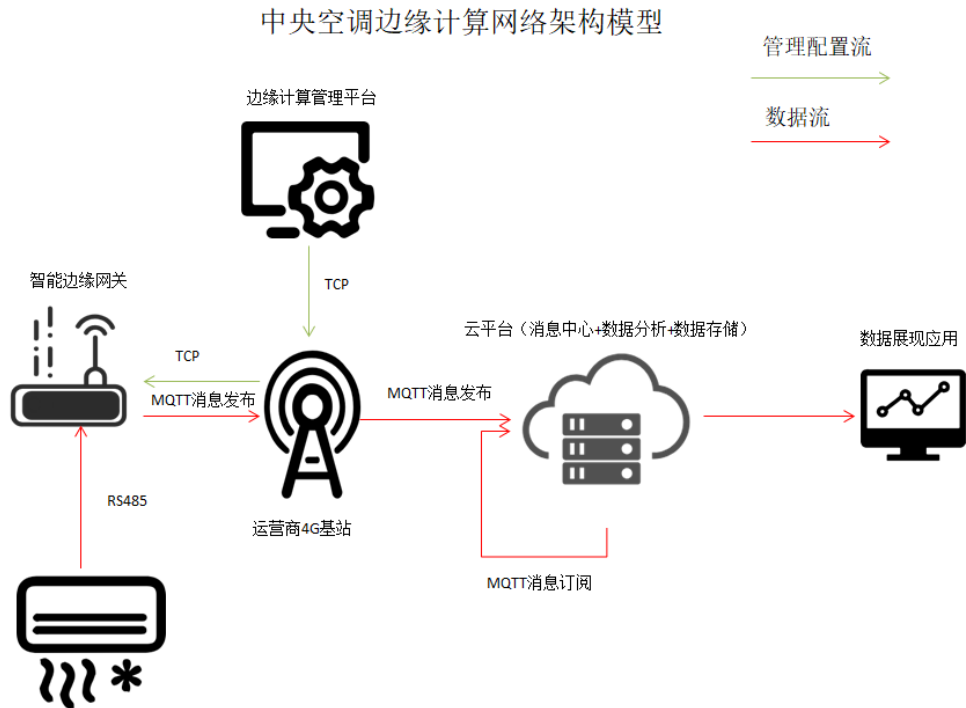


图：设备维护周期 K 线图

## 4.方案架构

### 4.1 网络实施架构

针对天加空调业务场景，采用边缘计算架构对空调的运行数据进行采集，清洗，导出。其意义在于解决原先的人工 U 盘取数分析，降低人为操作的工作成本。利用边缘网关和设备板卡的对接，定时任务化的自动采集数据和数据导出。经过前期调研，天加工程师要求第一步先将数据采集上来。根据此要求。我们初步将方案设计为下图：



根据上图所示，整个网络实施架构分为设备，网关，基站，云平台，边缘计算管理平台，



数据展现应用几个部分。其中和数据采集，导出直接相关的有设备，智能网关，基站，边缘计算管理平台，云平台。

数据采集流：网关通过 485 接口，通过 MODBUS RTU 协议采集室外机板卡运行数据，设备采集服务 DeviceService。（初定每 10 秒采集一次），网关采集的数据通过 MQTT 主题发布方式，发布至云平台的 MQTT SERVER。将来云端大数据分析或数据存储功能可以通过消息主题订阅的方式，向 MQTT SERVER 订阅数据。

管理配置流：管理配置的主角为边缘计算管理平台，主要负责网元设备及其服务，任务的端到端管理工作以及健康状态监控工作。具体功能在系统架构中将进一步进行详细介绍。

## 4.2 系统架构

整体系统架构分为边缘计算的管理平台，边缘以及相关生态系统。本案主要介绍与数据采集相关的系统架构模型。

- 1、边缘(边缘网关): 包含数据采集服务，规则编排引擎，数据导出服务，告警与实践处理，配置可视化，边缘数据分析与清洗，定制插件等服务。其中数据采集，数据导出，规则引擎为必选项。在本案数据采集中，数据采集服务适配 modbus RTU 的协议对接，数据采集，规则引擎需要用到定时任务 schedule 的配置执行，数据采集 deviceService 需要根据 schedule 的任务定制来执行其数据采集周期。数据导出服务 exportService 主要将 deviceService 采集的原始数据或简单清洗后的数据以 MQTT 消息主题发布的方式，发送至 MQTT Server。
- 2、平台（边缘计算管理平台）：  
在本案中，平台主要负责网关相关的有设备信息管理，元数据管理，网关中的微服务管理，业务和规则编排，安全认证等几各主要方面。

设备管理：空调板卡作为一台设备，网关作为接入设备的网元。需要进行统一的注册和管理。之后，平台注册了哪些设备，哪些网关均可以在平台查询。此外，设备 SDK 作为网关网元的服务，通过平台统一部署。目前我们采用的是以 docker 容器的方式进行统一的服务管理和部署。

数据管理：主要针对网元元数据进行管理。例如要采集哪些指标。温度、压缩机转速、电流电压。这些在边缘计算管理平台中均以元数据管理的方式，将其与数据采集微服务，数据采集的网关，设备关联起来。元数据的管理，为数据采集，快速的部署提供了可靠的模板。



## 4.3 信息安全

- 空调企业的数据与信息安全格外重要。在此使用单独一个章节简单介绍一下。
- 本案，网关采集数据后，数据走 TCP 上报云端。在此过程有两种方案：
- 1、网络数据安全：数据包需要进行加密，报文的报头鉴权，mqtt 启用 SSL，云端防火墙完善策略，如 DDOS 攻击，木马攻击等安全措施。
  - 2、权限安全保护：
 

会在所有连接点范围内提供身份验证和端到端加密服务，因此绝不会在没有可靠标识的情况下，在设备和平台之间交换数据。此外，可以通过应用具有详细权限的政策来保护对设备和应用程序的访问权限。
  - 3、设备状态保护：设备影子会保存设备的最新状态，以便能够随时进行读取或设置，使设备对应用程序来说，似乎始终处于在线状态。这表示您的应用程序可以读取设备的状态（即使它已断开连接），并且允许您设置设备状态，并在设备重新连接后实施该状态。
  - 4、系统和服务状态保护：网关采用内置看门狗，当设备系统和内部服务出现中断，会自动重启操作系统和服务。以保障服务连续的不间断运行。
  - 5、网络稳定保护：采用硬件级看门狗防止由于硬件原因导致 4G 中断，一旦出现此故障，则自动重启整个网关系统。
  - 6、端到端 VPN 隧道(备选):网关增加 SD-WAN CPE 功能，云端与网关，边缘计算管理平台三者建立 VPN 隧道，同时启用网关的鉴权认证。

## 5.平台配置操作流程

Step1: 进入 FlexECO 管理平台



Step2: 新增公共设备配置，也就是我们的网关。填写设备名称，厂商，型号，描述等相关信息保存即可。可以手动配置，也可以以一个 yml 文件格式上传。



Step3: 在设备管理中，选择网关设备所连接的协议，设备服务，设备配置，地址协议即可。其中设备服务。



当前配置设备: CC

连接配置

属性	值
*Endpoint	<input type="text" value="modbus.tcp://ip:port"/>
SlaveId	<input type="text" value="1"/>
Offset	<input type="text" value="0"/>
Quantity	<input type="text" value="10"/>
*Timeout(ms)	<input type="text" value="1000"/>

读取位

属性	读取位	读取方法	读取表达式
OutputFrequency	<input type="text"/>	以32位浮点型读取	<input type="text"/>
RPM	<input type="text"/>	以32位浮点型读取	<input type="text"/>
OutputVoltage	<input type="text"/>	以32位浮点型读取	<input type="text"/>
Status	<input type="text"/>	以32位浮点型读取	<input type="text"/>
Direction	<input type="text"/>	以32位浮点型读取	<input type="text"/>
Frequency	<input type="text"/>	以32位浮点型读取	<input type="text"/>

保存

测试