

# 团 体 标 准

T/CQAE 11XXX-XXXX

## 工业互联网时间敏感网络交换机 技术要求

Technical requirements for time-sensitive network switches in industrial Internet

(报批稿)

2022-12-xx 发布

2022-12-xx 实施

中国电子质量管理协会 发布







## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 缩略语 .....	2
5 总则 .....	3
6 工业环境适应性要求 .....	3
6.1 气候环境 .....	3
6.2 电磁兼容 .....	3
6.3 绝缘性能 .....	3
6.4 机械适应性 .....	4
6.5 外部电源 .....	4
7 TSN/AVB 功能 .....	4
7.1 精确时间同步 .....	4
7.2 快速流量与帧抢占 .....	4
7.3 增强流量调度 .....	4
7.4 流过滤与管控 .....	4
7.5 循环队列转发 .....	4
7.6 帧复制与消除（冗余） .....	4
7.7 基于信用整形 .....	4
7.8 资源预留 .....	4
7.9 异步流控制 .....	4
7.10 网络拓扑预留控制 .....	5
8 业务功能 .....	5
8.1 物理层 .....	5
8.2 数据链路层 .....	5
8.3 网络层 .....	6
8.4 接口 .....	6
8.5 冗余与自愈 .....	7
8.6 安全功能 .....	7
8.7 精确网络时间功能 .....	7
9 性能要求 .....	8
9.1 可信性指标 .....	8
9.2 实时转发性能 .....	8
9.3 接口性能 .....	8
9.4 网络自愈性能 .....	8
9.5 精确网络时钟性能 .....	8

T/CQAE 11XXX-XXX

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由昆高新芯微电子（江苏）有限公司提出。

本文件由中国电子质量管理协会归口。

本文件起草单位：昆高新芯微电子（江苏）有限公司、国电南瑞科技股份有限公司，浙江中控技术股份有限公司、中国电子科技集团公司第五十八所、北京十方星际传媒科技有限公司、深圳市优连信息技术有限公司、中国电子质量管理协会、北京科电联盟信息传播有限公司。

本文件主要起草人：王长兴、周飞飞、王雅莉、刘勇、刘杰、魏培培、李勃、秦立东、李刚。







# 工业互联网时间敏感网络交换机技术要求

## 1 范围

本文件规定了工业互联网时间敏感网络交换机（以下简称“交换机”）的工业环境适应性要求、功能要求及性能要求。

本文件适用于工业互联网时间敏感网络交换机的设计开发参考和计算性能的测试评价。其他领域的时间敏感网络交换机可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15629.2—2008 信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第2部分：逻辑链路控制

GB/T 18236.1—2000 信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 公共规范 第1部分：媒体访问控制(MAC)服务定义

GB/T 25931-2010 网络测量和控制系统的精确时钟同步协议

GB/T 30094-2013 工业以太网交换机技术规范

IEC 62439-1:2010 工业通信网络 高可靠性自动化网络 第1部分：通用概念和计算方法 (Industrial communication networks - High availability automation networks - Part 1: General concepts and calculation methods)

IEEE 802.1AB:2009 局域网和城域网站和媒体访问控制连接发现 (Local and metropolitan area networks -- Station and Media Access Control Connectivity Discovery)

IEEE 802.1AS 局域网和城域网 网桥局域网用时间敏感应用程序的定时和同步 (Local and Metropolitan Area Networks - Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications)

IEEE 802.1CB 局域网和城域网 帧复制和消除以提高可靠性 (Local and metropolitan area networks - Frame Replication and Elimination for Reliability (IEEE Computer Society))

IEEE 802.1D:2004 局域网和城域网 介质访问控制(MAC)网桥 (Local and Metropolitan Area Networks - Media Access Control (MAC) Bridges)

IEEE 802.1Q:2005 局域网和城域网 虚拟桥接局域网 (Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks)

IEEE 802.1Qat 局域网和城域网 虚拟桥接局域网 修改件 14:流预定协议(SRP) (Local and Metropolitan Area Networks - Virtual Bridged Local Area Networks - Amendment 14: Stream Reservation Protocol (SRP))

IEEE 802.1Qav 局域网和城域网 虚拟桥接局域网 修改件 12:时间敏感流用转发和序列增强作用 (Local and metropolitan area networks-- Virtual Bridged Local Area Networks Amendment 12: Forwarding and Queuing Enhancements for Time-Sensitive Streams)

IEEE 802.1Qbv 局域网和城域网 桥和桥接网络 修改件 25:流量增强调度(Local and metropolitan area networks -- Bridges and Bridged Networks - Amendment 25: Enhancements for Scheduled Traffic)

IEEE 802.1Qbu 局域网和城域网 桥和桥接网络 修改件 26:框架优先(Local and metropolitan area networks -- Bridges and Bridged Networks -- Amendment 26: Frame Preemption)

IEEE 802.1Qca 局域网和城域网 桥和桥接网络 修改件 24:路径控制与保留(Local and metropolitan area networks-- Bridges and Bridged Networks - Amendment 24: Path Control and Reservation)

IEEE 802.1Qch 局域网和城域网 桥和桥接网络 修改件 29:循环排队和转发(Local and metropolitan area networks--Bridges and Bridged Networks--Amendment 29: Cyclic Queuing and Forwarding)

IEEE 802.1Qci 局域网和城域网 桥和桥接网络 修改件 28:时间敏感流过滤和监控(Local and Metropolitan Area Networks - Bridges and Bridged Networks, Amendment 28: Per-Stream Filtering and Policing)

IEEE 802.1Qcr 局域网和城域网 网桥和桥接网络 修改件 34: 异步业务整形(Local and metropolitan area networks -Bridges and Bridged Networks, Amendment 34: Asynchronous Traffic Shaping)

IEEE 802.1X:2010 局域网和城域网 基于端口的网络访问控制(Local And Metropolitan Area Networks - Port-based Network Access Control)

IEEE 802.3:2008 局域网和城域网 以太网(Local And Metropolitan Area Networks Ethernet)

IEEE 802.3AT 局域网和城域网 特殊要求 第 3 部分:带冲突检出的载波侦听多路访问(CSMA/CD)访问方法和物理层规范 修改件 3:经由媒体依赖型供电的数据终端设备(DTE) (Special requirements for local and metropolitan area networks - Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Conflict Detection (CSMA/CD) access methods and physical layer specifications; Amendment 3: Data Terminal Equipment (DTE) powered via media dependent)

IEEE 1588 网络化测控系统的精密时钟同步协议 (Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems)

### 3 术语和定义

GB/T 30094-2013 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

时间敏感网络 **time sensitive network**

通过数据传输最大时间来划分的一种实时性网络，是在传统以太网基础上，使用精确的时间同步，通过保障带宽来限制传输延迟，提供高级别服务质量以支持各种工业应用。

#### 3.2

工业互联网时间敏感网络交换机 **time sensitive network switches in industrial Internet**

可用于工业现场环境，并满足特定工业应用对实时性、可信性、安全性等相关要求的基于时间敏感网络的以太网交换机。

### 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ARP: Address Resolution Protocol (地址解析协议)

AVB: Ethernet Audio Video Bridging (以太网音视频桥接)

BC: Boundary Clock (边界时钟)

E2E: End to End (端到端)

GMRP: GARP Multicast Registration Protocol (组播注册协议)

HTTPS: Hypertext Transfer Protocol Secure (超文本传输协议)  
IP: Internet Protocol (网际互联网协议)  
ICMP: Internet Control Message Protocol (Internet 控制报文协议)  
LLC: Logical Link Control (逻辑链路控制)  
LLDP: Link Layer Discovery Protocol (链路层发现协议)  
MAC: Medium Access Control (介质访问控制)  
MSTP: Multi-Service Transport Platform (多业务传送平台)  
OC: Ordinary Clock (普通时钟)  
POE: Power Over Ethernet (以太网供电)  
PTP: Precision Time Protocol (精确时间协议)  
P2P: Peer to Peer (对等)  
RSTP: Rapid Spanning Tree Protocol (即快速生成树协议)  
SRP: Stream Registration Protocol (资源预留)  
SSH: Secure Shell (安全壳体)  
TCP: Transmission Control Protocol (传输控制协议)  
TSN: Time-Sensitive Networking (时间敏感网络)  
UDP: User Datagram Protocol (用户数据报协议)  
VLAN: Virtual Local Area Network (虚拟局域网)  
VRRP: Virtual Router Redundancy Protocol(虚拟路由冗余协议)

## 5 总则

工业互联网时间敏感网络交换机具备高性能、高速，低功耗、低时延、低成本等优点，可广泛应于工业控制领域。也可以用于实时网络的运动控制，机器人，及高速智能制造设备。本标准对于工业互联网时间敏感网络交换机的工业环境适应性、TSN/AVB 功能、业务功能和性能做出了要求。

## 6 工业环境适应性要求

### 6.1 气候环境

气候环境应符合 GB/T 30094-2013 4.2 的要求。

### 6.2 电磁兼容

电磁兼容应符合 GB/T 30094-2013 4.3 的要求。

### 6.3 绝缘性能

绝缘性能应符合 GB/T 30094-2013 4.4 的要求。

## 6.4 机械适应性

机械适应性应符合 GB/T 30094-2013 4.5 的要求。

## 6.5 外部电源

外部电源应符合 GB/T 30094-2013 4.6 的要求。

## 7 TSN/AVB 功能

### 7.1 精确时间同步

应符合 IEEE 1588 和 IEEE 802.1AS 的规定，支持边界时钟、普通时钟、主时钟、透明时钟等，可与不支持 gPTP 设备兼容互联。

### 7.2 快速流量与帧抢占

应符合 IEEE 802.1Qbu 和相关协议规定，实现快速帧的 MAC 数据通道可以抢占 Preemptable MAC 的数据传输。

### 7.3 增强流量调度

应符合 IEEE 802.1Qbv 的规定，支持 8 个队列门控列表周期性调度。

### 7.4 流过滤与管控

应符合 IEEE 802.1Qci 的规定，支持入口流过滤、流门控、流计量。

### 7.5 循环队列转发

应符合 IEEE 802.1Qch 协议相关规定，支持双队列循环转发，实现确定性低时延。

### 7.6 帧复制与消除（冗余）

应符合 IEEE 802.1CB 协议相关规定，对关键帧进行复制与消除，实现关键帧冗余。

### 7.7 基于信用整形

应符合 IEEE 802.1Qav 协议相关规定。

### 7.8 资源预留

应符合 IEEE 802.1Qat 协议相关规定，进行 SRP。

### 7.9 异步流控制

应符合 IEEE 802.1Qcr 协议相关规定，支持异步流量控制。

#### 7.10 网络拓扑预留控制

应符合 IEEE 802.1Qca 协议相关规定。

### 8 业务功能

#### 8.1 物理层

交换机应支持基于线型、星型、环型三种基本拓扑结构的物理层组网方式，并支持基于上述基本拓扑的混合拓扑组网方式。

交换机宜支持冗余结构的物理组网方式。

#### 8.2 数据链路层

##### 8.2.1 转发、过滤

交换机应支持 GB/T 18236.1—2000 规定的数据包转发和过滤功能。

##### 8.2.2 链路检测

交换机应支持 IEEE 802.1 AB: 2009 规定的 LLDP 协议。

##### 8.2.3 生成树

###### 8.2.3.1 快速生成树协议

交换机应支持 IEEE 802.1D: 2004 和 IEC 62439 1: 2010 规定的 RSTP 协议，且允许的协议数据包传输通过交换机的数量应不小于 50。

###### 8.2.3.2 多生成树协议

交换机宜支持 IEEE 802.1 Q: 2005 规定的 MSTP 协议。

##### 8.2.4 虚拟局域网

交换机应支持 IEEE 802.1Q: 2005 规定的 VLAN 功能。宜支持 VLAN 流量限制功能，且特定 VLAN 上的流量不超过用户的设定值。

##### 8.2.5 优先级

交换机应支持 IEEE 802.1D: 2004 规定的流量优先级服务功能。

##### 8.2.6 组播

###### 8.2.6.1 静态组播标题按照标题格式

交换机应支持静态组播功能.应能够通过管理界面手工添加、删除和修改静态组播组表项。

###### 8.2.6.2 动态组播

交换机应支持基于 IGMP-Snooping 的动态组播功能。

### 8.2.6.3 GARP 组播注册协议

交换机应支持 IEEE 802.1D: 2004 规定的 GMRP 协议。允许的组播组数量宜不小于 256。

### 8.2.7 链路聚合

交换机应能实现静态链路聚合和动态链路聚合功能，且至少应支持 4 个链路聚合组。

### 8.2.8 端口镜像

交换机宜支持一对多的端口镜像功能。在镜像端口的被镜像流量总和不超过其最大吞吐量的情况下镜像端口不应丢失数据。

### 8.2.9 逻辑链路控制

交换机应支持 GB/T 15629.2-2008 规定的 LLC 类型 1 功能。

## 8.3 网络层

### 8.3.1 基本功能

交换机网络层应实现 GB/T 30094-2013 要求的功能。

### 8.3.2 路由功能

具有路由功能的交换机应支持直连路由、静态路由和动态路由功能。

具有路由功能的交换机应支持 VRRP 协议。

### 8.3.3 网络层组播

网络层组播应满足 GB/T 30094-2013 的要求。

## 8.4 接口

### 8.4.1 数据传输介质接口

交换机的 10/100/1000 M 电接口应符合并兼容 IEEE 802.3: 2008 规定的 10BASE-T、100BASE-TX 和 1000BASE-T 协议。

交换机的 1000 M 光接口应符合 IEEE 802.3:2008 规定的 1000BASE-SX 或 1000BASE-LX 协议，宜兼容 IEEE 802.3: 2008 规定的 100BASE-FX 协议。

### 8.4.2 管理接口

交换机应提供至少一个带外管理接口，接口宜为串行接口或以太网接口。交换机的数据端口宜能作为带内管理接口使用。

### 8.4.3 POE 输出接口

工作在需要由以太网接口供电场合的交换机应具有 POE 输出接口。

交换机的 POE 接口应支持 IEEE 802.3 规定的 PSE 功能。

#### 8.4.4 时钟接口

可以作为 PTP 主时钟的交换机应具有时间信息输入接口。  
支持 PTP 功能的交换机应具有秒脉冲时钟测试接口。

#### 8.5 冗余与自愈

冗余与自愈应满足 GB/T 30094-2013 的要求。

#### 8.6 安全功能

##### 8.6.1 网络风暴抑制

交换机应支持网络风暴抑制功能.通过限定每个端口出入方向的已知或未知源的单播、组播和广播数据包的流量带宽，抑制非期望的数据流量。

##### 8.6.2 抗攻击

交换机宜能够抵御常见的的攻击，包括但不限于 ICMP、TCP、UDP、ARP 等方式。

##### 8.6.3 访问控制列表

交换机宜支持基于端口的 MAC 地址和 IP 地址的访问控制功能。交换机宜支持终端设备的 IP 地址或 MAC 地址与交换机端口绑定功能。使该端口只为指定 IP/MAC 地址的设备提供服务。

##### 8.6.4 数据链路层认证和加密

交换机应支持相关端口的网络访问控制协议，实现对每个端口的接入设备进行认证的功能，同时应支持密钥交换功能，为数据流加密提供安全的密钥。

在支持 IEEE 802.1X: 2010 协议的系统中使用的交换机在接入局域网时应作为请求者进行认证。系统中经过认证的交换机宜为认证者和/或认证服务器提供认证服务。

##### 8.6.5 口令和密码

交换机涉及的口令长度应不少于 8 个 ASCII 字符并且应由数字、字符和特殊符号组成。交换机宜提供检查机制，保证每个口令至少是由前述的三类符号中的两类组成。宜支持历史口令检查、口令最长使用时间设置、提醒用户定期更改口令的功能。

##### 8.6.6 权限管理

交换机宜支持多级权限管理，为不同用户设定不同的访问权限。

##### 8.6.7 管理方式

交换机宜支持基于 SNMPv3、SSH、HTTPs 的管理访问功能。

##### 8.6.8 安全日志

交换机应对用户流量提供流量日志.用于安全审计。日志应记录配置修改等安全相关事件、报警记录发生的安全违章事件，并以一定的方式通知管理员。

#### 8.7 精确网络时间功能

应用于对网络时钟准确度达到亚微秒级场合的管理型交换机,宜支持 GB/T 25931-2010 规定的 PTP 协议并可设置作为 OC、BC、E2E 透明时钟和 P2P 透明时钟。

支持 PTP 功能的交换机应支持 BMC 算法。支持 PTP 功能的交换机应支持 IEEE 802.3:2008 和 UDP 两种 PTP 数据包的实现方式,并应支持 PTP 数据包的透传功能。

支持 PTP 功能的交换机宜支持时钟保持功能,在所有外部时钟源失效时能够利用本地时钟在一段时间内保持时间信息的准确度。

可与不支持 gPTP 设备兼容互联。

## 9 性能要求

### 9.1 可信性指标

可信性指标应符合 GB/T 30094-2013 的规定。

### 9.2 实时转发性能

#### 9.2.1 单机性能

二层交换机及三层交换机的单机实时转发性能应符合 GB/T 30094-2013 的规定。

#### 9.2.2 组网性能

组网性能应符合 GB/T 30094-2013 的规定。

### 9.3 接口性能

交换机的数据接口性能应符合 IEEE 802.3:2008 的规定。

交换机的 POE 接口的性能应符合 IEEE 802.3:2008 的规定,宜符合 IEEE 802.3AT: 2009 的规定。

### 9.4 网络自愈性能

冗余网络自愈性能应符合表 1 的规定。

表 1 冗余网络自愈性能指标

等级	冗余恢复时间上限	备注
I	2 s	最长单链路上交换机数量≤50
II	500 ms	
III	100 ms	
IV	50 ms	

### 9.5 精确网络时钟性能

精确网络时钟性能应符合 GB/T 30094-2013 的要求。