

系统规划事业部

通信专业  
主设人工作手册

中国电力工程顾问集团

华北电力设计院工程有限公司

2013 年 7 月

编写：张 娜、张 进、杨苏云、燕子荣、  
葛路江、张元明、沈 弘

校审：金志民

批准：王继先

# 目 录

1 概述.....	1
1.1 公司管理体系的基本要求.....	1
1.2 通信专业主设人任职条件.....	1
1.3 通信专业主设人职责.....	2
2 通信专业各业务领域设计主要工作内容.....	2
2.1 SDH 光通信系统工作内容及深度要求.....	2
2.2 微波通信系统工作内容及深度要求.....	12
2.3 电力线载波通信系统工作内容及深度要求.....	28
2.4 数据通信网工作内容及深度要求.....	40
2.5 调度程控交换系统工作内容及深度要求.....	64
2.6 同步时钟系统工作内容及深度要求.....	76
2.7 电厂通信工作内容及深度要求.....	101
2.8 变电站通信工作内容及深度要求.....	106
2.9 风电场通信工作内容及深度要求.....	113
3 设计管理工作.....	114
3.1 可行性研究阶段主设人工作流程.....	114
3.2 初步设计阶段主设人工作流程.....	115
3.3 施工图阶段主设人工作流程.....	117
3.4 竣工图阶段主设人工作流程.....	119
3.5 工地代表服务主设人工作流程.....	119
3.6 设计回访及工程总结主设人工作流程.....	120
4 主设人设计管理要点.....	120
4.1 设计审核要点.....	120
4.2 专业设计常见病、多发病.....	120
4.3 设计质量管理.....	121

## 1 概述

根据 2009 年公司开展项目经理、主设人及设计领军人才培训工作的要求，编制系统规划部通信专业工作手册。目的是通过本手册的学习，使得具有一定专业基础的设计人员尽快熟悉主设人工作流程，进一步提高设计水平，提高主设人素质，形成规范性的主设人培养机制，奠定专家培养的基础。

### 1.1 公司管理体系的基本要求

公司采用 GB/T19001-2008《质量管理体系要求》、GB/T24001-2004《环境管理体系要求及使用指南》、GB/T28001-2001《职业健康安全管理体系规范》建立了公司质量、环境、职业健康安全三标整合管理体系，体系文件包括管理方针、目标、管理手册、程序文件、作业文件、管理方案、应急预案、项目策划文件、体系运行所需的其他文件和记录等。体系明确公司质量、环境、职业健康安全管理的目标为：

- a) 合同履约率 100%；
- b) 产品合格率 100%，争创国优项目；
- c) 符合国家、行业、地方或项目需执行的所在国法律、法规及其他要求；
- d) 顾客及相关方满意率 98%，满意度 85 分；
- e) 节约能源，降低消耗，做好资源再利用；
- f) 生产过程及产品达到环保要求，消除或减少污染物排放和人的行为对环境造成的不良影响；
- g) 降低公司员工的职业健康安全风险，员工生产死亡、重伤事故为零；
- h) 保持并努力提高员工的职业健康水平；
- i) 持续改进质量、环境、职业健康安全管理体系。

### 1.2 通信专业主设人任职条件

系统规划部通信专业主设人任职条件如下：

- a) 通信工程、信息系统等相关专业大学本科及以上学历；
- b) 中级职称或相应执业技术资格、初级职称在技术方面有专长者；
- c) 应为三级及以上设计师；
- d) 从事勘测设计工作 2 年以上；

e) 掌握国家、地方、行业相关法律法规及规程规范，掌握生产经营、质量管理和本专业所涉及的相关知识；

f) 敬业爱岗，有良好的职业道德；勤于钻研，富有创新精神、团队协作精神和学习精神；

g) 身体健康，能坚持本岗位正常工作；

当科室主设人不够时，可由室主任指定技术水平可以满足要求的人员担任工程主设人，并办理主设人报批手续，即可担任同类工程的主设人。

### 1.3 通信专业主设人职责

系统规划部通信专业主设人职责为：

a) 主设人接受专业室、主管主工和设计经理的双重领导。在设计标准、技术方案、工作程序和设计质量等方面服从专业室的规定和主管主工指导；在项目任务范围、进度和费用等方面要服从设计经理的安排及领导。

b) 认真执行公司的质量方针、质量目标和质量体系文件，确保在设计中有效运行。

c) 组织本专业设计人员开展工作。

d) 编制和下达本专业的卷册任务书，落实设计进度，明确设计范围。

f) 组织编写本专业设备、材料的招标技术文件。

g) 负责工程项目的设计成品文件编制、校核、审核。

h) 参与本室质量、环境、职业健康安全管理及科技、标准化和业务建设工作；

i) 参与本室技术、质量的信息收集和反馈、应用及本室业务培训工作；

j) 部门领导交办的其它工作。

## 2 通信专业各业务领域设计主要工作内容

系统规划部通信专业业务领域主要涉及传输系统（SDH 光通信系统、微波通信系统）、电力线载波通信系统、数据通信网、调度程控交换系统、同步时钟系统等单项工程设计以及火电厂、风电场、变电站等相关厂内（站内）通信系统。

### 2.1 SDH 光通信系统工作内容及深度要求

本章节适用于对主设人进行电力系统新建光缆通信工程（架空、直埋、管、沟、

隧道、OPGW、ADSS 等光缆通信工程) 的培训。由于目前的光缆通信工程以 SDH 光通信系统为主, 因此本章节重点介绍 SDH 光通信系统的工作内容及深度要求。

- 为指导(规范) 电力系统光缆通信工程主设人设计工作内容, 统一光通信设计内容深度, 保证电力系统光缆通信工程满足电力系统安全经济运行的要求, 针对工程主设人制定本培训手册。
- 电力系统光缆通信工程设计, 是电力系统光缆通信工程建设的重要组成部分, 是基本建设程序中的必要环节。
- 根据常规电力系统光缆通信工程设计的不同阶段要求, 一般一个完整的电力系统光缆通信工程设计应包括可行性研究设计、初步设计、施工图设计、竣工图设计四个阶段。
- 主设人在进行电力系统光缆通信工程设计时应熟练掌握光通信专业技术知识, 并贯彻国家产业政策, 执行有关的设计标准、规程及规定。
- 主设人在进行电力系统光缆通信工程设计时应以满足电力工业发展及电力生产服务的需要为其根本宗旨, 以符合国情、先进合理、质量可靠、经济适用为原则, 应从全网要求出发, 统筹设计。
- 主设人在进行电力系统光缆通信工程设计时应在电力系统设计基本完成、电力系统调度管理原则基本确定之后进行。一般宜与系统继电保护设计及调度自动化系统设计同期进行。

### 2.1.1 设计原则及规程规范

电力系统新建光缆通信工程设计的主设人必须遵循以下基本设计原则。

- 统一规划、统一设计、分布实施
- 遵守国家和行业的有关规程及规范要求。
- 必须以满足电力系统安全经济运行对光通信业务的需求为前提, 逐步构筑电力光传输基础平台。
- 光通信系统设计应考虑迂回和冗余。
- 光通信系统设计应充分考虑调度自动化、继电保护、安全稳定控制装置对实时性、可靠性的要求。
- 光通信系统设计必要时应另列专题对技术改造或重大技术项目进行专题研究。

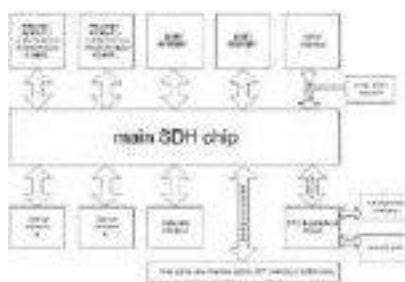
电力系统新建光缆通信工程设计的主设人必须掌握以下基础规程规范及其替换版本。

YD/T 5095-2005 SDH 长途光缆传输系统工程设计规范

DL/T 5404-2007 电力系统同步数字系列（SDH）光缆通信工程设计技术规定

## 2.1.2 SDH 光通信的基本概念

SDH（Synchronous Digital Hierarchy，同步数字系列）是一种将复接、线路传输及交换功能融为一体、并由统一网管系统操作的综合信息传送网络，是美国贝尔通信技术研究所提出来的同步光网络（SONET）。国际电话电报咨询委员会（CCITT）（现 ITU-T）于 1988 年接受了 SONET 概念并重新命名为 SDH，使其成为不仅适用于光纤也适用于微波和卫星传输的通用技术体制。它可实现网络有效管理、实时业务监控、动态网络维护、不同厂商设备间的互通等多项功能，能大大提高网络资源利用率、降低管理及维护费用、实现灵活可靠和高效的网络运行与维护，因此是当今世界信息领域在传输技术方面的发展和应用的热点，受到人们的广泛重视。



SDH 采用的信息结构等级称为同步传送模块 STM-N（Synchronous Transport, N=1, 4, 16, 64），最基本的模块为 STM-1，四个 STM-1 同步复用构成 STM-4，16 个 STM-1 或四个 STM-4 同步复用构成 STM-16；SDH 采用块状的帧结构来承载信息，每帧由纵向 9 行和横向  $270 \times N$  列字节组成，每个字节含 8bit，整个帧结构分成段开销（Section OverHead, SOH）区、STM-N 净负荷区和管理单元指针（AU PTR）区三个区域，其中段开销区主要用于网络的运行、管理、维护及指配以保证信息能够正常灵活地传送，它又分为再生段开销（Regenerator Section OverHead, RSOH）和复用段开销（Multiplex Section OverHead, MSOH）；净负荷区用于存放真正用于信息业务的比特和少量的用于通道维护管理的通道开销字节；管理单元指针用来指示净负荷区内的信息首字节在 STM-N 帧内的准确位置以便接收时能正确分离净负荷。SDH 的帧传输时按由左到右、由上到下的顺序排成串型码流依次传输，每帧传输时间为  $125 \mu s$ ，每秒传输  $1/125 \times 1000000$  帧，对 STM-1 而言每帧字节为  $8bit \times (9 \times 270 \times 1)$

=19440bit, 则 STM-1 的传输速率为  $19440 \times 8000 = 155.520\text{Mbit/s}$ ; 而 STM-4 的传输速率为  $4 \times 155.520\text{Mbit/s} = 622.080\text{Mbit/s}$ ; STM-16 的传输速率为  $16 \times 155.520$  (或  $4 \times 622.080$ ) =  $2488.320\text{Mbit/s}$ 。

SDH 传输业务信号时各种业务信号要进入 SDH 的帧都要经过映射、定位和复用三个步骤: 映射是将各种速率的信号先经过码速调整装入相应的标准容器 (C), 再加入通道开销 (POH) 形成虚容器 (VC) 的过程, 帧相位发生偏差称为帧偏移; 定位即是将帧偏移信息收进支路单元 (TU) 或管理单元 (AU) 的过程, 它通过支路单元指针 (TU PTR) 或管理单元指针 (AU PTR) 的功能来实现; 复用则是将多个低价通道层信号通过码速调整使之进入高价通道或将多个高价通道层信号通过码速调整使之进入复用层的过程。

### 2.1.3 主要设计内容及深度要求

#### 2.1.3.1 可行性研究设计阶段内容及深度要求

##### (1) 概述

###### 1) 设计依据

设计依据应包括主管部门批准的计划任务书、主管部门批准的接入系统报告及审查意见、工程设计合同或设计委托书以及其他有关文件

###### 2) 设计范围

与本工程相关的光缆通信工程建设范围。

###### 3) 工程建设的必要性

应包括以下几部分内容: 电力系统简介, 叙述电力系统现状, 待建 (改造) 发电厂 (变电站) 的内容及接入系统设计简介等可行性研究背景; 相关的电力系统通信现状。

阐述光缆通信工程建设的必要性: 传输信息量统计 (如系统调度、现代化管理、调度自动化系统、系统保护及安全自动装置、计算机信息、会议电视、凸现通信通道等数量)、受益面、社会效益及经济效益等。

###### 4) 工程概况

可行性研究的工作情况, 推荐方案、工程概况及建设年限。

###### 5) 本工程与其他系统或本系统其他工程合建的可行性。

##### (2) 通信部分



### 1) 光缆通信线路路由方案

进行光缆通信线路路由论证,对各种可能的路由、可能的辐射方式进行技术经济比较。说明推荐意见及电路建设涉及有关部门问题的情况。 光缆通信站站址及建站条件

全电路拟建光缆通信站站名、性质、坐标、高程、所在行政区域和该站的水、电、路情况及地址、气象条件、地震烈度。

### 2) 光缆通信系统设计

应包括系统制式及传输速率、话路分配原则、系统性能指标、光纤芯数及光缆选型原则、设备选型原则、网管、监控、网同步和公务系统配置原则、通信电源系统配置原则等。

## **(3) 线路部分**

由线路专业主设人完成。

## **(4) 电气部分**

由电气专业主设人完成。

## **(5) 土建部分**

由土建专业主设人完成。

## **(6) 结论**

综合各章节所研究的问题,提出工程可行性研究的主要结论意见及总的评价。

## **(7) 存在问题及建议**

## **(8) 主要设备材料清册**

1) 主要设备材料清册应根据可行性研究设计的推荐方案进行编制。清册是编制可行性研究估算书的依据之一。

2) 如果可行性研究设计时有个别不定因素应在备注栏中说明。

3) 主要设备材料清册格式要求

- 光通信设备应分站列表,表明各站设备材料名称和单位、数量,必要时加注说明。
- 其他专业主要设备材料清册由各专业主设人完成。
- 列出工程全线汇总表。

## **(9) 附件及附图**

1) 附件

有关可行性研究设计依据文件。

## 2) 附图

- 电力系统地理接线图
- 与本工程相关部分系统通信现状图
- 光缆通信线路路由方案示意图
- 光缆通信系统示意图
- 至调度中心的通道组织图
- 网管、同步和公务系统示意图

## 2.1.3.2 初步设计阶段内容及深度要求

### (1) 总体设计部分

#### 1) 设计依据

应包括主管部门批准的计划任务书、主管部门批准的可行性研究报告及审查意见、工程设计合同或设计委托书、其他有关文件

#### 2) 工程概况

- 工程建设综述

工程建设背景。叙述电力系统现状，待建（改造）发电厂（变电站）的内容及介入系统设计简介等可行性研究背景。

相关的电力系统通信现状，本工程在通信网络中的地位。

传输信息量统计（如系统调度、现代化管理、调度自动化系统、系统保护及安全自动装置、计算机信息、会议电视、凸现通信通道等数量）。

由工程建设背景、信息量统计结论、受益面及经济效益说明工程建设的必要性。

- 工程前期工作情况及存在的问题说明。
- 光缆通信工程推荐方案概况。

#### 3) 设计范围和设计原则

- 设计范围

光缆通信系统设计。

光缆通信线路设计。

光缆通信站设计。

通信站的站外道路、外部电源、对外通信和外部水源设计。

工程概算书。

- 设计原则

应遵循的有关法规及规程、规范。

通信工程规模及系统制式确定、敷设方式确定、路由选择原则确定、站址选择原则确定、建筑设计选择原则确定、上下环路及设备选型原则确定等。

#### 4) 方案说明

可行性研究确定的推荐方案说明和其他情况说明。

### (2) 光缆通信系统设计部分

#### 1) 光缆数字传输系统指标

- 假设参考数字链路及假设参考数字段
- 数字传输系统的误码性指标
- 数字传输系统的抖动性指标
- 数字传输系统的可用性指标

#### 2) 光缆数字传输系统的构成与配置

- 光缆数字传输系统的制式、速率、容量
- 线路码型及线路传输速率
- 光纤芯数
- 备用方式

#### 3) 光缆数字传输中继距离

- 光通信链路构成
- 光纤模式及工作波长确定
- 系统富裕度计算
- 中继距离长度计算及确定

#### 4) 话路分配和通道组织

- 话路分配
- 接口条件
- PCM 及复接设备配置
- 其他说明

#### 5) 光缆选型

- 光纤部分的技术性能
- 光缆部分的技术性能（由线路专业主设人完成）

6) 主要设备的选型意见

- 光传输设备的主要技术指标和选型意见
- PCM 的主要技术指标和选型意见

7) 网管、同步和公务系统

- 网管系统的功能和组成
- 同步系统设计
- 公务系统的功能和组成

8) 通信直流电源、机房及接地

- 光传输及 PCM 设备负荷计算
- 直流电源设计说明
- 机房设计说明
- 接地设计说明

**(3) 光缆通信线路设计部分**

由线路专业主设人完成。

**(4) 光缆通信站电气设计部分**

由电气专业主设人完成。

**(5) 光缆通信站土建设计部分**

由土建专业主设人完成。

**(6) 主要设备材料清册**

1) 主要设备材料清册应根据初步设计的推荐方案进行编制。清册是编制初步设计概算书的依据之一，审定的清册是编制初步设计审定概算的依据之一。

2) 如果初步设计时有个别不定因素，清册中的设备材料规格和数量，个别站及站为部分允许估算，但应在备注栏中说明。

3) 主要设备材料清册格式要求

- 光通信设备应分站列表，表明各站设备材料名称、型号规格和单位数量，必要时加注说明。

- 其他专业主要设备材料清册由各专业主设人完成。

- 列出工程全线汇总表。

## (7) 附件及附图

### 1) 附件

有关初步设计依据文件。

### 2) 通信部分附图

- 光缆通信路由示意图
- 光缆通信系统设备配置图
- 话路分配图
- 公务、网管、同步系统图
- 机房设备平面布置图

### 3) 线路部分附图

由线路专业主设人完成。

### 4) 电气部分附图

由电气专业主设人完成。

### 5) 土建部分附图

由土建专业主设人完成。

## (8) 概算书

由技经专业主设人完成。

## 2.1.3.3 施工图设计阶段内容及深度要求

### (1) 通信部分施工图

- 目录
- 施工图说明
- 光缆路由图
- 光通信系统设备配置图
- 网管系统图
- 时钟系统图
- 同步系统图
- 公务系统图
- xx 站光设备盘面布置图

- xx 站光设备柜间缆线连接图
- xx 站配线图（光配线、数字配线、音频配线）
- xx 站设备机架安装图
- xx 站通信机房平面布置图
- xx 站引入光缆敷设图
- 综合材料表

## （2）线路部分施工图

由线路专业主设人完成。

## （3）电气部分施工图

由电气专业主设人完成。

## （4）土建部分施工图

由土建专业主设人完成。

### 2.1.3.4 竣工图设计阶段内容及深度要求

## （2）通信部分竣工图

- 目录
- 竣工图说明
- 光缆路由图
- 光通信系统设备配置图
- 网管系统图
- 时钟系统图
- 同步系统图
- 公务系统图
- xx 站光设备盘面布置图
- xx 站光设备柜间缆线连接图
- xx 站配线图（光配线、数字配线、音频配线）
- xx 站设备机架安装图
- xx 站通信机房平面布置图
- xx 站引入光缆敷设图
- 综合材料表

## （2）线路部分竣工图

由线路专业主设人完成。

## （3）电气部分竣工图

由电气专业主设人完成。

## （4）土建部分竣工图

由土建专业主设人完成。

## 2.2 微波通信系统工作内容及深度要求

### 2.2.1 微波通信的基本概念

微波通信（Microwave Communication），是使用波长在 0.1 毫米至 1 米之间的电磁波——微波进行的通信。微波通信不需要固体介质，当两点间直线距离内无障碍时就可以使用微波传送。利用微波进行通信具有容量大、质量好并可传至很远的距离，因此是国家通信网的一种重要通信手段，也普遍适用于各种专用通信网。

在我国微波通信主要应用在 L、S、C、X 诸频段，K 频段的应用尚在开发之中。由于微波的频率极高，波长又很短，其在空中的传播特性与光波相近，也就是直线前进，遇到阻挡就被反射或被阻断，因此微波通信的主要方式是视距通信，超过视距以后需要中继转发。

一般说来，由于地球曲面的影响以及空间传输的损耗，每隔 50 公里左右，就需要设置中继站，将电波放大转发而延伸。这种通信方式，也称为微波中继通信或称微波接力通信。长距离微波通信干线可以经过几十次中继而传至数千公里仍可保持很高的通信质量。

### 2.2.2 微波通信简介

微波的发展是与无线通信的发展是分不开的。1901 年马克尼使用 800KHz 中波信号进行了从英国到北美纽芬兰的世界上第一次横跨大西洋的无线电波的通信试验，开创了人类无线通信的新纪元。无线通信初期，人们使用长波及中波来通信。20 世纪 20 年代初人们发现了短波通信，直到 20 世纪 60 年代卫星通信的兴起，它一直是国际远距离通信的主要手段，并且对目前的应急和军事通信仍然很重要。

用于空间传输的电波是一种电磁波，其传播的速度等于光速。无线电波可以按照频率或波长来分类和命名。我们把频率高于 300MHz 的电磁波称为微波。由于各波段的传播特性各异，因此，可以用于不同的通信系统。例如，中波主要沿地面传播，绕

射能力强，适用于广播和海上通信。而短波具有较强的电离层反射能力，适用于环球通信。超短波和微波的绕射能力较差，可作为视距或超视距中继通信。

微波通信是二十世纪 50 年代的产物。由于其通信的容量大而投资费用省（约占电缆投资的五分之一），建设速度快，抗灾能力强等优点而取得迅速的发展。20 世纪 40 年代到 50 年代产生了传输频带较宽，性能较稳定的微波通信，成为长距离大容量地面干线无线传输的主要手段，模拟调频传输容量高达 2700 路，也可同时传输高质量的彩色电视，而后逐步进入中容量乃至大容量数字微波传输。80 年代中期以来，随着频率选择性色散衰落对数字微波传输中断影响的发现以及一系列自适应衰落对抗技术与高状态调制与检测技术的发展，使数字微波传输产生了一个革命性的变化。特别应该指出的是 80 年代至 90 年代发展起来的一整套高速多状态的自适应编码调制解调技术与信号处理及信号检测技术的迅速发展，对现今的卫星通信，移动通信，全数字 HDTV 传输，通用高速有线/无线的接入，乃至高质量的磁性记录等诸多领域的信号设计和信号的处理应用，起到了重要的作用。

国外发达国家的微波中继通信在长途通信网中所占的比例高达 50%以上。据统计美国为 66%，日本为 50%，法国为 54%。我国自 1956 年从东德引进第一套微波通信设备以来，经过仿制和自发研制过程，已经取得了很大的成就，在 1976 年的唐山大地震中，在京津之间的同轴电缆全部断裂的情况下，六个微波通道全部安然无恙。九十年代的长江中下游的特大洪灾中，微波通信又一次显示了它的巨大威力。在当今世界的通信革命中，微波通信仍是最有发展前景的通信手段之一。

微波站的设备包括天线、收发信机、调制器、多路复用设备以及电源设备、自动控制设备等。为了把电波聚集起来成为波束，送至远方，一般都采用抛物面天线，其聚焦作用可大大增加传送距离。多个收发信机可以共同使用一个天线而互不干扰，中国现用微波系统在同一频段同一方向可以有六收六发同时工作，也可以八收八发同时工作以增加微波电路的总体容量。多路复用设备有模拟和数字之分。模拟微波系统每个收发信机可以工作于 60 路、960 路、1800 路或 2700 路通信，可用于不同容量等级的微波电路。数字微波系统应用数字复用设备以 30 路电话按时分复用原理组成一次群，进而可组成二次群 120 路、三次群 480 路、四次群 1920 路，并经过数字调制器调制于发射机上，在接收端经数字解调器还原成多路电话。最新的微波通信设备，其数字系列标准与光纤通信的同步数字



系列（SDH）完全一致，称为 SDH 微波。这种微波设备在一条电路上，八个束波可以同时传送三万多路数字电话电路（2.4Gbit/s）。

微波通信由于其频带宽、容量大、可以用于各种电信业务的传送，如电话、电报、数据、传真以及彩色电视等均可通过微波电路传输。

微波通信具有良好的抗灾性能，对水灾、风灾以及地震等自然灾害，微波通信一般都不受影响。但微波经空中传送，易受干扰，在同一微波电路上不能使用相同频率于同一方向，因此微波电路必须在无线电管理部门的严格管理之下进行建设。此外由于微波直线传播的特性，在电波波束方向上，不能有高楼阻挡，因此城市规划部门要考虑城市空间微波通道的规划，使之不受高楼的阻隔而影响通信。

华北电网主系统微波设备目前仍承担着为部分厂站提供通信第二路由的任务，同时，对于重要运行电路（例如：复用保护、安全稳定控制装置）提供了良好备用和迂回功能，是华北电网另一个重要的安全传输手段，是构成现代电力系统通信备用和应急保障体系的主要手段。

在华北电网主系统统计考核的微波电路中，由华北网调直接管理的微波干线有京晋微波、沙支线微波、京石微波、滨海微波、京秦微波、北京环城微波等。微波电路总长度为 3161.48 公里。

华北电网的微波电路采用 SDH 通信体制，频率为 7G、8G、11G 等频段混合组成，设备容量为  $2 \times 34\text{Mb/s} - 2 \times 155\text{Mb/s}$ 。

### 2.2.3 SDH 微波通信系统

微波通信系统由微波发信机、收信机、天馈线系统、多路复用设备及用户终端设备等组成的通信系统。

SDH 微波通信是新一代的数字微波传输体制。数字微波通信是用微波作为载体传送数字信息的一种通信手段。它兼有 SDH 数字通信和微波通信两者的优点，由于微波在空间直线传输的特点，故这种通信方式又称为视距数字微波中继通信。

#### 2.2.3.1 SDH 微波通信系统的组成

1. 数字微波传输线路的组成形式可以是一条主干线，中间有若干分支，也可以是一个枢纽站向若干方向分支。如图 1 所示是一条数字微波通信线路的示意图，其主干线可长达几千公里，另有若干条支线线路，除了线路两端的终端站外，还有大量中继

站和分路站，构成一条数字微波中继通信线路。

2. 组成此通信线路设备的连接方框图如图 1 所示。它分为以下几个部分：

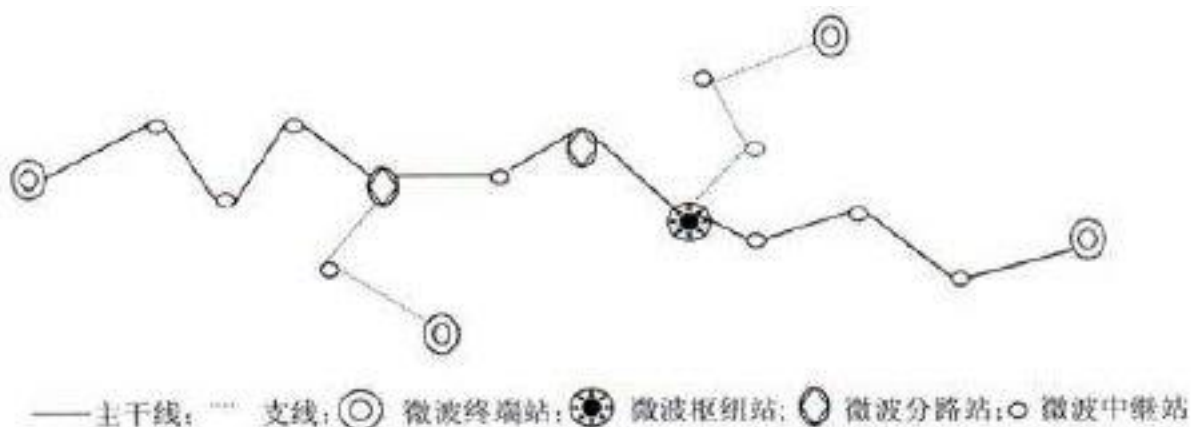


图 1 数字微波中继通信线路示意图

组成此通信线路设备的连接方框图如图 2 所示。它分为以下几个部分：



图 2 数字微波中继通信系统连接方框图

3. 用户终端，直接为用户所使用的终端设备，如自动电话机、电传机、计算机、调度电话等。

4. 交换机。这是用于功能单元、信道或电路的暂时组合以保证所需通信动作的设备，用户可通过交换机进行呼叫连接，建立暂时的通信信道或电路。这种交换可以是模拟交换，也可以是数字交换。目前，大容量干线绝大部分采用数字程控交换机。

5. 数字电话终端复用设备(即数字终端机)。其基本功能是把来自交换机的多路信号变换为时分多路数字信号，送往数字微波传输信道，以及把数字微波传输信道收到

的时分多路数字信号反变换为交换机所需的信号，送至交换机。对于 PDH 系统，一般采用编码调制数字电话终端机，它还包括二次群和高次群复接器、保密机及其他数字接口设备，按工作性质不同，它可以组成数字终端或数字分路终端机。而对于 SDH 系统，则采用 SDH 数字复用设备，简称 SDH 设备，它由一些基本功能块灵活地组成不同类型的总的设备。图中的数字分路终端机可由分插复用器 (ADM) 来替代。

6. SDH 微波站：按工作性质不同，它可分成数字微波终端站、数字微波中继站和数字微波分路站。有两个以上方向的上、下话路的微波站则称之为数字微波枢纽站。SDH 微波终端站的发送端完成主信号的发信基带处理 (包括 CMI/NRZ 变换、SDH 开销的插入与提取，微波帧开销的插入及旁路业务的提取等)、调制 (包括纠错编码、扰码及发信差分编码等)、发信混频及发信功率放大等；终端站的收信端完成主信号的低噪声接收 (根据需要可含分集接收及分集成)、解调 (含中频频域均衡、基带或中频时域均衡、收信差分译码、解扰码、纠错译码等)、收信基带处理 (含旁路业务的提取、微波帧开销的插入与提取及 SDH 开销的插入与提取、NRZ/CMI 变换等)。在公务联络方面，终端站具有全线公务和选站公务两种能力。在网络管理方面，终端站可以通过软件设定为网管主站或主站，收集各站汇报过来的信息，监视线路运行质量，执行网管系统配置管理及遥控、遥测指令，需要时还可通过 Q3 接口与电信管理网 (TMN) 连接。终端站基带接口与 SDH 复

用设备连接，用于上、下低阶支路信号。终端站还具有备用倒换功能，包括倒换基准的识别，倒换指令的发送与接收，倒换动作的启动与证实等。

7. SDH 微波中继站：主要完成信号的双向接收和转发。有调制、解调设备的中继站，称再生中继站。需要上、下话路的中继站称微波分路站，它必须与 SDH 的分插复用设备连接。再生中继站具有全线公务联络能力，以及向网管系统汇报站信息。线路运行质量的能力，并可执行网管系统的配置管理及进行遥控及遥测。再生中继站也可以上、下旁路业务信号。

### 2.2.3.2 SDH 数字微波采用的关键技术

1. SDH 微波传输设备所采用的基本技术大致与 PDH 相同，但由于传输方式的特点又决定了两者有所不同，SDH 有下述几个关键技术：

#### (1) 编码调制技术

微波是一种频带受限的传输媒质，根据 ITU-R 建议，我国在 4~11GHz 频段大都

采用的波道间隔为 28~30MHz 及 40MHz (ITU-R 相关的频率配置建议)。要在有限的频带内传输 SDH 信号, 必须采用更高状态的调制技术。SDH 微波与 PDH 微波在相同的波道间隔下。

**表 1 SDH 微波与 PDH 微波所需调制状态数的区别**

波道间隔	SDH 微波		PDH 微波
	155Mbit/s	2×155Mbit/s	140Mbit/s
40MHz	32QAM 64QAM	32QAM(cc) 64QAM(cc) 512QAM	16QAM
28~30MHz	128QAM 256QAM	128QAM(cc) 256QAM(cc)	64QAM

注:表中(cc)表示采用交叉极化干扰抵消技术实现交叉极化同波道传输方式

### (2) 交叉极化干扰抵消以 (XPIC) 技术

为了进一步增加数字微波系统的容量, 提高频谱利用率, 在数字微波系统中除了采用多状态调制技术 (64QAM, 128QAM 或 512QAM 调制) 外, 还采用双极化频率复用技术, 使单波道数据传输速率成倍增长。但在出现多径衰落时, 交叉极化鉴别率 (XPD) 会降低, 从而产生交叉极化干扰。为此, 需要一个交叉极化抵消器, 用以减小来自正交极化信号的干扰。

自适应交叉极化干扰抵消技术的基本原理是从所传输信号相正交的干扰信道中取出部分信号, 经过适当处理后与有用信号相加, 用以抵消叠加在有用信号上的来自正交极化信号的干扰。原则上干扰抵消过程可以在射频、中频或基带上进行。采用 XPIC 技术后, 对干扰的抑制能力一般可达 15dB 左右。

### (3) 自适应频域和时域均衡技术

当系统采用多状态 OAM 调制方式时, 要达到 ITU-R 所规定的性能指标, 对多径衰落必须采取相应的对抗措施。考虑到 ITU-R 的新建议将不再给数字微波系统提供额外的差错性能配额, 因此, 必须采取强有力的抗衰落措施。在各种抗衰落技术中, 除了分集接收技术外, 最常用的技术是自适应均衡技术, 包括自适应频域均衡技术和自适应时域均衡技术。

频域均衡主要用于减少频率选择性衰落的影响, 即利用中频通道插入的补偿网络

的频率特性去补偿实际信道频率特性的畸变;时域自适应均衡用于消除各种形式的码间干扰,可用于最小相位和非最小相位衰落,为消除正交干扰,可引进二维时域均衡器。

#### 高线性功率放大器和自动发射功率控制

多状态调制技术对传输信道,特别是高功率放大器的线性提出了严格的要求。例如,对采用 64QAM 的系统而言,要求传输信道的三阶交调失真要比主信号至少低 45dB。若采用 128QAM 或 256QAM 调制技术,则要求更严。为满足系统总传输性能的要求,除了对微波功放采取输出回退措施外,还要采取一些非线性的补偿技术,如加中频或射频失真器或采用前馈技术等来改善放大器的线性。

高线性功率放大器和自动发射功率控制(ATPC)技术的关键是微波发信机的输出功率在 ATPC 的控制范围内自动地随接收端接收电平的变化而变化。采用 ATPC 技术的优点是,降低了同一路由相邻系统的干扰,减小了上衰落对系统的影响,降低了电源消耗,减小非线性失真。

### 2.2.3.3 SDH 微波在通信网中的应用

微波作为三大传输手段之一也在 SDH 网中起着重要作用。尽管光纤传输网在容量方面有微波无法比拟的优点,但不管是通信干线上还是支线,SDH 微波网仍然是光纤网不可缺少的补充和保护手段。SDH 微波网可以利用现有模拟或 PDH 微波网的基础设施进行建设。其主要应用有下列几种:用 SDH 微波系统使光纤电信网形成闭合环路;与 SDH 光纤系统串接使用;作为 SDH 光纤网的保护,以解决整个通信网的安全保护问题;自成链路或环路。

在许多通信系统工程设计的建设过程中,不可避免地要考虑到已有系统的再利用因素,以及不同型号设备的兼容问题,SDH 数字微波通信系统在此方面具有独有的优势。它不仅具有光纤级传输性能及全面的网络管理性能,还包括一个开放的系统结构,能方便地实现不同型号的 ADM(上、下话路复用器)之间的切换和交叉互连。

我国地域辽阔,各地自然条件和经济发展情况差别相当大,因此,必须因地制宜的安排各种传输手段。实践表明,在发生自然灾害的情况下,总是首先靠无线通信方式恢复电信业务。同时在某些应用场合,如连接到卫星地球站、专用通信网等,用微波作为传输手段比较灵活方便。所以,电力行业在大力发展光纤干线传输网的同时,也应重视发展建设 SDH 数字微波通信网。

## 2.2.4 微波通信工程可研报告内容及深度

微波通信工程可研阶段报告编制按照《电力系统微波通信工程可行性研究内容深度规定》执行。编制要求如下：

### 一、总论

- 1、项目提出的背景，拟解决的主要问题、干线电路建设的必要性和经济效益。
- 2、本次研究工作的依据和范围。

### 二、传送各类信息的需要情况和通信现状

- 1、沿线有关发电厂、变电站传送各类信息近远期需要情况。
- 2、通信现状

(1)沿线每一发电厂、变电站的通信现状(说明其主、备用调度电话和远动通道是如何组织的及电路运行情况)。

(2)与其它部门合建、租用的可能性。

包括电路可靠性、技术、经济、管理、近远期租用、合建情况的分析。

### 三、拟建的通信方式及规模

- 1、拟建的通信方式及推荐依据(技术经济比较)
- 2、拟建的建设规模及依据

起迄点、电路容量、总站数及需提供音频接口的站，是否分期建设延伸。

### 四、设计方案

1、通信干线路由方案比较及推荐路由的基本走向的可行性(疑难地段要现场勘查)。

2、电路分配

3、设备选型。

4、站址方案和建站条件。

(1)涉及影响路由方案成立的站址的外部协议条件(如有关无线电管理、城市规划、外界雷达站无线电台的干扰环境保护等)要落实。

(2)拟建站址的交通、水源、电源、地震、生活条件等建设的可行性。

5、拟建电路中技术等疑难问题解决的可行性。

注：如路由各段采用不同通信方式时，说明理由。

### 五、投资估算

每一微波站的投资估算(分别设备费、土建费、铁塔、站外工程、征用土地费等)。

## 六、建设年限

### 2.2.5 微波通信工程初步设计内容及深度

微波通信工程初步设计文件编制按照《电力系统微波通信工程初步设计内容深度规定》执行。编制要求如下：

#### 初步设计说明书内容深度

##### 一 总的部分

###### (一) 设计依据

- (1) 主管部门批准的工程计划任务书；
- (2) 主管部门批准的工程可行性研究报告；
- (3) 设计合同；
- (4) 其它有关的审批文件。

###### (二) 工程概况

- (1) 工程建设的必要性

叙述项目提出的背景：微波电路所经地区电网和通信的现状及发展规划，电话、远动、远方保护、计算机等对通道的要求，从而说明电路建设的必要性和经济效益；

- (2) 工程前期工作的情况说明；
- (3) 本设计推荐方案的概况介绍。

###### (三) 设计范围和设计原则

- (1) 设计范围

新建工程的主体部门的设计范围为：微波通信系统及微波站围墙内的各种设备、构筑物，道路、暖通、上下水、电气、微波塔等，以及微波站的“四外”部分，即站外道路、外部电源、对外通信和外部水源等的设计，若“四外”部分另委其它单位时，应提出其设计原则、方案、规模和投资。

当微波站设在已有建筑物内时，应说明本工程设计和原有部分的关系及分界线。

- (2) 设计原则

设计原则应包括路由选择原则、站址选择原则，建筑设计原则、通信工程规模、上下话路站及其设备选择原则等。

#### （四） 方案比较和推荐方案说明

- （1） 不同路由方案技术经济比较，推荐方案的理由；
- （2） 推荐方案站址介绍、技术数据、行政区划、地理条件、现状和建设方案，并应附有站址参数一览表；
- （3） 推荐方案的电路总长度、站距和平均站距；
- （4） 推荐方案的其它数据说明。

#### （五） 微波站定员和交通工具编制

- （1） 编制依据；
- （2） 编制方案。

## 二 通信部分

#### （一） 系统性能指标

- （1） 假设参考电路；
- （2） 可用度指标；
- （3） 质量指标。

若传输的信息对通道有特殊要求时，应说明其要求及解决方法。

#### （二） 电路传输。

##### （1） 区段分析

根据勘测专业提供的数据和地形断面图进行分析，然后按 A、B、C、D 分类。

##### （2） 余隙标准

提出本工程采用的电路余隙标准

##### （3） 分集技术和均衡技术的采用

应根据地形和气候特点及站距长短，并通过质量指标计算，确定是否采用空间分集和均衡器等。

##### （4） 天线挂高的确定

根据地形的特点、余隙标准、反射区域性质和铁塔结构等情况，进行综合考虑后初步确定天线挂高，然后验算反射区域及估算反射系数、区段中断率，最终确定区段的天线挂高和空间分集间隔等。

该部分应附有天线挂算一览表。

#### （三） 无线电频率、极化配置和无线设备系统配置



### (1) 无线电频率计划

根据电路所经地区的其它微波、雷达等外系统情况和本工程路由情况，结合无线电管理部门的意见，提出本电路采用的无线电频率计划。

### (2) 极化配置

根据频率计划、路由转折角和质量指标提出极化配置方案。

### (3) 无线设备系统配置方案

#### (四) 话路分配和电路组织

##### (1) 话路分配原则和方案；

##### (2) 接口条件；

##### (3) 复用设备配置；

##### (4) 关于其它要求的说明。

#### (五) 公务和监控系统

##### (1) 组成原则；

##### (2) 功能要求；

##### (3) 系统方案和设备配置。

#### (六) 主要设备的性能和参数要求

##### • 无线设备

##### (1) 微波收发信机；

##### (2) 调制解调器；

##### (3) 切换设备；

##### (4) 分波器；

##### (5) 天、馈线。

##### • PCM 设备

##### (1) PCM 一次群设备；

##### (2) PCM 高次群设备。

##### • 公务和监控设备

##### (1) 公务设备；

##### (2) 监控设备。

#### (七) 设备功耗和对供电电压的要求

### （八）系统性能分析

#### • 系统干扰分析

- (1) 电路经过地区其它系统的干扰分析；
- (2) 本系统干扰因素的分析；
- (3) 对其它系统的干扰分析。

#### • 系统中断率估算

- (1) 系统中断率估算，说明中断率计算方法及系统参数的选取等；
- (2) 系统中断率估算结果，用表格方式表示；
- (3) 估算结果分析及改善方法的采用。

#### • 系统时延分析

必要时，应进行系统时延的分析和计算。

### （九）电磁环境保护

应核算微波辐射对工作人员的影响，当天线前方有居民区时，应保证微波辐射功率密度不超过规定值。

## 三 电气部分

### （一）供电系统

#### • 交流电源

根据站址情况和运行要求，确定交流电源的设计原则、运行方式、控制保护、主要设备布置和彼此间的相互关系。明确各站进线电源的可靠性。必要时，可设计其它用电设施的供电方案，并根据具体情况设计合理的备用电源。

#### • 直流电源

- (1) 直流电源设计原则；
- (2) 直流负荷统计；
- (3) 蓄电池容量的选取。

#### 设 • 备选择

根据交、直流电源的设计原则，确定各电源设备的选型、各种运行性能和技术要求。

### （二）电源自动控制系统

必要时，应设计自动控制系统。确定控制保护方式和各部分之间的相互关系，并

确定各设备的运行性能或技术要求、设备选型。

### （三）电气照明

#### （1）照明配置原则

确定正常照明和事故照明的配置原则。

#### （2）照明设计

设计站内各照明场所的正常照明和事故照明方案。

### （四）防雷接地

#### （1）防雷接地的设计原则

根据不同的站址条件，确定各站的防雷接地设计原则。

#### （2）防雷接地设计

根据各站的具体情况，设计防雷接地方案。当土壤电阻率较高时，还应考虑特殊处理措施。

## 四 土建部分

### （一）概 述

#### （1）站区自然条件和设计的主要技术数据

工程地质和水文地质：站区岩土种类、地质构造、地基岩土的物理力学性质及主要指标，站区地震基本烈度及确定的依据；地下水的类型、深度及其对混凝土的侵蚀性评价和建站稳定性评价。

水文气象：气温、降雨量、相对湿度；风速和风向、积雪厚度、复冰厚度、土壤冻结深度。

主要技术数据：基本风压值、雪荷载、地震设防烈度和地基允许承载力。

#### （2）主要建筑材料

砖和现浇、预制钢筋混凝土结构采用的水泥和钢材的品种及标号。

### （二）微波站总图与交通运输

#### （1）站区总平面布置

总平面布置方案设计原则的论述，各方案的技术经济指标的比较，确定和推荐意见；

论述站区出入口及主要建构筑物的方位及朝向；

站区设计座标、高程与测量系统的关系；

站区场地处理及站区绿化措施。

## (2) 竖向布置

竖向布置方式和建筑物室内外设计标高的确定；

站区土石方工程量的综合平衡，弃土迁移、填土来源的确定；

站区防洪措施和站区场地雨水排水系统的选择；

需设置挡土墙的站，应提出挡土墙方案。

## (3) 站内道路的布置原则，路面宽度和路面材料的选择与确定。

## (4) 微波站征地范围及购地面积。

### (三) 微波站建筑

#### (1) 通信机房建筑

通信建筑的开间、跨度、各层楼面标高、顶棚标高的确定；水平交通、垂直交通，门、窗、大门的设置；

机房、蓄电池室、值班室、辅助附属房间等的设置；采光、通风、保温、隔热、防水、防潮等措施；

通信建筑的造型和立面处理、室内外装修标准。

(2) 辅助、附属生产建筑、生活福利设施等建设项目和建筑面积的确定依据与原则。

### (四) 微波站结构

#### (1) 通信建筑结构

承重结构体系及结构选型、楼层、屋盖结构方案；

基础埋置深度的确定和基础型式的选择。

#### (2) 附属、生活建(构)筑物的结构布置、结构型式和主构件断面的选择。

#### (3) 抗震措施

### (五) 采暖通风

采暖通风方式，负荷及主要设备选型。

### (六) 对施工技术力量的调查或要求。

### (七) 上下水部分

#### (1) 供水水源

水源和水质评价。

## (2) 供水系统

需水量；

供水方案；

主要设备选择；

生产、生活、消防给水系统。

## (3) 排水系统

排水、排污方案

## (八) 消防措施

# 五 微波塔和基础部分

## (一) 设计条件

列出各站设计风速和根据天线挂高、面数配置的微波塔高度，新建、改建情况，预留天线要求等。

## (二) 设计原则

列出本工程微波塔与基础设计所遵循的规程、规范、技术规定等；

列出本工程微波塔与基础设计参照执行的技术要求；

设计任务或合同上特殊要求。

## (三) 微波塔型式的选择

塔型选择应根据国家的技术经济政策和工程的具体条件进行，方案比较要有选型计算，塔型方案的比较中包括技术经济比较；推荐塔型方案的推荐理由。

## (四) 微波塔的计算方法。

## (五) 微波塔与微波天线的连接形式及安全防护措施。

天线与塔的连接形式；

登塔设施要求；

塔顶装设避雷针高度的要求；

塔顶指示灯、照明灯的要求。

## (六) 基础型式的选用

应按各站不同的工程地质条件和要求，可靠、经济合理、方便施工等条件确定各站基础的推荐方案，阐述理由；

对特殊地质条件的特殊基础需分别说明。

(七) 馈线梁(需在微波塔至机房间设置馈线走线过梁时), 应根据各站不同情况分别进行考虑。

#### (八) 材 料

微波塔塔材所使用钢材的钢种;

微波塔构件连接使用的螺栓、焊条等级别及规格;

微波塔基础使用钢材的钢种;

微波塔基础浇注混凝土所采用的混凝土标号及水泥种类, 对特殊基础混凝土的要求。

### 设计图纸的内容深度

#### 一 图纸目录

##### 通信部分

- (1) 微波电路路由图;
- (2) 微波电路参数图;
- (3) 全线路天线挂高图;
- (4) 频率和极化配置图;
- (5) 话路分配图;
- (6) 无线设备配置图;
- (7) PCM 设备配置图;
- (8) 全线路公务、监控系统图;
- (9) 各段地形断面图;
- (10) 各站通信设备布置图。

##### 电气部分

##### XX 站供电系统图

##### 土建部分

- (1) 各站总平面布置图;
- (2) 各站竖向布置与土方计算图;
- (3) 通信机房建筑平、立、剖面图;
- (4) 附属建筑平面图。

##### 铁塔部分

全线路微波塔一览表。

图纸深度应满足各专业有关规定要求。

### 主要设备材料清册内容深度

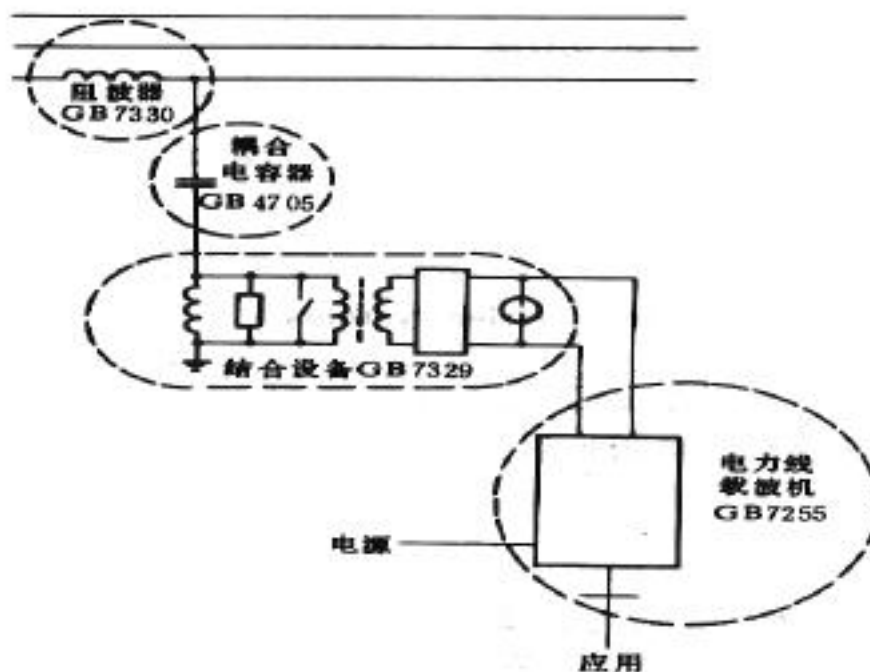
(1) “清册”应根据初设的推荐方案进行编制，它是编制初设概算书的依据之一，审定后的“清册”是编制初设审定概算的依据之一。

(2) “清册”由于初设时的条件不同，其设备材料的规格和数量，个别部分允许“估算”，但应在备注栏中说明。

## 2.3 电力线载波通信系统工作内容及深度要求

### 2.3.1 电力线载波系统基本概念

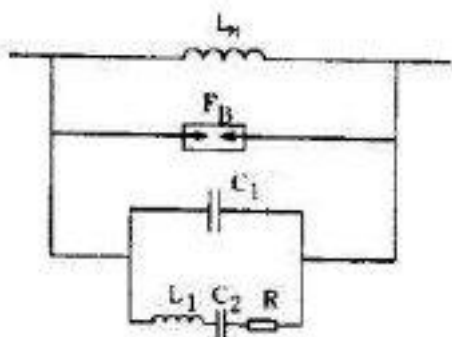
电力线载波通信是电力系统特有的通信方式，是电力系统通信网的组成部分。电力线载波通信系统主要设备包括：线路阻波器、耦合电容器（电容式电压互感器）、结合滤波器、接地刀闸、高频电缆、电力载波机设备。电力线载波通信的基本组成如下：



#### (1) 线路阻波器

高频阻波器一般串联在变电站线路的始端和分支线路的分支点处，作用是让工频电流通过，对工频电流呈现很小的阻抗，阻止高频信号进入变电站和分支线。因此它必须具备承受线路的输送电流、线路供电电压及瞬间短路电流的能力。

阻波器一般由电感型式的主线圈、调谐装置以及保护元件组成。主线圈又称强流线圈，是阻波器的主要元件，作为主电感使用，通过强大的工频电流。调谐装置跨接于主线圈，为阻波器的辅助元件，配合主线圈进行回路调谐，经适当调谐，可使阻波器在一个、多个载波频率点或连续的载波频带内呈现较高的阻抗，而工频阻抗则可忽略不计，得到需要的阻抗特性。保护元件用于保护调谐元件免受过电压击穿。



## (2) 耦合电容器

耦合电容器作用是阻隔电力线上的工频高压和工频电流，将载波设备与电力线上的高电压、操作过电压及雷电过电压等隔离开，防止高电压进入通信设备，同时使高频载波信号能顺利地耦合到高压线路上。

## (3) 结合滤波器

结合滤波器作用是与耦合电容器匹配，组成高通或带通滤波器，实现阻抗匹配，提供工频电流接地回路。

## (4) 电力载波机

电力载波机为电力载波通信终端设备，可分为模拟载波和数字载波设备，一般采用单边带抑制载波调制方式，随着通信技术的迅速发展，一些新的调制解调技术正逐步被采用。

模拟载波机：音频侧为频带 300Hz~3400Hz 的四线接口及信令接口的载波机。设备上可以附加 300Hz~3400Hz 频带以外的点对点通路(例如，远方保护通路)。复用载波机音频侧可以为电话、数据、远方保护等多种接口。



### 数字型载波机

利用数字通信的时分复用原理，语音压缩编码和数字调制等技术将多路复用数字信号一次数字调制到线路传输频谱上，实现 4kHz 频带内多路信号传输的数字电力线载波通信设备。

电力线载波传输频率范围，最低频率由结合设备的传输性能及其费用确定，最高频率由传输衰减确定，并考虑无线电信号干扰等因素。我国规定为 40~500kHz。

电力系统中的电力线在发电厂和变电所内是连接在公共母线上的，在电力线上开设的电力线载波通道之间较大的相互干扰。这种通道间的串扰，限制了电力线载波通道开设的数量，对电力线载波通信的质量也很不利。可以采用合理的安排电力线载波通道的频率和安装阻塞效果较好的阻波器或频率分隔装置等方法解决。

电力系统调度通信要求迅速、正确、可靠。电力线载波机一般设有自动交换系统（自动盘）与用户直接连接，或二线、四线接口，与系统中的交换设备连接。

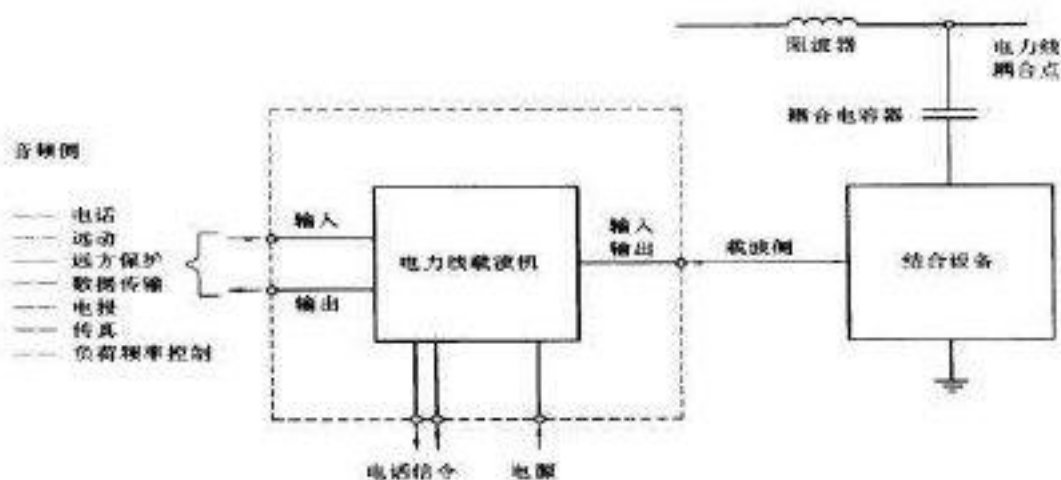


图1 电力线载波机有关设备示意图



图2 基本型电力线载波机示意图



图3 复用型电力线载波机示意图

### (5) 耦合方式

载波设备与电力线之间的耦合方式，主要有相地耦合和相相耦合两种。

相地耦合是将载波设备接在一根相导线和地之间，在每个耦合点只需装一个耦合电容器和一个阻波器，使用设备较少，但其衰减比相相耦合大。在耦合相发生接地故障时，衰减还会增加很多。

相相耦合是在两根相导线耦合点之间装两个耦合电容器和两个阻波器，耦合设备

的费用较高。但通道衰减低；线路故障时衰减变化小，可靠性高。

### 2.3.2 电力载波设备选型

所有设备均应满足国标行标的有关规定。

#### 2.3.2.1 载波机的选型

(1) 一般选用单边带调幅制，载频抑制或部分抑制；或其它调制方式。

发送与接收功率等级应与线路电压等级、噪声水平、通道传输质量等要求相适应。

载波侧标称阻抗应选用  $75\Omega$  (不平衡式)。

(2) 音频频带的分配

音频频带的分配应满足话音、远动、高频保护和安全自动装置等复合信号的传输要求。一般，话音频带为  $300\text{Hz}\sim 2000\text{Hz}$ 、 $300\text{Hz}\sim 2400\text{Hz}$ 、 $300\text{Hz}\sim 3400\text{Hz}$ ；远动信号速率按 50baud、200baud、300baud、600baud 考虑；高频保护及安全自动装置信号速率为 50b/s、100b/s、200b/s、600b/s 或与话音频带交替复用。对移频键控方式的远动信号专用的载波机，速率可按 1200 baud 考虑。

(3) 机型选择

同一地区或同一厂站的载波机应便于相互转接、便于运行维修。载波机的终端接口应能与通信系统中的其它设备相匹配；可以带自动盘，也可以作为长途自动电话交换网的中继线使用。

供电方式采用—48V 或(和)交流 220V 两种，当采用直流供电方式载波机应具备两路电源供电且带自动切换。

#### 2.3.2.2 线路阻波器的选型

(1) 额定连续工作电流及额定短时电流

线路阻波器的额定持续电流必须大于系统给定的阻波器串联的输电线路的最大工作电流；(根据线路导线截面对应的工作电流选择)。

额定短时电流在规定时间内(一般为 1-3S)流过主线圈不致引起阻波器机械损坏。  
(根据母线短路电流值选择)

(2) 阻塞频带

目前工程应用中一般选用宽带阻波器，阻波器的阻塞频带 由其电感线圈的毫亨数确定，毫亨数越大，对应的阻塞频带越宽，1mH 阻波器对应的阻塞频带为 80—500Hz。

### (3) 阻塞阻抗

阻波器的阻塞阻抗应能满足通道传输质量要求。一般，阻塞阻抗的电阻分量的最小值应不小于输电线路特性阻抗的  $\sqrt{2}$  倍。

#### 2.3.2.3 结合滤波器的选型

##### (1) 额定功率

结合滤波器应能承受设计年限内可能通过结合滤波器的最大载波功率，其非线性失真和交调产物不超过规定值。

##### (2) 耦合方式

结合滤波器应能满足通道的耦合要求，与耦合电容器匹配，如相地耦合和相相耦合。在相相耦合时，差接网络宜设置在某一结合滤波器中。

##### (3) 工作频带标称阻抗及回波衰耗

结合滤波器的工作频带应能覆盖设计年限内可能并联的载波通道的全部工作频率。

工作频带内的工作衰减不应大于 2dB(用于继电保护专用通道时不大于 1.3dB)。在工作频段内的回波衰耗不小于 12dB(用于继电保护专用通道时不小于 20dB)。

线路侧标称阻抗的范围，相地耦合时为 200~400  $\Omega$ ，相相耦合时为 400~800  $\Omega$ 。根据需要结合设备应具有调整到不同线路阻抗的可能。结合滤波器的线路侧阻抗应与线路输入阻抗相匹配；设备侧的阻抗应与高频电缆的特性阻抗一致，一般为 75 $\Omega$ (不平衡)。

(4) 在继电保护专用高频通道，应采用设备侧串有电容器的结合滤波器；通信与保护合用的通道，亦应采用设备侧串有电容器的结合滤波器。

#### 2.3.2.4 耦合电容器的选型

耦合电容器的额定电容应与结合滤波器的工作频带宽度要求相适应，一般应优先在下列国家标准系列数值中选取：3500pF、5000pF、7500pF、10000pF、15000pF、20000pF。

目前工程对于 220kV 以下线路选用 10000pF；220kV 及以上线路选用 5000pF。

当只作高频载波信号耦合使用时，应选用耦合电容器；当一次系统要求兼作测量或其它用途时，应选用电容式电压互感器。

#### 2.3.2.5 高频电缆的选型

高频电缆接在结合设备的次级端子和载波机之间，可以用不对称电缆(同轴电缆)，或对称电缆。工程中主要采用同轴电缆。同轴电缆阻抗值一般为  $75\Omega$ ；

### 2.3.2.6 接地刀闸的选型

接地刀闸的绝缘水平应不低于 3kV，工频额定电流应不小于 100A。

### 2.3.3 电力线载波通道的设计与计算

电力线载波通道的设计主要是根据电网调度的隶属关系和电网的一次接线情况，按照电力线载波电路传输质量的要求，以及电网对通道用途和传输信息的要求，进行通道组织、衰减计算、设备选型和频率分配。

电力线载波通道的设计依据通道的高频参数、电力线载波设备的技术条件及所要求的传输质量指标等进行。

#### (1) 传输质量指标

- . 模拟载波通道的允许接收端的电话信噪比不低于 26dB。
- . 采用移频键控方式(FSK)传输远动或数据信号时的信噪比不低于 16dB。
- . 由多个载波转接段构成的通信电路，还应计入噪声积累的影响。
- . 对专用电力线载波收发信机的高频保护通道的接收机最低入口功率电平：  
220、330kV 线路定为 15~16dB；  
500kV 线路定为 17~18dB。
- . 数字载波通道信噪比容限，不同的传输速率  $C_d$  下的信噪比容限应满足下表要求。

信噪比容限要求 $C_d$ (kbit/s)	SNR (dB)	$C_d$ (kbit/s)	SNR (dB)
39.6	46	21.6	24.0
36.0	40	18.0	21.0
32.4	34	14.4	18.0
28.8	30	9.6	15.0
25.2	27	4.8	13.0

#### (2) 通道储备电平

通道性质	$P_{st}$ (dB)
一般通道	4
重要通道	6~9
结冰或严重污染地区的通道	9~13

### (3) 噪声的影响

电力线载波系统设计中，首先需考虑电晕噪声的影响

不同电压等级在 4kHz 带宽内的方均根噪声功率电平取值范围

线路电压等级 (kV)	噪声电平范围 (dBm)
35	<-45
110	-40~-30
220	-30~-22
330	-26~-20
500	-15~-10

噪声电平应按地区特点及实际经验选取适当数值。不良天气条件下的噪声电平相当于表中较高数值。当现有运行的电力线载波通道有可靠的实测数据时，应采用实测值。

不同频率带宽的噪声功率要用电平修正值修正。

$$\Delta P_n = 10 \lg \frac{\Delta f(\text{kHz})}{4(\text{kHz})}$$

式中  $\Delta P_n$ ——噪声电平修正值，dB；  
 $\Delta f$ ——实际使用带宽。

### (4) 通道允许最大衰减

考虑通道储备电平后，通道实际允许的最大衰减为：

$$a_{\max} = P_a - P_{\min} - \Delta P_{\text{cum}} - P_{\text{st}}$$

式中  $a_{\max}$ ——通道允许最大衰减，dB；

$P_a$ ——电话信号发信电平，dBm；

$P_{\min}$ ——电话信号最低收信电平，dBm；

（满足电力线载波通道最低信噪比要求的接收电平，高于电力线载波机本身的收信灵敏度）

$$P_{\min} = P_{n(a)} + S / N_{\min(a)}$$

$P_{n(a)}$ ——通路带宽内的噪声电平，dBm，参照(3)，依地区情况和实际经验确定。

$\Delta P_{\text{cum}}$ ——考虑各种转接后噪声电平积累增加值，dB，；

$P_{\text{st}}$ ——通道储备电平，dB，参见(2)

### (5) 通道总衰减计算：

## 1) 220kV 以下通道总衰减:

**线路衰减 A:** (220kV 及以下, 相地耦合) 经验公式:

$$A = kl\sqrt{f} \text{ (dB)}$$

式中 k——与线路电压有关的衰减系数,

110kV 输电线路取  $8.7 \times 10^{-3}$

220kV 输电线路取  $6.5 \times 10^{-3}$

l——线路长度, km;

f——工作频率, kHz。

**通道总衰减:** (误差一般在工程设计允许的范围内)

$$A_{\text{tot}} = A + 7.0N_1 + 3.5N_2 + 0.9N_3 + A_{\text{cab}} + A_{\text{ter}}$$

式中  $A_{\text{tot}}$ ——电力线载波通道总衰减, dB;

A——线路衰减, dB;

$N_1$ ——通道中高频桥路数;

$N_2$ ——通道中中间载波机与无阻波器分支线数之和;

$N_3$ ——通道两端并联载波机与有阻波器分支线数之和;

$A_{\text{cab}}$ ——高频电缆的衰减, 等于电缆每千米衰减(dB/km)与其长度(km)的乘积(dB)(如电缆不长, 此衰减可忽略不计);

$A_{\text{ter}}$ ——终端衰减, 取为 5.7dB。

## 2) 330kV及以上电压等级输电线路的载波通道总衰减:

**通道总衰减**  $A_{\text{tot}} = A$  (线路衰减dB) +  $A_{\text{OH}}$  (耦合衰减dB)

**线路衰减:**  $A = \alpha_1 \cdot L + 2A_c + A_{\text{add}}$

$\alpha_1$ ——最低损失模式的衰减常数, dB / km,  $\alpha_1$ 可用查曲线方法代替计算, 见 DL/T5391-2007。

L——输电线路长度, km

$A_c$ ——模式转换损失, 即全部模式的总输入功率电平与最低损失模式以外的其它模式的输入功率电平的差值, dB, 可查图, 见 DL/T5391-2007。

$A_{\text{add}}$ ——由于耦合电路、换位等不连续性引起的附加损失, 可查表, 见 DL/T5391-2007。

**耦合衰减:**  $A_{\text{OH}} = A_{\text{ZB}} + A_{\text{JL}} + A_{\text{BJ}}$

$A_{\text{ZB}}$ ——由两端阻波器引起的分流损失, 其最大值不超过 5.2dB

$A_{JL}$  一由发送端结合滤波器引起的工作衰减，最大值不超过 1.3dB(相-地耦合)、2dB(相-相耦合)。

$A_{BJ}$  一由并联载波机或高频保护收发信机引起的分流损失。

注：当现有运行的电力线载波通道有可靠的实测数据时，应采用实测值。

### 2.3.4 载波通道安排

电力线载波通道和频率的安排必须综合考虑电话、远动、高频保护和安全自动装置等通道的要求。

到达同一发电厂、变电所、开关站的载波通道应尽量相互独立，当只有一回输电线路时，各载波通道应安排在不同相上。当条件具备时，应采用电话、远动、高频保护信号在同一载波机中复合传输的方式。

不同电压等级的输电线路之间不宜组织高频桥路。

同一载波机的发信与收信之间，同一电力系统内各载波通道、高频保护通道之间的最小频率间隔应符合相应载波机、高频保护收发信机的技术规范。当防卫度特性不相同，它们之间的频率间隔应由防卫度特性较差的载波机或高频保护收发信机的要求确定。

当载波通道上有短分支线路而且无阻波器时，载波通道的工作频率不得取为  $75N/LFZ$  (kHz)，其中  $LFZ$  为分支线长度(km)， $N$  为正整数。在一般情况下，在分支线的 T 接点上安装阻波器。

高频保护收发信机与载波机并联时，应加装分频滤波器或高频差接网络，其相互分流及(或)传输衰减值应能满足各通道的传输质量指标。一般载波线路长度超过 50km 时可采用分频滤波器，50km 以内时可采用高频差接网络。

### 2.3.5 频率分配

频率分配的目的，就是将相邻载波通道之间的串扰影响限制在允许的限度内，以及最大限度地利用频率资源。

同一地区或同一系统内，电力线载波机应选用同一基本载波频带。当载波通道一个方向上的线路传输基本载波频带宽度为 4kHz(或 2.5kHz)时，载波频带两边缘频率间的间隔应是 4kHz(或 2.5kHz)的整数倍。

考虑发信—收信频带间隔与收信—收信频带间隔的因素基本一致即限制收信支路



可能出现的过负载、满足串音指标的要求。实际工作频率选用的原则：

优先安排远方保护和重要用户的载波通道频率；先长通道，后短通道；在满足信噪比和线路衰减的条件下，选用较高频率，保留较低频率；对可能覆冰的线路，选择较低频率；尽可能地重复使用频率。

### 频率分配常用方法：

插空法和分组法，插空法适用于小型电网，不利于频率重复使用；分组法为将电网分成几个区，将载波频率分成不连续的几个组，频率可以重复使用；即在保证通信质量的前提下，将整个载波频率化成N组频谱，根据电网结构将整个通信网划分为几个段或区，每个段或区对应一组频率。

频率分配的依据为：

#### 1) 电力载波通信电路传输指标：

可懂串音防卫度  $\geq 55\text{dB}$

不可懂串音防卫度  $\geq 47\text{dB}$ 。

远动串音防卫度  $\geq 16\text{dB}$ 。

远方保护专用机对来自其它相邻通道的干扰电平，信号干扰比  $\geq 17\text{dB}$

#### 2) 载波机的常用技术指标

基本载波频带，调幅边带方式

频率间隔，并机衰耗

载波机功率分配

乱真信号指标

近远端串音指标等等

#### 3) 线路的传输特性

跨越衰减为干扰信号由干扰通道到被干扰通道接收端之间的衰减。

如干扰通道的发送端与被干扰通道的接收端在同一厂站，干扰电流与干扰通道信号电流的传输方向相反，两者之间的衰减为近端跨越衰减；

如干扰通道的接收端与被干扰通道的接收端在同一厂站，干扰电流与干扰通道信号电流的传输方向相同，两者之间的衰减为远端跨越衰减。

电力线情况	跨越方式	跨 越 衰 减 (dB)					
		无阻波器		一只阻波器		两只阻波器	
		近端	远端	近端	远端	近端	远端
同一电力线或同杆架设的双回线	不同相	17	6	17	6	17	6
同母线不同电力线	同名相	0	0	17	13	26	17
	异名相	17	6	26	13	35	22
不同电压等级的电力线	同名相	22	—	30	—	39	—
	异名相	30	—	39	—	43	—

### 2.3.6 工程设计

#### ● 可研、初步设计主要设计内容如下：

##### (1) 概述

应介绍相关地区的电力载波系统概况，本工程涉及的现有电力载波通信电路的现状，本工程设计范围，工程必要性论述、主要设计原则。

##### (2) 载波通道组织：

应论述工程中载波通道的组织方案，与其它通信通道的关系。

##### (3) 耦合方式的选择

论述电力载波通信电路采用的耦合方式选择原则及工程选用的耦合方式，目前工程中主要采用相相耦合和相地耦合。

##### (4) 频率分区设置及频率分配原则

仅在全网系统设计时提出频率分区和频率分配原则，在工程设计时应根据工程接入系统要求落实本工程的频率分配方案（由频率管理单位提出）。

##### (5) 主要设备技术要求

应论述工程对载波机配置及结合加工设备的技术要求，列出重要的技术参数。进行通道计算。同时根据系统提资和变电站资料，按照院内和系统处专业配合的要求，综合保护专业和自动化专业的通道要求后确定结合加工通道设备参数，给电气一次专业提资。

##### (6) 电力线载波通道与干线电路连接情况的说明

应说明载波通道与其它电力系统信息通道的转接情况，接口配置。

- (7) 原有电力载波通信系统的改造方案说明。工程中需要搬迁的结合加工设备、载波机设备说明及必要的提资。
- (8) 主要设备材料清册统计
- (9) 投资估算及概算
- (10) 建设年限说明
- (11) 各站电力载波设备安装条件说明（机房、电源、电缆沟等）

● **施工图设计：**

1) 设备安装施工图

施工图设计阶段主要是施工图图纸的绘制。是根据初步设计审查意见和设备采购技术协议进行各站的设备安装设计。主要包括：

- (1) 施工图说明书
- (2) 电力载波通道组织图
- (3) 频率配置图
- (4) 载波机设备电缆连接图
- (5) 载波机设备面板配置图
- (6) 载波机设备安装图（包括平面布置，防震加固等措施）
- (7) 设备供电方式图
- (8) 站内高频电缆敷设图（含保护通道铜导线的敷设）
- (9) 结合设备安装图（可以提资由电气一次专业完成）
- (10) 综合材料清单

2) 设计文件编制要求

表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整，符合电力行业制图规定。所有图纸签署齐全。

## **2.4 数据通信网工作内容及深度要求**

### **2.4.1 数据网络基础知识**

#### **2.4.1.1 网络的分类**

虽然网络类型的划分标准各种各样，但是从地理范围划分是一种大家都认可的通用网络划分标准。按这种标准可以把各种网络类型划分为局域网、城域网、广域网和互联网四种。

### 2.4.1.2 OSI 网络互连参考模型

osi 参考模型 (osi/rm) 的全称是开放系统互连参考模型 (open system interconnection reference model, osi/rm), 它是由国际标准化组织 (international standard organization, iso) 提出的一个网络系统互连模型。其标准保证了各种网络技术的兼容性。参考模型以及传输过程如下图所示



第一层：物理层 (PhysicalLayer)，规定通信设备的机械的、电气的、功能的和规程的特性，用以建立、维护和拆除物理链路连接。具体地讲，机械特性规定了网络连接时所需接插件的规格尺寸、引脚数量和排列情况等；电气特性规定了在物理连接上传输 bit 流时线路上信号电平的大小、阻抗匹配、传输速率距离限制等；功能特性是指对各个信号先分配确切的信号含义，即定义了 DTE 和 DCE 之间各个线路的功能；规程特性定义了利用信号线进行 bit 流传输的一组操作规程，是指在物理连接的建立、维护、交换信息时，DTE 和 DCE 双方在各电路上的动作系列。

在这一层，数据的单位称为比特 (bit)。

属于物理层定义的典型规范代表包括：EIA/TIA RS-232、EIA/TIA RS-449、V. 35、RJ-45 等。

第二层：数据链路层 (DataLinkLayer)：在物理层提供比特流服务的基础上，建立相邻结点之间的数据链路，通过差错控制提供数据帧 (Frame) 在信道上无差错的传输，并进行各电路上的动作系列。

数据链路层在不可靠的物理介质上提供可靠的传输。该层的作用包括：物理地址寻址、数据的成帧、流量控制、数据的检错、重发等。

在这一层，数据的单位称为帧 (frame)。

数据链路层协议的代表包括：SDLC、HDLC、PPP、STP、帧中继等。

第三层是网络层(Network layer)

在计算机网络中进行通信的两个计算机之间可能会经过很多个数据链路，也可能还要经过很多通信子网。网络层的任务就是选择合适的网间路由和交换结点，确保数据及时传送。网络层将数据链路层提供的帧组成数据包，包中封装有网络层包头，其中含有逻辑地址信息——源站点和目的站点地址的网络地址。

IP 是第 3 层问题的一部分，此外还有一些路由协议和地址解析协议（ARP）。有关路由的一切事情都在第 3 层处理。地址解析和路由是 3 层的重要目的。网络层还可以实现拥塞控制、网际互连等功能。在这一层，数据的单位称为数据包（packet）。

网络层协议的代表包括：IP、IPX、RIP、OSPF 等。

第四层是处理信息的传输层(Transport layer)。第 4 层的数据单元也称作数据包（packets）。TCP 的数据单元称为段（segments）而 UDP 协议的数据单元称为“数据报（datagrams）”。这个层负责获取全部信息，因此，它必须跟踪数据单元碎片、乱序到达的数据包和其它在传输过程中可能发生的危险。第 4 层为上层提供端到端（最终用户到最终用户）的透明的、可靠的数据传输服务。所谓透明的传输是指在通信过程中传输层对上层屏蔽了通信传输系统的具体细节。

传输层协议的代表包括：TCP、UDP、SPX 等。

第五层是会话层(Session layer)

这一层也可以称为会晤层或对话层，在会话层及以上的高层次中，数据传送的单位不再另外命名，统称为报文。会话层不参与具体的传输，它提供包括访问验证和会话管理在内的建立和维护应用之间通信的机制。如服务器验证用户登录便是由会话层完成的。

第六层是表示层(Presentation layer)

这一层主要解决用户信息的语法表示问题。它将欲交换的数据从适合于某一用户的抽象语法，转换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法。即提供格式化的表示和转换数据服务。数据的压缩和解压缩，加密和解密等工作都由表示层负责。例如图像格式的显示，就是由位于表示层的协议来支持。

第七层应用层(Application layer)，应用层为操作系统或网络应用程序提供访问网络服务的接口。

应用层协议的代表包括：Telnet、FTP、HTTP、SNMP 等。

TCP/IP 模型实际上是 OSI 模型的一个浓缩版本，它只有四个层次：

应用层、运输层、网际层、网络接口层。与 OSI 功能相比：应用层对应着 OSI 的应用层 表示层 会话层，运输层对应着 OSI 的传输层，网际层对应着 OSI 的网络层，网络接口层对应着 OSI 的数据链路层和物理层。

#### 2.4.1.3 网络中的地址

MAC 地址(位于数据链路层)

介质访问控制(Media Access Control)地址一般位于网卡中，用于标识网络设备，控制对网络介质的访问。例如，网络设备要访问传输电缆(网线，位于物理层)，必须具备一个 MAC 地址，发送的数据要到达目的地，必须知道目的地的 MAC 地址。因为一个网卡具有唯一的 MAC 地址，所以又叫做物理地址。

网络地址(位于网络层)

因为一个网络地址可以根据逻辑分配给任意一个网络设备，所以又叫逻辑地址。网络地址通常可分成网络号和主机号两部分，用于标识网络和网络中的设备。采用不同网络层协议，网络地址的描述是不同的，如 IPX，以 PAD.0134.02d3.es50 为例，PAD 为网络号，而 0134.02d3.es50 是标识该网络中设备的主机号。IP 协议则用 32 位二进制来表示网络地址，一般就叫做 IP 地址。MAC 地址用于网络通信，网络地址是用于确定网络设备位置的逻辑地址。

IP 地址为了适应不同大小的网络需求，所有的 IP 地址被分为不同的类别—Class A、B、C，这就是有类 IP 地址。可用 IP 地址的前三位做区分。广播地址用于标识网络的所有主机，数据发向广播地址就相当于向全网络主机广播。或者以网络掩码(netmask)作区分。网络掩码和 IP 一样也是 32 位二进制数，把网络掩码和 IP 地址逻辑与得出的结果就是主机号。

子网化(Subnetting)把一个网络再细分成数个小网，就叫子网化。子网化是一种解决 IP 地址紧张的方案。此外，子网化还可以防止路由信息的无限制增长。由于同一网络不同子网的网络号是一致的，所以 Internet 路由器到各个子网的路由是一致的。子网化的另一个好处就是无论该网络的拓扑如何改变都不会影响到 Internet 的路由，Internet 路由器也就不用花费大量的资源去计算更新路由信息。如前所述 IP 是用于寻址的，所以子网在此就相当于分级寻址。先由 Internet 路由器根据网络号定位到目的网络，再由内部的路由器根据扩展网络号进一步定位到目的网络中的子网络。

随着企业上网工程的深入，IPv6 新一代的 IP 地址规范已经推出，通过将 IPv4 的 32 位二进制码升级到 IPv6 的 128 位。

#### 2.4.1.4 网络结构

网络拓扑（Topology）结构是指用传输介质互连各种设备的物理布局。

##### 星型拓扑结构

星型网络由中心节点和其它从节点组成，中心节点可直接与从节点通信，而从节点间必须通过中心节点才能通信。在星型网络中中心节点通常由一种称为集线器或交换机的设备充当，因此网络上的计算机之间是通过集线器或交换机来相互通信的，是目前局域网最常见的方式。



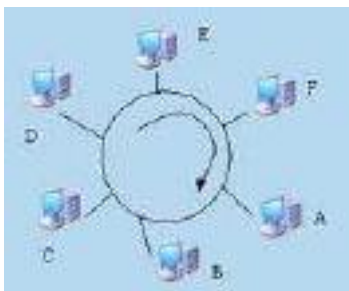
##### 总线拓扑结构

总线型网络是一种比较简单的计算机网络结构，它采用一条称为公共总线的传输介质，将各计算机直接与总线连接，信息沿总线介质逐个节点广播传送。



##### 环型网络拓扑结构（

环型网络将计算机连成一个环。在环型网络中，每台计算机按位置不同有一个顺序编号，见图 4。在环型网络中信号按计算机编号顺序以“接力”方式传输。如图 4 中，若计算机 A 欲将数据传输给计算机 D 时，必须先传送给计算机 B，计算机 B 收到信号后发现不是给自己的，于是再传给计算机 C，这样直到传送到计算机 D。



在实际应用中，上述三种类型的网络经常被综合应用，构成更为复杂的网络。

#### 2.4.1.5 网络协议

网络协议是网络上所有设备（网络服务器、计算机及交换机、路由器、防火墙等）之间通信规则的集合，它规定了通信时信息必须采用的格式和这些格式的意义。大多数网络都采用分层的体系结构，每一层都建立在下层之上，向它的上一层提供一定的服务，而把如何实现这一服务的细节对上一层加以屏蔽。一台设备上的第  $n$  层与另一台设备上的第  $n$  层进行通信的规则就是第  $n$  层协议。如链路层协议包括地址解析协议（ARP）、反向地址解析协议（RARP）、点到点协议（PPP）；SDH 上传送 IP 的协议。网络层协议包括 IP、ICMP、IGMP 等协议。传输层协议包括传输控制协议（TCP）、用户数据包协议（UDP）。应用层协议有 DHCP、DNS、FTP、HTTP 等等。

设计中需要讨论和研究的主要是路由选择协议（routing protocols）及网络层协议的选择，典型的路由选择方式有两种：静态路由和动态路由。

静态路由是在路由器中设置的固定的路由表。除非网络管理员干预，否则静态路由不会发生变化。由于静态路由不能对网络的改变作出反映，一般用于网络规模不大、拓扑结构固定的网络中。静态路由的优点是简单、高效、可靠。在所有的路由中，静态路由优先级最高。当动态路由与静态路由发生冲突时，以静态路由为准。

动态路由是网络中的路由器之间相互通信，传递路由信息，利用收到的路由信息更新路由器表的过程。它能实时地适应网络结构的变化。如果路由更新信息表明发生了网络变化，路由选择软件就会重新计算路由，并发出新的路由更新信息。这些信息通过各个网络，引起各路由器重新启动其路由算法，并更新各自的路由表以动态地反映网络拓扑变化。动态路由适用于网络规模大、网络拓扑复杂的网络。当然，各种动态路由协议会不同程度地占用网络带宽和 CPU 资源。

静态路由和动态路由有各自的特点和适用范围，因此在网络中动态路由通常作为静态路由的补充。当一个分组在路由器中进行寻径时，路由器首先查找静态路由，如果查到则根据相应的静态路由转发分组；否则再查找动态路由。

根据是否在一个自治域内部使用，动态路由协议分为内部网关协议（IGP）和外部网关协议（EGP）。这里的自治域指一个具有统一管理机构、统一路由策略的网络。自治域内部采用的路由选择协议称为内部网关协议，常用的有 RIP、OSPF；外部网关协议主要用于多个自治域之间的路由选择，常用的是 BGP 和 BGP-4。下面分别进行简要介绍。



### （1）RIP 路由协议

RIP 协议最初是为 Xerox 网络系统的 Xerox parc 通用协议而设计的，是 Internet 中常用的路由协议。RIP 采用距离向量算法，即路由器根据距离选择路由，所以也称为距离向量协议。路由器收集所有可到达目的地的不同路径，并且保存有关到达每个目的地的最少站点数的路径信息，除到达目的地的最佳路径外，任何其它信息均予以丢弃。同时路由器也把所收集的路由信息用 RIP 协议通知相邻的其它路由器。这样，正确的路由信息逐渐扩散到了全网。

RIP 使用非常广泛，它简单、可靠，便于配置。但是 RIP 只适用于小型的同构网络，因为它允许的最大站点数为 15，任何超过 15 个站点的目的地均被标记为不可达。而且 RIP 每隔 30s 一次的路由信息广播也是造成网络的广播风暴的重要原因之一。

### （2）OSPF 路由协议

80 年代中期，RIP 已不能适应大规模异构网络的互连，OSPF 随之产生。它是网间工程任务组织（IETF）的内部网关协议工作组为 IP 网络而开发的一种路由协议。

OSPF 是一种基于链路状态的路由协议，需要每个路由器向其同一管理域的所有其它路由器发送链路状态广播信息。在 OSPF 的链路状态广播中包括所有接口信息、所有的量度和其它一些变量。利用 OSPF 的路由器首先必须收集有关的链路状态信息，并根据一定的算法计算出到每个节点的最短路径。而基于距离向量的路由协议仅向其邻接路由器发送有关路由更新信息。与 RIP 不同，OSPF 将一个自治域再划分为区，相应地即有两种类型的路由选择方式：当源和目的地在同一区时，采用区内路由选择；当源和目的地在不同区时，则采用区间路由选择。这就大大减少了网络开销，并增加了网络的稳定性。当一个区内的路由器出了故障时并不影响自治域内其它区路由器的正常工作，这也给网络的管理、维护带来方便。

### （3）IS-IS

IS-IS 与 OSPF 相似，也是基于链路状态计算的最短路径路由协议、采用某种最短路径算法。

IS-IS 为 ISO 标准路由协议，可支持 CLNS 协议和 IP 协议。IS-IS 路由协议标准化好，目前，Tier1 ISP（如 ChinaNet 全国骨干网）大多数的 IGP 路由协议均采用 IS-IS。

该协议扩展性较好，支持网络规模大于 OSPF，在网络相当庞大时能体现出优势。同时，IS-IS 占用网络资源较小；路由收敛和恢复时间快。IS-IS 采用较小的协议数

据包承载路由信息，这使得路由信息繁衍速度更快。

IS-IS 的缺点在于最初是为 CLNS 设计的，支持的路由器厂商比较少，在中国的应用也远没有 OSPF 广泛。

本次建设的数据通信网骨干层规模中等，备份路由带宽较大，不宜使用 RIP/RIPv2 协议。IS-IS 与 OSPF 在规模中等的网络中性能基本相当，但 IS-IS 支持的路由器厂商比较少，在中国的应用也远没有 OSPF 广泛。因此，建议选择 OSPF 作为域内路由协议。

#### （4）BGP 和 BGP-4 路由协议

BGP 是为 TCP / IP 互联网设计的外部网关协议，用于多个自治域之间。它既不是基于纯粹的链路状态算法，也不是基于纯粹的距离向量算法。它的主要功能是与其它自治域的 BGP 交换网络可达信息。各个自治域可以运行不同的内部网关协议。BGP 更新信息包括网络号 / 自治域路径的成对信息。自治域路径包括到达某个特定网络须经过的自治域串，这些更新信息通过 TCP 传送出去，以保证传输的可靠性。

为了满足 Internet 日益扩大的需要，BGP 还在不断地发展。在最新的 BGP4 中，支持无类型的区域间路由 CIDR （Classless Inter domain Routing）还可以将相似路由合并为一条路由。

BGP 运行时刻分别与本自治区域外和区域内的 BGP 伙伴建立连接(使用 Socket)。与区域内伙伴的连接称为 IBGP (Internal BGP) 连接，与自治区域外的 BGP 伙伴的连接称为 EBGP (External BGP) 连接。本地的 BGP 协议对 IBGP 和 EBGP 伙伴使用不同的机制处理。

#### （5）路由算法

路由算法在路由协议中起着至关重要的作用，采用何种算法往往决定了最终的寻径。

路由算法按照种类可分为以下几种：静态和动态、单路和多路、平等和分级、源路由和透明路由、域内和域间、链路状态和距离向量。前面几种的特点与字面意思基本一致，下面着重介绍链路状态和距离向量算法。

链路状态算法（也称最短路径算法）发送路由信息到互联网上所有的结点，然而对于每个路由器，仅发送它的路由表中描述了其自身链路状态的那一部分。距离向量算法（也称为 Bellman-Ford 算法）则要求每个路由器发送其路由表全部或部分信息，但仅发送到邻近结点上。从本质上来说，链路状态算法将少量更新信息发送至网络各处，而距离向量算法发送大量更新信息至邻接路由器。

由于链路状态算法收敛更快，因此它在一定程度上比距离向量算法更不易产生路由循环。但另一方面，链路状态算法要求比距离向量算法有更强的 CPU 能力和更多的内存空间，因此链路状态算法将会在实现时显得更昂贵一些。除了这些区别，两种算法在大多数环境下都能很好地运行。

最后需要指出的是，路由算法使用了许多种不同的度量标准去决定最佳路径。复杂的路由算法可能采用多种度量来选择路由，通过一定的加权运算，将它们合并为单个的复合度量、再填入路由表中，作为寻径的标准。通常所使用的度量有：路径长度、可靠性、时延、带宽、负载、通信成本等。

## 2.4.2 数据网设计内容

电力数据通信网的设计主要是根据国家标准、电力行业的规程、规范和电力系统通信有关设计规划，并结合技术发展及本地区电网的实际情况进行。设计内容包括：技术体制的选择、业务种类及需求、网路结构、路由选择、通道组织、地址分配、网络性能、网络安全和设备的选型要求和配置等。

### 2.4.2.1 网络技术体制

随着电力系统的发展，以太网技术的应用越来越多，如调度数据网、综合数据网，均采用的以太网技术体制。数据网以传输网络为基础，多采用“IP over SDH/PDH”技术体制，传输层/网络层协议采用 TCP/IP 协议，底层传输设备完成数据的透传。网络根据其承载的业务种类、安全性要求的不同，可采用 VPN 隧道技术实现数据的隔离。

网络技术体制的选择主要考虑通信现状、对业务的保障性、传输效率、成本等因素网，结合网络的整体规划确定合理的技术体制。

### 2.4.2.2 业务的种类及需求

业务的种类指网络承载信息种类，其特点直接影响网络的结构、配置、传输带宽、技术应用等，网络的建设均围绕着业务展开。因此业务需求分析是网络建设方案研究的前提。

电力系统业务分为实时业务和非实时业务，包括生产管理信息、语音业务、生产控制信息和其他管理信息等。其中管理信息主要是基于 TCP/IP 的数据业务，业务速率要求高，实时性要求较低；而生产控制信息速率要求不高，但实时性强，可靠性要求高；语音视频类数据包括行政电话，调度电话，会议电视、视频监控系统等，都是实时性要求较高的业务。

根据“全国电力二次系统安全防护总体方案”提出的电力二次系统安全防护的总策略以及电力二次系统的特点，各相关业务系统的重要程度和数据流程、目前状况和安全要求，将整个电力二次系统分为四个安全区：I 实时控制区、II 非控制生产区、III 生产管理区、IV 管理信息区。安全区 I 为实时控制区，其典型系统包括调度自动化系统（SCADA/EMS）、配电自动化系统、变电站自动化系统、发电厂自动监控系统等，还包括采用专用通道的控制系统，如：继电保护、安全自动控制系统、低频/低压自动减载系统、负荷控制系统、广域相量测量系统等。

安全区 II 为非控制生产区，其典型系统包括调度员培训模拟系统（DTS）、水调自动化系统、继电保护及故障录波信息管理系统、电能量计量系统、批发电力交易系统等。

安全区 III 为生产管理区，实现电力生产的管理功能，该区的典型系统为调度生产管理系统（DMIS）、统计报表系统（日报、旬报、月报、年报）、气象信息接入等。

安全区 IV 为管理信息区，包括管理信息系统（MIS）、办公自动化系统（OA）、客户服务等。

根据以上分区原则，电力系统数据业务可由电力调度数据网和综合业务数据网两个网络承载。调度数据网主要承担 I 区和 II 区业务，综合业务数据网承担 III 区和 IV 区业务。

#### 2.4.2.3 网络建设方案

网络建设方案应包含以下几个方面：网络结构、路由选择、地址分配、网络性能、网络安全和设备的选型等内容

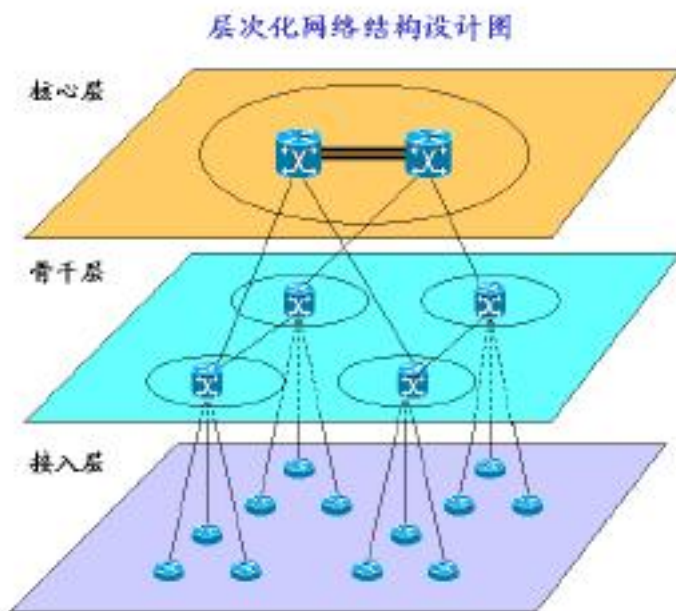
##### （1）网络结构

网络结构是数据网络的设计重点。网络结构及拓扑应以保证电力通信安全、可靠、灵活和高效运行为主，同时也要考虑降低网络造价和减少运行维护成本。网络结构要以网络范围的大小为基础，综合考虑业务的流向、和通道资源，尤其是基础光缆资源和承载网资源，结合电力系统通信规划和各项系统政策和原则，统筹安排组建通信数据网。

网络结构是网络的基础，其好坏直接影响着网络的健壮性和网络整体性能的优劣。

大多数的网络都可以被层次性划分为不同的逻辑服务单元，模块化网络设计方法

的目标在于：把一个大型的网络元素划分成一个个互连的网络层次。实质上，模块化方式把网络划分为一个个子网，因此网络节点和流量变得更容易管理。层次化的设计方法同时也使网络的扩展更容易处理，因为新的子网模块和新的网络技术能被更容易集成进整个系统中，而不破坏已存在的骨干网。见下图：



• 层次设计方法可为网络带来以下三个优点：

- a 层次性网络的可扩展性
- b 层次性网络的可管理性
- c 优化广播和多点广播的流量控制

网络结构一般选用星型和网状相结合的混合网络，核心、汇聚层连接采用网状结构，增强网络的健壮性、接入层采用星型结构尽量简化不必要的链路，提高网络的收敛速度。

路由选择指路由器设备信息传输路径的选择，主要依靠路由选择协议（routing protocol），不同的路由选择协议有不同的算法和规则。选择适当的路由选择协议可以提高网络性能，应对网络中的拓扑变化，提高网络的健壮性。

• 域间路由协议 (EGP)

域间路由协议 (EGP) 主要是传统的外部网关协议 (EGP) 和边界网关协议 (BGP)。

传统的外部网关协议 (EGP) 为两个相邻的位于各自 AS 域边界上的路由器提供一种交换消息和信息的方法，是一个现已过时的互联网路由协议。现今，边界网关协议 (BGP) 是互联网路由的目前公认标准，其基本已取代了局限较大的 EGP3 协议。

与传统的外部网关协议 EGP3 相比，策略化的边界路由协议 BGP-4 协议具有许多优点：

- a) 支持路由地址总结；
- b) 其连接是运行在 TCP 之上的，连接比较可靠；
- c) BGP 使用触发式更新，且仅修改更新部分；
- d) 支持地址聚集特性，有助于节约 C 类 IP 地址资源等。

由于 BGP-4 协议的上述优势，使其目前已成为连接 AS 的主要路由协议，建议电力调度数据网络的骨干网和接入网之间采用 BGP-4 协议作为域间路由协议。

- 域内路由协议(IGP)

域内路由协议 IGP 目前主要使用动态路由协议，这些动态路由协议主要是距离向量协议(Distance Vector Protocol)以及链路状态协议(Link State Protocol)。

- a) 距离向量协议主要有标准的路由信息协议(RIP)

b) 链路状态协议主要有标准的开放最短路径优先协议(OSPF)以及中间系统-中间系统协议(IS-IS)。由于 OSPF 与 IS-IS 有许多相似处，因此在选择路由协议时，链路状态协议可优先选择标准的 OSPF 协议。

- OSPF 协议的优点包括：

- a) OSPF 协议是标准和开放的链路状态协议，有利于不同厂家产品的互操作性。

b) 网络的传输链路是由电力专用传输网的光纤通道或微波通道提供。通道的多样性要求网络内的路由选择不应仅仅依据路由器的跳数，还应依据链路的可靠性等其它参数来综合设定。OSPF 协议路由费用的综合度量能很好地满足该要求。

- c) OSPF 协议的收敛速度较快，满足调度数据网络实时性的要求。

d) OSPF 协议对网络带宽占用率较低，可以尽可能降低路由协议的业务开销对于网络带宽的占用率，保证把更多的带宽资源留给网络所承载的 IP 应用业务。

e) 由于 OSPF 协议最重要的概念之一是层次和区域，其主要优点在于隐藏了其它区域的拓扑结构，从而明显地减少了路由选择协议流量。

f) OSPF 协议可以更好地支持 MPLS VPN 的部署，有效地减少人工设置静态路由的工作量，提高网络的可管理、可控制的范围。

OSPF 协议相对于 IS-IS 协议来说，具有更多可选功能，支持更多类型的网络拓扑，虽然配置略微复杂，但能提供更大的网络灵活性。

域间路由非常简单的情况下也可采用静态路由和/或缺省路由。

- 接入路由设计

接入网内厂站接入可采用三种路由策略：OSPF 动态路由协议、静态路由/缺省路由和 RIP 动态路由协议。

- a) OSPF 动态路由协议

采用动态路由协议 OSPF，可更好地支持 MPLS VPN 的部署，实行严格意义上的全标签交换，保证端到端的 MPLS VPN，同时有效减少人工设置静态路由的工作量，提高网络的可管理、可控制的范围，但对接入层路由设备的性能要求也比较高，网络成本较高。

- b) 静态路由/缺省路由

厂站端采用缺省路由(DefaultRoute)，网络端配置静态路由。这样可以减少配置工作量，增加网络灵活性。

## (2) 网络功能

数据网络的主要网络功能包括：服务质量等级(QoS)、网络流量管理、网络同步等。

- 网络服务质量(QoS)

IP 业务流的不可预测性以及网络链路故障情况下的迂回将影响网络的延迟性能，为了应付网络的数据流量突发，数据网络必须拥有良好的拥塞控制能力和对不同性质数据流的处理能力。网络的服务质量主要包括两个层面：一是控制路由器节点 QoS 行为，二是端到端网络 QoS 模型的考虑。

- a) 为进一步确保实时调度等关键业务的延迟性能指标，应针对不同业务类型对数据包进行分类，对不同的 IP 应用业务赋予不同的 IP 优先级。

- 1) 用于电力调度的实时控制业务的优先级别最高，应作为必须迅速提交的 EF 业务(Expedited Forwarding)，既要保证带宽，又要保证时延。

- 2) 用于电力生产的非控制在线生产业务的优先级相应较低，可作为确保提交的 AF 业务(Assured Forwarding)，主要保证带宽，时延较 EF 业务大。

- b) 网络节点应采用支持 QoS 并具有 CoS(Class of Service 服务类型)体系结构的路由器设备，支持分类(Classify)、队列管理(Queue)、调度(Schedule)等功能，以提高网络的服务质量。

c) 网络的端到端 QoS 模型建议采用区分服务(DifferServ)模型, 以实现网络对于不同优先级的各类业务提供不同的保证机制。

d) 网络应支持面向连接的转发技术-多协议标签交换(MPLS), 可在任意非最短路径上转发分组, 从而实现网络内 QoS 敏感业务和业务传输的优化分配。MPLS 还能够支持计量、管制、标记、排队、调度等行为。

- 网络流量管理功能

根据电力调度数据网络的应用需求, 网络应支持虚拟专用网(VPN)、流量管理方式、拥塞控制机制等功能。

a) 应支持拨号虚拟专用网和专线虚拟专用网。

b) 虚拟专用网应支持各种隧道协议: 包括点到点隧道协议(PPTP)、第二层转发协议(L2F)、第二层隧道协议(L2TP)、虚拟专用局域网业务协议(VPLS)等二层隧道协议, IP Sec 和 GRE 三层隧道协议, 以及介于二、三层间的 MPLS 协议。

c) 应支持 VPN 的各项安全技术, 包括加解密技术(Encryption & Decryption)、密钥管理技术(Key Management)、认证技术(Authentication)。

d) 应支持 FIFO(先进先出)、PQ(优先级队列)、CQ(定制排队)、WFQ(加权公平队列)、CBWFQ(基于类的加权公平队列)等队列调度技术。

e) 应支持早期随机检测(RED)、加权早期随机检测(WRED)等拥塞控制技术。

f) 应支持 MPLS 流量工程。

- 网络同步功能

网络设备的同步方式应采用主从同步方式, 目前有三种同步方式可供选择: 外同步方式、线路同步方式和内部时钟同步方式。

a) 外同步方式

网络设备应设置外同步时钟源输入接口, 从 BITS 获取定时, 同步输入接口可采用 2048kbit/s 或 2048kHz 接口, 接口数量不少于 2 个。

2048kbit/s 或 2048kHz 接口应符合 ITU-T 建议 G. 703 规定的要求, 其输入抖动和飘动容限应满足 ITU-T 建议 G. 823 规定的要求。建议优选 2048kbit/s 接口, 其帧结构应符合 ITU-T 建议 G. 704 规定的要求。

b) 线路同步方式:

网络设备应具有线路定时方式, 当不能使用外定时方式时, 采用线路定时。



线路定时就是从 STM-N 线路信号中恢复定时并用于同步。对于 SDH 传输，线路同步接口可采用 STM-N 接口。STM-N 接口应符合 ITU-T 建议 G. 705 规定的要求，其帧结构应符合 ITU-T 建议 G. 707 规定的要求，其输入抖动和飘动容限应满足 ITU-T 建议 G. 825 规定的要求。

c) 内置时钟同步方式：

网络设备应配备有内置时钟。内置时钟应采用二或三级时钟设备。

### (3) 网络技术性能

#### • 网络传输延迟

网络端到端数据传输的延迟主要包括：分组报文串行化延迟、线路传输延迟、节点处理延迟。为满足电力系统调度自动化技术的实时性要求，建议电力调度数据网络实时业务的传输延迟应 $\leq 100\text{ms}$ 。影响网络延迟的主要因素如下：

a) 广域网 WAN 带宽

根据网络业务流量分析的结果，以及路由协议信息的网络带宽需求及未来通信发展的需求，设置网络广域带宽，建议数据网络建设初期链路利用率宜不超过 30%。

b) 节点路由设备 CPU 处理能力

若采用 OSPF 协议，其对路由设备的 CPU 资源占用较大，因此选用的路由设备处理能力应提供较高的包转发速率。根据节点业务流量统计，设置路由设备的 CPU 处理能力，建议节点路由设备的 CPU 负载应不超过 30%。

c) 网络路由跳数

电力调度数据网络拓扑结构应优化设计，尽可能缩短网络路径，改善延迟指标。根据业务流向分析，网络业务主路由(在不发生路由迂回时)传输距离应小于 6 跳。

d) 局域网 LAN 带宽

根据网络业务流量分析，设置终端装置与路由器之间的局域网带宽。建议采用目前广泛应用的 100Mbps 带宽以太网 LAN，能够满足网络业务应用的要求。

e) 网络数据流量

为防止某一时刻发生流量突发现象，造成网络拥塞，路由器端口应提供数据压缩功能，以便保障业务流量的限速，更加合理利用有限的网络链路带宽。

#### • 网络收敛时间

网络收敛时间是网络稳定性的一个主要指标，其主要取决于网络规模，链路数量、

质量、带宽，路由器节点数量、处理性能，以及网络直径等因素。其中，最主要的是网络链路的数量和带宽、网络直径、路由器节点的处理能力。

根据目前电力调度数据网络的运行要求，建议网络收敛时间应不超过 90s。

- 网络包丢失率

网络包丢失率主要取决于低层传输链路的质量、节点路由设备的误转发率、网络的拥塞情况。目前电力调度数据网络的低层传输链路基本上是以光纤为主，传输链路的质量较高，在节点路由设备的性能较高、负载较轻时，网络的包丢失率较为稳定。

建议电力调度数据网络包丢失率控制在  $10^{-5}$  以下。

- 网络可用率

网络可用率主要通过网络拓扑结构的优化以及网络的弹性设计来保证。建议网络主设备可用率应大于 99.999%，网络端到端可用率应大于 99.99%。

网络的可靠性和冗余性主要包括节点、链路、路由的可靠性和冗余性。具体要求如下：

- a) 节点可靠性

网络节点设备应至少具备模块级冗余配置，配置多处理器、冗余电源，以保证节点的可靠性。节点路由设备的 WAN、LAN 链路也应尽可能分布在不同的 I/O 链接模块上以保证链路的可靠性。

- b) 链路的冗余

网络设计应考虑链路冗余原则。主用链路保证业务的基本需求，备用链路提供传输链路可靠性，迂回链路提供网络路由可靠性。

- c) 路由的冗余

通过对网络所采用的 OSPF 路由协议的配置，充分利用冗余的物理链路来实现路由冗余。当网络拓扑发生变化时，数据流应能寻找其它路径到达目的地址。

#### （4）网络安全

网络安全应是一个分层的安全体系，包括链路层、网络层以及应用层的安全。链路层安全利用物理隔离的 SDH 平台来保障。应用层安全可在各类业务应用系统中实现。

广域网网络层安全要求保护网络不受攻击，确保网络服务的可用性；局域网网络层安全要求机密信息不允许被随意访问。网络安全技术主要包括防火墙技术、IP VPN 和 IPSec、数据加密认证、口令和安全策略方面的内容。

a) 综合采用各种防火墙技术，建议在广域网路由器与局域网接入层之间采用状态检测防火墙技术，通过应用层代理服务器，进行有关应用的严格访问控制。

b) 采用基于 IP 安全体系结构(IPSec)的 IP VPN，网络路由器设备应支持 IPSec 标准，实现数据源身份认证、数据完整性检查、数据加密、重发攻击保护，以及自动的密钥管理和安全关联管理等功能。要求路由器能够支持通用的加密算法软件。

c) 采用流量分析技术，对经过网络设备的数据流进行统计和分析，进一步提高网络的防护和监视能力。

d) 通过多种口令管理方法加强访问控制。

- 安全控制方案

- a) 对路由器访问的控制

对于路由器用户可以设置不同的用户权限，如“非特权”和“特权”两种访问权限。非特权访问权限允许用户在路由器上查询某些信息但无法对路由器进行配置；特权访问权限则允许用户对路由器进行完全的配置。通过对路由器的配置，使得只能由某个指定 IP 地址的网管工作站才能对路由器进行网络管理，对路由器或网络设备进行读写操作。

- b) 对广域网访问的控制

根据《全国电力二次系统安全防护总体方案》，广域网路由器与局域网之间应设置防火墙或纵向加密认证网关，用于广域网边界保护，限制外部用户对内部网络访问权限，实现数据传输的机密性、完整性保护。

- c) 对局域网访问的控制

由于局域网上实时应用与非实时应用之间可能共享物理设备(如网络交换机)，局域网的访问控制可以通过对网络交换机进行 VLAN 的划分，在路由器上对 VLAN 之间的访问进行限制。路由器侧应具有一定的防火墙功能，可以根据 IP 地址、IP 子网、TCP/UDP 端口号等进行访问限制。

## (5) 网络管理系统

- 网管系统的结构

网管系统结构一般可分为集中式管理和分布式管理。集中式管理设置单一的网管中心，分布式管理分为多级，各级网管负责所辖范围网络的管理和维护。

网管系统应能够灵活配置，支持集中管理、分区管理以及 MPLS-VPN 管理等，支

持按地理区域、业务类型和用户端口进行分层和分级的网络管理，并具有远程管理的能力。广域网络中的路由器、交换机等设备应纳入统一的网络管理系统中。

网络管理建议采用带内管理的方式，即利用数据传输的带宽，不需要额外的链路和端口。

- 网管系统的功能要求

网管系统应具有管理多种类型设备的能力，兼容较为通用的硬件和软件平台，提供开放的 API、标准的和专用的 MIB，以支持业务应用系统的再开发。网管中心应具有本地和远端监控和管理能力，其它各网络节点应具有本地监控和管理能力。网络管理系统应具有图形化的管理界面，通过鼠标操作。系统应支持 SNMPV1、SNMPV2 协议，支持远程监视 MIB。

网管系统的功能要求如下

a) 故障管理：发现、隔离和纠正问题(故障)。故障事件通过简单网络管理协议(SNMP)或管理工作站的常规间歇轮询向网管中心报告。

b) 配置管理：对网络设备的配置变化定基准、修改和跟踪。可以通过配置口或远程网络进行本地或远程配置，可以用图形用户界面(GUI)进行设置。

c) 计费管理：测量用户对网络资源和业务的使用，并对其进行统计分析，记录归档，形成计费报告。

d) 性能管理：对网络行为的衡量以及传送帧、包和段的效率，包括协议和应用行为、目的地的可达性及对响应时间的测量。设备的性能监控应包括性能信息收集、性能信息存储、性能阈值处理和性能管理报告等功能。

e) 安全管理：认证和授权信息(如口令和密钥)的维护和分发，并能进行核查登录，将登录的情况和重复的不成功登录尝试用文件记录下来。

f) VPN 管理：实现 VPN 的增加和删除、VPN 的状态监控和 VPN 的故障排查功能。能够配置虚拟专用网络(VPN)。由网管中心授权，VPN 网管可以在 VPN 内部进行相应的网络管理。

g) QoS 管理：通过提供拥塞管理手段满足流量监视和流量优化的要求。

h) 报表定制管理：能够对链路中断、设备停运等事件进行统计，并生成报表进行分析。

## (6) 地址分配

地址分配应按照统一的分配原则进行分配，IP 地址划分原则如下：

- 1) IP 地址规划应满足当前需求，并充分考虑未来网络规模和接入业务发展，预留相应的地址段；
- 2) 采用 VLSM（可变长子网掩码），保证 IP 地址的利用效率；
- 3) 采用 CIDR（无类别编址）技术，以减小路由器路由表的大小，加快路由器路由的收敛速度，减少网络中路由信息广播的数量；
- 4) 应采用结构化的地址空间分配方法，充分考虑地址结构的清晰和路由聚合的可实施性；
- 5) 应按照不同业务类型对地址空间进行规划，分配的地址空间应保持连续，地址空间的大小由业务类型的需要决定。

数据网络地址分为网络（组网）地址和应用（主机）地址两大类，其中网络地址由网络标识地址（Loopback）、网络设备互联链路地址和网络边界（PE/CE 连接链路）地址组成，应用地址由包括厂站在内的各不同的应用系统接入数据网络的地址组成。

#### （7）设备选型要求

数据网必须采用符合国际公开标准的设备组建高性能的网络，网络支持多种协议，并能提供电力系统综合业务数据网所传业务的接口。网络建设应符合国际电信联盟 ITU、欧洲电信标准协会 ETSI、我国邮电部等有关技术体制规定。

网络应保证业务传输的安全性和准确性，网络具有良好的故障恢复自愈功能；根据不同用户的不同需求为其采取相应的安全措施，防止非法用户的侵入。

网络不仅满足现在业务的需求，还必须着眼未来，随业务的发展提供良好的带宽扩展能力，并具有随技术的发展而发展的能力，易于网络规模的扩展。具体要求为：

- 1) 必须具备高可靠性及高冗余性；
- 2) 必须能够提供故障隔离功能；
- 3) 必须具有迅速升级能力；
- 4) 必须具有较少的时延；
- 5) 必须具有良好的可管理性。
- 6) 路由器的处理性能。
- 7) 网络的可靠性。
- 8) 网络的扩展能力。

9) 网络的安全性。

目前国家电网公司已经编制了数据网设备的技术规范书,详细技术参数选择参见规范书要求。

#### 2.4.2.4 通道组织

根据通信传输网现状,工程数据网通道组织应以光纤电路为主。

网络传输电路组织原则遵循以下顺序选择:

- (1) 主干 500kV 或 220kV 光通信电路
- (2) 110kV 光通信电路
- (3) 微波电路

传输设备选用原则遵循一下顺序

- (1) 10G 或 2.5G 光设备
- (2) 622M 或 155M 光设备
- (3) 微波设备

#### 2.4.2.5 设备的安装

设备应安装在通信机房内,环境要求、安装加固方式以及接地方式与机房内其它通信设备一致。网管设备安装在管理中心。

设备应采用双回路直流-48V 电源供电,网管设备由交流 220V UPS 电源不间断连续供电。

#### 2.4.3 数据网设计深度

数据网设计分为可研设计、初步设计和施工图设计三个阶段。不同的设计阶段,其设计深度要求均不同。

##### 2.4.3.1 可研阶段

主要设计内容深度如下:

##### 1) 工程概况

##### (1) 概述

概述任务的来源、项目性质、规模及本设计拟解决的问题等。

##### (2) 设计依据和设计范围

应说明设计依据(主要包括设计委托书、通信规划设计文件等)和设计范围。

##### (3) 设计水平年和主要设计原则

设计应贯彻执行有关的设计标准、规程及规定，应满足电力系统调度通信、调度自动化及生产管理、对电话通信的要求。统一规划、统一设计、分步实施。

#### (4) 工程现状

##### 2) 必要性及可行性分析

分别从安全性、能效性、成本、政策适应性、和工程的可行性机芯分析，得出结论

##### 3) 设计方案比选

根据项目必要性分析结果，研究提出可行的项目预期目标，围绕预期目标提出 2 个以上可选项目技术方案，描述各技术方案的基本内容。

对方案进行综合比选，得出最优方案。

##### 4) 详细技术方案

应以电力系统及通信系统的现状为基础，提出详细技术方案。应包括以下内容：

- (1) 技术体制；
- (2) 网络拓扑结构；
- (3) 设备选型原则；
- (4) 通道组织原则；
- (5) 网管及设备配置；

##### 5) 投资估算。

列出推荐方案主要设备的数量、建设年限、建设顺序和分期投资估算和总投资估算。

##### 6) 附图及附表

- (1) 网络拓扑图；
- (2) 投资估算汇总表。

##### 7) 设计文件编制要求

一般设计图表与设计文件合装成册。

### 2.4.3.2 初步设计阶段

- 初步设计内容深度应满足以下基本要求。

- (1) 确定设计方案作为施工图设计的依据
- (2) 满足主要辅助设备的材料采购
- (3) 控制建设投资

(4) 进行施工准备和生产准备等。

(a) 初步设计文件应通过说明书、图纸充分表达设计意图，专业之间相互协调。重大设计原则应进行多方案的优化比选，提出推荐方案。

(b) 应积极、慎重的应用成熟的新技术、新工艺和新方法，初步设计文件应详细阐明其技术的优越性、经济的合理性和在本工程采用的可能性，并说明其在科研、试验、设备制造方面已进行的工作和其他工程中的实践结果，以及在工程中所能发挥的实效和在施工运行中需注意的事项。

• 主要设计内容深度如下：

#### 1) 工程概况

##### (1) 概述

概述项目性质、规模、投资方及在地区电力系统中的作用等有关结论性意见。

##### (2) 设计依据

批准的可行性研究报告是初步设计的主要依据，必须认真执行其中所规定的各项原则。

##### (3) 设计内容、设计范围和设计分工

##### (4) 主要设计原则

##### (5) 工程现状

#### 2) 业务需求分析、带宽需求分析

#### 3) 设计方案

##### (1) 网络结构

###### (a) 网络技术体制

###### (b) 网络建设原则和范围

###### (c) 网络拓扑结构

###### (d) 路由选择协议

###### (e) 地址编码

##### (2) 网络性能指标

##### (3) 通道组织

##### (4) 网络功能

##### (5) 网络安全

##### (6) 设备配置



(7) 配套设备

(8) 主要设备材料清册

#### 4) 附图

现有及设计水平年网路结构图

#### 5) 工程概算

编写《初步设计概算书》。初步设计概算应准确反映设计内容，深度应满足控制投资、计划安排及基本建设拨款的需要。

#### 6) 设计文件编制要求

初步设计说明书表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整。所有文件签署齐全。

### 2.4.3.3 施工图设计阶段

#### 1) 设备安装施工图

施工图设计阶段主要是施工图图纸的绘制。是根据初步设计审查意见和设备采购合同进行各站的设备安装设计。主要包括：

(1) 施工图说明书

(2) 网络结构图

(3) 通道组织排表（或图）、IP 地址表

(4) 设备缆线连接图

(5) 设备面板配置图

(6) 设备安装图（包括平面布置，防震加固等措施）

(7) 综合材料清单

#### 2) 设计文件编制要求

表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整，符合电力行业制图规定。所有图纸签署齐全。

### 2.4.4 附录-数据通信网中的相关术语

（不限于此）：

ACL	访问控制列表
ADSL	非对称数字用户线
AS	自治系统
ATM	异步转移模式
BGP	边界网关协议，BGP-4 为边界网关协议版本 4

BRAS	宽带接入服务器
B/S	浏览器/服务器模式
CAR	承诺访问速率
CBWFQ	基于类的加权公平排队
CIDR	无类域间路由选择
CoS	服务等级
C/S	客户机/服务器模式
CSD	电路交换数据
DDN	数字数据网
DiffServ	差分服务模式
DWDM	密集型波分复用
DSCP	DiffServ 码点
ENUM	电话号码到 URI 的映射
FR	帧中继
FE	百兆比特以太网
GE	千兆比特以太网
GPRS	通用分组无线业务
GRE	通用路由封装
GSM	全球移动通信系统
GTS	通用流量整形
ICP	互联网内容提供商
IDC	Internet 数据中心
IEEE	电气和电子工程师学会[美]
IETF	因特网工程师任务组
IntServ	集成服务模式
IP	互联网协议
IP800	基于 IP 的 800 号业务
IPv4	互联网协议-第 4 版
IPv6	互联网协议-第 6 版
IPSec	IP 安全协议
ISDN	综合业务数字网
IS-IS	中间系统-中间系统
ISP	互联网服务提供商
L2	2 层
L2TP	第 2 层隧道协议
L3	3 层
LLQ	低延迟队列
LMDS	本地多点分配业务
MIB	管理信息库
MPLS	多协议标记交换
MSTP	多业务传送平台
NAP	网络接入点
NAS	网络接入服务器
OSPF	开放最短路径优先路由协议

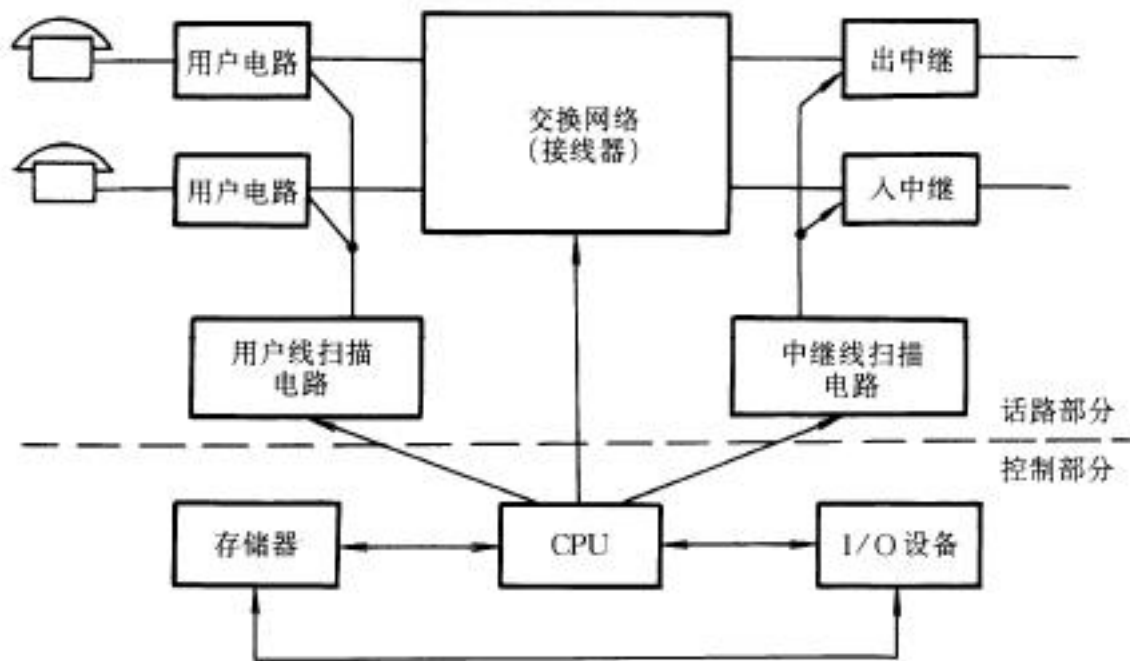
PHB	逐跳转发行为
PKI	公共密钥基础设施
POS	SDH 上传送 IP
PQ	优先队列
PSTN	公用电话交换网
QoS	服务质量
RADIUS	拨号用户远程认证服务
RED	随机早期探测
RFC	征求意见稿
RPR	弹性分组环
RSVP	资源预留协议
SDH	同步数字体系
SmartCard	智能卡
SMC	安全管理中心
SNMP	简单网络管理协议
SP	服务提供商
TE	流量工程
Token	令牌
VLSM	可变长子网掩码
VOIP	IP 承载语音
VPN	虚拟专用网
WAP	无线应用协议
WFQ	加权公平排队
WRED	加权随机早期检测
WLAN	无线局域网
WWW	万维网
XML	扩充标识语言
E-LSP	一种 MPLS CoS 方案，在 LER 上将 IP DS 字节映射到 MPLS 标记的 EXP 位，通过 EXP 位向 LSR 表示分组的 QoS 要求
L-LSP	在 LER 上将 IP DS 字节映射为一个 LSP，通过标记和 EXP 位向 LSR 表示分组的 QoS 要求

## 2.5 调度程控交换系统工作内容及深度要求

### 2.5.1 程控交换机的基本概念

程控交换机是存储程序控制交换机的简称，记作 SPC (Stored Program Control)。它是利用电子计算机进行控制的，它把电话交换机各种控制功能按步骤编成程序存入存储器，利用存储器内所存的程序来控制整个交换机工作。

程控交换机的基本结构如图所示。具体功能分为话路部分和控制部分。



程控交换机可以有缩位拨号、热线服务、转移呼叫、闹钟服务、免打扰服务等各种用户服务性能。

对数字交换系统的总体结构而言，就其功能来分，大致可分为下述四个部分：

- (1) 用户线 / 中继线终端设备；
- (2) 交换网络；
- (3) 控制机构；
- (4) 运转维护系统。

#### 2.5.1.1 用户级网络

用户级网络包括用户电路和用户集线器。

用户电路：用户线进入交换局的接口电路。

用户电路的主要功能——“BORSCHT”功能：

- (1) 馈电
- (2) 过压保护
- (3) 振铃
- (4) 监视
- (5) 模拟 / 数字变换，即 A / D 变换(C)
- (6) 二线 / 四线变换(H)
- (7) 测试

2.5.1.2 中继线路终端

- (1) 模拟中继线终端
- (2) 数字中继线终端

2.5.1.3 数字交换网络

利用随机存储器原理来完成时隙交换功能的设备称为数字交换网络。在程控交换系统中的数字交换网络基本上有两类：时间接线器——T 接线器；空间接线器——S 接线器。

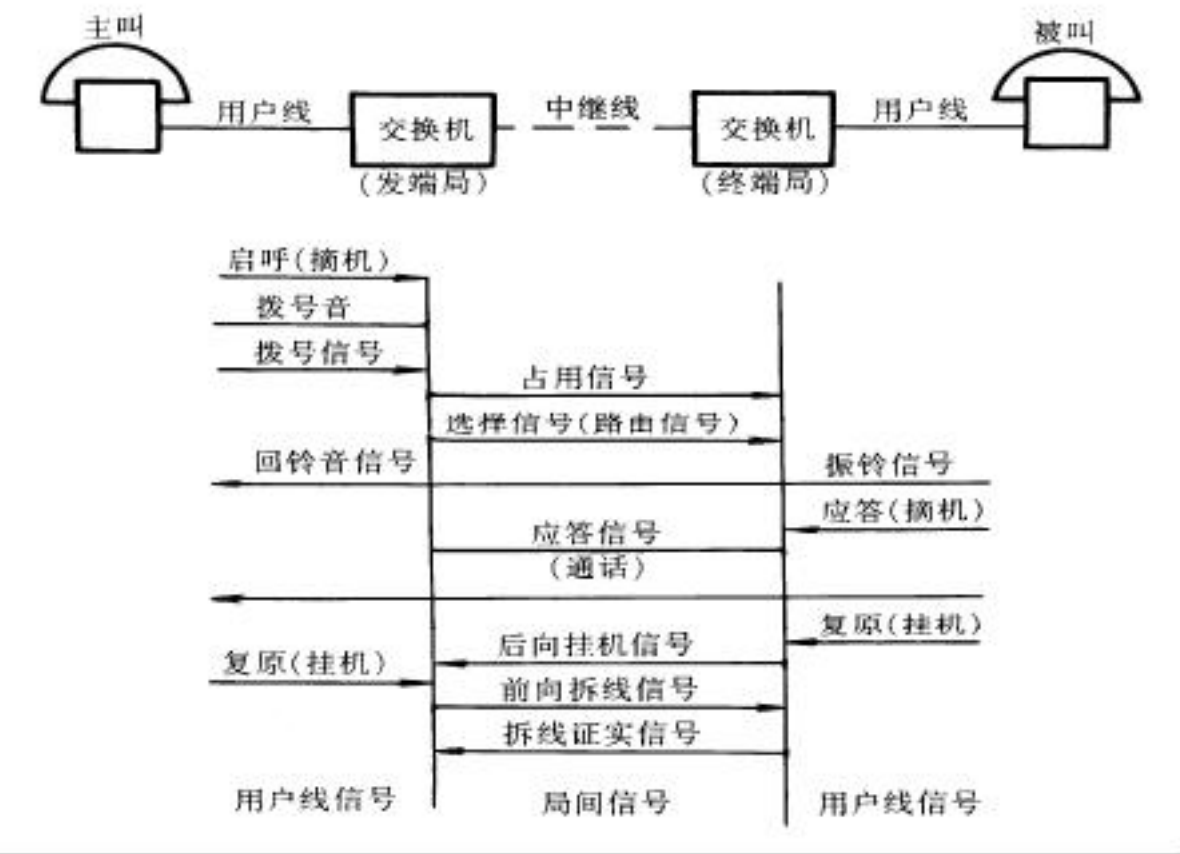
一般单个 T 接线器的交换容量较小，而 S 接线器往往很少单独使用。

无论是 T 接线器还是 S 接线器都不足以组成实用的时分接续网络，实际使用的时分接续网络都是由 T 接线器和 S 接线器组合而成，如 TST 时分接续网络。

2.5.2 电话交换网及信令系统简介

2.5.2.1 基本概念

电话交换网的主要功能是完成电话用户之间通话的接续或转接。电话自动交换网就是无需介入人工而自动完成接续或转接。自动完成通话用户的接续或转接需要有一套完整的控制信号和操作程序，用以产生、发送和接收这些控制信号的硬件及相应执行的控制、操作等程序的集合体就称之为电话网的信令系统。



上图的流程简单说明如下：

- ① 当用户摘机时，用户摘机信号送到发端交换机；
- ② 发端交换机收到用户摘机信号后，立即向主叫用户送出拨号音；
- ③ 主叫用户拨号，将被叫用户号码送给发端交换机；
- ④ 发端交换机根据被叫号码选择局向及中继线，发端交换机在选好的中继线上向终端交换机发送占用信号，并把被叫用户号码送给终端交换机；
- ⑤ 终端交换机根据被叫号码，将呼叫连接到被叫用户，向被叫用户发送振铃信号，并向主叫用户送回铃音
- ⑥ 当被叫用户摘机应答时，终端交换机接到应摘机信号，终端交换机将应答信号转发给发端交换机；
- ⑦ 用户双方进入通话状态，这时，线路上传送话音信号；
- ⑧ 话终挂机复原，传送拆线信号；
- ⑨ 终端交换机拆线后，回送一个拆线证实信号，一切设备复原。

电话网的信号（亦称信令）系统应具有监视功能、选择功能和网路管理功能。

#### 2.5.2.2 信号分类及信号方式

信号（亦称信令）是通信系统中不同设备之间交换的信息。控制通信设备动作的信号。信号方式是有关信号传递和处理的协议和规范。由于用户线信号相对简单，信号方式主要指局间信号传递和处理的协议和规范。 信号传递方式：要遵守一定的约束、协议和规范。

信号系统是通信网的神经系统，是通信网必不可少、非常重要的组成部分。

在交换机内各部分之间或者交换机与用户，交换机与交换机间，除传送话音，数据等业务信息外，还必须传送各种专用的附加控制信号，以保证交换机协调动作，完成用户呼叫的处理，接续，控制与维护管理功能。

##### 1) 信号分类

按信号的作用区域划分，可分为用户线信号与局间信号，前者在用户线上传送，后者在局间中继线上传送。如果按信号的功能划分，则可分为监视信号，地址信号与维护管理信号。

##### （1）用户线信号

它是在用户与交换机之间用户线上传送的信号。对于模拟电话用户线，这种信号包括：

### (a) 监视信号

此信号反映直流用户环路通断的各种用户状态信号，如主叫用户摘机(off-hook)(呼出占用),主叫用户挂机(on-hook)(正在清除或拆线)及被叫用户摘机(应答),被叫用户挂机(反向清除或拆线)。交换机检测到这些信号时便会执行相应的软件,产生有关的动作,如交换机向主叫用户发拨号音或忙音,回铃音等,或向被叫用户馈送振铃信号等。

### (b) 地址信号

此信号为主叫用户发送的被叫号码,交换机识别后控制交换网络进行接续。目前广泛应用的模拟话机有两类:脉冲式话机与双音频式话机。

## (2) 局间信号

此信号是在交换机或交换局之间中继线上传送的信号,用以控制呼叫的接续。若按信道与信号的形式,可分为直流,交流与数字型信号。也可按功能分为监视信号,地址信号与管理信号。

### 2) 信号方式

根据信号通道与话音通路的关系,可将局间信号分为随路信号(CAS, Channel Associated Signalling)与共路信号(CCS, Common Channel Signalling);。

#### (1) 随路信号(CAS)

将话路所需要的控制信号由该话路本身或与之有固定联系的一条信号通道来传送,即用同一通路传送话音信息和与其相应的信号。

随路信号方式从功能上分为线路信号(Line Signalling)和记发器信号(Interregister Signalling)。

#### (a) 线路信号

线路信号是监视中继线上的呼叫状态的信号。它可以分为如下几类:

##### ◆ 直流线路信号

直流线路信号用直流极性标志的不同,代表不同的信号含义。在市话网的音频电缆上,局间线路信号一般采用直流信号。因为它结构简单、比较经济、维护方便。但如果局间距离超过直流信号传送的界限时,就不能使用。

##### ◆ 带内(外)单脉冲线路信号

局间采用频分多路复用的传输系统时,可采用带内或带外单脉冲线路信号。带内单脉冲线路信号一般选择音频带内的 2600Hz,这是因为话音中 2600Hz 的频率分量较

少而且能量较低的缘故。带外信号是利用载波电路中二个话音频带之间的某个频率来传送信号。一般采用单频 3825Hz 或 3850Hz。

由于带外信号所能利用的频带较窄等原因，因此线路信号一般均采用带内单脉冲线路信号。

- ◆ 数字型线路信号方式

当局间采用 PCM 设备时，局间的线路信号必须采用数字型线路信号。在这种信号方式中，PCM 传输的 16 时隙用于传输线路信号，且固定分配给每一话路。

由于线路信号主要用于中继线上呼叫状态的监视并控制呼叫接续的进行。因此，在整个呼叫过程中都可传送线路信号。

(b) 记发器信号

记发器信号是电话自动接续中，在记发器之间传送的控制信号。主要包括选择路由所需的选择信号（也称地址信号或数字信号）和网络管理信号。

记发器信号从一个局的记发器中发出，由另一个局的记发器接收，用以控制电话交换设备的接续。通常采用由发端记发器负责全程的接续控制。

记发器信号在用户通话前传送。因此在一条电路上不存在话音电流对记发器信号的干扰。故记发器信号的频率可使用整个话音频带内的传输衰减较低的频率。通话开始后，各局的记发器都复原，记发器信号也随即停止发送。在这种方式中，采用最为普遍的是多频互控方式即 MFC 方式。

(2) 共路信号(CCS)

将一组话路所需的各种控制信号集中到一条与话音通路分开的公共信号数据链路上进行传送。No. 7 信号是应用最广泛的国际标准化共路信号系统，由于它将信号和话音通路分开，可采用高速数据链路传送信号，因而具有传送速度快，呼叫建立时间短，信号容量大，更改与扩容灵活及设备利用率高等特点，最适用于程控数字交换与数字传输相结合的数字交换网。

### 2.5.3 调度程控交换机

调度程控交换机是在程控交换机的基础上增加了适合电力、煤矿、石油、化工、冶炼、交通、军事、公安等专网企事业单位的生产指挥、调度需求功能的电话交换设备。它不仅具有调度机的丰富功能，还具有十分强大的电话交换机的功能。

#### 2.5.3.1 调度程控交换机系统组成及特点

1) 系统组成



(1) 调度主机：调度主机实现所有呼叫功能、交换功能、调度功能及组网功能。

(2) 调度台：目的就是实现调度一键到位，调度台是进行具体操作的平台。调度员可以通过调度台观察所有调度用户的使用状态，进行调度操作。调度台通过设置按键与被叫号码相对应，使调度台呼叫做到一键到位。

(3) 终端维护：终端维护的作用是控制与维护调度交换机主机的工作，包括数据管理、维护、会议电话管理和计费管理等功能。

(4) 调度录音系统：录音系统可对整个属于调度机系统任何调度总机或分机进行重要通话录音。

2) 程控调度交换机主要特点：

(1) 调度台一键直呼分机 一键呼叫中继。

(2) 调度台参与分机多方通话 组织各种会议。

(3) 调度台实现一键应答分机与外线用户，可以任意选用接听。

(4) 调度台可以群呼、选呼、强拆、强插、监听用。

(5) 分机出局局向限制功能、出局缩位拨号功能。

(6) 所有到调度总机的通话被自动录音。

### 2.5.3.2 调度程控交换机在电力系统的应用

电力系统调度程控交换机主要用于发电厂及变电站等厂站内部的生产调度通信和系统调度通信组网。

一般用于发电厂厂内生产调度的调度程控交换机为厂内专用。也有部分电厂是与系统调度通信组网合用的。但用于变电站等站内的调度程控交换机是与系统调度通信组网合用的。

### 2.5.4 电力调度程控交换网

电力调度程控交换网是电网生产调度专用的电话交换网，是电网安全生产不可缺少的重要组成部分，是电网调度自动化和管理现代化的基础，快速准确、方便灵活地将生产调度命令上传下达对电网安全生产和稳定运行具有重要意义。

### 2.5.5 调度交换网设计内容

电力调度程控交换网的设计主要是根据国家标准、电力行业的规程、规范和电力系统通信有关设计规划，并结合交换技术发展及本地区电网的实际情况进行。设计内容包括：网路结构、交换网的业务种类、编号方案、中继方式、信号方式和接口、交换设备的选型要求和容量配置等。调度程控交换网设计所执行的行业标准为《电力系

统调度通信交换网设计技术规程》(DL-T 5157), 企业标准为《电力系统调度通信交换网设计技术导则》(QDG 1-U002)。

### 1) 调度交换网网路结构

调度交换网网路结构是调度交换网的设计重点。网路结构及拓扑应以保证电力调度通信安全、可靠、灵活和高效运行为主, 同时也要考虑降低网路造价和减少运行维护成本。按调度隶属关系和电网调度通信规划的划片分区, 统筹安排组建调度通信交换网。交换网的交换节点由调度交换中心、所辖范围的汇接交换站及终端站组成。

网络拓扑应根据调度隶属关系和通信网路的布局来组建和优化网路拓扑结构。其拓扑规则是:

- (1) 上一级交换中心与下一级交换中心应直接连接。
- (2) 各级交换中心与其相关汇接交换站应直接连接。
- (3) 电网互连的相邻同级交换中心可相互连接。
- (4) 相邻汇接交换站可相互连接。

路由设置应遵循“N-1”(N>2)的安全性原则, 即网内任一交换节点应至少与另两个交换节点建立局间中继路由。上一级与下一级交换中心之间、交换中心与其汇接交换站之间应由两条独立的传输电路建立直达路由。相邻的同级交换中心间可经两条独立的传输电路建立路由。

• 路由选择的顺序为:

- (1) 先直达路由(或第一路由), 后迂回路由。
- (2) 先光纤路由, 后其它路由。
- (3) 先中间节点少的路由, 后中间节点多的路由。

行政交换网应兼作调度交换网的备用, 原则上调度交换网可以进入行政通信交换网, 而行政交换网不允许进入调度交换网。

### 2) 网路功能要求

- (1) 交换网的网路功能主要是交换、汇接、网间迂回路由、路由预测等功能。
- (2) 应具有网内及网间的级别控制、一键到位、强拆、强插、遇忙回叫、呼叫等待、呼叫转移、电话会议、紧急呼叫等电力调度通信的特殊功能。
- (3) 应具有主叫号码/主叫名称的传送、网络呼叫记录、呼叫热线、多方通话功能。
- (4) 网路应具有接续快速、稳定性及可靠性高、网路扩展灵活等功能。

(5) 网路应具有集中网路维护管理功能和故障自动诊断能力。

### 3) 交换网的传输性能要求

交换网的传输性能主要包括全程传输损耗和传输性能指标,应符合《电力系统调度通信交换网设计技术规程》的规定。

### 4) 交换网的业务种类

交换网的业务种类为话音、低速数据和文件传真。话音业务以调度电话为主,与调度业务相关的管理电话为辅。

### 5) 编号方案

设计应明确编号方案。交换网内应实行统一的编号制度,采用闭锁编号方式,即在交换网范围内,任一主叫用户呼叫某一被叫用户,拨相同的号码。

### 6) 中继方式和信号方式及接口

中继方式和所采用信号方式将直接影响着网路的结构,是交换网设计应该首先考虑的。

交换网局间互联宜采用 2M 数字中继方式。局间中继应为双向中继电路,应采用 DOD1+DID 全自动直拨中继方式。

一般数字中继电路选用 QSIG/PSS1 共路信号,或电力 DTMF 随路信号。模拟中继电路的线路信号选用电力 DTMF 随路信号。用户线信号为 DP 和 DTMF 并存兼容。

采用数字中继电路时,交换机局间中继接口采用 30B+D PRI 接口或 2M E1 接口方式。采用模拟中继电路时,交换机局间中继接口采用 4W E&M 接口方式。

### 7) 交换设备的选型要求和容量配置

交换网内的交换机应按组网要求选型,选用技术先进、可靠性高、满足调度功能要求的“长市合一”型数字程控交换机。交换机采用模块化结构,其公用部分应采用冗余配置,热备份方式工作。应根据需要配备功能齐全、操作简便的智能调度台及录音系统。

调度交换机的容量配置应根据所处交换节点的级别和实际情况选用,按中继端口和用户线考虑。一般调度交换中心和汇接交换站的交换机的容量较大,其端口容量 512 及以上,2M 中继端口为 30~50,而终端站交换机的容量较小,其端口容量为 256~512,2M 中继端口为 2。用户线容量则根据各站的实际情况确定。

### 8) 网同步方式及网管系统

#### (1) 网同步方式

交换机采用主从同步方式。对于已配置同步供给单元（SSU）的交换站，交换设备接收经同步供给单元（SSU）过滤后分配的定时信号。从外同步输入接口接收定时信号。没有配置同步供给单元（SSU）的交换站，则按同步规划直接从定时基准传输链路或 2M 中继线路接收上级的定时信号。

交换机外部时钟输入接口方式为 2048kbit/s 和 2048kHz 两种方式。

交换机内部时钟具备四级及以上时钟精度。

## （2）网管系统

为了保障交换网的可靠运行，应配置网管系统。网管功能包括：配置管理、性能管理、故障管理和安全管理。交换网内一般只配置 1 套网管设备，设置在交换中心。网管设备的配置应能满足交换网发展对网管系统的需要。

## 9) 交换设备的安装

交换设备应安装在交换机房（或通信机房）内，环境要求、安装加固方式以及接地方式与机房内其它通信设备一致。网管设备安装在交换中心。

交换设备应采用双回路直流-48V 电源供电，网管设备由交流 220V UPS 电源不间断连续供电。

## 2.5.6 调度交换网设计深度

调度交换网设计也同其它工程设计一样分可研设计、初步设计和施工图设计三个阶段。不同的设计阶段，其设计深度要求均不同。

### 2.5.6.1 可研阶段

主要设计内容深度如下：

#### 1) 工程概况

##### （1）概述

概述任务的来源、项目性质、规模及本设计拟解决的等。

##### （2）设计依据和设计范围

应说明设计依据（主要包括设计委托书、通信规划设计文件等）和设计范围。

##### （3）设计水平年和主要设计原则

设计应贯彻执行有关的设计标准、规程及规定，应满足电力系统调度通信、调度自动化及生产管理、对电话通信的要求。统一规划、统一设计、分步实施。

#### 2) 设计方案

应以电力系统及通信系统的现状为基础，分析主要存在的问题，提出相应对策。对项目建设提出推荐方案。

(1) 组网原则及交换节点的设置；

网路的组织与规划应充分利用已有资源，网路的组织应充分考虑网络的迂回和冗余。网路结构应与电力系统分级调度管理体制相适应，同时，应适应今后发展的需要。

(2) 交换网络拓扑结构；

(3) 交换机的选型原则；

(4) 信令方式及接口；

(5) 网同步方式及网管；

3) 投资估算。

列出推荐方案主要设备的数量、建设年限、建设顺序和分期投资估算和总投资估算。

4) 图表

(1) 现有及设计水平年调度交换网网络拓扑图；

(2) 投资估算汇总表。

5) 设计文件编制要求

一般设计图表与设计文件合装成册。

## 2.5.6.2 初步设计阶段

• 初步设计内容深度应满足以下基本要求。

(1) 确定设计方案作为施工图设计的依据

(2) 满足主要辅助设备的材料采购

(3) 控制建设投资

(4) 进行施工准备和生产准备等。

(a) 初步设计文件应通过说明书、图纸充分表达设计意图，专业之间相互协调。

重大设计原则应进行多方案的优化比选，提出推荐方案。

(b) 应积极、慎重的应用成熟的新技术、新工艺和新方法，初步设计文件应详细阐明其技术的优越性、经济的合理性和在本工程采用的可能性，并说明其在科研、试验、设备制造方面已进行的工作和其他工程中的实践结果，以及在工程中所能发挥的实效和在施工运行中需注意的事项。

• 主要设计内容深度如下：

## 1) 工程概况

### (1) 概述

概述项目性质、规模、投资方及在地区电力系统中的作用等有关结论性意见。

### (2) 设计依据

批准的可行性研究报告是初步设计的主要依据，必须认真执行其中所规定的各项原则。

### (3) 设计内容、设计范围和设计分工

### (4) 主要设计原则

### (5) 设计水平年

### (6) 说明调度程控交换网现状和项目建设的必要性

## 2) 设计方案

### (1) 网络结构

#### (a) 网络等级和交换节点

#### (b) 交换网络拓扑结构

#### (c) 路由安排

提出路由设置和路由选择原则，并做出中继路由安排。

### (2) 交换网的传输性能要求

### (3) 交换网的业务种类

### (4) 编号方案

### (5) 中继方式

### (6) 信号方式和接口

#### (a) 用户线信号方式

#### (b) 局间中继信号方式

#### (c) 局间中继接口

### (7) 网同步方式及网管；

### (8) 交换设备的选型要求和容量配置

#### (a) 交换设备的选型要求

#### (b) 交换设备的容量配置

设置网内各交换站交换设备的容量，列出调度程控交换节点一览表。

### 3) 主要设备材料清册

列出主要设备材料清册。

### 4) 附图

(a) 现有及设计水平年调度交换网网路结构图

(b) 调度交换网中继方式及中继路由图

(c) 各交换站调度交换设备安装位置图（机房平面布置图）

### 5) 工程概算

编写《初步设计概算书》。初步设计概算应准确反映设计内容，深度应满足控制投资、计划安排及基本建设拨款的需要。

### 6) 设计文件编制要求

初步设计说明书表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整。所有文件签署齐全。

## 2.5.6.3 施工图设计阶段

### 1) 设备安装施工图

施工图设计阶段主要是施工图图纸的绘制。是根据初步设计审查意见和设备采购合同进行各站的交换设备安装设计。主要包括：

(1) 施工图说明书

(2) 调度交换网网路结构图

(3) 中继路由安排表（或图）

(4) 站内交换设备电缆连接图

(5) 站内交换设备面板配置图

(6) 交换设备安装图（包括平面布置，防震加固等措施）

(7) 交换设备供电方式图

(8) 综合材料清单

### 2) 设计文件编制要求

表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整，符合电力行业制图规定。所有图纸签署齐全。

## 2.6 同步时钟系统工作内容及深度要求

### 2.6.1 数字同步网的基本概念

#### 2.6.1.1 有关时间的基本概念

### 1) 时间（周期）与频率：

互为倒数关系，两者密不可分，时间标准的基础是频率标准，所以有人把晶体振荡器叫‘时基振荡器’。钟是由频标加上分频电路和钟面显示装置构成的。

### 2) 四种实用的时间频率标准源（简称钟）：

- (1) 晶体钟
- (2) 铷原子钟
- (3) 氢原子钟
- (4) 铯原子钟

### 3) 常用的术语及定义

(1) 时标：是对时间具体的分割。是指一种将时间分配到事件的系统。

(2) 国际原子时（TAI）：国际计量局（BIPM）根据世界多个国家的铯原子钟提供的数据进行处理，得出“国际时间标准”称为国际原子时（TAI）。

(3) 世界时(UT)：以地球自转为基础的时间计量系统。世界时 UT (universal time)，亦称格林威治时间。

(4) 协调世界时（UTC）：是以原子时秒长为基础，在时刻上尽量接近于世界时的一种时间计量系统，简称 UTC (Universal Time Coordinated)。是由国际无线电咨询委员会规定和推荐，并由国际时间局（BIH）负责保持的以秒为基础的时间标度。由于原子时和世界时二者的依据不同，是互相独立的时间标准，因此二者自然有差异。为此将世界时(UT)与国际原子时(TAI)协调起来，形成当今世界统一的时标系统 UTC，称为协调世界时。

(5) 定时：是指根据参考时间标准对本地钟进行校准的过程；授时：指采用适当的手段发播标准时间的过程；

(6) 时间同步：是指在母钟与子钟之间时间一致的过程，又称时间统一（或简称时统）；

(7) 守时：是指将本地钟已校准的标准时间保持下去的过程，国内外守时中心一般都采用由多台铯原子钟和氢原子钟组成的守时钟组来进行守时，守时钟组钟长期运行性能表现最好的一台被定主钟（MC）。

(8) 卫星定位系统：主要为美国的全球定位系统 GPS (Global Positioning System)。是由美国国防部发射的一组覆盖全球的卫星系统，共有 24 颗卫星运行在 6 个地心轨道平面内，根据时间和地点，地球上可见的卫星数量一直在 4 颗至 11 颗之



间变化。该系统可以保证在任意时刻，地球上任意一点都可以同时观测到 4 颗卫星，以保证卫星可以采集到该观测点的经纬度和高度，以便实现导航、定位、授时等功能。另外，还有俄罗斯的全球卫星导航系统 GLONASS (Global Navigation Satellite System) 及其它卫星定位系统，例如我国的北斗卫星导航系统。

(9) 大楼综合定时(供给)系统 (BITS): 接收上面传来的同步信号 (或 GPS 接收机送来的信号), 滤除抖动、瞬断和漂动, 隔离链路中断和故障, 然后将高精度的近乎理想的同步信号提供给楼内需要同步的所有通信业务设备, 简称 BITS (Building Integrated Timing (Supply) System)。

#### 4) 常用的时间坐标系:

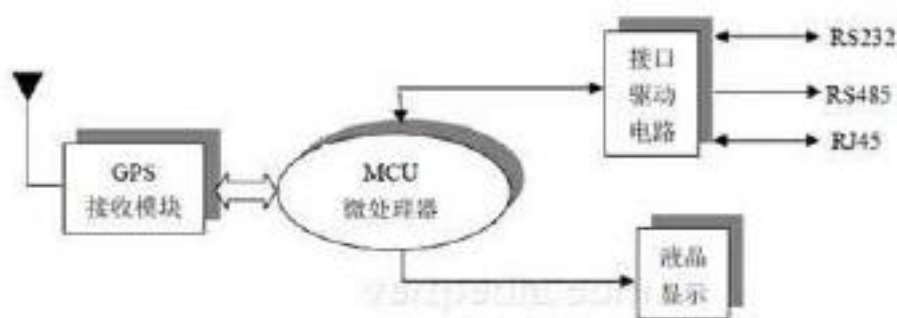
时间的概念包含时刻 (点) 和时间间隔 (段)。时系 (时间坐标系) 是由时间起点和时间尺度单位一秒定义 (又分地球秒与原子秒) 所构成。常用的时间坐标系:

- (1) 世界时 (UT)
- (2) 地方时
- (3) 原子时 (AT)
- (5) 协调世界时 (UTC)
- (6) GPS 时

#### 5) GPS 时钟

GPS 时钟是一种接受 GPS 卫星发射的低功率无线电信号, 通过计算得出 GPS 时间的接受装置。为获得准确的 GPS 时间, GPS 时钟必须先接受到至少 4 颗 GPS 卫星的信号, 计算出自己所在的三维位置。在已经得出具体位置后, GPS 时钟只要接受到 1 颗 GPS 卫星信号就能保证时钟的走时准确性。

#### GPS 同步时钟的工作原理



GPS 同步时钟的工作原理图

全球定位系统（GPS）的每个卫星配备了最多四个原子时钟。GPS 接收器接收到的时间信息经过运算可以获得精确的时间信息。

GPS 信号接收模块接收多颗 GPS 卫星发送的 UTC 信号，经处理输出标准格式的信息。微处理单元（MCU）对该信息进行后续处理，并换算成北京时间等信息后送液晶显示，并按照一定格式和方式经接口电路输出。一旦短时间发生 GPS 不同步时，系统将自动进行精确的时钟守时。

### 2.6.1.2 同步及数字同步网的基本概念

#### 1) 同步（Synchronization）

是指信号之间的频率或相位保持某种严格的特定关系，即在相对应的有效瞬间内以同一平均速率出现。“同步”包括有比特定（Bit timing）和帧定时（Frame timing）两种定义。

#### 2) 网同步（Network Synchronization）

是一个广义上的概念，用来描述在网络中将公共频率信号或时间信号传送到所有网元的方法。

#### 3) 定时供给单元 SSU（Synchronization Supply Unit）

一个逻辑功能单元，能够对参考信号进行选择、处理和分配。定时供给单元可分为独立型定时供给单元和混合型定时供给单元。独立型定时供给单元 SASE（Stand Alone Synchronization Equipment）是指能够完成对定时信号选择、处理和分配，并且具有自己的管理功能的独立设备。又称为大楼综合定时系统 BITS。混合型定时供给单元是指能够完成对定时信号选择、处理和分配等功能，但是这些功能与其他功能结合在一套设备中，但不是一套独立设备。但它可以做同步网设备使用。

4) 同步链路（Synchronization Link）是指连接两个同步网节点的物理链路，用来承载定时信号和同步信息。

5) 同步状态信息 SSM（Synchronization Statue Message）或称定时质量标记（Timing Markers），用于在同步定时链路中传递定时信号的质量等级，使得同步网中的节点时钟通过对 SSM 的读解获取上游时钟的信息，对本节点的时钟进行相应操作（如跟踪、倒换或转入保持），并将该节点同步信息传递给下游。

#### 6) 时钟的工作状态

（1）主钟（Master Clock）：是一个信号发生器，它可以产生一个准确的频率信号去控制其他信号发生器。

(2) 从钟 (Slave Clock): 是一个时钟, 它的输出信号相位锁定到一个高质量的时钟上。

(3) 自由运行状态 (Free Running Mode): 是时钟的一个运行状态。此时, 它不采用存储技术去维持其频率准确度, 时钟的输出信号取决于内部的振荡源。当时钟的输出信号锁定到外参考信号时, 自由运行状态结束。

(4) 保持工作状态 (Hold Over): 是时钟的一个运行状态。此时, 时钟丢失其外参考信号, 使用在锁定状态下存储的数据来控制时钟的输出信号。存储数据用来控制相位和频率变化, 使时钟在指标范围内重建锁定状态的性能。当时钟的输出信号不受外参考信号的直接或间接控制时, 时钟进入保持工作状态。当时钟的输出信号锁定到外参考信号时, 保持状态结束。

(5) 锁定状态 (Locked Mode): 也称为跟踪状态, 是时钟的一个运行状态。此时, 时钟的输出信号受外参考信号的控制, 这样时钟的输出信号的长期平均频率与输入参考信号一致, 并且输出信号和输入信号间的定时错误是相关联的, 即当主钟信号在从钟的牵引范围内劣化时, 从钟也随之劣化。锁定状态是从钟的正常工作状态。

(6) 定时环 (Timing Loop) 从钟跟踪到自己提供的网同步信号的现象, 称为定时环。当从钟输出或经过网络间接环回到输入时, 发生定时环。在网络设计时要注意避免定时环。

## 7) 数字同步网

是为数字通信网提供同步参考信号的物理网络, 是由数字同步网节点设备和定时链路组成。其基本功能是准确地将同步信息从基准时钟向同步网各同步节点传递, 从而调节网内的时钟以建立并保持同步, 满足通信网传递业务信息所需的传输和交换性能要求。因此, 同步网的结构是面向基准频率的生成、传送、分配和监控。

数字同步网是通信网的支撑网之一。一般可分为频率同步网和时间同步网。数字网的同步是数字网中所有设备时钟之间 (频率或时间) 的同步。

频率同步是指信号的频率跟踪到基准频率上, 使其长期稳定性与基准保持一致, 但不要求起始时刻保持一致。这样, 基准不一定跟踪 UTC, 可以使用独立运行的铯钟组作为同步基准, 但也可以使用卫星定位系统对铯钟组进行校验, 以使其保持更好的准确度。

时间同步不仅要求信号的频率锁定到基准频率上, 使其长期稳定性与基准保持一致, 而且要求起始时刻与 UTC 保持一致。这样, 时间同步的基准必须跟踪到 UTC 上。

目前，主要采用 GPS 和 GLONASS 卫星定位系统使基准跟踪到 UTC 上。

目前已建或在建的数字同步网主要提供频率同步。

#### 8) 同步网的作用

同步网是最终要解决的是采用频率或相位控制的方法，为数字通信网提供统一的时钟和定时，避免数字信号产生滑动。

### 2.6.2 数字同步网

#### 2.6.2.1 同步网的时钟

##### 1) 时钟等级

同步网时钟等级一般分为以下四级：

(1) 第一级：是数字网中最高质量的时钟，亦称一级基准时钟。一级基准时钟分为含有铯原子钟的全网基准时钟 PRC (Primary Reference Clocks) 和以卫星定位系统为源头的区域基准时钟 LPR ((Local Primary Reference) 两种。

全网基准时钟 PRC, 由自主运行的铯原子钟组或铯原子钟组加卫星定位系统组成。

区域基准时钟 LPR, 由卫星定位系统和铷原子钟组成。LPR 以卫星定位系统为主用，但必须接受全网基准时钟 PRC 的同步，即全网基准时钟 PRC 作为全网同步的根本保证。实际上，在失去卫星定位系统信号后，它将降质为二级时钟。

(2) 第二级：具有保持功能的高稳定度时钟，亦称二级节点时钟 SSU-T (Synchronization Supply Unit-Transit Node)。可以是受控铷钟或高稳定度晶体钟，也可加装卫星定位系统。

(3) 第三级：具有保持功能的高稳定度晶体时钟，亦称三级节点时钟 SSU-L (Synchronization Supply Unit-Local Node)。

(4) 第四级：晶体时钟，一般是数字通信网内的数字设备内置的定时源。如数字用户交换机、数字终端设备等内部配备的时钟。

##### 2) 各级时钟的精度要求

###### (1) 一级基准时钟

在各种应用运行条件下，对于大于 7 天的连观察续时间，一级基准钟的频率准确度应优于  $1 \times 10^{-11}$ 。

###### (2) 各级节点从钟

###### (a) 频率准确度

以基准时钟为参考基准，在连续同步工作 30 天之后，保持一年时间的情况下，

各级节点时钟的频率准确度要求如下表所示。

(b) 牵引入范围

各级节点时钟能受其它同步时钟的最大输入频率偏离。

各级节点时钟的频率准确度和牵引入范围

	最低频率准确度	最小牵引范围
二级节点时钟	$\pm 1.6 \times 10^{-8}$	$\pm 1.6 \times 10^{-8}$
三级节点时钟	$\pm 4.6 \times 10^{-6}$	$\pm 4.6 \times 10^{-6}$
四级节点时钟	$\pm 50 \times 10^{-6}$	$\pm 50 \times 10^{-6}$

2.6.2.2 同步网的同步方式

同步网的同步方式包括：全同步、全准同步、混合同步。

1) 全同步

在全同步方式下，全网受一个或多个基准时钟控制。

当同步网内只有一个基准时钟时，同步网内的其它时钟都同步到该基准上，如图

2.6.2-1 所示。

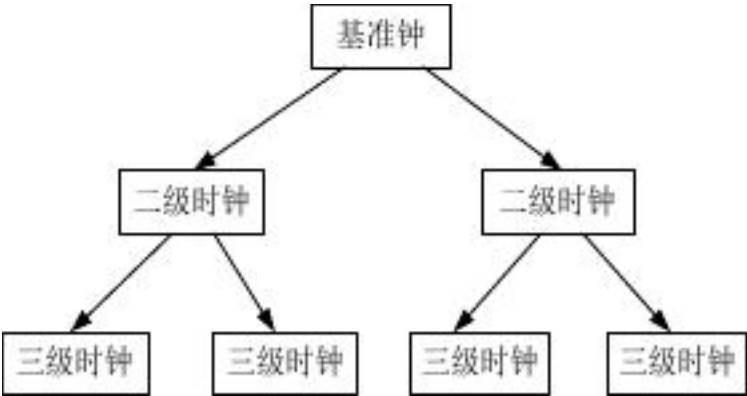


图 2.6.2-1：主从全同步网

全同步网的另一种类型是：在同步网中，存在几个基准钟，网络中的其它时钟接受这几个基准钟的共同控制，典型结构如图 2.6.1-2 所示。

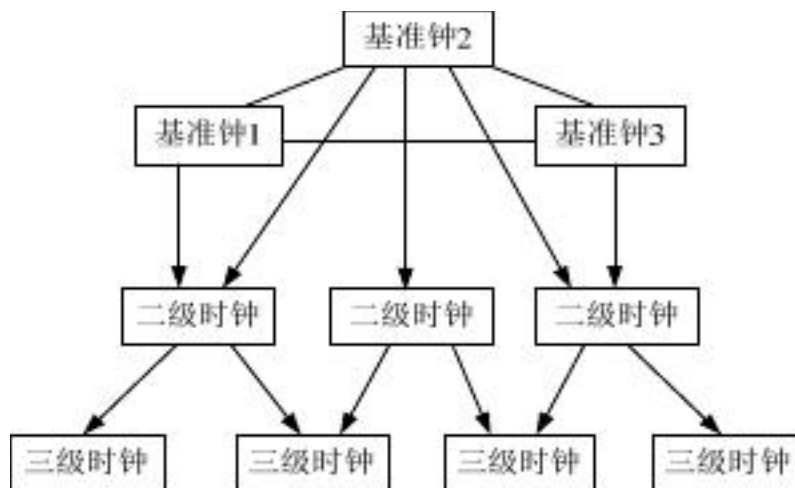


图 2.6.2-2 多基准钟的全同步网

在基准钟层面上，在基准钟间采用类似互同步的方法，每个基准钟都与其它基准钟相连，并进行比对计算，以获得一个更为准确的综合频率基准，然后去调整每个基准钟，使网络同步运行。在多个基准时钟情况下，所有基准时钟之间应是同步运行的，即在正常运行条件下具有相同的长期准确度。

### 2) 全准同步

在全准同步方式下，网络中各时钟独立运行，互不控制。在全准同步情况下，要求各时钟具有高准确度和稳定度，以保证时钟相对频率偏差引起的滑动可以达到指标要求。

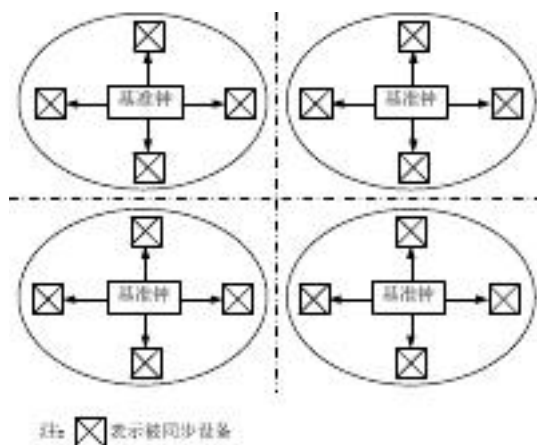


图 2.6.2-3 全准同步

### 3) 混合同步

在混合同步方式下，将全网分为若干个子网。各子网内数字设备的时钟受该子网

的基准时钟控制，在各子网内部为全同步，而各子网基准时钟之间则按准同步方式运行。

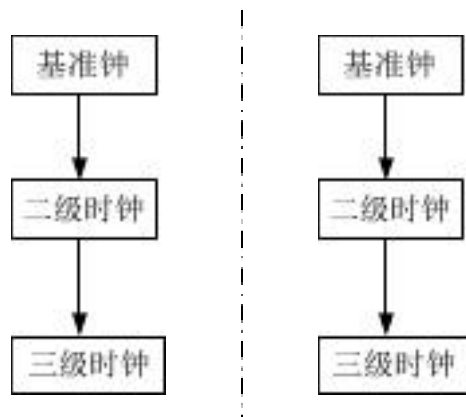


图 2.6.2-4 混合同步网

### 2.6.2.3 数字同步网的等级结构

#### 1) 结构和同步方式

数字同步网采用三级节点时钟结构和主从同步的方式。全网分为若干个同步区，各同步区域的区域基准时钟 LPR 接收全网基准时钟 PRC 的时钟信息，而同步区内的各级时钟则同步于 LPR，最终也同步于基准时钟 PRC。

(1) 一级节点设置一级时钟 PRC 或 LPR，作为全网或区域网的基准时钟源，其频率准确度达到一级时钟指标的要求。

(2) 二级节点设置二级时钟 SSU-T，可考虑加装卫星定位系统，作为一级时钟的从钟。

(3) 三级节点设置三级时钟 SSU-L，作为二级时钟的从钟。

在主从同步过程中，二级时钟始终跟踪基准时钟，从与之相连的定时链路中提取定时信号，并滤除传输中产生的损伤，然后将基准信号向下级传递。三级时钟则从二级时钟提取定时信号，形成主从三级同步网络。

另外，同步网通常采用树状结构，各节点时钟直接或间接提取 PRC 的定时信号，每个 SSU 只能从上级或同级的时钟节点来获取参考信号，因此各节点时钟至少接入两个不同路由的参考信号，避免形成定时环路，如图 2.6.2-5 所示。

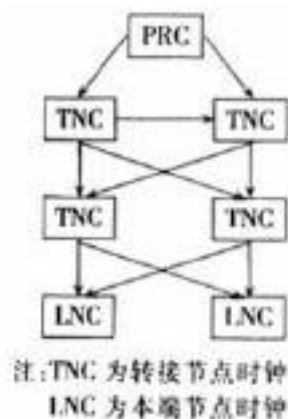


图 2.6.2-5 同步网的结构

## 2) 节点间（或称：局间）定时基准链路的选取

### (1) 定时传送方式

定时传递采用树状结构，按同步网结构逐级向下传递。上级时钟通过定时链路将定时信息传递给下游时钟。定时传递主要有三种方式：

(a) 利用 PDH 2048kbit/s 专线。来自 SSU 的定时信息送至 PDH 传输系统，通过不带业务的 2Mb/s 专线传递给下游时钟，下游时钟采用终结方式提取时钟信号。

(b) 利用 PDH 2048kbit/s 业务电路。来自 SSU 的定时信息通过交换机送至 PDH 传输系统，随业务信息一起传递给下游时钟，下游时钟通过跨接方式提取定时信号。

(c) 利用 SDH STM-N 线路信号。来自 SSU 的定时信息承载到 SDH 传输系统的线路信号 STM-N 上，经过 SDH 系统传递下去。

### (2) 定时基准链路选取的原则

(a) 优先采用 PDH 制式传输；

(b) 采用 SDH 传输系统时，只能利用 SDH 线路码 STM-N 传送；

(c) 原则上不得采用 PDH/SDH 混合链路。

## 3) 站内（或称：局内）定时基准分配

(1) 站内定时分配是 SSU 向站内被同步的设备提供定时基准信号的过程。站内定时分配采用星形结构，如图 2.6.1-6 所示。SSU 跟踪上游时钟，滤除传输损伤，重新产生高质量的定时信号，通过 2Mb/s 或 2MHz 专线同步站内设备，例如交换机、数字交叉连接设备、复用设备等，使得站内设备接受数字同步网定时。



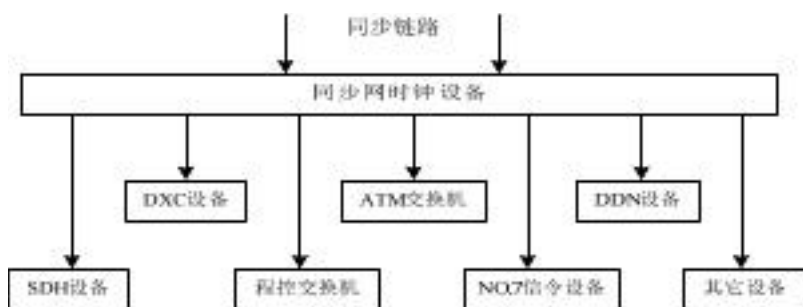


图 2.6.2-6 站内定时分配示意图

(2) 具有一主一备外定时接口的设备应与 SSU 不同时钟信号输出卡上的两路定时基准信号进行同步，且两种信号的走线应尽可能分开，以提高同步分配的可靠性。

(3) 如果设备只有一路外定时输入口，则应接受来自 SSU 1: 1 时钟信号输出卡上的定时基准信号的同步。

## 2.6.3 同步网与 SDH 传送网的关系

### 2.6.3.1 与 SDH 传送网的关系

在 SDH 传送网环境下，同步网的定时基准信号需要由 SDH 传送网来传送，同时 SDH 传送网的同步又需要同步网来支撑。也就是说，SDH 传送网既是同步网的使用者，同时又是同步网的承载者，即同步网与 SDH 传送网存在着相互依赖的关系。

SDH 传送网作为定时传送的重要手段，承担着区间、站间定时信号传送的任务。因此，在 SDH 设备组网时，合理地设计全网的同步时钟源跟踪方式及各 SSU 单元地面信号的传送方案，对全网的业务运行至关重要。

### 2.6.3.2 SDH 传递同步网定时的方法和特点

#### 1) SDH 传递同步网定时的方法

首先，由于 SDH 指针调整技术，2Mb/s 支路信号已不适于传递同步网定时，一般采用 STM-N 线路信号传递定时。在定时链路始端的 SDH 网元，通过外时钟输入口接受同步网定时，并将定时信号承载到 STM-N 上。在 SDH 系统内，STM-N 信号是同步传输的，SDH 网元时钟接收线路信号定时，并为发送的线路信号提供定时。这样同步网定时信号便能承载到 STM-N 上，并通过 SDH 系统传递下去。其次，当采用 SDH 系统传递同步网定时时，SDH 网元时钟将串入到定时链路中。同时，在 SDH 定时链路上，不仅包括定时信号的传递，还包括同步状态信息 SSM (Synchronization Status Message) 的传递。

#### 2) SDH 网传递同步网定时的特点

### （1）低级时钟同步高级时钟

定时链路故障时，会出现低级时钟同步高级时钟的现象。由于 SDH 网元时钟串接到定时链路中，当定时信号由上级时钟向下级时钟传递时，会出现先经过低级时钟再传递到高级时钟的情况。当只有定时信号的传递，没有 SSM 的传递时，一旦上游发生故障，链路上的定时信号无法追踪至 PRC，断点的 SDH 时钟进入保持或自由运行，下游的同步网时钟在短时间内无法发现上游时钟的变化，继续跟踪链路上的定时信号，就会出现低级时钟同步高级时钟的现象。

### （2）定时环路的产生

由于 SDH 网元时钟可以接受多个同步参考信号，可以通过 SDH 网管对每个参考定时设置优先级。若在定时链路中有 SSM 传递，当主用定时参考失效时，SDH 网元时钟根据 SSM 编码值和优先级进行自动倒换。当无 SSM 时，SDH 网元时钟根据优先级进行自动倒换，由于定时参考信号的来源及时钟信号等级不明，极易在 SDH 系统内形成定时环。即使采用 SSM，当同步网定时链路规划不合理时，也会在同步网内形成定时环。

### （3）定时传递距离受限

同步网定时性能的一项重要指标为抖动和漂移。同步网时钟和 SDH 设备时钟对抖动具有良好的过滤功能，但是漂移是非常难以滤除的。漂移产生源主要包括时钟、传输媒质及再生器等。SDH 定时链路上的 SDH 时钟将增加漂移总量，这样随着传递距离的增加，漂移将不断累计。这样，定时传递距离就受到限制。

由于 SDH 传递定时的上述特点，SDH 传递定时比 PDH 传递定时要复杂。

另外，由于 SDH 网复杂的网络结构和灵活的网络保护功能，使定时链路的规划设计变得复杂，同时给定时链路的恢复带来一些困难。SSM 是使用 SDH 传递定时的关键技术之一。

## 3) SDH 传送网的定时

### （1）SDH 设备的时钟源

在正常工作时，可以有以下几种同步时钟源作为跟踪的参考基准：内部时钟源；接口板时钟源，包括由线路板信号和支路板信号提供的同步时钟基准；外部时钟源，由外部同步源设备（如 BITS）提供的同步时钟基准，由外部时钟接口引入。类型可以是 2Mbit/s 或 2MHz 的外部时钟定时信号，同时还能向外部时钟输出口输出两路 2Mbit/s 或 2MHz 的定时信号。由于 2Mbit/s 信号传输距离长又有同步状态信息（SSM）功能，因此应优选 2Mbit/s 信号。

### (2) SDH 传输系统的自动保护倒换

当两路时钟基准源于不同时钟源时，时钟的质量可能有些差异，因此使用 SSM（同步状态消息）作为定时质量标记方法，以便选取最高质量的时钟源作为网络同步的时钟源。

### (3) SDH 传送网的定时规划原则

(a) 尽量采用由 BITS 设备提供的外部时钟源作为 SDH 网的定时基准；

(b) 网络按环或链进行细分，使同步区达到最小，同步定时传送链路达到最短；网络内部采用 STM-N 线路码流提供定时，2Mbit/s 信号不作为定时传送信号；

(c) SDH 内部要考虑 SSM 的应用，SDH 同步链路的组织要优选支持 SSM 功能的链路。现阶段，SSM 尚不具备在大网上应用的条件，但在 SDH 系统内部要考虑 SSM 的应用；

(d) 过大的环应拆开从两头传递，以缩短定时传送链路。基准时钟到末端局的定时基准传输中接入的 SSU 数量应逐步减少。两个 SSU 之间的 SEC 以不超过 15 个网元为准。

## 2.6.4 电力数字同步网

电力数字同步网是电力系统通信网的重要组成部分，是 SDH 传送网、业务网的重要支撑网之一，对传送网和业务网的高质量运行起着重要作用，它是保证网络同步性能质量的关键。因此，了解和掌握数字同步网的规划方法与组织原则的基本要求，对电力数字同步网规划设计和工程设计是非常必要的。

## 2.6.5 电力数字同步网的设计内容

电力数字同步网的设计主要是根据国家标准、电力行业的规程、规范和电力系统通信网规划设计，并结合 SDH 传送网的发展及本地区网的实际情况进行。设计内容包括：网路结构、同步节点时钟设置、同步定时链路的设计、同步网接口、网管系统设计、时钟设备的选型要求和配置等。同步网设计所执行的行业标准为《电力系统数字同步网工程设计规范》(DL/T 5392)，企业标准为《电力系统数字同步网设计技术导则》(QDG 1-U001—2008)。

### 2.6.5.1 组网原则

组织数字同步网时应遵循以下规范：

1) 在同步网内应避免定时环路。

2) 各级从钟应从不同路由获取主、备用基准。

3) 从钟可从高一级设备或同级设备获取基准。

4) 由于同步性能高低的决定因素之一就是通路上介入的时钟数量, 因此应尽量减少定时链路介入的时钟数量。

5) 选择可用性最高的传输系统传送同步基准。并应尽量缩短定时链路的长度, 以提高可靠性。

#### 2.6.5.2 同步网网路结构

1) 按照同步区的划分, 确定基准时钟的设置数量和设置位置, 以及同步区内同步供给单元的设置数量和设置位置。

2) 根据传送网结构, 规划全网基准时钟到区域基准时钟的主用和备用定时基准传输链路, 以及基准时钟到同步供给单元、同步供给单元到同步供给单元的主用和备用定时基准传输链路。

3) 核算极长定时基准参考链的飘动值是否满足要求。

#### 2.6.5.3 同步节点时钟设置

同步网各级节点的职能为: 锁定跟踪同步基准信号, 为下级同步节点以及本节点所在通信站内通信业务网元提供同步基准的分配。

##### 1) 基准时钟设置原则

(1) 符合同步网的规划和发展建设。

(2) PRC 是全网定时基准的根本保障, 在确定 PRC 的设置数量及布局时应对保证全网的同步性能及可靠性方面进行充分论证。

(3) 在每个同步区内设置一个 LPR, 即设置在省调。必要时可设置两个 LPR, 一主一备 (其中一个设置在省调, 另一个应设置在同步区内另一个城市的地调或备调)。

(4) 区域电网与省网时钟设置应统一考虑, 避免重复建设。

##### 2) 同步供给单元的设置原则

在二级节点和三级节点设置同步供给单元。

(1) 原则上, 在地市调内应设置同步供给单元, 采用二级节点时钟。

(2) 在重要的枢纽站/重要厂站, 根据需要可设置同步供给单元, 采用二级节点时钟或三级节点时钟。例如, 在国家级干线传送网层面、大区级干线传送网层面的枢纽站, SDH 设备数量多, 且路由方向多, 可以设置同步供给单元, 采用二级或三级节点时钟。

(3) 在有多个接入节点或多环连接的情况下, 根据需要可设置同步供给单元,

采用二级节点时钟或三级节点时钟。

#### 2.6.5.4 同步定时链路的设计

##### 1) 定时基准传输链路的组织

(1) 同步节点时钟应从不同路由获得地面主用和备用定时基准，并且，备用定时基准传输链路应处于随时可以代替主用的工作状态。

(2) LPR 应有 4 路输入基准：2 路卫星信号，2 路地面定时基准。原则上，LPR 地面的主用定时基准从最近的 PRC 取得，其地面的备用定时基准可以从另一较近的 PRC 取得，或从邻近的 LPR 取得。

(3) 二级节点时钟应设置 2~4 路输入基准。原则上，其主用定时基准从本省基准时钟取得，备用定时基准可以从同级节点时钟取得，或从邻近同步区内 PRC 或 LPR 取得。

(4) 三级节点时钟应有 2 路输入基准。原则上，其主用定时基准从二级节点时钟或本同步区内 LPR 取得，备用定时基准可以从同级节点时钟取得，也可以从邻近同步区内 LPR 或二级节点时钟或三级节点时钟取得。

##### 2) 极长定时链路的设计

(1) 极长定时链路的设计应以 ITU-T 建议 G.823 的飘动指标分配为原则。

(2) 一级基准时钟源的定时信号经过若干段 SDH 链路及若干个 SSU 节点到达末端，若链路中 SSU 节点数  $k$  和 SDH 网元数  $N$  达到最大限定数即称该链路为极长定时链路。其中 SDH 网元时钟需符合 ITU-T 建议 G.813 要求。定时链路模型见图 2.6.5-1。

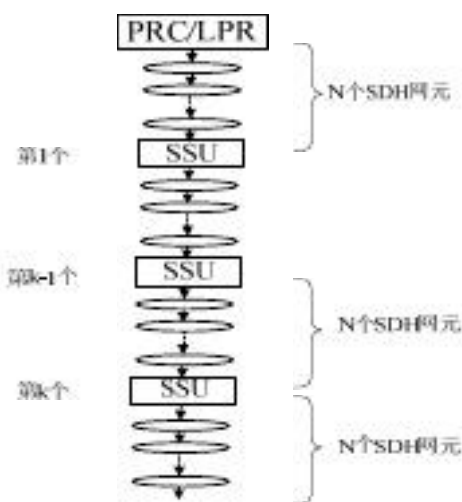


图 2.6.5-1 定时链路模型

(3) 极长定时链路 SSU 节点数  $k$  限制为：网路正常情况下，以 LPR 为基准源时， $k=5$ ；以 PRC 为基准源时， $k=7$ 。

(4) 一般情况下设计的定时链路 SDH 网元数宜  $N \leq 10$ ，极长定时链路 SDH 网元数  $N$  限制为： $N=20$ ；从始端到末端全程串入的 SDH 网元数最多 60 个。

(5) 设计的同步网网路中的任何一条定时链路都不能超过极长定时链路。

#### 2.6.5.5 定时基准传送

##### 1) 定时基准传输链路的选择

(1) 定时基准信号在有不同传输介质可供选择时，其优先顺序是 OPGW 光缆、ADSS 光缆、数字微波。

(2) 为保证定时传送的质量及可靠性，在选择定时传送链路时应考虑以下因素：

(a) 优先选择可靠性高的传输系统。

(b) 主、备用两路定时尽量安排在不同的物理路由，只有一个物理路由时应分散在不同的传输媒介或传输系统中。

(c) 尽量选择传输距离短，中继节点少，可靠性高的直达路由。

(d) 选用的定时链路应满足传输对数字通道投入业务的传输测试指标，优先选择低误码、低漂动的链路。

##### 2) 利用 SDH 传送同步基准应遵从的原则

利用 SDH 传送同步基准应遵从《电力系统数字同步网工程设计规范》(DL/T 5392) 的有关规定。

##### 3) SDH 设备与 BITS 设备 SSM 信息的互通

(1) 以 SDH 传送定时时，SSM 信息是避免定时环路和时钟倒挂等问题的重要手段。SDH 网元设备和同步设备 BITS 都应具有 SSM 功能，且两者的 SSM 信息应通过 SDH 网元的 2048kbit/s 外同步口沟通。

(2) 接口格式为 2048kHz 或帧结构无 SSM 的 2048kbit/s 的 SDH 网元外同步口，应在其外同步输出的定时质量超越设定门限时切断该输出信号，或者送出 AIS 告警。

(3) 同步网中 BITS 设备应具有的 SSM 功能为：2048kbit/s 输入、输出口的帧结构和 SSM 格式，应符合最新版本的 ITU-T 建议 G.704，并参照通信行业标准《基于 SDH 传送网的同步网技术》(YD/T 1267-2003) 执行。

#### 2.6.5.6 同步接口要求

1) SSU 设备的输入/输出口应满足通信网络的要求，优先采用 2048kbit/s 信号，

也可采用 2048kHz 信号。

2) SSU 应对输入信号进行监测, 其他重要通信设备的输出定时信号也可接入 SSU 监测口进行监测。

3) SDH 设备的外同步输入/输出应优先选用 2048kbit/s, 也可以采用 2048 kHz 信号。

4) SDH 设备的外同步输入用于设备内部时钟接收外同步信号, 其外同步输出供出的同步信号, 一般不经过设备内部时钟, 而直接从 STM-N 线路码导出。

5) BITS 除了应满足以上对 SSU 的要求外, 还应满足以下要求:

(1) 输入信号接口数量至少 2 个, 可根据工程需要而增加。输入信号类型至少可以配置为 2048bit/s 和 2048kHz 两种, 可根据工程需要增加其他种类配置。

(2) 输出信号接口数量至少 10 个以上, 可根据工程需要而增加。输出信号类型至少可以配置为 2048kbit/s 和 2048kHz 两种, 可根据工程需要增加其他种类配置。

(3) 可根据工程需要, 将少量输出端口配置为“1+1”冗余式输出信号, 其他输出端口配置为“1+0”非冗余式输出信号。

#### 2.6.5.7 网管系统设计

为了保障同步网的运行质量, 必须采取有效地措施和方法。主要包括: 利用仪表定期对同步网设备性能和网络性能进行测试; 建立同步网的网管系统, 对网络和设备进行实时的监测和控制, 及时发现同步网运行中出现的问题, 及时地进行故障恢复。

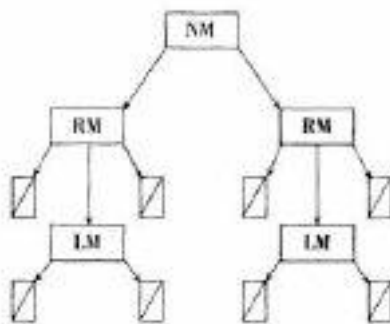
同步网的网管系统是数字同步网的一个重要组成部分, 其作用包括:

- ◆ 及时发现网上的同步问题 (包括 BITS 设备问题、GPS 问题、被同步设备问题、定时传输链路问题), 并协助迅速解决;
- ◆ 对整个网络的同步性能进行定量评估;
- ◆ 对每一条同步传输链路的可靠性和质量进行定量评估等。

数字同步网网管系统通过对同步链路和同步时钟设备进行全网的监控管理, 来保证同步网全网的性能和完全可靠性。

##### 1) 网管系统的组成

同步网网管系统主要根据同步网的结构而定, 按照集中监控管理、分级维护的原则设计统一的网管系统。一般由各级同步网管中心, 网管通信链路, 同步节点设备组成, 如图 2.6.5-2 所示。全网设置一个国网网管中心(NM), 其它各同步区设置大区网管中心(RM), 区域网管中心(LM)。



注：▣ 为同步节点设备

图2.6.5-2 网管系统的结构

## 2) 网管系统的主要功能

网管系统主要实现故障管理、性能管理、配置管理、安全管理和系统维护等基本功能：

### (1) 故障管理

故障管理包括对设备自身故障和定时故障的管理。设备故障主要有设备硬件和时钟降质故障，以及定时链路的损坏和定时链路传输性能的降质等等。

### (2) 性能管理

性能管理主要包括对时钟的性能的管理和对定时链路性能的管理。

性能管理是建立在对链路测量的基础上的，可以通过对时钟输出信号和输入定时链路上承载的定时信号进行测量，计算和分析，以及通过缓制各种参数的曲线，来发现时钟降质和定时降质的故障。

### (3) 配置管理

配置管理主要包括几方面：

(a) 对设备主、备用卡板进行配置和倒换。由于通信网对时钟设备的可靠性要求很高，因此在时钟设备的设计中，对各种主要功能单元都进行了冗余配置，如时钟设备的输入卡板、时钟卡板等都是双配置、可以互为主备用的。

(b) 对定时输入信号的配置和倒换。

(c) 对性能监测和故障监测门限的设置及修改。即可以对传输性能参数 AIS, BPV, CRC, OOF, LOS 等进行监测，及对门限值进行设置和更改。

(d) 对告警级别设置。根据故障对网络造成的实际影响，为故障设置告警级别。



#### (4) 安全管理

安全管理主要包括：对系统操作权限的规定：口令的设置、修改和保护；对运行中的软件模块进行保护等。

#### 3) 网管通信方式

各级同步网管中心，以及同步节点设备均应接入电力数据通信网，采用 TCP/IP 协议实现数据通信。

### 2.6.5.8 时钟设备的配置

同步设备配置应包括时钟设备和本机维护终端。时钟设备应为模块化结构，便于升级和扩容，其主要部件应冗余配置。BITS 输出/输入信号种类及容量应根据具体需要而确定。

BITS 的容量应根据定时输出的供给范围而确定，一般供给范围如下：

- 1) SDH 传输系统；
- 2) 程控交换机；
- 3) 会议电视设备；
- 4) DDN 设备；
- 5) 其它设备。

### 2.6.5.9 时钟设备的安装

1) 同步设备一般安装在数字传输机房中，环境要求与安装加固方式与机房中其它传输设备相同。

2) 卫星定位系统天线安装于通信楼顶平台上，其天线视角、抗干扰特性等安装条件应符合设备的技术要求。通常卫星定位系统天线距离其它天线宜大于 3m。

3) 网管中心应布置在监控室内。

4) 电源与接地

(1) BITS 应采用双回路直流-48V 电源供电，网管系统的设备由交流 220V UPS 电源不间断连续供电。

(2) BITS 设备接地方式与机房内其它通信设备一致。

(3) 卫星定时接收系统的天线、馈线及其它组件应严格按设备技术要求进行避雷接地。馈线的金属外护层应在进机房入口处外侧就近接地。

### 2.6.5.10 各种通信设备的同步连接方法和措施

#### 1) PDH 条件下的同步连接方法和措施

不同的业务网，同步连接的方法是不同的，这里具体介绍程控电话交换机、异步转移模式(ATM)、因特网(IP)、帧中继(FR)和数字数据网(DDN:Digital Data Network)等网络同步连接的方法和措施：

### (1) 程控交换网

现有的电话交换网是窄带电路交换网络。在程控电话交换机上以时隙交叉连接实现交换功能，需要全网各交换节点同步运行。具体方法和措施是：

交换中心节点可从站内的 SSU 取同步信号，其它厂站和未设 BITS 的汇接站原则上需用“业务网内主从同步”的方法，即从业务码流内获取同步基准信号。

电话交换机一般都配置 2048kbit/s 或 2048kHz 外同步口卡板。但对于部分设备未配置外同步口卡板。在这种情况下需要由 SSU 提供同步信号，简单易行的办法是：从程控电话交换机中拿出两个中继端口(DTM)专门用于接收 SSU 信号，即将 SSU 提供的 2Mbit/s 的同步信号连接至专用的 DTM 口。这种连接方法适用于各种制式的电话交换机，但也存在浪费两个 DTM 端口的缺点。

### (2) DDN

DDN 是一个由监控管理网控制的 64kbit/s 信道交叉连接的数据业务网，本质上是电路交换的网络，与程控电话交换网相类似，也需要节点间的同步，而且因为其主要业务是数据通信，对同步的问题更为敏感。

DDN 骨干网的节点分为核心层和接入层两类设备，核心层设备一般配有 2Mbit/s 外同步口，在有 SSU 的站内应从 SSU 接出两种外同步信号。而接入层设备，一般配有 2048kHz 的外同步口，可以连接外同步信号。当核心层设备和接入层设备同处一站时，二者的中继为局内电缆连接，共同组成一个网络节点，因此，可从本节点核心层设备输出的中继码流中获取同步信号。

如局站内无 SSU，则核心层设备可从上级(或同级)站经 PDH 传送来的 2Mbit/s 中继上提取定时，实现 DDN 内节点的主从同步。在这种情况下，DDN 要有网内同步规划和路由组织安排，以获得良好的同步性能和避免定时自环。

### (3) ATM、FR 和 IP 网

在 ATM、FR、IP 网络设备中，信息采用分组交换的方式，交换前后的分组信息可以相互无关，而且各设备端口无须与时隙一一对应，速率也不必相同。就是说具有异步传递特性，仅需要收端和发端同步即可，而不需要使终端、业务与网络保持同步。

ATM、FR 和 IP 设备内部的时钟一般符合三级时钟的要求，且 ATM、FR 和 IP 设备

有外时钟输入/输出口，能够支持外定时和业务定时两种同步方式，即外定时同步方式可直接接受同步网的定时，而业务定时则从业务码流中提取定时信号。

## 2) SDH 条件下的同步连接方法和措施

PDH 对 2Mbit/s 信号采用的是正码速率调整异步复用的传输方式，链路在传送业务的同时也可以传送定时信号。而 SDH 则对 2Mbit/s 信号采用+/-码速调整并将信号适配进 VC12 的方式，在传输中会受到链路抖动、漂移或不同步等因素的影响产生指针调整，使得 SDH 2Mbit/s 链路不合适传送定时信号，而是以 STM-N 传送定时信号的方式。

在 SDH 条件下，各设备主要从站内 SSU 获取定时同步信号。当站内无 SSU 时，可采取从 SDH 网上获取定时信号的方式，即用 STM-N 传送的方式。当以上条件都难实现时，可以根据条件，采用“从业务链路获取定时”的方法。

下面描述“从 SDH 网获取定时”和“从业务链路获取定时”的有关方法。

### (1) 从 SDH 网元外同步输出出口的 2MHz/2Mbit/s 信道获取定时

SDH 网元一般配有外同步输出口，可提供经 SDH 网元 STM-N 传送的定时信号，即 SDH 网上同步信号，有关设备可直接从 SDH 网元同步输出口连接到本设备的外同步输入口。如果 SDH 网元同步输出口送出的是 2Mbit/s 信号，则相关设备也可以划出一个 2Mbit/s 业务中继口作为同步专用接口。

### (2) 为 2Mbit/s 业务码流换定时

经过 SDH 传输后的 2Mbit/s 业务码流会受适配处理和指点针调节的影响，因此采用换定时 (Retiming) 的方法可以获取同步。这时 2Mbit/s 业务码流即具有了 SDH 网上的定时信号，可为相关设备定时和同步。但不是 2Mbit/s 业务码流与上游业务节点的同步，而是与 SDH 网的同步。

### (3) 从 2Mbit/s 业务码流获取定时

在两个 SDH 网元端到端使用的特殊情况下，不存在适配抖动和指针调节的问题，这是因为：

(a) 2Mbit/s 固定路由仅经过一对 SDH 网元端到端连接，不必迂回改路由；

(b) SDH 的定时与 2Mbit/s 业务“同源同路由”。因此 B 站业务设备可以从 A 站来的任一 2Mbit/s 业务码流中获取定时，如图 2.6.5-3 所示。

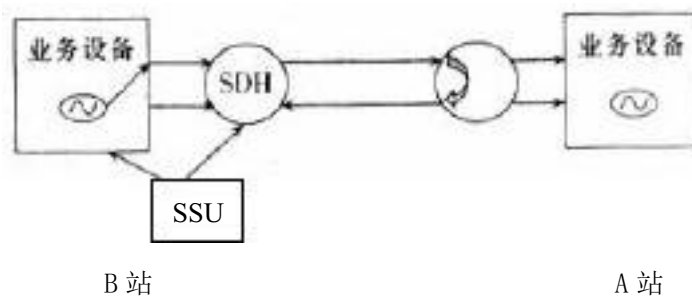


图 2.6.5-3 B 站业务设备从 A 站来的任一 2Mbit/s 业务码流中获取

## 2.6.6 电力数字同步网的设计深度

电力数字同步网设计也同其它工程设计一样分可研设计、初步设计和施工图设计三个阶段。不同的设计阶段，其设计深度要求均不同。

### 2.6.6.1 可研阶段

主要设计内容深度如下：

#### 1) 工程概况

##### (1) 概述

概述任务的来源、项目性质、规模及本设计拟解决的等。

##### (2) 设计依据和设计范围

##### (a) 设计依据

- ◆ 应说明设计委托书、通信规划设计文件等。
- ◆ 滑动率的分配指标、漂动指标及各级从钟的技术要求(包括最低准确度、牵引范围、最大频率偏移、初始最大频率偏差等)，是规划设计的基本依据。

##### (b) 设计范围

应明确本工程的设计范围。

##### (3) 设计水平年和主要设计原则

##### (a) 说明设计水平年

##### (b) 主要设计原则

- ◆ 设计应贯彻执行有关的设计标准、规程及规定，坚持设计的科学性、合理性，提高电力通信网运行的稳定性，提高电网运行的安全性。应满足通信网对同步的性能要求。充分考虑同步网络抗自然灾害和突发特殊情况的能力。

- ◆ 设计应符合通信网发展规划及同步网发展规划，以近期业务需求为主，兼顾业务发展需求，为工程的扩容、改造创造条件。

## 2) 设计方案

应以电力系统 SDH 光传输干线为基础构建数字同步网。对项目建设提出推荐方案。

### (1) 组网原则及同步节点时钟的设置

按照同步区的划分，确定基准时钟的设置数量和设置位置，以及同步区内同步供给单元的设置数量和位置。根据同步网现状和传输网的结构，设计规划基准时钟到各区域时钟的主、备用定时基准传输链路，以及基准时钟到各同步供给单元、同步供给单元到同步供给单元的主、备用定时基准传输链路。同步网的组网原则主要包括：

- (a) 定时基准传输链路的选择。
- (b) 基于 SDH 的定时基准传输链路的组织。

### (2) 同步网网络结构

### (3) 同步方式及同步方法

### (4) 定时基准分配

### (5) 同步网接口

### (6) 同步网的维护管理

## 3) 同步网投资估算

列出推荐方案主要设备的数量、建设年限、建设顺序和分期投资估算和总投资估算。

## 4) 图表

- (1) 同步设备配置一览表
- (2) 现有及设计水平年同步网网络结构图；
- (3) 投资估算汇总表。

## 5) 设计文件编制要求

一般设计图表与设计文件合装成册。

### 2.6.6.2 初步设计阶段

初步设计内容深度应满足以下基本要求。

- (1) 确定设计方案作为施工图设计的依据
- (2) 满足主要辅助设备的材料采购
- (3) 控制建设投资
- (4) 进行施工准备和生产准备等。

初步设计文件应通过说明书、图纸充分表达设计意图，专业之间相互协调。重大设计原则应进行多方案的优化比选，提出推荐方案。

应积极、慎重的应用成熟的新技术、新工艺和新方法，初步设计文件应详细阐明其技术的优越性、经济的合理性和在本工程采用的可能性，并说明其在科研、试验、设备制造方面已进行的工作和其他工程中的实践结果，以及在工程中所能发挥的实效和在施工运行中需注意的事项。

主要设计内容深度如下：

#### 1) 工程概况

##### (1) 概述

概述项目性质、规模、投资方及在地区电力系统中的作用等有关结论性意见。

##### (2) 设计依据

批准的可行性研究报告是初步设计的主要依据，必须认真执行其中所规定的各项原则。

##### (3) 设计内容、设计范围和设计分工

##### (4) 主要设计原则

##### (5) 设计水平年

##### (6) 说明数字同步网现状和项目建设的必要性

#### 2) 设计方案

##### (1) 网络结构

###### (a) 同步网网络结构

###### (b) 同步节点时钟设置

###### (c) 定时基准传输链路路由安排

提出定时基准传输链路的选择原则，并做出定时基准传输链路路由安排。

##### (2) 同步网的传输性能要求

##### (3) 基于 SDH 传送网的同步分配

##### (4) 同步网接口要求

##### (5) 同步网网管系统

##### (6) 各种通信设备的同步

##### (7) 设备的选型要求和容量配置

(a) 设备的选型要求

(b) 设备的容量配置

设置网内各同步节点设备的容量，列出各节点同步设备配置一览表。

3) 主要设备材料清册

列出主要设备材料清册。

4) 附图

(a) 现有及设计水平年同步网网络结构图。

(b) 定时基准传输链路路由一览表

(c) 各节点同步设备安装位置图（机房平面布置图）

5) 工程概算

编写《初步设计概算书》。初步设计概算应准确反映设计内容，深度应满足控制投资、计划安排及基本建设拨款的需要。

6) 设计文件编制要求

初步设计说明书表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整。所有文件签署齐全。

### 2.6.6.3 施工图设计阶段

1) 设备安装施工图

施工图设计阶段主要是施工图图纸的绘制。是根据初步设计审查意见和设备采购合同进行各站的交换设备安装设计。主要包括：

(1) 施工图说明书

(2) 同步网网络结构图

(3) 定时基准传输链路路由一览表

(4) 站内同步设备系统连接图

(5) 站内各种通信设备的同步分配图

(6) 站内同步设备电缆连接图

(7) 站内同步设备面板配置图

(8) 站内同步设备安装图（包括平面布置，防震加固等措施）

(9) 卫星定时接收系统的天线、馈线及其它组件安装及避雷接地图

(10) 同步设备供电方式及接地图

### (11) 综合材料清单

#### 2) 设计文件编制要求

表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整，符合电力行业制图规定。所有图纸签署齐全。

## 2.7 电厂通信工作内容及深度要求

电厂通信设计配合发电工程主要分为可研、初步设计施工图三个阶段，设计内容包括系统通信和厂内通信设计两部分，厂内通信包括生产管理通信，生产调度通信系统(生产调度交换及调度呼叫系统)，系统通信包括光纤通信、微波通信等项目由业主另行委托专项设计。

可研阶段主要估算投资，不再详述，本部分主要说明初步设计和施工图阶段的设计深度和主要工作内容。

主要参考设计规程为：

Q/DQ 1-D009-2009《火力发电厂厂内通信设计技术导则》，

DL 5000—2000《火力发电厂设计技术规程》

DL/T 5041—95《火力发电厂厂内通信设计技术规定》（正在修编中）

25MW 以下的小机组可参照 GB 50049-94《小型火力发电厂设计规范》

燃气电厂可参照 DLT5174-2003《燃气—蒸汽联合循环电厂设计规定》

### 2.7.1 初步设计阶段

#### 2.7.1.1 系统通信

系统通信主要依据接入系统设计方案进行，深度与接入系统设计相同，对电厂系统通信的方案叙述清楚，与接入系统推荐方案和审查意见一致。应包括以下几个方面：

##### (1) 概述

说明发电厂总体情况，规划装机规模，本期新建机组规模，接入一次系统的方案，线路长度。计划投运的年限。

根据自动化专业提资，说明发电厂调度管理的关系（与自动化一致）。

设计依据和主要设计原则：主要依据为发电厂接入系统设计（二次部分）评审意见。



## (2) 通信现状

电厂所在地区主干通信网络和地区通信网络现状；

与电厂有关的组网调度程控交换机网络现状；

与电厂有关的综合数据网现状；

## (3) 通道要求（业务通道数量、容量需求、接口型式、技术要求）

通信专业

调度自动化专业

继电保护专业

## (4) 系统通信方案（按照已审定的接入系统设计）

应说明主要通信方案，光通信电路规模、起止点、本工程新建电路、光缆情况；其它通信方式的通道方案。

## (5) 通信设备配置

应说明本工程电厂侧光传输设备、PCM 终端设备、系统调度程控交换设备、综合数据网通信设备、电力载波通信结合加工设备的配置数量，主要技术参数。

## (6) 通道组织

依据接入系统进行，分别对各调度管理部门的调度电话通道、自动化通道及线路保护、安全自动装置等通道进行组织。

(7) 需要在本工程分摊的系统通信项目简述，说明其分摊的依据及数额。

(8) 系统通信对本厂的其它要求；说明需要与厂内通信合用的设施如电源设备及机房等。

### 2.7.1.2 厂内通信

#### (1) 生产管理通信

1) 程控数字交换机用户线配置：

交换机用户线配置线数主要依据为几个火力发电厂的设计规程中有关规定（见文章开头）。并能扩容，满足电厂扩建要求。

2) 电厂与当地电力行政交换网的中继接口配置：

应优先选用 2Mb/S 接口，Q 信令中继方式。接入方式呼入时采用 DID 方式，呼出采用 DOD1 方式。

3) 电厂与当地电信部门的中继接口配置：

条件许可时应优先选用 2Mb/S 接口，7 号信令中继方式。接入方式呼入时采用 DID 方式，呼出采用 DOD1（DOD2）方式。

4) 生产管理交换机与厂内生产调度交换机中继接口配置：

应选用 2Mb/S 接口，Q 信令中继方式。调度交换机可呼叫行政交换机用户，行政交换机用户不可呼叫调度交换机用户。

5) 程控交换机安装地点的说明。

6) 程控交换机选型：

所选机型的技术条件应符合当地电力行政交换网、当地公网进网要求；配置计费终端、维护终端；

## **(2) 生产调度通信**

1) 厂内调度用程控交换机是电厂生产调度指挥的重要通信设备，交换机可以和系统调度用程控交换机合并或分开。交换机用户线配置线数主要依据为几个火力发电厂的设计规程中有关规定（见文章开头）。并能扩容，满足电厂扩建要求。

2) 中继线配置：与系统调度程控交换机合并时对系统侧应根据系统组网的要求采用 2Mb/S 接口，Q 信令中继方式。对厂内生产管理交换机宜采用 2Mb/S 接口，Q 信令中继方式。

3) 调度台：

配置数量应说明，放置地点为电厂集控楼，调度台至通信机房的距离较远，应考虑调度台的供电问题，可向电气专业提资，要求电气二次专业提供 UPS 电源供调度台使用。

4) 调度程控交换机选型：所有公共板卡均冗余配置，并配置录音系统，维护终端；可参照 2.5 系统调度交换机部分。

## **(3) 输煤系统通信**

1) 按照规程要求，单机容量大于 300MW 的电厂宜设置带有扩音呼叫功能的调度通信设备。一般设置 40-50 个话站，话站设置在输煤系统各个主要生产岗位，如输煤控制室，翻车机室、碎煤机室、各个转运站；主厂房皮带层、输煤栈桥、室外煤场等噪声大的区域需安装扬声器。

2) 系统具有的主要功能：

广播呼叫、单呼、组呼、全呼、紧急呼叫、电话对讲及报警等功能。终端话站

设备配有扩音对讲终端、扬声器等，并具备防水、防尘、抗噪声等功能。应优选带交换功能的设备，能与厂内调度机采用 2 线环路等方式接口。

3) 输煤系统扩音通信设备供电电源配置：由双回路厂用电源供电，随设备提供专用 UPS 电源。优选仅需要对主机提供电源的集中供电方式。

4) 设备安装地点：一般安装在输煤楼（或通信机房），安装在输煤楼时需要向电气专业提出屏位数量要求和供电要求。

#### （4）通信电源

1) 根据电厂的重要性配置 1-2 套-48V 专用通信电源系统。说明每一套通信电源的组成，整流器模块配置应为 N+1 的运行模式。每一套通信电源系统配置蓄电池 1-2 组。

2) 应根据电厂通信设备的功耗选用高频开关电源容量及蓄电池容量；蓄电池采用阀控式密封铅酸蓄电池，说明配置的组数及容量。说明是否配置交流电源屏和直流电源屏。初步设计应向电气一次提出通信负荷要求。

3) 电源设备安装地点。

#### （5）电厂区域通信

##### 1) 水源地

向水工专业了解本期水源地的规模，安装通信的要求；本期水源地与电厂厂区距离。

电厂至水源地的通信方式说明，是否需要安装设备，安装设备的类型。

敷设电（光）缆线路的长度及敷设方式。

##### 2) 灰场

向水工结构专业了解本期灰场的规模，是否设置管理办公室、值班室等建筑物。安装通信的要求；本期灰场与电厂厂区距离。

电厂至灰场的通信方式说明，是否需要安装设备，安装设备的类型，

敷设电（光）缆线路的长度及敷设方式。

如设置灰场管理办公室，水源地设值班室时则需要敷设音频电缆线路，随电气专业线路敷设，线路长时可加大音频电缆线径，或视具体情况设公网电话或无线通信。

#### （6）通信机房

说明通信机房设置地点，系统通信设备与厂内通信设备是否共用机房，通信机房

的面积，设有那些房间。本期通信机房安装的主要设备屏位数，预留屏位数。机房内采用的走线方式（活动地板或上走线），通信机房平面图。

初步设计应向建筑、结构、电气一次、二次、热控、暖通提出机房要求和面积。

考虑到电厂通信维护管理人员较少，系统通信设备与厂内通信设备之间有许多联络电缆，通常系统通信和厂内通信合用一个机房。根据各个电厂情况，通信机房可设在生产综合楼或网络楼，生产综合楼集中了全厂大部分电话用户，并且与电厂的信息中心相距较近，音频电缆接续方便，干扰小。由于系统通信设备光缆及电力载波通信出线在升压站，如果系统设备安装在生产综合楼，则很难保证通信光缆（或电缆）出线在厂内实现两条独立路径敷设，电厂的区域较大，电缆沟情况复杂，因此为了保证对外通信的可靠性，重要电厂首选在网络楼设置通信机房，同时应考虑今后扩建时机房的预留屏位和通信机房电缆光缆出线路径的方便。

### （7）通信网络系统

全厂通信电缆网络系统一般说明，全厂通信网络的干线通信电缆选型，配线及敷设方式等。

#### 2.7.2 施工图设计阶段

电厂的施工图设计应根据初步设计审查意见和设备已签订的技术协议进行，由于与热控专业有分工，应在施工图阶段提出全厂电话用户分配表，并与热控专业密切配合，确定全厂的通信网络及主干电缆敷设方式；生产管理和生产调度系统电缆网络应合并为一个网络，输煤系统设有广播呼叫系统的电缆网络应独立设置，单独做施工图，其它区域与热控专业配合出图。

电厂通信电缆宜选用阻燃电缆，一般沿厂内电缆桥架或电缆沟敷设，可采用全塑屏蔽型电缆 HYA，直埋敷设或敷设条件较差时应采用钢带铠装电缆。工程中选用的电缆品种不宜太多。用户线或网线敷设时应穿管保护。电缆弯曲半径应小于大于外径 15 倍，管路弯曲半径应小于大于管外径 10 倍。

电话分线箱和音频电缆应预留一定的富裕容量，使用率不超过 80%。

环境恶劣的区域和特殊要求的区域如主厂房、制氢站等应考虑防护措施，采用隔音亭、抗噪声电话、防爆电话等。

脱硫一般由外单位承包，需要在厂内建筑物某处预留与脱硫建筑物的通信电缆分线箱接口，并在总卷册中加以说明。

## 厂内通信施工图卷册（供参考，根据各厂情况修改）：

（火力发电厂施工图设计内容深度规定目前正在编制中）

### 第一卷 全厂通信电缆敷设

- U0101 厂区通信电缆敷设及总的部分说明
- U0102 主厂房通信
- U0103 单元控制楼通信
- U0104 网络继电器楼及配电装置通信
- U0105 输煤系统通信
- U0106 化学水部分通信
- U0107 除灰楼通信
- U0108 工业废水处理通信
- .....

### 第二卷 通信设备安装

- U0201 通信电源安装
- U0202 厂内调度程控交换机安装
- U0203 行政交换机安装

## 2.8 变电站通信工作内容及深度要求

变电站通信不同的设计阶段，其设计深度要求均不同。

### 2.8.1 接入系统设计阶段

接入系统设计是工程项目系统接入电力网前期立项工作阶段是否可行的必要条件，并为工程的可研及初步设计提供前提依据性文件。

#### 1) 工程概述

由系统一次专业提出，通信专业需要明确以下内容：

（1）新建变电站最终、本期出线规模，明确与本工程相连的线路起迄点及中间点的位置、输电容量、电压等级、回路数、线路长度、导线截面及是否需要预留其它线路通道等。并明确变电站进出线地理位置与网络位置、方向、与已建和拟建线路的相互关系。

(2) 应简述由本次新建站引起的对端变电站扩建出线间隔工程情况。

(3) 设计水平年电力系统设计资料及系统一次推荐方案。

通信专业将依据系统一次推荐方案开展工作。

## 2) 提出通信现状及存在的问题

概述相关光缆通信系统现状,包括与本工程有关的光缆通信电路由、制式及容量、光设备型号、光缆型式及敷设方式、电路实际使用情况等。

概述相关电力线载波通信现状,包括与本工程有关的电力线载波电路及高频保护通信现状,通道组织、耦合方式及相序、工作频率等。

概述相关无线通信(包括微波、卫星通信等)现状,包括与本工程有关的微波、卫星等通信电路的路由、站址设置、电路制式及容量。工作频段、电路实际使用情况等。

简述相关的已立项及在建项目情况。

根据通信系统现状,提出通信系统现状存在的主要问题。

## 3) 提出调度关系

由系统调度自动化专业提出,通信专业需要明确以下几点:

(1) 枢纽变电站:一般按网调、地区调两级调度管理。同时考虑变电站信息上传集控中心站(按已建集控中心站考虑)。

(2) 负荷变电站:一般按地区调一级调度管理。同时考虑变电站信息上传集控中心站(按已建集控中心站考虑)。

(3) 牵引变电站:一般按地区调一级调度管理。

(4) 应简述新建变电站接入系统以后,对端扩建变电站相应调度关系是否有变化。

## 4) 提出系统通道要求(业务需求分析)

各业务系统对通道的要求,包括系统调度通信、系统继电保护、电力系统安全自动装置、系统调度自动化,系统电能计量等相关信息系统对通道数量和技术的要求(包括传输时延、带宽、组网方式、接口方式)等。

应明确变电站至网调、地区调度、集控中心、运行维护等单位的主用、备用各类信息通道需求。通信专业需要明确以下几点:

(1) 明确调度电话通道要求(按照专业提资)

- 枢纽变电站:对网调、地区调、集控中心站调度电话通道。

- 负荷变电站：对地区调、集控中心站调度电话通道。
- 牵引变电站：对地区调调度电话通道。

均主用通道采用组网调度交换机 2M 中继通道，备用通道采用 PCM 模拟通道。

(2) 明确调度自动化通道的技术要求（按照专业提资）

- 远动信息传输通道（采用主备用调度数据网 Nx2M）；
- 变电站运行信息传输通道（采用主备用调度数据网和 2M 专线）；
- 电量信息传输通道（采用主备用调度数据网 Nx2M）；
- 变电站视频信息传输通道（采用综合数据网 GE 光纤或 POS 光口）；
- 电能质量监测信息传输通道（牵引变电站）（采用综合数据网）；
- 明确对端变电站本期需要新增通道要求。

(3) 明确系统继电保护通道的技术要求（按照专业提资）

• 每回线需要传送 2 个独立主保护信号，传输线路纵联保护信息的数字式通道信号传输时间应不大于 12ms；点对点的数字式通道信号传输时间应不大于 5ms。

• 变电站保护及故障录波信息通道通过调度数据网传送到网调和地区调，调度数据网通道由自动化专业考虑。调度数据网传送 2M 通道方式由通信专业提供。

## 5) 提出系统通信方案

根据业务需求分析，规划及通信现状存在的问题，提出变电站至少两个系统通信方案，经技术经济比较提出推荐方案。其中：

### (1) 光通信建设方案

根据相关电网光通信总体方案要求，分析本工程在网络中的作用和地位，提出本工程光缆建设方案、光传输通信网络接入方案和通道配置要求，并进行光传输计算。论述光缆敷设方式、光缆型式、电路路由、电路制式及容量等。

特殊情况下：

- 新建线路或改建（线路Ⅱ接、T 接）线路有需要是，应提出光纤通道接续及具体方案。
- 对光缆随线路开断Ⅱ接工程，设计应考虑光缆开断期间，原光缆上所承载的电缆系统实时生产业务不能中断的要求而提出可行的临时过渡方案。
- 对于联网工程，还应提出变电站至被联网侧调度中心的各种信息传输通道方案。

### （2）电力载波通道建设方案

当有载波通信系统时，应提出详细载波通信方案，包括载波通道组织、设备配置、选型，以及保护及远跳传输方式，论述载波路数、耦合方式及耦合相。

### （3）微波/卫星通道建设方案

当有微波/卫星通信系统时，应提出详细通信方案，论述站点设置、设备制式、电路容量及工作频段等。

### （4）系统调度程控交换机接入方案

根据相关电网调度程控交换网总体方案要求，分析本工程在网络中的作用和地位，提出本工程调度程控交换网设备配置要求、网络接入方案和通道配置要求。同时考虑对端接口方式及配置数量。

### （5）综合业务数据网接入方案

根据相关电网综合数据通信网络总体方案要求，分析本工程在网络中的作用和地位及各应用系统接入方式要求，提出本工程综合数据通信网络现状，设备配置要求、网络接入方案和技术要求。同时考虑对端接口方式及配置数量。

（6）当系统情况变化引起通信方案改变时，应阐述其技术经济性。本变电站的建设对现有通信有影响时，应包括临时过渡方案。

### （7）结论及建议

提出结论性的意见及建议。

主要附图：系统通信网络现状及通信方案拓扑图。

## 6) 系统通道组织

（1）应根据系统通信现状和推荐的通信方案，进行系统通信、系统调度自动化、系统继电保护的通道组织。

（2）应提出变电站至各级调度端的调度通道组织图及通道配置图（表）（主用及备用通道）；

（3）对于无人值班变电站，应增加变电站至集控中心的各类通道组织。

## 7) 投资估算

根据系统通信方案，列出系统推荐方案主要设备清单及投资估算。

## 2.8.2 可研设计阶段



可行性研究设计是工程目前期立项工作阶段的主要设计文件，并为工程的初步设计提供前提依据条件。

可研设计应依据接入系统设计审查意见方案进行。（前提有经过接入系统设计阶段）

### 1) 系统通信部分

应与 2.8.1 节接入系统通信设计部分内容及深度相同。

### 2) 站内通信部分

设计内容深度应满足以下基本要求。

#### （1）变电站按照常规设计：

- 提出变电站通信电源的配置方案。（配置 2 套独立通信电源）

根据本工程通信设备配置情况和发展预测，确定通信电源容量及配置方案。

- 提出变电站机房动力环境监测系统的信息监测范围、信息传输方式以及设备配置方案。

- 提出 220kV 变电站以下通信设备机柜数量要求，500kV 变电站以上通信机房（含通信蓄电池室）的面积要求。一并提出机房工艺要求和相关规范要求。

- 500kV 变电站应在通信机房需要考虑安装 4 面保护专用光电转换柜的屏位位置，本期 2 面，终期规模 2 面，每面保护专用光电转换柜需要提供两路 48V 直流电源。

- 每回线的 2 个主保护信号分别使用独立的通道，且复用光纤通道及光电转换装置设备的电源也应互相独立。

- 提出变电站市话通信方案。

- 站内通信综合布线。

#### （2）变电站按照智能化设计：

- 通信不单独设置通信电源

具体要求如下；

新建 220kV 变电站按照智能化变电站规模建设，根据国家电网基建（2011）58 号关于《国家电网公司 2011 年新建变电站设计补充规定》中的有关要求，变电站交直流一体化电源系统，并统一监测控制，共享直流电源的蓄电池组。220kV 变电站宜采用交直一体化电源系统，通信电源不单独设置。通信负荷宜按 4 小时事故放电时间

计算。实现对一体化电源系统的远程监控维护管理。将电气 220V 直流电源经 DC-DC 变换为通信-48V 直流电源，由电气专业统一考虑设备配置，通信要求如下：

a) 要求电气专业提供 2 路独立直流电源，分别引至通信机房直流配电屏，每路容量为-48V/120A（实际使用容量）。上述 2 路电源应引自不同的母线开关，直流电源参数要求如附表所示。要求 2 面屏布置在通信设备同一排。

b) 在变电站发生事故停电时，为保证通信设备正常运行，每套电源的蓄电池为通信设备供电时间应不小于 4 小时。

- 通信不单独设置通信监控系统

新建 220kV 变电站按照智能化变电站优化集成设计建设，根据国网基建 58 号文，站内要求统一监控，由电气专业统一考虑，需要提供对本站本期直流分电屏电源、交换机、光传输设备、PCM 设备的告警量。该站通信设备监测告警量通过本站综合业务数据网通信设备在数据网上送区调。

### 3) 可研概算

列出系统通信和站内通信主要设备清单和投资概算。并可根据工程项目具体情况做相应增减。

经可研阶段审查通过后再要进行可研概算收口。

### 4) 设计文件编制要求

一般设计图表与设计文件合装成册。

## 2.8.3 初步设计阶段

初步设计阶段是应依据可行性研究设计审查意见方案进行初步设计，并将确定设计方案作为施工图设计的依据。

### 1) 系统通信部分

应与 2.8.2 节可研阶段系统通信设计部分内容及深度相同。

特殊说明：光纤通信及微波通信设计属于系统专项工程，应单独委托开展单项工程设计，提出相关光通信站（含通信光缆、中继站）、微波站（含微波塔、中继站）完整的初步设计报告和概算书。该设计安排在初设阶段完成。

### 2) 站内通信部分

应与 2.8.2 可研阶段通信设计部分内容及深度相同。

### 3) 初设概算

根据可研审查意见及可研收口报告，列出系统通信和站内通信主要设备清单和投资概算，按站内通信和系统通信分别列出，并可根据工程项目具体情况做相应增减。

#### 4) 设计文件编制要求

站内通信编制文件、概算及图纸汇入变电站工程，并与变电站工程合装成册；

系统通信（包括光设备、光缆）编制文件、概算及图纸单独汇入专项工程，并成册；

编制系统通信和站内通信技术规范书；

编制系统通信和站内通信施工招标量（含通信安装、通信建筑）。

#### 5) 配套通信工程

在初设阶段应根据合同要求同步开展通信单项工程设计，提出完整的初步设计报告和概算书。

### 2.8.4 施工图设计阶段

施工图纸基本内容及深度要求：施工图设计阶段主要是施工图图纸的绘制。是根据工程初步设计审查意见、设备技术规范书要求及各设备中标设计文件进行施工图设计。并分站内通信卷册和系统通信卷册。

#### 1) 站通信施工图卷册

主要卷册包括：（按设备分册）

- （1）综合布线电缆敷设图
- （2）系统调度程控交换机施工图
- （3）综合业务数据网设备施工图
- （4）通信电源施工图（按常规站、500kV 变电站）
- （5）通信监控施工图（按常规站、500kV 变电站）
- （6）机房接地体施工图（按 500kV 变电站）

#### 2) 光通信施工图卷册

主要卷册包括：（按站分册）

- （1）施工图说明
- （2）光纤通信网络图
- （3）光设备配置及通道组织图
- （4）调度通道及保护通道方式图

- (5) 网管及勤务系统示意图
- (6) 同步系统图
- (7) 通道业务需求表
- (8) 设备机柜配置图
- (9) 设备机柜缆线连接图
- (10) 通信设备平面布置图
- (11) ODF 光纤配线图
- (12) DDF 数字配线图
- (13) VDF 音频配线图
- (14) 引入光缆敷设图
- (15) 综合材料表

### 3) 设计文件编制要求

表达应条理清楚、内容完整、文字简练，图纸表达清晰完整，符合电力行业制图规定。所有图纸签署齐全。

## 2.9 风电场通信工作内容及深度要求

风电场通信设计与变电站通信设计工作内容和深度要求基本一致，本章节不再重复。

### 3 设计管理工作

#### 3.1 可行性研究阶段主设人工作流程

通信专业在可行性研究阶段包括输变电工程项目、发电工程项目。

##### 3.1.1 输变电工程项目

- a) 接收项目经理下发的工程设计计划。
- b) 参加项目开工会以及方案策划会。
- c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。
- d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》接收系统专业系统资料、电气一次专业电气主接线资料、继电保护专业和远动专业通道需求资料，并对资料进行设计验证。
- e) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向变电土建、总图、暖通、电气专业提出通信机房工艺要求或屏位需求、电源负荷需求、电缆沟道要求。
- f) 向送电电气专业提供光缆芯数、光芯参数要求。
- g) 向技经专业提交变电站设备材料清册。
- h) 编制变电站工程系统通信及站内通信部分可研设计文件，设计文件应参照设计模板的格式并满足变电站通信相关工作内容及深度要求。
- i) 参加设计评审，组织本专业实施设计评审既要，并跟踪落实。常规项目可以采取传阅式与设计验证合并的方式进行评审。
- j) 按照设计计划进度，交出设计成品，进行设计校核，填写成品校审单。根据校审意见，逐项修改设计文件。
- k) 正式可研成品交出。
- l) 参加可研审查会，填写审查记录。
- m) 根据可研审查既要，修改可研文件，如有必要提交可研收口配合资料。
- n) 可研收口文件交出。
- o) 根据公司要求按时归档。

##### 3.1.2 发电厂工程项目

- a) 接收项目经理下发的工程设计计划。
- b) 根据需要，参加项目开工会以及方案策划会。

c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。

d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》接收系统专业系统资料、电气一次专业电气主接线资料、继电保护专业和远动专业通道需求资料，并对资料进行设计验证。

e) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向发电土建、总图、暖通、电气专业提出通信机房工艺要求或屏位需求、电源负荷需求、电缆沟道要求。

f) 向技经专业提交发电厂厂内设备材料清册。

### 3.2 初步设计阶段主设人工作流程

通信专业在初步阶段包括变电工程项目、发电工程项目以及系统通信专项工程。

#### 3.2.1 变电工程项目

a) 接收项目经理下发的工程设计计划。

b) 参加项目开工会以及方案策划会。

c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。

d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》接收系统专业系统资料、电气一次专业电气主接线资料、土建专业建筑物土建资料、继电保护专业和远动专业通道需求资料，并对资料进行设计验证。

e) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向变电土建、总图、暖通、电气专业提出通信机房工艺要求或屏位需求、电源负荷需求、电缆沟道要求。

f) 向技经专业提交变电站站内通信设备材料清册。

g) 编制变电站工程站内通信部分初步设计文件，设计文件应参照设计模板的格式并满足变电站通信相关工作内容及深度要求。

h) 参加设计评审，组织本专业实施设计评审既要，并跟踪落实。常规项目可以采取传阅式与设计验证合并的方式进行评审。

i) 按照设计计划进度，交出设计成品，进行设计校核，填写成品校审单。根据校审意见，逐项修改设计文件。

j) 正式初设成品交出。

k) 参加初设审查会，填写审查记录。

l) 根据初设审查既要，修改初设文件，如有必要提交初设收口配合资料。

- m) 初设收口文件交出。
- n) 根据公司要求按时归档。

### 3.2.2 发电厂工程项目

- a) 接收项目经理下发的工程设计计划。
- b) 根据需要，参加项目开工会以及方案策划会。
- c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。
- d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》接收系统专业系统资料、电气一次专业电气主接线资料、土建专业建筑物土建资料、继电保护专业和远动专业通道需求资料，并对资料进行设计验证。
- e) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向发电土建、总图、暖通、电气专业提出通信机房工艺要求或屏位需求、电源负荷需求、电缆沟道要求。
- f) 向技经专业提交电厂设备材料清册。
- g) 编制发电厂工程厂内通信部分初步设计文件，设计文件应参照设计模板的格式并满足电厂通信相关工作内容及深度要求。
- h) 参加设计评审，组织本专业实施设计评审既要，并跟踪落实。常规项目可以采取传阅式与设计验证合并的方式进行评审。
- i) 按照设计计划进度，交出设计成品，进行设计校核，填写成品校审单。根据校审意见，逐项修改设计文件。
- j) 正式初设成品交出。
- k) 参加初设审查会，填写审查记录。
- l) 根据初设审查既要，修改初设文件，如有必要提交初设收口配合资料。
- m) 初设收口文件交出。
- n) 根据公司要求按时归档。

### 3.2.3 系统通信单项工程

基建项目初步设计阶段，OPGW 光缆通信或微波通信系统的应单独设置系统通信单项工程。技改项目可根据甲方要求，相关数据通信网、调度程控交换网以及同步时钟网等均可设置单项工程。

- a) 接收项目经理下发的工程设计计划。
- b) 参加项目开工会以及方案策划会。

- c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。
- d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向土建、总图、电气、水工、暖通、送电电气、送电结构等专业提交微波站、中继站、微波塔等相关要求。
- e) 接收土建、总图、送电结构专业提交的中继站、微波站平面布置及微波塔结构方案。
- f) 向技经专业提交变电站站内通信设备材料清册。
- g) 编制系统通信单项工程初步设计文件，设计文件应参照设计模板的格式并满足单项工程相关工作内容及深度要求。
- h) 参加设计评审，组织本专业实施设计评审既要，并跟踪落实。常规项目可以采取传阅式与设计验证合并的方式进行评审。
- i) 按照设计计划进度，交出设计成品，进行设计校核，填写成品校审单。根据校审意见，逐项修改设计文件。
- j) 正式初设成品交出。
- k) 参加初设审查会，填写审查记录。
- l) 根据初设审查既要，修改初设文件，如有必要提交初设收口配合资料。
- m) 初设收口文件交出。
- n) 根据公司要求按时归档。

### 3.3 施工图阶段主设人工作流程

#### 3.3.1 变电站工程

- a) 接收项目经理下发的工程设计计划或施工图技术组织措施。
- b) 参加项目开工会。
- c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。
- d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》接收系统专业系统资料、电气一次专业电气主接线资料、土建专业建筑物土建资料、继电保护专业和远动专业通道需求资料，并对资料进行设计验证。
- e) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向变电土建、总图、暖通、电气专业提出通信机房工艺要求或屏位需求、电源负荷需求、电缆沟道要求。
- f) 编制设备招标技术规范，经科室校审后提交项目经理。参加技术规范审查。



- g) 参加技术协议鉴定会，签订技术协议。
- h) 编制施工图卷册任务书。
- i) 对厂家图纸进行确认，作为施工图设计输入。
- j) 编制施工图，进行自校。交科室进行校审。
- k) 根据校核、审核意见修改施工图。
- l) 填写出版单，科室交出。

### 3.3.2 发电厂工程

- a) 接收项目经理下发的工程设计计划或施工图技术组织措施。
- b) 参加项目开工会。
- c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。
- d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》接收系统专业系统资料、电气一次专业电气主接线资料、土建专业建筑物土建资料、继电保护专业和远动专业通道需求资料，并对资料进行设计验证。
- e) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向变电土建、总图、暖通、电气专业提出通信机房工艺要求或屏位需求、电源负荷需求、电缆沟道要求。
- f) 编制设备招标技术规范，经科室校审后提交项目经理。参加技术规范审查。
- g) 参加技术协议鉴定会，签订技术协议。
- h) 编制施工图卷册任务书。
- i) 对厂家图纸进行确认，作为施工图设计输入。
- j) 编制施工图，进行自校。交科室进行校审。
- k) 根据校核、审核意见修改施工图。
- l) 填写出版单，科室交出。

### 3.3.3 系统通信单项工程

- a) 接收项目经理下发的工程设计计划或施工图技术组织措施。
- b) 参加项目开工会。
- c) 编制收资提纲，收集资料。并进行资料验证。
- d) 按照工程设计计划进度以及《电力勘测设计专业间联系配合规定》向土建、总图、电气、水工、暖通、送电电气、送电结构等专业提交微波站、中继站、微波塔等相关要求。

e) 接收土建、总图、送电结构专业提交的中继站、微波站平面布置及微波塔结构方案。

f) 编制设备招标技术规范，经科室校审后提交项目经理。参加技术规范审查。

g) 参加技术协议签定会，签订技术协议。

h) 编制施工图卷册任务书。

i) 对厂家图纸进行确认，作为施工图设计输入。

j) 编制施工图，进行自校。交科室进行校审。

k) 根据校核、审核意见修改施工图。

l) 填写出版单，科室交出。

### 3.4 竣工图阶段主设人工作流程

- 1) 接收项目经理下发的技术组织措施或设计任务书。
- 2) 收集工代出具的设计变更通知单和变更设计通知单。
- 3) 收集施工和运行单位返回的施工图修改。
- 4) 按要求绘制竣工图。
- 5) 编制施工图，进行自校。交科室进行校审。
- 6) 根据校核、审核意见修改施工图。
- 7) 填写出版单，科室交出。

系统通信单项工程竣工图编制应根据甲方的编制要求和出版要求进行。对于较复杂的工程，必要时可到现场进行收资。

### 3.5 工地代表服务主设人工作流程

工代人选由专业室提名，设计经理批准。一般选派由参加本工程施工图设计、责任心强并具有实践经验、能独立处理问题的专业技术人员担任。

工代必须牢固树立为顾客服务的理念，与顾客和相关方做好沟通，力争满足和超越顾客的需求和期望。

工代在施工前应全面熟悉和审查本专业图纸，了解专业之间的接口；向相关方介绍设计概况，说明设计思想、设计原则以及对工程施工的要求。当业主、施工、监理单位要求修改或变更设计时，对其提出的《工程联系单》或《变更设计单》，工代应

认真研究和复核后按公司颁布的《施工现场设计服务规定》进行签署。

工代应及时向公司和专业科室反馈施工中发现的设计质量问题、设备质量以及其它相关技术信息。

### 3.6 设计回访及工程总结主设人工作流程

主设人应参与由设计经理组织的设计回访工作，了解业主及相关方对于设计工作的意见和建议，会后应按要求编写设计回访记录或报告。

## 4 主设人设计管理要点

### 4.1 设计审核要点

设计人交出的设计成品必须经过完整的校审流程，各级校审人员担负着设计把关的任务，因此需严格以下几个环节需要注意：

- 设计人在交出成品前必须先进行全面仔细的自校，将自身能够发现的错误改正过来方可进入下一级校审流程。
- 校核、审核和批准人员应按照《设计、咨询控制程序》中的关于设计成品校审范围的规定对设计成品进行认真、负责的校审，并应填写《成品校审单》，如实的记录校审中发现的问题，并根据《成品质量要求及评定规定》判断问题的错误性质和评价成品质量。对有问题的设计成品应返给设计人员进行修改。
- 设计人员应该按照校审单上填写的校核意见，逐项对设计文件进行修改；当设计人员和校核人员对校审单上的意见不一致时，本专业问题应由主工裁定，对涉及其它专业的问题，由设计经理协调处理，必要时请主管总工裁定。
- 设计人员按校审意见修改完毕后，校审人应逐项检查核对修改结果，确认无误后方可签署放行。
- 各级校审的职责应按照《图纸校审主要责任表》和《说明书校审主要责任表》执行。

### 4.2 专业设计常见病、多发病

#### 4.2.1 可研阶段设计常见病多发病

- 根据国网 58 号文件要求（2011 年），220kV 智能化变电站采用一体化电源设计，站内均不再设置单独通信电源。通信电源由电气二次统一考虑。通信专业需向电

气二次专业提供电源负荷要求，电池放电时间要求以及电源负载空开要求。

- 新建变电站考虑通信设备屏柜数量、通信机房面积、电源等的时候应在考虑本期需求的基础上充分考虑远景预留。
- 对于在现有变电站内增加设备的，应核实机房屏位、电源容量等是否能满足本期工程需求。
- 在不增加设备，只增加板卡的站点设计中，应注意光传输设备子框中是否还具有插板卡的槽位，避免出现开列了板卡无法安装的情况。
- 对于现有线路破口的输变电工程，应充分了解现有线路上光缆和光电路的情况，将现有系统光电路进行恢复。并考虑临时过渡方案（如有需要）。

#### 4.2.2 初设阶段设计常见病多发病

- 线路中途切改、破口的工程，注意与线路电气专业配合，保证光纤类型、芯数等与现有系统一致。并考虑临时过渡方案。
- 220kV 及以上变电站应考虑信息接入，站内布线系统按照综合布线考虑（甲方有特殊要求的除外），其中国调直调站点还需考虑内外网分离等要求。
- 电厂综合布线系统由发电电气二次专业负责，通信专业主设人需将调度电话、行政电话设点清单提资给发电电气二次专业。

#### 4.2.3 施设阶段设计常见病多发病

- 光通信施工图须将线路长度，破口线路长度及光缆长度分别标示清楚，对今后的工作及核对光缆长度有很大的帮助和提供可靠的依据。
- 厂家图纸需要经过审核确认后方可作为设计输入使用。
- 光缆通信工程需特别注意光缆终端盒的位置，应与线路电气专业配合好。尤其是在有间隔倒换或线路切改的工程中。
- 通信电源接地系统保护接地和工作接地应分别接地。
- 为了避免施工单位见不到通信专业图纸，漏掉埋管的情况，应在施工图阶段将所有通信埋管要求提资给土建专业。并在初设阶段要提大概的施工埋管量给土建专业，以便在施工招标中体现出来。

#### 4.3 设计质量管理

主设人设计质量管理应注重针对工作中出现的不符合项、不合格品及潜在不合格或问题的识别、原因分析、纠正或预防措施的控制、有效性跟踪验证的控制。

#### 4.3.1 纠正措施、预防措施制定

主设人对公司内审或外审检查中发现的不符合或可能造成事故、事件的隐患、收到顾客投诉、现场反应的问题等应及时进行纠正；并分析原因，评价采取纠正措施的需求，制定纠正措施，确定负责人和完成期限，经部门领导批准后实施。

部门应在每年初/或每季度识别和分析在质量方面潜在的不符合问题，评价制定预防措施的必要性，必要时制定预防措施，列入主设人工作和培训计划当中。

#### 4.3.2 纠正措施、预防措施的跟踪验证

主设人应按纠正措施或预防措施实施。

部门主管应对主设人的纠正措施或预防措施的有效性进行跟踪验证，并在相应通知单中填写验证结果记录，以保证持续改进。跟踪验证的主要内容包括：

- a) 是否对不符合项目进行了原因分析。
- b) 是否针对原因制定纠正措施或预防措施、实施计划，是否完成。
- c) 纠正措施或预防措施是否达到目的，结果是否有效。

#### 4.3.3 信息的反馈和利用

主设人应通过各种渠道及时收集相关信息，填写相应的《信息反馈记录表》，建立信息库。在工程中、专业策划中，应用相关信息，提高技术水平和产品质量，防止不符合和不合格问题的发生。

#### 4.3.4 质量分析会

根据公司要求，专业室每季度第一个月上旬左右召开质量会议，主设人应积极参会，认真学习，献计献策，共同改进设计质量。

#### 4.3.5 工程信息归档

根据专业室的相关规定，主设人应在工程相关实施阶段完成后，在 PW 上归档说明书以及审查会纪要等与工程相关的资料。