

有色冶金企业  
电气设计手册

上册

冶金工业部长沙有色冶金设计院

1 9 7 2

有 色 冶 金 企 业

# 电 气 设 计 手 册

上 册

冶金工业部长沙有色冶金设计院编

## 内 容 提 要

本手册介绍有关有色冶金企业电气装置的设计和计算方法，其中包括设计中常用的计算图表、曲线和参考图纸等。

手册共分上、下两册。上册内容包括：供电系统、变电所、电力线路、柴油发电站和企业通信；下册内容包括：电气传动、电机车牵引和照明。

本手册供从事有色冶金企业电气设计、施工和生产的工作人员参考。对大专院校有关专业的师生也有参考价值。

**有色冶金企业电气设计手册**

上 册

长沙有色冶金设计院编

\* \* \*

长沙文华印刷厂印刷

1972年8月

# 前 言

在伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”的战略方针指引下，一个社会主义革命和社会主义建设的新高潮正在兴起，全国工农业生产欣欣向荣，到处呈现一派繁荣兴旺的景象。我国冶金工业战线广大职工遵照毛主席关于“路线是个纲，纲举目张”的教导，狠抓经济领域里两条路线斗争，深入开展“工业学大庆”的群众运动，有力地促进了冶金工业的蓬勃发展。

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我们以毛主席的光辉哲学思想为武器，通过批判刘少奇一类骗子鼓吹的唯心论的先验论，深入实际进行调查研究，在学习和总结各生产厂矿、科研设计和施工单位先进经验的基础上，编写了这本《有色冶金企业电气设计手册》，供从事有色冶金企业电气设计的广大工人、技术人员参考，以期对加快设计速度、提高设计质量有所帮助，使设计工作更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。

在编写过程中，我们得到各兄弟单位的大力支持，他们为手册提供了许多技术资料和宝贵意见，贵阳铝镁设计院还承担了上册第二十五章的编写工作，我们在此特向各兄弟单位表示感谢。

由于我们学习毛主席著作不够，政治思想和业务水平不高，经验缺乏，手册一定还存在着许多缺点和错误，希望批评指正。

编 写 组

1972年8月

# 毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

备战、备荒、为人民。

坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革新和技术革命。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

# 目 录

## 第一章 有色冶金企业电气设计若干原则与内容

- 1-1 有色冶金企业电气设计若干原则····· (1-1)
- 1-2 企业电气设计阶段及主要工作内容····· (1-2)

## 第二章 电力负荷计算

- 2-1 用单位产品耗电量估算企业的计算负荷····· (2-1)
- 2-2 用需要系数法求企业的计算负荷····· (2-7)
- 2-3 露天矿负荷计算及变压器容量选择····· (2-31)
- 2-4 功率损失与电能损失的计算····· (2-34)
- 2-5 功率因数的补偿····· (2-44)
- 2-6 农村电力负荷计算····· (2-46)

## 第三章 高压配电

- 3-1 供电电源、主变压器台数及容量的确定····· (3-1)
- 3-2 供电系统····· (3-2)
- 3-3 电压调整的目的与方法····· (3-13)
- 3-4 设计方案的技术经济比较····· (3-19)

## 第四章 短路电流计算

- 4-1 短路电路中各主要元件阻抗计算····· (4-1)
- 4-2 网络的简化····· (4-20)
- 4-3 短路电流计算····· (4-21)
- 4-4 二相短路····· (4-30)
- 4-5 决定冲击短路电流时对电动机的考虑····· (4-31)
- 4-6 企业变(配)电所短路电流计算实例····· (4-34)

## 第五章 高压设备选择及短路电流校验

- 5-1 设备的选择与校验····· (5-1)
- 5-2 短路电流校验简化计算表····· (5-5)

## 第六章 导线及电缆的选择

- 6-1 导线截面的选择····· (6-1)
- 6-2 电力电缆选择····· (6-14)

## 第七章 总降压变电所

- 7-1 主变压器选择及所址的确定..... (7-1)
- 7-2 所内设施的规划及布置..... (7-3)
- 7-3 屋内配置..... (7-5)
- 7-4 屋外配置..... (7-13)
- 7-5 操作电源..... (7-24)
- 7-6 二次回路..... (7-46)

## 第八章 车间变电所

- 8-1 车间变电所位置和型式的选择..... (8-1)
- 8-2 变电所高压系统及电器选择..... (8-1)
- 8-3 露天变电所..... (8-5)
- 8-4 室内变电所..... (8-14)
- 8-5 井下变(配)电所..... (8-28)

## 第九章 电解整流所设计

- 9-1 电解工艺过程简述..... (9-1)
- 9-2 整流装置的结线系统及其主要参数的计算..... (9-3)
- 9-3 电解整流所的设计..... (9-16)

## 第十章 继电保护

- 10-1 继电保护装置的用途..... (10-1)
- 10-2 继电保护装置的设计原则..... (10-1)
- 10-3 电流互感器允许误差的计算..... (10-2)
- 10-4 变压器的保护..... (10-11)
- 10-5 一次侧为35—110千伏降压变压器用熔断器的保护..... (10-32)
- 10-6 高压电动机的保护..... (10-43)
- 10-7 静电电容器的保护..... (10-46)
- 10-8 电阻炉及电弧炉变压器的保护..... (10-47)
- 10-9 小容量发电机的保护..... (10-52)
- 10-10 6—35千伏线路的保护..... (10-59)
- 10-11 绝缘监察装置..... (10-71)
- 10-12 交流操作的继电保护..... (10-71)
- 10-13 组合插键式保护装置..... (10-77)
- 附录10-1 高压熔断器特性曲线..... (10-93)
- 附录10-2 GL型过电流继电器特性及数据..... (10-95)

## 第十一章 自动装置

- 11-1 自动重合闸装置..... (11-1)

11-2	备用电源自动投入装置 .....	(11-7)
11-3	自动按频率减负荷装置 .....	(11-13)

## 第十二章 柴油发电站总体设计

12-1	厂址选择和总体布置 .....	(12-1)
12-2	机组的选择 .....	(12-5)
12-3	设备的配置 .....	(12-7)
附录12-1	现有国产配套柴油发电机组 .....	(12-16)

## 第十三章 柴油发电站热机设计

13-1	燃油和燃油供给系统 .....	(13-1)
13-2	冷却系统 .....	(13-10)
13-3	润滑系统 .....	(13-14)
13-4	发电站热力系统举例 .....	(13-17)
13-5	辅助设备 .....	(13-17)
13-6	管道 .....	(13-19)
13-7	余热利用 .....	(13-29)
附录13-1	各种辅助设备 .....	(13-31)

## 第十四章 柴油发电站电气设计

14-1	柴油发电站同步发电机的一些制造特点和工作特性 .....	(14-1)
14-2	柴油发电站一次结线系统 .....	(14-4)
14-3	柴油发电机的励磁系统 .....	(14-7)
14-4	柴油发电机的并联和控制 .....	(14-18)
附录14-1	关于并联运行的三相四线发电机中性点引出线电流的测试 .....	(14-28)
附录14-2	捷克2A202-12H型320千伏安发电机自动调节励磁系统 .....	(14-29)
附录14-3	东德SSED568-12型240千伏安自动恒压发电机励磁系统 .....	(14-31)
附录14-4	励磁变阻器的参数计算 .....	(14-32)

## 第十五章 工业建筑物的防雷保护

15-1	对雷电活动规律的认识 .....	(15-1)
15-2	建筑物按防雷要求的分类 .....	(15-2)
15-3	各类建筑物的防雷保护方法 .....	(15-3)
15-4	避雷针、线保护范围的计算 .....	(15-7)

## 第十六章 电气设备的防雷保护

16-1	变电所的防雷保护 .....	(16-1)
16-2	架空电力线路的防雷保护 .....	(16-6)
16-3	旋转电机的防雷保护 .....	(16-8)



## 第十七章 通信设备

17-1 概述 .....	(17-1)
17-2 行政管理电话站 .....	(17-3)
17-3 生产调度电话站 .....	(17-20)
17-4 其他通信设施 .....	(17-26)

## 第十八章 通信线路

18-1 传输要求 .....	(18-1)
18-2 架空明线 .....	(18-4)
18-3 电缆线路 .....	(18-18)
18-4 室内线路 .....	(18-34)
18-5 井下线路 .....	(18-34)
18-6 接地装置 .....	(18-35)

## 第十九章 高压架空电力线路设计概述

19-1 高压架空电力线路等级 .....	(19-1)
19-2 线路路径方案的选择 .....	(19-2)
19-3 气象条件的选择 .....	(19-6)

## 第二十章 导线、避雷线的力学计算

20-1 导线、避雷线的物理特性及其应用 .....	(20-1)
20-2 导线、避雷线比载的计算 .....	(20-10)
20-3 应力和弧垂的计算 .....	(20-16)
20-4 直线杆塔导线断线张力的计算 .....	(20-63)
附录20-1 状态方程式参数计算表 .....	(20-78)

## 第二十一章 杆塔的设计和计算

21-1 杆塔的分类、应用范围和计算条件 .....	(21-1)
21-2 导线和避雷线在杆塔上的布置 .....	(21-6)
21-3 杆塔外荷重的计算 .....	(21-12)
21-4 杆塔受力的计算 .....	(21-38)
21-5 电杆强度的计算和标准电杆的选用 .....	(21-54)
21-6 绝缘子和金具 .....	(21-73)

## 第二十二章 杆塔定位

22-1 定位的准备工作 .....	(22-1)
22-2 定位校验内容及改进措施 .....	(22-1)
22-3 定位模板及校验曲线的制作与使用 .....	(22-2)
22-4 定位方法 .....	(22-12)

22-5 有关杆塔定位的一些《规程》规定 .....	(22-13)
----------------------------	---------

## 第二十三章 杆塔基础

23-1 计算数据 .....	(23-1)
23-2 基础上拨计算 .....	(23-6)
23-3 基础下压计算 .....	(23-20)
23-4 基础倾复计算 .....	(23-21)

## 第二十四章 防振与融冰

24-1 防振 .....	(24-1)
24-2 融冰 .....	(24-4)

## 第二十五章 大电流输送

25-1 概述 .....	(25-1)
25-2 相分裂架空线路的电气特性计算 .....	(25-3)
25-3 相分裂架空线路的机械特性计算 .....	(25-18)
25-4 相分裂架空线路导线、金具的选择和杆型简介 .....	(25-25)
附录25-1 组合导线机械计算 .....	(25-35)
附录25-2 组合导线安装示例 .....	(插页)
附录25-3 JQ-40 间隔棒 .....	(插页)

## 第二十六章 电缆敷设

26-1 电缆敷设方式 .....	(26-1)
26-2 电缆的防腐 .....	(26-9)
26-3 电缆敷设施工要求 .....	(26-10)

## 附 录

附录-1 经济指标 .....	(1)
附录-2 配电网的串联电容补偿 .....	(23)
附录-3 “两线一地”制 .....	(31)

# 第一章 有色冶金企业电气设计

## 若干原则与内容

有色冶金企业电气设计是企业设计的重要组成部分。在设计中必须坚决贯彻执行伟大领袖毛主席的无产阶级革命路线，以及毛主席关于工业建设的一系列重要指示，全面贯彻党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线。本章主要叙述企业电气设计的若干原则、各设计阶段的工作内容和基础资料。

### 1-1 有色冶金企业电气设计若干原则

有色冶金企业电气部分的设计范围，包括以下几个部分：供电系统、变电所、输电线路、电力拖动、照明、企业运输电气部分以及通讯等。

编制企业电气部分的设计时，通常先编制供电设计，因为在供电设计中将决定总的供电方面的问题，而这些问题就是编制企业电气部分其他各项设计的基础资料。

在企业电气设计中具体贯彻多快好省地建设社会主义的总路线应注意下列几点：

1. 在设计时，首先要认真学习伟大领袖毛主席关于工业建设的一系列重要指示，正确领会和认真贯彻党的方针政策。

2. 企业电气设计应满足工艺生产的要求，做到系统简单、供电可靠、经济合理、运行安全、操作方便。

3. 设计要做到因地制宜，就地取材，降低造价，节约投资。

4. “发展工业必须和发展农业同时并举，工业才有原料和市场，才有可能为建立强大的重工业积累较多的资金。”在选择变电所位置和线路路径时，应使变电所和线路不占或少占耕地，不占好地，尽可能利用坏地、荒地。同时要考虑厂（矿）区附近的农业用电。

5. 发扬共产主义协作精神，在设计时，应尽量与邻近单位协作，使设备、材料得到充分的利用。

6. 在企业电气设计中，应充分利用库存设备。在改建现有企业的电气部分时，应最大限度的利用现有设备能力。

7. 积极采用新技术，要贯彻“放手发动群众，一切经过试验”的教导，凡经试验确有成效的新技术，在可能的情况下应大力推广使用。

8. 企业总降压变电所、配电所、整流所及车间变电所的布局，应贯彻近期建设与远期规划相结合及由小到大的原则，既要考虑到企业近期生产用电需要，也要考虑发展的可能性。

## 1-2 企业电气设计阶段及主要工作内容

有色冶金企业电气设计阶段的划分，应配合主体专业按照不同工程，区别对待。根据我院现行的设计程序，一般对大、中型企业分方案意见书、扩大初步设计、施工图设计三个阶段。小型企业分方案意见书、施工图设计两个阶段。

如为两段设计，则方案意见书的深度应尽可能解决扩大初步设计所需解决的问题。

### 第一部分 企业电气设计

#### 方案意见书

在方案意见书阶段，电气专业主要配合主体专业根据企业建设条件，进行厂址选择和确定设计方案。参照扩大指标或同类型企业计算企业的最大用电负荷及年用电量。向当地电力部门调查电力系统情况，了解可能对本企业的供电电源及供电方式，并对供电方式进行初步协商。如企业采用自建电站供电时，还需对发电厂的厂址进行初步选择，并了解水源、燃料来源及交通运输等情况。

参照扩大指标或同类型企业，进行投资估算。

#### 扩大初步设计

##### 一、主要工作内容

1. 关于企业电源的落实和基础资料的收集。
2. 企业供电方案的确定。
3. 供电与电力拖动方面的计算。
4. 编制设计文件。
5. 编制概算。

##### 二、基础资料

##### 1. 对院内各专业收集和提出资料：

(1) 向各专业（采、选、冶、水道、通风等）落实用电负荷资料，慎重确定负荷等级，及生产工艺对电力拖动的要求。

(2) 向土建专业提出企业变（配）电所的土建资料，向总图专业提出变（配）电所及高低压线路路径在总图上的布置资料，以及向机修专业提出主要电气设备如变压器、整流器、电动机等的台数、容量、重量。

(3) 提出企业的设备容量、设备重量、最大用电负荷及年用电量（有必要时分采、选、冶、民用、农用电）、电气部分劳动定员表以便作企业的技术经济分析。

(4) 向总图专业索取企业总平面图。

##### 2. 对外单位收集和提出资料：

如企业由外部电力网供电时，需根据企业的最大用电负荷、开始供电的日期，会同有关单位与电力部门共同协商确定向企业供电的电压等级、电源回路数、总降压变电所的位置、

容量、主结线及设计分工，最后与电力部门签订供电协议，作为设计依据。

向电力部门收集下列资料：

(1) 企业电源进线端的短路电流数据，包括：

- ①电力系统最小运行方式；
- ②电力系统最大运行方式。

(2) 继电保护及电能计量：

①电源出线断路器的继电保护方式（有无自动重合闸装置），各类型保护装置的整定电流及时限；

②电力部门对企业继电保护的要求，企业进线与电源出线间隔的继电保护方式、时限配合是否恰当；

③电力部门对自动减负荷的要求及意见；

④电力部门对企业电能计量的要求与意见；

⑤对企业功率因数的要求；

⑥地区电价，及电费的收取办法；

⑦企业所在地区的气象资料。

向电力部门提出下列资料：

(1) 企业最大用电负荷，负荷性质，对供电可靠性的要求；

(2) 企业总降压变电所的一次结线系统图；

(3) 附有电源进线方向、总降压变电所位置的企业总平面图；

(4) 如企业总降压变电所由电力部门设计时，需提供 6—10 千伏每回馈电线的送电负荷，对继电保护及自动装置的要求（必要时附展开图）。

## 施工图设计

### 一、主要工作内容

1. 校正扩大初步设计的基础资料和有关计算数据。

2. 编制施工图。

3. 编制概算。

### 二、基础资料

1. 对院内各专业收集和提出资料：

(1) 收集和提出的资料同扩大初步设计中的(1)、(2)、(3)、(4)项，此外，为了满足车间变电所及车间配电网的设计，还需主体专业提供各车间设备配置图，土建专业提供建筑图。

(2) 做好与各专业施工图的会审工作。

2. 进一步落实对外单位收集和提出的资料。

## 第二部分 35—110 千伏架空电力线路

35—110 千伏架空电力线路，一般按现场一次勘测定位进行设计，并把扩大初步设计和施工图设计合并为一段设计。但下列主要设计原则问题必须首先会同有关单位到现场“三结合”审查定案，如线路路径（包括与有关单位协商和签订协议）、导线型号、杆型、气象条

件及绝缘子型式等。

### 一、一段设计的主要工作内容

1. 根据所确定的导线型号、杆型、气象条件及绝缘子型式等，计算和制作定位模板和定位时所需要的各种校验曲线，列出杆塔及基础的适用范围。

2. 会同有关单位在现场进行一次勘测定位。

3. 编制设计文件。

4. 编制概算。

### 二、一段设计需要取得的基础资料

1. 线路近期和远期的输送容量（除企业用电外，尚应包括协作单位和农业用电）。

2. 与线路有关的各种协议。

3. 线路的起点和终点变电所座标及进出线平面图。

4. 线路路径地区的 1/50000 地形图（1/10000 的更好）。

5. 沿线的气象资料，包括：

（1）历年绝对最高及最低气温（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

（2）历年最低气温月的最低平均气温及年平均气温（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

（3）导线覆冰厚度（毫米）及相应的风速（米/秒）；

（4）历年最大风速（米/秒）及相应气温（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

（5）历年雷电日数或小时数；

（6）结合现场一次勘测定位收集工程地质资料，包括：

①土壤容重（吨/米<sup>3</sup>）；

②土壤许可耐压力（吨/米<sup>2</sup>）；

③土壤上拔角（ $\alpha_{\beta}$ ）和抗剪角（ $\beta_1$ ）；

④地下水深度和对混凝土制品的侵蚀情况；

⑤需要接地处的土壤电阻率。

（7）如线路跨越河流，还需要收集河流通航情况及历年最高洪水位。

35—110千伏架空电力线路的设计如有必要（例如线路较长，路径情况和气象条件复杂，或属单体工程）时也可考虑分为扩大初步设计和施工图设计两阶段。

两段设计与一段设计的区别，主要是两段设计时，在扩大初步设计阶段先将线路设计的主要原则问题（如路径方案、导线型号、杆型、气象条件、绝缘子型式、防震、熔冰、过电压保护及防止对弱电线干扰的措施、线路通讯设施、巡线站位置等），编成设计文件报线路运行主管部门审批，然后根据批准的扩大初步设计进行施工图设计。设计方法采用现场一次勘测定位，主要工作内容与一段设计相同。

两段设计所需的基础资料与一段设计相同。除工程地质资料在一次勘测定位时收集外，其他各项资料均应在扩大初步设计阶段收集。

扩大初步设计时编概算，施工图设计时编修正概算。

## 第二章 电力负荷计算

“要进一步节约闹革命。”电力负荷计算的目的是为了合理的选择供电系统中的发电机、变压器、导线和开关设备等元件，使电气设备和材料得到充分的利用。同时，也是计算电压水平和确定电能消耗量的依据。

电力负荷的计算准确与否，对选择高低压供电系统的元件、有色金属的消耗、以及一次投资费用有着极其重要的影响。但根据目前有色冶金企业的资料和设计实践，电力负荷的准确计算还有困难，设计时须加强调查研究，了解用电负荷的性质和特点，使计算结果接近于实际。此外，还应根据具体工程情况，考虑用电负荷有适当发展的可能。

目前，对有色冶金企业电力负荷的计算，一般采用“需要系数法”，主要优点是计算方法简便、适用。有关“二项式法”、“利用系数法”等，因使用较少，其他设计资料已有详细的介绍，故未予叙述。

在伟大领袖毛主席“以农业为基础，工业为主导”的方针指引下，我国广大农村革命和生产的形势一派大好，农业生产连年获得丰收，农业机械化和农业电气化正在迅速发展。为了便于在设计中考虑厂（矿）区附近的农业用电，在本章介绍了部分农村用电负荷计算资料，供设计中参考。

### 2-1 用单位产品耗电量估算企业的计算负荷

在选择企业厂址方案阶段，为了便于编制设计方案意见书，当缺乏正式的用电设备资料时，可用单位产品耗电量来估算企业的负荷，必须指出用此法求出的用电负荷可能与实际负荷有出入，所以，当获得正式资料后，应按“需要系数法”（见下节）求得的计算负荷予以校正。

用单位产品耗电量估算企业的计算负荷时，可用下列公式：

#### 1. 企业年电能需要量

$$W_n = W_d M \quad \text{瓩-小时} \quad (2-1)$$

#### 2. 企业的平均负荷

$$P_p = \frac{W_n}{T_n} \quad \text{瓩} \quad (2-2)$$

### 3.企业的最大负荷

$$P_{max} = \frac{W_n}{T_{max}} \quad \text{瓩} \quad (2-3)$$

式中  $W_n$ ——企业单位产品电能消耗量，瓩-小时/吨（度/吨）；

$M$ ——企业全年的总产量，吨；

$T_n$ ——企业一年中的实际工作小时数（假日、修理时间、第二班和第三班未工作的时间等除外）；

$T_{max}$ ——企业年最大负荷利用小时数，见表 2-5。

企业单位产品耗电量参考资料如下列各表：

有色金属矿山采选企业单位产品耗电量

表 2-1

序号	生 产 方 法	单 位	单位产品耗电量	备 注
1	锡采矿（砂矿）	度 / 吨	3—5	
2	锡采矿（脉矿）	”	15—20	
3	锡重力选厂	”	10	
4	铜采矿（露天）	”	3—7.3	
5	铜采矿（坑采）	”	15—20	
6	铜 浮 选	”	20—24	
7	铜采选联合企业	”	30—50	
8	铅、锌采矿（坑采）	”	15—20	
9	铅、锌浮选	”	25—26	
10	铜、铅、锌浮选	”	33—38	
11	铅、锌采选联合企业	”	45—50	
12	钨 采 矿	”	15—20	
13	钨 选 矿	”	10—25	
14	钨采选联合企业	”	38—50	
15	汞采矿（坑采）	”	30	
16	汞 选 矿	”	40	
17	汞采选联合企业	”	70	



有色金属冶炼企业单位产品耗电量

表 2-2

序号	生 产 方 法	单 位	单位产品耗电量	备 注
1	鼓风炉熔炼系统 (粗铜)	度 / 吨	650—760	设计指标
2	反射炉熔炼系统 (粗铜)	”	832	”
3	闪速炉熔炼系统 (粗铜)	”	1125	”
4	铅的鼓风炉还原熔炼	”	1200	”
5	锌的湿法冶炼	”	1100	”
6	锡精炼反射炉还原	”	80—150	
7	铜 电 解	”	492—520	
8	铅 电 解	”	178—207	
9	锌 电 解	”	4100—4200	
10	铝 电 解	”	17000—18000	
11	镍 电 解	”	3800—4200	
12	镁 电 解	”	14800	
13	镉 电 解	”	320	
14	铋 电 解	”	3300—3700	
15	锰 电 解	”	8000	
16	铝 氧 ( $Al_2O_3$ )	”	500—600	
17	石墨电极	”	5000—7000	
18	冰 晶 石	”	142	
19	氟 化 铝	”	186	
20	氟 化 镁	”	158	
21	氟 化 钠	”	81	
22	硫 酸	”	70—120	
23	水 泥	”	40—120	
24	无 烟 煤	”	16—17	
25	褐 煤	”	10—12	