

# 煤矿电工手册

(修订本)

主编 顾永辉 范廷瓚

## 第二分册 矿井供电 (上)

主 编 张宏勋 吴荣光 胡天禄 钱粤民

编写人 张彦彬 潘先悟 吴荣光 顾永辉

张宏勋 李育实 何景林

(以章次为序)

煤炭工业出版社

# 前 言

(修 订 本)

《煤矿电工手册》自 1979 年出版以来，曾多次重印，是一部深受广大读者欢迎的大型工具书。近 10 余年来，随着采矿工业的发展，煤矿电工领域日新月异，为了在《手册》中反映这方面的新设备、新标准、新工艺和新技术，以适应煤矿电气工作人员的需要，我们对《手册》进行了全面修订。

修订后的《手册》仍分电机与电器、矿井供电、煤矿固定设备电力拖动、采掘运机械的电气控制及通信 4 个分册出版。其特点是公式、数据图表化，语言简练，便于查阅，具有较强的实用性。与第一版《手册》相比，修订后的《手册》除按新标准、新设备、新工艺进行了相应修改外，同时按各分册排序分别增加了以下主要内容：

Y 系列及其派生的各种煤矿用电动机、高低压真空开关在煤矿中的应用及其技术性能、用计算机和 MVA 法计算短路电流、地面工矿企业 660V 供电、10kV 直接下井供电、井下 1140V 供电、电网中性点各种接地方式的分析、高低压系统的选择性漏电保护、电动机综合保护、快速断电和旁路接地保护、煤矿固定设备变频等调速技术的应用、提升机等设备的微机控制、电网谐波分析及其防治、高压矿用橡套屏蔽软电缆及其连接方法、大功率采掘运机械的电气控制、矿井环境气体及通风参数检测、粉尘检测、矿压监测、火源监测、激光指向、坑道透视、微机控制的各种煤矿监控系统、微波及光纤通信、静电、杂散电流及其防治等。

《手册》修订工作，除有个别人员调整外，基本上仍由原版编写人员编写。在编写过程中，曾得到很多单位和专家们的支持和帮助，在此谨向他们表示衷心感谢。

由于我们水平所限，修订后的《手册》中难免有不当之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

1994 年 5 月

## 《煤矿电工手册》各分册名称及内容

分册名称	内 容
第一分册 电机与电器	<p>电工基础, 煤矿常用电工仪表使用方法, 电气设备的防爆, 电工材料, 高低压、交直流电动机变压器, 高、低压开关, 小型电器计算, 特殊电机, 家用电器用电动机</p>
第二分册 矿井供电	<p>煤矿供电系统与变电所, 短路电流计算, 地面高低压供电设备及其选择, 继电保护与自动装置, 变电所二次回路及操作电源, 架空线路, 防雷保护、接地及接零, 设备运行、维护及预防性绝缘试验, 地面工矿企业 10kV、660V 供电, 井下供电, 井下供电设备及电器, 电缆及电缆线路, 井下过流保护, 井下保护接地, 井下低压电网漏电保护, 井下 10kV 供电, 矿井照明, 电气安全与触电急救, 节约用电及用电管理, 静电</p>
第三分册 煤矿固定设备 电力拖动	<p>提升机电力拖动概述, 提升机的交流拖动控制, 提升机电力拖动 (直流部分), 交—交变频同步电动机矢量控制系统, 煤矿电网的电压波动及谐波问题, 通风机、空气压缩机和水泵的电力拖动, 大型胶带输送机的电力拖动</p>
第四分册 采掘运机械的电气 控制的通信	<p>采煤机械及掘进工作面的电气设备及其控制, 采区运输及辅助运输设备的电气控制, 电机车运输设备选型及牵引计算, 牵引变流所, 牵引网络, 窄轨电机车电气设备及其电气控制, 窄轨电机车可控硅脉冲调速及直流变压器, 窄轨电机车用蓄电池组及其充电设备, 矿区及矿井通信, 煤矿用仪器仪表及小型电子电器, 煤矿集中监测监控系统</p>

# 目 录

<b>第一章 矿区供电及变配电所</b> .....	1
<b>第一节 矿区供电</b> .....	1
一、矿区电力系统的设计依据和基本要求 .....	1
二、矿区用电负荷的估算 .....	2
三、矿区供电方案的拟定 .....	22
四、供电方案的技术经济比较 .....	30
<b>第二节 矿井用电负荷的计算及主变压器选择</b> .....	43
一、有功负荷的计算 .....	43
二、无功负荷的计算 .....	45
三、负荷计算中应注意的几个问题 .....	46
四、无功功率补偿 .....	47
五、主变压器选择 .....	49
<b>第三节 中性点接地方式</b> .....	49
一、中性点接地方式的确定 .....	49
二、消弧线圈的选择 .....	51
<b>第四节 变配电所电气主接线</b> .....	53
一、概述 .....	53
二、电气主接线的基本形式及适用范围 .....	54
三、煤矿变配电所电气主接线常用接线形式 .....	57
<b>第五节 变配电所设备布置</b> .....	62
一、概述 .....	62
二、屋外布置 .....	65
三、屋内布置 .....	73
四、6/0.4~0.23kV 变电所(亭) .....	97
五、有关变配电所设计的土建资料 .....	125
<b>第二章 短路电流计算</b> .....	128
<b>第一节 概述</b> .....	128
一、短路的种类和特点 .....	128
二、计算短路电流的目的 .....	129
三、一般规定及注意事项 .....	130
四、所需的原始资料 .....	131
<b>第二节 电路各元件阻抗的计算</b> .....	132
一、基准值 .....	132
二、标么值 .....	132
三、电路中各元件的电抗和电抗标么值 .....	133
<b>第三节 网络的变换方法</b> .....	145
一、常用的网络变换公式 .....	145
二、网络的简化方法 .....	147

第四节 三相短路电流的计算 .....	150
一、电源为无限容量时的短路电流计算 .....	150
二、电源为有限容量时的短路电流计算 .....	151
三、短路冲击电流及短路冲击全电流最大有效值的计算 .....	157
四、短路瞬间出现的附加电源 .....	158
五、计算示例 .....	160
第五节 不对称短路电流计算 .....	174
一、对称分量法 .....	174
二、序网构成 .....	177
三、不对称短路电流计算 .....	182
四、示例 .....	188
第六节 低压配电网的短路电流计算 .....	190
一、低压配电网短路电流计算的特点 .....	190
二、电路中主要低压元件的阻抗计算 .....	191
三、等效网络 .....	196
四、短路电流的计算 .....	197
五、计算示例 .....	204
第七节 三相四线制中单相短路电流的计算 .....	206
一、短路回路中各元件的阻抗 .....	206
二、“相—零”回路单相短路电流的计算 .....	215
三、用单相短路电流值来校验保护装置 .....	215
四、计算示例 .....	215
第八节 用微型计算机计算复杂电网中的短路电流 .....	219
一、计算时所用的数学模型和要求 .....	219
二、计算程序 .....	224
三、程序的整体框图 .....	231
四、程序注释 .....	232
五、程序的使用方法 .....	234
六、示例 .....	236
第九节 兆伏安 (MVA) 算法 .....	240
一、什么是 MVA 法 .....	240
二、MVA 法的基本计算公式 .....	240
三、MVA 法的网络简化计算 .....	241
四、常用元件的 MVA 量的计算方法 .....	242
五、计算举例 .....	243
六、用 MVA 法计算非对称性短路电流 .....	245
七、用 MVA 法计算大型电动机起动电压降 .....	253
<b>第三章 高低压地面供电设备选择 .....</b>	<b>254</b>
第一节 概述 .....	254
一、选择与校验项目 .....	254
二、高压配电设备允许的工作条件 .....	256
三、一般的选择方法 .....	256
四、校验短路电流热稳定的基本方法 .....	259

五、校验短路电流动稳定的基本方法 .....	263
第二节 母线的选择 .....	264
一、母线材料与截面形状 .....	264
二、母线截面选择与校验 .....	265
三、母线的技术数据 .....	268
四、母线的动、热稳定简化计算 .....	277
第三节 母线支柱绝缘子及穿墙套管选择 .....	283
一、穿墙套管的热稳定校验 .....	283
二、支柱绝缘子及穿墙套管动稳定校验 .....	283
第四节 高压开关设备与熔断器的选择 .....	287
一、选择与校验 .....	287
二、高压开关设备的动、热稳定简化计算 .....	292
第五节 限流电抗器的选择 .....	292
一、限流电抗器的参数选择 .....	292
二、额定电流选择 .....	292
三、电抗百分值的选择与校验 .....	293
第六节 电流互感器的校验 .....	295
一、电流互感器的热稳定校验 .....	295
二、电流互感器的动稳定校验 .....	295
三、常用电流互感器动、热稳定简化计算 .....	296
第七节 低压电器的选择 .....	306
一、概述 .....	306
二、刀开关、熔断器与低压断路器的选择 .....	308
三、接触器、磁力起动器及热继电器的选择 .....	315
四、低压电器的组合及低压配电屏 .....	316
第八节 高海拔地区电气设备的选择 .....	318
一、高海拔地区环境条件 .....	318
二、高压电器的选择 .....	318
三、低压电器在高海拔地区使用问题 .....	320
第九节 计算举例 .....	320
一、35kV 设备的选择 .....	321
二、6kV 设备的选择 .....	323
<b>第四章 地面高低压供电设备 .....</b>	<b>326</b>
第一节 电力变压器 .....	326
一、35kV 级 S <sub>6</sub> 系列电力变压器 .....	327
二、35kV 级 S <sub>7</sub> 系列电力变压器 .....	328
三、35kV 级 SL <sub>7</sub> 系列电力变压器 .....	331
四、35kV 级 SF <sub>7</sub> 系列电力变压器 .....	335
五、10kV 级 S <sub>6</sub> 系列电力变压器 .....	335
六、10kV 级 S <sub>7</sub> 系列电力变压器 .....	338
七、10kV 级 S <sub>9</sub> 系列电力变压器 .....	341
八、35kV 级 SZ <sub>6</sub> 系列有载调压电力变压器 .....	344
九、35kV 级 SZ <sub>7</sub> 系列有载调压电力变压器 .....	346

十、10kV 级 SZ <sub>6</sub> 系列有载调压电力变压器 .....	347
十一、10kV 级 SZ <sub>7</sub> 系列有载调压电力变压器 .....	348
十二、有载调压控制器 .....	352
第二节 高压断路器及其操动机构 .....	357
一、高压断路器 .....	357
二、断路器的操动机构 .....	385
第三节 隔离开关、负荷开关及高压熔断器 .....	421
一、隔离开关 .....	421
二、负荷开关 .....	429
三、高压熔断器 .....	432
第四节 电流互感器与电压互感器 .....	439
一、简介 .....	439
二、对互感器型号和技术要求的几点说明 .....	440
三、电流互感器 .....	443
四、电压互感器 .....	467
第五节 高压开关柜 .....	476
一、JYN <sub>1</sub> -35 型交流金属封闭型移开式开关柜 .....	479
二、JYN <sub>2</sub> -10 型交流金属封闭型移开式开关柜 .....	498
三、KGN-10 型交流金属铠装固定式开关柜 .....	510
四、KYN-10 型交流金属铠装移开式开关柜 .....	523
五、GFC-15 (F)、GFC-15Z (F) 型防误手车式高压开关柜 .....	533
六、GFC-J 型手车式高压计量柜 .....	561
七、NXB-10 型箱式变电站 .....	562
第六节 限流电抗器 .....	574
一、概述 .....	574
二、技术数据 .....	575
三、外形及安装尺寸 .....	579
第七节 并联电容器及静电电容器屏 .....	581
一、并联电容器 .....	581
二、静电电容器屏 .....	587
第八节 高压支柱绝缘子与穿墙套管 .....	611
一、高压支柱绝缘子 .....	612
二、高压穿墙瓷套管 .....	622
第九节 低压断路器 .....	632
一、简介 .....	632
二、C45N 系列塑料外壳式断路器 .....	633
三、TH 系列塑料外壳式断路器 .....	636
四、3VE 系列塑料外壳式断路器 .....	636
五、DZX19 系列限流型塑料外壳式断路器 .....	639
六、DZ20 系列塑料外壳式断路器 .....	641
七、TO、TG 系列塑料外壳式断路器 .....	645
八、H 系列塑料外壳式断路器 .....	649
九、ME 系列框架式断路器 .....	655

十、AH 系列框架式断路器 .....	664
第十节 交流接触器、磁力起动器及热继电器 .....	672
一、交流接触器 .....	672
二、磁力起动器 .....	709
三、热继电器 .....	732
第十一节 低压开关和低压熔断器 .....	739
一、刀开关 .....	739
二、组合开关 .....	743
三、低压熔断器 .....	753
第十二节 低压配电屏 .....	778
一、PGL—1、2 型交流低压配电屏 .....	778
二、GGL1 型固定式低压配电屏 .....	795
三、GHL 型固定式配电屏 .....	803
四、GCL1 系列动力中心 .....	810
第十三节 低压配电箱 .....	818
一、动力配电箱 .....	818
二、照明配电箱 .....	856
<b>第五章 继电保护与自动装置 .....</b>	<b>895</b>
第一节 概述 .....	895
一、保护装置的装设原则 .....	895
二、保护装置的电源 .....	896
三 自动装置 .....	897
第二节 3~10kV 线路保护 .....	897
一、保护装设的原则 .....	897
二、保护装置接线方式 .....	898
三、保护装置的整定计算 .....	901
四、计算实例 .....	906
第三节 35~60kV 线路保护 .....	912
一、保护装设的原则 .....	912
二、保护装置接线方式 .....	913
三、保护装置的整定计算 .....	915
四、计算实例 .....	921
第四节 煤矿 3~10kV 系统的接地检漏保护 .....	926
一、概述 .....	926
二、矿井 3~10kV 电网单相接地电流的现状 .....	927
三、单相接地故障的分析 .....	927
四、单相非金属性接地故障的参数变化 .....	935
五、选择性检漏保护装置 .....	944
六、保护装设与整定原则 .....	966
第五节 线路一次重合闸和备用电自动投入装置 .....	968
一、线路一次重合闸 .....	968
二、备用电自动投入装置 .....	971
第六节 3~6kV 电动机保护 .....	975



一、保护装设的原则 .....	975
二、保护装置接线方式 .....	976
三、保护装置的整定计算 .....	976
四、计算实例 .....	980
第七节 3~10kV 电力电容器保护 .....	982
一、保护装设的原则 .....	982
二、对电力电容器故障的分析 .....	982
三、保护装置接线方式 .....	983
四、保护装置的整定计算 .....	984
五、自制差流互感器 .....	987
第八节 3~10kV 配电变压器保护 .....	987
一、保护装设的原则 .....	987
二、保护装置接线方式 .....	990
三、保护装置的整定计算 .....	991
四、计算实例 .....	993
第九节 变电所 3~10kV 母线与联络开关保护 .....	994
一、保护装置的装设原则 .....	994
二、保护装置接线方式 .....	995
三、保护装置的整定计算 .....	997
四、计算实例 .....	998
第十节 电力变压器保护 .....	999
一、保护装设的原则 .....	999
二、保护装置接线方式 .....	1000
三、保护装置的整定计算 .....	1005
四、计算实例 .....	1017
第十一节 交流操作的继电保护 .....	1023
一、概述 .....	1023
二、保护装设的原则 .....	1024
三、电流互感器和主要元件的性能 .....	1024
四、保护装置接线方式 .....	1046
五、保护装置的计算 .....	1048
六、计算实例 .....	1054
第十二节 电子继电保护 .....	1062
一、概述 .....	1062
二、常用电子保护装置 .....	1100
三、电子继电保护装置使用中应注意的问题 .....	1128
第十三节 继电器的检验与调整 .....	1130
一、概述 .....	1130
二、DL、DJ (DY) 型电流和电压继电器的检验与调整 .....	1131
三、GL 型电流继电器的检验 .....	1137
四、DS 型时间继电器的检验 .....	1141
五、中间继电器的检验 .....	1150
六、DX 型信号继电器的检验 .....	1170

七、GG-10型功率方向继电器的检验 .....	1176
八、BCH型和DCD型差动继电器的检验与调整 .....	1180
九、瓦斯继电器的检验 .....	1193
十、重合闸继电器的检验 .....	1194
十一、冲击继电器的检验 .....	1195
十二、线路纵联差动保护装置的检验 .....	1197
<b>第十四节 保护装置整组试验与调整 .....</b>	<b>1202</b>
一、概述 .....	1202
二、过电流保护装置的整组调试 .....	1205
三、纵联差动保护装置的整组调试 .....	1206
四、方向性横联差动保护装置系统调整 .....	1213
五、其他 .....	1214
六、综合例题 .....	1216
<b>第六章 变电所二次回路及操作电源 .....</b>	<b>1218</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>1218</b>
一、二次回路的含义及其重要性 .....	1218
二、二次回路的一般要求 .....	1218
<b>第二节 二次回路接线图的组成和表示方法 .....</b>	<b>1219</b>
一、图形符号和文字标号 .....	1219
二、原理接线图 .....	1226
三、展示接线图 .....	1226
四、装配接线图 .....	1230
五、电缆联系图 .....	1231
<b>第三节 电气测量 .....</b>	<b>1231</b>
一、配置电气仪表的基本要求 .....	1231
二、常用电气仪表及接线图 .....	1233
三、交流电流回路及电流互感器 .....	1255
四、交流电压回路及电压互感器 .....	1262
<b>第四节 信号装置 .....</b>	<b>1267</b>
一、一般要求 .....	1267
二、事故信号 .....	1267
三、预告信号 .....	1269
四、闪光信号 .....	1273
五、位置信号 .....	1274
六、直流系统的绝缘监察 .....	1275
<b>第五节 控制系统 .....</b>	<b>1276</b>
一、控制系统分类 .....	1276
二、断路器控制、信号回路的一般要求 .....	1277
三、用灯光监视断路器的控制、信号回路 .....	1278
四、用音响监视断路器的控制、信号回路 .....	1282
<b>第六节 二次回路主要元件选择 .....</b>	<b>1284</b>
一、熔断器 .....	1284
二、转换开关 .....	1286

三、信号继电器 .....	1295
四、中间继电器 .....	1303
五、光字牌、信号灯及附加电阻 .....	1308
六、控制电缆 .....	1314
七、小母线 .....	1319
八、端子排 .....	1320
九、其它常用元件 .....	1325
十、二次回路元件的互换 .....	1329
第七节 控制室和屏 .....	1331
一、对控制室布置的一般要求 .....	1331
二、控制屏、继电器屏的屏面布置及选型 .....	1332
第八节 操作电源 .....	1336
一、概述 .....	1336
二、蓄电池直流电源 .....	1337
三、整流电源 .....	1360
四、交流操作电源 .....	1372
第九节 所用交流系统 .....	1373
一、所用电负荷 .....	1373
二、所用交流系统及所用屏 .....	1374
第十节 二次回路的检验和投入 .....	1379
一、二次回路的检查 .....	1379
二、二次回路的通电试验 .....	1383
三、信号回路的检验和投入 .....	1384
四、控制、保护回路的检验和投入 .....	1385
附录一 直流操作二次接线常用方案及选用说明 .....	1385
附录二 交流操作二次接线常用方案及选用说明 .....	1530
<b>第七章 架空线路 .....</b>	<b>1579</b>
第一节 概述 .....	1579
一、一般规定 .....	1579
二、原始资料的收集及协议 .....	1580
三、气象条件 .....	1581
第二节 路径选择与勘测 .....	1583
一、路径选择 .....	1583
二、室内定线 .....	1588
三、线路勘测 .....	1588
第三节 线材、绝缘子、金具 .....	1590
一、线材 .....	1590
二、绝缘子及绝缘子串 .....	1596
三、线路金具 .....	1605
第四节 导线和避雷线的选择 .....	1631
一、导线和避雷线选择的主要原则 .....	1631
二、按经济电流密度选择导线截面 .....	1631
三、按发热条件（允许载流量）选择导线截面 .....	1631

四、按线路电压损失选择导线截面 .....	1632
五、按机械强度选择导线截面 .....	1641
六、避雷线截面的选择 .....	1642
第五节 导线和避雷线力学特性计算 .....	1642
一、导线和避雷线的安全系数 .....	1642
二、导线和避雷线的机械物理特性 .....	1643
三、导线和避雷线比载 .....	1644
四、导线和避雷线力学计算公式 .....	1651
五、导线和避雷线应力弧垂特性曲线 .....	1658
第六节 送电线路杆塔的定位 .....	1743
一、绘制定位模板 .....	1743
二、定位方法与步骤 .....	1746
三、杆塔定位中各种校验 .....	1749
四、杆塔定位设计中的几个问题 .....	1759
第七节 导线与避雷线的防振 .....	1760
一、概述 .....	1760
二、导线的振动特性 .....	1761
三、平均运行应力 .....	1763
四、防振措施 .....	1763
五、大跨越导线的防振 .....	1766
第八节 架空线路的防雷保护、绝缘配合与接地 .....	1772
一、防雷保护 .....	1772
二、绝缘配合 .....	1773
三、线路交叉保护 .....	1777
四、接地装置 .....	1778
第九节 通信干扰 .....	1790
一、进行通信干扰计算的原始资料 .....	1790
二、危险影响和干扰影响的允许值 .....	1792
三、危险影响和干扰影响计算 .....	1794
第十节 杆塔 .....	1801
一、导线及避雷线在杆塔上的布置 .....	1801
二、杆塔型式及适用范围 .....	1804
三、杆塔荷载条件 .....	1805
四、杆塔荷载计算 .....	1806
五、杆型简介 .....	1816
六、杆塔结构计算的有关规定及产品标准 .....	1854
七、杆塔结构强度计算 .....	1863
八、杆塔基础 .....	1873
第十一节 架空线路的运行及维护 .....	1924
一、概述 .....	1924
二、巡视与检查 .....	1924
三、维护与检修 .....	1929
参考书目 .....	1931

# 第一章 矿区供电及变配电所

## 第一节 矿区供电

矿区供电的用户包括：煤炭生产企业和为煤炭生产服务的辅助企业、附属企业、居民区城镇生活福利设施，以及要求由煤矿供电的在矿区附近的地方企业等。各种用户供电设施的形成和发展均与矿区供电的形成和发展相联系。在生产发展过程中逐步形成的矿区供电系统，应力求在不同阶段都能具有合理的技术经济效果。矿区内各主要企业的供用电设施，都应作为总体中的一个组成部分，既要考虑本企业与总体的联系及可靠性，又要考虑全区分期建设的合理性。矿区总体供电是电气设计的主体规划，它与矿区热电站、生产企业、供、用电的具体情况及其在地方电网中所处的条件有密切关系，对电气设备的选择、配电装置的布置、继电保护和控制方式的拟定，有较大影响。因此矿区总体供电必须紧密结合所在电力系统和电站的具体情况、远景发展规划等，全面地分析有关因素，正确地处理好它们之间的关系，通过技术经济比较，合理地确定矿区电力系统。

### 一、矿区电力系统的设计依据和基本要求

#### (一) 矿区电力系统的设计依据

##### 1. 负荷大小和重要性

供电对象（即用户）的用电负荷大小和重要性是确定矿区电力系统的首要条件。对于一级负荷必须有两个独立电源供电，当任何一个电源停电后，需保证对全部一、二级负荷不间断地供电；对二级负荷一般要有两个电源，当任何一个电源停电后，要保证全部或大部分二级负荷的供电；对于三级负荷，一般只需一个供电电源。当变电所内装有两台（组）及以上主变压器时，其中一台（组）事故断电时，其余主变压器的容量应保证该所一、二级负荷的用电。

##### 2. 发电厂、变电所在矿区电力系统中的地位和作用

以前煤矿企业的用电，绝大多数由地区电力网供电，在矿区内只设变电所，电压为 35~110kV，（个别地区也有 220kV）。变电所多数为终端和分支变电所。近年来国家大力提倡热电联产，因此坑口电厂和煤矸石热电厂不断出现，它们以本企业的热、电负荷为主，并与地区电网相联，构成地区电力网的一部分。其中有相当数量的煤矸石热电厂用发电机直接给煤矿用户供电，因而提高了矿区用电的自给率和矿区电力系统在地方电网中的地位。

##### 3. 设计矿区电力系统所需资料

(1) 地方电网给矿区供电的供电点（或并网点），主变压器的台数、容量和型式，主变压器各侧线图的额定电压、阻抗、调压范围及各种运行方式下通过的电力情况、电压波动值和谐波含量值。

- (2) 系统在最大、最小运行方式时，母线的短路容量或归算的电抗值。  
 (3) 现在及最终规划电力网的供电系统及连接方式（包括单线系统及地理接线图）。

## (二) 矿区电力系统的基本要求

(1) 首先要满足用户的供电可靠性和电能质量的要求，也就是说当断路器检修时不应影响对系统和用户的供电。断路器或母线故障以及母线检修时，要尽量减少停电的回路数（或用户数）和停电时间，并要求保证对一级负荷及全部（或大部）二级负荷的供电，保证用户需要的电压和周波质量。在设计中要考虑发电厂和变电所出现全部停电的可能性。

(2) 接线系统在运行中应具有一定的灵活性，即：

A. 调度时，应可以灵活地投入和切除发电机、变压器和线路，调配电源和负荷，满足系统在事故运行方式、检修运行方式以及特殊运行方式下的系统调度要求。

B. 检修时，可以方便地停运断路器、母线及继电保护设备，进行安全检修，而不致影响电力网的运行和对用户的供电。

C. 扩建时，不影响连续供电，或停电时间在用户允许的范围内。投入新装机组时，变压器或线路不互相干扰，可顺利地由初期接线过渡到最终接线。

(3) 在总体供电设计中，要保证必要的可靠性与灵活性以满足用户要求，但过分强调可靠性，就会过多地增加备用电源、备用设备，这必然会引起投资上的浪费，设备上的积压，这也是不允许的。因此在满足必要的可靠性和灵活性的前提下，力求简化供电系统，减少中间环节，以节省设备，减少占地面积。

(4) 矿区总体供电应根据本区煤矿电力负荷的分布和发展情况，结合地区电力规划，照顾当地农业和地方用电的需要，合理地确定供电系统和建设顺序。供电系统应有利于分期建设，不建或少建临时工程。设计供电系统时要注意与生产环节相配合，即每一生产环节，最好有自己独立的供电系统。

(5) 在经济上相差不多时，要尽量使高电压深入用户的负荷中心，即 35~110kV 的高压深入到矿区的负荷中心，这样可大大减少 6~10kV 的配电线路长度，减少投资和电能损耗。

(6) 要注意新技术、新工艺、新设备在矿区中的应用，自动化程度要适应用户的需要。

## 二、矿区用电负荷的估算

负荷估算是指在进行矿区总体设计或可行性研究时，对矿区内各企业（或某一项目）的用电负荷的概略计算。在该企业的用电负荷和用电设备的总容量还是一个未知数时，过去是根据类似企业的单耗和设计人员的经验来估算企业的最大负荷，即

$$P_{\max} = \frac{\omega \cdot Q}{T_{\max}} \quad (1-1-1)$$

式中  $P_{\max}$ ——企业的最大用电负荷，kW；

$\omega$  ——企业的产品单耗，kW·h/t；

$Q$  ——企业的年产量，t；

$T_{\max}$ ——年最大负荷利用小时。

### (一) 矿井用电负荷的估算

按式 (1-1-1) 计算最大负荷时，最困难的是如何确定企业的产品单耗，因为矿山与

工厂不同，矿山自然条件千变万化，情况非常复杂，特别是开采深度、矿井涌水量、瓦斯相对涌出量以及工作面的机械化水平等与全矿井用电负荷的大小密切相关。根据我国目前生产矿井的实际情况，矿井开采深度从几十米到千米变化，矿井小时涌水量从零到四、五千立方米变化，瓦斯相对涌出量从零到一百多立方米变化，工作面的机械化水平有炮采、机采、综采和水采等，因此矿井吨煤电耗也在几度到一百多度范围内变化。表1-1-1是1985年四个实际生产矿井产量及各项用电负荷的实例。从表1-1-1可以看出，同一产量，由于条件不同，产品单耗相差很大。即使在同一矿区，除极少数煤田倾角小、自然条件比较好的矿区外，多数矿区矿井的吨煤电耗都有较大变化，有的可以相差几倍。特别是中小型矿井，由于承受冲击能力小，某一环节的变化，就可使吨煤电耗产生较大变化。对于同一矿井，如保持矿井产量不变，开采水平随开采年限的增长而不断延深；开拓方式、瓦斯、涌水量及生产工艺——等各环节，都不会完全相同，有些则相差很大，因此该矿井的吨煤电耗也是变化的，总趋势是逐步增加，增加大小与煤田的自然赋存条件有很大关系，这给矿井用电负荷的估算带来了很大困难。

为估算的需要，这里介绍两种矿井用电负荷的估算方法。

表1-1-1 生产矿井耗电实例

矿井 自然条件	1		2		3		4	
	实际产量	设计能力	实际产量	设计能力	实际产量	设计能力	实际产量	设计能力
矿井年产量 (kt)	2180	1800	310	300	1177	1200	306	300
提升方式及垂高	斜井皮带运煤，副井单钩串车，提升垂高 53m		主副井均为单钩串车，片盘斜井开采，提升垂高 200m		主井斜井箕斗，副井单钩串车，提升垂高 460m		立井开拓，主副井分别箕斗、罐笼，提升垂高 266m	
矿井涌水量 <sup>最大</sup> <sub>正常</sub> (m <sup>3</sup> /h)	$\frac{143}{123}$		$\frac{220}{170}$		$\frac{1574}{1053}$		$\frac{3231}{3061}$	
瓦斯相对涌出量 (m <sup>3</sup> /t·d)	2		1.6		2.5		36.79	
排矸量占产量 (%)	<10% 岩石一般		<10% 岩石一般		20% 岩石较硬		<10% 岩石一般	
工作面机械化程度及个数	一综、三普		一机、一炮		一综、四普		二机、一炮	
吨煤电耗 ( $\frac{\text{kW}\cdot\text{h}}{\text{t}}$ )	11.1		27.5		45.2		128	
最大负荷 (kW)	4340		1630		8610		9340	

### 1. 类似矿井估算法

这种估算方法，就是以自然条件大致相同，已生产矿井的实际用电负荷为根据，估算本企业的用电负荷。如条件相同（或相似），应优先采用这种方法，但在估算中必须避免

“一刀切”，即总体设计中所有不同条件的矿井，都按一个吨煤电耗的标准进行估算，这样估算出来的用电负荷必然有很大出入。表 1-1-2 至表 1-1-10 列出了我国各种矿井产量和各种自然条件下的实际用电负荷，供总体设计（或可行性研究）时选择。表中虽列出了 100 多对有代表性的矿井，但在实际选用时，仍可能找不到完全合适的类似矿井，这就必须用算法来补充其不足。这时首先挑选井型和井深相似矿井，其它部分根据已知条件进行必要修正。

## 2. 已知条件估算法

这种方法是利用矿区总体设计（或可行性研究）的已知条件来估算用电负荷，或作为类似矿井估算法的一个补充，调整某一部分的用电负荷，即将某些自然条件出入较大的环节，按本方法进行调整。本方法是在总结多年设计和生产的基础上，对某些环节进行了必要的简化后提出来的，可作为设计和规划人员估算用电负荷的参考。

矿井生产的实践表明，矿井四大件和井下采、掘、运的用电负荷，一般占矿井总负荷的 70%~80%，有的甚至更大。这些负荷仅与矿井产量、瓦斯等级、煤层赋存条件、矿井涌水量及生产机械化水平有关。这些条件在进行总体设计（或可行性研究）时是已知的，因此矿井用电负荷，可根据这些条件进行估算。

### 1) 排水负荷的估算

排水负荷主要决定于矿井涌水量、开采深度和开拓方式，根据水泵电机容量的计算公式，其用电负荷为

$$P = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot r Q_H H}{3.6 \times 10^2 \eta_D \eta_{mec}} \quad (1-1-2)$$

式中  $P$ ——水泵电机计算容量，kW；

$k_1$ ——阻力系数，根据设计矿井的实际统计，竖井为 1.05~1.2；斜井根据倾角大小的不同，一般为 1.15~1.35；露天矿由于垂深小，管路长，阻力系数可达 2~4，甚至更大；

$k_2$ ——水泵排水量的裕度系数，设计选型水泵工况点的排水量，一般为 1.4~2 倍的正常涌水量，矿井涌水量大时取小值，小时取大值；

$r$ ——矿井水的比重，一般取 1.05；

$Q_H$ ——矿井正常涌水量， $m^3/h$ ；

$H$ ——井口与井底标高差，m；

$\eta_D$ ——电动机效率，一般为 0.85~0.93；

$\eta_{mec}$ ——水泵工况点效率，一般为 0.65~0.85。

将上述数据代入后化简，得排水负荷的近似计算公式为：

$$\text{竖井：} \quad P_1 = 5.3 \sim 11.5 Q_H H \times 10^{-3} \quad (1-1-3)$$

$$\text{斜井：} \quad P_1 = 5.8 \sim 13 Q_H H \times 10^{-3} \quad (1-1-4)$$

$$\text{露天：} \quad P_1 = 20 \sim 40 Q_H H \times 10^{-3} \quad (1-1-5)$$

排水吨煤电耗则为：

$$\text{竖井：} \quad W_1 = 3.8 \sim 5.8 QH/A \times 10^{-6} \quad (1-1-6)$$

$$\text{斜井：} \quad W_1 = 4.1 \sim 6.5 QH/A \times 10^{-6} \quad (1-1-7)$$

$$\text{露天：} \quad W_1 = 10 \sim 20 QH/A \times 10^{-6} \quad (1-1-8)$$



表 1-1-2 年产 15 万 t 以下矿井各种自然条件与用电负荷的实例

编号	开拓方式	年产量 设计/实际 (kt)	提升方式及垂深 (m)	矿井涌水量 最大/正常 (m <sup>3</sup> /h)	瓦斯相对 涌出量 (m <sup>3</sup> /t·d)	工作面机械 化程度及 个数	设备工作 容量 (kW)	矿井用电 负荷 最大/平均 (kW)	矿井吨 煤耗电 (kW·h)	备 注
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	斜	90/85.6	二段串车提升	20/18	26.34	炮 2	1470	470/230	23.2	
2	主斜副竖	120/128	一段串车提升	150/110	1.32	普 1, 炮 1	5238	1044/542	25.6	有非矿井其它负荷因 而用电负荷偏大
3	斜	210/90	一段串车提升	20/16.5	56.35	炮 4	3200	1258/402	27.54	
4	斜	-/50	一段串车提升	41/30	10.3	炮 1	972	450/185	28.51	
5	斜	150/125	一段斜井箕斗提升	205/99	9.59	炮 1	3450	886/420.4	29.38	
6	斜	150/137.5	一段串车提升	95.8/66.6	14.6	炮 3	4826	750/540	30.7	
7	竖	90/57.6	一段罐笼提升	30/17	33.37	炮 2	1532.1	450/290	38.6	
8	主竖副斜	60/40.4	一段罐笼提升	40/20	16.9	炮 2	1880	420/220	39.4	
9	平暗斜	210/130	暗斜串车提升	120/87	86.2	炮 2	6592	2514/711	42.6	
10	竖	100/54	一段罐笼提升	40/20	13.03	普 1, 炮 3	2463	480/320	48.3	
11	斜	60/34.3	一段串车提升	9.2/7.1	16.56	炮 2	1245	400/240	55	
12	斜	150/90	一段串车提升	185/117	53.8	炮 3	2835	1100/877	62.77	
13	竖暗斜	300/75	一段箕斗提升 二段串车提升	66/31	8.58	炮 2	6800	1334/802	93.6	

注:这里所列的小型矿井自然条件均较复杂,未包括自然条件简单的个体和地方小矿井,这种小矿井的用电负荷大大低于本表数值。

表 1-1-3 年产 15~30 万 t 矿井各种自然条件与用电负荷的实例

编号	开拓方式	年产量 设计/实际 (kt)	提升方式及垂深 (m)	矿井涌水量 最大/正常 (m <sup>3</sup> /h)	瓦斯相对 涌出量 (m <sup>3</sup> /t·d)	工作面机械 化程度及 个数	设备工作 容量 (kW)	矿井用电 负荷 最大/平均 (kW)	矿井吨 煤耗电 (kW·h)	备 注
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	斜	300/253.7	一段双钩串车提升	100/50	0.866	普 1, 炮 1	1850	800/635	12.58	有非矿井其它负荷因 而用电负荷偏大
2	平暗斜	150/181.9	一段串车提升	56/50.4	3.56	炮 3	1688.4	611/310	14.94	
3	竖	300/291.6	一段罐笼提升	288/266.5	4.4	炮 2	2815.7	1440/632	18.71	