

建 材 部 基 建 局

技术经济进修班讲义之八

电 气

天津水泥工业设计院

尹 丕 中

建筑材料工业部干部学校

1982年3月

目 录

绪 论 ----- (绪~1)

一、水泥厂电气设计的主要内容 ----- (绪~2)

二、电力负荷的等级 ----- (绪~3)

三、电压等级 ----- (绪~4)

四、电压损失 ----- (绪~6)

第一章 电源设计原则 ----- (1~1)

1-1 水泥工厂的负荷等级 ----- (1~1)

1-2 水泥工厂电源设计原则 ----- (1~4)

第二章 负荷计算 ----- (2~1)

2-1 负荷计算的意义与计算目的 ----- (2~1)

2-2 用电设备的分类及其主要特征 ----- (2~3)

2-3 电动机的选择 ----- (2~4)

2-4 电动机结构类型及其特点 ----- (2~8)

2-5 电动机构造简述 ----- (2~11)

2-6 负荷计算 ----- (2~22)

第三章 无功功率补偿 ----- (3~1)

- 3-1 提高功率因数的意义和方法 - - - - - (3~1)
- 3-2 功率因数的含义 - - - - - (3~4)
- 3-3 提高用电设备的自然功率因数 - - - - - (3~5)
- 3-4 选用同步电动机补偿 - - - - - (3~9)
- 3-5 选用静电电容器补偿 - - - - - (3~12)

第四章 供电系统 - - - - - (3~17)

- 4-1 采用10(6)千伏供电 - - - - - (3~18)
- 4-2 采用35(60或110)千伏供电 - - - (3~20)
- 4-3 供电线路 - - - - - (3~23)
- 4-4 年运行费用计算 - - - - - (3~55)

绪 论

电能是我国和全世界生产、生活所必需的主要能源之一。由于电能具有效率高、控制方便等优点，在工农业生产中和日常生活中，都已被人们广泛利用，进而达到离不开电的程度。从某种意义上讲，电气化程度的高低，已成为衡量一个国家是否发达的主要标志之一。

解放前，我国的电力工业十分落后，全国解放以后，我国在党中央的正确领导下，大力发展了电力工业、电机制造工业，这就为我国工农业生产的机械化、现代化，为提高我国人民的物质、文化生活水平奠定了基础，创造了前提条件。

工业企业供电系统，是国家电力系统的主要组成部分，是电能的主要用户，工业企业的用电量约占国家电力资源的50~70%。

水泥工业企业是一个用电负荷比较大，耗电量比较多的用电单位之一。从遍布于全国各地的小水泥厂到中大型水泥厂，其装机容量另一般都在几百瓩到二万瓩左右，而比较现代化的大型水泥厂的装机容量又在四万瓩以上，计称负荷也在三万瓩以上，年耗电量在一亿八、九千万度以上。

水泥工业建设中的电气工程是为水泥生产服务的，水泥生产的特特点是昼夜连续生产，因而要求供电的可靠性。就是说，从电气工程设计上要达到供电的不间断来保证水泥生产的连续进行。在保证供电质量，满足生产要求的前提下降低电能消耗，减少电能损耗，节约建设投资 and 降低经常维护费用。

从设计技术着眼，供电的可靠性，在很大程度上依赖于保护和校验、维护工作的质量。因而又要求在电气工程设计中，必须为安全供电、正常供电，方便于校验、测定和维护，有利于人身安全创造方便条件。

绪~2

一、水泥厂电气设计的主要内容

水泥工厂的电气设计，是依据国家批准的计划任务书中所规定的产品品种、生产工艺、生产主机设备、工厂布置、公用工程，以及电源条件进行的。

设计工作一般分为两个设计阶段，即扩大初步设计阶段与施工图设计阶段。根据上级要求和工厂生产的复杂程度。也有有的工程分为初步设计、技术设计与施工图设计等三个设计阶段。施工图设计阶段，是按扩大初步设计文件中所确定的原则、方案，分成若干个子项，以子项为单位设计施工图纸以指导施工。

扩大初步设计阶段的主要设计内容有：

1. 依照矿山、工艺以及公用工程专业所提供的有关资料，进行各个车间的和全厂的用电负荷计算。
2. 依照负荷计算得出的数值与车间布置情况，选定变压器的规格、容量、台数，选定高低压开关、控制、保护设备的型号、台数，确定车间变电所的位置。
3. 根据负荷等级与全厂负荷计算的数值，以及供电条件选定供电电源、电压等级和供电方式。
4. 确定总降压变电所（或厂区配电站）及厂内高低压配电方案。
5. 选定高压开关、控制、保护设备的规格型号、台数，
变电所规格、容量、台数，供、配电网路的载流量、导线截面及提高功率因数的补偿方案。
6. 校验过载、短路情况下的力稳定、热稳定，选定继电保护装置。
7. 确定总降压变电所（或厂区配电站）位置。
8. 绘制总降压变电所（或厂区配电站）的系统图、布置

图。

9. 确定车间控制方案、控制水平。

10. 确定变电所和车间、建筑物、构筑物的防雷保护措施；全厂接地方式及接地系统。

11. 编写建厂所需的电力设备表、主要材料表及概算资料、技术经济分析资料。

二. 电力负荷的等级

电力负荷的等级（又称类别），是按用电设备对供电可靠性的要求划分的。就是说，它是根据用电负荷的性质和由于事故停电在政治、经济上造成损失或影响的程度划分的。用电负荷分为下列三级（类）：

1. 一级负荷 突然中断供电将造成人身伤亡危险，或重大设备损坏而且难以修复，或给国民经济带来很大损失的。

2. 二级负荷 突然停电将产生大量废品、大量减产，企业内运输停顿等在经济上造成很大损失的。

3. 三级负荷 所有不属于一级和二级的负荷。

各级负荷的供电方式，要根据建厂地区的供电条件按下列要求确定：

1. 对一级负荷应由两个独立的电源供电，而且两个独立电源应来自不同的地区。所谓独立电源，就是指任一电源发生故障或停止供电时，另一个电源仍继续供电。

2. 对二级负荷一般由两回线供电。所谓两回线供电，就是允许两条线路来自同一地区的区域变电站，但必须引自不同的变压器或母线段。

3. 三级负荷对供电电源无特殊要求，可以一回线供电。

确切地说，水泥厂用电没有一级负荷，主要生产车间的用电属于二级负荷，其它用电属于三级负荷。但是也有把下列的

绪~4

用电作为一级负荷看待的：

1. 回转窑的辅助传动，或没有辅助传动的传动及其润滑系统。

2. 窑头冷却系统及窑尾高温排风系统。

3. 无高位水池或水塔等蓄水设施的水泵房。

4. 事故照明和其它必要的照明设施，以及必要的检测、

检修用电。

水泥厂大都建设在靠近原料的山区或农村，其生产及生活用电一般都须取得双电源，并且两个电源能分别满足全厂负荷的60%以上。限于条件，当不能取得双电源，或虽然能够取得而在经济上不合理，或满足不了投产时间的要求时，可先取得一个能满足全厂用电的主要电源，再附设一个备用电源。备用电源的取得，可按下列顺序选择客观上可能，而又经济合理的方案：

1. 建厂地区附近的另一个变电所。

2. 附近的兄弟厂矿。

3. 自备柴油发电机。

有从厂外取得备用电源的可能时，其供电容量起码能满足一级负荷的用电，以保证在主电源停电后，高温设备和人身的安全。如果能够争取备用电源的可供容量可以满足维持窑系统正常生产所需的电力（包括窑的运转用电，从生料入窑到熟料入库设备的用电，喂煤系统的用电等）当然更好。

自备发电，从外电源停电后发动快考虑，一般都选用柴油发电机，发电机的容量至少应满足一级负荷及必要的检修用电。

三. 电压等级

1. 受电电压

水泥厂供电系统的受电电压，应根据该厂地区的电力系统条件，及同供电部门取得的供电协议结果而定。一般应按水泥厂的生产规模、用电容量的大小，供电距离的远近，先初步定一个经济合理的受电电压，再据以同供电部门协商并取得供电协议文件。

国家规定的高压额定电压等级分别为：3千伏(KV)、6千伏、10千伏、35千伏（有的地区还保留有22千伏及44千伏两个电压等级，新建电站已不采用）、60千伏、110千伏、154千伏等等。3~10千伏电压级的建设投资几乎相同，推荐采用10千伏；35千伏级以上的送变电设施，将随电压等级的提高而增大建设投资。

如前所述，水泥厂的受电电压，将按受电容量与供电距离及供电部门的可供电压来确定。一般供电距离在5公里以内的中小规模厂，通常选用10千伏；虽然供电距离在5公里以内，而受电容量较大的中大规模厂，由于线路截面过大，送电损失过大，再选用10千伏就不合适了，在这种情况下，应选用35千伏及35千伏以上的电压。总之，在技术条件允许的前提下，要尽可能地选用低电压，以节省建设投资。

2. 高压配电电压

水泥厂的高压配电电压，常选用3千伏、6千伏或10千伏。当厂内没有高压电动机时，应选用10千伏，以减少有色金属的耗用量；当厂内装有高压电动机时，应按高压电动机的额定电压来确定。此外，为使厂内高压配电系统简化，电压单一，以利维修，便于通用，减少备品量，一般以选用一种高压配电电压为宜。

3. 低压配电电压

低压交流电动机的额定电压为380伏。普通照明用电电压

绪~6

为220伏，因而工厂低压配电电压均选用380伏（动力专用），220伏（照明专用），或者380/220（三相四线制动力照明合用）。

4. 其它低压用电电压

(1) 矿山牵引电机车在流站的直流电压，依电机车的规格型号而定，一般常选用825伏（适用于工作电压750伏的各型架线电机车）及600伏（适用于工作电压550伏的各型架线电机车）两种。

(2) 直流电动机电源及直流操作电源常选用直流230伏。

(3) 携带电灯及检修灯具的工作电源常选用36伏安全电压，也有用24伏及48伏的。

四. 电压损失

电压损失又称作电压降，其数值有用绝对值（如 $\Delta U = 19$ 伏）表示的，也有用百分率表示的，称作百分电压降（如 $\Delta U \% = 5\%$ ）。常用百分电压降表示。

要求全厂供配电系统在设计中，应保持用电设备端电压的额定值恒定不变，但事实上是困难的，或者说是不可能的。因此在供配电设计中，依照用电设备的特性，规定了在正常运行状态下网路电压损失的允许值为：

1. 厂内低压配电线路允许电压损失为额定值的1~2.5%。

2. 厂外低压配电线路允许电压损失为额定值的3.5~5%。

一、二两项电压损失之和不得大于6%。

3. 厂内照明低压线路允许电压损失为3~5%。

4. 高压配电线路允许电压损失为3~6%。

5. 地方性高压供电网路允许电压损失为5~8%。

緒~7

四、五兩項電壓損失之和不得大於 10% 。

6. 受電線路的電壓損失，除第五項情況外，一般不得大於 5% 。

第一章 电缆设计原则

水泥工业企业的电缆，是保证企业安全持续生产的必不可少的重要条件之一。电缆设计必须根据生产需要，结合建厂地区国家电力系统的现状与计划发展情况，考虑对供电电缆可靠性的要求程度。

水泥工业是国家重工业中的原材料工业，先行工业。当前，水泥又是国家工业交通建设，农田水利建设和城乡民用建设的短线缺口产品，出口量也很大。

水泥工业的生产能力、产量、产值，是国家工业总生产能力，国民经济总产值的主要标志之一。

因此，不仅在当前，即使在较长的历史时期中，想方设法保证现有水泥厂的产量，改造、扩建现有水泥厂，并增建新的水泥厂以扩大水泥产量，都是势在必行的。基于，在建厂调查选择厂址阶段，在扩大初步设计阶段，都必须重视与摸清电缆条件，选择供电可靠性大而又经济合理的电缆方案。

1-1 水泥工厂的负荷等级

水泥工业企业是一个用电量较大的用电户，工厂对供电可靠性的要求程度，也就是工厂电力负荷的等级，根据昼夜连续生产的特異，主机设备结构和运行状态的特異，大部分都属于二级负荷，一小部分属于一级负荷。现将按车间划分的负荷等级列于表 1-1：

水泥工厂的一级负荷与工厂的生产方法有关。据统计，湿法厂的一级负荷约占全厂总负荷的 4~5%；二级负荷约占 75~80%；三级负荷约占 15~20%。机械立窑厂基本上属于二级负荷，也有人认为属于三级负荷。

为了发挥主机的生产能力，在工艺设计上所选用的辅机均比主机的生产能力大，一般车间均比主要生产车间的生产能力

水泥厂用电负荷性质分级

表 1-1

车间名称	主要设备名称	对供电可靠性的要求
一 级 负 荷		
原料站	泥料浆池及搅拌机	停电超过2~3小时,泥料浆逐渐沉凝,严重时结块堵塞,来电后不能立即恢复生产造成混乱
烧成	烘泥料浆池和泥料浆库充气的空气压缩机 回转窑的辅助传动,或没有辅助传动的回转窑主传动	停电超过半小时,将使窑筒体弯曲变形,窑内耐火砖脱落
水泵房	冷却水泵、消防水泵	立波窑加热器、冷却机轴承冷却用水,停电设备将损坏
照明	中央调度室、电话站、消防车库、警卫室照明,以及各变电所、主变电所的事故照明	车间停电,指挥、保卫失灵,车间易造成人身及设备事故
二 级 负 荷		
原料	磨粉机、选粉机、输送机,以及均化、倒库设备	
烧成	回转窑主传动、鼓风机、排风机、加热器、冷却机、熟料破碎机及输送机	

续表 1-1

煤	粉	制	备	煤店、鼓风机、排风机及输送机械	二级负荷所居各车间、用电 莫，都是水泥厂的主要车间 及生产岗位，是昼夜连续生 产，停电必将停产，影响工 厂生产。
制			成	店机、喂料机、送粉机、输送机械，以及倒库设备	
联	合	储	库	抓斗起重机及输送机械	
机	械	立	厂	全厂主机	
空	气	压	机	除一级负荷空压机以外的所有空气压缩机	
水	泵		房	除一级负荷水泵以外的所有给水泵	
照			明	除一级负荷以外的所有生产照明	三级负荷所居各车间、岗位 ，一般都是一班或两班生产 且生产能力较大，物料有储 备，停电2~5天不致影响 工厂生产。收尘系统停电 不影响生产，只会造成环境污 染
三 级 负 荷					
石	灰	土、	页岩、砂岩	电炉、深孔钻、空气压缩机、卷扬机、架空索道，以 及电机车在站。	
破			碎	喂料机、破碎机及输送机械	
烘			干	烘干机、鼓风机及输送机械	
泥	浆	制	备	掏泥机、喂料机及输送机械	
色			装	色装机、回转筛及输送机械	二级负荷所居各车间、用电 莫，都是水泥厂的主要车间 及生产岗位，是昼夜连续生 产，停电必将停产，影响工 厂生产。
全	厂	收	尘	窑尾电收尘及所有车间收尘、排风设备	
机	电		修	各种冷加工工设备	

大，储库的贮存能力也都考虑能够满足几天至十几天的生产需要。回转窑是水泥厂最主要的主机，全厂的生产主要取决于窑的运转情况，只要维持回转窑系统的供电，其它设备即使停电2-3天，是不会影响工厂的年产量的。为维持回转窑系统的正常生产，还必须满足对生料库（或料浆库）、煤粉制备、联合储库、空压机房，以及生产用水的供电。这些部分的用电负荷约占全厂总负荷的20%左右。因此，在有条件的地区，除应考虑一级负荷的用电外，还应考虑维持回转窑系统生产的因素。

水泥工厂的一级负荷，是允许30分钟以内的短时间停电的。因此，在采用两个独立电源供电时，无须考虑故障时的自动切换。

1-2 水泥工厂电源设计原则

根据水泥厂的用电负荷特点，在电源设计中，首先要考虑有两个独立电源都是主电源的供电方案，然后按工厂地区的电力系统条件，再经过技术经济比较后确定。比如，电力系统有提供两个独立电源的条件，而取得第二个电源所花的投资等于或稍大于自设保安电源的投资加上工厂停产一天的产值损失时，则应选择从电力系统取得两路独立电源的方案。并且每路电源的供电容量按工厂总负荷的75~100%考虑，以保证当一路电源停电后，另一路电源仍能满足工厂正常生产，或经过厂内调配基本满足工厂正常生产的要求。

当第二电源的可供容量有限制时，则按一个主电源一个备用电源的方案考虑。对于备用电源的可供容量，首先应争取满足维持回转窑系统的生产；其次是维持回转窑不熄火；再次是仅满足一级负荷的用电，以保证人身、设备不出事故。维持回转窑系统的生产用电，可不考虑生料库的负荷；维持回转窑不

熄火的能力，应使回转窑能够间歇煅烧，或多条工艺线的轮流煅烧。当有煤粉中间仓时，应能满足回转窑、煤磨与空气压缩机等轮流运转所需的能力。

备用电源是与主电源有所区别的另一独立电源，并尽可能与附近兄弟企业单位之间建立联络线路作为互相备用，这样做是可以减少直接从电力系统取得备用能力。

只能取得单电源，或者虽然有取得第二电源的可能，但是第二电源的建设期限与工厂的建设期限配合不上，不能在工厂投产时即可供电时，应选择自设柴油发电站的保安电源方案。这时，主电源必须满足工厂正常生产的用电，而保安电源的能力，在满足工厂一级负荷用电的基础上，还应满足设备检修及间歇提供生活用水水泵的用电。在寒冷地区，还应满足冬季采暖锅炉系统的用电。

受电电源要尽量与施工用电结合起来，施工用电的电源及所设线路，可以作为备用电源之用。这时，施工用电的电源线路可按永久工程的要求架设。

一级负荷的需要能力，与工厂的窑型及生产方法有关，一般说来，湿法生产的大中型回转窑水泥厂约在200瓩左右；干法生产的大中型回转窑水泥厂约在100瓩左右。外供保安电源或柴油发电机能力可按这个数据考虑。

总之，能否从电力系统取得双电源，首先取决于建厂地区的供电条件。据归纳“文化大革命”前已经建设的一些水泥厂和近年来建设的水泥厂的情况看，由于工厂的用电量，一个大中型水泥厂，往往都是当地的最大的用电户或较大用电户，为建设水泥厂，就往往要在当地新建或扩建大中型电站来向水泥厂直接供电。如新建大中型发电站，大都装有两台及两台以上的发电机；若新建或扩建大中型变电站，也都装有两台及两台

以上的变压器。这些发、变电站，都与电力系统及其它用电类相通，一般都有联结两个或两个以上的电源，架设回路干线的线路，这就为新建水泥厂能够取得比较经济的双电源提供了可能条件。

现将介放后新建（包括恢复建设）的 P 分大中型水泥厂的电源情况的内 P 统计资料列在表 1-2 中，供作参考。

思考题

1. 水泥厂生产用电的特点是什么？哪类设备属于哪一级负荷？
2. 怎样选择水泥厂的电源？选择的步骤与要点？

部分大中型水泥厂电流情况 表 1-2

厂名	电流类别	电 流	概 况
新疆	双电流	一个主电流, 一个备用电流 (夏季维持生产, 冬季可供保安用电), 两线路各 0.5 Km	
工 流	双电流	一个主电流, 一个备用电流 (解维持密系统生产), 主电流线 5 Km, 备用电流线 1 Km	
大 同	双电流	一个主电流, 一个备用电流, 主电流线 14 Km, 备用电流线 3 Km	
永 登	单电流	一个主电流, 主电流线 120 Km, 保安电流自备柴油发电站	
昆 明	双电流	两个主电流, 线路各为 1 Km	
洛 阳	双电流	两个主电流, 线路各为 1 Km, 1961 年前为单电流, 保安电流自备柴油发电站	
江 油	双电流	两个主电流, 线路各为 2 Km, 投产时为单电流, 保安电流自备柴油发电站	
耀 县	双电流	两个主电流, 线路各为 2 Km, 投产时为单电流, 保安电流自备柴油发电站	
江 山	单电流	一个主电流, 线路长 50 Km, 保安电流自备柴油发电站	
巢 湖	双电流	两个主电流, 线路各为 0.9 Km	
松 江	双电流	一个主电流, 线路长 13 Km, 一个备用电流, 线路长 1 Km	
贵 阳	双电流	两个主电流, 线路各为 3.5 Km	
山 东	双电流	两个主电流, 线路长 一为 8 Km, 一为 3 Km	
邯 郸	双电流	两个主电流, 线路各为 2.5 Km	