

## 第六篇

# 矿山地面工业建筑结构工程和 矿物加工工程设计施工 实用技术与图集

# 第一章 矿山工程材料

## 第一节 常用矿山工程材料性能及其要求

### 一、矿山工程常用混凝土的基本组成和技术要求

#### (一)混凝土的基本组成

混凝土由其基本成分——水泥、砂、石子和水拌合而成。混凝土是以水泥为胶结材料,以天然砂、石为骨料,加水拌合浇注成型、凝结硬化形成的固体材料。其中水泥与水形成的水泥浆填充在砂、石骨料的空隙中。在水泥浆凝结硬化前,混凝土拌合物具有一定的和易性,水泥浆硬化后,将砂、石胶结成一个整体。

在混凝土拌合时或拌合前可掺入一定量的改性剂,包括减水剂、早强剂、速凝剂、防水剂等,以改善混凝土的某些性能,如提高最终强度或初期强度(早强)、改善和易性、提高耐久性及节约水泥等。

#### (二)混凝土的技术要求

常用的混凝土一般要满足以下四项要求:

- (1)各组成材料经拌和后形成的拌合物应具有一定的和易性;
- (2)混凝土应在规定龄期达到设计要求的强度;
- (3)硬化后的混凝土应具有适应其所处环境的耐久性;
- (4)经济合理,在保证质量前提下,降低造价。

### (三) 混凝土配合比概念

混凝土配合比是指混凝土各组成材料间的数量比例关系。常用的表示方法有两种：一种是以  $1\text{m}^3$  混凝土中各组成材料的质量表示，如水泥 336kg、砂 654kg、石子 1215kg、水 195kg；另一种方法是以水泥为基本数 1，表示出各材料用量间的比例关系，如上述质量配合比可写成 1:1.95:3.52:0.58（水泥:砂子:石子:水）。

混凝土水灰比（水:水泥）是决定混凝土强度及其和易性的重要指标。

### (四) 常用混凝土配合比的基本设计方法

常用混凝土配合比设计就是确定混凝土中各项组成材料之间比例关系的过程。配合比设计时，首先根据工程要求，依照有关标准给定的公式和表格进行计算，这样得出的配合比称为“计算配合比”；然后通过试验室对强度和耐久性检验后调整的配合比称为“试验室配合比”；在试验事中，采用干燥或饱和面干的骨料，而工地上，骨料大多在露天堆放，含有一定的水分，并且经常变化，因此要根据现场实际情况将试验室配合比换算成“施工配合比”。

### (五) 混凝土强度概念

混凝土的强度等级是按立方体抗压强度值确定的。混凝土立方体抗压强度系按标准方法制作和养护（温度为  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ，周围介质的相对湿度大于 90%）的边长为 150mm 的立方体试件，达 28d 龄期，用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度，用  $f_{\text{cu},k}$  表示。

混凝土强度等级采用符号 C 与立方体抗压强度表示。例如 C40 表示混凝土立方体抗压强度  $f_{\text{cu},k} = 40\text{MPa}$ 。混凝土强度等级一般有 C15、C20、C25、...C80。

### (六) 矿山工程对混凝土强度、工作性能和耐久性要求

一般混凝土均应满足强度要求（在规定龄期达到设计强度）、工作性（和易性）要求，以及在混凝土工程的维护过程中应控制混凝土的干缩变形、温度变形，硬化后的混凝土应具有适应其所处环境的耐久性，包括抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性、碳化性和碱—骨料反应特性等要求。

根据不同矿山工程的施工特点，还应考虑工程对混凝土的特殊要求。如：地面拌制混凝土向井下输运时的流动性、均匀性要求，冻结法施工混凝土的早强、抗冻要求，对于锚喷网支护的喷混凝土骨料和拌和物的要求，以及在井下有严重腐蚀性（如酸性地下水）环境采用的水泥等材料的要求等。

### (七) 提高混凝土性能的方法

(1) 提高混凝土强度的方法可以提高水泥强度等级或尽量降低水灰比，如降低水灰

比不能满足和易性时,可掺加减水剂;采用级配良好且干净的砂和碎石,选用较粗的砂、石、以及高强度石子,加强养护,保证有适宜的温度和较高的湿度,也可采用湿热处理(蒸汽养护)来提高早期强度,加强搅拌和振捣成型。添加增强材料,如硅粉、钢纤维等。

## (2) 提高混凝土抗变形性能的方法

混凝土的变形控制主要包括对干缩变形、温度变形控制等。

控制过大干缩变形的的方法包括:限制水泥用量,保持一定骨料用量,选择合适的水泥品种,减小水灰比,充分捣实,加强早期养护,采用钢筋和留伸缩缝加以限制。

混凝土中内外温差可造成内胀外缩,使外表面产生很大拉力而导致开裂。因此,对大体积混凝土工程,应选择低热水泥,减小水泥用量以降低水化热;对一般纵长的混凝土工程应采取设置伸缩缝,并在施工中采取特殊措施,在结构物中设置温度钢筋等。

(3) 提高混凝土耐久性的方法。根据工程所处环境和工程性质选用合理的水泥品种,并选择适宜的混合材料和填料;采用较小的水灰比,并限制最大水灰比和最小水泥用量;采用级配好且干净的砂、石骨料,并选用粒径较大或适中的砂、石骨料,掺加减水剂或引气剂,亦可根据工程性质选择和掺加适宜的外加剂;采用与工程性质相一致的砂、石骨料,加强养护,改善施工方法与质量。

## 二、矿山工程常用建筑钢材的基本知识及其力学特点

### (一) 常用钢材分类

按品质分,钢材分为普通钢、优质钢(硫、磷含量均低于 $0.04\%$ )、高级优质钢。普通碳素钢(如常用Q235钢、Q275钢)根据其含碳量高低分为低碳钢、中碳钢、高碳钢;当其硫、磷等残留成分在限量以下时,称为优质碳素钢。

根据化学成分,可将钢材分为碳素钢和合金钢。合金钢根据含合金元素的总量多少,分为低、中、高合金钢。

根据用途,常用建筑钢材主要有型钢和钢筋(建筑钢)两类,之外还有工具钢。各种型钢和钢筋的性能主要取决于所用钢种及其加工方式。各种型钢和钢筋、钢丝、锚具,以及矿山工程中常用的钢绞线、锚杆螺纹钢等材料,基本上都是碳素结构钢和低合金结构钢等钢种,经热轧或冷轧、冷拔及热处理等工艺加工而成。

### (二) 常用建筑钢材的主要化学成分

建筑上常用的钢材是碳素钢,碳素钢的主要化学成分是以铁为基体,除含碳外,还含有少量的硅、锰、硫、磷等。硅和锰是炼钢时作为脱氧剂加入后残存的,硫和磷是炼铁时从矿石或燃料进入铁水,而后未能完全除掉所残留的。它们都属于钢中的伴随元素。

### (三) 常用建筑钢材的力学性能与特点

建筑钢材作为主要的受力结构材料,其主要力学性能有抗拉性能、抗冲击性能、耐疲劳性能及硬度。

(1) 抗拉性能。抗拉性能是建筑钢材最主要的技术性能。通过拉伸试验可以测得屈服点、抗拉强度和伸长率,这些是钢材的重要技术性能指标。

(2) 抗冲击性能。冲击韧性是指钢材抵抗冲击荷载作用的能力。钢材冲击韧性能较全面地反映出材料的品质。钢材的冲击韧性对钢的化学成分、组织状态、冶炼和轧制质量,以及温度和时效等都较敏感。

(3) 耐疲劳性能。钢材在交变荷载反复作用下,在远小于抗拉强度时发生突然破坏,叫疲劳破坏。可用疲劳极限或疲劳强度表示钢材的耐疲劳性能,它是指钢材在交变荷载下,于规定的周期基数内不发生断裂所能承受的最大应力。

(4) 硬度。表示钢材表面局部体积内,抵抗外物压入产生塑性变形的能力,是衡量钢材软硬程度的一个指标。

### (四) 其他矿用钢材种类、特点和要求

其他矿山专用钢材还有矿用工字钢、矿用特殊型钢(U型钢)、轻便钢轨等。矿用工字钢是专门设计的翼缘宽、小高度、厚腹板的工字钢,它的几何特性既适于作梁,也适于作柱。U型钢可以制作具有可缩性的支架,其 $W_x$ 和 $W_y$ 接近相等,竖向抗弯能力与横向抗弯能力强,横向稳定性较好。矿用工字钢和U型钢的高度较一般型钢小,可减少巷道开挖量。而轻便钢轨是为专井下1~3t矿车运输提供的,并在巷道支护中可用于制作轻型支架,但承载性能较差。

### (五) 常用钢材加工方法及对钢材性能的影响

(1) 常用钢材的加工包括钢材的冷加工强化、时效强化、热处理和焊接等几种方法。

冷加工强化。它是将建筑钢材在常温下进行冷拉、冷拔和冷轧,使之产生塑性变形,从而提高屈服强度,相应降低了塑性和韧性。

(2) 时效强化。它是指经冷加工后,钢的屈服强度和强度极限随着时间的延长而逐渐提高,塑性和韧性逐渐降低的现象。可将经过冷拉的钢筋在常温下存放15~20d,或加热到100~200℃并保持一定时间,实现时效处理,前者称为自然时效,后者称为人工时效。

(3) 热处理。它是将钢材按一定的规则加热、保温和冷却,以改变其组织,从而获得需要性能的一种工艺。热处理的方法有退火、正火、淬火和回火。建筑钢材一般只在生产厂进行处理并以热处理状态供应。在施工现场,有时需对焊接件进行热处理。

(4)焊接。焊接方法主要有两种,即:钢结构焊接用的电弧焊和钢筋焊接用的接触对焊。电弧焊是在焊接时产生高温电弧,使焊条金属熔化在焊件上,成为联接焊件的焊缝金属。接触对焊是利用电流通过两个焊件的接触面所产生的高温熔融接触面金属,加压熔合而成。

第二节 水泥和其他常用材料的性质及要求

一、水泥的基本知识及其在矿山工程中应用的要求

(一)水泥的基本组成

水泥属于水硬性胶凝材料,由水泥熟料、石膏和混和材组成。其中水泥的性能主要决定于熟料组成与质量,与水发生反应凝结硬化形成强度的主要矿物均由熟料提供。水泥中掺加混合材可提高水泥产量,降低水泥强度等级,减少水化热,改善水泥性能等作用。掺入适量石膏可调节凝结时间,提高早期强度,降低干缩变形,改善耐久性、抗渗性等一系列性能,对于掺混合材的水泥,石膏还对混合材起活性激发剂作用。

(二)水泥品种及其技术性质

水泥品种按其组成可分为两大类,即:常用水泥和特种水泥。

常用水泥。用于一般土木建筑工程的水泥。如硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等,它们均是以硅酸盐水泥熟料为主要成分的一类水泥。

特种水泥。泛指水泥熟料为非硅酸盐类的其他品种水泥。如高铝水泥、硫铝酸盐水泥等。

常用水泥的技术性质见表 6-1-1 所示。

表 6-1-1 常用水泥技术性质表

类型	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥	粉煤灰硅酸盐水泥
主要成分	以硅酸盐水泥熟料为主,不掺混合材料或掺不超过 5% 的石灰石或粒化高炉炉渣	在硅酸盐水泥熟料中允许掺入占水泥重 6% ~ 15% 的混合材料	在硅酸盐水泥熟料中允许掺入占水泥重 20% ~ 70% 的粒化高炉炉渣	在硅酸盐水泥熟料中允许掺入占水泥重 20% ~ 50% 的火山灰质混合材料	在硅酸盐水泥熟料中允许掺入占水泥重 20% ~ 40% 的粉煤灰

类型	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥	粉煤灰硅酸盐水泥
特性	硬化快;强度高;水化热大;耐冻性好;耐腐蚀与耐软水侵蚀性差	早期强度较高;水化热较高;耐冻性较好;耐腐蚀与耐软水侵蚀性较差	早期强度低,后期强度增长较快;水化热较小;耐冻性差;耐硫酸盐腐蚀与耐软水侵蚀性较差;抗碳化能力差	抗渗性较好,其他同矿渣硅酸盐水泥	干缩性较小,抗裂性较好,其他同矿渣硅酸盐水泥

- (三)与水泥有关的性能指标概念
- 与水泥有关的性能指标包括细度、凝结时间、体积安定性、强度和水化热等方面。
- (1)细度。水泥颗粒的粗细对水泥的性质有很大影响。水泥颗粒粒径愈细,与水起反应的表面积愈大,水化愈快,其早期强度和后期强度都较高。国标规定,硅酸盐水泥细度采用透气式比表面积仪检验,要求其比表面积 $>300\text{m}^2/\text{kg}$ ;其他五类水泥细度用筛析法检验,要求在 $80\mu\text{m}$ 标准筛上的筛余量不得超过10%。
- (2)凝结时间。凝结时间分初凝和终凝。初凝为水泥加水拌和始至标准稠度净浆开始失去可塑性所经历的时间。终凝则为浆体完全失去可塑性并开始产生强度所经历的时间。水泥初凝时间不宜过短;当施工完毕则要求尽快硬化并具有强度,故终凝时间不宜太长。
- (3)体积安定性。体积安定性是指水泥净浆体硬化后体积稳定的能力。水泥体积安定性不良的原因,一般是由于熟料中存在游离氧化钙和氧化镁或掺入石膏过量而造成的。熟料中的游离氧化钙及氧化镁,在水泥浆硬化后开始水化,水化后体积较原体积增大2倍以上,造成弯曲和裂纹。过量的石膏形成的水泥杆菌同样会使水泥石产生裂纹或弯曲。
- (4)强度。强度是指按水泥强度检验标准规定所配制的水泥胶砂试件( $40\text{mm}\times40\text{mm}\times160\text{mm}$ )经一定龄期(硅酸盐水泥的龄期为3d、28d)标准养护后所测得的强度。水泥强度是表示水泥力学性能的一种量度,是划分水泥强度等级的技术依据。
- (5)水化热。水泥的水化反应是放热反应,其水化过程放出的热称为水泥的水化热。大体积混凝土由于水化热积蓄在内部,造成内外温差,可形成不均匀应力的开裂;但水化热对冬期混凝土施工则是有益的,水化热可促进水泥水化进程。
- (四)水泥水化、凝结、硬化机理

水泥与水接触时,水泥中的各组分与水的反应称为水泥的水化。水泥加水拌合后,

成为具有可塑性的水泥浆 ,随着水化反应的进行 ,水泥浆逐渐变稠失去流动性而具有一定的塑性强度 ,称为水泥的凝结 ,随着水化进程的推移 ,水泥浆凝固具有一定的机械强度并逐渐发展成为坚固的人造石——水泥石 ,这一过程称为水泥的硬化。

凝结与硬化是一个连续复杂的物理化学过程。当水泥与水拌和时 ,与水接触的水泥颗粒在数分钟内表面很快发生水化反应 ,同时产生较多热量 ,生成的水化产物很快在水泥颗粒表面聚积形成凝胶膜层 ,凝胶的凝聚作用使浆体具有可塑性。随着水化反应的进一步进行 ,水化产物不断增加 ,膜层增厚并在某些点接触 ,形成疏松的网状结构 ,使浆体失去流动性和部分可塑性 ,这时为水泥的初凝。之后 ,水化产物又大量生成 ,它们互相接触连生 ,建立起充满全部间隙的较紧密的网状结构 ,浆体则完全失去塑性 ,并开始产生强度 ,形成水泥的终凝。网状结构因水化产物的继续不断生成而被填实 ,结构逐渐变得致密 ,强度不断增长而进入硬化阶段 ,最终形成具有一定强度的硬化水泥石。

(五) 矿山条件对水泥品种的要求

由于矿山混凝土工程包含地面和井下 ,工程和所处环境条件较复杂 ,因此应根据具体情况选择合适的水泥品种。选择水泥品种时可参考表 6-1-2。

表 6-1-2 水泥品种使用条件

混凝土工程特点或所处环境条件		优先选用	可以选用	不宜使用
普通混凝土	1. 在普通气候环境中	普通水泥	矿渣水泥 ;火山灰质水泥 ;粉煤灰水泥 ;复合水泥	
	2. 在干燥环境中	普通水泥	矿渣水泥	火山灰质水泥 ;粉煤灰水泥
	3. 在高湿度环境中 和永远处于水下	普通水泥	矿渣水泥 ;火山灰质水泥 ;粉煤灰水泥 ;复合水泥	
	4. 厚大体积	矿渣水泥 ;火山灰质水泥 ;粉煤灰水泥 ;复合水泥	普通水泥	硅酸盐水泥 ,快硬硅酸盐水泥

混凝土工程特点或所处环境条件		优先选用	可以选用	不宜使用
有特殊要求的混凝土	1. 要求快硬	硅酸盐水泥 ;快硬硅酸盐水泥	普通水泥	矿渣水泥 ;火山灰质水泥 ;粉煤灰水泥 ;复合水泥
	2. 高强( 大于 C40 )	硅酸盐水泥	普通水泥 ;矿渣水泥	火山灰质水泥 ,粉煤灰水泥
	3. 严寒露天地区 ,寒冷地区处于水位升降范围内	普通水泥( 32.5 级以上 )	矿渣水泥( 32.5 级以上 )	火山灰质水泥 ,粉煤灰水泥
	4. 严寒地区处于水位升降范围内	普通水泥( 32.5 级以上 )		矿渣水泥 ;火山灰质水泥 ;粉煤灰水泥 ;复合水泥
	5. 有抗渗要求	普通水泥 ;火山灰质水泥		矿渣水泥
	6. 有耐磨性要求	硅酸盐水泥 ;普通水泥( 32.5 级以上 )	矿渣水泥( 32.5 级以上 )	火山灰质水泥 ,粉煤灰水泥

二、其他矿用材料性能和应用特点

( 一 )石材

石材具有比较高的强度、良好的耐磨性和耐久性 ,并且资源丰富 ,易于就地取材。因此 ,石材的使用仍然相当普遍。石材有两种 :一种是采得大块岩石后 ,经锯解、劈凿、磨光等机械加工制成各种形状和尺寸的石料制品 ;另一种是直接采得的各种块状和粒状的石料。矿用石材主要为经过简单粗加工后形成的料石 ,作为砌墙、碛和基础等用途的材料。

( 二 )竹、木材料

木材具有轻质高强 ,加工方便 ,导电和导热性能低 ,有很好的弹性和塑性 ,能承受冲击和振动等作用。木材也有许多缺点 ,如构造不均匀 ,各向异性 ,容易吸湿、吸水而导致力学和物理性能上的变化 ,容易腐朽、虫蛀和燃烧 ,天然疵病较多 ,且耐久性较差。目前矿用木材主要作为矿井支护材料、枕木、背板等 ,但因井下环境较差 ,对服务时间较长的木材需进行防腐处理。

竹材可以作为木材的部分替代品 ,具有抗拉性能好、价低、易加工等优点 ,但存在抗弯性能差、易腐朽、易燃烧等缺陷。为克服这些缺陷 ,可以对竹材进行热压预处理。

( 三 )石膏

建筑石膏是一种气硬性胶凝材料。其凝结硬化速度快 ,凝结时间可调 ;凝结硬化过程中 ,体积微有膨胀 ,硬化时不出现裂缝 ;硬化后 ,强度较低 ,表观密度小 ,隔热、吸声性好 ;具有良好的装饰性和抗火性 ;另外 ,建筑石膏的热容量和吸湿性大 ,可均衡室内环境

的温度和湿度。但石膏具有很强的吸湿性和吸水性,易造成粘结力削弱,强度明显降低;石膏的耐水性和抗冻性均较差;二水石膏易脱水分解,也造成强度降低。因此,建筑石膏不宜用于潮湿和温度过高的环境。

#### (四) 石灰

生石灰熟化后形成的石灰浆,具有良好的可塑性,用来配制建筑砂浆可显著提高砂浆的和易性。石灰也是一种硬化缓慢的气硬性胶凝材料,硬化后的强度不高,在潮湿环境中强度会更低,遇水还会溶解溃散。因此石灰不宜在长期潮湿环境中或在有水的环境中使用。在石灰硬化过程中,体积会有显著收缩而出现干缩裂缝。石灰在贮存和运输过程中,要防止受潮,并不宜长期贮存。运输时不得与易燃、易爆和液体物品混装,并要采取防火措施,注意安全。建筑工程中所用的石灰,分成三个品种:建筑生石灰、建筑生石灰粉和建筑消石灰粉。

#### (五) 其他矿用材料

矿用建筑材料还有菱苦土、水玻璃、建筑塑料等。

菱苦土是一种气硬性无机胶凝材料,主要成分是氧化镁( $MgO$ ),属镁质胶凝材料。用氯化镁溶液调和菱苦土,硬化后其抗压强度可达 $40 \sim 60 MPa$ ,但其吸湿性较大,耐水性较差,用硫酸镁、铁矾等作调和剂,可降低吸湿性,提高耐水性。

水玻璃又称泡花碱,是一种碱金属硅酸盐。根据其碱金属氧化物种类的不同,又分为硅酸钠水玻璃和硅酸钾水玻璃等,其中以硅酸钠水玻璃最为常用。水玻璃具有良好的粘结性能和很强的耐酸腐蚀性;水玻璃硬化时析出的硅酸凝胶还能堵塞材料的毛细孔隙,有阻止水分渗透的作用。另外,水玻璃还具有良好的耐热性能,高温不分解,强度不降低(甚至有增加)。因此常用于工程注浆堵水和加固。

建筑塑料是以合成树脂为主要原料,加入填充剂、增塑剂、稳定剂等添加剂,在一定温度和压力下制成的一种有机高分子材料。具有质轻,比强度高,电绝缘性能好,减振、吸声和隔热性好,成本低,加工方便,以及具有出色的装饰性能和优良的抗化学腐蚀性等特点。

## 第二章 工程力学与工程结构

### 第一节 力系平衡的基本原理、方法及其他重要力学概念

#### 一、平面一般力系平衡条件与静摩擦力概念

##### (一) 平面一般力系及其平衡条件

##### (1) 平面一般力系概念

平面内各力的作用线既不相交于同一点,又不互相平行。

##### (2) 平面一般力系平衡条件

力系的主矢和对作用面内任一点的主矩都等于零,即力系中各力在作用平面内任意两直角坐标轴上的代数和分别为零,以及这些力对作用平面内任一点的矩的代数和也等于零。

##### (二) 平衡方程的建立方法

平衡方程是通过将一般力系进行简化和合成建立的,首先在力系作用平面内任取一点作为简化中心,然后利用力系等效定理得到作用于简化中心的两个相互垂直的力和力偶,最后,通过平衡力系定理即可建立平衡方程。

##### (三) 刚体系统的平衡分析方法

##### 1. 刚体的概念

在任何情况下,其大小和形状都保持不变(其内部任意两点之间的距离、位置保持不

变)的物体,称为刚体。

## 2. 刚体的平衡

解决平面刚体系统的平衡问题,可以分别考虑每一物体的受力情况,建立相应的平衡方程,然后联列求解(设系统由  $n$  个物体组成,每个物体都受到平面一般力系的作用,则分别考察每一物体的平衡条件后,总共可以列出  $3n$  个独立方程)。在一些特殊情况下,考察整个系统的平衡条件,也能解出某些未知量。

### (四) 静(滑动)摩擦力概念

#### 1. 静(滑动)摩擦力概念

两个物体沿着它们的接触面相对滑动,或者有相对滑动趋势时,在接触面上彼此作用着阻碍相对滑动的力,称为摩擦力,在仅有相对滑动趋势而尚未滑动时产生的摩擦力称静摩擦力。

静摩擦力( $F$ )随驱动滑动力( $T$ )的增加而增加,当  $F$  达到某个极限值时,物体(块)就将开始滑动。此时的摩擦力  $F_{\max}$  称为极限摩擦力(图 6-2-1)。

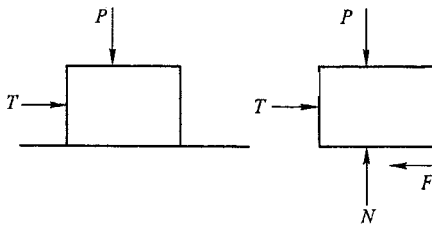


图 6-2-1 摩擦力示意图

#### 2. 静(滑动)摩擦力计算

极限摩擦力和接触表面的性质(粗糙程度、湿度等)有关。极限摩擦力还和正压力( $N$ )成正比关系。有公式:

$$F_{\max} = fN \quad (6-2-1)$$

式中  $f$ ——静摩擦系数。

开始滑动后,摩擦力依然存在。但滑动摩擦系数较静摩擦系数小。

## 二、应力和应变的概念与材料强度、刚度和稳定的概念及其应用

### (一) 应力和应变的概念

#### 1. 应力的概念

应力是分布内力系在截面上任一点的集度,反映内力系在该点的强弱程度,具有单

位面积上力的单位,如:  $\text{N}/(\text{mm}^2)$  (或表示为  $\text{MPa}$ )  $\text{kN}/\text{m}^2$  (或表示为  $\text{kPa}$ )

应力表达公式:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta A} \quad (6-2-2)$$

截面的法向应力称为 E 应力( $\sigma$ ),截面的切向应力称为剪应力( $\tau$ )

## 2. 应变的概念

线应变(正应变) $\epsilon$  是线段上单位长度的平均伸长或缩短。角应变(剪应变) $\gamma$  是正方形单元变形后的角度改变,表示形状变化。

### (二) 斜截面上的应力概念

若微单元与  $x, y$  轴竖直的两对平面上作用有  $\sigma_x, \tau_{xy}$  和  $\sigma_y, \tau_{yx}$  ( $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ ) 则沿  $x$  轴逆时针旋转  $\alpha$  角的斜截面上的正应力和剪应力分别为:

$$\begin{aligned} \sigma_\alpha &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha - \tau_{xy} \sin 2\alpha \\ \tau_\alpha &= \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{xy} \cos 2\alpha \end{aligned} \quad (6-2-3)$$

如:某杆件的正截面(其法线与杆件轴线一致)上作用有均匀分布的正应力( $\sigma$ ),则法向与杆件轴线夹角为  $\alpha$  斜截面上的正应力( $\sigma_\alpha$ )和剪应力( $\tau_\alpha$ )分别为:

$$\begin{aligned} \sigma_\alpha &= \sigma \cos^2 \alpha \\ \tau_\alpha &= \sigma \cos \alpha \sin \alpha \end{aligned}$$

### (三) 平面应力状态分析

当平面上代表某点应力状态的微单元面上的全部应力已知时,可以通过上述斜截面应力计算公式,确定该点任意方向面上的应力矢量,并确定其主应力和主平面。

### (四) 摩尔应力圆的概念

上述斜截面的应力公式,可以用  $\sigma, \tau$  坐标平面上圆心在横坐标上的圆表示,此圆即称为应力圆或摩尔圆。

如:由最大主应力  $\sigma_1$  和最小主应力  $\sigma_2$  确定的应力圆(图 6-2-2)和  $\sigma_1$  对应平面成  $\alpha$  角的斜截面上的应力是对应圆周上 A 点的坐标值。

单轴压缩(或拉伸)的应力圆和纵坐标相切;三轴等压状态在图中表示为横坐标上的一点。

### (五) 平面问题虎克定律

#### 1. 弹性模量( $E$ )的概念

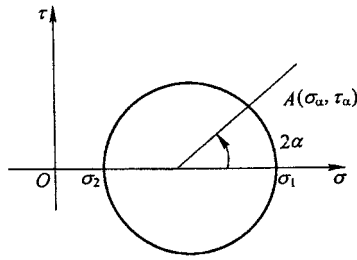


图 6-2-2 应力圆示意图

在比例极限内,材料的应力( $\sigma$ )和应变( $\epsilon$ )成线性关系,此比例系数(即应力和应变的比值)为弹性模量(应力单位)。有公式:

$$\sigma = E\epsilon \quad (6-2-4)$$

## 2. 泊松比( $\nu$ )的概念

在线性范围内,垂直于正应力方向的横向线应变与正向线应变的比值为泊松比(无量纲)。

## 3. 剪变模量( $G$ )的概念

在比例范围内,剪应力和剪应变之比值,为剪变模量。

## 4. 平面问题虎克定律

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y) \\ \sigma_y &= \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x) \\ \gamma_{xy} &= \frac{\tau_{xy}}{G} \end{aligned} \quad (6-2-5)$$

## (六)材料强度和强度理论概念

### 1. 强度理论概念

强度理论是对强度失效提出的各种假说,这些假说将失效的原因归结为应力、应变或变形能等因素中某一因素引起的,以此为基础,通过简单应力状态的实验结果建立复杂应力状态的强度条件。

### 2. 强度理论

常用的强度理论有:

最大拉应力理论(第一强度理论):认为最大拉应力达到材料的极限拉应力时,材料就破坏,适合于三向受拉状态。

最大伸长线应变理论(第二强度理论):认为最大伸长线应变是脆性材料破坏的原

因,适合于脆性材料。

最大剪应力理论(第三强度理论):认为最大剪应力达到材料极限抗剪能力时,使材料破坏,适合于塑性材料。

最大形状改变比能理论(第四强度理论):认为形状改变比能是材料破坏的原因,适合于塑性材料。

摩尔强度理论 通过实验获得若干极限应力圆,其包络线所代表的强度关系。摩尔强度理论是岩土材料常用理论。

### (七)刚度和稳定的概念及其意义

#### 1. 刚度和稳定的概念

刚度为构件在外力作用下抵抗变形的能力。稳定是指构件保持原有压缩平衡状态、即使受变形干扰也可恢复的能力。

#### 2. 意义

工程实际中,对构件除强度要求外,还往往要求其变形不能过大,或者受干扰时不能出现过大的变形,否则也会出现构件和结构不能正常工作的情况,因此刚度和稳定性也是构件设计的重要参数。

井巷工程俗称的稳定,和一般结构构件的稳定含义还有区别。但是,目前对井巷工程稳定同样也有变形不能超过极限变形量的要求。

## 第二节 基本构件与桁架的力学分析方法

### 一、简支梁、柱和压杆的内力分析以及桁架概念与内力分析方法

#### (一)简支梁内力分布特点

简支梁的内力主要有剪力和弯矩,其分布特点可总结如下:

(1)梁上某一区段没有荷载时,该区段剪力图为一直线,弯矩图为斜直线;

(2)梁上某一区段只有均布荷载时,该区段剪力图为斜直线,弯矩图为二次抛物线,凸向与外载方向一致;

(3)集中力作用处,剪力图发生突变,突变值等于集中力值,弯矩图形成尖角,尖角指向与集中力方向一致;

(4) 集中力偶作用处, 弯矩值发生突变, 突变值等于集中力偶的数值;

(5) 最大剪力可能发生在集中力作用处的一侧, 最大弯矩可能发生在剪力等于零的截面、集中力作用处或集中力偶作用的一侧。

## (二) 简支梁内力计算的基本方法

简支梁是静定结构。其计算过程一般都先由静力平衡方程确定支座反力, 当所有作用在梁上的外力为已知时, 可采用截面法计算内力, 即取其中一段作为隔离体向截面处进行内力分析, 根据隔离体的平衡条件, 建立平衡方程, 求解方程。

## (三) 超静定梁的解题原则

超静定梁主要用力法求解, 首先判断超静定梁的超静定次数, 确定多余约束数目, 将超静定梁所有的多余约束释放开, 将其视为相应的附加外力, 从而将超静定梁转变为静定梁, 列出静定平衡方程, 再结合释放多余约束时, 为保持和原来的变形状态一致而得到的变形协调方程, 求解增加的位移方程, 得到多余力, 从而求解超静定梁的内力和位移。

## (四) 柱的内应力

柱子主要承受轴向力的作用, 同样还会有弯矩和剪力作用。任意截面的内力求解方法以及内力与外载之间的变化规律和梁的分析一致。

由于制造轴线的偏差、作用线位置的误差、构件制造的误差以及材料的不均匀等原因, 柱子受力总要考虑轴力的偏心作用或轴力和弯矩的共同作用, 这时的结构构件称为偏心受力构件。偏心构件根据受力和破坏的特点不同, 还分有大偏心与小偏心。

## (五) 压杆稳定问题

### 1. 压杆稳定概念

压杆稳定是指其保持直线形状平衡的能力。当杆件的轴向载荷小于某临界荷载时, 若有微小的侧向干扰力使它暂时发生轻微弯曲, 但干扰力解除后, 它仍将恢复直线形状, 称压杆的这种直线形状的平衡为压杆稳定。一般临界荷载要比强度极限荷载小, 一旦压力超过临界值, 压杆将出现弯曲, 也就是失稳, 称此临界值为压杆稳定的临界荷载。

### 2. 临界荷载的计算方法

确定临界荷载的基本方法有两类, 静力法和能量法。

静力法: 在计算两端铰支的压杆时, 假设压杆轴线是理想直线, 压力  $P$  的作用线与轴线重合, 且材料是均匀的。建立压杆处于微弯平衡状态的截面弯矩挠曲线的近似微分方程, 通过解微分方程结合边界条件可得到临界荷载值, 即两端铰支压杆的欧拉公式:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (6-2-6)$$

对于其他支承情况的压杆,可以折算为两端铰支的压杆,代入公式  $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu L)^2}$  (式中  $\mu$  称为长度系数),利用各种情况下的长度系数求得临界荷载。

能量法 根据势能驻值原理表示平衡条件,寻求结构在新的形式下能维持平衡的荷载,其中最小者即为临界荷载。

### (六) 静定桁架概念及其杆件内力计算方法

(1) 静定桁架是由多根直杆两端用铰连接而成,各杆只受轴力作用而没有多余约束的几何不变体系。

#### (2) 杆件内力计算方法包括:

结点法 即取每个结点为隔离体,每个结点有两个平衡方程,根据平衡方程求解未知力;

截面法 取桁架的一部分为隔离体,根据隔离体的平衡条件每次可列出三个平衡方程,根据平衡方程求解未知力;

结点法与截面法的联合求解法。

计算顺序通常按几何组成相反的次序进行,尽可能避免解联立方程。

## 二、拱的受力特点分析

### (一) 三铰拱的受力特征

(1) 在竖向荷载作用下,三铰拱的竖向反力与相应的水平简支梁的竖向反力相等,与拱轴线形状及拱高无关。

(2) 在竖向荷载作用下,拱截面会产生轴压力。轴力是拱的主要内力,这也是三铰拱的受力特点。

(3) 水平推力只与三铰位置及荷载有关,与各铰间的拱轴线无关,拱高越大,推力越小,反之,拱高越小,推力越大。当拱高为 0 时,推力趋向无穷大,此时三个铰已在同一直线上,属瞬变体系。

(4) 由于水平推力的存在,三铰拱横截面上的弯矩要比相应简支梁的弯矩小。

### (二) 三铰拱受力计算

求三铰拱竖向反力可通过求相应简支梁的支座反力而得到。而水平推力等于相应简支梁对应拱顶铰位置截面的弯矩除以拱高而得。三铰拱内任一截面的内力可用截面法求得。

### (三) 合理轴线的概念

三铰拱在荷载作用下各截面上一般产生弯矩、剪力及轴力。当拱内所有截面均受到

均匀压力且处于无弯矩及无剪力状态时,结构受力最合理、材料使用最经济。这种在固定荷载作用下使拱处于无弯矩状态的轴线称为合理轴线。

### 第三节 各类结构的力学特点

#### 一、混凝土等基本结构和单层与多层结构的力学特点以及各种基础类型

##### (一)混凝土结构、钢结构、砌体结构、木结构基本概念及其力学特性

(1)混凝土结构是以混凝土为主要承重材料制作的结构。它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构和预应力混凝土结构等。

素混凝土结构是指不配置任何钢材的混凝土结构。主要承受压力,承载力低,性质脆,较少作为土木工程的承力结构。

钢筋混凝土结构是指用钢筋作为配筋的普通混凝土结构。配置钢筋主要是为了提高混凝土抵抗开裂的能力。在不同的结构构件中,钢筋的配置,包括大小、数量、位置及形式均应经过设计;主要钢筋一般都布置在构件的受拉部位,如梁、板的下部;为提高梁(特别在支座附近)斜截面的抗剪能力,钢筋混凝土梁还配置弯钢筋和箍筋。

型钢混凝土结构又称钢骨混凝土结构,它是指用型钢或用钢板焊接成的钢骨架作为配筋的混凝土结构。型钢混凝土结构承载能力大、抗震性能好,但耗钢量较多,可在高层、大跨或抗震要求较高的工程中采用。

钢管混凝土结构是指在钢管内浇捣混凝土做成的结构。钢管混凝土结构的构件连接较复杂,维护费用多。

预应力混凝土结构是指在结构承受外载荷之前,在其受拉部位预先施加压应力的混凝土结构构件。预应力混凝土是改善构件抗裂性能的有效途径。根据预应力的制作、施工特点,预应力混凝土分:先张法(先张拉钢筋,后浇灌混凝土)与后张法;全预应力(设计荷载条件下构件截面不允许出现拉应力)和部分预应力;有粘结预应力(混凝土与预应力钢筋粘结和握裹一起)和无粘结混凝土。

(2)钢结构是以型钢或钢材作为主要承重构件的结构形式。有以下力学特性:钢材强度高、重量轻、材性好、可靠性高、抗震性能好;工业化程度高、工期短;密封性好、耐热性较好。缺点:钢材价格相对较贵、耐锈蚀性差、耐火性差。

(3)砌体结构是指采用砖、石或砌块为块材,用砂浆砌筑的结构。其力学特性主要是抗压性能好,但抗拉、抗弯及抗剪性能差,结构整体性较差,抗震性能差。具有较易就地取材、耐火性能良好、造价较低等特点。

(4)木结构以木材作为主要承重构件的结构形式。其力学特性是比强度较大,弹性韧性好,能承受冲击和振动作用,构造不均匀,呈各向异性。

### (二)主要建筑的结构形式

#### (1)用于房屋建筑的主要结构形式:

单层工业厂房常用的结构形式是由一系列的平面承重结构用支撑构件连成的空间整体。大跨度单层房屋的结构形式众多,包括平板网架、网壳、空间桁架或空间刚架体系、悬索、杂交结构、张拉集成结构、索膜结构等。多层、高层及超高层建筑可采用刚架结构、刚架—支撑结构、框筒、筒中筒、束筒等筒体结构,巨型结构包括巨型桁架和巨型框架等。

(2)用于桥梁的结构形式主要有:实腹板梁式结构、桁架式结构、拱或刚架式结构、拱与梁桁架的组合结构、斜拉结构、悬索结构等。

(3)用于塔桅的主要结构形式:桅杆结构、塔架结构。

### (三)各种单层及多层结构的受力和传力特点

(1)单层结构受力特点:主要受竖向荷载的作用,如恒载、活载、吊车荷载等,水平作用主要有风荷载和地震作用,在单层结构中可以认为对结构影响较小。

#### (2)单层结构力的传递途径为:

混凝土结构、钢结构和木结构:板—梁—柱—基础—地基;

砌体结构:板—梁—墙—基础—地基。

(3)多高层结构承受竖向荷载和水平作用,竖向荷载包括有恒载、活载;水平作用如风

荷载和地震作用有时会起控制作用,力的传递途径与单层结构类似。

### (四)各种结构对应的基础类型

(1)混凝土结构常见的基础形式有独立基础、条形基础、筏板基础、箱形基础,地质条件比较差的地区也可采用桩基;

(2)钢结构常见的基础为柱下独立基础;

(3)砌体结构对应常见的基础有墙下条形基础;

(4)木结构对应的基础类型为独立基础和条形基础。

## 二、基本构件受力特点以及截面设计和构件连接的基本要求

### (一)基本构件(梁、柱、墙和板等)的受力特点

(1)梁为受弯构件,主要承受弯矩作用,还承受剪力作用。常用结构形式有钢筋混凝土梁、钢梁、钢与混凝土组合梁等结构形式。

(2)柱为受压构件,分为轴心受压构件和偏心受压构件,主要受轴力、弯矩和剪力的共同作用。受压构件通常利用受压性能良好的材料如砖石、混凝土修建,钢结构中也有钢柱。

(3)墙体在混凝土结构和钢结构中一般仅作为分隔构件,不受力。但钢筋混凝土剪力墙结构、筒体结构、砌体结构和木结构中墙是承重结构,要受轴力和弯矩的作用。

(4)板主要受弯矩和剪力的共同作用。

### (二)构件的截面设计要求

(1)混凝土结构构件截面设计主要要完成截面承载力验算和构件裂缝、变形验算。梁设计要考虑弯矩引起的正截面破坏、剪力引起的斜截面破坏,钢梁还须考虑整体稳定和局部稳定问题,除此之外,梁还要验算刚度,以保证在正常使用时不会变形过大,对于钢筋混凝土梁,还必须限制裂缝宽度。

(2)受压构件设计除考虑由于材料强度不足引起的强度破坏外,还要考虑稳定问题,构件必须限制长细比或高厚比,以免发生失稳破坏。

(3)钢结构构件截面设计要求除了进行承载力验算外,通常起控制作用的是稳定性验算。

(4)砌体结构构件截面主要验算承载力和稳定性,并考虑局部受压能力验算。

(5)木结构构件截面设计也要完成承载力和稳定性验算。

### (三)构件的连接要求

(1)构件连接的基本原则是应满足强节点的抗震设计要求。混凝土构件连接主要是梁柱之间的连接,从抗震角度考虑,要求连接节点承载力不应低于其连接构件的承载力,在多遇地震作用时,节点应在弹性范围内工作。其他几种结构形式的构件连接要求与混凝土构件连接的要求相同。

(2)钢筋混凝土梁柱的节点连接主要采用刚性连接,也有铰连接。

(3)在钢结构中,连接占有很重要的地位。钢结构的连接通常有焊接、铆接和螺栓连接。焊接连接是现代钢结构中最主要的连接方式,他的优点是任何形状的结构都可用焊缝连接,构造简单,一般不须拼接材料,省钢省工,而且能实现自动化操作,生产效率较

高。但是,焊缝质量易受材料、操作的影响,因此对钢材材性要求更高,高强度钢更要有严格的焊接程序,焊缝质量要通过多种途径的检验来保证。

(4)木结构构件的连接主要有:齿连接、销连接、键连接、胶连接、承拉连接等。

## 第三章 矿山地面工业建筑结构工程构造、施工与设计要求

### 第一节 矿山主要地面工业建筑结构形式和施工要求

#### 一、井架

(1) 结构分类 按建造材料不同可分为钢井架、钢筋混凝土井架、砖井架、木井架。

竖井生产井架高度在 25m 及以下时 , 一般采用钢筋混凝土结构 ; 高度超过 25m 时 , 经过经济技术比较 , 可采用钢筋混凝土结构或钢结构 ; 高度在 15m 及以下 , 服务年限较短的罐笼井 , 亦可采用砖石结构。

(2) 结构组成形式 钢井架结构一般包括头部、立架、斜架、井口支撑梁、斜架基础等五大部分。

头部是井架的上部结构 , 包括天轮托架、天轮平台、天轮起重架及防护栏杆等 ;

立架是井架直立的那一部分空间结构 , 用来固定地面以上部分的罐道、卸载曲轨等 , 并承受头部下传的荷载 ;

斜架是位于提升机一侧的倾斜构架 , 用来承受大部分的提升钢丝绳荷载 , 并维持井架的整体稳定性 ;

井口支承梁是井口支承立架的梁结构 ;

斜架基础是斜架将其承担的荷载传到地基上的结构体。

(3) 荷载种类

自重荷载。包括头部、立架、斜架、井口支承梁等的钢井架自重 ,估算公式 :

$$G = \gamma \cdot H \cdot S^{1/2} \quad (6-3-1)$$

式中  $G$ ——钢井架自重标准值 ;

$H$ ——井架高度( m );

$S$ ——提升钢丝绳的拉断力 ;

$\gamma$ ——自重系数 对于单斜撑井架  $\gamma = 0.2$  对于双斜撑井架  $\gamma = 0.3$ 。

其他荷载包括 :提升钢丝绳荷载 ;钢丝绳罐道工作荷载 ;防坠制动钢丝绳荷载 ;活荷载 ;风荷载 ;地震作用。

二、井塔

(1) 结构分类

按建筑材料的不同可区分为 :砖或混凝土砌块结构井塔、钢筋混凝土结构井塔、钢结构井塔、钢筋混凝土和钢的混合结构井塔。已建的井塔绝大部分为钢筋混凝土结构 ,且采用爬模施工。

(2) 结构组成形式

钢筋混凝土井塔的结构形式有 :箱型、箱框型、圆筒型及框架型等。

(3) 荷载种类

自重荷载 :包括结构自重、设备自重、套架自重等。

结构自重的估算公式

$$Q = \gamma \cdot V \quad (6-3-2)$$

式中  $Q$ ——井塔自重标准值 kN ;

$V$ ——井塔建筑体积  $m^3$  ;

$\gamma$ ——井塔折算重度  $kN/m^3$ 。

设备自重包括摩擦轮、减速器、电动机等设备重量 ,由工艺提供 ;

套架自重的估算公式

$$Q = n \cdot H \quad (6-3-3)$$

式中  $Q$ ——套架自重标准值( kN );

$H$ ——井塔高度( m );

$n$ ——套架线重度 (  $kN/m^3$  )。

其他荷载包括 :楼面及屋面活荷载 ;提升机设备引起的荷载 ;罐道系统的荷载 ;吊装

荷载 ;风荷载 地震作用。

### 三、筒仓

#### (1) 结构分类

按建筑材料的不同可区分为 :砖或混凝土砌块结构筒仓、钢筋混凝土结构筒仓、钢结构筒仓、钢筋混凝土和钢的混合结构筒仓。目前筒仓多做成钢筋混凝土结构 ,砖石筒仓、钢筒仓已较少采用。

#### (2) 结构形式

筒仓按截面形式分为圆仓与方仓( 矩形筒仓 )。

(3) 荷载种类 :自重( 结构自重、设备自重 ) ;楼面及屋面活荷载 ;贮料荷载( 包括深仓贮料压力、浅仓贮料压力等 ) ;风荷载 ;雪荷载 ;积灰荷载 ;筒仓外部的堆料荷载 ;地震作用。

### 四、输送机栈桥( 走廊 )

#### (1) 结构形式

按建筑材料的不同可区分为 :砖或混凝土砌块结构 ;钢筋混凝土结构( 梁式、桁架式、薄壁箱型 ) ;钢结构( 钢桁架、钢管球节点桁架 ) ;钢筋混凝土和钢的混合结构。

#### (2) 结构组成形式

输送机走廊由廊身、支承结构及基础三部分组成。

(3) 荷载种类 :结构自重 ;楼面使用荷载( 楼面均布活荷载与输送机支腿荷载 ) ;屋面活荷载 ;风荷载 ;雪荷载 ;地震作用。

### 五、选矿( 煤 ) 厂房

#### 1. 厂房结构形式分类

按建筑材料的不同可区分为 :砖木结构、砖混结构、钢筋混凝土结构、钢结构、钢筋混凝土和钢的组合结构。目前广泛采用钢筋混凝土框、排架结构 ,特别高大的厂房广泛采用钢结构。

2. 荷载种类 :结构自重 ;设备自重 ;楼面使用荷载 ;屋面活荷载 ;积灰荷载 ;风荷载 ;雪荷载 ;地震作用。

### 六、相关的施工要求

钢筋混凝土箱型井塔和钢筋混凝土筒仓的施工主要采用爬模施工 ,爬模施工分为有

爬架爬模和无爬架爬模两种,施工时一般采用有爬架爬模施工,可以用外墙爬模或内外墙整体爬模施工。井塔和井架施工时必须考虑井筒的安装情况。

井架、输送机走廊及选矿(煤)厂房的施工必须配合工艺要求,按照设计的结构形式(钢筋混凝土结构、砖混结构)进行施工,满足相应的施工规程,钢结构施工必须按照《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)进行,必须进行防腐防火处理。

## 第二节 矿山主要地面工业建筑结构构造要求

### 一、井架构造要求

(1)极限长细比 $\lambda$ (保证结构有足够的刚度,避免如因天轮运转等因素引起的过大振动而不稳定)的取值应满足《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)要求

主要受压杆件(立架支柱、斜架弦杆、顶梁斜杆、天轮托架压杆等) $\lambda = 100$ ;

次要受压杆件(除上述外及横向支撑的压杆) $\lambda = 130$ ;

主要受拉杆件(立架及斜架中的主要腹杆) $\lambda = 200$ ;

次要受拉杆件(除上述外及构造杆件) $\lambda = 300$ ;

(2)构件截面的最小尺寸要求(《钢结构设计规范》GB 50017—2003):

由角钢组成的受力构件,角钢截面不应小于 $63 \times 8$ ,焊接构造构件(不受力的)不应小于 $50 \times 5$ ,铆接构造构件(不受力的)不应小于 $63 \times 6$ ;

连接受力构件的节点板厚度不小于 $8\text{mm}$ ,连接构造构件的节点板厚度不小于 $6\text{mm}$ 。

(3)防腐防锈要求。

### 二、井塔构造要求主要内容

#### 1. 钢筋混凝土井塔壁板构造

井塔壁板的门窗洞口宜上下对齐成列布置,以形成明确的墙肢和连梁;

壁板混凝土强度等级不应低于C20;

井塔壁板非抗震设计不宜小于 $180\text{mm}$ ,抗震设计不宜小于 $200\text{mm}$ ,一、二级抗震等级时,底层壁板宜适当加厚。

#### 2. 钢筋混凝土井塔壁板配筋构造

壁板一般采用双排配筋,横向钢筋宜布置在竖向钢筋外侧。双排钢筋之间采用拉筋连接,拉筋直径不小于  $\phi 6$ ,可隔点布置,每平方米内不少于 4 个。井塔底层一般层高较大,壁板具有双向板性质,横向分布钢筋直径宜取与竖向分布钢筋相同。

### 三、筒仓构造要求主要内容(《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077—2003)

#### 1. 圆形筒仓仓壁和筒壁的构造要求

筒仓仓壁和筒壁的混凝土强度等级不宜低于 C20;

圆形筒仓的仓壁和筒壁最小厚度不宜小于 150mm,滑模施工不宜小于 160mm;

直径不小于 6m 的筒仓,仓壁和筒壁宜配置内外双层钢筋;

仓壁和筒壁的水平钢筋直径不宜小于 8mm,也不宜大于 20mm;

竖向钢筋直径不刨、于 10mm。仓壁或筒壁竖向钢筋总的最小配筋百分率,应符合规定。竖向钢筋的接头宜采用焊接。

#### 2. 矩形筒仓仓壁的构造要求

仓壁混凝土强度等级不宜低于 C20;

仓壁最小厚度不宜小于 150mm,四角宜加腋,并配置内外双层钢筋;当仓下支承柱伸到仓顶时,仓壁中心线宜重合布置,当仓壁中心线与柱中心线不重合时,仓壁的任何一边离柱边的距离不应小于 50mm。

#### 3. 洞口的构造要求

在仓壁上开设洞口的宽度和高度均不宜大于 1m,并应按规定在洞口四周配置附加钢筋;

仓底以下通过车辆或胶带输送机的洞口,除按计算配置附加钢筋外,尚应按规定在洞口两侧设扶壁柱和配置构造配筋。

#### 4. 漏斗的构造要求

漏斗壁的混凝土强度等级不宜低于 C20;

漏斗壁的厚度不宜小于 120mm,且宜配置内外双层钢筋;受力钢筋的直径不宜小于 8mm,间距不应大于 200mm,也不应小于 70mm;各钢筋的总的最小配筋百分率,均不应小于 0.3%。

#### 5. 柱和环梁的构造要求

当仓下支承结构为柱子时,柱顶应设环梁,其截面及配筋量按计算确定。

#### 6. 内衬的构造要求

仓体内部表面应根据贮料重度、粒径、硬度、落料高度、进出料方式及对漏斗壁光滑

度的要求,设置相应的耐磨、助滑与防冲击层;方法有:将受力钢筋的混凝土保护层加厚20mm兼做内衬;选用抗冲磨性能好的材料作内衬;当使用条件允许时,仓底应考虑以死料(在仓底不再流动的物料)作为内衬;卸料口处的内衬应考虑易于更换;仓顶进料口处的四周,应避免贮料的冲磨,否则宜采取相应的防护措施。

### 第三节 矿山主要地面工业建筑结构工艺要求和设计方法

#### 一、井架

井架是用来支承天轮的结构物,同时用其固定井筒以上部分的罐道、卸载曲轨、防坠钢丝绳等。它和提升机一起共同担负提升矿石、矸石、下放材料、设备和升降人员等任务。

井架结构设计包括井架内力与位移计算、钢井架构件及连接计算和斜架基础设计。

#### 二、井塔

井塔是用于支持塔式多绳提升机、承受提升荷载并起维护作用的结构物。井塔塔身内设套架(也称内井塔),套架是整体的或分段的竖立空间支架,包围着容器运行空间,用以固定刚性罐道、楔形木罐道、卸载曲轨、四角罐道等。

井塔结构设计包括钢筋混凝土箱型井塔、箱框型和框架型井塔塔身内力与位移计算、构件截面设计和井塔基础设计。

#### 三、筒仓

筒仓一般具有贮存散料和进行装车的功能,装贮设施大致有两种类型:装贮分建和装贮合一。用于装车的筒仓叫做装车筒仓,是架空的,下面可通火车。

筒仓结构设计方法:圆筒仓内力计算、矩形筒仓仓壁计算、漏斗壁内力计算、构件截面设计和筒仓基础设计。

#### 四、输送机走廊

用以支承胶带输送机并供人员通过高出地面的结构物称为胶带输送机栈桥,为防避

风雨保护设备,通常在栈桥上修有墙壁与顶盖,称为输送机走廊。

输送机走廊结构设计方法:钢筋混凝土梁式廊身内力计算;钢筋混凝土桁架廊身内力计算;钢桁架廊身内力计算;钢筋混凝土支撑框架计算。

## 五、选矿(煤)厂房

选矿(煤)厂房是实现选矿生产工艺过程和人们工作的场所。厂房组成有破碎筛分厂房、洗矿车间、重介质车间、主厂房、精矿脱水车间、包装和配料车间,各种矿仓、胶带输送机通廊、转运站、泵站、药剂制备间、试验室与化验室、机修车间、电修车间、材料仓库、尾矿库等。这些是由生产工艺过程所确定的,是总平面布置的基础。

选矿(煤)厂房结构设计方法:主要熟悉钢筋混凝土单层排架厂房及多层框架厂房的结构设计,结合工艺要求进行设计。考虑结构在竖向荷载和水平荷载作用下的结构内力计算,内力组合,梁柱截面配筋。基础可以采用独立基础、条形基础、井格式基础和筏板式基础,根据地基的允许承载力和上部荷载确定基础形式。

## 第四章 矿物加工工程设计与施工

### 第一节 矿物加工工程设计、施工的主要内容与方法

#### 一、矿物加工工程设计步骤以及工艺流程设计的主要内容

##### (一) 矿物加工工程设计步骤

矿物加工工程设计是以选矿工艺专业为主体,其他有关专业相辅助,共同完成的整体设计。选矿厂工程项目基本建设程序大体分为设计前期工作阶段、设计阶段(初步设计和施工图设计)、建设阶段(配合施工和试生产)三个阶段。

##### 1. 设计前期工作阶段

此阶段包括在企业建设规划的基础上编制项目建议书,进行项目的可行性研究、矿石试验研究、厂址选择、以及收集设计基础资料。设计用基础资料包括一般性资料和矿产资源资料两大类。一般性资料主要有:项目可行性研究报告及上级批复报告、矿区资源地质报告、有关地理、地形、交通、气象、水文、水源、电源、工程地质等资料以及与有关单位关系的协议等。矿产资源资料主要包括:矿床地质勘探报告、资源加工实验报告(选矿需要“选矿实验报告”,选煤需要“生产煤样资料”)等。

##### 2. 初步设计阶段

是将设计任务书所规定的原则问题和方案,如建厂规模、服务年限、供矿方式、工艺流程、产品方案及用户、设备选型、设备配置、总平面布置、交通运输、供排水、供电、机修、

工程概算、投资控制、建设进度、技术经济评价等具体化的一项设计过程。

经批准的初步设计和总概算,是控制建设工程拨(贷)款、编制基建投资计划、签定建设项目总承包合同和贷款合同、实行投资包干、组织主要设备定货、进行施工准备、编制施工图设计(或技术设计)文件等的依据。

### 3. 施工图设计阶段

施工图设计是在初步设计和总概算的基础上,进行选矿工艺设备、机组及金属结构构件安装图、金属结构构件、非标准零件制造图、配管图、配槽图、水暖及电气施工图的设计。

### 4. 配合施工和试生产阶段

向建设单位和施工单位交代设计意图,解释设计文件,及时解决施工中出现的有关设计问题,监督施工质量,参加工程验收、试运转及处理遗留问题等。

## (二) 工艺流程设计的主要内容及原则

工艺流程设计的主要内容包括:矿产资源特性分析,主要加工方法选择,产品优化方案和最佳生产条件的选择,详细工艺流程制定,工艺流程的数质量和矿浆(水)量计算,采用重介质分选方法时还要进行介质流程计算。

工艺流程设计的原则是:符合国家相应的规范、规定,充分考虑待加工原料的特性,满足生产指定产品时的需要,尽量采用新工艺、新技术,使系统灵活、简单、便于管理。

## (三) 设备选型及工艺布置原则

### 1. 设备选型原则

所选设备的型号与台数,应与所设计的厂型相匹配,尽量采用大型设备;所选设备类型应适应原料的特性和产品质量要求;应优先选用高效、低耗、成熟可靠的产品;尽可能选用同类型、同系列产品。

### 2. 设备配置原则

设备布置应根据生产工艺要求和设备型号,将所选择设备合理配置在厂房中,做到物料流动通畅,布局紧凑、合理,并留有足够的操作和检修空间;重型和振动大的设备应尽量布置在厂房底层;同类设备应尽量布置在同一标高;溜槽、管路尽量缩短长度,且坡度要保证物料自流,节约投资。必须充分考虑安全、劳保、环保及卫生规定的要求。

### 3. 厂房(车间)布置原则

厂房(车间)应尽量采用联合建筑;应尽量降低厂房高度,少建地下设施;厂房结构应满足工艺、设备安装和检修的需要,厂房的梁柱、层高、柱距等应符合土建工程的要求,辅助及生活设施应按照规范设置。

#### (四)总平面布置原则

工业场地的平面布置应结合地形、地物、工程条件及工艺要求,做到有利生产,方便生活,节约用地,并应符合下列要求:

(1)应充分利用地形,减少土石方工程量,利用自流管、沟;

(2)建(构)筑物、道路及工程管线的布置应紧凑合理,协调、美观,主要建(构)筑物应布置在工程地质条件好的地段;

(3)分期建设的工程,应便于前后衔接,其预留场地宜在边缘地带,改、扩建项目,应充分利用已有场地、建(构)筑物和设施;

(4)应处理好建(构)筑物位置与风向、朝向的关系。应充分考虑安全、环保设施和措施。

(5)应与当地规划或矿区的总平面布置协调。

### 二、选矿(煤)厂土建施工及设备安装的要求

#### (一)图纸会审和技术交底

图纸会审工作一般在施工承包单位完成自审的基础上,由业主单位主持,监理单位组织,设计单位、施工承包单位、质量监督部门、物资供应单位等有关人员参加,对设计意图及技术要求彻底了解、融会贯通,并发现问题、提出建议与意见等,将设计图纸中的差错、缺陷,纠正和补充完成在施工之前。

设计单位对于图纸的设计意图、工程技术与质量要求等向施工单位做出明确的技术交底。

图纸会审重点解决以下问题:

(1)理解设计意图和业主对工程设计的要求;

(2)检查设计深度是否满足指导施工的要求,工程结构是否合理,以及了解采用新工艺、新技术、新材料、新设备的情况;

(3)审查设计方案及技术措施中,贯彻国家及行业规范、标准的情况;

(4)根据施工图纸要求,检查施工单位组织的施工条件是否具备,施工现场能否满足要求。

(5)检查图纸各种数据有无矛盾或缺陷、是否准确等,建筑结构有无矛盾等;

(6)检查图纸上标明的的工作范围与合同中有无明显差异。

(7)施工过程中,设计方委派施工代表

负责协调设计与施工之间的矛盾,补充设计中不明确或不适宜的部分,确实必要时,

出据“设计变更”。

### (二) 设备安装的要求

设备安装的要求应在施工图中正确、清晰地表示,内容有:

(1)按工艺要求,正确地按比例绘制各车间设备的配置关系,确定设备之间、设备与建(构)筑物之间的布置关系及定位尺寸;

(2)按工艺要求,在设备或机组安装图中,准确地表示设备与构件之间的安装关系。

(3)在金属结构(零)件制造和安装图中,对溜槽、漏斗、支架等非标件的结构形状、制作要求及安装关系进行明确表示;

(4)对泵等高速旋转设备的基础,应有结构要求,可在土建施工图中明确表示其结构特点。

## 第二节 矿物加工的主要方法、工艺环节

### 一、矿物加工的基本内容

矿物加工大体经过初加工、深加工、制品加工三个阶段。

(1)矿物初加工指传统的矿物机械加工与物理选矿,包括矿石的破碎筛分、磨矿分级、选别富集、产品脱水四个工艺过程,为用户提供粒级和品位都合格的矿物原料。

(2)矿物深加工指将经采选粗加工的矿物原料或岩石,根据用户或制品对其技术性能的要求,经过精细提纯(化学选矿)、超细粉碎、改性与改型、特殊机械加工(切割、磨、抛光、雕刻)精细加工的工艺过程,为用户提供精细矿物原料或是可直接利用的材料。

(3)矿物制品加工指利用经初加工或深加工的矿物或岩石作为主要原料(或主要原料之一),与其他无机或有机材料结合,经过包括原料准备、成型、固化(包括烧结)及后处理四大工艺的制造过程。制备加工的任务是为用户提供具有某些特异性能可直接利用的材料和制成品。

### 二、矿物加工的主要方法

矿物加工方法主要有:破碎筛分、磨矿分级、选别富集、产品脱水、精细提纯、超细粉碎、改性与改型、特殊机械加工、原料准备、成型、固化、后处理 12 种方法。

(1) 矿物破碎筛分指根据矿石的物理性质,选择适当的破碎设备破碎矿石,并根据下道工序对矿石粒度的要求,对破碎后的矿石通过筛分设备分级。

(2) 矿物磨矿分级指根据矿物的结晶粒度,选择适当的磨矿设备磨碎矿石,使有用矿物和脉石达到单体解离或满足后继作业的粒度要求,并经过分级机控制产品粒级组成。

(3) 矿物选别指根据矿物物理性质、表面物理化学性质的差异,对已经单体解离的矿石中的有用矿物与脉石矿物分选、富集。常用的分选方法有:手选法、摩擦选矿、光电选矿、电选法、浮游选矿(煤)法、重力选矿(煤)法、磁力选矿、化学选矿等。

(4) 矿物脱水指根据粒度不同,采用不同方法和机械设备,在重力、压力、离心力场或热空气中通过过滤介质或热气流将产品水分降低。对分散在液体中的细粒物料,一般要先经过浓缩,脱水后的尾矿要采用适当方法处理,避免污染环境。

(5) 矿物精细提纯一般采用化学方法,其工艺环节主要有焙烧、超细磨、浸出、固液分离及浸出物处理等。

(6) 超细粉碎指将精细提纯的精矿采用适当的磨矿分级设备,粉碎至1微米级以下甚至纳米级的工艺过程。常用的方法主要有机械式和气流冲击式两种方法。目前我国主要采用机械式超细粉碎。

(7) 改性与改型指根据后继工序对产品的理化性能要求,有目的地改善矿物或其表面理化性能,以提高其使用价值和开拓新应用领域的工艺过程。常用的方法有化学处理改性、表面处理改性及热处理改性三种方式。

(8) 特殊机械加工指对天然或人造石材、宝玉石进行机械加工,使其成为可直接利用的型材、板材、装饰品、工艺品、首饰的加工过程。常用的方法有锯、切、雕刻、磨、抛光等。

(9) 矿物原料准备指按照产品功能和要求设计的组分配比配制混合料,经过搅拌、混匀、炼制等加工过程。常用的有泥浆浇铸料、胶体悬浮料、坯料、压塑料、干粉预拌料等。

(10) 矿物材料成型是对专门的混合料模具或载体上应用机械力或物理化学的作用,使原料组份均匀地定形及形成一定强度的加工过程。常用的成型方法有塑性成型、模压成型、辊压成型、喷涂成型、缠绕法成型、抄取成型、带式成型、造粒成型等。

(11) 固化工艺处理的目的是使制品获得最终机械强度和其他物理与界面化学性能。有时固化工艺与成型过程同时完成。固化的方法很多,但按其原理,可归纳为两类,即烧结和胶结。

(12) 制品后处理是指对制品的外观质量、结构形状、装配与使用规格尺寸等进行最终加工处理,也包括进一步改善与稳定制品质量、性能以及加工成复合产品的生产工艺。后处理主要有热处理、去除加工、表面处理及接合与包覆等四种工艺。

### 三、常用的选矿方法

常用的选矿方法有 重选法、浮选法、磁选法与电选法。

(1)重选法是根据矿物相对密度的差异来分选矿物。密度不同的矿物粒子在运动的介质中(水、空气与重液)受到流体动力和各种机械力的作用,造成适宜的松散分层和分离条件,从而使不同密度的矿粒得到分离。

(2)浮选法是根据矿物表面物理化学性质的差别,经浮选药剂处理,使用矿物选择性地附着在气泡上,达到分选的目的。

(3)磁选法是根据矿物磁性的不同,使不同的矿物在磁选机的磁场中受到不同的作用力,从而得到分选。它主要用于选别黑色金属矿石(铁、锰、铬);也用于有色稀有金属矿石的选别。

(4)电选法是根据矿物导电率的差别进行分选的。当矿物通过电选机的高压电场时,由于矿物的导电率不同,作用于矿物上的静电力也就不同,因而可使矿物得到分离,电选法用于混合粗精矿的分离和精选,如白钨和锡石的分离,锆英石的精选、钽铌矿的精选等。

### 四、选矿过程的基本作业构成

(1)选矿作业主要包括 准备作业,包括矿石的破碎与筛分,磨矿与分级。

选别作业,如重选、浮选与电选等。

脱水作业,如过滤、干燥等。

(2)矿石经过选别作业处理后得到富集的产品称之为(最终)精矿。它是选矿厂的最终产品,一般作为后续作业的原料。最终精矿要使其主要成分及杂质含量都达到国家标准。

(3)除精矿以外,矿石的次要成分或其他伴生金属也应得到回收。所剩余的部分称之为尾矿,或叫最终尾矿。尾矿中仍然含有受目前技术水平限制而难于提取、但将来有可能成为再利用的原料。因此,一般都将尾矿堆放在尾矿库保存起来。

### 五、识读流程图

(1)线式流程图是目前我国最常用的一种流程图。表示方式:以线段表示作业,箭头表示矿石(浆)流向,并在流程上标注药剂用量、工艺条件和选别指标。

(2)设备流程图使用标准图示符号,表明工艺过程中所使用的设备和设施及其相互

关系的系统图。图中包含了工艺过程中使用的每一台设备及其位置号。各种设备的图示符号按规定标准绘制或与设备外形形似。工艺过程中流动的各种物料都由特定的、带箭头的线条表示其走向(见图 6-4-1)。

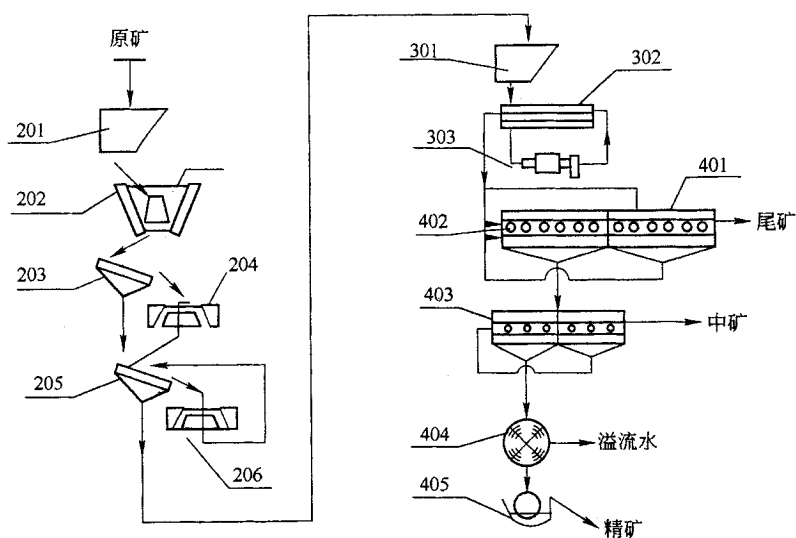


图 6-4-1 设备流程图举例

201—矿仓 202—旋回破碎机 203—条缝筛 204—中碎圆锥破碎机 205—筛子；  
206—细碎圆锥破碎机 301—矿仓 302—螺旋分级机 303—球磨机 402—粗选浮选机；  
403—精选浮选机 404—浓缩机 405—真空过滤机

### 第三节 尾矿工程设计原则与方法

#### 一、选矿厂尾矿处理的意义

尾矿常以矿浆状态排出。尾矿数量很大,占用不少土地,选矿厂排出的尾矿中常含有大量的药剂及有害物质,其来源为选矿过程中加入的浮选药剂以及矿石中的金属元素。因此选矿厂尾矿不能任意排放,以免造成污染和占用土地。

另一方面,尾矿的概念是相对的,尾矿中含有大量、的有用成分。在目前的技术水平下,有些贵金属、稀有金属不能回收,但随着科学技术的进步,尾矿中的有用成分可以

重新开发利用。因此,对选矿厂尾矿进行妥善处理有着十分重要的意义。

## 二、尾矿设施工程的设计原则

### 1. 透水性坝

由堆石体、上游面铺设反滤层和保护层构成所谓的透水堆石坝,利于尾矿堆积坝迅速排水,降低尾矿坝的浸润线,加快尾矿固结,有利于坝的稳定。

### 2. 土坝

必须采用综合排渗设施以降低尾矿坝的浸润线。

## 三、尾矿处理方法

根据选矿方法的不同,更主要的是尾矿性质的差异,对尾矿处理也就有着不同的方法。国内外目前对尾矿资源的综合利用可以概括为下列几种途径:

(1)首先要尽量做好尾矿资源有用组分的综合回收利用,即固体废物减量化,采用先进技术和合理工艺对尾矿进行再选,最大限度地回收尾矿中的有用组分,这样可以进一步减少尾矿数量。有的选矿厂向无尾矿方向发展。

(2)尾矿用作矿山地下开采采空区的充填料,即水砂充填料或胶结充填的集料。尾矿作为采空区的充填料使用,最理想的充填工艺是全尾矿充填工艺,但目前仍处于试验研究阶段。在生产上采用的都是利用尾矿中的粗粒部分作为采空区的充填料。选矿厂的尾矿排出后送尾矿制备工段进行分级,把粗砂部分送井下采空区,而细粒部分进入尾矿库堆存。这种尾矿处理方法在国内外均已得到应用。

(3)用尾矿作为建筑材料的原料:即资源性开发:如制作水泥,硅酸盐尾砂砖、瓦,加气混凝土,铸石,耐火材料,玻璃,陶粒,混凝土集料,微晶玻璃,溶渣花砖、泡沫玻璃和泡沫材料等。

(4)用尾砂修筑公路、海岸造田,用作路面材料、防滑材料等。

(5)在尾矿堆积场上覆土造田,种植农作物或植树造林。

(6)把尾矿堆存在专门修筑的尾矿库内,这是多数选矿厂目前最广泛采用的尾矿处理方法。

## 四、尾矿堆存作业

尾矿车间通常由尾矿输送及尾矿堆存工序组成,其作用是将暂时不能利用的尾矿堆存并恢复生态环境,防止固体废物污染环境。砂泵站、回水泵站、输送管道、尾矿库是构

成尾矿车间的主要设施。

## 第四节 选矿工艺及其质量控制的主要内容

### 一、选矿(煤)生产组织过程

(1)投产试车 项目基本建设完工后,生产组织的第一步是试车,其主要目的是实际考察各项设计指标能否达到,设备运转是否正常,系统各环节配合情况等。各环节运转正常、通过验收后,企业正式投产。

(2)员工培训上岗 在试车投产之前,应招收员工,并进行岗前培训。通常,矿物加工企业的操作工人、管理人员在上岗之前,都到同类企业实际进行跟班作业,掌握组织生产和操作的技能。

(3)启停车顺序 矿物加工企业是流程型企业,一般以系统中物料流向为参照,系统启车时,应逆物料流动方向顺序启动各台设备,系统停车时,应顺物料流动方向顺序停止各台设备。

(4)生产经营计划编制 在市场经济条件下,企业生产同样要有生产计划。生产计划一般按年度、季度、月、日进行编制,计划内容包括产品产量、质量及品种计划、产品销售计划、物资供应、设备检修、技术改造、成本、财务、利润计划等。

(5)质量控制 质量控制包括对各工艺环节的中间产品和最终产品质量的管理和控制。质量控制工作应有:编制质量控制指标和计划、设立质量检查组织、指定产品检验点、制定奖惩制度等。对中间产品,一般进行日常快速检查,每一小时检查一次,以便指导生产;对最终产品,按用户和批次进行检查,以便进行用户监督和财务结算。

(6)生产情况分析 根据各种管理报表数据、国家和行业标准,对主要生产考核指标进行分析(见(2)),以便找出差距,改进工作,保证生产正常进行。

(7)生产操作条件的优化 利用计算机和自动化技术,对主要生产环节的操作条件进行改善或寻优,可以较大幅度地提高产品产量和质量。

(8)产品销售 产品销售是企业生产的保证。应搞好市场开拓、制定销售策略、把握产品价格、做好售后服务。

## 二、主要生产考核指标

### (1) 经济考核指标

电耗、水耗、药剂消耗、钢耗、其他材料消耗、各作业设备运转率,人身和设备安全情况等。

### (2) 质量考核指标

精矿(煤)品位,主要杂质含量、水分、粒度组成等。

### (3) 综合考核指标

按班、日、月、旬、季、年编制的物料平衡表,包括原矿(煤)处理量、品位、精矿产率、精矿品位、尾矿品位等,物料平衡表是选矿生产的基本资料,是评价选矿(煤)厂在某一时间内完成生产指标的第一手资料。若理论物料平衡与实际物料平衡差值大,说明生产过程不正常(或计量检验误差大、或技术管理水平低)。

### (4) 全员效率:衡量劳动效率的指标。

(5) 加工费:成本中除去原料购置费用以外的所有费用,通常用每吨原料的加工费进行管理水平的评价。

(6) 利税:矿物加工企业的利税是一项综合指标,它与待加工原料的性质、工艺流程、设备性能、管理水平、生产效率均有密切关系。在不同企业之间,条件相差较大时,利税的高低可比性不大,但对同一企业,各年利税情况是可比的。

(7) 设备完好率:设备完好率标志着企业的设备管理水平,对各种设备完好的评定也有行业标准。