

摘要

矿井提升机是沿井筒提升煤炭、矸石、升降人员、下放材料的大型机械设备。它是矿山井下生产系统和地面工业广场相连接的枢纽,故要求具有很高的安全性,其成本和耗电量也比较高。本课题来源于山东科技大学提升与运输实验室针对煤炭专业大四毕业设计的课题研究,应用于杨村煤矿原始条件参数。

单绳缠绕式矿井提升机的工作原理:钢丝绳的一端用钢丝绳夹持固定在卷筒幅板上,另一端经卷筒的缠绕后,通过井架天轮悬挂提升容器。这样,利用主轴旋转方式的不同,将钢丝绳缠绕上或放松,以完成提升或下降容器的工作。本次在缠绕式交流矿井提升机选型设计中,主要是根据所给参数确定矿井提升设备,包括选择提升容器、钢丝绳、提升机、卷筒及校核提升能力,并经过多方面的技术经济比较,结合矿井的具体条件,做到设计切合实际。保证提升机的选型及其运转两个方面都是合理的,最终确定具有经济安全合适的提升系统。

本次设计还包括对提升机电控系统的选择,以及一些必要图纸的绘制。绘图工具采用 AutoCAD.

关键词: 矿井提升机; 单绳缠绕式; 选型设计

Abstract

Mine Hoist is along the shaft upgrade coal, coal, movements, a large delegation of material mechanical equipment. It is underground mine production systems and the ground industry square connected to the hub, it requires high security, costs and power consumption is relatively high. The problem comes from the Shandong University of Science and Technology to enhance the research laboratory for coal and transportation design professional graduating senior, applied to coal mine Yangcun original condition parameters.

What the principle of the single rope twines mine pit elevator is that: One end of the steel wire rope is fixed to Winding by the steel wire rope nip, another end after twined hangs and promotes the vessel by derrick wheel. In this way, we make use of the differences of the revolve way to twine or relax the steel wire rope so that to complete the vessel to step up or drop down. The AC in the winding mine hoist the type design, the main according to the parameters of mine to upgrade equipment, including the option of upgrading containers, rope, hoist, and checking drum capacity and the result of technical and economic comparison with the specific conditions of mine, so design realistic. Hoist guarantee the selection and operation of two aspects are reasonable, and ultimately determine a suitable economic security system upgrade.

The design also includes a hoist control system of choice, as well as some draw the necessary drawings. Drawing tools using AutoCAD.

Key words: Mine Hoist; Single Rope Winding; Selection Design

目录

绪论	1
1 课题设计简介	4
1.1 设计课题.....	4
1.2 课题原始资料.....	4
1.3 研究思路与方法.....	4
2 主要提升设备的选型设计	5
2.1 提升容器的选择设计.....	5
2.1.1 选择原则.....	5
2.1.2 按经济提升速度选择最大提升速度.....	5
2.1.3 估算一次提升循环时间.....	6
2.1.4 一次提升量的计算.....	6
2.2 提升钢丝绳的选择.....	7
2.2.1 提升钢丝绳的结构.....	7
2.2.2 提升钢丝绳的类型及特点.....	8
2.2.3 提升钢丝绳的选择计算.....	10
2.3 提升机与天轮的选择.....	11
2.3.1 提升机的类型.....	11
2.3.2 单绳缠绕式提升机的分类.....	11
2.3.3 提升机的选择计算.....	12
2.3.4 天轮的选择.....	14
2.4 提升机与井筒的相对位置.....	14
2.4.1 井架高度.....	15

2.4.2	滚筒中心至井筒提升中心线的距离 L_s	15
2.4.3	钢丝绳的弦长 L_x	16
2.4.4	钢丝绳的内外偏角计算	16
2.4.5	验算提升机滚筒的下出绳角	17
2.4.6	提升机与井筒相对位置图	18
2.5	初选提升电动机	18
2.5.1	估算电动机功率	18
2.5.2	估算电动机转速	19
2.5.3	选电动机	19
2.5.4	确定提升机的实际最大提升速度	20
3	提升运动学和动力学计算	21
3.1	提升系统的变位质量	21
3.1.1	直线运动部分的变位质量	21
3.1.2	旋转部分的变位质量	22
3.1.3	总变位质量	22
3.2	运动学计算	22
3.2.1	加速度的确定	22
3.2.2	提升减速度的确定	23
3.2.3	速度图参数的计算	23
3.3	动力学计算	25
3.3.1	初加速阶段	25
3.3.2	主加速阶段	26
3.3.3	等速阶段	26
3.3.4	减速阶段	27
3.3.5	爬行阶段	27

4 提升电动机的验算	28
4.1 电动机功率验算	28
4.1.1 按电动机允许发热条件验算.....	28
4.1.2 按正常运行时电动机过负荷能力验算.....	29
4.1.3 特殊过负荷能力验算.....	29
4.2 电动机电耗及效率计算	29
4.2.1 每提升一次电耗.....	29
4.2.2 吨煤电耗.....	30
4.2.3 年电耗.....	30
4.2.4 一次提升有益电耗.....	30
4.2.5 提升设备的效率.....	30
5 提升机电控设备的选择	31
5.1 高压开关柜的选择	31
5.2 高压换向接触器的选择	31
5.3 磁力控制站的选择	31
6 提升电动机转子电阻的计算	32
6.1 第一预备级电阻 R_{pr1}	33
6.2 第二预备级电阻 R_{pr2}	33
6.3 主加速阶段电阻的计算	34
6.4 各级电阻计算表	35
6.5 电阻选配	35
6.5.1 各级启动电流.....	36
6.5.2 电阻持通率.....	36
7 结论	39

参考文献	40
致 谢	41
附录	42
英文文献及译文	42

绪 论

矿山提升机是一种大型绞车。用钢丝绳带动容器（罐笼或箕斗）在井筒中升降，完成输送物料和人员的任务。矿井提升机是由原始的提水工具逐步发展演变而来。现代的矿井提升机提升量大，速度快，已发展成为电子计算机控制的全自动重型矿山机械。

根据提升设备的特点可将提升设备分类为：

按用途来分：主井提升设备；副井提升设备。

按提升机类型来分：缠绕式提升设备；摩擦式提升设备。

按拖动类型来分：交流拖动提升设备；直流拖动提升设备。

单绳缠绕式提升机，根据卷筒数目可分为单卷筒和双卷筒两种：①单卷筒提升机，一般作单钩提升。钢丝绳的一端固定在卷筒上，另一端绕过天轮与提升容器相连；卷筒转动时，钢丝绳向卷筒上缠绕或放出，带动提升容器升降。②双卷筒提升机，作双钩提升。两根钢丝绳各固定在一个卷筒上，分别从卷筒上、下方引出，卷筒转动时，一个提升容器上升，另一个容器下降。缠绕式提升机按卷筒的外形又分为等直径提升机和变直径提升机两种。等直径卷筒的结构简单，制造容易，价格低，得到普遍应用。深井提升时，由于两侧钢丝绳长度变化大，力矩很不平衡。早期采用变直径提升机（圆柱圆锥形卷筒），现多采用尾绳平衡。

缠绕式提升机的主要部件有主轴、卷筒、主轴承、调绳离合器、减速器、深度指示器和制动器等。双卷筒提升机的卷筒与主轴固接者称固定卷筒，经调绳离合器与主轴相连者称活动卷筒。中国制造的卷筒直径为2~5m。随着矿井深度和产量的加大，钢丝绳的长度和直径相应增加。因而卷筒的直径和宽度也要增大，故不适用于深井提升。多绳缠绕式提升机是在超深井运行中，尾绳悬垂长度变化大，提升钢丝绳承受很大交变应力，影响钢

丝绳寿命；尾绳在井筒中还易扭转，妨碍工作。20世纪50年代末，英国人布雷尔(Blair)设计了一台直径3.2m双绳多层缠绕式提升机(又称布雷尔式提升机)，提升高度1580~2349m，一次提升量10~20t。

提升设备主要组成部分是：提升容器、提升钢丝绳、提升机、矿井井架、天轮及装卸载附属设备等。

图1表示竖井箕斗提升系统图。

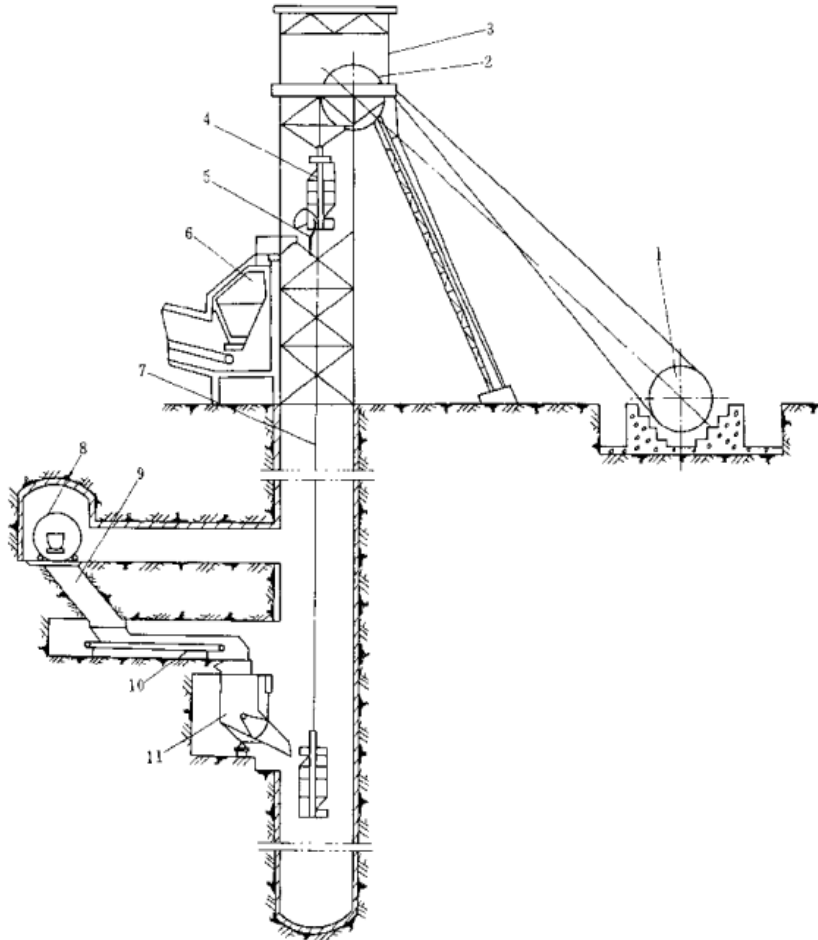


图1-1 竖井单绳缠绕式箕斗提升系统图

1——提升机；2——天轮；3——井架；4——箕斗；5——卸载曲轨；6——煤仓；
7——钢丝绳；8——翻笼；9——井底煤仓；10——给煤机；11——装载设备

我国矿井提升目前主要还是以交流电控为主，即以交流异步绕线电机串电阻启动，以继电器——接触器实现系统操作，在减速段靠动力制动或

低频电源实现负力的提升机电控系统。系统不可避免存在着能耗大，继电器、接触器接点多，维护量大，故障率高等缺点。根据有关资料介绍，系统的能量损失在 30% 左右。因此串调系统将会逐步被交流变频调速所取代。

我国提升设备的设计制造，是在解放之后才开始的。建国初期在党的领导下，改建和新建了许多矿山机械制造厂。1953 年抚顺重型机器厂制造出我国第一台缠绕式双筒提升机。1958 年洛阳矿山机器厂设计制造成了我国第一台 24 多生摩擦式提升机，并且在 1961 年开始运转，这种类型的提升机与缠绕式提升机比较，具有重量轻、体积小、安全可靠、适合较深的矿井的特点，它是现代化提升机的发展方向。1971 年该厂又新设计制造出 JK 型新系列单绳缠绕式提升机，新系列提升机采用一些新结构，与老型比较，提升能力平均提高了 25%，而且机器重量也有所减少，现在已经作为国家定型产品成批生产。

多绳提升设备在我国改建和新建的矿井中已经广泛采用。在矿井的技术改造中，将缠绕式提升机改为单、双绳落地式摩擦提升机的试验在进行中，新落地多绳提升设备的设计和试制的工作已开始，几种可控硅控制系统以及自动化提升设备已经在矿山生产实践中适用。

其它提升设备，比如说矿用提升钢丝绳，提升容器近几年也有了很大发展。使用寿命并且结构稳定的线接触、面接触、多层股钢丝绳已经在一些钢丝绳厂成批生产。而且适合我国矿山生产特点的单绳及多绳提升容器系列也正在制定，今后将不断向自重轻、结构合理以及大型化发展。

通过毕业设计教学过程，培养学生树立正确的设计思想和学会运用现代设计方法，使同学们能够综合多学科的理论、知识与技能，解决具有一定复杂程度的工程实际问题，并培养学生勇于实践、勇于探索和开拓创新的精神。另外毕业设计也是磨练学生意志，锻炼学生工作能力的过程，为学生走向工作岗位，尽快适应工作打下基础。

1 课题设计简介

1.1 设计课题

我所设计的课题题目是：杨村煤矿主井缠绕式提升系统设计。

1.2 课题原始资料

矿井年产量 120 万吨/年,年工作日 300 天,每日工作时数 18 小时;
矿井深度 340 m, 装载高度 20 m, 卸载高度 25 m。提升方式: 箕斗。

1.3 研究思路与方法

(1). 熟悉课题

设计任务书下达之后, 首先了解课题名称、课题来源, 了解设计思路。

(2). 搜集资料和现场实习

围绕课题, 搜集有关中外资料, 查阅相关资料及技术文件, 或与设计题目相关的生产现场了解实际情况。根据设计任务的需求, 到生产现场实习和调查研究。

(3). 确定最佳方案

对本课题有充分认识后, 提出解决问题的几种方案, 并对方案进行分析, 提出优、缺点和操作的可靠性。最后将各个方案进行比较、总结, 按实际条件选出最佳方案。年产量大于 300kt, 主井采用箕斗提升。一套提升设备, 两个箕斗。

2 主要提升设备的选型设计

2.1 提升容器的选择设计

2.1.1 选择原则

提升容器规格是提升设备选型计算的主要技术参数，它直接影响了提升设备的初期投资和运转费用。在矿井提升高度和提升任务确定之后，选择提升容器的规格有两种情况：一是选择大规格的容器。因为提升容器较大，需要的提升钢丝绳直径和提升机滚筒直径也较大，所以初期投资也较大，不过提升次数较少，运转费用较少；二是选择小规格的容器。由于初期投资较少，故运转费用较多。所以选择提升容器规格原则就是：一次合理提升量应该使初期投资费和运转费的加权平均总和最少。然后根据确定的一次合理提升量，选择出标准的提升容器。

2.1.2 按经济提升速度选择最大提升速度

考虑到经济的因素。若用较大的提升速度，一次提升量 Q 、钢丝绳和和提升机都可小些，总的投资费用少一些。不过这时运转费用比提升速度小，一次提升量 Q 较大的方案多些。究竟选用多大的提升速度比较合理，要经过技术经济的方案比较。我国煤矿设计部门在选择提升容器时，目前常用经济速度法来计算。

$$V_m = (0.3 \sim 0.5) \sqrt{H} \quad \text{m/s}, \text{一般取 } V_m = 0.4 \sqrt{H} \quad \text{m/s} \quad (\text{式 } 2.1)$$

式中 H ——提升高度； $=H_z + H_s + H_x = 20 + 340 + 25 = 385 \text{ m}$ ；

H_z ——装载高度；

H_s ——井筒深度；

H_x ——卸载高度。

$$V_m=0.4\sqrt{385}=7.85 \text{ m/s} \quad \text{取 } V_m=8 \text{ m/s}$$

$$\text{规定: } V_m \leq 0.6\sqrt{H}=11.77 \text{ m/s}$$

2.1.3 估算一次提升循环时间

当最大速度 V_m 已经确定, 但尚未进行运转参数计算时, 可暂用下式估算每次提升实际循环时间 T_x 。

$$T_x = \frac{V_m}{a_1} + \frac{H}{V_m} + \mu + \theta \quad \text{s} \quad (\text{式 2.2})$$

式中 a_1 ——提升主加速度, 取 $a_1=0.7\sim 0.8 \text{ m/s}$, 取 0.75 m/s ;

μ ——箕斗在卸载曲轨内减速与爬行时间, 取 10 s ;

θ ——箕斗休止时间; 查表 2-1; 10 s 。

表 2-1 箕斗休止时间

箕斗规格/t	< 6	8~9	12	16	20
休止时间/s	8	10	12	16	20

$$T_x = \frac{8}{0.75} + \frac{385}{8} + 10 + 10 = 78.8 \text{ s}$$

2.1.4 一次提升量的计算

$$Q' = \frac{A_n \cdot C \cdot C_f}{3600 b_n \cdot t_r} \cdot T_x \quad \text{t/次} \quad (\text{式 2.3})$$

式中 A_n ——矿井年产量 120 万吨/年 ;

C ——提升不均匀系数; 箕斗提升 $C=1.15$;

C_f ——提升能力富裕系数; 一般仅对第一水平留有 $C_f=1.2$;

b_n ——年工作日数 300 天 ;

t_r ——日提升时间 18 h 。

$$Q' = \frac{1200000 \times 1.15 \times 1.2}{3600 \times 300 \times 18} \times 78.8 = 6.7 \text{ t/次}$$

选择标准箕斗 JL-8 有效容积 V_j 8.8m^3 ;

全高 9.25m ;

自重 m_z 5500kg 。

$$\text{箕斗实际载重 } Q = \gamma \cdot V_j \quad (\text{式 2.4})$$

式中 γ ——煤或矸石的松散容重 0.94t/m^3 。

$$Q = 0.94 \times 8.8 = 8.3\text{ t}$$

2.1.5 提升最大速度的确定

根据箕斗实际载重核定实际需要的一次提升时间 T_x' 为

$$T_x' = \frac{3600 b_n \cdot t_r \cdot Q}{C \cdot C_f \cdot A_n} = \frac{3600 \times 300 \times 18 \times 8.3}{1.15 \times 1.2 \times 1200000} = 97.4\text{ s} \quad (\text{式 2.5})$$

$$V_m' = \frac{a_1 [T_x' - (\mu + 0)] - \sqrt{a_1^2 [T_x' - (\mu + 0)]^2 - 4a_1 \cdot H}}{2} \quad (\text{式 2.6})$$

$$= \frac{0.75 [97.4 - (10 + 10)] - \sqrt{0.75^2 [97.4 - (10 + 10)]^2 - 4 \times 0.75 \times 385}}{2}$$

$$= 5.49\text{ m/s}$$

2.2 提升钢丝绳的选择

2.2.1 提升钢丝绳的结构

提升钢丝绳是把一定数量的细钢丝捻成股，再把若干部股围绕绳芯捻成绳。提升钢丝绳各部分名称如图 2—1 所示。

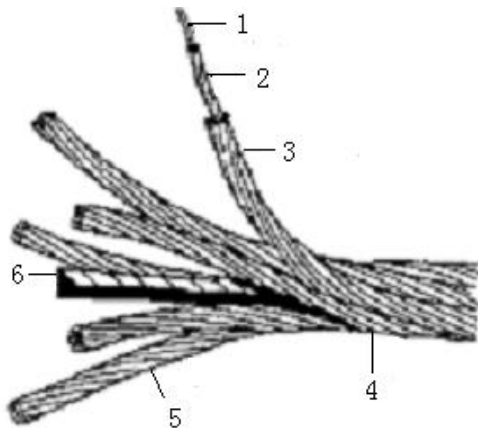


图 2-1 提升钢丝绳的结构

1-股芯 2-内层钢丝 3-外层钢丝 4-绳 5-绳股 6-绳芯

矿用钢丝绳的钢丝是优质碳素结构钢，直径为 0.4~4mm，更细的钢丝容易磨损和腐蚀，在生产中直径超过 4 毫米的钢丝难以保证理想的抗拉强度和疲劳性能。钢丝是用圆钢条冷拔而成的，其抗拉强度为 140~200kg/mm²。在受到相同终端载荷的情况下，抗拉强度大的钢丝绳的绳径可以选择小的。然而，抗拉强度过高的钢丝绳弯曲疲劳性能差。一般情况下，矿井提升钢丝绳选用 155~170 kg/mm²为宜。为了提高钢丝绳的抗腐蚀能力，钢丝表面可通过镀锌加以保护。钢丝韧性号可以分为特号、I 号、II 号。升降人员用绳一定要用特号钢丝绳，提煤的主提升钢丝绳可以用特号或者 I 号钢丝绳。

在把钢丝捻成股时有一个股芯，在把股捻成绳时有一个绳芯。股芯一般是钢丝，绳芯一般有金属绳芯和纤维绳芯两种，前者是由钢丝组成的，后者可以用剑麻、黄麻或有机纤维制成。绳芯的作用就是支持绳股，使绳富有弹性，并且可以贮存润滑油，从而防止内部钢丝腐蚀生锈，减少钢丝之间的摩擦。

2.2.2 提升钢丝绳的类型及特点

提升钢丝绳的类型有以下几种：

- (1) 点接触、线接触及面接触钢丝绳；
- (2) 右捻、左捻、同向捻及交互捻钢丝绳；
- (3) 圆形股和异形股钢丝绳；
- (4) 不旋转钢丝绳；
- (5) 密封钢丝绳；
- (6) 扁钢丝绳；
- (7) 不松散钢丝绳。

此外，选择钢丝绳时需考虑以下因素：

(1) 在矿井淋水大，酸碱度较高且作为出风井中的提升钢丝绳，由于腐蚀严重而影响了钢丝绳的适用寿命，应选用镀锌钢丝绳；

(2) 以磨损为主要损坏原因时，应选用外层钢丝绳直径比内层粗的钢丝绳，如 6×7，6×(19) 或三角股等；

(3) 以弯曲疲劳断丝为主要损坏原因时，可选用内外层钢丝直径差值小的线接触式或异形钢丝绳，如 6T(25)，6W(19) 等；

表 2-2 为各种钢丝绳的主要特点。

表 2-2 各种钢丝绳的主要特点

钢丝绳结构	优点	缺点	主要用途
圆形股钢丝绳 6×7；6×19； 6X(19)； 6W(19)； 6(T)25等	易于用眼检查断丝情况，挠性大，易制造，价位低	随载荷变化有旋转趋势，外部钢丝易磨损	提升钢丝绳，尾绳，罐道绳，制动绳，缓冲绳
三角股钢丝绳 6Δ(21)； 6Δ(24)； 6Δ(30)； 6Δ(36)等	易于用眼检查断丝情况；相同条件下，比圆形绳强度大，寿命长，抗挤压性能好，外层钢丝比圆形股绳耐磨损	随载荷变化有旋转趋势，挠性比圆形股差	提升钢丝绳，罐道绳
多层股不旋转钢丝绳 18×17；34×7等	旋转性小，有相当大的挠性	内部钢丝不易检查	尾绳，凿井提升钢丝绳
密封、半密封钢丝绳	不旋转，抗磨、抗腐蚀性能好，相同条件强度最大，弹性变形小	内部钢丝不易检查；直径大时断面易变形，挠性小，制造复杂，价格高	罐道绳，提升钢丝绳
扁绳	不旋转，易于检查，某一方向上有很大的挠性	易磨损，手工生产效率低、价格高	尾绳，凿井提升钢丝绳

2.2.3 提升钢丝绳的选择计算

2.2.3.1 选择原则

钢丝绳在工作时受到种应力作用，如静应力、动应力、扭转应力、弯曲应力、接触应力、捻制应力及挤压应力等，这些应力反复作用将导致钢丝的疲劳破断，这就是钢丝绳破损的主要原因；另外钢丝绳破损及锈蚀将影响钢丝绳的性能和破损。因此，全面综合反映上述应力的疲劳计算是一个较复杂的问题，虽然国内外学者在这方面作了大量的研究工作，并取得了一些成就，但由于钢丝绳的结构复杂，影响因素较多，钢丝绳强度计算理论还没有完善，一些计算公式还不能够确切地反映真实的应力情况。我国矿用钢丝绳是按照《煤矿安全规程》的规定：钢丝绳应按照最大静载荷并且考虑一定安全系数的方法进行计算。

2.2.3.2 计算钢丝绳的绳端载荷质量

$$m+m_z=8300+5500=13800 \text{ kg} \quad (\text{式 2.7})$$

2.2.3.3 计算钢丝绳的最大悬垂长度

$$H_c=H_j+H_s+H_z=32+340+20=392 \text{ m} \quad (\text{式 2.8})$$

式中 H_j ——井架高度，暂取 32 m。

2.2.3.4 计算钢丝绳的单位长度质量

$$\begin{aligned} m_p' &= \frac{m+m_z}{11 \times 10^{-6} \frac{\sigma_B}{m_a} - H_c} & (\text{式 2.9}) \\ &= \frac{13800}{11 \times 10^{-6} \times \frac{1700 \times 10^6}{6.5} - 392} \\ &= 5.55 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2.2.3.5 根据 m_p' 选择标准钢丝绳

查钢丝绳规格表选用钢丝绳：43NAT 6×19 股(1+6+12) NF 1665 ZZ 1190 663 G138707-88

意义：公称直径 43 mm；NAT 光面；结构形式：天然纤维芯；公称抗拉强度；捻向为右同向捻；最小破断拉力 1190KN；663kg/100m；产品标准标号；d=43 mm; $m_p=6.63$ kg/m; $\delta=2.8$ mm; $Q_p=1190\ 000$ N。

2.2.3.6 验算钢丝绳安全系数

$$\frac{Q_p}{(m+m_z+m_p)g} = \frac{1190\ 000}{(13800 + 6.63 \times 392) \times 10} = 7,26 > 6.5 \quad (\text{式 2.10})$$

所选钢丝绳满足要求。

2.3 提升机与天轮的选择

2.3.1 提升机的类型

我国目前生产和使用的提升机可分为两大类：单绳缠绕式提升机和多绳摩擦式提升机。单绳缠绕式提升机是较早出现的一种提升机，它的工作原理较简单，就是把钢丝绳一段固定住并且缠绕在提升机滚筒上，另一端则绕过井架天轮悬挂提升容器。然后利用滚筒转动方向的不同，将钢丝绳缠上或放松，来完成提升或下放容器的工作。单绳缠绕式提升机结构简单，工作可靠，但只适用于浅井及中等深度的矿井，而且终端载荷不能太大。对深井且终端载荷较大时，提升钢丝绳和提升机卷筒直径很大，造成体积庞大，重力猛增，使提升钢丝绳和提升机在运输、制造和使用上都有诸多不便。所以在一定程度上限制了单绳缠绕式提升机在深井中的使用。多绳摩擦式提升机的工作原理是通过利用摩擦传递动力，就和皮带传输机的传动原理是一样的，这类提升机的特点是体积小、重量轻，且适用于中等深度和比较深的矿井。

2.3.2 单绳缠绕式提升机的分类

按滚筒数目的不同，单绳缠绕式提升机可以分为双滚筒和单滚筒提升机两种：双滚筒提升机在主轴上装有两个滚筒，其中一个用键固定在主轴

之上，称为固定滚筒死滚筒或固定滚筒；另一个滚筒滑装在主轴上，用调绳离合器与主轴连接，称为活滚筒或游动滚筒。将两个滚筒做成这种结构的目的，是为了在需要时两个滚筒可以有相对运动，这样可以更方便地调节绳长或更换水平。单滚筒提升机只有一个滚筒，一般情况下用于单钩提升。

2.3.3 提升机的选择计算

2.3.3.1 提升机滚筒直径

提升机滚筒直径是选择计算提升机的基本参数之一。选择滚筒直径主要的原则是钢丝绳在滚筒上缠绕时不会产生过大弯曲应力，以方便保持其具有一定的承载能力和使用寿命。理论与实践都已证明，绕经卷筒及天轮的钢丝绳，它的弯曲应力的大小和疲劳寿命，取决于滚筒与钢丝绳直径之比。在同一钢丝绳直径这一条件下，滚筒的直径越大，弯曲应力则越低；而钢丝绳直径不同，滚筒直径相同的条件下，绳径越小，即 D/d 越大，弯曲应力越低。在承受相同试验荷载的情况下， D/d 值越大，钢丝绳可以承受的反复弯曲次数越高，寿命愈长。根据以上的两点，《煤矿安全规程》规定：对于安装在地面上的提升机：

$$\begin{cases} D \geq 80d \\ D \geq 1200\delta \end{cases} \text{提升装置的滚筒和包围角大于 } 90^\circ \text{ 的天轮} \quad (\text{式 } 2.11)$$

$$D \geq 80 \times 43 = 3440 \text{ mm}$$

$$D \geq 1200 \times 2.8 = 3360 \text{ mm}$$

2.3.3.2 计算作用在提升机上的最大静张力和最大静张力差

$$\begin{aligned} F_{j\max} &= (m + m_z + m_p) H g && (\text{式 } 2.12) \\ &= (8300 + 5500 + 6.63 \times 385) \times 10 \\ &= 163526 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_{c\max} = (m + m_p) H g \quad (\text{式 } 2.13)$$

$$\begin{aligned}
 &=(8300+6.63 \times 385) \times 10 \\
 &=108526 \text{ N}
 \end{aligned}$$

2.3.3.3 减速器传动比

根据上面计算的 $V_m'=5.49 \text{ m/s}$, 在提升机规格表中选用与其相近的标准速度 $V_m''=5.67 \text{ m/s}$, 则即随之确定减速器的传动比 $i=15.5$

2.3.3.4 根据计算的 D 、 $F_{j\max}$ 、 $F_{c\max}$ 选择提升机

选用: 2JK-3.5/15.5 提升机

基本参数: $D=3.5 \text{ m}$;

变位质量 $m_j=24600 \text{ kg}$;

$B=1.7 \text{ m}$;

减速器许用最大转矩 $[M_{\max}]=300 \text{ 000 N/m}$;

$[F_{j\max}]=170 \text{ 000 N}$;

$[F_{c\max}]=115 \text{ 000 N}$;

两滚筒中心距为 1840 mm 。

2.3.3.5 验算滚筒宽度

首先考虑作单层缠绕

$$\begin{aligned}
 B' &= \left(\frac{H+30}{\pi \cdot D} + 3 \right) (d + \varepsilon) && \text{(式 2.14)} \\
 &= \left(\frac{385+30}{3.14 \times 3.5} + 3 \right) (0.043 + 0.003) \\
 &= 1.88 > B
 \end{aligned}$$

式中 d ——钢丝绳公称直径;

ε ——相邻两绳圈间隙宽度, $2 \sim 3 \text{ mm}$ 。

由以上计算知单层缠绕放不下, 需考虑采用双层缠绕。

$$B_{\text{双}} = \left(\frac{H+30+(4+3)\pi \cdot D}{k \cdot \pi \cdot D_p} \right) (d + \varepsilon) \quad \text{(式 2.15)}$$

$$= \left(\frac{385 + 30 + 7 \times 3.14 \times 3.5}{2 \times 3.14 \times 3.548} \right) (0.043 + 0.003)$$

$$= 1.02 \text{ m} < B$$

式中 k ——缠绕层数, 2 层;

D_p ——多层缠绕时平均缠绕直径。

$$D_p = D + \frac{k-1}{2} \sqrt{4d^2 - (d + \epsilon)^2}$$

$$= 3.5 + \frac{2-1}{2} \sqrt{4 \times 0.043^2 - (0.043 + 0.003)^2}$$

$$= 3.548 \text{ m}$$

2.3.4 天轮的选择

天轮安装在井架上, 它的作用是引导、支撑钢丝绳转向, 根据煤炭工业部的标准, 天轮分为以下三种: (1) 井上的固定天轮; (2) 凿井及井下的固定天轮; (3) 游动天轮。

天轮的结构形式也可分为三种类型: 直径小于 3000 mm 时, 采用整体铸钢结构; 直径为 3500mm 时, 采用模压焊接结构; 直径为 4000mm 时, 采用模压铆接结构。

根据《煤矿安全规程》规定, 对于安装在井上的天轮且钢丝绳与天轮的围抱角小于 45° 时, 用下式计算选择天轮直径:

$$\begin{cases} D_t \geq 80d = 80 \times 43 = 3440 \text{ mm} \\ D_t \geq 1200\delta = 1200 \times 2.8 = 3360 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{式 2.16})$$

式中 D_t ——天轮直径, mm。

根据计算的天轮直径, 选用天轮 TSH $\frac{3500}{23.5}$: $D_t=3500 \text{ mm}$; 变位质量 $m_t=1133 \text{ kg}$ 。

2.4 提升机与井筒的相对位置

当井筒位置已确定后, 重要的是正确选择提升机的安装地点。在决定

提升机安装地点时，一般需要考虑一下的问题：矿井地面工业广场的布置、井下所留有的安全煤柱位置和尺寸、井筒四周的地形条件和地面运输生产系统等。用箕斗提升的时候，提升机房应位于卸载方向对侧。对于井架上的天轮，根据提升机的类型和用途、提升机房地地点以及容器在井筒中的布置，装在同一水平轴线上或者是同一垂直面上。

当提升机安装地点选好后，就要考虑以下五个因素：井架高度、钢丝绳弦长、提升机滚筒轴线与井筒中心线的距离、倾角和偏角，它们影响着提升机与井筒的相对位置，并且相互影响相互制约。

2.4.1 井架高度

$$H_j = H_x + H_r + H_g + 0.75R_t \quad (\text{式 2.17})$$

式中 H_r ——箕斗全高；

H_g ——过卷高度；查表 2-3；

R_t ——天轮半径。

表 2-3 立井提升机过卷高度取值表

提升速度 m/s	≤3	4	6	8	≥10
过卷高度和过放距离/m	4.0	4.75	6.5	8.25	10.0

注：提升机速度为表中所列速度的中间值时，用插值法计算。

$$H_j = 25 + 9.25 + 6.2 + 0.75 \times \frac{3.5}{2} = 36.76 \text{ m}$$

将计算的井筒高度值圆整后取 $H_j = 37 \text{ m}$

2.4.2 滚筒中心至井筒提升中心线的距离 L_s

一般情况下，在提升机房与井筒之间很难再设置其他建筑物，所以为了节省占地面积，滚筒中心至井筒中钢丝绳间水平距离 L_s 尽量小一点好。但是根据井架天轮受力情况又能够看出，为了提高井架稳定性，在提升机房与井筒之间，设有井架斜撑。斜撑基础与井筒中心的水平距离大概为 $0.6H_j$

左右，若 L_s 取的过小，导致无法安装斜撑是不合理的。考虑上述原因， L_s 的最小值 L_{smin} 可按经验公式计算：

$$\begin{aligned} L_{smin} &\geq 0.6H_j + 3.5 + D && \text{(式 2.18)} \\ &= 0.6 \times 37 + 3.5 + 3.5 \\ &= 29.2 \text{ m} \end{aligned}$$

取 $L_s = 29 \text{ m}$ 。

2.4.3 钢丝绳的弦长 L_x

钢丝绳的弦长指的是钢丝绳离开滚筒处到钢丝绳与天轮接触点的一段绳长。

当井架高度 H_j 和滚筒中心线到井筒中钢丝绳间水平距离 L_s 都已经确定时，弦长 L_x 即为定值。 L_x 按下式求出：

$$\begin{aligned} L_x &= \sqrt{(H_j - C_0)^2 + \left(L_s - \frac{D_t}{2}\right)^2} && \text{(式 2.19)} \\ &= \sqrt{(37 - 1.5)^2 + \left(29 - \frac{3.5}{2}\right)^2} \\ &= 44.8 \text{ m} \end{aligned}$$

式中 D_t ——天轮直径；

C_0 ——滚筒中心线与井口水平的高度。此数值决定于提升机滚筒直径、地形等情况。设计时一般取 $C_0 = 1 \sim 2 \text{ m}$ 。

为了防止在运行中钢丝绳振动而跳出天轮绳槽，钢丝绳弦长一般限制在 60 m 以内。实际弦长是 44.8 m，钢丝绳弦长在运转中振动不大，不会跳离天轮轮缘。

2.4.4 钢丝绳的内外偏角计算

钢丝绳的偏角指的是钢丝绳弦与通过的天轮平面所成的角度，偏角分为外偏角和内偏角。在提升过程中，随着滚筒转动，偏角 α 是有变化的。

当右钩还没有开始提升时，右钩钢丝绳形成了最大外偏角 α_1 ，而且这个时候左钩钢丝绳形成最大内偏角 α_2 。同样，当右钩提升结束的时候，左钩钢丝绳形成了最大外偏角 α_1 ，而这时右钩形成了最大内偏角 α_2 。

《煤矿安全规程》规定：最大外偏角 α_1 和最大内偏角 α_2 均不得超过 $1^\circ 30'$ 。作单绳缠绕时，最大内偏角 α_2 还应保证不咬绳。

双层缠绕：按缠满滚筒考虑

$$\begin{aligned} \text{外偏角: } \alpha_1 &= \arctan \frac{B \frac{S-a}{2}}{L_x} && \text{(式 2.20)} \\ &= \arctan \frac{1.7 \frac{2.1-0.14}{2}}{44.8} \\ &= 0.92^\circ = 55' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{内偏角: } \alpha_2 &= \arctan \frac{\frac{S-a}{2}}{L_x} && \text{(式 2.21)} \\ &= \arctan \frac{\frac{2.1-0.14}{2}}{44.8} \\ &= 1.253^\circ = 1^\circ 15' \end{aligned}$$

内外偏角均小于 $1^\circ 30'$ ，且提升钢丝绳在滚筒上作双层缠绕，所以不再考虑咬绳问题，故满足《煤矿安全规程》要求。

2.4.5 验算提升机滚筒的下出绳角

钢丝绳弦与水平面之间的夹角称为滚筒钢丝绳的出绳角，而出绳角大小影响提升机主轴的受力情况。当大于零的时候钢丝绳拉力有一向上分力可以抵消一部分主轴的重力，减少了重力弯矩，相对提高了主轴的强度。设计 JK 型提升机主轴时，是以上出绳角为零度，下出绳角 $\beta_{\text{下}}$ 为 15° 考虑的。限制下出绳角 $\beta_{\text{下}}$ 的最小值为 15° ，是考虑到过小时，钢丝绳有可能与提升机基础接触，增大了钢丝绳的磨损，为此，对于 JK 型提升机，只需检验下出绳角 $\beta_{\text{下}}$ ，令其大于 15° 即可。所以下出绳角 β 值为：

$$\begin{aligned} \beta_{\text{下}} &= \arctan \frac{H_j - C_0}{L_s - R_t} + \arcsin \frac{D_t + D}{2L_x} && \text{(式 2.22)} \\ &= \arctan \frac{37 - 1.5}{29 - 1.75} + \arcsin \frac{3.5 + 3.5}{2 \times 44.8} \\ &= 48^\circ 15' \end{aligned}$$

滚筒下出绳角满足要求。

2.4.6 提升机与井筒相对位置图

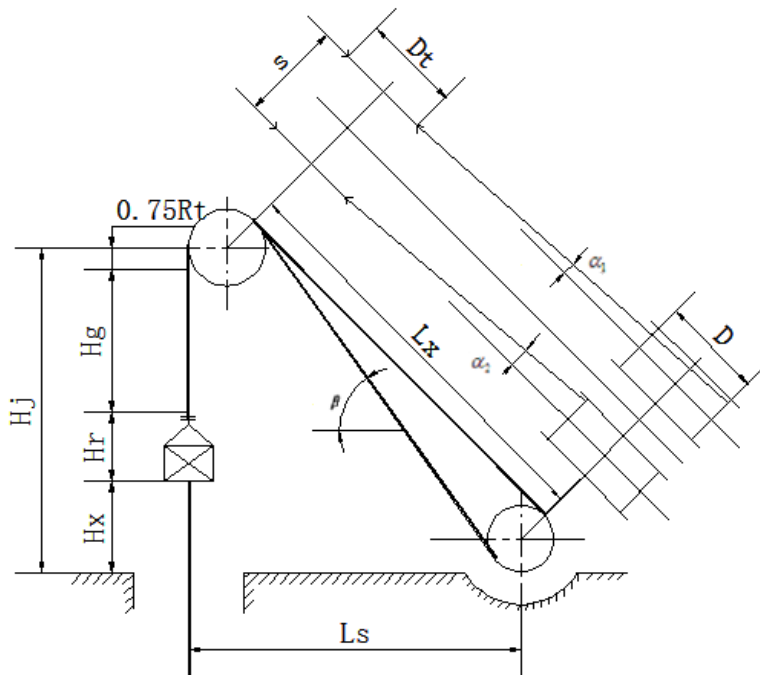


图 2-2 提升机与井筒相对位置图

$S=1.84 \text{ m}$; $\beta = 48^\circ$; $B=1.7 \text{ m}$; $a=0.14 \text{ m}$; $D=3.5 \text{ m}$; $D_t=3.5 \text{ m}$;
 $L_x=44.8 \text{ m}$; $L_s=29 \text{ m}$; $\alpha_1=55'$; $\alpha_2=1^\circ 15'$; $H_j=37 \text{ m}$

2.5 初选提升电动机

2.5.1 估算电动机功率

在计算新井提升设备需要选用新电动机时，可以用下式估算功率：

$$N = \frac{k \cdot m \cdot g \cdot V_m''}{1000 \eta_j} \cdot \psi = \frac{1.15 \times 8300 \times 10 \times 5.67}{1000 \times 0.85} \times 1.2 = 764 \text{ kw} \quad (\text{式 } 2.23)$$

式中 N ——提升机估算功率，kw；

V_m'' ——提升机的标准速度，m/s；

k ——矿井阻力系数，箕斗提升 $k=1.15$ ；

m ——一次提升货载质量，kg；

ψ ——考虑到提升系统运转时，有加、减速度及钢丝绳重力等因素影响的系数；箕斗提升 $\psi=1.1\sim 1.4$ ；

η_j ——减速器传动效率，单机传动 $\eta_j = 0.92$ ，双级传动 $\eta_j = 0.85$ 。

2.5.2 估算电动机转速

电动机的估算转数由最大提升速度来确定，用下式计算：

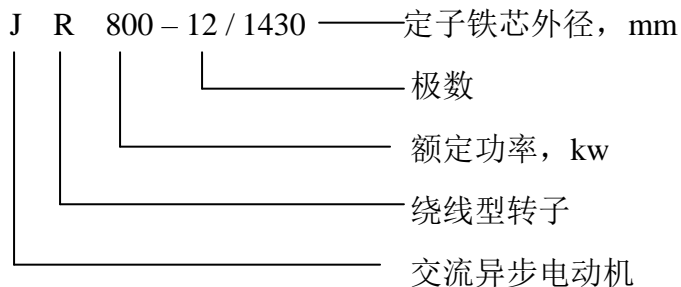
$$n = \frac{60 V_m'' \cdot i}{\pi \cdot D} = \frac{60 \times 5.67 \times 15.5}{3.14 \times 3.5} = 480 \text{ r/min} \quad (\text{式 } 2.24)$$

式中 i ——减速器的传动比；

D ——滚筒直径，m。

2.5.3 选电动机

根据 N 、 n 及矿井电压等级 6kv，查电动机规格表，选用



$N_e=800 \text{ kw}$ ；飞轮转矩 $(GD^2)_d=14660 \text{ N m}^2$ ； $n_e=492 \text{ r/min}$ ；

$\eta_d=0.915$ ； $\lambda = \frac{\text{最大转矩}}{\text{额定转矩}} = 2.67$ ；额定电压=6 kv。

2.5.4 确定提升机的实际最大提升速度

$$V_m = \frac{\pi \cdot D \cdot n_e}{60i} = \frac{3.14 \times 3.5 \times 492}{60 \times 15.5} = 5.81 \text{ m/s} \quad (\text{式 2.25})$$

立井升降物料时，最大提升速度不得超过下式求得的数值：

$$V_m \leq 0.6\sqrt{H} = 0.6\sqrt{385} = 11.77 \text{ m/s}$$

3 提升运动学和动力学计算

3.1 提升系统的变位质量

为了方便计算总的惯性力，可以把各运动部分的质量都变位到滚筒表面缠绕的圆周上，这个地方的线加速度就是提升容器的加速度。条件是变位前后的动能相等，系统变位质量的总和就是提升系统的总变位质量。

提升系统运动部分可以分成直线运动和旋转运动两个部分，作直线运动的部分是提升容器、有益载荷和提升钢丝绳。它们的速度和加速度就等于提升机滚筒表面速度、加速度，所以它们的变位质量与实际质量相同；作旋转运动的部件为是：提升机的旋转部件（包括减速器）、天轮以及电动机转子。提升机和天轮的变位质量可以在其技术规格表中查出。所以只有电动机转子变位重量需要计算。

3.1.1 直线运动部分的变位质量

$$\begin{aligned} m_L &= m + 2m_z + 2m_p L_p + m_q L_q && \text{(式 3.1)} \\ &= 8300 + 2 \times 5500 + 2 \times 6.63 \times 532.8 + 0 = 26365 \text{ kg} \end{aligned}$$

式中 L_p ——一根提升钢丝绳总长度，m；

$$\begin{aligned} L_p &= H_c + L_x + 3\pi \cdot D + 30 + n' \pi \cdot D \\ &= 392 + 44.8 + 3 \times 3.14 \times 3.5 + 30 + 3 \times 3.14 \times 3.5 \\ &= 532.8 \text{ m} \end{aligned}$$

H_c ——钢丝绳的悬垂长度，m；

L_x ——钢丝绳的弦长，m；

$3\pi \cdot D$ ——3圈摩擦圈绳长度，m；

30——试验绳长度，m；

$n' \pi \cdot D$ ——多层缠绳的错绳用绳长， $n'=2\sim 4$ 圈；

m_q ——尾绳每米长度, kg/m;

L_q ——尾绳长度, m。

3.1.2 旋转部分的变位质量

天轮 $m_t=1133$ kg

提升机(包括减速器) $m_j=24600$ kg

电动机转子的变位质量

$$m_d = \frac{(GD^2)_d \cdot i^2}{g \cdot D^2} = \frac{14660 \times 15.5^2}{10 \times 3.5^2} = 28752 \text{ kg} \quad (\text{式 3.2})$$

3.1.3 总变位质量

$$\begin{aligned} \sum m &= m_L + 2m_t + m_j + m_d \\ &= 26365 + 2 \times 1133 + 24600 + 28752 \\ &= 81983 \text{ kg} \end{aligned} \quad (\text{式 3.3})$$

3.2 运动学计算

3.2.1 加速度的确定

3.2.1.1 初加速度的确定

《煤炭工业设计规范》规定, 箕斗滑轮离开曲轨时的速度 $V_0 \leq 1.5$ m/s; 新标准系列箕斗的卸载曲轨行程 $h_0 = 2.35$ m。

故初加速度 a_0 为:

$$a_0 = \frac{V_0^2}{2h_0} = \frac{1.5^2}{2 \times 2.35} = 0.48 \text{ m/s}^2 \quad ; \text{取 } a_0 = 0.5 \text{ m/s}^2 \quad (\text{式 3.4})$$

3.2.1.2 确定主加速度 a_1

主加速度 a_1 按以下三个条件计算, 取最小值:

第一, 按一般在主井专提物料时: $a_1 \leq 1.2$ m/s²

第二, 按电动机的过负荷能力来确定:

$$a_1 \leq \frac{0.75\lambda \cdot F_e - (k \cdot Q + P \cdot H)}{\Sigma m} = \frac{0.75\lambda \cdot F_e - (k \cdot m + m_p \cdot H) \cdot g}{\Sigma m} \quad (\text{式 3.5})$$

$$= \frac{0.75 \times 2.67 \times 117040 - (1.15 \times 8300 + 6.63 \times 385) \times 10}{81983}$$

$$= 1.383 \text{ m/s}^2$$

式中 F_e ——电动机的额定出力，N；

$$F_e = \frac{1000 N_e \eta_j}{v_m} = \frac{1000 \times 800 \times 0.85}{5.81} = 117040 \text{ N}$$

N_e ——电动机的额定功率，kw；

Σm ——提升系统总变位质量，kg；

η_j ——传动效率；

λ ——电动机过负荷系数。

第三，按减速器输出轴允许的最大转矩：

$$a_1 \leq \frac{\frac{2[M_{\max}]}{D} - (k \cdot Q + P \cdot H)}{\Sigma m - m_d} = \frac{\frac{2[M_{\max}]}{D} - (k \cdot m + m_p \cdot H) \cdot g}{\Sigma m - m_d} \quad (\text{式 3.6})$$

$$= \frac{\frac{2 \times 300000}{3.5} - (1.15 \times 8300 + 6.63 \times 385) \times 10}{81983 - 28752}$$

$$= 0.95 \text{ m/s}^2$$

根据以上计算，选取 $a_1 = 0.95 \text{ m/s}^2$ 。

3.2.2 提升减速度的确定

首先考虑采用最经济的自由滑行减速方式

$$a_3 = \frac{k \cdot Q - P(H - 2h_3)}{\Sigma m} = \frac{k \cdot m \cdot g - m_p \cdot g(H - 2h_3)}{\Sigma m} \quad (\text{式 3.7})$$

$$= \frac{1.15 \times 8300 \times 10 - 6.63 \times 10(385 - 2 \times 35)}{81983}$$

$$= 0.91 \text{ m/s}^2$$

3.2.3 速度图参数的计算

对于箕斗提升，其开车与停车，无论是自动、手动，均要按规律准确进行。在提升过程中，电动机以初加速度启动，使得井上箕斗脱离卸载曲

轨时的速度，不超过 1.5m/s，箕斗脱离卸载曲轨后，电动机以主加速度运行，加速度为 a_1 ，经过主加速时间 t_1 ，行程 h_1 后，提升机的速度达到最大运行速度 v_m ，接着电动机就开始在自然特性曲线上作等速运动，经过 t_2 ，行程 h_2 后。此时采取恰当的减速方式以减速度 a_3 进行减速，运行 t_3 ，行程 h_3 。箕斗在停车之前，设计有一等速爬行阶段，到最后提升机加闸制动停车。所以，箕斗提升采用了六阶段速度图。

$$\text{曲轨中初加速时间 } t_0 = \frac{V_0 - 1.5}{a_0} = \frac{1.5}{0.5} = 3 \text{ s}; \quad (\text{式 3.8})$$

箕斗在卸载曲轨中的实际行程 $h_0 = 2.35 \text{ m}$;

$$\text{主加速时间 } t_1 = \frac{V_m - V_0}{a_1} = \frac{5.81 - 1.5}{0.95} = 4.54 \text{ s}; \quad (\text{式 3.9})$$

$$\text{主加速阶段行 } h_1 = \frac{V_m + V_0}{2} \cdot t_1 = \frac{5.81 + 1.5}{2} \times 4.54 = 16.59 \text{ m}; \quad (\text{式 3.10})$$

$$\text{主减速阶段时间 } t_3 = \frac{V_m - V_4}{a_3} = \frac{5.81 - 0.5}{2} = 5.85 \text{ s}; \quad (\text{式 3.11})$$

$$\text{主减速阶段行程 } h_3 = \frac{V_m + V_4}{2} \cdot t_3 = \frac{5.81 + 0.5}{2} \times 5.85 = 18.43 \text{ m}; \quad (\text{式 3.12})$$

爬行阶段行程：考虑电控系统自动二次给电，参照表 3-1

表 3-1 爬行距离及速度选择表

容器	爬行阶段	自动控制	手动控制
箕斗	距离 h_4/m	2.5~3.3	5.0
	速度 $V_4/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0.5(定量装载), 0.4(旧式装载设备)	

取： $h_4 = 3\text{m}$; $V_4 = 0.5 \text{ m/s}$

$$\text{爬行时间 } t_4 = \frac{h_4}{V_4} = \frac{3}{0.5} = 6 \text{ s}; \quad (\text{式 3.13})$$

$$\begin{aligned} \text{等速阶段的行程 } h_2 &= H - h_0 - h_1 - h_3 - h_4 \\ &= 385 - 2.35 - 16.59 - 18.43 - 3 = 344.63 \text{ m}; \end{aligned} \quad (\text{式 3.14})$$

$$\text{等速阶段时间 } t_2 = \frac{h_2}{V_m} = \frac{344.63}{5.81} = 59.3 \text{ s}; \quad (\text{式 3.15})$$

抱闸停车时间 $t_5 = 1 \text{ s}$;

一次提升循环时间

$$\begin{aligned}
 T_X &= t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + \theta \\
 &= 3 + 4.54 + 59.3 + 5.85 + 6 + 1 + 10 \\
 &= 89.7 \text{ s}
 \end{aligned}
 \tag{式 3.16}$$

此值小于选择容器时所估算的一次提升循环时间 $T'=97.4 \text{ s}$ ，故知以上运动学参数选择是合适的。

根据以上计算的各参数，画出提升速度图：

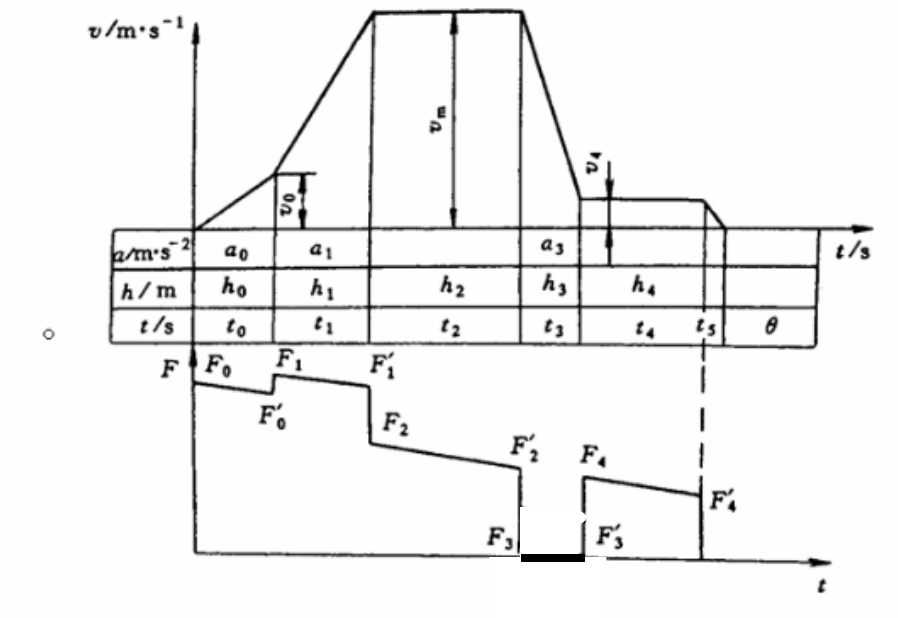


图 3-1 提升速度图与力图

3.3 动力学计算

将速度图中每一个阶段的行程还有相应的加速度和减速度代到提升系统动力方程式 $F = k \cdot Q + P(H - 2x) + \Sigma m \cdot a$ 中，就能够计算出提升过程中的各个阶段的托动力。然后就可以画出力图。

3.3.1 初加速阶段

开始运动: $x=0$, $a=a_0=0.5$;

$$\text{拖动力 } F_0 = k \cdot Q + P \cdot H + \sum m \cdot a_0 \quad (\text{式 3.17})$$

$$\begin{aligned} &= (k \cdot m + m_p \cdot H)g + \sum m \cdot a_0 \\ &= (1.15 \times 8300 + 6.63 \times 385) \times 10 + 81983 \times 0.5 \\ &= 161967 \text{ N} \end{aligned}$$

出曲轨时: $x=h_0$, $a=a_0$;

$$\text{拖动力 } F_0' = k \cdot Q + P(H - 2h_0) + \sum m \cdot a_0 \quad (\text{式 3.18})$$

$$\begin{aligned} &= F_0 - 2Ph_0 \\ &= F_0 - 2m_p \cdot g \cdot h_0 \\ &= 161967 - 2 \times 6.63 \times 10 \times 2.35 \\ &= 161655 \text{ N} \end{aligned}$$

3.3.2 主加速阶段

开始瞬间: $x=h_0$, $a=a_1$;

$$\text{拖动力 } F_1 = k \cdot Q + P(H - 2h_0) + \sum m \cdot a_1 \quad (\text{式 3.19})$$

$$\begin{aligned} &= F_0' + \sum m(a_1 - a_0) \\ &= 161655 + 81983 \times (0.95 - 0.5) \\ &= 198547 \text{ N} \end{aligned}$$

主加速终了: $x=h_0+h_1$, $a=a_1$;

$$\text{拖动力 } F_1' = k \cdot Q + P(H - 2h_0 - 2h_1) + \sum m \cdot a_1 \quad (\text{式 3.20})$$

$$\begin{aligned} &= F_1 - 2P \cdot h_1 \\ &= 198547 - 2 \times 6.63 \times 10 \times 16.59 \\ &= 196347 \text{ N} \end{aligned}$$

3.3.3 等速阶段

开始瞬间: $x=h_0+h_1$, $a=0$;

$$\begin{aligned}
 \text{拖动力 } F_2 &= k Q + P(H - 2h_0 - 2h_1) && \text{(式 3.21)} \\
 &= F_1' - \sum m \cdot a_1 \\
 &= 196347 - 81983 \times 0.95 \\
 &= 118463 \text{ N}
 \end{aligned}$$

终了: $x = h_0 + h_1 + h_2$, $a = 0$;

$$\begin{aligned}
 \text{拖动力 } F_2' &= k Q + P(H - 2h_0 - 2h_1 - 2h_2) && \text{(式 3.22)} \\
 &= F_2 - 2P h_2 \\
 &= 118463 - 2 \times 6.63 \times 10 \times 344.63 \\
 &= 72765 \text{ N}
 \end{aligned}$$

3.3.4 减速阶段

由于采用自由滑行减速方式,主电动机已从电网上断开,故无拖动力。

$$F_3 = F_3' = 0$$

3.3.5 爬行阶段

开始瞬间: $x = h_4$, $a = 0$;

$$\begin{aligned}
 \text{拖动力 } F_4 &= k Q - P(H - 2h_4) && \text{(式 3.23)} \\
 &= 1.15 \times 8300 \times 10 - 6.63 \times 10 \times (385 - 2 \times 3) \\
 &= 70322 \text{ N}
 \end{aligned}$$

终了: $x = H$, $a = 0$;

$$\begin{aligned}
 \text{拖动力 } F_4' &= k Q - P H && \text{(式 3.24)} \\
 &= 1.15 \times 8300 \times 10 - 6.63 \times 10 \times 385 \\
 &= 69925 \text{ N}
 \end{aligned}$$

将以上计算结果作出提升力图,见图 3-1 提升速度图与力图

4 提升电动机的验算

4.1 电动机功率验算

4.1.1 按电动机允许发热条件验算

(1) 求 $\int_0^T F^2 dt$ (式 4.1)

$$\begin{aligned} \int_0^T F^2 dt &= \frac{1}{2}(F_0^2 + F_0'^2)t_0 + \frac{1}{2}(F_1^2 + F_1'^2)t_1 + \frac{1}{3}(F_2^2 + F_2'^2 + F_2 \times F_2')t_2 + \\ &\quad \frac{1}{2}(F_4^2 + F_4'^2)t_4 \\ &= \frac{1}{2}(161967^2 + 161655^2) \times 3 + \frac{1}{2}(198547^2 + 196347^2) \times \\ &\quad 4.54 + \frac{1}{3}(118463^2 + 72765^2 + 118463 \times 72765) \times \\ &\quad 59.3 + \frac{1}{2}(70322^2 + 69925^2) \times 6 \\ &= 8.37 \times 10^{11} \end{aligned}$$

(2) 求等效时间

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{1}{2}(t_0 + t_1 + t_3 + t_4) + t_2 + \frac{1}{3}t \\ &= \frac{1}{2} \times (3 + 4.54 + 5.85 + 6) + 59.3 + \frac{1}{3} \times 10 \\ &= 72.3 \text{ s} \end{aligned} \quad (\text{式 4.2})$$

(3) 求等效力

$$F_d = \sqrt{\frac{\int_0^T F^2 dt}{T_d}} = \sqrt{\frac{8.37 \times 10^{11}}{72.3}} = 107595 \text{ N} \quad (\text{式 4.3})$$

(4) 求等效功率

$$N_d = \frac{F_d \cdot V_m}{1000 \eta_j} = \frac{107595 \times 5.81}{1000 \times 0.85} = 735 \text{ kw} \quad (\text{式 4.4})$$

因前面预选的电动机额定功率为 $N_e=800 \text{ kw}$, $N_e > N_d$ (电动机允许发热

条件，满足要求)。

4.1.2 按正常运行时电动机过负荷能力验算

力图中最大拖动力 $F_{\max}=198547 \text{ N}$

$$0.75\lambda \cdot F_e = 0.75 \times 2.67 \times 117040 = 234373 \text{ N} \quad (\text{式 4.5})$$

式中 λ ——初选电动机的最大过负荷系数；

F_e ——初选电动机的额定输出力。

故， $0.75\lambda \cdot F_e > F_{\max}$ (满足要求)。

4.1.3 特殊过负荷能力验算

因为 $F_T = \mu(Q_z + P H)$ (式 4.6)

$$= 1.1(m_z + m_p H)g$$

$$= 1.1 \times (5500 + 6.63 \times 385) \times 10$$

$$= 88578 \text{ N}$$

式中 μ ——考虑到动力的附加系数；取 1.05~1.10。

$$\frac{F_T}{F_e} = \frac{88578}{117040} = 0.76$$

$$0.9\lambda = 0.9 \times 2.67 = 2.4$$

所以， $\frac{F_T}{F_e} < 0.9\lambda$ (满足要求)。

4.2 电动机电耗及效率计算

4.2.1 每提升一次电耗

$$\begin{aligned} \int_0^T F dt &= \frac{1}{2}(F_0 + F'_0)t_0 + \frac{1}{2}(F_1 + F'_1)t_1 + \frac{1}{2}(F_2 + F'_2)t_2 + \frac{1}{2}(F_4 + F'_4)t_4 \\ &= \frac{1}{2}(161967 + 161655) \times 3 + \frac{1}{2}(198547 + 196347) \times 4.54 + \\ &\quad \frac{1}{2}(118463 + 72765) \times 59.3 + \frac{1}{2}(70322 + 69925) \times 6 \end{aligned}$$

$$= 485433 + 896409 + 5669910 + 420741$$

$$= 7472493 \quad (\text{式 4.7})$$

$$W = \frac{1.02 V_m \int_0^T F dt}{\eta_j \eta_d} = \frac{1.02 \times 5.81 \times 7472493}{0.85 \times 0.92} = 5.66 \times 10^7 \text{ J/次} \quad (\text{式 4.8})$$

4.2.2 吨煤电耗

$$W_1 = \frac{W}{m} = \frac{5.66 \times 10^7}{8.3} = 6.8 \times 10^6 \text{ J/t} \quad (\text{式 4.9})$$

4.2.3 年电耗

$$W_{\text{年}} = W_1 A_n = 6.8 \times 10^6 \times 1200000 = 8.16 \times 10^{12} \text{ J/a} \quad (\text{式 4.10})$$

4.2.4 一次提升有益电耗

$$W_y = 1000 m g H = 1000 \times 8.3 \times 10 \times 385 = 3.2 \times 10^7 \text{ J/次} \quad (\text{式 4.11})$$

4.2.5 提升设备的效率

$$\eta = \frac{W_y}{W} = \frac{3.2 \times 10^7}{5.66 \times 10^7} = 0.565 \quad (\text{式 4.12})$$

5 提升机电控设备的选择

目前与 JK 系列矿井提升机配套使用的交流拖动电控设备是 TKD-A 系列电控设备。使用空冷式金属电阻。

5.1 高压开关柜的选择

根据提升电动机的定子电压和定子额定电流来选择。

定子电压 6 kv，额定电流 100 A。选用 JYN-6(F)型高压开关柜。

表 5-1 高压开关柜型号

型号	额定工作电压	熔断器遮断电流	熔断器额定 电流	最大负荷容量	
				变压器	电动机
JYN-6(F)	6kv	40KA	最大 224A	2100 KVA	1500 kw

5.2 高压换向接触器的选择

高压换向器系由三组高压接触器组成，用以改变主电机的旋转方向。当采用动力制动方式运行时，应使高压换向器触头断开，动力制动接触器 DZC 闭合。所需的直流电便由自动力制动电源装置经 DZC 主轴头进入电动机定子二相绕组。SYJ 为动力制动失压继电器，当动力制动电源欠压时，其触头使安全回路断电，提升机不能运转。

根据提升电动机的定子电压和定子额定电流来选择。

型号：JGZH1-200/6；参数：额定电压 6 kv，额定电流 200 A，控制回路额定电压 交流 220V，额定电压时分断电流 2000A，断流容量 25 MVA。

5.3 磁力控制站的选择

选用 TKD-A 控制系统，系统图见 CAD 图纸。

6 提升电动机转子电阻的计算

提升电动机技术数据：电动机额定功率 $N_e=800$ kw；额定转速 $n_e=492$ r/min；同步转速 $n_0=500$ r/min；定子额定电压 $V_{1e}=6$ kv；电流 $I_{1e}=100$ A；飞轮转矩 $GD^2=14660$ N m²；转子额定电压 $V_{2e}=549$ V；电流 $I_{2e}=517$ A； $\lambda_m=2.67$ ；功率因数 $\cos\psi=0.80$ 。

提升机参数： $D=3.5$ m； $i=15.5$ ； $\eta_j=0.85$ ；总变位质量 $\Sigma m=81983$ kg； $V_m=5.81$ m/s。

①电动机的额定出力：

$$F_e = \frac{1000 N_e \eta_j}{V_m} = \frac{1000 \times 800 \times 0.85}{5.81} = 117040 \text{ N} \quad (\text{式 6.1})$$

②转子额定电阻：

$$R_e = \frac{V_{2e}}{\sqrt{3} I_{2e}} = \frac{549}{\sqrt{3} \times 517} = 0.64 \text{ } \Omega \quad (\text{式 6.2})$$

③额定转差率：

$$S_{ez} = \frac{n_0 - n_e}{n_0} = \frac{500 - 492}{500} = 0.016 \quad (\text{式 6.3})$$

④自然特性曲线上临界转差率：

$$S_{mz} = S_{ez} (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1}) = 0.016 \times (2.67 + \sqrt{2.67^2 - 1}) = 0.082 \quad (\text{式 6.4})$$

⑤电动机转子固有电阻：

$$R_z = R_e S_{ez} = 0.64 \times 0.016 = 0.0102 \text{ } \Omega \quad (\text{式 6.5})$$

⑥与同步转速对应的提升速度：

$$V_s = \frac{n_0 \cdot v_m}{n_e} = \frac{500 \times 5.81}{492} = 5.9 \text{ m/s} \quad (\text{式 6.6})$$

⑦主加速段开始瞬时转差率：

$$S_0 = \frac{V_s - V_0}{V_s} = \frac{5.9 - 1.5}{5.9} = 0.746 \quad (\text{式 6.7})$$

6.1 第一预备级电阻 R_{pr1}

作用：消除传动齿轮间隙、紧绳；当检查井筒及钢丝绳时，以获得 0.3 m/s 的低速运行；消除电动机接入电网时的过电压。

一般情况下，使第一预备级所产生的力矩为额定力矩的 0.3~0.4 倍，及 $\lambda_{pr1}=0.3\sim 0.4$ 。

按验绳要求来计算：

$$\lambda_{pr1} \geq \frac{(k-1)Q+m_p \cdot H}{F_e} = \frac{(1.15-1) \times 8300 \times 10 + 6.63 \times 385}{117040} = 0.128 \quad (\text{式 6.8})$$

式中 k ——阻力系数，箕斗取 1.15；

Q ——有效载质量，kg；

m_p ——钢丝绳单位质量，kg/m；

H ——提升高度，m；

F_e ——电动机额定出力，N。

故，取 $\lambda_{pr1}=0.35$ ，那么，第一预备级电阻为

$$R_{pr1} = \frac{R_e}{\lambda_{pr1}} = \frac{0.64}{0.35} = 1.829 \quad \Omega \quad (\text{式 6.9})$$

6.2 第二预备级电阻 R_{pr2}

作用：在箕斗提升中，限制箕斗在卸载曲轨部分的运动速度。

初加速时平均启动力矩的相对值：

$$\lambda_{iav} = \frac{F_0 + F_0'}{2F_e} = \frac{161967 + 161655}{2 \times 117040} = 1.383 \quad (\text{式 6.10})$$

式中 F_0 ——初加速起始时的力值；

F_0' ——初加速终了时的力值。

第二预备级电阻产生的力矩相对值：

$$\lambda_{pr2} = \frac{\lambda_{iav}}{\sqrt{S_0}} = \frac{1.383}{\sqrt{0.746}} = 1.601 \quad (\text{式 6.11})$$

第二预备级电阻:

$$R_{pr2} = \frac{R_e}{\lambda_{pr2}} = \frac{0.64}{1.601} = 0.4 \Omega \quad (\text{式 6.12})$$

6.3 主加速阶段电阻的计算

(1) 公比 q 的确定

由电机学的有关知识知: $S_{11}/S_{12}=S_{12}/S_{13}=\dots=S_{16}/S_{1z}=q$, 由上式可知, 只要求出公比 q , 并利用初加速结束时的转差率 S_{11} (对于箕斗, $S_{11}=S_0$), 便可求得各级的起始转差率, 从而求出各级电阻。

确定主加速阶段平均拖动力与电动机额定转矩之比 λ_{av} :

$$\lambda_{av} = \frac{F_1 + F_1'}{2F_e} = \frac{198547 + 196347}{2 \times 117040} = 1.687 \quad (\text{式 6.13})$$

$$\text{则 } \left(\frac{2\lambda_m}{\lambda_{av}}\right)^2 = \left(\frac{2 \times 2.67}{1.687}\right)^2 = 10.02 \quad (\text{式 6.14})$$

$$S_{11} = S_0 = 0.746, \quad S'_{mz} = \frac{S_{mz}}{S_{11}} = \frac{0.082}{0.746} = 0.11 \quad (\text{式 6.15})$$

由于公比 q 曲线图中各条曲线是根据 $S'_{mz} = \frac{S_{mz}}{S_{11}}$ 做成的, 而横坐标又是 $\left(\frac{2\lambda_m}{\lambda_{av}}\right)^2$, 因此在计算出 λ_{av} 、 S_{11} 、 S'_{mz} 后, 要折算为 S'_{mz} 与 $\left(\frac{2\lambda_m}{\lambda_{av}}\right)^2$ 后方可查图。

(2) 查图

在横坐标上找到相应 $\left(\frac{2\lambda_m}{\lambda_{av}}\right)^2$ 的点并作垂线与已知的曲线相交, 通过交点作水平线与纵轴相交, 其交点的纵坐标值, 便为公比 q 之值。

查图得: $q=1.63$

(3) 验算切换力矩, 校验 λ_1 、 λ_2 、 λ'_{av}

$$S_{1z} = \frac{S_{11}}{q^6} = \frac{0.746}{1.63^6} = 0.0398, \quad S_{2z} = \frac{S_{1z}}{q} = \frac{0.0398}{1.63} = 0.0244 \quad (\text{式 6.16})$$

$$\lambda_1 = \frac{2\lambda_m}{\frac{S_{1z}}{S_{mz}} + \frac{S_{mz}}{S_{1z}}} = \frac{2 \times 2.67}{\frac{0.0398}{0.082} + \frac{0.082}{0.0398}} = 2.1 < 0.9\lambda_m = 2.403 \quad (\text{式 6.17})$$

$$\lambda_2 = \frac{2\lambda_m}{\frac{s_{2z}}{s_{mz}} + \frac{s_{mz}}{s_{2z}}} = \frac{2 \times 2.67}{\frac{0.0244}{0.082} + \frac{0.082}{0.0244}} = 1.46 > 1.1\lambda_j = 1.12 \quad (\text{式 6.18})$$

式中 λ_j ——加速段平均静力矩相对值。

$$\lambda_j = \frac{F_1 + F'_1 - 2\sum m \cdot a_1}{2F_e} = \frac{198547 + 196347 - 2 \times 81983 \times 0.95}{2 \times 117040} = 1.022$$

$$\lambda'_{av} = \sqrt{\lambda_1 \cdot \lambda_2} = \sqrt{2.1 \times 1.46} = 1.75 \approx \lambda_{av} = 1.69 \quad (\text{式 6.19})$$

满足验算条件，则前面查得的启动电阻公比 q 值可以采用。

6.4 各级电阻计算表

电动机转子固有电阻:

$$R_z = R_e S_{ez} = 0.64 \times 0.016 = 0.0102 \Omega \quad (\text{式 6.20})$$

表 6-1 启动电阻计算表

Ω

各级电阻	计算公式	计算值	各段电阻	计算公式	计算值
R_6	$R_z q$	0.01663	Δr_6	$R_6 - R_z$	0.0064
R_5	$R_6 q$	0.02711	Δr_5	$R_5 - R_6$	0.0105
R_4	$R_5 q$	0.04419	Δr_4	$R_4 - R_5$	0.0171
R_3	$R_4 q$	0.07203	Δr_3	$R_3 - R_4$	0.0302
R_2	$R_3 q$	0.11741	Δr_2	$R_2 - R_3$	0.0454
R_1	$R_2 q$	0.19138	Δr_1	$R_1 - R_2$	0.0741
R_{pr2}	R_e / λ_{pr2}	0.4	Δr_{pr2}	$R_{pr2} - R_1$	0.2087
R_{pr1}	R_e / λ_{pr1}	1.829	Δr_{pr1}	$R_{pr1} - R_{pr2}$	1.429

6.5 电阻选配

在完成电阻计算后，要合理地选配电阻，它所遵循的原则是根据各段电阻值、起动电流与通电持续率 $JC\%$ 来选择电阻箱型号。

6.5.1 各级启动电流

$$\text{第一预备级启动电流: } I_{pr1} = \lambda_{pr1} \cdot I_{2e} = 0.35 \times 517 = 180.95 \text{ A} \quad (\text{式 6.21})$$

$$\text{第二预备级启动电流: } I_{pr2} = \lambda_{pr2} \cdot I_{2e} = 1.6 \times 517 = 827.2 \text{ A} \quad (\text{式 6.21})$$

主加速级平均启动电流:

$$I_{av} = \frac{1.2\lambda_1 + \lambda_2}{2} \cdot I_{2e} = \frac{1.2 \times 2.1 + 1.46}{2} \times 517 = 1028.83 \text{ A} \quad (\text{式 6.22})$$

6.5.2 电阻持通率

①各级起通时间

$$\Delta t_0 = \frac{V_s (S_{1z} - S_{2z})}{a_1} = \frac{5.9 \times (0.0398 - 0.0244)}{0.5} = 0.18 \text{ s}; \quad (\text{式 6.23})$$

$$\Delta t_6 = \Delta t_0 \quad q = 0.30 \text{ s};$$

$$\Delta t_5 = \Delta t_6 \quad q = 0.49 \text{ s};$$

$$\Delta t_4 = \Delta t_5 \quad q = 0.80 \text{ s};$$

$$\Delta t_3 = \Delta t_4 \quad q = 1.31 \text{ s}; \quad (\text{式 6.24})$$

$$\Delta t_2 = \Delta t_3 \quad q = 2.14 \text{ s};$$

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 \quad q = 3.49 \text{ s}。$$

Δt_{pr2} 取最初加速时间 3 s, Δt_{pr1} 取 0.75 s.

②各级电阻通电持续率计算

第一预备级电阻的通电持通率按下述原则选择:

当 $t_r / T = 0.7 \sim 2$ 时, 选 $JC_{pr1} \% = 40\%$;

当 $t_r / T > 2$ 时, 选 $JC_{pr2} \% = 100\%$;

式中 T ——所选电阻箱的发热时间常数;

t_r ——检查井筒的持续时间, 单钩提升或带尾绳的双钩提升, $t_r = H/0.3$ 。

$$t_r = \frac{385}{0.3} = 1283.3$$

预选 7#电阻箱, 发热时间常数 $T = 520 \text{ s}$ 。

当 $t_r/T = \frac{1283.8}{520} > 2$, 选 $JC_{pr1} \% = 100\%$;

第二预备级持通率 $JC_{pr2} \% :$

$$JC_{pr2} \% = \frac{\Delta t_{pr1} + \Delta t_{pr2} + \Delta t_{rd}}{\Sigma T} \times 100\% = \frac{0.75 + 3 + 5.85}{89.7} \times 100\% = 11\% \quad (\text{式 6.25})$$

式中 Δt_{pr1} 、 Δt_{pr2} ——分别为第一、第二预备级起动时间;

Δt_{rd} ——减速阶段电阻投入运行时间;

ΣT ——一个提升循环时间。

主加速级的持通率 $JC_i \% :$

$$JC_1 \% = \frac{\Delta t_{pr1} + \Delta t_{pr2} + \Delta t_1}{\Sigma T} \times 100\% = \frac{0.75 + 3 + 3.49}{89.7} \times 100\% = 8.1\% ;$$

$$JC_2 \% = \frac{\Delta t_{pr1} + \Delta t_{pr2} + \Delta t_1 + \Delta t_2}{\Sigma T} \times 100\% \\ = \frac{0.75 + 3 + 3.49 + 2.14}{89.7} \times 100\% = 10.5\% ;$$

$$JC_3 \% = \frac{\Delta t_{pr1} + \Delta t_{pr2} + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}{\Sigma T} \times 100\% \\ = \frac{0.75 + 3 + 3.49 + 2.14 + 1.31}{89.7} \times 100\% = 12\% ;$$

$$JC_4 \% = \frac{\Delta t_{pr1} + \Delta t_{pr2} + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4}{\Sigma T} \times 100\% \quad (\text{式 6.26}) \\ = \frac{0.75 + 3 + 3.49 + 2.14 + 1.31 + 0.8}{89.7} \times 100\% = 12.8\% ;$$

$$JC_5 \% = \frac{\Delta t_{pr1} + \Delta t_{pr2} + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5}{\Sigma T} \times 100\% \\ = \frac{0.75 + 3 + 3.49 + 2.14 + 1.31 + 0.8 + 0.49}{89.7} \times 100\% = 13.4\% ;$$

$$JC_6 \% = \frac{\Delta t_{pr1} + \Delta t_{pr2} + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6}{\Sigma T} \times 100\% \\ = \frac{0.75 + 3 + 3.49 + 2.14 + 1.31 + 0.8 + 0.49 + 0.3}{89.7} \times 100\% = 13.7\% .$$

表 6-2 电阻选配表

点阻段	电阻值		JC%		起动电流 A		箱号	片数
	计算值	采用值	计算值	采用值	计算值	电阻箱容 许值		
Δr_{pr1}	1.429	1.47		100	180	272	7#	210
Δr_{pr2}	0.209	0.238	11	12	827	3×342	7#	3×68
Δr_1	0.075	0.075	8.1	9	1028	4×265	14#	4×40
							14#	4×11
Δr_2	0.046	0.048	10.5	11	1028	4×265	14#	4×9
							14#	4×20
Δr_3	0.031	0.03	12	12	1028	4×300	10#	4×20
							10#	4×3
Δr_4	0.018	0.016	12.8	12	1028	4×300	10#	4×13
Δr_5	0.011	0.01	13.4	13.5	1028	3×426	5#	3×7
Δr_6	0.007	0.007	13.7	13.5	1028	3×419	5#	3×8
合计	1.83	1.83						

7 结论

本文通过对杨村煤矿主井提升设备的选型设计，使我对矿井提升设备的结构、工作原理、运转理论、性能特点等方面有了更深刻的认识，对矿井提升设备的选型设计必须做到选型合理，以及正确地使用与维护，使之安全、经济、可靠地运转。

这次毕业设计培养了我的科学研究能力，使我初步掌握了进行科学研究的基本程序和方法。掌握如何收集、整理和利用材料；如何观察、如何调查；如何利用图书馆，检索文献资料等方法；让我综合运用了机械设计、机械制图、机械电子等专业知识，更加熟练地使用 Auto CAD 等绘图软件，对我毕业后的工作提供了很大的帮助；使我发现了自己的短处，就如选型计算时经常因为不细心而出错，有些专业知识需要记忆而没有记，Auto CAD 中常用的快捷键之前没有记住以致开始绘图速度慢，在今后的我会针对性地克服这些缺点。

参考文献

- [1] 陈维健, 齐秀丽等编. 矿山运输与提升设备. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2011
- [2] 于岩, 李维坚主编. 运输机械提升. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1998
- [3] 山东矿业学院编. 煤矿固定设备控制. 北京: 煤炭工业出版社, 1980
- [4] 范家骏编. 矿井多绳提升选型设计. 北京: 煤炭工业出版社, 1981
- [5] 夏荣海, 郝玉琛主编. 矿井提升机械设备. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1987
- [6] 陈湘楚. 矿山运输与提升设备. 北京: 煤炭工业出版社, 1984
- [7] 李世华编. 矿井提升设备使用维修. 北京: 机械工业出版社, 1991
- [8] 卢燕编. 矿井提升机电力拖动与控制. 北京: 冶金工业出版社, 2001
- [9] 姜勇等. AutoCAD 2006 中文版机械制图基础培训教程. 人民邮电出版社, 2007
- [10] 徐灏等. 机械设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1992
- [11] 潘英. 矿山提升机械设计. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1989
- [12] 洪晓华. 矿井运输提升. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005
- [13] 段浩钧等编. 矿山电力拖动与控制. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1994
- [14] 顾永辉等. 煤矿电工手册(三分册). 北京: 煤炭工业出版社, 1987
- [15] 顾绳谷. 电机及拖动基础. 北京: 机械工业出版社, 1981
- [16] 程志红, 唐大放. 机械设计课程上机与设计. 南京: 东南大学出版社, 2006
- [17] 程志红. 机械设计. 南京: 东南大学出版社, 2005
- [18] 王洪欣, 冯雪君. 机械原理. 南京: 东南大学出版社, 2005
- [19] Woo Chul Kim, Michael Chapp. MICRO PLANETARY REDUCTION GEAR USING SURFACE-MICROMACHINING. Berkeley, CA, U. S. A: University of California at Berkeley, 2001
- [20] Yong Chen, Akira Ishibashi. Investigation of the Noise and vibration of Planetary Gear Driver. www.geartechnology.com:GEARTECHNOLOGY, 2006.1

致 谢

经过此次毕业设计，使我对四年所学部分课程进行了进一步地复习和巩固，并且初步学会了如何选择提升机系统，锻炼了我们解决问题和分析问题的能力，为将来参加工作打下了坚实的基础。

经过这近三个月的努力，我较好地完成了这次毕业设计。我的指导老师王德堂老师为我提供了很大的帮助与指导，为我解决了设计中遇到的一些问题，使我更顺利地完成了这次毕业设计。他的谆谆教导和敬业精神、严谨的治学态度深深感染了我，并值得我学习。

这次设计时间紧，任务重，加上我们能力有限以及缺乏经验，故缺点，错误在所难免，敬请各位老师批评指导，借以提高我们的设计能力，适应矿井机械化的需要。

在此，我衷心地祝愿所有给予我帮助的老师 and 同学，祝他们在以后的生活当中工作顺利！学习进步！再创辉煌！

附录

英文文献及译文

ZJ-60 Pulping machine

Operation instruction

Content

One. Overview -----	2
1 Main characteristics-----	2
2 Uses and application range-----	2
3 Model and composition-----	3
4 Working conditions-----	3
Two. Compositions and working principles -----	3
1 Compositions-----	3
2 Working principles -----	3
Three. Technical characteristics -----	4
1 Main performance-----	4
2 Main technical parameters-----	4
Four. Dimension and weight -----	4
Five. Installation and commissioning -----	4
Six. Operation -----	5
1 Inspection and preparation before using -----	5
2 Safety inspection-----	5
3 Operation approach-----	6

4 Monitoring and recording-----	6
5 Remarks -----	6
Seven.Breakdown analysis and removal-----	7
Eight.Safety protection devices and emergency management-----	8
Nine.Maintenance-----	8
Ten.Transportation and storage-----	9
Eleven. Inspections -----	10
Twelve.Others-----	10
1 Warranty-----	10
2 After-sale service-----	10

One . Overview

1 .Main characteristics

After summing up a large number of fire prevention and extinguishing experiences on coal mine site, ZJ-60 pulping machine designed as a simple,practical and reliable raw material (loess or flyash) smashing, preliminary pulping and filtering equipment, which depends on the economic and operating condition of the coal mine. With the cooperation of deflocculant charging equipment (on top of the outlet pipe), it can make densified colloid.

Its main characteristics are as follows:

1) Reasonable structure.

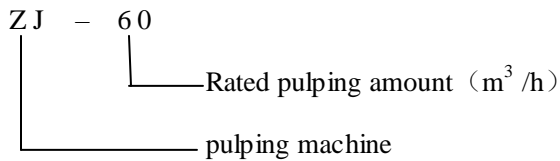
2) Stable performance and high running reliability.

3) Easy operation, convenient to use and maintain.

2. Uses and application range

ZJ-60 pulping machine is customized corollary equipment for coal mine fire prevention and extinguishing system. It can be used for wet raw material smashing, preliminary pulping and filtering. With the cooperation of deflocculant charging equipment which is put on top of outlet pipe, it can make densified colloid. Then it helps the whole system to finish the pressure injection of large flow densified colloid and realize the prevention and extinguishment of spontaneous combustion of coal seams down the pit.

3 . Mode l and composition



4 .Working conditions

This pulping machine can work normally under the following conditions :

Ambient temperature: 0 °C ~ 50 °C ;

Filter media temperature: ≤60 °C ;

Water flow: ≥30 m³ /h

Water pressure: ≥0.4 Mpa

Voltage: 380 V

Power: ≥15 KW

Two.Compositions and working principles

1. Compositions

ZJ-60 pulping machine is mainly composed of driving system (motor and reducer), smashing and charging valve, draining outlet, outlet pipe, deslagging chute and grid guard

of drive.

2. Working principles

The cooperation of this machine, constant weight feeder and colloid filtering machine can form a complete set of raw material smashing, pulping and filtering system. After raw material (dirt or flyash) is charged into this pulping machine, the blades of smashing part will strike those large particles of raw material making them to be small particles or powder. At the same time, there should be a certain amount of liquid to scour the raw material repeatedly and make it completely melted, which achieves the effect of preliminary pulping.

Three.. Technical characteristics

1. Main performance :

This machine can be used for raw material smashing, preliminary pulping. With the cooperation of deflocculant charging equipment it can make densified colloid. Thus it helps the whole system to finish the pressure injection of mass flow densified colloid and realize the prevention and extinguishment of spontaneous combustion of coal seams under the pit.

2. Main technical parameters :

Output power : 15 kw

Water flow : ≥ 50 m³/h

Voltage : 380 V

Ability of pulping(Pulping ability) : 60 m³/h

Four . Dimension and weight

1.External Dimension:

4500mm×2000mm×2000mm (Without support of charging hopper) (Length×
Width×Height)

2. Weight:

7500kg

Five. Installation and commissioning

1 After pulping machine is transferred to the destination, connect the anchor holes and anchor bolts and fix them tightly to the foundation.

2 Make good connection of power cables, motors and so on before using this machine.

3 Try to run the machine after making every preparation.

Six . Operation

1 Inspection and preparation before using

1)

Inspect whether there are any damages of the machine during lifting and transportation and any dropping off phenomenon of connection parts(screws, nuts, and so on) in those fixing and sealing position.

2)

Inspect the turning of this equipment. Connect power, start the engine and check whether the turning direction of turning part is correct or not.

3)

Discharge all dirty oil in the reducer after using it for half a month for the first time, clean those parts inside and charge new gear oil. After that, change oil every month if the machine is used continuously.

2 Safety inspection

Check if the grid guard of driving part is installed firmly. It is not allowed to discard the grid guard during using this pulping machine.

3 Operation approach

1)

After belt charging machine and colloid filter reare ready, start the colloid filter first, then start this machine to do commissioning and check the turning direction.

2)

Inject clean water into the equipment after the commissioning is normal, start belt charging machine and charge material for pulping machine to make it work normally.

4 Monitoring and recording

Check every running parts of this machine after 1 to 2 hours if it is working normally and record.

The contents that need to be taken notes include: temperature increasing of motor and bearing and whether these is anything wrong with the driving part.

5 Remarks

1) It should be started without load first, then inject clean water and run this machine. When the machine is running normally charge material into it.

2) To prevent some solid particles from accumulating in colloid bin and making it difficult to start next time, this machine should be cleaned with clean water before stopping it.

3) Start the colloid filter before starting this machine.

4) If any abnormal breakdowns happen, contact us in time, explain these breakdowns to us and repair them under the guidance of our technicians.

Seven . Breakdowns analysis and removal

Breakdown phenomenon	Root cause	Action plan
Motor is not working after switching power on.	1 There is no power in in power cables. 2 Connection between power cables and terminal blocks of motor are not good. 3 Motor is damaged.	1 Check and repair the power cables. 2 Make good connection between power cables and terminal blocks of motor. 3 Change the motor.
Motor stops suddenly during	1 This machine is stuck by	1 Open the top cover of

<p>working.</p>	<p>some litter(usually litter gets stuck between small stator plate and small turntable; big stator plate and big turntable; scum board and stator plate; colloid stirring board and colloid box)</p> <p>2 Driving chains are broken.</p> <p>3 Gear of reducer is cracked.</p> <p>4 Bearing is damaged.</p> <p>5 Motor is damaged.</p>	<p>colloid box, find the position that gets stuck and clean those litter.</p> <p>2 Change the driving chains.</p> <p>3 Change the reducer.</p> <p>4 Change the bearing.</p> <p>5 Change the motor.</p>
<p>There is a huge vibration while the machine is working.</p>	<p>Anchor bolts of the machine are loose.</p>	<p>Tighten those anchor bolts.</p>

If any other abnormal breakdowns happen, please contact our after sales service personnel immediately.

Eight. Safety protection devices and emergency management

1 Grid guard of driving part: It is not allowed to take it down during working to prevent operators from getting hurt by touching the motor or driving chains.

2 In case any accident or other related situations happen during working, stop the machine immediately and cut off the power, material, etc. After that, deal with these emergencies according to relative procedures and regulations.

Nine . Maintenance

Proper operation and correct maintenance are effective approaches to ensure this machine's normal running, prolong its service life, and decrease maintenance costs.

1 In case raw material accumulates excessively, don't shut down the machine hastily during working.

2 There should be gear oil in reducer before and during it is used. It is enough as long as the gear oil level is in the middle of oil immersion lens. Change those gear oil every 2000 working hours.

3 Users are prohibited to disassemble the rotatable parts of this machine for fear that required concentricity and parallelism can not be achieved when it is reinstalled, which will lead to unstable working, vibrating, components' going hot and damage. What's worse, the machine may stop working.

4 Grease driving wheels regularly.

5 If this machine will be stopped for a long time after using it, it should be cleaned completely:

1) Discharge those dirty oil and charge new gear oil into the reducer.

2) Grease the bearings of rotatable parts.

3) Lubricate the driving chains with lubricating oil.

6 Effective grease seal time of this machine is 6 months. The grease should be checked regularly, and if it's necessary, change it with a new one.

7 Tighten the base bolt of reducer and anchor bolts of this machine.

8 Clean the litter on scraper without delay after running for one shift.

Ten .Transportation & storage

1 Try to keep the pressure points of this machine on the rack during lifting and transportation to prevent accuracy and compatibility between different components from being influenced.

2 Try to avoid collision during use and transportation for fear that its working stability will be influenced.

Eleven .Inspections

1 Try to avoid scratching on machine surface coating.

2 Check if all documents and accessories attached are provided according to packing list.

3 Confirm if the machine's appearance is consistent with its instruction.

4 Check if there is any damage caused by transportation or lifting.

Twelve.Others

1 Warranty

On condition that customer follows our Equipment Operating Instruction strictly, however, this machine is damaged due to poor quality or it can not work properly within 18 months since the date of delivery (within 6 months of normal service), our company will take full responsibility to replace or repair it for free.

2 After- sale service

We provide ZJ-60 Pulping Machine installation guidance, operation and technical training. All spare and accessory parts (except wearing parts) can be replaced free of charge under warranty.

ZJ-60 制浆机

使用说明书

目 录

一 概述-----	3
1 主要特点-----	3
2 用途及适用范围-----	3
3 型号组成-----	3
4 工作条件-----	3
二 结构及工作原理-----	3
1 结构-----	3
2 工作原理-----	3
三 技术特性-----	4
1 主要性能-----	4
2 主要技术参数-----	4
四 尺寸、重量-----	4
五 安装调试-----	4
六 使用、操作-----	4
1 使用前的检查和准备-----	4
2 安全检查-----	5
3 使用方法-----	5
4 监测和记录-----	5
5 注意事项-----	5
七 故障分析与排除-----	5

八 安全保护装置及事故处理-----	6
九 维护、保养-----	6
十 运输、贮存-----	6
十一 检查-----	7
十二 其它-----	7
1 保证-----	7
2 售后服务-----	7

一. 概述

1 主要特点

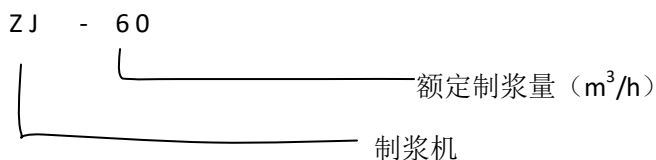
总结了大量的防火和灭火煤矿现场体验后，ZJ-60 制浆机设计成一个可以粉碎简单，实用，可靠的原材料（黄土或粉煤灰）得初步制浆和过滤设备，它依赖于煤矿的经济运行状态。用解絮凝剂的充电设备（在出口管的顶部）的合作，它可以使用致密化的胶体。其主要特点如下：

- 1) 结构合理
- 2) 性能稳定，运行可靠性好
- 3) 操作简单，使用及维护方便

2 用途及适用范围

ZJ-60 打浆机定制配套设备煤矿防灭火系统。它可用于湿原料粉碎，初步制浆和过滤。与放在排气管上方悬浮剂充电设备的配合下，它可以使用致密化的胶体。然后，它可以帮助整个系统完成大流量致密化的胶体压注实现煤层下坑的自燃的预防和灭火。

3 型号组成



4 工作条件

“胶体制备机”可在下列条件下正常地工作:

环境温度: $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$;

过滤介质温: $\leq 60^{\circ}\text{C}$;

供水量: $\geq 30 \text{ m}^3/\text{h}$

水压: $\geq 0.4 \text{ Mpa}$

电压: 380 V

功率: $\geq 15 \text{ KW}$

二 结构及工作原理

1 结构:

ZJ-60 制浆机主要由驱动系统(电机,减速机),粉碎和充气阀,排水出口,出水管,除渣槽和驱动的防护网组成。

2 工作原理:

这台机器,恒量给料机和胶体过滤机的合作,可以形成一套完整的原料粉碎,制浆和过滤系统。原料(灰尘或粉煤灰)装入该制浆机后,粉碎部分的叶片将撞击原料的大颗粒使他们成为小颗粒或粉末。同时,应该有一定量的液体,以反复冲刷原料,使之完全熔化,达到初步制浆的效果。

三. 技术特性

1 主要性能:

此机器可用于原料粉碎,初步制浆。结合悬浮剂充电联动设备它可以使用致密化的胶体。因此它有助于整个系统完成质量流致密化的胶体的压力注入,实现坑下预防和煤层自燃的灭火。

2 主要技术参数:

输出功率: 15 KW

水 量: $\geq 50 \text{ m}^3/\text{h}$

电 压: 380 V

制浆能力: $60 \text{ m}^3/\text{h}$

四. 尺寸、重量

1 外型尺寸:

4500mm \times 2000mm \times 2000mm(不含进料斗支架)(长 \times 宽 \times 高)

2 重量:

7500kg

五. 安装、调试

1

制浆机传送到目的地后, 连接锚定孔和地脚螺栓并紧紧固定它们的底部。

2

使用本机前, 电力电缆、电机都应连接无误。.

3

做好各项准备工作后再运行机器。.

六. 使用、操作

1 使用前的检查和准备

1)

检查是否能够进行提升和运输, 并检查在某些固定和密封位置的易于脱落的连接部分的情况(螺钉, 螺母等)中是否有机器的任何损伤。

2)

检查这台设备的转动点。连接电源, 启动发动机, 检查回转部分的旋转方向是否正确。

3)

用它半个月的第一次后, 排出减速器中所有污油, 清理里面的某些重要部分, 并

换取新的齿轮油。在此之后，如果机器连续使用需每月更换机油。

2 安全 检查

检查驱动部分的防护网是否安装牢固。不允许在使用本机制浆过程中丢弃防护网。

3 使用 方法

1)

在皮带上料机和胶体过滤机准备好后，启动胶体过滤机，然后再启动制浆机做调试和检查转动方向。

2)

设备调试正常后，注入干净的水进入，启动皮带上料机将装料送入制浆机，使其正常工作。

4 监测 和 记录

本机器在运行 1~2 小时后，如果是正常工作，需要检查本机器的每个正在运转的部位是否出现问题。

需要进行的笔记内容包括：电机温度是否升高以及轴承这些驱动部分是否出现毛病。

5 注 意 事 项

1)

它应空载启动，再注入干净的水和运行。当机器运行正常后再送入材料进去。

2)

为了防止某些固体颗粒在胶体仓积累使得下一次使用时出现启动困难问题，本机停止使用前应用干净的水清洗。

3)

启动该机前请先启动胶体过滤器。

4)

如果有任何不正常的故障发生，请及时与我们联系，说明这些故障，并在我们的

技术人员的指导下进行修复。

七. 故障分析与排除

故障现象	原因分析	排除方法
电机打开电源后不工作。	<ol style="list-style-type: none"> 1 电力电缆没有电。 2 电力电缆和电机接线盒之间的连接不良。 3 电机损坏。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 检查和修复电源线。 2 使电力电缆和电机接线端子之间的连接良好。 3 更换电动机。
电机的在工作过程中突然停止运转。	<ol style="list-style-type: none"> 1 此机器被一些垃圾卡住（通常是垃圾卡在小定子盘和小转盘之间、大定子盘大转盘之间、浮渣板和定子板之间、胶体搅拌板和胶体盒之间）。 2 驱动链断了。 3 减速机齿轮破裂。 4 轴承损坏。 5 电机损坏。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 打开胶体盒子的顶盖，找到被卡住的位置并清理垃圾。 2 更换驱动链。 3 更换减速器。 4 更换轴承。 5 更换电机。
机器正在工作时，发出巨大的震动。	<ol style="list-style-type: none"> 1 机器的地脚螺栓松动。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 拧紧地脚螺栓。

如果有任何其他异常故障发生，请立即与我们的售后服务人员联系。

八. 安全保护装置及事故处理

1

驱动部分的防护网：将防护网拿下来时不允许工作，以防止操作员通过触摸电机或者链受到伤害。

2

如果在工作期间任何事故或其他相关情况发生，立即停止机器运转并切断电源、物料等，然后按照有关程序 and 规定进行紧急情况的处理。

九. 维护、保养

得当的操作和正确的保养是保证本机的正常运行、延长其使用寿命、降低维修费用的有效途径。

1

如果原料堆积过多，工作期间不要关闭机器草草了事。

2

在使用之前，减速器中应加有齿轮油。齿轮油的油位浸过齿轮的中间即可。每 2000 工时需改换一次齿轮油。

3

用户禁止拆卸机器，以免在需要重新安装本机的旋转部件时无法达到同心度和平行度的要求，这将导致机器不稳定的工作、振动、组件的过热的损坏。更麻烦的是，机器可能会停止工作。

4

定期润滑驱动轮。

5

如果这台机器在使用后将停止很长一段时间，应该对其彻底清理：

1)

排放污油和新的齿轮油注入减速器。

2)

对可旋转部件的轴承进行润滑。

3)

用润滑油对驱动链进行润滑。

6

这款机器的有效油封时间为 6 个月。润滑油应定期检查，如果有必要，需用一个新的更换。

7

拧紧这台机器的减速器和地脚螺栓的底座螺栓。

8

在一个班次运行结束后，要及时清理刮板上的垃圾。

十. 运输、贮存

1

尽量在机架的压力点进行吊装运输，以防止影响不同组件之间的精度和兼容性。

2

尽量避免在使用和运输过程中的碰撞以免本机器的工作稳定性受到影响。

十一. 检查

1

尽量避免刮伤机器表面涂层。

2

检查所有文件及配件是否按照装箱单所提供的。

3

确认机器的外型与其指令是否一致。

4

检查运输或吊装过程中是否造成任何损坏。

十二. 其它

1 保证

在客户按照设备使用说明书正确操作的前提下，本机器由于质量差损坏而不能自交付之日起正常工作 18 个月（6 个月正常业务范围内），本公司将承担全部责任并更换或免费维修机器。

2 售后服务

我们提供 ZJ-60 制浆机的指导安装、操作和技术培训。所有零配件（易损件除外）
可以免费保修付费更换。