

“河南省农业节水配套技术应用研究与示范”项目

现浇混凝土制管机研究 专题报告

主持单位：河南省水利科学研究所

二〇〇二年十一月

“河南省农业节水配套技术应用研究与示范”项目

现浇混凝土制管机研究 专题报告

主持单位：河南省水利科学研究所

二〇〇二年十一月

审 定: 张志川

审 核: 吴兆现

项 目 负 责: 张志川 杨宝中

专 题 负 责: 李虎星

主要完成人员: 李虎星 杨宝中 李 宁 杨秋贵 王 华

张中伟 李秀亮 冯 侠 李文忠 郭更欣

张 湛 赵明勤 李陆明

主要完成单位: 河南省水利科学研究所

河南省科光工程建设监理有限公司

河南省四达工程技术有限公司

河南省水利科学技术情报中心站

河南省现代节水工程技术有限公司

河南省水利水电工程质量检测中心

报 告 编 写: 李虎星

前 言

渠灌区管道输水，不但具有节水、减少土渠占有耕地面积、便于管理等一系列优点，而且由于管道埋在地下，避免了渠道混凝土衬砌冻胀问题。这一问题对我国北方地区尤为重要。同时，还可减少地面桥涵建筑物。

本专题在深入调查和了解国内外渠灌区管道输水所用管材取得的经验及成果的基础上，针对现浇混凝土管道的施工特点，研制成一种能生产大管径($\Phi 400\text{mm}$)的现浇混凝土制管机——“ZJX-400 型现浇混凝土制管机”，并对管道材料配合比及相应的施工技术进行了研究。

研制成的制管机采用螺旋挤压与内振动、外振动相结合，密实成型并利用反推力行走的原理，可使管道的密实、成型、脱模、铺设等工序通过一台机器一次完成，管道连续性好，没有接头。制管机设计新颖，结构简单，操作方便，性能稳定，生产率高($0.6\sim 0.8\text{m/min}$)，适合野外作业。生产的管道(粉煤灰取代水泥率 40%)整体稳定，密实度高，抗渗性较好，满足灌溉用低压管道输水要求，较其他同类管道更经济合理以及质量可靠、施工简便，为渠灌区发展管道输水创造了有利条件。

目 录

前言

1 概述	1
1.1 项目研究意义	1
1.2 攻关目标及主要研究内容	2
1.3 主要技术性能指标	2
1.4 国内外研究现状	2
1.5 技术路线	3
1.6 开展的试验研究工作	3
2 “ZJX—400 型现浇混凝土制管机” 技术设计	5
2.1 设计依据	5
2.3 螺旋输送装置参数选择与计算	7
2.4 动力传动装置参数选择与计算	10
2.5 振动装置参数	13
2.6 减振抹光装置	15
2.7 操作控制保护装置	16
2.8 送料装置	16
2.9 行走装置	16
3 “ZJX—400 型现浇混凝土制管机” 使用说明	17
3.1 主要性能参数和技术规格	17
3.2 主要组成部分和工作过程	18
3.3 主要部件的构造、作用和调整	20
3.4 制管机的安装与调整	26
3.5 制管机的使用及操作方法	27
3.6 制管机的润滑	28
3.7 常见故障及排除方法	29
3.8 制管机的运输及维护	30

4 混凝土配合比研究.....	30
4.1 管道性能指标的确定	30
4.2 管道材料配合比试验	31
5 施工技术研究	41
5.1 配套设备的选择.....	42
5.2 施工组织	43
5.3 施工工艺	44
5.4 工程验收	52
5.5 季节性施工措施	53
5.6 管道施工注意事项	54
5.7 工程运行管理	55
6 制管机现场应用.....	55
6.1 试验场地概况	55
6.2 管沟开挖	57
6.3 料物的拌合与运输	57
6.4 管道浇筑	57
6.5 管道的养护	58
6.6 附属设备的安装	58
6.7 试水与回填	58
6.8 现场施工取得的经验	58
7 经济效益分析	59
8 主要结论	60
主要参考文献	

1 概述

“现浇混凝土制管机研究”是河南省重大科技项目“河南省农业节水配套技术应用研究与示范”中的专题之一，项目合同编号为991030212，执行的起止时间为1999年~2002年。研究成果主要用在渠灌区的低压管道输水灌溉中，能提供一种经济合理、质量可靠、施工简便的现浇混凝土管道，代替田间明渠输水灌溉。

1.1 项目研究意义

我国大中型灌区的粮食和棉花产量在农业生产中具有举足轻重的作用。但水资源紧缺和水有效利用系数低制约了我国农业的持续发展。据统计，目前渠灌区平均渠系水利用系数约为0.5，灌溉水利用系数仅为0.4，灌溉节水潜力很大。根据国外管灌技术发展实践及我国渠灌区管灌技术试点经验，在渠灌区发展管灌，节水潜力更大，灌区面积发展前景具有潜力，效益也更加显著。从节水灌溉农业长远发展看，管灌技术有可能成为我国渠灌区技术改造，尤其是斗渠系田间工程配套和田间灌水系统技术更新和改善的重要内容。

渠灌区管道输水，不但具有节水，减少土渠占有耕地便于管理等井灌区管灌的一系列优点，而且由于管道埋在地下，避免了渠道混凝土衬砌冻胀问题。这一问题对我国北方地区尤为重要。同时，还可减少地面桥涵建筑物。目前，在渠灌区管道输水所用管材主要有预制混凝土管、柔性内模制作的现浇混凝土管、聚乙烯塑料管等。这些管材或造价昂贵，或接头多施工质量难以保证，或施工工艺造成管道质量不稳定等原因均在推广中受到一定的限制。鉴于上述原因，开展大管径现浇混凝土制管设备和施工技术研究，提供一种造价低，没有接头，且管道质量稳定、施工技术简便的现浇混凝土管道是非常必要的，对加快渠灌区节水灌溉的发展具有重要现实意义。

1.2 攻关目标及主要研究内容

根据合同要求,本专题的主要研究内容为现浇混凝土管的制管设备、混凝土管道材料配合比以及施工技术的研究。针对大管径现浇混凝土管的施工特点,攻关目标是:管道的成型稳定;内、外振动装置的设计;减振装置设计;振动参数与行走速度的关系;螺旋搅龙不平衡扭矩的消除等。

1.3 主要技术性能指标

本专题在完成上述主要研究内容后,所达到的主要技术性能指标是:制管机结构简单,操作方便,性能稳定,生产率高($0.6\sim 0.8\text{m/min}$);管体抗压强度指标 $>20\text{MPa}$,内径允许偏差 $\leq 7\text{mm}$,爆破压力 $>0.2\text{MPa}$ 。

1.4 国内外研究现状

国外发达国家在渠灌区管道输水方面所用管材主要有素混凝土管、钢筋混凝土管、石棉水泥管、塑料管、涂塑管、薄壁钢管及铝合金管等。我国主要采用预制混凝土管和硬塑料管。其缺点是塑料管价格高;预制管自重大,运输不方便且费用较高;接头多、安装施工不便且接头质量也难以保证。

国内在20世纪80年代曾研制出以柔性内模二次和一次成型浇筑混凝土管道的施工设备,但存在着人工浇筑,机械化程度低,施工速度慢;质量不易保证,试水时往往有漏水现象,需要修补数次才能覆土埋管,因此工期较长;管壁厚度不易掌握等缺点。大管径现浇混凝土管在技术上还不太成熟。

河南省水利科学研究所 在20世纪90年代研制成功了“ZJX—200型现浇混凝土制管机”,该机型采用外部振动方式,生产的现浇混凝土管道主要应用在井灌区低压管道输水灌溉系统中。针对自流灌区渠道输水流量大的特点,我们研制出 $\Phi 400\text{mm}$ 管道的现浇混凝土制管机“ZJX—400型现浇混凝土制管机”。该机采用螺旋挤压与内、外施振相结合,并利用反推行进原理,可使管道的成型、密实、脱模、铺设等工序一次完成,

连续作业，没有接头。该机结构简单，设计新颖，操作方便，生产效率高，性能稳定，适合野外作业，能够生产质量稳定、连续性好的现浇混凝土管道，克服了其它管材应用中存在的问题，具有良好的推广应用前景。

1.5 技术路线

根据本项研究的攻关目标和拟达到的技术性能指标要求，结合现浇混凝土管的施工及应用特点，本项研究采用的技术路线是在充分吸收利用国内外已有研究成果和经验的基础上，将试验研究与理论分析结合起来，以试验研究为主；将室内试验与设备研究相结合，以满足制管工艺要求为主；通过对螺旋搅龙叶片导程、转速及振动等参数关系的研究，以送料量均匀、制管机平衡稳定、功率小及混凝土密实度高为优化目标；管体材料配合比及施工技术在满足低压管道输水灌溉技术要求前提下经济合理，施工简便；在此基础上，通过野外试验使得制管设备与管道浇筑安装技术等形成的成套设备与技术体系，具有科学上的先进性和技术上的可操作性。

1.6 开展的试验研究工作

根据合同要求，从1999年底开始，专题组各参加单位的相关人员进行了广泛的调查研究，并在以往的工作基础上，开始了大量的研制与试验工作。经过多年的协作攻关，在大管径现浇管道的制管工艺上取得了重大突破，累计完成设计图纸300余张。进行了管道材料配合比及施工技术方面的试验研究，取得了有重要实用价值的研究成果。主要研究工作如下：

（1）管道断面稳定性试验

从改善管道受力条件、提高管道安全运行可靠性及方便施工等方面考虑，对管道的横截面形状和壁厚进行了试验。管道断面形状采用内圆外门型。

（2）螺旋输送装置参数试验

研究了螺旋搅龙不同转速、不同叶片节距、叶片数量对制管机行走速度、配套功率、送料与挤压力均匀性、管道成型等方面的影响。最佳参数为：螺旋转速 $n=21\text{r/min}$ ，节距为 400mm，出料端变为 340mm，叶片数 4 片。

（3）振动方式试验

分别对外部振动、内部振动及内外部结合的振动形式对管道密实均匀性、配套功率、管道连续性等方面的影响进行了试验。以采取内、外振动相结合的技术措施最佳，得出了适合制管工艺的振动参数。

（4）减振技术研究

试验表明：内模减振，内、外模相结合减振及内、外模与夹持器共同减振对管道的成型稳定及管道连续性等影响很大。尤以内模、外模与夹持器共同减振的技术措施效果最好。

（5）螺旋搅龙不平衡扭矩的消除

螺旋搅龙单向旋转，使得制管机在行走过程中，尾部出现抬高，易掉轨，进而影响管道浇筑质量。通过研究，从结构上采取一定的技术措施可以有效地避免这种现象，使得制管机行走平稳。

（6）制管机适应性试验

进行了制管机在不同土质、不同地面坡度条件下的试验。试验得出制管机适应坡度 $\leq 1/100$ ，能在各种土质状况下作业。

（7）料斗形状试验

料斗结构形状、大小都对螺旋搅龙送料均匀性有一定的影响。分别进行了对称与不对称结构布置形式的试验。采取不对称结构较好。

（8）管道材料与施工技术研究

针对现浇混凝土管道的使用特点及制管机的作业特点进行了不同材料配合比和施工技术方面的试验研究。详见报告 4、5 部分有关内容。

2 “ZJX—400 型现浇混凝土制管机” 技术设计

2.1 设计依据

(1) 根据“ZJX—400 型现浇混凝土制管机研究”计划任务书提出的各项要求，并结合现场施工的实际情况进行本设计。

(2) 管道的横断面：采用内圆外门型的断面形状，见图 1 所示。其优点是改善了圆管管身的受力条件和减小了对地基的应压力，抗折性能好，施工方便。

依据《低压管道输水灌溉工程技术规范》SL/T153-95，管道最小壁厚应为内径的 1/10 加 15mm，即 55mm。室内试验结果，管道断面稳定所需要的壁厚为 55mm。考虑本机施工特点即边成型边脱模，设计管壁厚度为 60mm。

(3) 材料：干硬性素混凝土。

(4) 技术要求：管道内径偏差 $\geq 7\text{mm}$ ；纵向壁厚偏差 $+4.0\text{mm}$ 、 -2.0mm 。

(5) 振动方式：内振与外振相结合。

(6) 生产能力：制管行走速度 $0.6\sim 0.8\text{m/min}$ 。

(7) 整机自重：空载时制管机自重 $\geq 1500\text{kg}$ 。

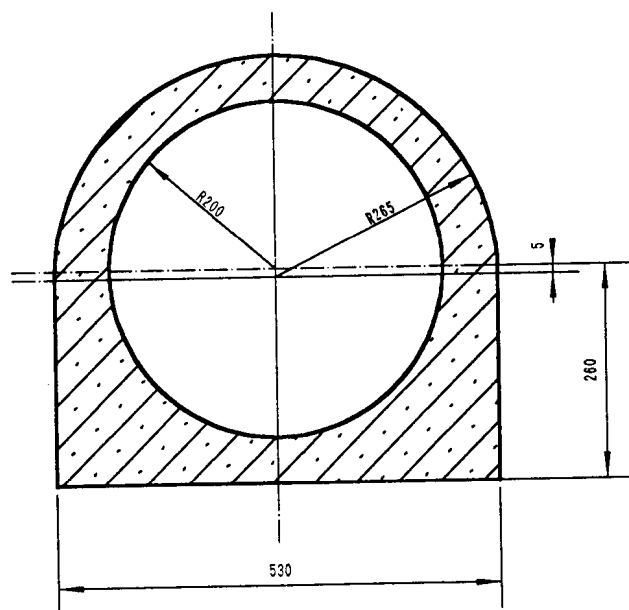


图 1 管道横截面图

2.2 总体方案与配置

2.2.1 总体方案

“ZJX—400 型现浇混凝土制管机”采用螺旋挤压与内、外振动结合密实成型并利用反推力前进原理，使管道的成型、密实、脱模、铺设等工序一次完成。该机采用不对称料斗，螺旋搅龙输送机，内、外振动装置，内、外减振装置和机身外减振装置等技术措施。各部分相互独立，便于安装和调整，方便野外作业。

进料斗采用不对称结构并配以拨料装置，可有效地解决混凝土拌合料受振动及螺旋单向旋转影响易结块，造成供料不均，影响管道质量的问题。

料物输送采取变节距螺旋搅龙，不仅能送料均匀，增加挤压力，同时还利用在挤压过程中产生的反作用力推动制管机向前行走，完成管道的自动铺设。

振动装置是制管机的主要部件，对混凝土管道的成型密实有很大的影响。采取内振与外振相结合的振动方式。内振作辐射状振动，可以提高管体密实的均匀性，特别是对管道底部和两侧有很大的影响。外振在提高管道密实度的同时，可大大减小管体与管模之间的摩擦力，防止管道拉裂，有效地降低配套功率，同时有助于制管机的前进，对管道的铺设起到良好的作用。

减振装置由内模、外模和机身外部夹持器组成。减振内模可有效地消除振动内模对管道产生的干扰，同时起到抹光管道内壁的作用，减小表面粗糙度。减振外模不仅有效地消除振动外模、机身振动形成的干扰，更重要地还可自动调节管道受挤压力的大小，防止管体拉裂，使管体连续性好。机身外夹持器与机身柔性连接，在减小振动干扰，保持管道整体稳定方面起到很大的作用。

2.2.2 配置型式

“ZJX-400 型现浇混凝土制管机”各部分组成及布置详见图 2。传动、料物输送、振动挤压、减振抹光等部分连成一体置于一个有行走轮的机架上（机架未绘出），行走轮支在两条刚性导轨上。当螺旋搅龙将混凝土集料推入成型模腔后经挤压振动形成管道，挤压过程中形成的反作用力推动制管机向前行走，从而实现连续工作。减振抹光系统可有效地对管道进行保护，提高其整体的稳定性和连续性。

内、外部振动装置上安放有两台附着式振动器。内部振动器电源线经空心轴与外部电源线连接，空心轴一端固定于减速机座上，另一端由门型吊架上的三条螺栓悬吊着，混凝土集料通过吊架时分流进入成型振动模腔。夹持器连在机架的后边。

2.3 螺旋输送装置参数选择与计算

2.3.1 输送能力

由图 1 所示的管道横截面尺寸，其实体部分面积 S 为 0.12m^2 ，制管机行走速度 V 按 0.65m/min 计，则螺旋输送能力 Q 应为：

$$\begin{aligned} Q &= 60 \cdot S \cdot V \\ &= 60 \times 0.12 \times 0.65 \\ &= 4.68 (\text{m}^3/\text{h}) \end{aligned}$$

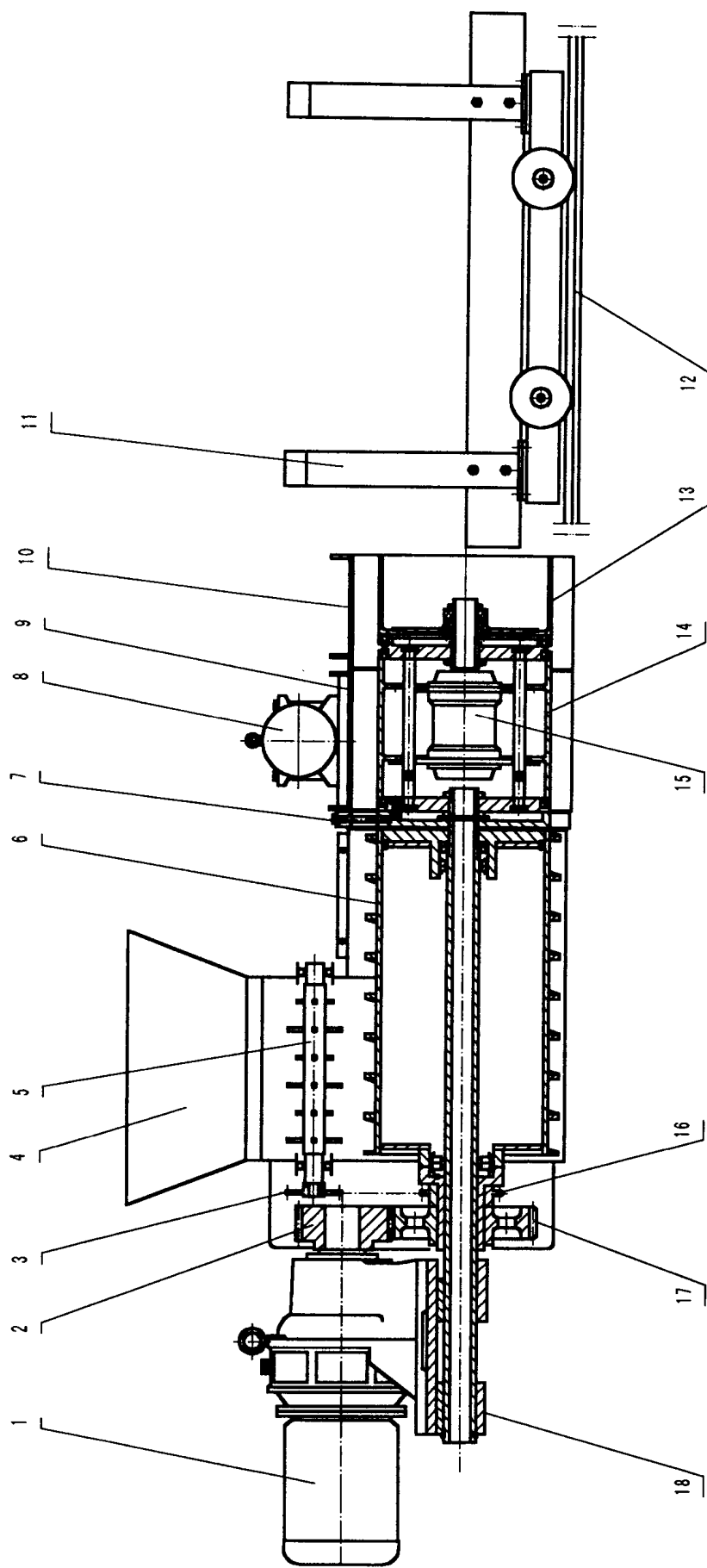
如混凝土容重按 2.4t/m^3 计，则

$$Q = 4.68 \times 2.4 = 11.23 (\text{t/h})$$

2.3.2 螺旋输送装置主要尺寸

本机螺旋搅龙叶片采用实体面型。螺旋搅龙尺寸在综合考虑管道横断面形状、送料与挤压力均匀性及制管机行走平稳等因素后确定。叶片根部直径 d 与成型部分内模直径一致，取 $d=400\text{mm}$ 。叶片顶部直径 $D=470\text{mm}$ ，螺旋节距 S 与 D 之比值取 0.85 ，为 400mm ，出料端变节距为 340mm 。计算生产能力时按出料端节距 $S=340\text{mm}$ 计。螺旋叶片头数为 4 。

制管机工作时，为保证通过性的需要，避免造成挤塞或挤碎物料，



- 1—减速机总成 2—主动齿轮 3—小链轮 4—料斗 5—拨料器 6—螺旋搅龙 7—门型吊架
 8—外部振动器 9—减振扶光外模 10—减振扶光内模 11—夹持器 12—导轨 13—减速机座
 14—内部振动器 15—内部减振器 16—人链轮 17—被动齿轮 18—减速机座

图 2 制管机总体配置图

减少输送外壳磨损，提高送料均匀性，螺旋叶片顶部与输送外壳之间的间隙 λ 取值为：上部 25mm，下部 10mm。计算生产能力时取其平均值为 18mm。

2.3.3 螺旋搅龙转速 n 的计算

螺旋搅龙输送能力由下式计算：

$$Q = \frac{\pi [(D + 2\lambda)^2 - d^2]}{4} \times 60kn(s - t) \cdot \gamma$$

式中：Q——螺旋搅龙输送能力，t/h；

D——螺旋叶片外径，m；

d——螺旋轴直径，m；

n——螺旋搅龙每分钟转速，r/min；

λ ——螺旋叶片外径与输送管内表面的间隙，m；

s——螺旋节距，m；

t——螺旋叶片厚度，m；

k——与混凝土物料特性、螺旋充填程度及受挤压影响因素有关的综合系数；

γ ——被送混凝土物料的容重，t/m³。

Q 之值应满足生产能力要求，已确定 $Q=11.23\text{t/h}$ ，故：

$$\begin{aligned} n &= \frac{4Q}{\pi [(D + 2\lambda)^2 - d^2] \times 60k(s - t) \cdot \gamma} \\ &= \frac{4 \times 11.23}{\pi [(0.47 + 2 \times 0.018)^2 - 0.4^2] \times 60 \times 0.17 \times (0.34 - 0.012 \times 4) \times 2.4} \\ &= 20.79 (\text{rpm}) \end{aligned}$$

圆整后选取 n 之值为 21r/min。

2.3.4 转速的校核

为防止混凝土集料受过大的切向力而抛起，以致无法向前输送，故选取的转速应满足下列条件：

$$n \leq n_j = \frac{A}{\sqrt{D}}$$

式中： n_j ——某一极限转速，r/min；

A——物料特性系数，参考有关资料取 A 之值为 25，代入上式则为：

$$21 \leq \frac{25}{\sqrt{0.47}} = 36.47 \text{ (r/min)}$$

故选取 n 值合乎要求。

2.4 动力传动装置参数选择与计算

2.4.1 电动机功率确定

由于制管机在制管过程中，混凝土集料的输送、压实所耗用的功及与模具间的摩擦系数等数据难以实测，故配套电动机功率用类比法确定。

国产 $600 \times 120 \times \phi 75$ 空心楼板挤压机，其成型速度为 $0.85 \sim 0.90 \text{ m/min}$ ，制品横截面实体部分面积为 0.051 m^2 ，生产率为 $0.043 \sim 0.046 \text{ m}^3/\text{min}$ 或 $6.24 \sim 6.61 \text{ t/h}$ ，其配套电动机功率为 11 kw 。

本所研制的“ZJX—200 型现浇混凝土制管机”其行走速度为 $0.9 \sim 1.0 \text{ m/min}$ ，管道横截面实体面积为 0.037 m^2 ，生产率为 $0.033 \sim 0.037 \text{ m}^3/\text{min}$ 或 $4.80 \sim 5.33 \text{ t/h}$ ，其配套电动机功率为 5.5 kw 。

本机设计生产率为 11.23 t/h ，其传动装置较上述挤压机简单，行走为四个轮子支撑，摩阻力小。与“ZJX—200 型现浇混凝土制管机”相比，采取内、外振动方式，减小了管道与内外模具的摩擦力。综合考虑上述诸因素后，主电机选用 11 kw 普通三相交流异步电动机，其转速为 1460 r/min 。

2.4.2 减速机的选用

选用摆线针轮减速机，按电动机功率所匹配的机座型号为：BWD4-29-11。

2.4.3 齿轮传动计算

(1) 传动比 i

减速机输出轴转速 n_1 为 50r/min, 螺旋搅龙转速 n_2 为 21r/min, 故

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{50}{21} = 2.38$$

(2) 中心距 a

由结构决定, $a=273\text{mm}$ 。

(3) 齿轮模数 m

取 $m=0.02a$, 选取标准值 $m=6\text{mm}$ 。

(4) 齿数的确定

$$\text{由 } Z_1 + Z_2 = \frac{2a}{m} = \frac{546}{6} = 91$$

$$\text{及 } Z_2 = i \cdot Z_1$$

求解得: $Z_1=27$

$$Z_2=64$$

(5) 齿宽 b

按 $b=0.3a$ 取值, $b \approx 80\text{mm}$ 。

(6) 本机齿轮副系开式传动, 且有振动, 故各参数选用时取大值, 以延长使用寿命, 其接触强度及弯曲强度经查表校核, 不另列出。其它计算数据详见设计图。

2.4.4 链轮传动计算

(1) 松料轴上之功率估算

松料轴及打料杆尺寸如图 3 所示。长杆及短杆各 12 个, 作用于每个打料杆上之阻力 P_i 为:

$$P_i = K_{\text{阻}} \cdot F_i$$

式中: $K_{\text{阻}}$ —阻力系数, N/cm^2 ;

F_i ——一个打料杆的轴侧投影面积, cm^2 。