# 单车 900 型制注氮设备动力传动设计的研究

李建奎[1] 傅连松[1] 郑富林[1] 杨青青[2]
（1 山东恒业石油新技术应用有限公司 山东 东营 257000；2 山东大洋招标有限公司 山东 东营 257000）

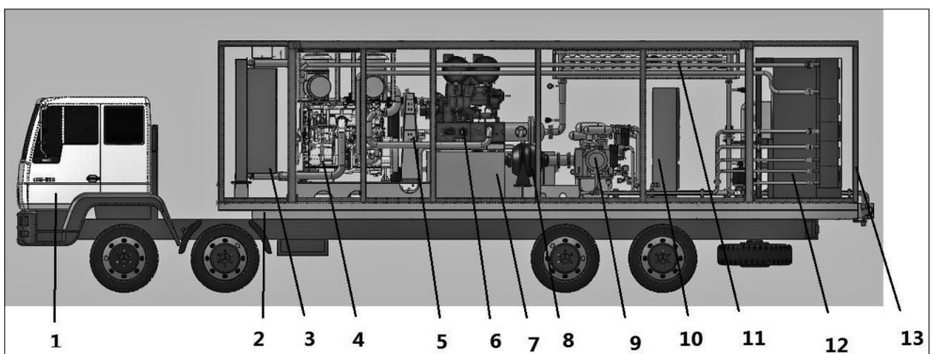
**摘要**：根据目前膜分离制氮装置在空间布局及传动方式的问题，提出此设计方案。由于目前常规车载制氮设备分成两个独立机体——制氮机和增压机，分别布置在两个底盘车上。例如双车 900 型制氮设备制氮用的空压机和增压用的增压机都各需要通过一台单独的柴油发动机为其提供动力，这种设计占用空间大，成本高，两车同时使用，增加了用户的运营成本。而单车 900 型制氮设备采用单台柴油发动机来同时驱动空压机和增压机工作，节省空间，使制氮车与增压车合二为一，使用方便快捷，能耗低。

**关键词**：制氮设备；传动方式； 单台发动机；空压机；增压机；分动箱；离合器

## 0 引言

随着制氮设备在油田中的广泛应用，特别是小井场、小排量氮气施工等特殊要求情况下。目前生产的双车 900 型制氮设备（制氮车和增压车组成），2 辆车，操作人员多，油耗大，受场作业场地限制。而单车 PTO 900 型从车底传递动力不稳定，更换皮带频繁，故障点多，不能持续稳定工作。

针对以上不足，研制单车双驱动膜分离制氮设备，能适应不同工况作业，节省费用、成本低、使用方便。单车双驱动膜分离制氮设备在市场一直空缺，研制该产品可以提高市场竞争力，为用户提供更多的选择。




1- 底盘车 2- 底座 3- 冷却器（发动机） 4- 发动机 5- 分动箱 6 空压机 7- 油箱 8- 离合器 9- 增压机 10- 电控柜 11- 膜组 12 冷却器（增压机） 13- 上框

图 1 单车 900 型制氮车布置图

本文主要讨论了单车双驱动制氮设备总体成一车的设计思路；介绍了单车 900 型制氮设备配套各主要大件的技术参数、结构外形；着重对单车 900 型制氮设备的动力传动原理进行展现。

## 1 总体方案设计

在国内，车载式制氮设备需满足公路营运性及恒业公司车辆特车公告的要求，整车外形尺寸需要满足：长度≤ 12530mm，宽度≤ 2500mm，高度≤ 3980mm，整车总重量≤ 29500Kg，为满足上述条件，单车 900 型制氮设备总体方案采用以下形式。

### 1.1 成机方式

采用单独成机，机体安装固定到越野性能好的底盘车上，移动性强，随制随走，使用方便。

### 1.2 传动方式

采用单台发动机驱动，通过分动箱分别将动力传递给空压机和增压机，其中增压机通过安装在分动箱上的万向轴来进行驱动，同时通过安装在增压机自身的气动离合器来控制启停；此方式的优点为可满足单独控制启停增压机的要求，降低发动机启动的瞬时载荷。

### 1.3 总体布置

将制氮及增压所用大件全部集成在一个机体上，考虑到设备使用、巡检、检修方便，尽可能的利用机体顶部空间，故将膜组悬挂在增压机、电控柜顶部，考虑到增压机与冷却器管路走向安装方便及整车重心问题，确保重心在汽车后桥位置，将增压机冷却用的冷却器置于整车后端，将动力源及传动装置置于中间，满足整车受力均布，最后将用于冷却发动机的冷却器置于前端。

## 2 主要大件的选型

### 2.1 配套空压机的确定

#### 2.1.1 空压机所需排气量的计算

由于整套系统需要满足长时间连续工作，通过调研以及恒业近几年的使用情况，根据设备排气量的大致要求，确定采用某国外知名公司生产的 ORV12 无动力源空压机，外观见图 2。

空压机参数计算如下：

查阅美国 PRISM 提供的 PA4050-N1 膜性能参数表（见表 1），设计要求进气压力 17.9bar，氮气纯度为 95% 时，单根膜管所需空气量为 64.7Nm³/H，产氮气量效率按 45%，则一根膜管的产氮量为：64.7X45% =29 Nm³/H。根据设备产氮



1-17 工业设计 9月下 第27期.indd 2 2022/3/24 9:25:45

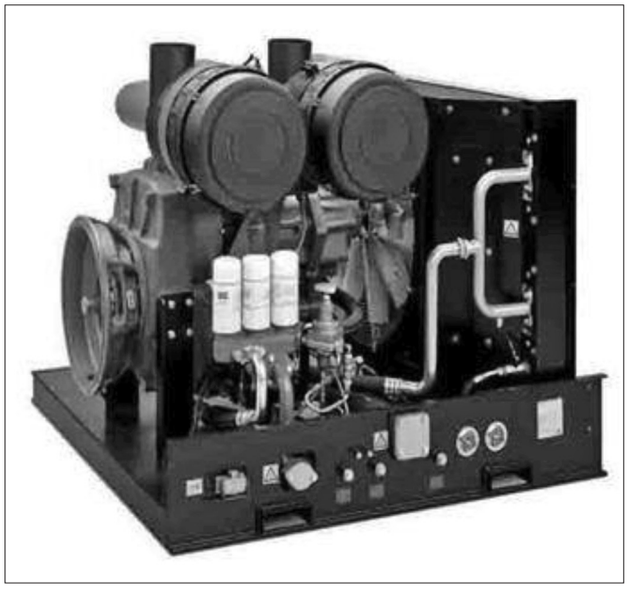


图 2 无动力源空压机

**表 1 单根膜管产氮纯度 - 空气需用量表**

| 每根膜管产生相应氮气所需要的空气量（NM3／HR） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | product purity(%$0_2$-free) | | | | | | |
| 工作压力（bar） | 99.9 | 99.5 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 |
| 4.1 | 7.41 | 8.08 | 8.61 | 9.5 | 10.3 | 11.1 | 11.9 |
| 4.8 | 8.74 | 9.59 | 10.3 | 11.3 | 12.3 | 13.3 | 14.4 |
| 5.5 | 10.1 | 11.1 | 11.9 | 13.2 | 14.4 | 15.6 | 16.9 |
| 6.2 | 11.4 | 12.6 | 13.6 | 15.1 | 16.5 | 18 | 19.4 |
| 6.9 | 12.8 | 14.2 | 15.3 | 17.1 | 18.7 | 20.3 | 22 |
| 7.6 | 14.1 | 15.7 | 17 | 19 | 20.8 | 22.7 | 24.6 |
| 8.3 | 15.5 | 17.3 | 18.7 | 20.9 | 23 | 25.1 | 27.3 |
| 9 | 16.8 | 18.8 | 20.4 | 22.9 | 25.2 | 27.5 | 29.9 |
| 9.7 | 18.2 | 20.4 | 22.1 | 24.9 | 27.4 | 29.9 | 32.5 |
| 10.3 | 19.6 | 22 | 23.8 | 26.8 | 29.6 | 32.3 | 35.2 |
| 11 | 20.9 | 23.5 | 25.5 | 28.8 | 31.8 | 34.7 | 37.9 |
| 11.7 | 22.3 | 25.1 | 27.3 | 30.8 | 34 | 37.2 | 40.5 |
| 12.4 | 23.7 | 26.7 | 29 | 32.7 | 36.2 | 39.6 | 43.2 |
| 13.1 | 25 | 28.2 | 30.7 | 34.7 | 38.4 | 42 | 45.9 |
| 13.8 | 26.4 | 29.8 | 32.5 | 36.7 | 40.6 | 44.5 | 48.6 |
| 14.5 | 27.7 | 31.4 | 34.2 | 38.7 | 42.8 | 46.9 | 51.2 |
| 15.2 | 29.1 | 32.9 | 35.9 | 40.7 | 45 | 49.4 | 53.9 |
| 16.6 | 31.9 | 36.1 | 39.4 | 44.7 | 49.5 | 54.3 | 59.3 |
| 17.9 | 34.6 | 39.2 | 42.8 | 48.6 | 53.9 | 59.2 | 64.7 |
| 19.3 | 37.3 | 42.4 | 46.3 | 52.6 | 58.3 | 64.1 | 70.1 |
| 20.7 | 40.1 | 45.5 | 49.8 | 56.6 | 62.8 | 69 | 75.5 |

气量为 900 Nm³/H 的要求，可计算出在工作压力为 17.9bar 时所需膜管根数为：900 ÷ 29=31.1 根，取整为 32 根。则实际所需要的空气量 Q=32 × 64.7 Nm³/H=2070 Nm³/H=575L/S。

2.1.2 空压机齿轮比及轴功率的确定

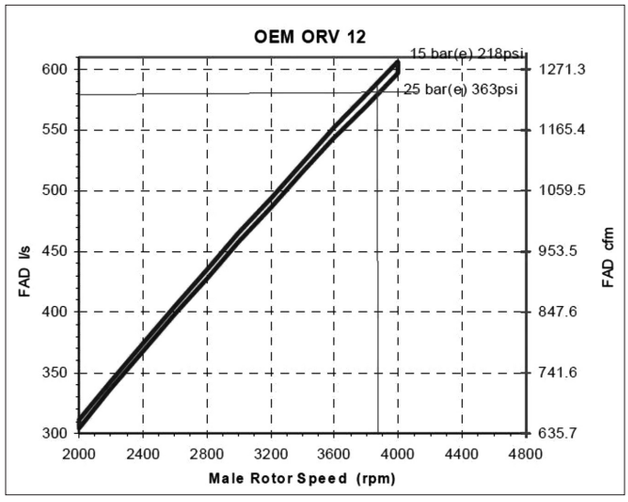
由上可知流量 Q=575L/s，查询空压机提供的 ORV12 空压机排量转速表（见表 2）的 21bar 线（位于 15 ~ 25bar 之间），其对应的阳转子转速约为 3900rpm ；再查询 ORV12 空压机转速功率表（见表 3）可找出对应的输入功率约为 370KW。

由于柴油发动机额定转速通常为 1800rpm，因此理论齿轮比 i=3900/1800=2.1667 ；由于 OEM 机可选择的增速齿轮比只有 5 种选择：1.604、1.909、2.195、2.405、1.385、1.471；故选择标准齿轮比 : i=2.195，就可以满足制氮设备空气量的要求。

2.2 增压机的选型

根据增压机厂家提供的选型计算软件计算可得驱动增压机的轴功率为 131Kw(176 马力 ), 见表 4，选用的增压机型号为 JGQ/2, 四级压缩，冲程 3”。

**表 2 ORV12 空压机排量转速表**




2.3 发动机功率的确定及选型

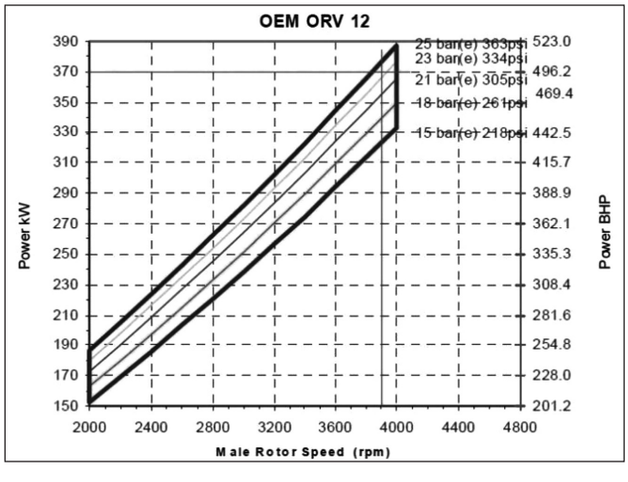
根据以上计算出的空压机及增压机的功率，根据经验所选发动机功率应为：

P=P 空压机 +P 增压机 +P 水箱 +10%P，其中 P 水箱发动机水箱功率，一般为 15Kw（20HP) 左右，10%P 为发动机预留 10% 左右的动力，故 P=496HP+176HP+20HP+10%P， 经计算 P=768HP ；

根据油田使用环境及笔者公司多年来的使用情况，选用美国卡特彼勒发动机，经查询选型为 CAT C18（工业 D 标定）满足使用要求。

主要技术参数如下：

**表 3 ORV12 空压机转速功率表**






1-17 工业设计 9月下 第27期.indd 3 2022/3/24 9:25:45

表 4 增压机选型软件计算表格

**Ariel Performance**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ARIEL | Company: | SHANDONG HENGYE PETROLEUM NEW TECHNOLOGY APPLICATION CO. LTD | Customer: | SHANDONG HENGYE PETROLEUM NEW TECHNOLOGY APPLICATION CO. LTD | |
| | Quote: | Mobile N2 Generator_2013 | Inquiry: | | |
| 7.7.2.2 | Case 1: | Design | Project: | N2 Compression_Q900Nm3/h | |

| **Compressor Data:** | | | | | | **Driver Data:** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elevation,ft: | 100.00 | Barmtr,MPaa: | 0.101 | Ambient,癈: | 37.78 | Type: | Diesel |
| Frame: | JGQ/2 | Stroke, in: | 3.00 | Rod Dia, in: | 1.125 | Mfg: | |
| Max RL Tot, lbf: | 20000 | Max RL Tens, lbf: | 10000 | Max RL Comp, lbf: | 11000 | Model: | |
| Rated RPM: | 1800 | Rated BHP: | 280.0 | Rated PS FPM: | 900.0 | BHP: | 0 |
| Calc RPM: | 1680.0 | BHP: | 176 | Calc PS FPM: | 840.0 | Avail: | 0 |

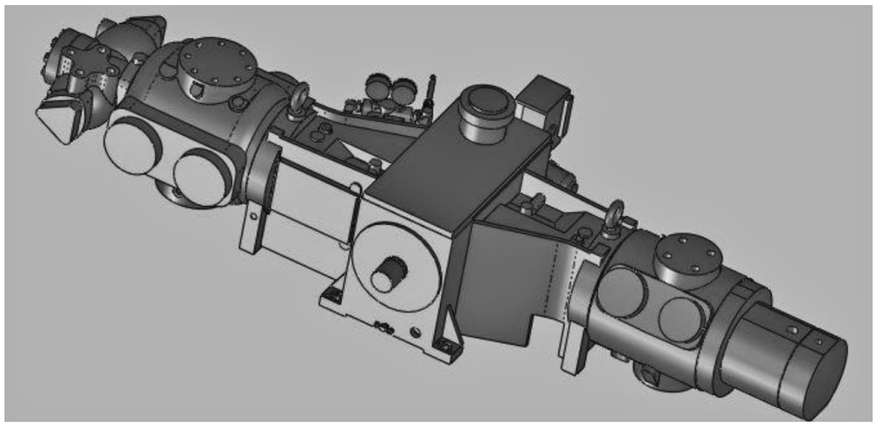


图 3 JGQ/2 增压机外形

功率：765 HP ；转速：1800-2100rpm ；SAE1 飞轮壳。

## 3 传动原理

3.1 传动系统主要构件

### 3.1.1 分动箱

根据传动方式的要求，由 C18/ORV12 空压机的外形，由传动方式及布局要求可得：由分动箱的上输出端驱动空压机，分动箱下输出端驱动增压机，经调研选型计算可得分动箱。

分动箱的主要参数：额定扭矩 4000NM ；齿轮比：1 ；最高允许转速：2000rpm

分动箱外观见图 4。

### 3.1.2 离合器

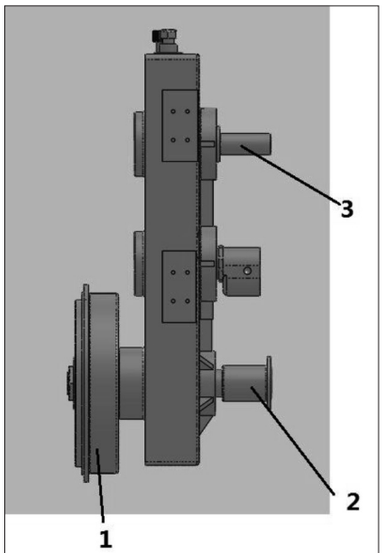
考虑发动机启动的瞬时载荷，同时为达到单独控制增压机启停的要求，需在增压机端装入离合器来进行控制。经调研选型可得；离合器见图 5。

离合器的主要参数：最大扭矩：3255NM; 最高允许转速：2400rpm ；气动离合。

### 3.1.3 万向轴

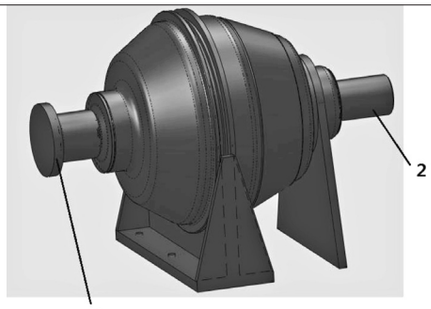
夹角 7° 为国外万向轴允许的角度，而国内万向轴在高速运转大载荷下夹角尺寸允许为 5° ，根据传递到增压机的扭矩、转速及万向联轴器两端的法兰配对形式、安装空间等因素选型可得。

万向器的主要参数：标准伸缩焊接式；最大扭矩：5000NM ； 最高允许转速：2400rpm ；Lmax=1120mm，Lmin=1040mm 。




1- 输入端（发动机） 2- 下输出端（增压机）
3- 上输出端器（空压机）

图 4 分动箱




1- 输入端 2- 输出端

图 5 离合器

3.2 动力传动

分动箱（上输出）- 膜片联轴器 - 空压机

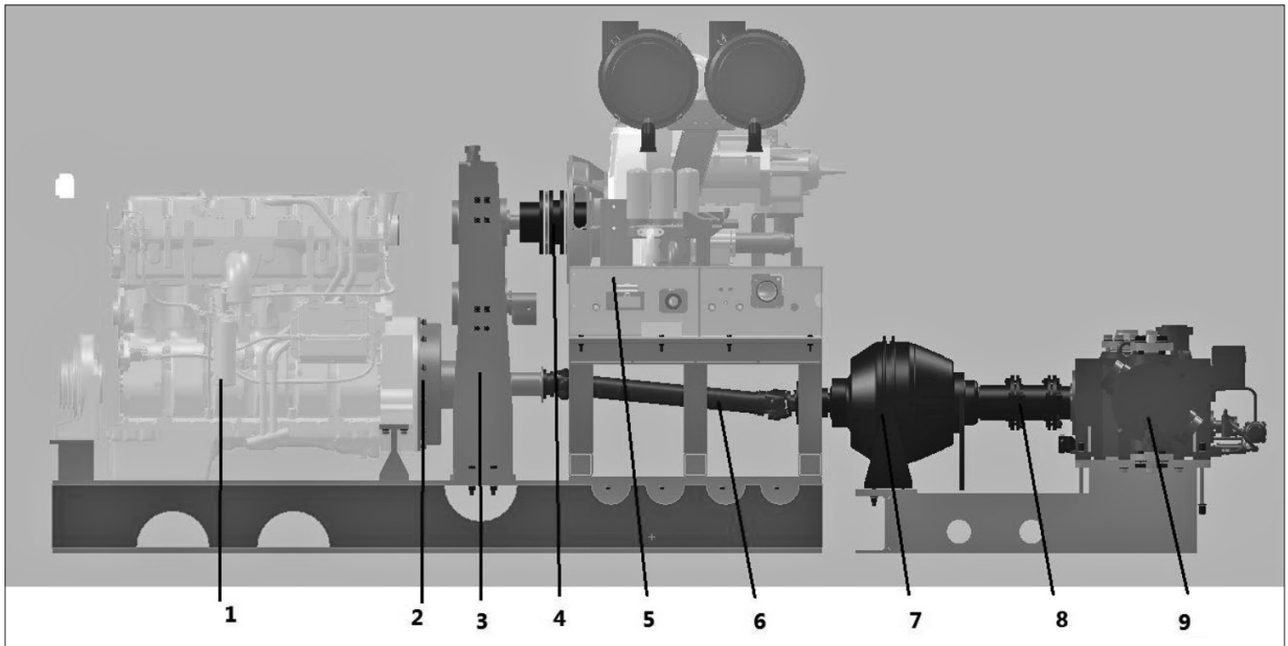
动力传动链：发动机 -- 高弹联轴器 -- 分动箱输入 -- 分动箱 ( 下输出）-- 万向轴 -- 机械式离合器 -- 垫片联轴器 -- 增压机 ；动力传动方式见图 6。

## 4 结语

（1）单车 900 型膜分离制氮设备占用空间小，动力传



1-17 工业设计 9月下 第27期.indd 4 2022/3/24 9:25:46




1-CAT C18 2- 高弹联轴器 3- 分动箱 4- 膜片式联轴器 5-Orv12 空压机 6 万向轴 7- 离合器 8- 叠片式联轴器 9- 增压机

图 6 动力传动装置

图 7 单车 900 型制氮设备整体外观

动方式可靠，发动机利用率高；

（2）单车 900 型膜分离制氮设备，能适应不同工况作业，节省费用、危险性小、成本低、使用方便；

（3）单车 900 型膜分离制氮设备，可以提高产品市场竞争力，为用户选择制氮设备时提供更多的选择。

**参考文献**：

[1] ORV12 空压机选型指导手册 [Z]. 无锡阿特拉斯，2008.

[2] Ariel 增压机成撬商标准 [Z]. 俄亥俄州芒特弗农，2012.

[3] CAT 发动机选型及样本手册 [Z] . 伊利诺州 ,2008.

**作者简介**：李建奎（1987-），男，山东东营人，工程师，学士，研究方向：油气增产设备设计研发；傅连松（1989-），男，工程师，研究方向：油气增产设备技术；郑富林（1988-），男，工程师，研究方向：油气增产设备技术；杨青青（1986-），女，研究方向：工程类、货物、设备类技术文件编制及招投标。



1-17 工业设计 9月下 第27期.indd 5 2022/3/24 9:25:46