

校企合作双元开发“互联网+”立体化教材

高等职业院校铁道机车专业“十四五”技能型人才培养新形态教材

电力机车制动系统 检查与维护

(智媒体版)

主 编 李作奇 孙由啸

主 审 耿 烽



电力机车制动系统检查与维护
在线开放课程学习平台

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电力机车制动系统检查与维护：智媒体版 / 李作奇，
孙由啸主编. —成都：西南交通大学出版社，2022.2

校企合作双元开发“互联网+”立体化教材 高等职业
院校铁道机车专业“十四五”技能型人才培养新形态教
材

ISBN 978-7-5643-8411-1

I. ①电… II. ①李… ②孙… III. ①电力机车—车
辆制动—制动装置—检修—高等职业教育—教材 IV.
①U264.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 239284 号

校企合作双元开发“互联网+”立体化教材
高等职业院校铁道机车专业“十四五”技能型人才培养新形态教材

Dianli Jiche Zhidong Xitong Jiancha yu Wei hu

电力机车制动系统检查与维护

(智媒体版)

主编 李作奇 孙由啸

责任编辑 罗在伟
封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031
发行部电话 028-87600564 028-87600533
网址 <http://www.xnjdcbs.com>
印刷 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 20.75
字数 441 千
版次 2022 年 2 月第 1 版
印次 2022 年 2 月第 1 次
定价 59.80 元
书号 ISBN 978-7-5643-8411-1

课件咨询电话：028-81435775
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

前言

随着我国铁路事业的快速发展，机车制动技术也由传统的电气控制发展转变为新型计算机网络控制。为了更好地适应机车制动技术的发展和业要求，有必要编写一本既介绍传统机车制动技术，又涵盖新型机车制动技术发展的教材。本教材正是针对我国现阶段机车制动技术发展变化的特点，为适应铁路牵引动力高速发展的需要，培养与其相适应的高素质技能型人才而编写的。

本教材是在学生已经掌握电路分析、机械零件、机械制图等基础知识和基本技能的基础上，通过课堂讲授、实验、实习等教学环节，掌握机车制动系统的组成、作用和原理；能够操纵、维护和检修机车制动系统，具备从事铁道机车运用与维护的高素质技能型人才所必需的基本技能，并为今后的专业课学习打下良好的基础。

本教材选取韶山系列电力机车所使用的 DK-1 型电空制动机，和谐系列大功率电力机车所广泛使用的 CCB II 电空制动机、法维莱 Eurotrol 电空制动机等典型机车制动机为主要对象，主要介绍机车制动机基本知识、机车风源系统组成、机车制动机组成、机车基础制动装置结构等内容，同时，也对近几年国产 DK-2 型机车制动机、JZ-8 型机车制动机及 CAB 型机车制动机进行了简要介绍。

本教材采取“项目-任务”模式编写，共 7 个项目，考虑可操作性、知识与技能的完整性，每个项目又设计若干大小不一的学习任务。每个学习任务按照任务驱动的模式组织内容，实现了理论与实践的高度结合，是一本既适合理论教学，又贴近生产实际的教材，符合职业教育的实践性要求。

教材在编写过程中，我们查阅了大量的相关书籍和相关文献资料，多次到铁路机车运用和检修现场调研，搜集了大量现场资料。本教材由南京铁道职业技术学院李作奇、石家庄铁路职业技术学院孙由嘯担任主编，中国铁路上海局集团有限公司南京东机辆段王志强参编，南京铁道职业技术学院耿烽主审。项目 1~项目 2 由孙由嘯编写，项目 3~项目 6 由李作奇编写，项目 7 由王志强编写。本教材可供高等职业院校铁道机车运用与维护专业在校学生及具有相应水平和学习要求的读者使用。

由于编者水平有限，在内容取舍、编排及重要知识点的处理上，难免存在不足，敬请各位专家、读者批评指正。

编者

2022 年 1 月

项目 1 电力机车制动系统认知	001
任务 1.1 制动基本知识认知	002
任务 1.2 制动方式和制动机种类认知	005
任务 1.3 空气制动机的基本作用原理分析	012
任务 1.4 制动管减压量与制动缸压力的关系分析	016
任务 1.5 列车制动时的纵向动力作用分析	019
复习思考题	023
项目 2 电力机车风源系统检查与维护	024
任务 2.1 典型电力机车风源系统认知	025
任务 2.2 活塞式空气压缩机检查与维护	032
任务 2.3 螺杆式空气压缩机检查与维护	042
任务 2.4 空气干燥器检查与维护	052
任务 2.5 风源系统其他附件检查与维护	060
任务 2.6 辅助空气压缩机组检查	064
复习思考题	068
项目 3 DK-1 型电空制动机检查与操作	069
任务 3.1 DK-1 型电空制动机认知	070
任务 3.2 DK-1 型电空制动机主要电器部件状态检查	075
任务 3.3 DK-1 型电空制动机中继阀状态检查	083
任务 3.4 DK-1 型电空制动机空气制动阀状态检查	090
任务 3.5 DK-1 型电空制动机分配阀状态检查	097
任务 3.6 DK-1 型电空制动机电动放风阀和紧急阀状态检查	108
任务 3.7 DK-1 型电空制动机重联阀操作	114
任务 3.8 DK-1 型电空制动机辅助部件状态检查	119
任务 3.9 DK-1 型电空制动机综合作用原理分析	126
任务 3.10 DK-1 型电空制动机辅助功能分析	139
任务 3.11 DK-1 型电空制动机操作及日常试验	146
复习思考题	153

项目 4 CCB II 制动机检查与操作	155
任务 4.1 CCB II 制动机认知	156
任务 4.2 CCB II 制动机主要部件认知	160
任务 4.3 CCB II 制动机电空控制单元结构分析	166
任务 4.4 CCB II 制动机综合作用分析	182
任务 4.5 CCB II 制动机主要部件的备份	185
任务 4.6 CCB II 制动机辅助控制模块状态检查	188
任务 4.7 CCB II 制动机设置及试验	197
任务 4.8 CCB II 制动机操作	202
复习思考题	205
项目 5 法维莱 Eurotrol 制动机检查与操作	206
任务 5.1 法维莱 Eurotrol 制动机认知	207
任务 5.2 法维莱 Eurotrol 制动机构成分析	211
任务 5.3 法维莱 Eurotrol 制动机 BCU 原理分析	226
任务 5.4 法维莱 Eurotrol 制动机综合作用分析	236
任务 5.5 法维莱 Eurotrol 制动机设置及试验	238
复习思考题	242
项目 6 基础制动装置与停放制动装置检查与维护	244
任务 6.1 基础制动装置认知	245
任务 6.2 闸瓦制动装置状态检查	248
任务 6.3 盘形制动装置状态检查	254
任务 6.4 停放制动装置认知	259
任务 6.5 防滑器检查与维护	266
任务 6.6 制动倍率、传动效率和制动率的计算	274
任务 6.7 制动力的形成及其限制分析	277
复习思考题	281
项目 7 其他型号机车制动系统认知	282
任务 7.1 DK-2 型机车制动系统认知	283
任务 7.2 JZ-8 型机车制动系统认知	296
任务 7.3 CAB 型机车制动系统认知	305
复习思考题	323
参考文献	325

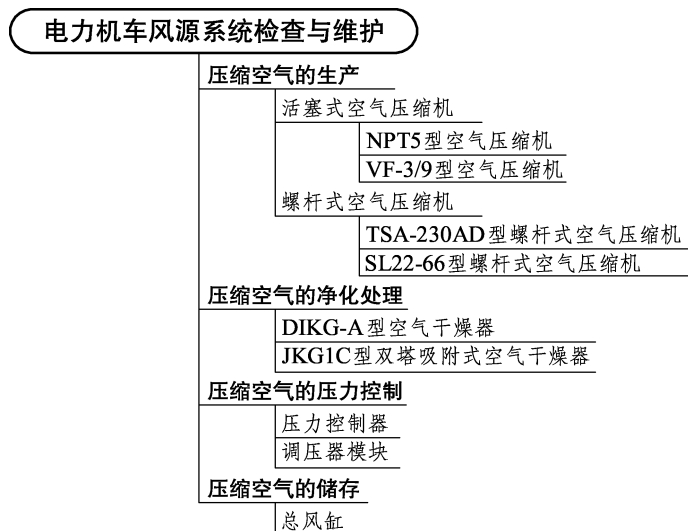
电力机车风源系统检查与维护

项目描述

机车空气管路系统按其功能可分为风源系统、制动机气路系统、控制气路系统和辅助气路系统 4 大部分。电力机车风源系统是制动机的地的重要组成部分，其作用是生产、储备、调节、控制压缩空气，并向全车各气路系统提供所需的高质量、洁净、稳定的压缩空气。

本项目着重进行典型电力机车风源系统及其组成部件的结构介绍，要求能够根据部件的结构分析其工作原理，并在此基础上能够进行电力机车风源系统部件的维护保养。

知识导图



任务 2.1 典型电力机车风源系统认知

【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 熟悉典型电力机车风源系统的作用及组成。
- (2) 熟悉典型电力机车风源系统的工作过程。

2. 素质目标

- (1) 培养遵章守纪、严谨认真的工作作风，培养工作责任心。
- (2) 具备自主学习能力，培养分析能力，善于总结经验并进行创新。
- (3) 能完成团队分配的工作，承担团队成员的角色和责任。

3. 能力目标

- (1) 能够根据电力机车风源系统管路原理图，分析风源系统工作过程。
- (2) 能够根据电力机车风源系统的故障现象，分析故障原因。

【相关知识】

电力机车风源系统负责在机车正常运行时，提供机车、车辆制动机以及全列车气动器械所需的高质量洁净、干燥和稳定的压缩空气。



典型电力机车
风源系统认知

2.1.1 SS₄ 改型电力机车风源系统

SS₄ 改型电力机车由两节完全相同的机车重联组成，每节机车上均设置一套完整的空气管路系统，可以单独运用，也可以通过空气管路系统的重联环节实现两节机车的重联运行。

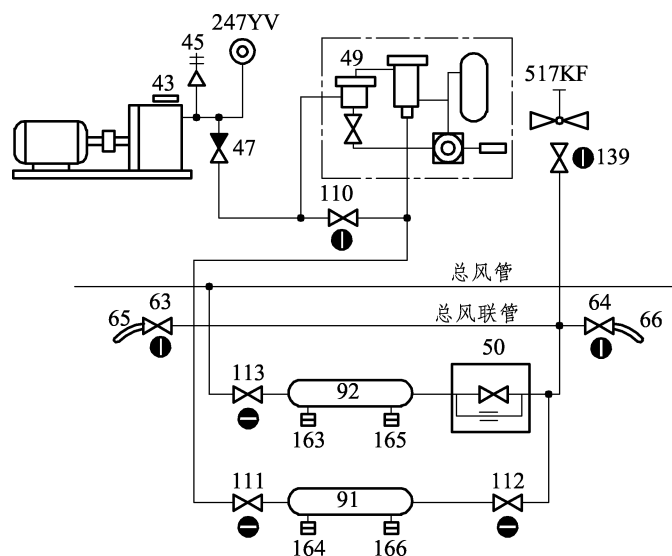
SS₄ 改型电力机车风源系统由空气压缩机组、空气干燥器、压力控制器、总风缸、止回阀、高压安全阀、无负载启动电空阀、排水阀、塞门及其连接管路等组成。SS₄ 改型电力机车风源系统管路原理如图 2-1-1 所示。

SS₄ 改型电力机车风源系统工作环节包含压缩空气的生产、压缩空气的净化处理、压缩空气的储存、压缩空气的压力控制、总风的重联等五个环节。

1. 压缩空气的生产

每节 SS₄ 改型电力机车主压缩空气的生产，由一台生产量为 3 m³/min 的 VF-3/9 型主空气压缩机 43 完成。该空气压缩机为四缸、V 形排列、两级压缩、中间冷却的活

塞式空气压缩机。其额定排气压力为 900 kPa，额定转速为 980 r/min，并由一台功率为 37 kW 的 YYD-280S-6 型三相交流异步电动机驱动。在运行中，如果该节机车空气压缩机组出现故障，可利用另一节机车上的空气压缩机组继续维持运行。



43—主空气压缩机；45—高压安全阀；47—止回阀；49—空气干燥器；50—逆流止回阀；
63、64—总风折角塞门；65、66—总风软管连接器；91—第一总风缸；92—第二总风缸；
111~113、139—塞门；163~166—排水阀；247YV—无负载启动电空阀；
517KF—压力控制器。

图 2-1-1 SS4 改型电力机车风源系统管路原理图

因为机车空气压缩机起动频繁，为保证压缩机在任何工况下都能顺利启动，无负载启动电空阀用于在主空气压缩机启动之初，排放主空气压缩机出风管与止回阀之间的压缩空气，用于减小主空气压缩机在启动过程中的启动负载，以保证主空气压缩机顺利启动。即空气压缩机启动前，无负载启动电空阀得电，使止回阀前的一段管路一直与大气沟通，在主空气压缩机启动后 3 s 内仍继续排空，待延时 3 s 后无负载启动电空阀失电关闭排风口。

为了限制压缩空气的流动方向，防止压缩空气向主空气压缩机气缸内逆流或压缩空气逆流到无负荷启动电空阀排入大气，在空气压缩机出风管路上设有止回阀 47。

2. 压缩空气的压力控制

压缩空气压力由 YWK-50-C 型压力控制器 517KF 来调整。压力控制器根据总风缸压力的变化，自动闭合或切断主空气压缩机电动机电源，从而控制主空气压缩机的运转或停止，使总风缸内压缩空气的压力保持在规定的压力范围（750 ~ 900 kPa）内。即当总风缸空气压力达到最大规定值 900 kPa 时，将自动切断主空气压缩机电动机的电源电路，主空气压缩机停止工作；当总风缸空气压力低于最小规定值 750 kPa 时，

将自动闭合主空气压缩机电动机的电源电路，主空气压缩机恢复打风。压力控制器故障时，可通过塞门 139 切除，这时司机可利用强泵风按钮操作压缩机组。

为确保总风管路不超过安全的压力，高压安全阀在正常的压力控制装置失效后，能自动降低压力及报警，达到安全保护作用，其整定值为 950 kPa。

3. 压缩空气的净化处理

压缩空气的净化处理由空气处理量为 3~5 m³/min 的 DJKG-A 型空气干燥器 49 完成。压缩机组生产的压缩空气先经过一段较长的冷却管冷却后进入干燥器，在干燥器的滤清筒、干燥筒内进行干燥净化处理后，送入总风缸内储存。

4. 压缩空气的储存

经过干燥净化处理后的压缩空气，进入两个串联的总风缸内储存。其中第一个总风缸 91 容积为 290 L，第二个总风缸 92 容积为 612 L。

机车入库后可关闭塞门 111、113，保存总风缸内的压缩空气；在机车无火回送时，应将塞门 112 关闭，切除第一总风缸，缩短列车的充气时间。

在使用中还应定期打开总风缸排水阀 163~166，以检查和排出总风缸内的积水。

5. 总风的重联

逆流止回阀 50 设置在第一与第二总风缸之间。空压机工作时，经过干燥、净化处理后的压缩空气进入第一总风缸后，一路经逆流止回阀 50 进入第二总风缸提供本节机车使用；另一路经总风联管、总风折角塞门 63 或 64、总风软管连接器 65 或 66 等总风重联装置进入另一节重联机车，使得所有重联机车的总风缸相通，保证所有重联在一起的机车总风缸内压缩空气压力一致，而不会由于各机车用风量不同造成总风缸内压缩空气压力不一致。当一台机车空气压缩机组出现故障后，可由另一台机车通过总风重联装置提供压缩空气。

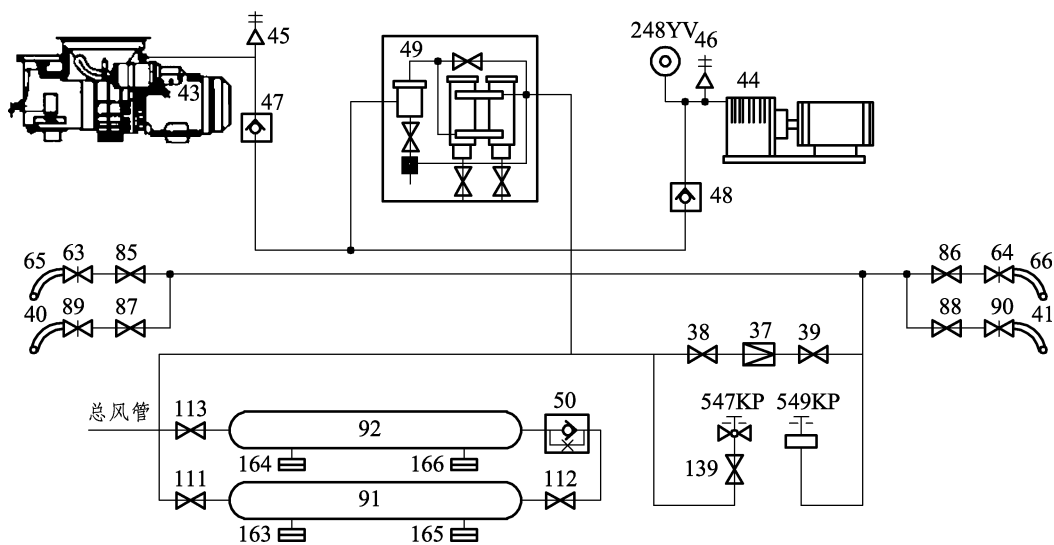
当重联在一起的两节机车或其他重联机车之间断钩分离后，第一总风缸内的压缩空气将很快随拉断的总风软管连接器排入大气，第二总风缸内的压缩空气由于逆流止回阀的单向作用将缓慢沿逆流小孔排入大气，保证分离后机车制动所需的压缩空气。

2.1.2 SS₉型电力机车风源系统

SS₉型电力机车是用于牵引旅客列车的准高速电力机车。风源系统是机车空气管路系统的基础，它为机车与车辆制动系统及全列车气动器械提供稳定和洁净的压缩空气。

SS₉型电力机车的风源系统由空气压缩机、高压安全阀、止回阀、空气干燥器、逆流止回阀、折角塞门、软管连接器、总风缸、双管供风调压阀、排水阀、启动电空阀、压力控制器及塞门等部件组成。SS₉型电力机车风源系统管路原理如图 2-1-2 所示。

SS₉ 型电力机车的风源系统可分为压缩空气的生产、压缩空气的压力控制、压缩空气的净化处理、压缩空气的储存、风源保护五个环节。



- 40、41、65、66—供风软管连接器；43—TSA-230A 型压缩机；44—V-2.4/9 型压缩机；
 45、46—高压安全阀；47、48—止回阀；49—双塔干燥器；50—逆流止回阀；
 63、64、89、90—供风折角塞门；85~88—防撞塞门；91、92—总风缸；
 111~113—截断塞门；139—截断塞门；163~166—排水阀；
 547KP—压力控制器；549KP—压力开关；
 248YV—启动电空阀。

图 2-1-2 SS₉ 型电力机车风源系统管路原理图

1. 压缩空气的生产

SS₉型电力机车采用一台 TSA-230A 型螺杆压缩机 43 和一台 V-2.4/9 型空气压缩机 44 产生压缩空气。TSA-230A 型螺杆压缩机额定排气压力为 900 kPa，排气量为 2.4 m³/min，控制电压为 DC 110 V，压缩机电机转速为 2 955 r/min，轴功率为 22 kW；V-2.4/9 型压缩机额定排气压力为 900 kPa，排气量为 2.4 m³/min，控制电压为 DC 110 V，压缩机电机转速为 1 500 r/min，轴功率不大于 18.5 kW，适用温度范围 -40 ~ +50 °C（当环境温度低于 -25 °C 时，应使用润滑油加热装置）。在运行中，如果一台压缩机出现故障，可利用另一台压缩机组继续维持运行。

因为机车空气压缩机启动频繁，为保证压缩机在任何工况下都能顺利启动正常工作，在压缩机 44 排风口和止回阀 48 间装有启动电空阀 248YV。在压缩机组开始启动时，活塞压缩机出风管上的启动电空阀得电延时而排出风管中的压缩空气，以减少压缩机组启动负载。

2. 压缩空气的压力控制

压缩空气的压力采用 YWK-50-C 型压力控制器控制，该压力控制性能稳定，调整方便。其整定值为 750 ~ 900 kPa，当总风缸压力低于 750 kPa 时，接通压缩机控制电路，压缩机工作，当总风压力高于 900 kPa 时，断开压缩机控制回路，压缩机停止供风，从而使总风压力处于整定值。

压力控制器故障时，可通过塞门 139 切除，这时司机可通过监视总风压力，利用强泵开关操纵压缩机组工作。当机车总风缸压力达 950 kPa 时，安装在压缩机出风管上的高压安全阀 45、46 将连续不断向外排气，并发出尖锐报警声，这时司机应关闭强泵开关，停止压缩机组工作。

3. 压缩空气的净化处理

压缩空气的净化处理由空气处理量为 4.8 m³/min 的 JKG-1D 型双塔干燥器完成。压缩机组生产的饱和湿空气经压缩机出风管进入干燥器滤清筒，将压缩空气中的油雾、水和机械杂质过滤掉。洁净饱和的湿空气进入干燥筒内，通过活性氧化铝的吸附，使干燥筒排出的压缩空气既清洁又干燥。洁净的压缩空气连接管道送入总风缸。

4. 压缩空气的储存

经干燥净化处理后的压缩空气，进入两个串联的总风缸内储存，以供全列车气动器械及制动机所需。两个总风缸的容积均为 612 L。两个总风缸平行车体纵向中心线吊挂于车体底架下部。

库停时应定期将总风缸内水排尽，尤其在冬季，长时间库停需要先将总风缸排水阀 163 ~ 166 打开排尽压缩空气后再关闭。

5. 风源保护

在 91、92 风缸之间设置了逆流止回阀 50，当正常运行时，逆流止回阀能使机车 91、92 总风缸压力一致；当机车与车辆之间发生断钩事故时，第一总风缸 91 内的压缩空气随拉断的供风管直接排向大气，第二总风缸 92 内的压缩空气只能通过逆流止回阀 50 上的 $\phi 6$ mm 逆流小孔缓慢排向大气，保证断钩机车紧急停车时对压缩空气的需要。

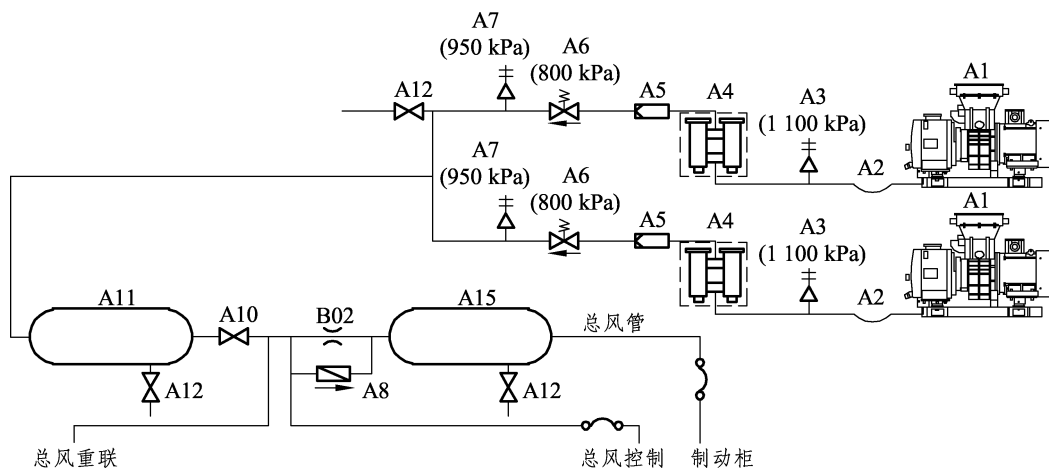
另外，为了满足提速客车新增的空气弹簧、集便厕所、气动塞拉门等设备的用风需要。SS₉ 型电力机车设有双管供风装置，给客车供风的调压阀 37 整定值为 600 kPa，用于供风压力状态指示的压力开关 549 KP 整定值为 480 kPa。可以从司机台上的指示灯判断供风风压的正常与否，或者从双管供风装置的风压表可观察到供风风压。

2.1.3 HXD_{3C} 型电力机车风源系统

HXD_{3C} 型电力机车风源系统负责生产并提供全列车气动器械以及机车、列车制动机所需要的高质量的清洁、干燥和稳定的压缩空气。

风源系统主要由空气压缩机组 A1，高压安全阀 A3、A7，空气干燥器 A4，微油过滤器 A5，最小压力阀 A6，总风缸 A11、A15，总风缸排水塞门 A12，止回阀 A8，截断塞门 A10，流量缩堵 B02 等组成。HXD_{3C} 型电力机车风源系统管路原理如图 2-1-3 所示。

HXD_{3C} 型电力机车的风源系统包含压缩空气的生产、压缩空气的压力控制、压缩空气的净化处理、压缩空气的储存、风源保护五个环节。



A1—空气压缩机组；A2—空气压缩机出风软管；A3、A7—高压安全阀；A4—空气干燥器；
A5—微油过滤器；A6—最小压力阀；A8—单向阀；A11、A15—总风缸；
A10—截断塞门；A12—总风缸排水塞门；B02—限流缩堵。

图 2-1-3 HXD_{3C} 型电力机车风源系统管路原理图

1. 压缩空气的生产

采用两台螺杆式空气压缩机组 A1 作为系统风源，排风量为每台 2 750 L/min，转速 2 920 r/min，工作压力 1 000 kPa，设有无负荷启动装置，高温保护开关，低温加热装置。

注：部分机车采用国产的 TSA-230A VI 型螺杆式压缩机，其性能同上。

2. 压缩空气的压力控制

不同于 SS 系列电力机车，HXD_{3C} 型电力机车通过安装在制动柜内的调压器模块进行总风压力的控制。

为确保机车空气系统的安全，在干燥器前后各有一个高压安全阀，高压安全阀 A3 的开启压力为 1 100 kPa，高压安全阀 A7 的开启压力为 950 kPa，当机车空气压力超过设定值后自动将压缩空气排出。

3. 压缩空气的净化处理

配套使用两个双塔干燥器 A4，安装在空压机和总风缸之间，具有过滤压缩空气中油、水，降低压缩空气露点的功能，使得空气系统在正常使用时，不会出现液态水。

双塔干燥器的空气处理量为每个 4.8 m³/min。

机车装有两个空气系统用微油过滤器，对通过干燥器后的压缩空气进行油污处理，保证通过微油过滤器后的压缩空气满足净化要求。该过滤器需进行定期排污处理。

机车装有两个最小压力阀，保证干燥器内部快速建立起压力，使干燥器可以进行再生、干燥工作，开通压力为 600 kPa。同时对两台干燥器间通道进行隔离。

4. 压缩空气的储存

采用 2 个容积均为 800 L 的风缸串联作为压缩空气的储存容器，采用车内立式安装。设计压力为 1 000 kPa，风缸材质为 16 MnDR。风缸缸体采用 6 mm 厚的钢板按直径 $\phi 750$ mm 卷制后焊接，缸头采用 7 mm 厚钢板热压成碟形封头。

在使用中应定期打开两个总风缸排水塞门 A12，检查和排出总风缸内的积水。

5. 风源保护

机车第一、第二总风缸间装有一个限流缩堵 B02。限流缩堵的内部通道为 6 mm，保证机车第一总风缸和第二总风缸间压力达到平衡状态，同时保证重联机车间断钩后第二总风缸内压缩空气不会快速的排空。

另外，在机车第一、第二总风缸间装有截断塞门 A10，用于机车无动力回送操作。当机车进行无动力操作时关闭该塞门，机车只有第二总风缸投入运用，保证机车快速达到无动力行车状态。

为了满足机车重联功能及客车总风供风功能在机车端部安装了总风软管和平均软管。

【任务评价】

序号	评价内容	评价标准	分值
1	能够根据 SS4 改型电力机车风源系统管路原理图，分析风源系统工作过程	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
2	能够根据 SS9 型电力机车风源系统管路原理图，分析风源系统工作过程	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
3	能够根据 HXD ₃ C 型电力机车风源系统管路原理图，分析风源系统工作过程	分析问题有理有据	4
		分析问题不全面	2

		分析问题观点错误	0
得分			

任务 2.2 活塞式空气压缩机检查与维护

【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 熟悉 NPT5 型空气压缩机的组成及工作原理。
- (2) 熟悉 VF-3/9 型空气压缩机的组成及工作原理。

2. 素质目标

- (1) 培养遵章守纪、严谨认真的工作作风，培养工作责任心。
- (2) 具备自主学习能力，培养分析能力，善于总结经验并进行创新。
- (3) 能完成团队分配的工作，承担团队成员的角色和责任。

3. 能力目标

- (1) 能够根据 NPT5 型空气压缩机的结构，分析其工作原理。
- (2) 能够根据 VF-3/9 型空气压缩机的结构，分析其工作原理。



活塞式空气
压缩机

【相关知识】

早期生产的电力机车广泛使用 NPT5 型、VF-3/9 型、3W-1.6/9 型、V-2.4/9 型活塞往复式空气压缩机。活塞式空气压缩机主要技术参数如表 2-2-1 所示。

表 2-2-1 活塞式空气压缩机主要技术参数

空压机型号	NPT5 型	VF-3/9 型	3W-1.6/9 型	V-2.4/9 型
气缸数	三缸（2 个低压缸，1 个高压缸）	四缸（2 个低压缸，2 个高压缸）	三缸（2 个低压缸，1 个高压缸）	四缸（2 个低压缸，2 个高压缸）
排列形式	直立并列	V 形排列	W 形排列	V 形排列
冷却方式	风冷	风冷	风冷	风冷
压缩级数	两级压缩	两级压缩	两级压缩	两级压缩
额定排气量（m ³ /min）	2.4	3.0	1.6	2.4
额定排气压力（kPa）	900	900	900	900
额定转速（r/min）	970	980	1 467	1 500
三相异步电动机型号	YYD-280S-6 型	YYD-280S-6 型	JD304 型	JD320S 型

电力机车所用活塞式空气压缩机虽然型号不同，但工作原理基本相同，都是通过三相异步电动机驱动活塞做往复运动，通过气缸容积的变化，使气体体积缩小而达到提高气体压力的目的。

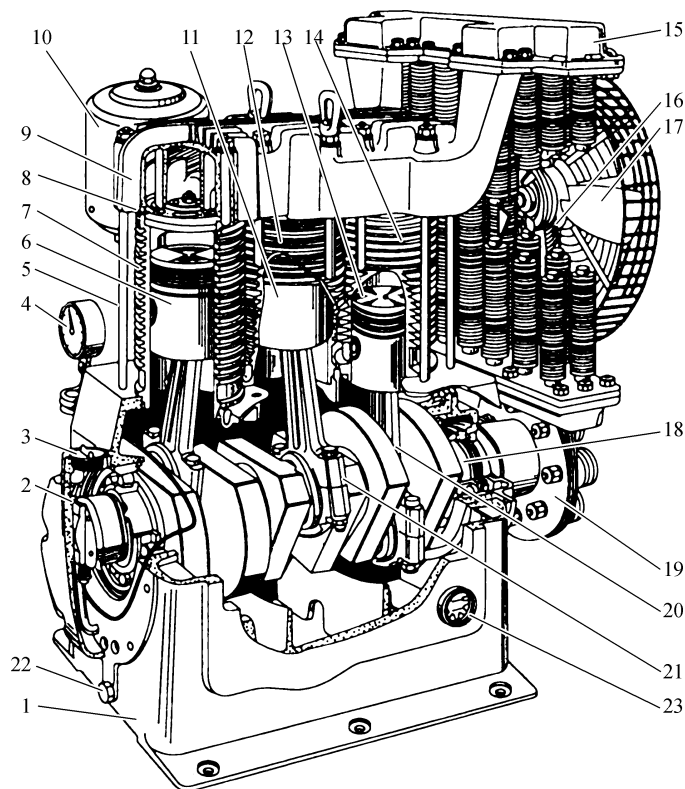
下面分别以 NPT5 型空气压缩机和 VF-3/9 型空气压缩机为例进行介绍。

2.2.1 NPT5 型空气压缩机

SS₁、SS₃、SS_{3B} 和 SS_{7E} 型电力机车采用的 NPT5 型空气压缩机是一种三缸、直立并列、中间冷却、两级压缩活塞式空气压缩机(排气量为 2.4 m³/min)，它由 YYD-280S-6 型三相异步电动机直接驱动，该电动机采用星形连接。电动机通过弹性联轴器带动主空气压缩机曲轴，按指定方向旋转(从油泵端看为逆时针)。

2.2.1.1 NPT5 型空气压缩机结构

NPT5 型空气压缩机由固定机构、运动机构、进排气机构、中间冷却装置和润滑系统组成，如图 2-2-1 所示。



- 1—机体；2—齿轮式油泵；3—加油堵；4—油压表；5—螺栓；6、11—低压活塞；7、12—低压气缸；
8—气阀；9—气缸盖；10—滤尘器；13—高压活塞；14—高压气缸；15—中间冷却器；
16—传动皮带；17—风扇；18—曲轴；19—联轴器；20—高压活塞连杆；
21—低压活塞连杆；22—放油堵；23—油位透视孔。

图 2-2-1 NPT5 型空气压缩机

1. 固定机构

固定机构包括机体、气缸及气缸盖等。

(1) 机 体

机体是曲轴、气缸等机件安装的基础，为铸铁制成的长方形箱体。箱体下部盛有润滑油；箱体两端各有一个支撑曲轴的轴承座孔，孔的中心线与底面和顶面平行，以保证曲轴装入后的水平状态；箱体的顶面有三个气缸体的座孔：前端孔（即电动机端）安装高压气缸，其余两个孔为低压气缸座孔。

(2) 气 缸

3 个独立的气缸是用球墨铸铁铸造的，气缸外周铸有环状筋，加强了气缸的刚度，增大了散热面积。气缸的内表面是工作面。

(3) 气缸盖

气缸盖也是用球墨铸铁制成的。它是高、低压三位一体的铸铁件，用它把三个气缸组装起来。气缸盖安装在气缸的上方，14 个长螺栓将气缸、气缸盖牢固地紧固在机体上，并在气缸盖的进气口处接有短管与空气滤尘器相连。气缸盖用来连通高压气缸与低压气缸之间的气路，经两个低压气缸压缩出来的压缩空气，通过气缸盖经中间冷却器冷却后再经气缸盖内的高压气缸通道进入高压气缸继续压缩。

两个低压气缸共用一条进、排气通路，而高压气缸的进、排气为单独通路。

2. 运动机构

运动机构包括曲轴、低压连杆及其轴瓦、低压活塞及其活塞销、高压连杆及其轴瓦、高压活塞及其活塞销以及支撑于曲轴两端的滚动轴承等。驱动电动机的输出转矩通过弹性联轴器传递到曲轴上，再通过高低压连杆使高、低压活塞做上下往复运动，完成吸气、压气及排气工作。

(1) 曲 轴

曲轴用稀土球墨铸铁铸成。曲轴上有三个连杆轴颈，三个连杆轴颈，在轴向平面内互成 120° 。每个曲轴上都装有均重铁，以平衡旋转时的惯性力。曲轴的两端分别由单排向心圆柱轴承 2316（自由端）和双排向心球面滚柱轴承 3519（输入端）支撑在机体两端的轴承内。在曲轴体中钻有直径为 $\phi 6$ mm 的油孔，来自齿轮油泵的压力润滑油，通过油孔可输送到连杆轴颈、轴瓦和活塞销等处。

(2) 连 杆

连杆用模锻制成。连杆的大端通过上、下两个半圆形挂有耐磨合金的轴瓦与曲轴颈上的连杆轴颈相连接，并用两个螺栓将连杆体与端盖连接在一起。连杆的小端是整体式的，其中镶有铜套，通过活塞销与活塞连接。在连杆体的中心，钻有直径为 $\phi 6$ mm 的油孔。

(3) 活 塞

活塞由铝合金铸造，呈圆筒形，顶面为平面。高压活塞的直径为 $\phi 101.6\text{ mm}$ ，两个低压活塞的直径为 $\phi 125\text{ mm}$ ，每个活塞均有四道气环和一道油环，起密封、除油和布油作用。活塞环均采用具有一定弹性的耐磨合金铸铁制成。活塞连杆组成后，应按质量进行分组，以改善运动机构的工作性能。

3. 进、排气机构

进、排气机构包括空气滤清器（有时也称作空气滤尘器），进、排气阀及连接管道等。

(1) 空气滤清器

为了使进入空气压缩机内的空气洁净不含杂质，在空气进入低压气缸的通道上设置有空气滤清器，对空气进行过滤。现在一般采用油浴式空气滤清器，如图 2-2-2 所示。

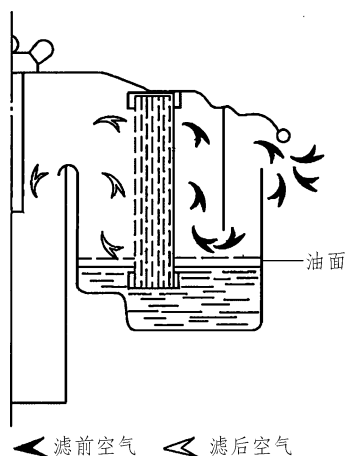


图 2-2-2 油浴式空气滤清器

(2) 气 阀

空气压缩机的吸气及排气过程是通过气阀自动完成的。每个气缸上部均有一个气阀，高、低压气阀相同，可以互换。

气阀采用组合式气阀，即一个气阀包括进气阀和排气阀两部分。进气阀片和排气阀片都装在同一个阀盖与阀座内。气阀主要由阀座、阀盖、进气阀片、排气阀片、弹簧及螺栓等组成。

阀盖和阀座的直径为 $\phi 140\text{ mm}$ ，厚度为 11 mm 。阀座上装有 6 个直径为 $\phi 0.5\text{ mm}$ 钢丝制成的阀片弹簧，用来将进气阀片紧压在阀盖上。在阀盖上装有两圈（共 6 个）相同的排气阀片、弹簧，将大、小排气阀片紧压在阀座上。进、排气阀片在圆形气阀上应保持同心关系，最外圈为进气阀片，里边两圈为排气阀片。

低压气阀的作用原理如图 2-2-3 所示。

吸气状态：当活塞下行时，气缸上部形成真空，具有大气压的空气克服进气阀片

弹簧的压力，打开进气阀进入低压气缸，此时排气阀在弹簧和中间冷却器内压缩空气的作用下而紧闭。

排气状态：当活塞上行时，进气阀在弹簧的作用下关闭，被压缩的空气顶开排气阀进入中间冷却器。高压气缸的进、排气阀的作用原理相同，只是从中间冷却器吸进气体，压缩后将气体排入总风缸。

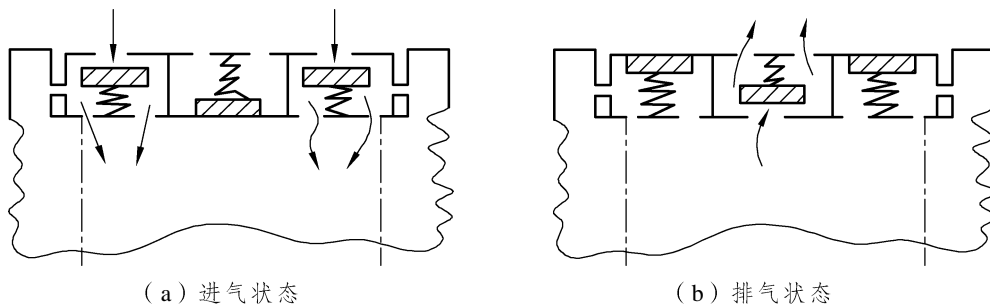


图 2-2-3 气阀工作原理

4. 中间冷却装置

中间冷却装置包括中间冷却器、安全阀和冷却风扇。

(1) 中间冷却器

中间冷却器由上集气箱、下集气箱和两排（共 26 根）带散热片的散热管等组成，如图 2-2-4 所示。

散热器的两端插入上、下集管板的管孔内。上集气箱被隔板分成三个室，中间室有 12 个管孔，两端室各有 7 个管孔。上集气箱的一端与气缸盖的两个低压气缸的排气腔连通；另一端与气缸盖的高压气缸的进气腔连通。这样，来自两个低压气缸的压缩空气在中间冷却器中流经两个往返之后进入高压气缸，进行二级压缩，以避免高压气缸及活塞过热，并提高空气压缩机的工作能力。

(2) 安全阀

在下集气箱的一端设有低压安全阀安装孔，以便安装一个调整压力为 450 kPa 的低压安全阀，防止低压气缸出现不正常的过高气压（即在使用中当一级压力超过此值时，低压安全阀把多余的压缩空气排出，并发出声音以提醒工作人员采取措施）。

（3）冷却风扇

安装在机体上的四叶片的轴流式风扇通过三角皮带连接在联轴器的皮带轮上，在空气压缩机工作时，它对中间冷却器、气缸和气缸盖进行强迫风冷。

5. 润滑系统

NPT5 型空气压缩机的润滑过程，主要采用压力油润滑，个别部位采用飞溅润滑。所谓压力油润滑，是指通过油泵将润滑油压入各润滑油道，对需润滑部位进行润滑的方法。所谓飞溅润滑，是指靠转动件将润滑油甩到需润滑部位进行润滑的方法。

（1）齿轮式油泵

齿轮式油泵具有体积小、质量小、压力高的特点，主要由泵体、泵盖、主动齿轮、从动齿轮及定压阀等组成，如图 2-2-5 所示。

当曲轴转动时，带动油泵主轴上的主动齿轮旋转，主动齿轮同时带动从动齿轮旋转，润滑油从吸油孔吸入，分别进入两个齿轮的齿隙，被带到出油口一侧。由于两个齿轮的齿啮合，堵住了油的去路，占去了油的空间，原齿隙内的油只好压向出油孔，但因来油量大，出油量小，油压便逐渐增加，直至使润滑油具有较高压力。

（2）润滑油路

由油泵送出的压力油，除了经出油孔进入曲轴外，还通往泵盖与泵体之间，一部分通过油管接到油压表，以显示润滑油压力；另一部分作用在定压阀上，当油压超过 480 kPa 时，定压阀被压缩而内移，开放排油孔路，多余的油便从定压阀的侧孔排出。当油压低于或高于规定的压力时，可以通过增减定压阀的调整垫片进行调整。图 2-2-6 所示为 NPT5 型空气压缩机润滑油路。

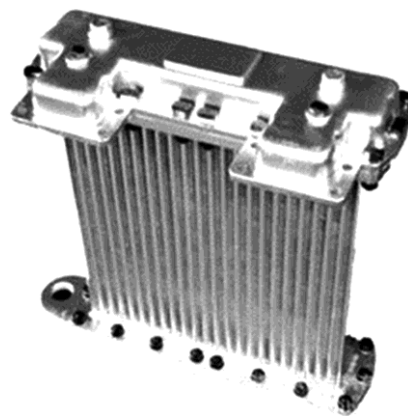


图 2-2-4 中间冷却器

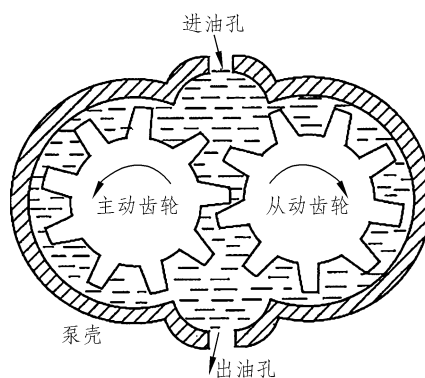
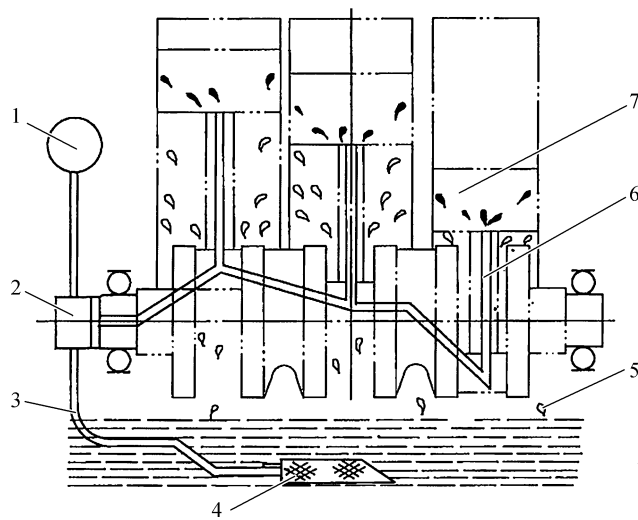


图 2-2-5 齿轮式油泵工作原理



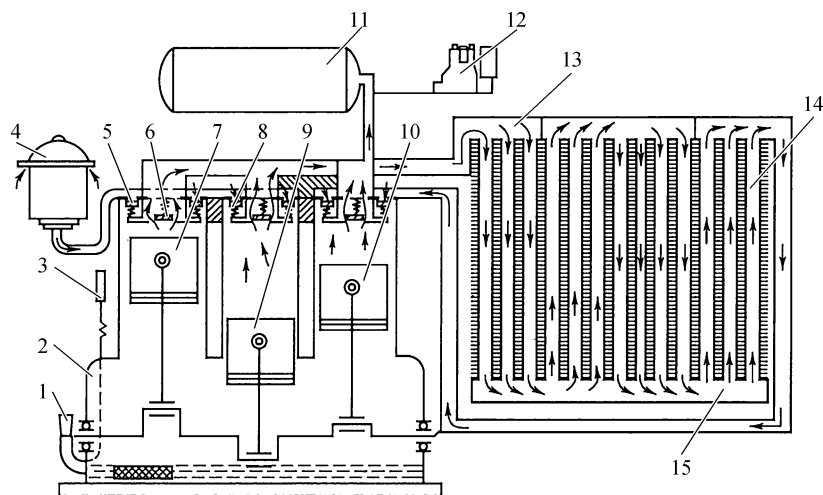
1—油压表；2—油泵；3—吸油管；4—滤油网；5—飞溅油滴；6—油路；7—压力油滴。

图 2-2-6 NPT5 型空气压缩机润滑油路

进入曲轴内的润滑油，通过曲轴内部的斜孔，分配到三个连杆轴颈上。每个连杆轴颈上的油又分三路工作，一路润滑连杆轴颈和轴瓦；另一路通过轴瓦和连杆中央部位的油孔将润滑油送至连杆小端，用来润滑活塞销及铜套，同时，由活塞销间隙溢出的油被甩到活塞上起润滑作用；第三路是由连杆轴颈及轴瓦两侧的间隙溢出的油被甩到气缸壁上使活塞和气缸得到润滑。

2.2.1.2 NPT5 型空气压缩机的作用原理

如图 2-2-7 所示，电动机驱动曲轴转动，两个低压活塞和一个高压活塞分别相隔 120° 。当低压活塞下行时，活塞顶面与缸盖之间形成真空，吸开进气阀片，外界空气经空气滤清器进入低压气缸，此时排气阀在弹簧和中间冷却器的压缩空气作用下紧闭；当低压活塞上行时，缸内吸进来的空气被压缩，当压力高于排气阀弹簧力和排气管道中压缩空气所产生背压的合力时，顶开排气阀大、小阀片，进气阀在弹簧作用下关闭，两个低压气缸送出的低压空气，经同一通道进入中间冷却器，完成一级压缩。经中间冷却器冷却后，压缩空气再进入高压气缸，进行二级压缩（其过程同上），最终使压缩空气进入总风缸内储存。



1—齿轮式油泵；2—机体；3—油压表；4—空气滤尘器；5、8—进气阀片；6—排气阀片；7、9—低压活塞；10—总风缸；12—调压器；13—上集气箱；14—散热管；15—下集气箱。

图 2-2-7 NPT5 型空气压缩机作用原理示意图

2.2.1.3 NPT5 型空气压缩机的检查与保养

1. 空气压缩机的启动条件

(1) 必须有足够的润滑油。油位应在油标的最高和最低限位之间，不得在无润滑油或油面低于最低油位时启动和运转空气压缩机。空气压缩机的润滑油冬季应使用 13 号压缩机油；夏季用 19 号压缩机油。

(2) 注意空气压缩机的旋转方向应正确，不得逆转。

2. 空气压缩机的维护和保养

为使空气压缩机能正常运转，延长其寿命，应在日常运用中做好经常性的维护保养工作。

(1) 应经常检查润滑油，每运转 8~16 h 应检查油位，及时补充。

(2) 每班在空气压缩机启动后检查润滑油压力，应在 400~480 kPa 范围内。

(3) 新空气压缩机启用或启用停机较久的空气压缩机，在运转的最初 50 h 后，应更新全部润滑油；以后每运转 300 h 后应更新全部润滑油。

(4) 空气压缩机每运转 300~600 h，应检查和清洗气阀、滤油网，以保证活动灵敏、密封性好。

(5) 空气压缩机每运转 1 000~2 000 h，应检查和清洗油泵。

(6) 应定期检查空气压缩机台架与地板的六个支撑面，若有间隙，应加垫适当调整。

(7) 在拆装或组装时严禁使用棉丝，应使用洁净的棉布。

2.2.2 VF-3/9 型空气压缩机

SS₄改型电力机车采用的 VF-3/9 型空气压缩机是四缸、V 形排列、中间冷却、两级压缩、活塞式空气压缩机。额定排气量为 3.0 m³/min，额定排气压力为 900 kPa，额定转速为 980 r/min。VF-3/9 型空气压缩机与 YYD-280S-6 型三相异步电动机通过联轴器直接连接，使空气压缩机按顺时针方向转动（从电动机端看）。

2.2.2.1 VF-3/9 型空气压缩机的构造

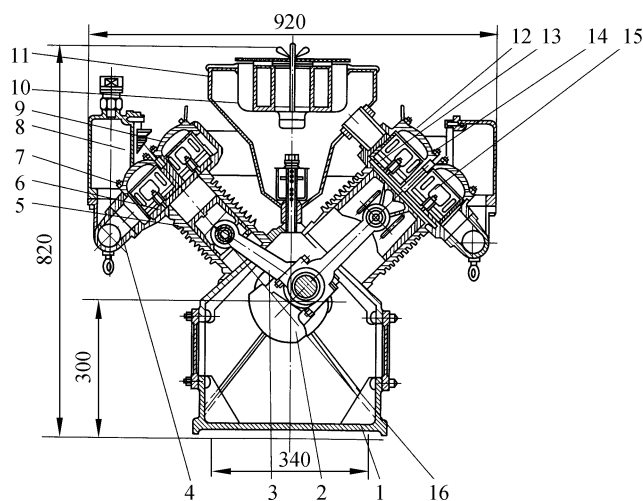
VF-3/9 型空气压缩机包括运动机构、空气压缩系统、润滑系统及冷却系统等组成部分，如图 2-2-8 所示。

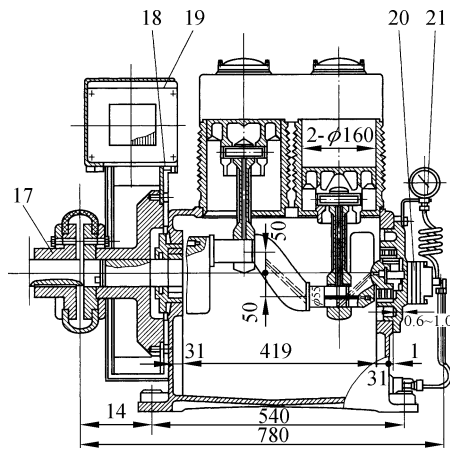
1. 运动机构

运动机构主要包括曲轴、连杆及活塞等。曲轴采用 QT600-3 球墨铸铁制成。曲轴为双支点结构，通过轴承座和轴承盖上的一对球轴承安装在机体两端的主轴孔上，中间两曲拐上各安装有一对一、二级活塞连杆机构。连杆采用 QT450-10 球墨铸铁制成。低压气缸活塞采用轻型活塞结构，材料为 ZL108，活塞上部第一道环为密封环，第二道环为扭曲环，第三道环为刮油环。高压气缸活塞采用 HT200 铸铁制造，为筒形活塞结构，第一、二道环为密封环，第三道环为扭曲环，第四道环为刮油环。

2. 空气压缩系统

空气压缩系统主要包括气阀、气缸、滤清器等。气阀分为进气阀与排气阀两种，均采用环状阀结构。低压气缸和高压气缸均安装有进气阀和排气阀。安装时，气阀螺钉必须拧紧，止退垫必须锁牢。滤清器采用汽车空滤器纸质滤芯，采用与消声器结合的结构。





1—机体；2—曲轴；3—连杆；4—气管；5—二级气缸；6—二级活塞；7—二级气阀；8—中间冷却器；
9—二级气缸盖；10—空气滤清器；11—消声器；12—一级气缸盖；13—一级气缸；14—一级活塞；
15—一级气阀；16—铜套；17—联轴器；18—轴承；19—导风罩；20—油泵；21—油压表。

图 2-2-8 VF-3/9 型空气压缩机

3. 润滑系统

VF-3/9 型空气压缩机的曲轴、连杆及活塞等主要部件采用压力式润滑。油泵供给压力油从曲柄拐颈油孔溢出，润滑曲拐和连杆瓦后，进入连杆体油孔到小头衬套，润滑活塞销和小头衬套。气缸壁和活塞环等部件采用飞溅式润滑。油泵采用齿轮泵，安装在轴承座外侧，油从机体底部，经滤油器吸入油泵，并在油泵出油道路上装有油压表和调压阀。

4. 冷却系统

冷却包括一、二级压缩之间的空气冷却和机体、气缸、缸头等受热体的冷却。前者采用铝质管翅式中间冷却器，跨接在高、低压气缸间，离心风扇上方；后者采用装在轴上的离心式风扇，冷风经导风罩充分冷却机体、气缸、缸头等受热体。

2.2.2.2 VF-3/9 型空气压缩机的工作过程

当低压气缸活塞往下运动时，气缸容积增大，压力减小，进气阀在大气压力作用下被打开，空气经消音器和进气阀进入气缸；当活塞往上运动时，气缸容积缩小，压力升高，进气阀自动关闭不再吸气，随着活塞继续往上运动，气缸内空气压力不断升高，当压力高于排气阀弹簧力和排气管道中压缩空气所产生背压的合力时，排气阀开启，经一级压缩的空气排入集气箱；经过冷却的压缩空气进入高压气缸，进行二级压缩，其工作过程同上，然后排入机车总风缸。如此周而复始，外界大气不断被吸进空气压缩机低、高压气缸，又不断被压缩，源源不断地进入总风缸，使机车总风缸中的空气压力逐渐升高。

2.2.2.3 VF-3/9 型空气压缩机的维护与保养

运用过程中，要注意对 VF-3/9 型空气压缩机进行常规性的维护和保养。

- (1) 应经常检查润滑油油位，及时补充润滑油。
- (2) 每班在空气压缩机起动后检查润滑油压力应在 150 ~ 350 kPa 范围之内。
- (3) 新空气压缩机运转 50 h 后需更换全部润滑油，以后每运转 500 h 更新全部润滑油。
- (4) 每运转 500 h 检查并更换消声器中的纸质滤芯，检查并清洗气阀和滤油器，对易损零件片阀、弹簧、活塞环应及时更换。
- (5) 每运转 1 000 h 检查和清洗油泵。
- (6) 每班应开启中间冷却器的排水阀两次。
- (7) 润滑油应采用 N68、N100 号压缩机油或者 13#（冬季）、19#（夏季）压缩机油。
- (8) 应定期检查空气压缩机上的螺栓、螺母等紧固件有无松动，检查各处是否存在泄漏，并定期校验检查油泵的油压表。

【任务评价】

序号	评价内容	评价标准	分值
1	能够根据 NPT5 型空气压缩机的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
2	能够根据 VF-3/9 型空气压缩机的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
3	能够分析空气制动机常见故障	能够正确分析故障	4
		分析故障不全面	2
		故障分析错误	0
得分			

任务 2.3 螺杆式空气压缩机检查与维护

【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 熟悉 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机的组成及工作原理。
- (2) 熟悉 SL22-66 型螺杆式空气压缩机的组成及工作原理。

2. 素质目标

- (1) 培养遵章守纪、严谨认真的工作作风，培养工作责任心。
- (2) 具备自主学习能力，培养分析能力，善于总结经验并进行创新。
- (3) 能完成团队分配的工作，承担团队成员的角色和责任。

3. 能力目标

- (1) 能够根据 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机的组成，分析其工作原理。
- (2) 能够根据 SL22-66 型螺杆式空气压缩机的组成，分析其工作原理。

【相关知识】

螺杆式空气压缩机由于输出流量均匀、噪声低、自吸性好而在铁路机车车辆上越来越得到广泛应用。螺杆式空气压缩机有单螺杆、双螺杆和三螺杆 3 种形式。铁路机车、车辆上广泛采用双螺杆式空气压缩机，双螺杆式空气压缩机型号较多，外形有一定差别，但其作用原理基本一致。

部分螺杆式空气压缩机的主要技术参数如表 2-3-1 所示。



螺杆式空气压缩机

表 2-3-1 部分螺杆式空气压缩机的主要技术参数

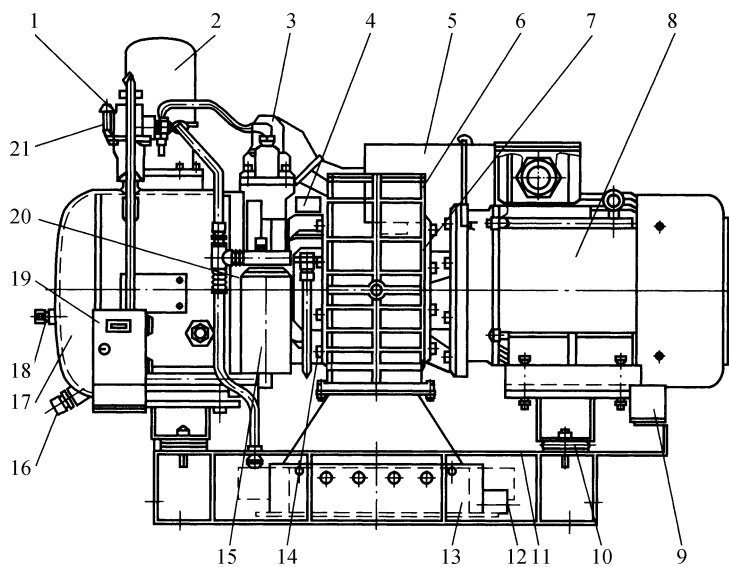
空气压缩机型号	TSA-230AD	SL22-66	BT-3.0/10AD	GAR22
额定转速 (r/min)	2 955	2 920	1 770	2 940
排风量 (L/min)	2 400	2 750	3 000	2 400
控制电压	DC 110 V	DC 110 V	DC 110 V	DC 110 V
电机功率 (kW)	22	25	30	25
排气压力 (kPa)	1 000	1 000	1 000	1 000
额定电压 (V)	380	380	440	380
额定频率 (Hz)	50	50	60	50
机组重量 (kg)	500	395	475	470

空气冷却方式	风冷	风冷	风冷	风冷
--------	----	----	----	----

下面以 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机和 SL22-66 型螺杆式空气压缩机为例进行介绍。

2.3.1 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机

TSA-230AD 型空气压缩机是 SS₉ 型电力机车使用的下排风螺杆式空气压缩机，其主要特点是效率高、振动小、噪声低、运转平稳、可靠性好、易损件少、维修成本低。TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机外形结构如图 2-3-1 所示。



- 1—温控阀；2—油细分离器；3—进气阀；4—压力开关；5—空气滤清器；6—蜗壳；7—中托架；
8—电机；9—输气接口；10—减振器；11—共用底座；12—冷却器卸油口；13—冷却器；
14—风机后盖；15—油过滤器；16—卸油阀；17—油气筒；18—温度开关；
19—电控箱；20—螺杆组；21—安全阀。

图 2-3-1 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机外形结构

2.3.1.1 工作原理

TSA-230AD 型空气压缩机是一种双轴回转容积式压缩机，电动机通过联轴器直接驱动压缩机转子，转子为两个互相啮合的螺杆，具有非对称的啮合型面，并在一个铸铁壳体内旋转。图 2-3-2 所示为一个齿槽容积的工作过程。

1. 吸气过程

当转子转动时，主副转子的齿沟在转至进气端开口时，其空间最大，此时转子的齿沟空间与进气口的自由空气相通。因在排气时齿沟内的空气被全数排出，排气完成

时，齿沟处于真空状态；当转至进气口时，外界空气即被吸入，沿轴向流入主副转子的齿沟内。当空气充满了整个齿沟时，转子齿沟的进气侧端面转离机壳的进气口，在齿沟间的空气即被封闭，此即“吸气过程”。

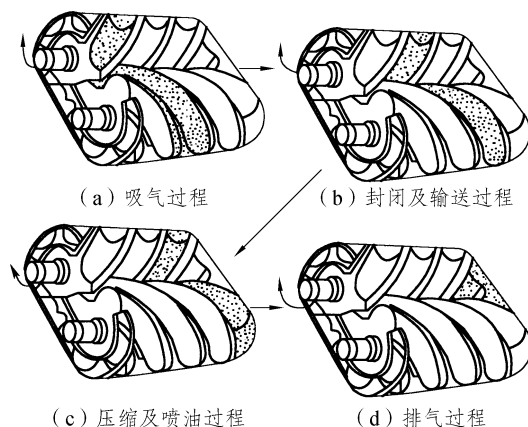


图 2-3-2 一个齿槽容积的工作过程

2. 封闭及输送过程

主、副两转子在吸气终了时，其主、副转子齿峰会与机壳封闭，此时空气在齿沟内封闭，不再外流，此即“封闭过程”。两转子继续转动，其齿峰与齿沟在吸气端吻合，吻合后逐渐向排气端移动，此即“输送过程”。

3. 压缩及喷油过程

在输送过程中，啮合面逐渐向排气端移动，即啮合面与排气口间的齿沟空间逐渐减小，齿沟内气体逐渐压缩，压力提高，此即“压缩过程”。而同时，润滑油也因压力差的作用而喷入压缩室内与空气混合，此即“喷油过程”。

在压缩过程中，压缩机凭借其自身所产生的压力差不断向压缩室及轴承喷入润滑油。润滑油主要有润滑、密封、冷却三个作用。

- ① 润滑作用：润滑油可以在转子之间形成油膜，避免了转子间的接触，减少摩擦。
- ② 密封作用：润滑油产生的油膜能对压缩空气起到密封作用，提高了压缩机的容积效率。
- ③ 冷却作用：由于润滑油吸收了大量的压缩热，使压缩过程接近于等温压缩，降低了压缩机的比功率。

另外，润滑油还能降低高频压缩机产生的噪声。

4. 排气过程

当转子的压缩气腔(齿沟)转到与机壳排气口相通时(此时压缩气体的压力最高)，

被压缩的气体开始排出，直至齿沟的啮合面移至排气端面，此时两转子的啮合面与机壳排气口间的齿沟空间为零，此即“排气过程”；同时，转子的啮合面与机壳进气口之间的齿沟长度又达到最长，其吸气过程又继续进行。

2.3.1.2 系统流程

TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机系统包括空气系统、润滑油系统和冷却系统，图 2-3-3 所示为 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机系统流程。

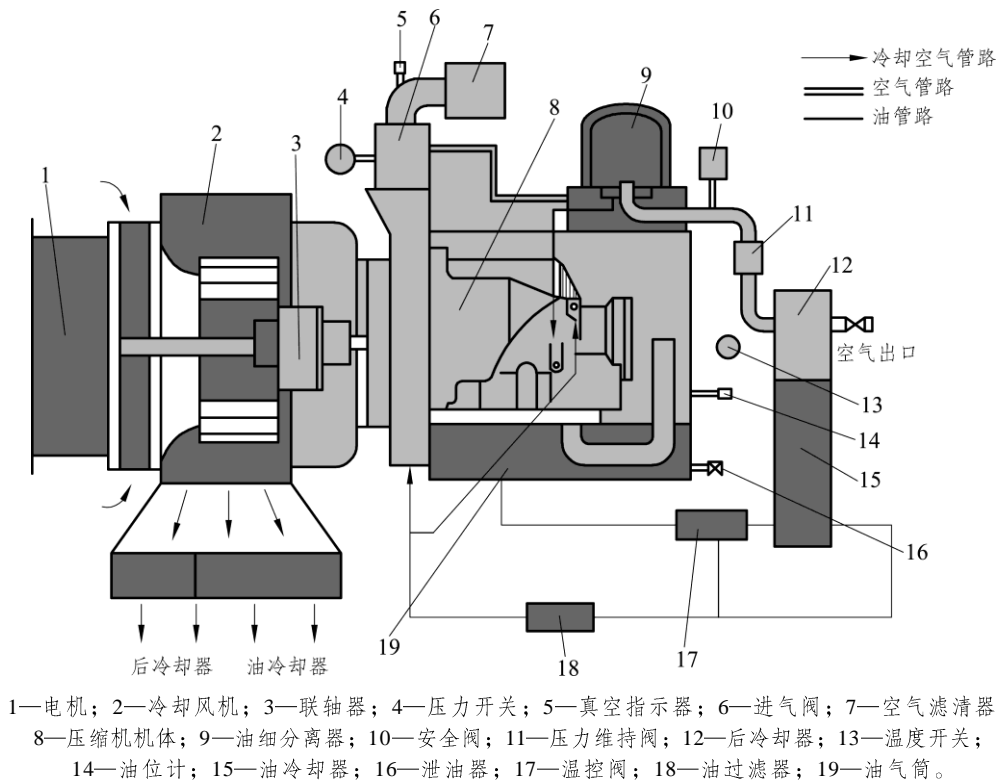


图 2-3-3 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机系统流程

1. 空气系统流程

空气系统由空气滤清器、进气阀、油气筒、油细分离器、压力维持阀和后冷却器组成，如图 2-3-3 所示。

空气由空气滤清器 7 滤去尘埃后，再由进气阀 6 进入主压缩室压缩，并与润滑油混合。混合后的压缩空气由压缩机排至油气筒 19，经油细分离器 9、压力维持阀 11 及后冷却器 12 之后送入使用系统中。

主气源通路中各组件功能说明如下：

(1) 空气滤清器

空气滤清器为纸质过滤器，过滤纸细孔度约为 $10\ \mu\text{m}$ 。空气滤清器座上装有一真空指示器，指示器显示红色或箭头指向 $3.7\ \text{kPa}$ 时应清洁滤清器和倒掉后盖内尘土，清除的方法为使用低压空气将尘埃由内向外吹出，若发现滤纸破损，则应更换。重新装上空气滤清器后，按下指示顶端的复位按钮（PRESS TO RESET）复位。

（2）进气阀

进气阀专门用于间歇工作的螺杆式空气压缩机，其主要由进气止回阀和卸压阀两部分组成。

① 进气止回阀。当空气压缩机停机时，在弹簧力的作用下，阀板被迅速推向阀座，关闭进气通道；防止从油气筒回流至进气阀的含油空气排入大气，同时，也能避免因压缩空气倒流造成空气压缩机转子反转。

② 卸压阀。当压缩机停机后，该阀能在很短时间（约 $14\ \text{s}$ ）内将油气筒内压力放至 $300\ \text{kPa}$ 以下，以保证空气压缩机在低负荷下再次启动，有利于电机正常工作。

（3）温度开关

在失油、油量不足、冷却不良等情况下，均可能导致排气温度过高。当排气温度达到温度开关所设定的温度值时，则温度开关断开而停机。温度开关设定在 $(105 \pm 5)\ ^\circ\text{C}$ ，在出厂前已调好，切勿随意调整。检查温度开关时，拔下温度开关上的电线护套，用万用表测量温度开关两接线柱间的电阻，在温度没有达到 $(105 \pm 5)\ ^\circ\text{C}$ 时，该电阻值应为 0。

（4）油气筒

油气筒外侧装有视油镜，空压机停机 $5\ \text{min}$ 后观察，润滑油油位应在视油镜的上限与下限之间。油气筒下方装有泄油阀，应在机车每次出库前略微打开泄油阀以排除油气筒内的凝结水，油气筒上方装有加油孔可供加油用。由于油气筒截面宽大，可使压缩空气流速减小，油气分离。

（5）油细分离器

在润滑油系统流程中对油细分离器进行详细介绍。

（6）安全阀

当机车上的主风缸压力开关调节不当或失灵而致使油气筒内压力比额定排气压力高出 $200\ \text{kPa}$ 以上时，安全阀会自动起跳而泄压，使压力降至设定的排气压力以下。安全阀于出厂前已经过整定[设定在 $(1\ 110 \pm 40)\ \text{kPa}$]，因此不能随意调整。检查安全阀的方法是在压缩机满载工作时（ $880 \sim 900\ \text{kPa}$ ），轻拉安全阀上方的拉环，若此时安全阀能向外排气，则视为正常。

（7）压力维持阀

位于油气筒上方油细分离器出口处，开启压力设定于 $(600 \pm 50)\ \text{kPa}$ 左右。压力维持阀的主要功能为：

- ① 启动时优先建立起润滑油的循环压力，确保机器的润滑。
- ② 压力超过 $(600 \pm 50)\ \text{kPa}$ 之后方可开启，可降低流过油细分离器的空气流速，

除确保油细分离效果之外，还可保护油细分离器，避免因压差太大而受损。

③ 具有止回功能，即当停机后油气筒内压力下降时，防止主风缸内压缩空气回流。

(8) 压力开关

压力开关受进气阀阀座内压力控制，压缩机停机后，油气筒内压力立即传至进气阀阀座内，当压力超过 400 kPa 时，压力开关断开。随着油气筒内的压力被卸压阀快速卸除，进气阀阀座内压力也降低，当压力降至 300 kPa 时，压力开关恢复接通，此时压缩机才能再次启动，保证了电动机在低负载下启动，压缩机再次启动的最短时间间隔为 14 s。压缩机运行时，进气阀腔内压力低于大气压力，压力开关处于接通状态。

(9) 后冷却器

用叶轮将冷空气抽入，通过后冷却器冷却压缩空气，将排气温度控制在环境温度 +15 °C 以下。

2. 润滑油系统流程

润滑油系统由油冷却器、油过滤器、油细分离器和温控阀等组成。由于油气筒内存在压力，润滑油从筒内流出，经过温控阀口和油冷却器进入油过滤器，经由油过滤器后分成两路，一路由机体下部喷入压缩室，冷却压缩空气；另一路通到机体两端，润滑轴承组。两路汇集于压缩机室底部，随压缩空气一起又进入油气筒。

油路上各组件功能说明如下：

(1) 油冷却器

用冷却风机将冷空气抽入，通过油冷却器降低润滑油温度，以保证润滑油在合适的温度。油冷却器的翅片易受灰尘覆盖而影响冷却效果，可能导致排气温度高而停机。因此，每隔一段时间应对其进行清洗以确保其冷却效果。

(2) 油过滤器

油过滤器是一种纸质的过滤器，其功能为除去油中的杂质，如金属微粒、油垢等。对轴承及转子有保护作用。当油过滤器的保养指示为红色时，应更换该油过滤器。

若油过滤器未及时更换，则可能导致进油量不足，造成排气温度升高而停机；同时，油量不足会影响轴承的使用寿命。在更换油过滤器时，须使用专用工具链钳或带钳，夹住黑色滤筒上方的白色金属环，按顺时针方向旋转，拆下旧的油过滤器滤筒。在装上新的滤筒之后，油过滤器指示会自动复位。

(3) 油细分离器

油细分离器滤芯是用多层细密玻璃纤维制成，压缩空气中所含雾状油气经过油细分离器几乎可被完全滤去，油颗粒大小控制在 0.1 μm 以下，排气含油量则可低于 $5 \times 10^{-6} \text{ mg/m}^3$ 。

正常运转下，油细分离器可使用 2 000 ~ 3 000 h，润滑油的油品及周围环境污染程度对其寿命影响极大，如果环境污染极为严重，可考虑加装前置空气过滤器。润滑油的选择，必须采用厂家推荐的牌号，最忌使用假油或再制油，油细分离器出口装有

安全阀、压力维持阀，压缩空气由压力维持阀引出，通至冷却器。油细分离器滤下的油集中于其中央的小圆槽内，再由一回油管回流至机体进口侧，可避免已被过滤器的润滑油再随空气排出。

在更换油细分离器时，须使用专用工具链钳或带钳，夹住油细分离器的白色金属环按逆时针方向旋转，拆下旧的油细分离器，使用新油细分离器后再用专用工具以相反的方向旋紧替换的新件。

(4) 温控阀

油冷却器前装有一温控阀，其功能是维持排气温度在压力露点温度以上，避免空气中的水汽在油气筒内凝结而乳化润滑油。刚开机时，润滑油温度低，此时温控阀会自动开启通往机体的油路，油不经过油冷却器而进入机体内。若油温升高到 76 °C 以上，则温控阀逐渐打开至油冷却器的通路，至 85 °C 时温控阀全开，此时油会全部经过冷却器再进入机体内。

3. 冷却系统流程

冷却系统由离心风机、蜗壳、油冷却器和后部冷却器组成。冷却空气由冷却风机抽入，由蜗壳导向吹过油冷却器和后部冷却器的散热翅片，同时冷却压缩空气及润滑油。

2.3.2 SL22-66 型螺杆式空气压缩机

HXD_{3C} 型电力机车采用的 SL22-66 型螺杆式空气压缩机，其具有温度、压力控制装置，可以实现无负荷启动。冷却器排风口向下，以满足机械间独立通风要求。空气压缩机组的开停状态由调压器模块进行自动控制，也可通过手动按钮强行控制开停。空气压缩机组包含以下主要部件：三相电机、压缩机、电气系统和空气滤清器各部分通过螺栓连接形成紧凑的自支撑结构，整个空气压缩机组通过弹性支座与机车连接。SL22-66 型螺杆式空气压缩机组结构如图 2-3-4 所示。

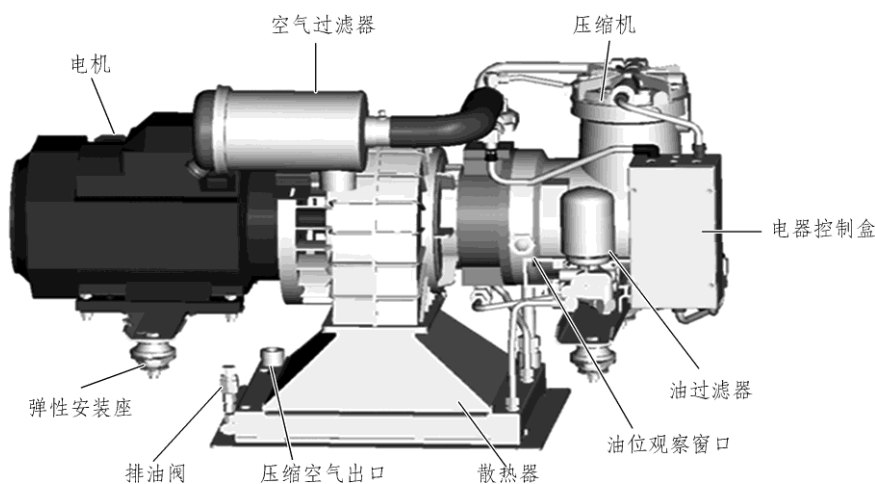
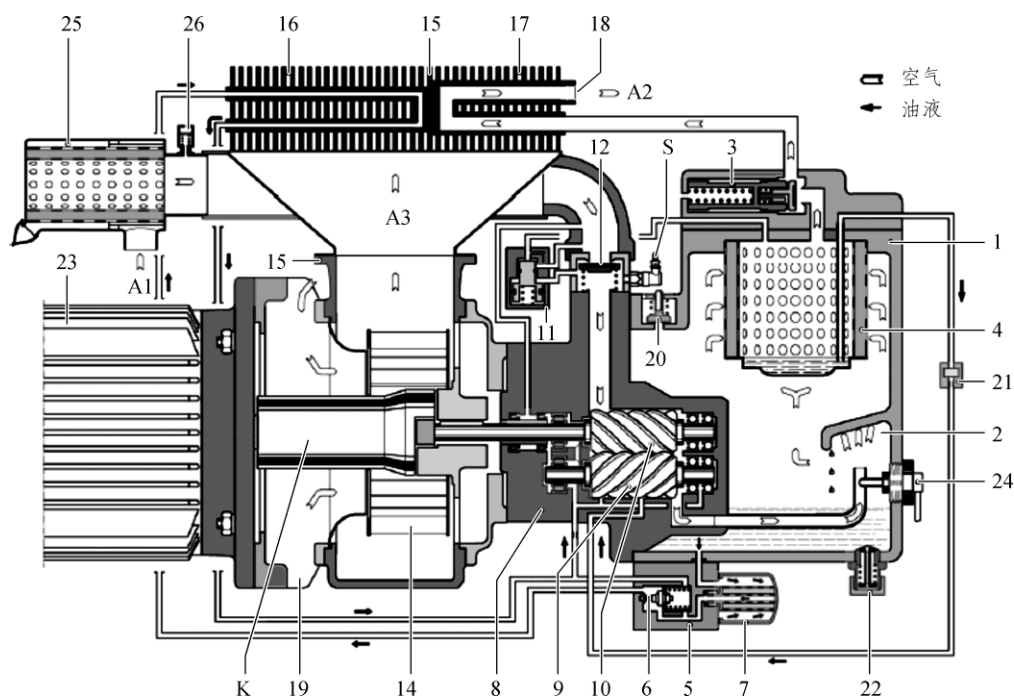


图 2-3-4 SL22-66 型螺杆式空气压缩机组结构

2.3.2.1 工作流程

HXD₃c 型电力机车装有两台空气压缩机组，在正常使用状态下，只有一台空气压缩机组投入运用。空气压缩机组是否投入运用，由操作端所定。I 端司机室控制 1 号压缩机组（靠近 I 端司机室）；II 端司机室控制 2 号压缩机组（靠近 II 端司机室）。当总风缸压力下降速度过快使得总风压力降至 750 kPa 以下时，两台空气压缩机组同时投入运用。

螺杆式空气压缩机有两个螺旋形的转子。空气输送几乎没有波动，1 000 kPa 的压缩空气压力是一级压缩产生的。SL22-66 型螺杆式空气压缩机组工作如图 2-3-5 所示。



1—压缩机壳；2—挡板；3—最小压力阀；4—油细分离器；5—油控制单元；6—温控器；7—油过滤器；
8—压缩机；9—阳转子；10—阴转子；11—泄荷阀；12—进气阀；13—风扇蜗壳；14—离心风扇；
15—冷却器；16—油冷却器；17—空气冷却器；18—压缩空气出口；19—外壳连接体；
20—安全阀；21—回油过滤器；22—排油阀；23—三相电动机；24—温度开关；
25—空滤器；26—真空指示器；K—联轴节；S—压力开关；
A1—压缩空气进口；A2—压缩空气出口；A3—冷却空气。

图 2-3-5 SL22-66 型螺杆式空气压缩机组工作示意图

1. 空气压缩过程

空气通过空气滤清器（25）和进气阀（12）吸入压缩机（8）。空气被压缩后，通过与转子连接的输送口被推进压缩机壳（1）。

如果压缩机启动时，压缩机壳内无空气压力，最小压力阀（3）将保持关闭状态，以便使压缩机壳内迅速建立起空气压力，帮助润滑油尽快循环。

当压缩机壳内空气压力达到约 650 kPa 时，最小压力阀打开并将压缩空气送出。送出的压缩空气达到系统的规定压力后，压缩机受总风压力开关控制自动停机，最小压力阀将自动关闭，将系统和压缩机壳内的通路隔断。

每次压缩机停机后，压缩机壳内的空气压力被自动释放。压缩机停机后，最小压力阀（3）和进气阀（12）关闭。在进气口，由于压缩机体空气逆流而压力升高，导致泄荷阀（11）打开。压缩机壳（1）里压缩空气可通过减压阀流进空气滤清器后排向大气，从而快速将压缩机壳内空气压力降低到约 180 bar。剩余的压力通过泄荷阀上的缩孔被缓慢排放至 0 kPa。

当停机时间大于 14 s 后，可以实现空压机的无负荷再启动。

2. 油循环过程

当压缩机运转时，在压缩机壳（1）内建立起的空气压力将壳内的润滑油通过油过滤器输送到轴承、传动装置和压缩机体内油喷射点。这些油除用于润滑外，还能密封并带走空气压缩产生的热量。

首先，压缩机传送的空气/油混合物通过输送口并打在壳内挡板上（2），这一过程属于油粗级过滤。然后，压缩空气又经过油细分离器（4）进行精级过滤。最后，精级过滤分离的油被收集到油细分离器底部，在压缩机壳内空气压力作用下，通过回油过滤器（21）返回压缩机体内。

3. 其他

当压缩机运转时，如果在压缩机壳内没有建立起空气压力，压缩机将不能被充分润滑和冷却。在这种情况下，转子可能被快速损坏。

当润滑油温度高于 83 °C 时，油控制单元（5）中温控器（6）打开到油冷却器（16）的通道，对润滑油进行冷却；当润滑油温度低于 83 °C 时，油冷却器的通道保持关闭，油被直接传送到压缩机体。通过这种方式可达到润滑油的最佳操作温度，可以有效避免机油乳化。

压缩机壳里空气/油混合物的温度由输送口的温度开关（24）监测。如果温度高于设定值（ 110 ± 5 ）°C，则温度开关动作，压缩机停止工作。

若环境温度较低（-20 °C 以下），压缩机可以通过一个油加热器对润滑油进行预热约 20 min（根据环境温度预热时间有所调整）后再启动空气压缩机。

2.3.2.2 空气压缩机组的控制

HXD_{3C} 型电力机车空气压缩机具有间歇工作和延时工作两种控制模式。通过微机

显示屏进入检修模式下的功能选择界面，可进行压缩机模式选择。间歇工作模式为压缩机的常规运行模式，延时工作模式主要是为了防止压缩机需要频繁启动（如牵引客车需要大量风源）或发生轻微的机油乳化现象。压缩机在延时工作模式运行时只进行内部循环，不再向总风缸进行供风。延时工作模式可以有效地减少由于压缩机频繁启动造成对电动机及机头的损害，同时可以减缓压缩机机油乳化现象。

机车设有两个空气压力调节器来控制空气压缩机的启停动作，并允许对空压机组实施分机分时控制。

间歇工作模式的控制过程如下。

- (1) 总风缸压力降到 (750 ± 20) kPa 时，启动操纵端对应的空气压缩机组（远端）。
- (2) 总风缸压力降到 (680 ± 20) kPa 时，启动两台空气压缩机组（分别启动）。
- (3) 总风缸压力达到 (900 ± 20) kPa 时，空气压缩机停止工作。

延时工作模式的控制过程如下。

(1) 当总风缸压力达到 900 ± 20 kPa 时，空气压缩机组进入空载（延时）运转，压缩空气在机组内部循环，不再向总风缸供风。

(2) 当总风缸压力降到 (750 ± 20) kPa 时，操纵端对应的空气压缩机组进入加载运转，压缩机组向总风缸供风。

(3) 当总风缸压力降到 (680 ± 20) kPa 时，两台空气压缩机组均进入加载运行程序，同时向总风缸供风。

(4) 若压缩机组单次空载（延时）运转时间超过 20 min，该机组将停止运行。若压缩机组在空载时间内，总风压力降到 (750 ± 20) kPa 或 (680 ± 20) kPa 以下，对应压缩机组的空载时间将重新计算。

2.3.2.3 维护保养

1. 维护周期及维护项目

压缩机组应定期进行维护，以保证其安全可靠地运行。压缩机组维护周期及维护项目如表 2-3-2 所示。

表 2-3-2 压缩机组维护周期及维护项目

维护周期	维护项目
每 100 运转小时	检查油位及机油状态
每 300 ~ 500 运转小时	检查油位并进行补油
	检查空气过滤器上的真空指示器状态
每 1 500 运转小时或 1 年 (先到为准)	检查空气过滤器，如有必要更换滤芯
	清洗冷却器
	更换润滑油，更换油过滤器滤芯，检查回油过滤器的状态
每 3 000 运转小时或 2 年 (先到为准)	更换润滑油，更换油过滤器滤芯，清洗回油过滤器
	测试温度开关状态
每 6 000 运转小时或 4 年 (先到为准)	更换油细分离器
	维护回油过滤器

	测试控制和监视元件
	检查油控制单元
	检查弹性支座
	运转试验
每 12 000 运转小时	对空气压缩机组进行全面检修，更换转子体
	对电动机进行全面检修

注：维修周期在极限环境条件下可能缩短（例如长期高温、高相对湿度等）。在这种情况下，建议通过油样分析确定更换间隔。

2. 机油乳化处理

(1) 机油轻微乳化处理。

如果发现机油有轻微乳化现象时应及时处理。可进行如下操作来去除乳化现象。

① 压缩机静置 1~2 h，微开排油口（位于机头底部和散热器底部），将位于下层的液态水排出，直至有油排出关闭排油口。

② 打开总风缸下方的排水塞门，使乳化的压缩机组连续运转 60 min 以上，停机后观察润滑油的状态，如果恢复正常可继续使用。

③ 如果乳化现象减轻但没有完全恢复，再运转 30 min，观察机油，可重复进行上述操作，直至乳化消失。

④ 使用延时工作模式，运行机车压缩机组减缓机油乳化。

(2) 机油重度乳化处理。

如果发现机油严重乳化，切勿自行处理，应及时联系主机厂及压缩机供货商进行分析处理。

【任务评价】

序号	评价内容	评价标准	分值
1	能够根据 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机的组成，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
2	能够根据 SL22-66 型螺杆式空气压缩机的组成，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
3	能够分析空气制动机常见故障	能够正确分析故障	4
		分析故障不全面	2
		故障分析错误	0
得分			

任务 2.4 空气干燥器检查与维护

【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 熟悉 DJKG-A 型空气干燥器的组成及工作原理。
- (2) 熟悉 JKG-1C 型空气干燥器的组成及工作原理。

2. 素质目标

- (1) 培养遵章守纪、严谨认真的工作作风，培养工作责任心。
- (2) 具备自主学习能力，培养分析能力，善于总结经验并进行创新。
- (3) 能完成团队分配的工作，承担团队成员的角色和责任。

3. 能力目标

- (1) 能够根据 DJKG-A 型空气干燥器的结构，分析其工作原理。
- (2) 能够根据 JKG-1C 型空气干燥器的结构，分析其工作原理。



空气干燥器

【相关知识】

机车制动机是机车上的重要行车设备，作用良好的制动机是实现列车安全的必备条件。而压缩空气作为机车制动机以及机车气动器械的工作介质，其质量将直接影响机车或列车的安全运行。

众所周知，压缩空气中存在固态的机械杂质和尘埃、液态的凝结水和润滑油、气态的水蒸气和雾状润滑油。这些有害物质进入机车车辆空气管路后，将造成管道和零件的锈蚀，或加速运动件的磨损，或垫住阀口、堵塞气路，卡死柱塞等，影响空气管路系统的正常使用。特别是在冬季，管道内的凝结水结冰可堵塞管道；制动机与气动器械内的凝结水结冰可冻结制动机与气动器械。因此，压缩空气的清洁与除水是极其重要的。

空气干燥器是利用干燥剂吸收压缩空气中的水分，并附有滤清装置的组合设备。空气干燥器可避免由机械杂质、凝结水引起的机车车辆空气管路系统堵塞、卡死、锈蚀以及凝结水结冰等现象，保证机车车辆制动机和机车气动器械的作用良好，有利于列车的安全运行，也延长了机车车辆制动机和机车气动器械的使用寿命。

电力机车风源系统所使用的空气干燥器有单塔式空气干燥器和双塔式空气干燥器两种。下面分别以 DJKG-A 型单塔式空气干燥器和 JKG-1C 型双塔式空气干燥器为例进行介绍。

2.4.1 DJKG-A 型空气干燥器

DJKG-A 型空气干燥器只有一个装有吸附剂的干燥筒和一个滤清筒。当机车主空气压缩机工作时，干燥器产生吸附作用；当空气压缩机停止运转时，干燥器自动产生再生作用。由于其结构和作用的原因，该装置要求主空气压缩机间歇工作，不能长时间连续工作，否则干燥筒内的吸附剂将无法再生，最终失去干燥能力。

2.4.1.1 DJKG-A 型空气干燥器的构成

DJKG-A 型空气干燥器主要由干燥筒、滤清筒、再生风缸、电动排泄阀和消音器等部件组成，除消音器外，所有部件均安装在一个钢架上，构成了一个完善的“空气处理中心”。DJKG-A 型空气干燥器是一种无热再生空气干燥器。

1. 干燥筒

干燥筒是装有吸附剂的筒状容器，在上、下滤网间填满了吸附剂，是完成压缩空气干燥处理的核心部件。

2. 滤清筒

滤清筒是安装高效气液过滤网的筒状容器，用于除去压缩空气中的液态粒子，以减轻吸附剂的吸附负荷和油污对吸附剂的污染。

3. 再生风缸

再生阶段为干燥筒提供干燥的压缩空气，沿吸附干燥过程反方向将吸附剂的吸附的水分带走，使吸附剂恢复干燥状态。

4. 电动排泄阀

电动排泄阀由一个 TFK_{1B} 型电空阀（称为排泄电空阀）和一个柱塞式排泄阀组成。

柱塞式排泄阀阀体上有已安装棒形加热元件的内孔，另外还有一些暗道作为内部气路，阀体上有三条气路连接管：一条为左边气路可经塞门与滤清筒底部相连通，是再生阶段排泄空气的通路；另一条为右边气路可与消音器相连通，再生阶段的排泄空气经此通路排入大气；还有一条除前连气路通向阀体外，还经管子与再生风缸相通，并经阀体内暗道、电空阀、阀体暗气路、上盖与活塞的上气室沟通，这是控制活塞动作的空气通路。

5. 消音器

消音器是为了消除干燥器在再生阶段排气时产生的尖锐刺耳的噪声而设置的。消音器内的填料为 6 层间隔放置的穿孔板。

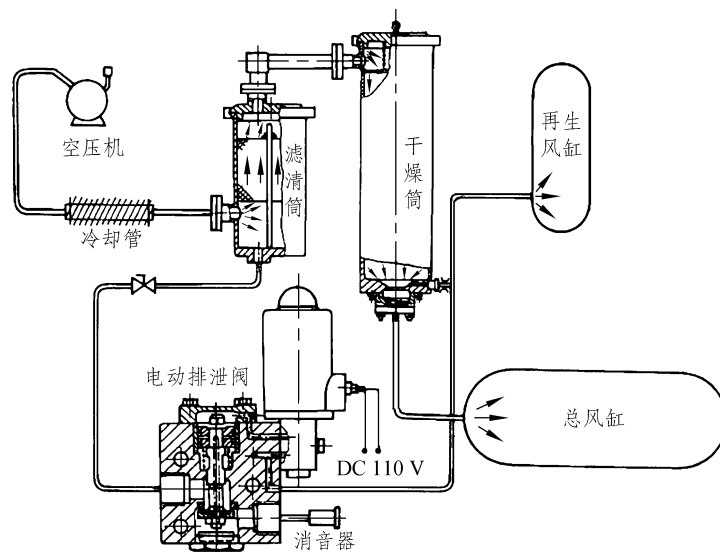
6. 塞 门

在滤清筒至电动排泄阀之间设有一个塞门，平时处于常开位。在机车运行途中若发生因排泄阀关闭不严而排气不止时，可关闭此阀门以防压缩空气泄漏，待处理正常后再开放。该空气干燥器作用正常时，不得随意关闭此塞门，否则将使吸附剂过早失效。

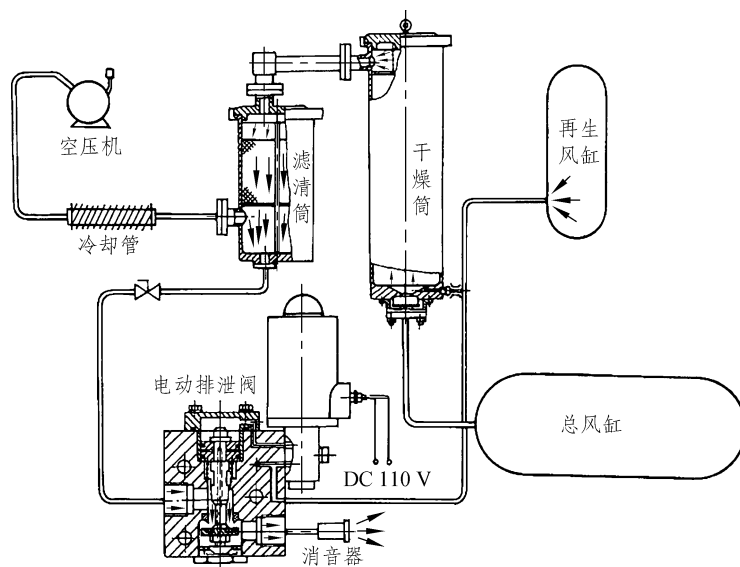
2.4.1.2 系统工作原理

1. 吸附干燥过程

吸附干燥过程如图 2-4-1 (a) 所示。当空气压缩机运转时，饱和湿空气由空气压缩机出风口经过冷却管冷却后进入滤清筒，压缩空气中的油雾、水分和尘埃、机械杂质被高效气液过滤网拦截捕获。然后除去凝结水、油雾、水分和尘埃、机械杂质的饱和湿空气进入干燥筒内，通过吸附剂的作用，其水蒸气分子被吸附。故干燥筒底部的压缩空气是洁净、干燥的。这些干燥空气经过干燥筒底部的止回阀向机车总风缸输送，同时还经节流孔向再生风缸充风。上述过程称为吸附干燥过程。当空气压缩机停止运转时，该吸附干燥过程结束。在此过程中，排泄电空阀失电，排泄阀口关闭。



(a) 干燥作用流程



(b) 再生作用流程

图 2-4-1 DJKG-A 型空气干燥器作用流程图

2. 再生过程

再生过程如图 2-4-1 (b) 所示。当空气压缩机停止运转时，控制电路使排泄电空阀得电，再生风缸内压缩空气进入排泄阀活塞上部，克服活塞弹簧反力，推动活塞及活塞杆下移，打开排泄阀口。这时，滤清筒、干燥筒以及空气压缩机出风口至干燥筒管道内的压缩空气连同油、水分和尘埃、机械杂质经开放的排泄阀口，再经消音器排入大气。同时，再生风缸内的干燥压缩空气通过干燥筒底部的节流孔膨胀成为接近大气压力的超干燥空气，并朝着与吸附干燥过程相反的流向通过吸附剂，将吸附剂吸附的水蒸气分子几乎全部带出，经排泄阀口、消音器排入大气，使吸附剂重新恢复干燥状态。当再生风缸内压缩空气的压力降至约 30 kPa 时，排泄阀内的活塞弹簧推动活塞及活塞杆上移，关闭排泄阀口，再生过程结束。

2.4.1.3 干燥器的维护与检修

机车乘务员每次出乘前，应观察整套装置的工作是否正常，定期察看总风缸内是否有积水。干燥器应定期进行检查和大修。机车进行中修时，其检修内容如下：

- (1) 清洗、检查电动排泄阀各部件。
- (2) 用去污粉洗净消音器各部件。
- (3) 解体并清洗滤清筒内的过滤元件，组装前要用压缩空气吹干。

(4) 解体并清洗干燥筒内各部件，更换活性氧化铝，并使吸附剂填实，然后用压缩空气与正常气流相反方向吹扫一遍。

(5) 按恒控器盒内侧所附线路图检修恒控器。

(6) 重新组装整套装置后，并在试验台上进行性能检查，合格后装车使用。

2.4.2 JKG-1C 型空气干燥器

HXD_{3C} 型电力机车采用两台 JKG-1C 型空气干燥器，位于空气压缩机组和总风缸之间，每个压缩机组配备一台空气干燥器。该装置具有低温加热，过滤压缩空气中油、水，降低压缩空气露点的功能，使得空气系统在正常使用时不会出现液态水。JKG-1C 型空气干燥器外形如图 2-4-2 所示。

2.4.2.1 结 构

JKG-1C 型空气干燥器由干燥塔主体、油分离器、进气阀、排气阀、出气止回阀、电控器及安装夹等组成，JKG-1C 型空气干燥器结构如图 2-4-3 所示。



图 2-4-2 JKG-1C 型空气干燥器外形图

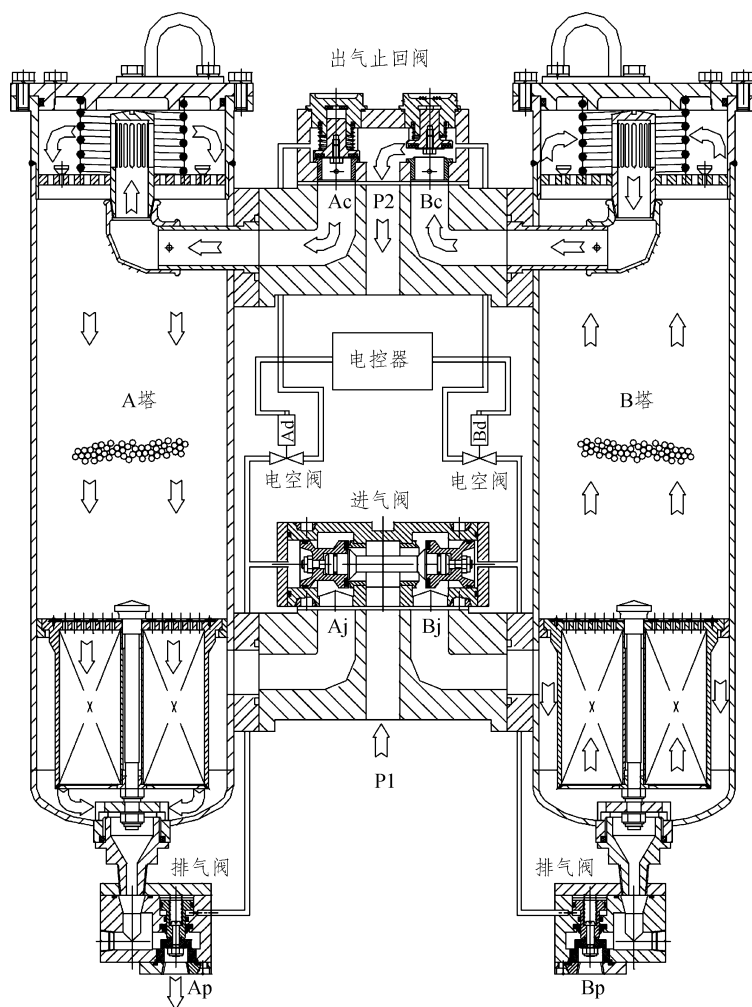


图 2-4-3 JKG-1C 型空气干燥器结构图

1. 干燥塔主体

干燥塔主体是由两个结构完全相同的干燥塔组成，按左右对称配置。主要由干燥筒、高效滤清吸附剂等组成。干燥塔主体部分是完成压缩空气干燥、净化的核心部件。

2. 进气阀

进气阀安装于两干燥塔的进气连体上，是用于控制两干燥塔进气转换的机构。

3. 排气阀

排气阀安装于干燥塔的下部，阀口根据电气控制箱的两个电磁阀所发出的压缩空气指令来控制开闭。

4. 出气止回阀

防止总风缸压缩空气向干燥塔倒流，且左右进风口有一小孔相连，以使干燥空气进入再生干燥塔进行再生作用。

5. 电控器

机车空气压缩机的工况是随机变化的，当这些工况以电信号（通电、断电）的形式由控制线输入电控器后，经过电磁阀的逻辑处理，将变成有规律的“指令”输出，并通过电磁阀来操纵干燥器上的机械动作，构成“电器-机械”控制系统，使两塔按一定的程序交替工作。

每个电磁阀的工作状态用一个指示灯指示器显示。当电磁阀作用时，指示灯亮，对应的塔处于再生状态。JKG-1C型空气干燥器工作指示图，如图 2-4-4 所示。



图 2-4-4 JKG-1C 型空气干燥器工作指示图

A 塔显示——A 塔进入再生状态。

B 塔显示——B 塔进入再生状态。

A 阀加热——A 塔排污阀进入加热状态。

B 阀加热——B 塔排污阀进入加热状态。

电源指示——干燥器得电指示。

电源开关——控制干燥器得失电。

2.4.2.2 工作流程

图 2-4-3 显示空气干燥器在工作状态，其中 B 塔在干燥阶段，A 塔在再生阶段。

电空阀 Ad 得电工作；排气阀 Ap 打开，进气阀 Aj 关闭；由于电空阀 Bd 失电，排气阀 Bp 关闭，进气阀 Bj 打开。

压缩空气经 P1 口和打开的进气阀 Bj，在油分离器里进行旋转，在离心力作用下

将油和水滴甩向油分离器的内壁后收集到排气阀 Bp。压缩空气随后通过干燥剂，压缩空气中的水及水蒸气被吸收，使干燥器出口压缩空气的相对湿度小于 35%。

压缩空气通过出气止回阀 Bc 和 P2 口从干燥器排出之前，部分干燥的压缩空气通过再生节流孔，进入再生塔（A 塔），带走干燥剂表面的液态水后从排气阀 Ap 排放到大气，再生塔中的干燥剂得到干燥。

电空阀 Ad 在半个工作周期（90 s）前 18 s 失电，排气阀 Ap 关闭，进气阀 Aj 开放。控制管路中压缩空气通过电空阀排放到大气。通过节流孔，再生塔（A 塔）中空气压力将增加到与干燥塔（B 塔）相同的空气压力。半个周期时（90 s），原干燥塔变为再生塔，原再生塔变为干燥塔。电空阀 Bd 得电，排气阀 Bp 开放，进气阀 Aj 开放。

当压缩机停止工作时，干燥器也同时停止工作。干燥器的两个电空阀都失电，控制管路被排空，排气阀两侧均关闭，进气阀停留在干燥器停止工作时的位置。

2.4.2.3 故障处理

JKG-1C 型空气干燥器常见故障分析及解决措施见表 2-4-1。

表 2-4-1 JKG-1C 型空气干燥器常见故障分析及解决措施

故障现象	原因分析	解决措施
总风缸出现凝结水	干燥剂吸附饱和或油污失效	当发现总风缸出现冷凝水时，首先要确定净化系统故障所处的位置和原因，然后作相应处理，恢复系统正常工作。若确认不属于系统故障造成的总风缸出水，则须开盖检查干燥剂的状态。如干燥剂颗粒表面变成棕黑色，说明其已失效，必须更换；若表面呈淡黄色、但手感潮湿，说明系偶然事故使干燥剂吸附饱和，可不必更换，待装置正常工作一段时间后，干燥剂可逐步再生复原
	干燥器本身发生故障，已不能正常工作	
	排气阀故障，使油水分离器长期不能排污，积水过多和干燥剂再生不良而失效	
当压缩机输送空气时，消音器不排放空气	节流孔阻塞	从逆止阀拆除阻气门并清洗
	电空阀不得电	检查电源； 更换有缺陷电路板； 检查阀磁铁上连接器（电缆连接）
	排气阀冻住	解冻排气阀； 检查加热器筒和恒温器和电缆连接；更换有缺陷零件
空气从电空阀排气口稳定排放（如果空气干燥器单元正常工作，当压缩机输送空气时，电空阀每次往复时，必须排放少量空气。）	阀座脏污或损坏，或者磁铁电枢上橡胶密封有缺陷	拆除电空阀； 清洗阀座；如果必要，修理或者更换衬套
	电空阀有缺陷或电路板故障	检修电空阀，或者更换电路板

【任务评价】

序号	评价内容	评价标准	分值
1	能够根据 DJKG-A 型空气干燥器的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
2	能够根据 JKG1C 型双塔式空气干燥器的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
3	能够分析空气制动机常见故障	能够正确分析故障	4
		分析故障不全面	2
		故障分析错误	0
得分			

任务 2.5 风源系统其他附件检查与维护

【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 熟悉风源系统其他附件的作用及结构。
- (2) 熟悉风源系统其他附件的工作原理。

2. 素质目标

- (1) 培养学生遵章守纪，养成严谨的工作作风，促使学生职业素养的养成。
- (2) 具备自主学习能力，有责任心，有一定的分析能力，善于总结经验和创新。
- (3) 能主动与同学合作开展工作，完成团队分配的工作，承担团队成员的角色和责任。

3. 能力目标

- (1) 能够根据风源系统附件的结构，分析其工作原理。

(2) 能够对风源系统附件进行调节及维护。

【相关知识】



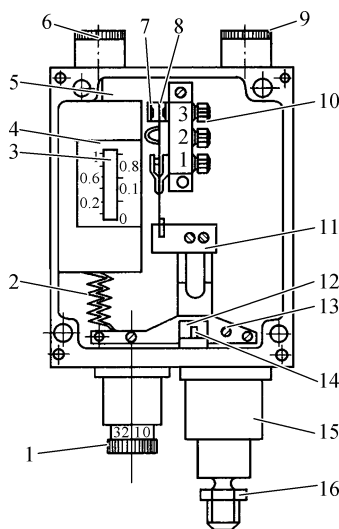
风源系统附件

2.5.1 压力控制器

国产 SS 系列电力机车采用 YWK-5-C 型压力控制器，装设在电空制动屏柜内。压力控制器是根据总风缸压力的变化，自动闭合或切断主空气压缩机电动机电源，从而控制主空气压缩机的运转或停止，使总风缸内压力空气的压力保持在规定的压力范围（750 ~ 900 kPa）内。即当总风缸空气压力达到最大规定值时，自动切断主空气压缩机电动机的电源电路，主空气压缩机停止工作；当总风缸空气压力低于最小规定值时，自动闭合主空气压缩机电动机的电源电路，主空气压缩机恢复打风。

YWK-5-C 型压力控制器为铸铝壳体，防水型，其规格为 0 ~ 1 MPa。能经受 GB50110-85 所规定的机械振动条件考验，其结构如图 2-5-1 所示。

YWK-5-C 型压力控制器采用压力传感波纹管和大开距单断点开关，因此具有敏感性高、寿命长、动作可靠、故障率低的特点。



- 1—差动旋钮；2—调节弹簧；3—指针；4—标尺牌；5—调节杆；6—锁紧螺帽；
7—静触头；8—动触头；9—出线套；10—接线端子；11—拨臂；
12—刀支架；13—杠杆；14—刀；15—波纹管室；16—接头。

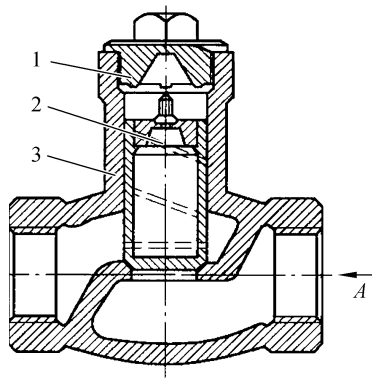
图 2-5-1 YWK-5-C 型压力控制器结构图

YWK-5-C 型压力控制器是利用杠杆，波纹管，调节弹簧以及差动旋钮内的弹簧组成一个杠杆体系，并充分利用动触头和静触头组成的单断点大开距微动开关具有瞬动开闭的特点，而设计的一种结构简单的压力调节控制装置。当被控压力空气的压力上

升或下降时，波纹管伸长或缩短，通过杠杆与拨臂，拨开微动开关，使触头闭合或断开而达到压力空气压力控制的目的。

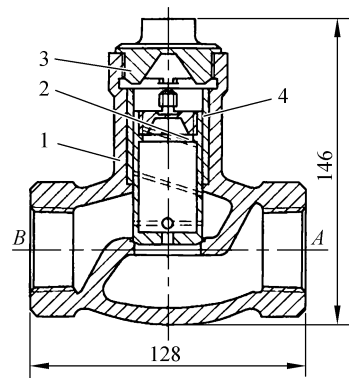
2.5.2 止回阀

在每台空气压缩机的出风管路上安装止回阀，用来防止压力空气逆流，以实现单向流动性能，如图 2-5-2 所示。



1—盖；2—止阀；3—阀体。

图 2-5-2 止回阀



1—阀体；2—阀芯；3—盖；4—铜套。

图 2-5-3 逆流止回阀

当压力空气由 A 进入，在初始状态时，B 侧管路压力较低，则 A、B 间的压差足以克服止阀而将其压起，阀口开放，经 B 处流出。当 B 侧压力接近 A 侧时，止阀下落关闭阀口。若压力空气由 B 侧流入，则止阀在压力作用下与体上的阀座更加密贴，无法向 A 侧输送。故只能实现单向流动，即 A→B。

安装时，必须注意使箭头方向与管路流向一致，且垂直安装。

2.5.3 逆流止回阀

逆流止回阀与空气压缩机出风管路上安装的止回阀外形很相似，区别在于止回阀的盖为六方体，而逆流止回阀为四方体。逆流止回阀的阀芯也是利用止回阀的阀芯，仅在阀芯底部中央一处以及圆柱面靠近底部位置两处，钻出 3 个 $\phi 6$ mm 的圆孔。

逆流止回阀的结构、作用原理，如图 2-5-3 所示。

当 B 侧管路压力较 A 侧低时，A、B 侧间的压差克服阀芯重力将其抬起，A 侧压力空气经开放阀口的大通道进入 B 侧。当两侧压力空气压力接近时，阀芯下落关闭阀口，但两侧压力空气仍能经逆流小孔沟通。当 B 侧管路压力高于 A 侧时，阀芯在空气压力以及自重作用下，与阀体上的阀座更加密贴，关闭阀口，但 B 侧压力空气仍能经逆流小孔进入 A 侧，保持两侧管路压力相等。

安装时，A 侧接第一总风缸以及总风联管，B 侧接第二总风缸。当机车空气压缩机打风时，压力空气首先进入第一总风缸与总风联管，再经该阀的阀芯上移后开放的阀口大通路进入第二总风缸，继而供机车用风。当空气压缩机故障后，其他机车空气压缩机产生的压力空气也能经总风联管进入第一总风缸，再经该阀进入第二总风缸。当机车空气压缩机停止运转后，由于各机车用风量的差异，用风量小的机车的第二总风缸内压力空气将经逆流孔反向流出，补充用风量大的机车总风缸，保证了各重联机车正常运行时，所有总风缸压力完全一致。

当重联机车间发生断钩现象后，各机车第一总风缸内压力空气将经断裂的总风联管快速排入大气。而第二总风缸内压力空气因逆流止回阀的阀芯下落关闭了阀口大通路，不能快速排入大气，只能经逆流小孔缓慢排入大气，从而保证了机车在停车时空气制动所需压力空气。

安装时必须注意方向，且垂直安装。

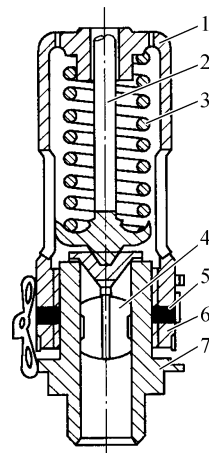
2.5.4 高压安全阀

为确保空气管路系统的安全，必须严格控制压力空气的最大压力。因此，在所有的压力空气管路系统中设置了安全阀，以免正常的压力控制装置失效后，能自动降低压力及报警，达到安全保护作用。

高压安全阀的结构如图 2-5-4 所示。

通常，高压安全阀设置在每台空气压缩机出风口至止回阀之间的管路上，其作用是确保总风缸气压不超过最大工作压力。该高压安全阀的压力整定值为 (950 ± 20) kPa。应随时检查高压安全阀的整定值，如果不符，应及时调整。调整时拧动弹簧盒 1，达到整定压力值后，用锁紧螺母锁紧，再用专用止挡定位，并加铅封标记，以使整定压力值准确可靠。

当连接管路的压力值大于弹簧 3 的整定值时，阀 4 上移开放通大气口，因排气口远大于管路截面，使管路压力下降，当降至低于弹簧 3 的反力后，将阀 4 压回阀座 7，关闭阀口。由于空气压缩机连续不断地排气，其阀口的开闭往往是连续不断的，阀 4 的上下运动及间断的排气产生清晰的响声，使压力无法再增加并发出报警声，警告司机必须停止空气压缩机的运转。



1—弹簧盒；2—阀杆；3—弹簧；4—阀；
5—止挡环；6—锁紧螺母；7—阀座。

图 2-5-4 高压安全阀

2.5.5 总风缸

总风缸用来储存压力空气，供制动机及其他风动装置使用；同时使机车风源系统产生的压力空气在总风缸内进一步冷却，分离、沉淀出油水及尘埃等。为确保制动机及其他风动装置工作安全，应定期开放总风缸排水阀，放出缸内积水和尘埃。

为保证压力空气的充分供应，机车上必须配备容量足够大的总风缸。总风缸是一个受压容器，严禁在总风缸上进行电焊打火或搭接地线。总风缸充风后严禁重物锤击，更应避免在其周围加温。

2.5.6 无负载启动电空阀

在主空气压缩机出风管与止回阀间接有启动放风管路。该启动放风管路受无负载启动电空阀控制，而该电空阀受主空气压缩机组控制电路的控制。无负载启动电空阀采用 TFK_{1B} 型电空阀，其进风口接放风管，出风口通大气。

无负载启动电空阀用于在主空气压缩机启动之初，排放主空气压缩机出风管与止回阀之间的压力空气，以改善主空气压缩机的启动工况。即空气压缩机启动前，无负载启动电空阀得电，使止回阀前的一段管路一直与大气沟通；当主空气压缩机启动后 3 s 内仍继续排空，待延时 3 s 后无负载启动电空阀失电关闭排风口。

【任务评价】

序号	评价内容	评价标准	分值
1	能够根据压力控制器的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	4
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
2	能够根据逆流止回阀的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
3	能够根据高压安全阀的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
得分			

任务 2.6 辅助空气压缩机组检查

【任务目标】

1. 知识目标

- (1) 熟悉 SS₄ 改型电力机车辅助空气压缩机组的组成。
- (2) 熟悉 SS₉ 型电力机车辅助空气压缩机组的组成。
- (3) 熟悉 HXD_{3C} 型电力机车辅助空气压缩机组的组成。

2. 素质目标

- (1) 培养遵章守纪、严谨认真的工作作风，培养工作责任心。
- (2) 具备自主学习能力，培养分析能力，善于总结经验并进行创新。
- (3) 能完成团队分配的工作，承担团队成员的角色和责任。

3. 能力目标

- (1) 能够根据 SS₄ 改型电力机车辅助空气压缩机组的结构，分析其工作原理。
- (2) 能够根据 SS₉ 型电力机车辅助空气压缩机组的结构，分析其工作原理。
- (3) 能够根据 HXD_{3C} 型电力机车辅助空气压缩机组的结构，分析其工作原理。

【相关知识】

电力机车主空气压缩机组的供电电源为三相交流电（AC 380 V），而电力机车上的三相交流电是通过受电弓、主断路器从供电接触网引入，并经主变压器降压、分相设备分相后得到的，对于长期停放的机车，由于空气管路系统的泄漏问题，难免造成风压不足，使机车无法升受电弓和合主断路器，导致机车不能正常工作。在这种情况下，可通过机车蓄电池直流供电系统启动辅助空气压缩机组，为受电弓、主断路器提供压缩空气，以确保机车投入正常工作。

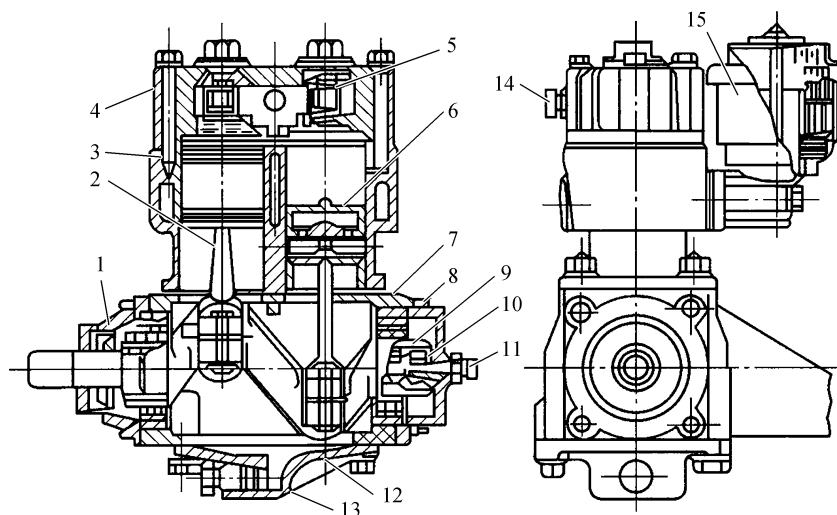
SS₄ 改型电力机车采用 CA-10/Z₂-22 型辅助空气压缩机组，SS₉ 型电力机车采用 TZK1-50 型辅助空气压缩机组，HXD_{3C} 型电力机车采用 LP115 型辅助空气压缩机组。

2.6.1 CA-10/Z₂-22 型辅助空气压缩机组

CA-10/Z₂-22 型辅助空气压缩机组主要由 CA-10 型空气压缩机和 Z₂-22 型直流电动机组成。其中 CA-10 型空气压缩机为直立双缸一级压缩活塞式空气压缩机，当转速为 1 350 r/min 时排气量大于 42 L/min，工作气压为 700 kPa，轴功率为 1.1 kW。Z₂-22 型直流电动机从机车蓄电池获取 110 V 直流电能，通过联轴器直接驱动 CA-10 型空气

压缩机。CA-10 型辅助空气压缩机结构如图 2-6-1 所示。

该辅助空气压缩机只作辅助性短时运转，采用附加油杯注油润滑，为保证辅助空气压缩机正常运行，应定期从连接进油接头的附加油杯注入足够的压缩机油，以便于运转时利用曲轴转动形成飞溅油滴进行润滑。



1—油封；2—连杆；3—气缸体；4—气缸盖；5—气阀；6—活塞；7—曲轴箱；8—轴承；9—曲轴；
10—后盖；11—进油接头；12—底盖；13—回油接头；14—出气接头；15—滤尘器。

图 2-6-1 CA-10 型辅助空气压缩机结构

2.6.2 TZK1-50 型辅助空气压缩机组

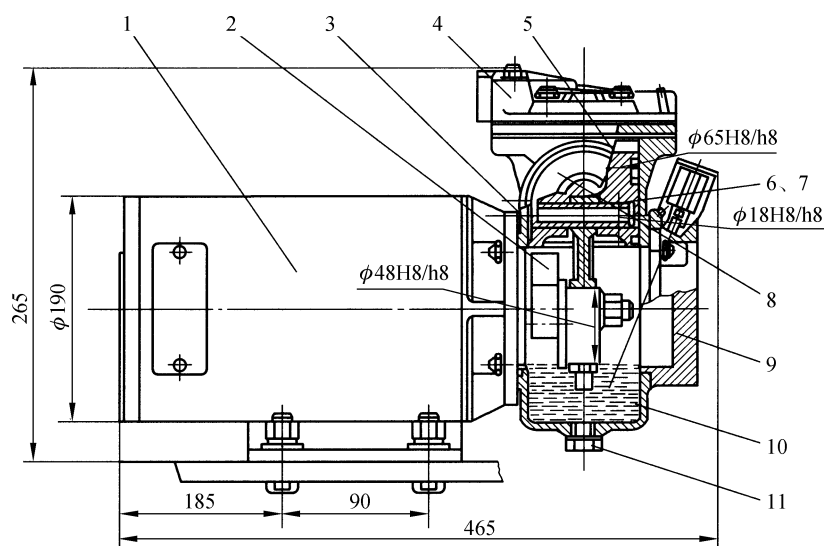
SS₉ 型电力机车采用 TZK1-50 型辅助空气压缩机组，该辅助空气压缩机组采用的是电动机、单缸活塞式压缩机整体式结构，如图 2-6-2 所示，它具有体积小、结构紧凑、外形美观、维护方便、噪声和振动小等优点。在性能方面，只需 0.5 kW 功率的电动机就能达到 50 L/min 的排气量和 800 kPa 的压力，且在低电压 DC 77 V 和 700 kPa 高压下的低压启动性能良好。TZK1-50 型辅助空气压缩机组采用间隙工作制，连续工作时间不大于 20 min。

TZK1-50 型辅助空气压缩机组由压缩机与直流电动机组合而成，将压缩机直接安装在电动机上组成压缩机组。

电机是直流有刷电动机，轴端是一个锥形轴，装有一个偏心块，径向由一个半圆键固定传递力矩，轴向加一个放松止推垫圈，以螺母固定；利用电动机上法兰，将压缩机固定在一起；电动机下的安装座上有 4 个孔，用于固定压缩机组。

空气压缩机采用单缸单程活塞式结构，电动机轴上的偏心块 2 带动连杆 3、活塞 5，将电动机的旋转运动变成往复运动，使活塞 5 在箱体 9 的气缸中作往复运动，压缩气缸中的气体，从而形成压缩空气；配气盘上下分别有一个阀片，相互配合形成配气系统；压缩后的空气经气缸盖 4 排出。

空气压缩机的呼吸系统 7 保证箱体内的压力不会太高，在保证空气压缩机安全的同时，保证不降低空气压缩机的效率。



1—直流电机；2—偏心块；3—连杆；4—气缸盖；5—活塞；6—油标杆；
7—呼吸系统；8—进气空气滤清器；9—箱体；10—润滑油；11—放油堵。

图 2-6-2 TZK1-50 型辅助空气压缩机组结构

2.6.3 LP115 型辅助空气压缩机组

HXD_{3C} 型电力机车采用克诺尔公司的 LP115 型辅助空气压缩机组作为辅助风源。辅助风源由直流电动机、空气压缩机和干式空气过滤器等主要部件组成，装置结构安排紧凑。辅助空气压缩机为单级活塞式压缩机，自带法兰安装。直流电动机通过联结器和空压机连接。为保证压缩空气和管路的清洁，辅助空气压缩机配有小型的单塔干燥器和再生风缸。空气压缩机采用飞溅润滑，最大输出压力 800 kPa，排风量 70 L/min，采用自然冷却方式，允许连续运行时间不超过 10 min。LP115 型辅助空气压缩机组如图 2-6-3 所示。



图 2-6-3 LP115 型辅助空气压缩机组

辅助空气压缩机的输出口和升弓控制模块、升弓风缸及风表相连。辅助空气压缩机组的控制开关在空气控制柜上，按下开关后，辅助空气压缩机开始工作，升弓控制模块上的压力开关对空气压缩机的启停进行自动控制。

控制方式分为人工控制和自动控制两种方式。

(1) 当机车初次升弓，或进行升弓装置试验时，采用人工控制方式，操作时需要操作者持续按下辅助空气压缩机组启动按钮（位于空气控制柜内），并观察升弓压力表的指示值，在满足升弓压力要求后松开按钮。

(2) 当机车投入运用后采用自动控制方式，当辅助风缸压力低于 480 kPa 时，辅助压缩机自动投入工作；当辅助风缸压力达到 735 kPa 时，压缩机自动停止工作。

【任务评价】

序号	评价内容	评价标准	分值
1	能够根据 SS4 改型电力机车辅助空气压缩机组的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
2	能够根据 SS9 型电力机车辅助空气压缩机组的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	3
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
3	能够根据 HXD ₃ C 型电力机车辅助空气压缩机组的结构，分析其工作原理	分析问题有理有据	4
		分析问题不全面	2
		分析问题观点错误	0
得分			



复习思考题

1. 简述 SS₄ 改型电力机车风源系统的组成以及各部分的作用。
2. 简述 SS₉ 型电力机车风源系统的组成以及各部分的作用。
3. 简述 HXD_{3C} 型电力机车风源系统的组成以及各部分的作用。
4. 简述 NPT5 型空气压缩机的结构和工作原理。
5. 简述 VF-3/9 型空气压缩机的结构和工作原理。
6. 简述 TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机的结构和工作原理。
7. 简述 SL22-66 型螺杆式空气压缩机的结构和工作原理。
8. 试叙 DJKG-A 型空气干燥器的工作原理。
9. 试叙 JKG-1C 型空气干燥器的工作原理。
10. 简述电力机车辅助空气压缩机组的作用。