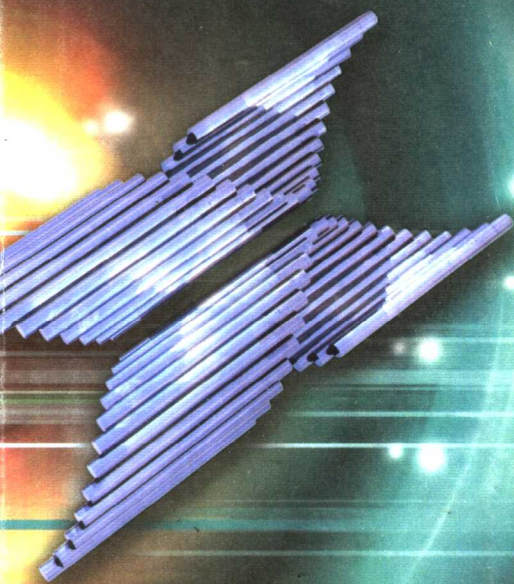


LUOGANSHI

螺杆式空气压缩机

KONGQI YASUOJI

• 徐建英 编著



450.1

38



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

螺杆式空气压缩机

徐建英 编著

中国铁道出版社

2004年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

螺杆式空气压缩机/徐建英编著. —北京: 中国铁道出版社, 2004

ISBN 7-113-05678-4

I. 螺… II. 徐… III. 螺杆压缩机; 空气压缩机 IV. TH45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 120687 号

书 名: 螺杆式空气压缩机

作 者: 徐建英 编著

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑: 冯 慧

责任编辑: 冯 慧

封面设计: 蔡 涛

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×960 1/16 印张: 9.5 字数: 168 千

版 本: 2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 1~3 500 册

书 号: ISBN 7-113-05678-4/U·1611

定 价: 30.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

序

空气压缩机是铁路机车车辆制动系统及多种用风机构的风源装置，它的性能和质量的优劣直接关系到列车的制动性能和安全性，铁路机务部门对此十分关注。特别是中国铁路加快实施客运提速、货运重载以来，列车对机车供风的品质、性能和需求不断提高，采用新型风源装置是铁路机车技术进步的主要组成部分之一。

螺杆式空气压缩机，是近几年来铁路机车车辆制动系统引进的一项新产品、新技术。石家庄精密机械有限公司等企业紧紧围绕铁路“跨越式”发展、实现机车车辆装备现代化的方针，采取立足国内制造，引进、吸收国外关键技术及部件的方法，在短期内实现了螺杆式空气压缩机的国产化组装与生产，并基本达到了国外同类产品的水平。目前我国的新造电力和内燃机车中，已经有将近两千台螺杆式空气压缩机装车使用，并已深入地铁和轻轨市场。运用实践证明，螺杆式空气压缩机结构简单，工作可靠，噪音振动小，供风温度低，检修周期长，性能明显优于活塞式空气压缩机。这是与发达国家铁路高速和重载运输机车车辆制动风源发展方向相一致的。

本书作者徐建英同志曾在铁路工作过多年，目前经营企业成功实现了螺杆式空气压缩机国产化。他怀着对铁路事业的深厚感情，组织有关专家对螺杆式空气压缩机的技术、运用、维修进行了潜心研究，编成了本书。本书图文并茂，通俗易懂，从工作原理、系统结构、运用维护等几个角度，向读者和用户详细介绍了机车车辆空气制动系统用的螺杆式空气压缩机和膜式空气干燥器，并提供了正确安装、使用和维护的资料及数据。有助于用户用好设备，更好地发挥其优良特性。

机车车辆空气制动系统用的螺杆式空气压缩机和膜式空气干燥器的应用只是一个实例，铁路装备现代化需要引进、消化、吸收国外一切有助于提高机车车辆性能及运行安全性的新技术、新装备，加快我国铁路和轨道交通的现代化步伐。

本书理论联系实际，内容精练，实用性强，无论对机车制造、修理工厂的技术人员，还是对机务段的运用、维护保养人员都具有较好的指导性，是一本值得一读的技术参考书，谨向广大读者推荐。

孙景斌

二〇〇四年三月

前 言

螺杆式空气压缩机是近年来我国铁路工业系统从国外引进的一项新型的用于机车车辆制动系统的风源装置，并很快在国内消化、吸收，实现了国产化的组装和生产。在短短三年多的时间内，已经在全路新造电力、内燃机车上装车运用 2000 余台，运用实践中它的优越性已得到充分体现。由于这是一项新产品、新技术，无论是产品本身的生产厂家、机车制造组装工厂，还是机务段的运用、检修部门均急需相关的技术资料，以用于指导日常生产、运用、维修保养以及职工培训。

本书正是出于上述考虑，在广泛收集国内外有关资料的基础上，组织有关专家、学者及现场的专业技术人员，从螺杆式空气压缩机机组的工作原理、系统结构、主要技术参数、安装尺寸、应用维护、修理、实验和整定等方面进行了全面阐述，此外还对新型气源净化装置及空气干燥器进行了简要介绍。全书共分七部分，其中第 1 至第 4 部分由徐建英编写，第 5 至第 7 部分由仲跻升编写，全书插图由仲跻升绘制。

本书能顺利出版发行，得到了许多专家的热情支持。对本书的编写和出版给予支持和指导的领导和专家有：铁道部运输局孙景斌、李岳恒、张启安、李群锋，株洲电力机车厂朱龙驹、刘豫湘，大同机车厂杨永林，戚墅堰机车厂曹兴贵，郑州铁路局汪志章，郑州机务段陈华等。本书由卢东涛、闫永革主审，参加审稿的还有周震贤、周韵宪等。在编写此书的过程中，得到了许多机车工厂和机务段的支持并使用了他们提供的数据和资料。本书是集体智慧的结晶，收入了研究与设计工作中许多科技工作者的劳动成果和宝贵的资料，在此一并致谢。

最后要说明的是，由于作者水平所限，加之编写仓促，书中难免错误和欠妥之处，敬望读者批评指正。

作者 徐建英

二〇〇四年三月

目 录

1 概 述

- 1.1 机车车辆制动与空气压缩机 4
- 1.2 螺杆式空气压缩机在机车上的应用 5

2 螺杆式空气压缩机

- 2.1 螺杆式空气压缩机工作原理 11
- 2.2 螺杆式空气压缩机的系统结构 15
- 2.3 螺杆式空气压缩机的主要技术参数 16
 - 2.3.1 系列化的机车车辆螺杆式空气压缩机机组 16
 - 2.3.2 螺杆式空气压缩机安装结构适应性变化 41
- 2.4 螺杆式空气压缩机的工作特性 42
- 2.5 螺杆式空气压缩机与往复式空气压缩机的比较 43

3 TSA-230A 型螺杆式空气压缩机的系统构成

- 3.1 主机 53
- 3.2 驱动装置及驱动电路 55
- 3.3 压缩空气系统及主要部件 55
- 3.4 机油润滑及冷却系统 60
- 3.5 压缩空气后冷却系统 65
- 3.6 空气压缩机组的安装及减振 66

4 螺杆式空气压缩机的应用及维护

- 4.1 螺杆式空气压缩机的驱动电源要求 71
 - 4.1.1 对交流电源的要求 71
 - 4.1.2 对直流电源的要求 71
- 4.2 润滑油整备及更换周期 72
 - 4.2.1 润滑油规范及推荐用油 72
 - 4.2.2 影响换油周期的因素及机油的检验标准 72

4.2.3	更换机油	73
4.2.4	机油使用之注意事项	74
4.3	检修注意事项	74
4.4	推荐的维护和检修周期	75
4.5	螺杆式空气压缩机运用注意事项	78
4.5.1	运用须知	78
4.5.2	检查旋转方向	79
4.5.3	试运转	79
4.5.4	螺杆式空气压缩机组的重新使用	79
4.5.5	多个机组联机工作	79
5	螺杆式空气压缩机大修用主要配件	
5.1	轴承组件	83
5.2	油封组件	83
5.3	密封件及密封剂	84
6	螺杆式空气压缩机的试验和整定	
6.1	螺杆式空气压缩机主要零、部件的整定	87
6.1.1	温度控制阀的检查和整定	87
6.1.2	温度开关的检查	87
6.1.3	压力开关的检查	87
6.1.4	安全阀的检查与整定	88
6.2	螺杆式空气压缩机的例行试验	88
6.2.1	模拟试验台试验	88
6.2.2	出厂试验	89
6.3	螺杆式空气压缩机的型式试验	89
6.3.1	试验目的	89
6.3.2	性能试验	89
7	气源净化装置及空气干燥器	
7.1	铁路及轨道车辆对制动用压缩空气的要求	93
7.2	现代工业中常用空气干燥器	94
7.3	我国铁路机车车辆上空气干燥器的现状	96
7.3.1	JKG1 型空气干燥器	96

7.3.2 吸附干燥剂和吸附式干燥器的问题	99
7.4 膜式空气干燥器	103
7.4.1 膜式空气干燥器的工作原理	103
7.4.2 常见膜式干燥器	107
7.5 膜式空气干燥器系统组成及其工作特性	108
7.5.1 膜式空气干燥系统的组成	108
7.5.2 膜式干燥器的工作特性	110
7.5.3 膜干燥管的典型结构	113
7.5.4 压缩空气滤清装置	114
7.5.5 冷凝液排泄装置	118
7.6 膜式空气干燥器系统安装、运用及维护	121
7.6.1 螺杆式空气压缩机与膜式干燥器系统	121
7.6.2 推荐的风源净化系统	122
7.6.3 膜式干燥器系统运用中需要的配件	124

附 录

附录一 TSA-0.3AR 维护保养用零件明细	127
附录二 TSA-0.6AR 维护保养用零件明细	128
附录三 TSA-0.8AR 维护保养用零件明细	129
附录四 TSA-1.6AR 维护保养用零件明细	130
附录五 TSA-330A 维护保养用零件明细	131
附录六 TSA-230AD 维护保养用零件明细	132
附录七 TSA-0.4AR 维护保养用零件明细	133
附录八 TSA-230D 维护保养用零件明细	134
附录九 TSA-3.0A 维护保养用零件明细	135
附录十 TSA-230A 维护保养用零件明细	136
附录十一 TSA-2.4A 维护保养用零件明细	137

插图目录

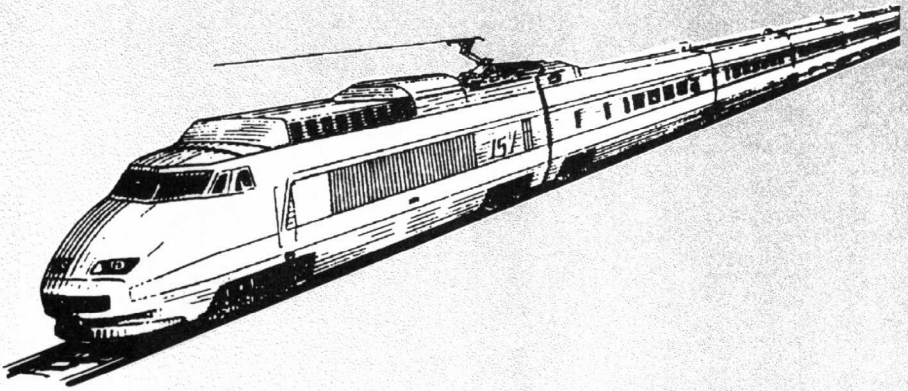
图 1	NPT5 型空气压缩机外形图	6
图 2	TSA-2.4A 型螺杆式空气压缩机	7
图 3A	螺杆副	11
图 3B	螺杆式空气压缩机壳体	12
图 3C	吸气过程	12
图 3D	吸气结束压缩开始	13
图 3E	压缩过程	14
图 3F	排气过程	14
图 4	螺杆式空气压缩机系统流程图	16
图 5	TSA-230A 型螺杆式空气压缩机外形图	17
图 6	TSA-230A 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	18
图 7	TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机外形图	20
图 8	TSA-230AD 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	20
图 9	TSA-330A 型螺杆式空气压缩机外形图	22
图 10	TSA-330A 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	22
图 11	TSA-230D 型螺杆式空气压缩机外形图	25
图 12	TSA-230D 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	25
图 13	TSA-3.0A 型螺杆式空气压缩机外形图	27
图 14	TSA-3.0A 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	27
图 15	TSA-1.6AR 型螺杆式空气压缩机外形图	29
图 16	TSA-1.6AR 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	29
图 17	TSA-0.8AR 型螺杆式空气压缩机外形图	31
图 18	TSA-0.8AR 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	32
图 19	TSA-0.6AR 型螺杆式空气压缩机外形图	34
图 20	TSA-0.6AR 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	35
图 21	TSA-0.4AR 型螺杆式空气压缩机外形图	37
图 22	TSA-0.4AR 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	37
图 23	TSA-0.3AR 型螺杆式空气压缩机外形图	39
图 24	TSA-0.3AR 型螺杆式空气压缩机安装尺寸图	40

图 25	CF75EG 型空气压缩机特性曲线	42
图 26	NPT5 型空气压缩机结构图	43
图 27	CF75ED 型螺杆式空气压缩机机头外形图	53
图 28	CF75ED 型螺杆式空气压缩机机头结构图	53
图 29	CF75EG 型螺杆式空气压缩机机头外形图	54
图 30	CF75EG 型螺杆式空气压缩机机头结构图	54
图 31	三相交流电动机驱动空气压缩机控制电路接 线图及驱动电路原理图	55
图 32	直流电动机驱动空气压缩机控制电路接线图 及驱动电路原理图	55
图 33	压缩空气系统及空气流程图	56
图 34	进气阀 (KTAG0100) 结构图	57
图 35	安全阀结构图	59
图 36	最小压力维持阀结构图	60
图 37	机油系统及机油流程图	61
图 38	温度控制阀结构图	63
图 39	冷却 (后冷) 系统图	65
图 40	JKG1 型空气干燥器工作原理图	97
图 41	常用的吸附式干燥剂	100
图 42	吸附式干燥器在轨道车辆上应用所表现的缺点	100
图 43	平衡反应模型图	101
图 44	残余湿度逐步减少的情况	101
图 45	非铁路车辆运用条件下吸附剂的工作情况	102
图 46	典型的铁路车辆运用条件下吸附剂的工作情况	102
图 47	膜工作原理	103
图 48	空气中的气体在扩散率上的差别顺序	104
图 49	高选择性膜活性分离层的选择特征	105
图 50	低选择性膜的扩散特征	105
图 51	高选择性膜干燥器的工作原理	107
图 52	低选择性膜干燥器的工作原理	108
图 53	膜干燥器能快速提供干燥空气	111
图 54	在间歇式工作时压力露点的波动	112
图 55	不同气候条件下膜能提供近乎恒定的压力露点抑制	113
图 56	膜干燥管结构	114

图 57	气—水分离器结构	115
图 58	精密滤清器和超精过滤器结构图	117
图 59	电容液面传感器控制的冷凝液排泄阀	119
图 60A	配备了膜式空气干燥器系统的 TSA-230A 型 螺杆式空气压缩机	121
图 60B	配备了膜式空气干燥器系统的 TSA-230A 型 螺杆式空气压缩机	122
图 61	推荐的风源净化系统图	123



1 概 述





所有的交通运输工具都须具备两个要素：第一要素是它必须具有动力装置，它能够借助于这个动力装置，用它所拥有的或者可以使用的能量，并将其转变成为之产生移动的推力从而能够使之运动；第二个要素是它必须拥有制动装置，通过制动装置的作用实现对它运动的速度和方向的控制，并能够使它在到达目的地时停下来。世间所有成其为交通运输工具的设备，大到宇宙飞船、火箭、飞机、巨轮、铁路列车……，小到各种机动车辆，人力运输车、自行车，甚至于人和各种动物及微生物的运动都具备这种特征。没有动力源他们就无法产生运动，而没有制动装置则运动就是无秩序的、失控的，也就是人们无法利用的。动力和制动是一对矛盾的两个方面，相辅相成而又缺一不可。

铁路列车、地铁和城市轻轨列车已经是人们十分熟悉的大众交通运输工具，目前为世界各国所广泛应用。为了提高它们的运输效率，人们不断地把科学研究的焦点放在开发新的动力装置和制动装置上面，目的是要使之运行更为快捷，而且能为人们提供更为安全舒适的服务。所有这些努力，只有在有效地解决了提速车辆的速度控制问题之后，这种新的动力驱动装置才可能被人们采纳，成为可以付诸应用的技术。

铁路轨道交通面世 100 多年的历史，就是一部伴随着不断提高机车车辆牵引功率而不断改进制动装置的历史。在铁路列车的牵引动力装置方面，人类已经实现了从蒸气机到内燃机、电力牵引的发展进程，并一步一步地走向现代化。目前欧洲机车的单轴驱动功率已经普遍应用到 1.6MW 以上。针对这种牵引功率增长的需要，它的制动装置也同步地从空气制动，发展到电空制动、动力制动、电磁和涡流制动等制动功率更大，更先进的技术，以与牵引力的增长相匹配。但是，由于空气制动和它的基础制动装置在车辆低速运行时的有效性、确切性和可靠性，到目前为止，即使在最现代化的铁路轨道交通运输工具上，除应用了动力制动等现代技术之外，也都保留着空气制动装置，作为使车辆或列车最后停车的手段。

中国铁路和城市交通设备的最大特色是由我们的国情所决定的：①国土面积大；②人口多；③国民经济欠发达。所以在欧洲和美国铁路上的机车车辆和列车编组运行规律，以及其城市大众交通运输工具的发展思路，并不能适应中国的情况，我们不能直接照抄照搬。我国除了计划在北京和上海这样的大型中心城市间发展城际高速铁路客运专线外，现有铁路的 7 万多公里的运营里程上，目前至少承担着全国 53.9% 的货运和 35.2% 的客运周转量，要适应国民经济发展的需要就得充分发挥铁路的潜在运输能力，需要在既有的线路基础设施制约下增加列车长度和提高运行速度。目前的铁路提速是在列车车流密度几乎饱和，货物列车重量 3500~5000 t，客运列车编组 18~20 辆，而且列列满载的条件下进行的。国家确定了铁路要“跨越式”发展，实现客运高速、快速，货运快捷、重载的铁路

运输装备现代化方针。在这种趋势下，机车制动系统的性能和可靠性自然而然地应当摆在十分重要的位置上。本书的目的就是要向用户推介现代机车车辆的空气制动系统所应用的螺杆式空气压缩机和膜式空气干燥器技术。

1.1 机车车辆制动与空气压缩机

我国铁路机车车辆和城市轨道交通主要的制动手段是空气制动系统，即用压缩空气作动力，通过基础制动装置的制动缸鞣鞣在压力空气的作用下移动，推动制动用的闸瓦压向车轮踏面或制动盘的摩擦面，在接触面产生剧烈的摩擦，将车辆运动的动能转化为热能，散失到空气中去，从而消耗车辆运动的能量而降低其运动的速度，并最终停车。

为了制动的需要，铁路机车和城市轨道交通的动车，一般都配备着生产压缩空气的空气压缩机（俗称风泵）和储存压缩空气的风缸，以及满足制动系统和风动控制系统所需要的空气管路系统。

在 20 世纪 90 年代之前，由于除了日本的新干线、法国的 TGV 和德国的 ICE 等少数开行高速运行的铁路客运列车之外，世界上铁路列车的运行速度都不高，机车的空气制动系统基本上还是应用传统的空气制动机和制动风源装置。空气压缩机绝大多数使用活塞式或称为往复式压缩机。通过国际铁路联盟和华沙铁路合作组织的标准化和简统化工作，使各国铁路的空气制动系统基本统一使用 900 kPa 的压缩空气做系统总风压力标准，制动列车管压力则根据客货运输制动安全要求之不同和线路纵断面的条件不同选择为 500~600 kPa 或更高。但是，基于那时机车车辆的运行速度和在这个速度下的列车运行安全来说，制动装置与牵引力的水平是相适应的，因此人们对空气压缩机的工作品质和它所提供压缩空气的品质并没有给予更多地关注。美国和前苏联地区的铁路机车，主要是使用由柴油机驱动的三气缸两级压缩的 W 型活塞式空气压缩机；而欧洲国家多采用电机独立驱动的多气缸二级压缩活塞式空压机组。这两者的主要差别是列车充风时的供应压缩空气的速率受或者不受柴油机工作转速的影响。而往复式空气压缩机的工作噪声和振动问题，以及提供的压缩空气的温度过高，在它的冷却过程中随着温度下降饱和水蒸气受冷，产生的冷凝水造成制动机及管路腐蚀和制动作用失灵，容易导致列车出安全事故。

渡过了 20 世纪 60~80 年代铁路大萧条之后，人们在反省对发展高速公路门到门的运输和航空运输的有失偏颇的认识的同时，发现对于大宗货物的运输，除了可以借助于江、河和海上的舟楫之便外，没有别的运输手段比铁路更经济了。而铁路运输要想在与公路和航空运输的竞争中求得生存和发展，提高铁路列车的

运行速度则是唯一的出路。通过 20 世纪各国铁路科技工作者的努力, 人们为机车找到了更强大的动力和更先进的传动装置, 应用了包括计算机技术在内的一切现代化手段, 把铁路客、货列车的运行速度大大地提高了, 最快的铁路列车的综合服务速度甚至可以与飞机相媲美, 技术的革新开创了铁路的新生。

我国铁路的发展规律是与世界铁路界的情形相仿的。仅仅在六七年前, 我国铁路的运营一直为亏损所困扰。这里面除了有机制上的原因外, 在技术上列车的运行速度过低, 服务水平差, 是影响铁路运输竞争力的重要原因。在短距离运输上, 铁路不如公路便宜; 在长距离运输上铁路又不如航空运输快捷。但是, 自从 1997 年我国铁路实行大提速, 在 800~1500 km 的距离范围内铁路显示出了巨大的优势, 夕发朝至列车的开行使人们可以夜间乘车, 白天工作。既省时间又省钱。这一举措加上铁路运输固有的安全性, 吸引了相当大的客户群, 经营转亏为盈, 扭转了被动局面。是列车提速使铁路运输柳暗花明, 当然, 这也得益于铁路制动技术的进步。这其中机车的牵引动力在提高, 基础轨线得到改进, 关系到行车安全的列车制动系统技术进步也得到充分重视。表现在机车车辆空气制动系统应用的新技术方面, 应当首推螺杆式空气压缩机和空气干燥器。目前在我国铁路, 螺杆式空气压缩机率先在电力机车上被广泛采用, 并逐渐在其他机车和大众运输车辆的制动系统中推广, 它所带来列车的安全舒适性已为大家公认。

1.2 螺杆式空气压缩机在机车上的应用

螺杆式空气压缩机技术首先在欧洲的快速铁路客运机车上获得应用, 取得成功后又在美国铁路中推开, 并在 20 世纪 90 年代末引入中国铁路机车制动系统。

螺杆式空气压缩机与往复式活塞空气压缩机同属容积式空气压缩机。

活塞式空气压缩机作为一种气动装置的动力源, 已经有数以百年计的应用历史了。随着技术的进步和新型材料的使用, 它得到不断地完善和发展, 效率更高, 工作也更加可靠。国内铁路机车上普遍使用的 NPT5 型活塞式空气压缩机, 是一种直列、三气缸、二级压缩式带中间冷却的空气压缩机。NPT5 型空气压缩机结构紧凑, 适宜于铁路机车车辆的制动系使用要求, 其结构参看图 1。

但是, 作为一种往复式的机器, 它是借助于曲柄连杆机构的驱动, 使活塞在气缸内往复运动, 并通过气阀的开闭节制, 将进入气缸的空气压缩后再送入储存压缩空气的风缸。由于它的工作过程在吸气和压缩工况负载情况截然不同, 曲柄连杆机构的负荷也随之变化, 这形成轴系扭振, 并造成压缩机工作时剧烈振动。同时它的气阀开闭和压力空气通过气阀时的节流作用会产生强烈的排气过程噪音, 有时, 活塞式空气压缩机工作噪音值可达 100dB (A) 以上, 所以它的工作