

ICS 25.040.01

CCS K 62

团 体 标 准

T/DZJN 455—2025

冶金工业变频节能选型设计规范

Selection and design specifications for energy-saving of frequency conversion in
metallurgical industry

2025-08-01 发布

2025-08-15 实施

中国电子节能技术协会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 设计选型	2
4.1 性能要求	2
4.2 可靠性保证及措施	3
4.3 电磁兼容性	3
5 系统相关设备选择	4
5.1 总体要求	4
5.2 变压器	4
5.3 开关设备	4
5.4 避雷器	4
5.5 热继电器	4
5.6 电抗器和谐波滤波器	5
5.7 负载回馈能量处理	5
5.8 电缆	6
5.9 电动机	6
6 设计文件变更	6
附录 A（资料性）冶金工艺流程中的传动设备	7
附录 B（资料性）负载转矩特性分类	8
附录 C（资料性）设计选型逻辑框图	9
附录 D（资料性）参考变频器的功耗及不同额定电压下的电流值	10
附录 E（规范性）变频器效率分界点和能效限定值	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电子节能技术协会提出并归口。

本文件起草单位：苏州汇川技术有限公司、佳木斯电机股份有限公司、深圳市英威腾电气股份有限公司、陕西冶金设计研究院有限公司、钢研工程设计有限公司、中国电子节能技术协会工业电气传动节能专业委员会、北京低碳绿标信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：李建平、陈前、王安国、赵倩、徐铁柱、姜明、薛选平、李水锋、张振林、邱光习、陈尚、李成功、冯汉聪。

引 言

随着全球能源需求的日益增长，能源的可持续利用和高效利用成为关注的焦点。冶金工业作为国民经济的重要支柱产业，其能源消耗量巨大，因此，推广变频节能技术在冶金工业中的应用具有重要意义。

减少能源消耗：变频节能技术可以通过精准控制风机转速和排放流量，实现风量的精准调节和稳定控制，有效减少气流的波动，降低机械磨损和能耗。在冶金工业中应用变频节能技术，可以显著降低能源消耗，提高能源利用效率。

降低运行成本：通过应用变频节能技术，可以减少能源的浪费，从而降低运行成本。同时，变频节能技术还可以提高设备的可靠性和使用寿命，进一步降低维护和更换设备的成本。

提高企业竞争力：通过应用变频节能技术，可以提高冶金工业企业的生产效率和产品质量，降低成本，增强企业的市场竞争力。同时，变频节能技术的应用也可以为企业树立绿色、可持续发展的形象，提高企业的社会形象和市场信誉。

保护环境：变频节能技术的推广应用可以减少能源的浪费和污染物的排放，从而有助于保护环境。在冶金工业中，大量的能源消耗和污染物排放会对环境造成严重影响，因此推广变频节能技术对于环境保护具有重要意义。

当前变频器的标准均为通用安全标准和通用能效分级，缺少具体的应用指导，冶金工业中设备存量较大，可靠性要求，需结合具体场景给出不同场景下的选型建议。本项目预期形成一套完整的冶金工业变频节能选型设计规范，为冶金工业提出明确的变频节能技术应用指导。

冶金工业变频节能选型设计规范

1 范围

本文件规定了冶金工业变频节能的设计选型、系统相关设备选择、设计文件的变更。

本文件适用于冶金工业新建、扩建和改建工程中所使用电源电压1kV及以下，额定输出频率50Hz，输出功率在0.37kW~1000kW之间的变频器选型设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.33 电工术语 电力电子技术

GB/T 3859（所有部分） 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器

GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码原则

GB/T 4942 旋转电机整体结构的防护等级（IP代码）分级

GB/T 12668（所有部分） 调速电气传动系统

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 21209 用于电力传动系统的交流电机应用导则

GB/T 21972 起重及冶金用变频调速三相异步电动机技术条件

GB/T 30137 电能质量 电压暂升、电压暂降与短时中断

GB 50217 电力工程电缆设计标准

NB/T 10463 变频调速设备的能效限定值和能效等

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.33、GB/T 3859（所有部分）、GB/T 12668（所有部分）界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冶金工业变频节能 energy-saving of frequency conversion in metallurgical industry

冶金工业生产过程中采用变频器控制生产设备和辅助设备实现变频调速达到节能效果。

3.6

平均无故障时间(MTBF) mean time between failures

变频器在两次相邻故障间保持正常工作的平均时间。

3.7

平均修复时间(MTTR) mean time to repair

变频器在出现故障后迅速恢复正常工作所需的平均修复时间。

3.8

公共直流母线 common DC bus

由一台或多台整流器并联，构成公用直流母线电源给多个逆变单元供电。

3.9

多传动系统 multiple drive systems

多传动系统是指在一条生产线或一套设备上有两个或两个以上的电动机同时运行的系统。

4 设计选型

4.1 性能要求

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 变频器设计选型应按负载特性、调速范围、速度响应、控制精度、起动转矩和使用环境等要求，选择变频器的类型、控制方式以及电压、电流等级。冶金工艺流程中宜使用变频节能的设备及负载特性见附录 A、B，设计选型逻辑框图见附录 C。

4.1.1.2 设计选型应以变频调速系统整体的可靠性为基础，与工程特点、负荷性质及企业供电条件以及对系统安全运行、电磁兼容及安装空间等方面的相匹配。

4.1.2 控制方式选择

4.1.2.1 冶炼除尘风机、高炉除尘风机、烧结余热风机、高压环水泵、锅炉给水泵等重要风机、水泵类设备宜选择采用带软起动的压频比控制的变频器。

4.1.2.2 提升机、堆取料机、冶炼转炉氧、副枪与倾动设备以及大型行车等起重类设备宜选用带速度传感器矢量控制/直接转矩控制变频器，变频器应具备能耗制动或再生制动功能。

4.1.2.3 球磨机、转炉倾动、热轧机组、冷轧机组等关键生产设备选型时应按设备使用中的负载变化和转速调节问题，根据工艺对调速控制精度的要求选择压频比控制、有/无传感器矢量控制的调速设备。应采用共直流母线多机传动方案，设备间应采用精准的速度级联控制。

4.1.3 变频器能效等级

变频器能效等级分级按NB/T 10463的规定，表D.1给出了一级和二级能效等级（在90%额定输出频率和100%额定输出电流工作点下）的效率分界点（ η_1 和 η_2 ）变频器在5年内的能效等级应不低于2级。

4.1.4 额定输出电流选择

4.1.4.1 变频器产品说明书应给出额定输出电流，以及适配电动机的额定功率和额定容量，并给出额定输出电流随海拔和环境温度的降额数据。

4.1.4.2 变频器的额定输出电流应不小于被驱动电动机额定电流。

4.1.4.3 当电源电压在正常波动范围时，变频器的额定输出电流应在允许的范围之内保持稳定。

4.1.4.4 当一台变频器驱动多台电动机，且多台电机同时起动、同步调速、同时停止，应依据多台电动机额定电流求和值的 1.05 至 1.1 倍选择变频器的额定输出电流。

4.1.4.5 当变频器输出电缆较长时，应采取抑制电缆对地耦合电容过大而导致变频器出力不足的措施，否则宜适当增大变频器的额定输出电流。

4.1.5 额定电压选择

变频器的额定电压应与被驱动电动机的电压等级相匹配。

4.1.6 过载能力

应依据负载实际加/减速转矩，选择过载能力符合规定的变频器。

4.1.7 控制装置

- 4.1.7.1 变频器控制装置应便于安装、操作、调试和维护。
- 4.1.7.2 控制装置应配置正常操作程序及防止误操作和保障人身安全的操作电路。
- 4.1.7.3 依据工程实际需求，变频器控制装置的配置可选择本地和远程两地控制方式。
- 4.1.7.4 装有变频器的柜门上应设置紧急停车按钮。
- 4.1.7.5 应配置信号灯来指示运行方式等，所有信号灯应便于观察，其颜色应符合 GB/T 4025 中的规定。

4.1.8 通讯及输入输出端口

- 4.1.8.1 变频器宜选用具备信息上传、远程控制等功能的变频器。
- 4.1.8.2 远程控制功能应包括远程开机、停机、调速等功能及参数（包括转速、频率、运行曲线、加减速时间、运行模式、过电流等）的远程设定。
- 4.1.8.3 变频器的输入输出（数字输入（DI）和输出（DO）端口，模拟输入（AI）和模拟输出（AO））端口数量应满足系统对变频器的检测和控制需求。

4.2 可靠性保证及措施

- 4.2.1 变频器应具备耐受电源及其内部短路电流冲击的能力，并在短路故障消除后能重新可靠地投入运行。设计选型时，应向变频器制造商提交供电电源系统的短路参数。
- 4.2.2 变频器应具备保护变频器、电动机及其配电电缆的系统继电保护功能，且应具有下列主要保护功能：
 - a) 应有防止误操作的功能；
 - b) 应有电力电子器件过热及冷却系统故障、变压器或电感过温、过流、过载、过欠压、短路、缺相、不平衡、接地故障保护功能；
 - c) 应可以依据系统运行要求配置超频（超速）、失速、等保护；
 - d) 能自动记录各种保护的動作类型、動作时间，具备故障诊断、事故记录及（或）故障录波功能；
 - e) 各种保护能输出干节点，与外部报警或者跳闸回路连接。
- 4.2.3 当电源暂降时，应有辅助供电方案使变频器跨越电源电压瞬时跌落故障，维持正常运行。
注：电源电压暂降的相关指标应符合GB/T 30137的规定。
- 4.2.4 变频器的平均无故障时间（MTBF）应不小于 30000 h。
- 4.2.5 变频器平均修复时间（MTTR）应不大于 0.5 h。

4.2.6 散热及防潮

- 4.2.6.1 当变频器单独成柜且采用强制风冷时，应合理设计其风扇及其风道，并应采取防震以及进风口的防尘措施。
- 4.2.6.2 当变频器采用水冷/油冷散热方式时，应按照变频器说明书的要求配备所需的冷却媒质。
注：冷却媒质是指设备或热交换器中把热量带走的液体（例如水）或气体（例如空气）。
- 4.2.6.3 安装在潮湿环境中的变频器，应采取相应的防潮除湿措施，如配置加热除湿装置等。

4.3 电磁兼容性

4.3.1 抗扰度和发射

抗扰度和发射应符合并高于GB/T 12668.3的规定。

4.3.2 谐波限值

应减小变频器通过耦合点注入电源电网的谐波电流，接入变频器的电源电网的总谐波畸变率（THD）应符合GB/T 14549的规定。谐波含量的计算应符合GB/T 12668.4中的规定。

5 系统相关设备选择

5.1 总体要求

5.1.1 变频系统中的电气设备应设置在正常使用环境中。

5.1.2 当变频器单独成柜时，其系统相关设备除供电、动力缆和电动机外，其他设备应安装在柜内。

5.1.3 变频系统相关辅助设备宜包括：变压器、开关设备、避雷器、交流输入电抗器、输入电磁干扰（EMI）滤波器、直流电抗器、输出侧电磁干扰（EMI）滤波器、交流输出电抗器及制动单元等。

5.2 变压器

为满足某些变频调速系统的电压匹配/移相和抑制谐波的需求，应在输入侧配置变压器。

5.3 开关设备

5.3.1 开关设备功能及配置原则

5.3.1.1 电源开关：宜采用接触器或断路器：它应能在额定电流下可靠运行，且应安全可靠地切断额定电流或短路电流（仅断路器）；

5.3.1.2 输出开关：宜采用接触器或断路器：它应能在额定电流下可靠运行，且应可靠地切断工作电流、过载电流或短路电流（仅断路器）；

5.3.1.3 旁路电源开关：在变频器需要提供旁路电源时，应设置旁路电源开关。旁路电源开关应采用接触器或断路器，它应能在额定电流下可靠运行，且应可靠地切断额定电流或短路电流（仅断路器），其配置原则与电源开关一致。

5.3.2 开关设备的额定值

5.3.2.1 额定电压：电源开关与旁路开关的额定电压应不小于供电电源的最高工作电压，输出开关应与负载电动机的电压等级相同；

5.3.2.2 额定电流：所有开关设备的额定电流应不小于变频器最大允许过载电流；

5.3.2.3 额定短路开断电流（仅适用于断路器）：

a) 电源开关和旁路电源开关：可开断供电系统的最大短路电流；

b) 输出开关：可开断变频器输出电源的最大短路电流。

注：当变频柜输入输出端配置有 EMC 或 EML 滤波器时，不建议选择带有漏电保护的断路器。

5.4 避雷器

为避免变频器和电机遭受电源侧的过电压和相邻回路的操作过电压的侵害，应在变频器输入端设置避雷器。

5.5 热继电器

5.5.1 热继电器用于防止电动机过载（过热）的保护。对于重要的电动机，还应采取检测电动机绕组温度的措施。

5.5.2 当采用一台变频器驱动一台电动机的变频调速方案时，可取消热继电器，但下列场合应设置热继电器：

- a) 一台变频器控制多台电动机；
- b) 工频电源和变频器交替供电或带旁路的变频调速系统。

5.5.3 变频器（与电动机间的）动力电缆过长时，应采取抑制谐波的措施，以防热继电器误动。

5.5.4 普通型热继电器用于变频调速系统时，其动作电流较非变频调速电动机增大 10%进行整定。

5.6 电抗器和谐波滤波器

5.6.1 一般要求

电抗器和谐波滤波器应与变频器成套配置，可将系统相关（如电缆长度等）参数提交变频器制造商，由变频器制造商依据系统相关参数选型并成套供货。

5.6.2 输入电抗器

5.6.2.1 出现下列情况之一时，在变频器电源侧应设置输入交流电抗器：

- a) 三相电源不平衡度大于 3%；
- b) 包含集中分散控制（DCS）、计算机控制系统、数字仪表的应用场景；
- c) 电源变压器容量大于 $500\text{kV}\cdot\text{A}$ ，且变频器安装位置距其 10m 以内时；
- d) 与其他变流设备或变频器共用一个进线电源；
- e) 供电电源侧安装了功率因数自动补偿装置。

5.6.2.2 交流输入电抗器的基本参数选择应按下列原则：

- a) 交流输入电抗器的额定电流应大于或等于变频器的额定电流；
- b) 交流输入电抗器的电抗值通常以其电压降不大于 3%为宜。

当设置输入电抗器以后，电压或电流总谐波畸变率（THD）仍不满足相关技术要求时，则需增设谐波滤波器。

5.6.3 输出电抗器

为减小变频器输出 dv/dt 对电动机及外界的干扰，下列情况之一时宜在变频器输出侧设置交流输出电抗器：

- a) 变频器至电动机之间的电缆长度（宜由制造商提供）超过规定值；
- b) 抑制变频器输出侧的高频噪声。

5.6.4 谐波滤波器

5.6.4.1 抑制来自电源侧的高频干扰，可在变频器输入侧设置电磁干扰（EMI）滤波器。

5.6.4.2 抑制变频器产生的电磁和射频干扰，可在变频器输出侧设置电磁干扰（EMI）滤波器。

注：当变频器的输出电缆较长时（ $L>50\text{m}$ ），电机端会出现较高的冲击电压，电压变化率 dv/dt 增加，会破坏电机的绝缘特性，从而影响电机寿命，此时宜在变频器输出端安装电抗器。当输出电缆长度过长时（ $L>300\text{m}$ ），宜在变频器输出端安装 dv/dt 滤波器或正弦波滤波器。

5.7 负载回馈能量处理

5.7.1 变频器-电机系统制动或带位能负载下放时，为防止负载的能量将回馈造成直流环节的电压过高

损害变频器，应设置制动单元。

5.7.2 宜采用有源逆变技术将回馈电能馈送回供电系统。

5.7.3 多传系统中宜通过主从控制对多台电机之间的负荷进行合理分配和协调控制。

5.8 电缆

5.8.1 通用要求

系统所采用的电力及控制电缆的选择除应符合GB 50217的规定外，同时宜符合5.8.2、5.8.3的规定。

5.8.2 电力电缆

5.8.2.1 变频器电源电缆宜采用常规型号电力电缆。

5.8.2.2 变频器到电动机的动力电缆宜采用带屏蔽的变频专用电缆。

5.8.2.3 变频器动力电缆和电源电缆的额定电压应不低于所接回路的工作电压。

5.8.2.4 变频器动力电缆选择时应考虑其电压等级、敷设方式、载流量、电磁干扰、分布电容、波阻抗等因素。

注：电缆载流量是指一条电缆线路在输送电能时所通过的电流。在热稳定条件下，当电缆导体达到长期允许工作温度时的电缆载流量称为电缆长期允许载流量。

5.8.2.5 变频器至电动机之间的动力电缆长度应不超过变频器制造商提出的临界值。

5.8.2.6 当变频器至电动机之间的距离较远时，应校验低频运行工况时的线路电压损失。

5.8.3 控制电缆

5.8.3.1 用于变频器的控制电缆的额定电压不得低于所接回路的工作电压。

5.8.3.2 用于传输模拟信号的电缆，宜选用对绞线芯分屏蔽复合总屏蔽控制电缆。

5.8.3.3 用于传输数字信号的电缆，可选用总屏蔽控制电缆。

5.8.3.4 为避免干扰，可采用光纤代替屏蔽电缆。

5.8.3.5 为避免交流干扰，模拟信号不应与交流信号共用一根控制电缆。

5.9 电动机

5.9.1 电动机的选型应符合GB/T 21972、GB/T 21209的规定。

5.9.2 防止电动机高频轴承电流的解决方法应按GB/T 21209中的规定进行。

5.9.3 除非另有规定，电动机的外壳防护等级应不低于GB/T 4942中规定的IP54。

6 设计文件变更

变频器在安装、调试、验收、检修过程中，当发现设计文件不符合实际情况时，应由设计单位进行设计变更，并提供设计变更技术文件或变更后的设计技术文件。

附录 A

(资料性)

冶金工艺流程中的传动设备

A.1 铁前、炼铁工艺段

包含焦化、烧结（球团）、高炉炼铁等工艺流程，宜采用变频节能的设备有：

高炉：高炉鼓风机、热风炉风机、除尘风机、上料皮带（卷扬）以及其他风机、水泵等。

A.2 炼钢工艺段

包含转炉、精炼炉、连铸等工艺流程，宜采用变频节能驱动系统的机械设备有：

a) 转炉：转炉倾动、氧枪提升、除尘风机以及其他风机、水泵等；

b) 连铸：钢包车、大包回转、拉矫机、辊道以及风机、水泵等。

A.3 热轧工艺段

包含长材热轧、板材热轧、管材热轧等，宜采用变频节能驱动系统的机械设备有：

a) 长材热连轧：粗轧机、减定径、飞剪、冷床、定尺剪、吐丝机、辊道以及风机、水泵等；

b) 管材热连轧：穿孔机、精轧机、减定径、辊道以及风机、水泵等；

c) 板带热连轧：粗轧机、精轧机、立辊轧机、卷取机、飞剪、辊道以及风机、水泵等；

d) 宽厚板热轧：粗轧机、精轧机、热矫直机、冷矫直机、冷床、圆盘剪、定尺剪、辊道以及风机、水泵等。

A.4 冷轧及深加工工艺段

主要包含单机架冷轧、冷连轧、酸连轧等冷轧产线；酸洗、彩涂、镀锌、连退、电镀等深加工板带处理线，宜采用变频节能驱动系统的机械设备有：

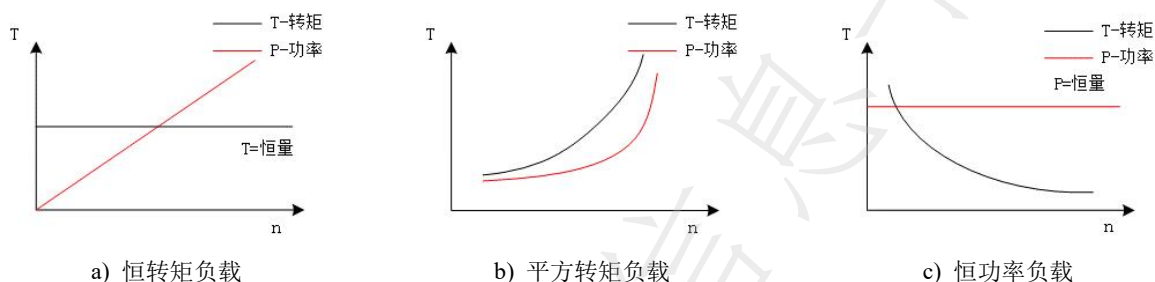
a) 冷轧：轧机、开卷机、卷取机、张力辊、活套及风机、水泵等；

b) 处理线：开卷机、卷取机、张力辊、活套及风机、水泵等。

附录 B (资料性) 负载转矩特性分类

B.1 负载转矩特性分类

依据冶金行业生产机械的转矩特性，负载转矩可分为恒转矩负载、平方转矩负载及恒功率负载三大类，各类负载的机械特性见图 B.1。



标引符号说明：

n——转速；

P——功率；

T——转矩。大小标题之间悬置段内容排版

图 B.1 各类负载的机械特性

B.2 恒转矩负载

恒转矩负载的特性是其负载转矩的大小与转速无关，不同转速下转矩始终保持恒定或基本恒定。

冶金行业中的搅拌机、挤压机、传送带等摩擦类负载以及起重机、卷扬机、提升机等重力负载均属恒转矩负载。

变频器拖动恒转矩性质的负载时，低速下的转矩要足够大，并且有足够的过载能力。如果需要在低速下稳速运行，应该考虑标准异步电动机的散热能力，避免电动机的温升过高。

B.3 恒功率负载

负载的转矩与转速大体成反比，负载惯性大，负荷变化小，其功率为转矩与转速的乘积并近似保持不变。负载的恒功率性质是相对一定的转速范围而言，当转速很低时，受机械强度的限制，转矩不可能无限增大，在低速下则转变为恒转矩性质。

机床、轧机、卷取机、开卷机等要求的转矩，大体与转速成反比，属于恒功率负载。

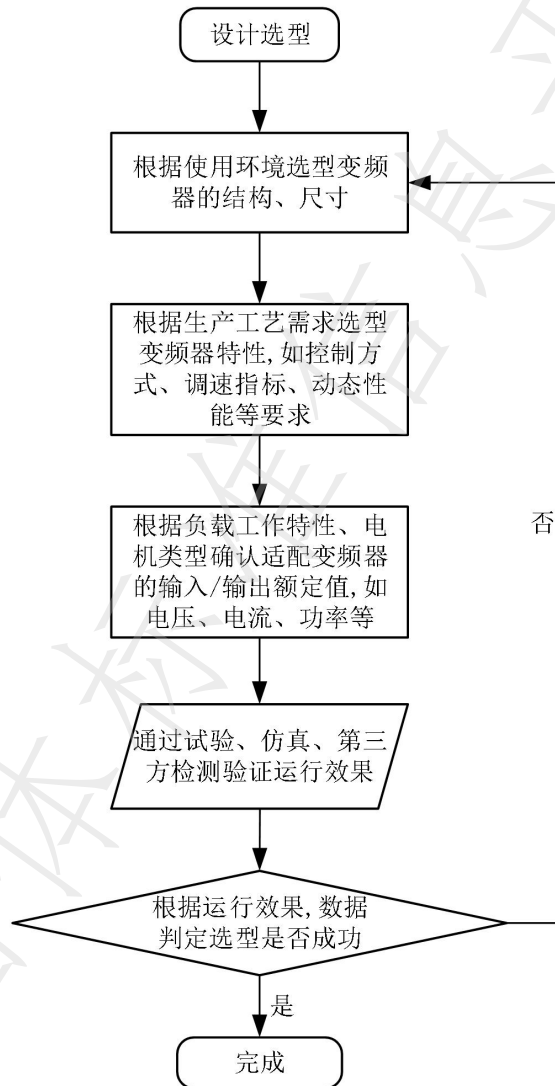
B.4 平方转矩负载

负载随着叶轮的转动，空气或液体在一定的速度范围内所产生的阻力大致与转速的 2 次方成正比。随着转速的减小，转矩按转速的 2 次方减小。此类负载所需的功率与转速的 3 次方成正比。当所需风量、流量减小时，利用变频器通过调速的方式来调节风量、流量，可以大幅度地节约电能。

除罗茨风机和柱塞泵以外的各种离心风机、水泵、油泵类等均属于平方转矩负载。

附录 C
(资料性)
设计选型逻辑框图

设计选型逻辑框图见图B.1。



图B.1 设计选型逻辑框图

附录 D

(规范性)

变频器效率分界点和能效限定值

表D.1变频器效率分界点和能效限定值

额定功率 kW	额定容量 kVA	1 级效率点 η_1	2 级效率点 η_2
0.37	0.697	80.80%	71.70%
0.55	0.977	85.00%	77.30%
0.75	1.29	87.60%	80.90%
1.1	1.71	90.00%	84.40%
1.5	2.29	91.40%	86.50%
2.2	3.3	92.50%	88.10%
3	4.44	93.00%	88.90%
4	5.85	93.40%	89.50%
5.5	7.94	93.90%	90.20%
7.5	9.95	94.50%	91.20%
11	14.4	94.90%	91.80%
15	19.5	95.20%	92.20%
18.5	23.9	95.30%	92.50%
22	28.3	95.40%	92.60%
30	38.2	95.60%	92.80%
37	47	95.60%	92.90%
45	56.9	95.70%	93.00%
55	68.4	95.80%	93.10%
75	92.8	95.80%	93.20%
90	111	95.90%	93.30%
110	135	96.40%	94.10%
132	162	96.40%	94.10%
160	196	96.40%	94.10%
200	245	96.40%	94.10%
250	302	96.40%	94.20%
315	381	96.40%	94.20%
355	429	96.40%	94.20%
400	483	96.40%	94.20%
500	604	96.40%	94.20%
560	677	96.40%	94.20%
630	761	96.40%	94.20%
710	858	96.40%	94.20%
800	967	96.40%	94.20%
900	1088	96.40%	94.20%
1000	1209	96.40%	94.20%