

中华人民共和国国家标准

GB/T ×××××—××××

泵系统能耗实时监控技术要求

Technical requirements for real-time monitoring and control of energy consumption
in pumping systems

（征求意见稿）

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 录

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总体要求..... 1

5 监控边界、架构与功能..... 2

 5.1 监控边界..... 2

 5.2 监控架构与功能 2

6 技术要求..... 3

 6.1 现场设备层..... 3

 6.2 采集传输层..... 3

 6.3 监控管理层 7

7 调试与运行维护..... 12

 7.1 验收测试要求 13

 7.2 运行维护要求..... 13

附录 A（资料性） 泵系统能耗监控运行报表示例 14

附录 B（资料性） 泵系统能耗实时监控流程示例 17

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。

本文件由全国能源基础与管理标准化技术委员会（SAS/TC 20）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

泵系统能耗实时监控技术要求

1 范围

本文件规定了泵系统能耗实时监控的总体要求、边界、架构、功能、技术要求、调试与运行维护等。
本文件适用于大中型回转动力泵（离心泵、混流泵与轴流泵）及其泵机组、泵系统运行能耗的实时监控，其他类型泵系统可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 3216 回转动力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级
- GB/T 13469 离心泵、混流泵与轴流泵系统经济运行
- GB/T 16666 泵类液体输送系统节能监测
- GB 18613 电动机能效限定值及能效等级
- GB 19762 离心泵能效限定值及能效等级
- GB 32030 潜水电泵能效限定值及能效等级
- GB/T 33925.1 液体泵及其装置 通用术语、定义、量、字符和单位 第1部分：液体泵
- GB/T 38692 用能单位能耗在线监测技术要求

3 术语和定义

GB/T 3216、GB/T 13469、GB/T 16666、GB/T 33925.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

泵机组 pump unit
包含泵、泵驱动机及其传动件、润滑、冷却等相关附属装置的机械设备整体。
[来源：GB/T 33925.1-2017，2.1.1.2，有修改]

3.2

泵系统 pumping system
包含一台或多台泵机组及其进出口管路、控制装置等所构成的具备规定工作性能的运行系统。
[来源：GB/T 33925.1-2017，2.1.1.4，有修改]

3.3

泵系统能耗实时监控 energy consumption real-time monitoring of pumping system
实时测量泵系统运行能耗状态参数，对测量的状态数据进行自动采集、处理、存储与传输，用于泵系统能耗性能指标的计算，并开展对泵系统能耗状态参数和性能指标的实时状态监视、分析预警、评估优化以及远程控制等，促进泵系统能耗保持最佳工况运行，实现泵系统整体能效提升。

4 总体要求

- 4.1 安全稳定性原则。可连续安全稳定实时运行，同时不应改变现有设备及系统完整性，不应因现有设备及系统正常运行带来影响。应符合工业控制信息安全技术管理要求，内外网之间应通过安全防火墙、隔离网闸等措施进行有效隔离。
- 4.2 系统整体性原则。应以包括泵、驱动机、管路等在内的泵系统为监控对象，并全面监测其对应的能耗运行数据。宜进行整体设计，并与安全实时监控等其他功能统筹考虑，同时可作为单独子系统，纳入具备能源管控中心等功能的企业级监控平台或监控系统，并进行分级管理。
- 4.3 准确可靠性原则。监控测点及仪表的选型布置，应满足精度、量程、位置等技术要求，需确保实时监控数据的准确性和可靠性。数据的采集、传输、存储、计算等应满足实时监控的功能设置需求，可稳定实现能耗状态参数和性能参数的同步实时监控。
- 4.4 先进适用性原则。可采用先进数字信息技术，通过智慧算法等方法提升实时监控的功能效果。同时宜根据泵机组型式、单机容量、台数以及生产工艺控制实际需求，结合投资收益的技术经济性评估，合理确定实时监控的范围、规模、技术方案，必要时可统筹规划、分步实施。
- 4.5 兼容扩展性原则。应具备系统架构开放性和功能设置可扩展性，宜采用模块化设计，支持与现有其他自动监控系统、管理信息系统等进行跨平台数据集成。硬件和软件选型应易于扩展，同时应兼顾统一管理维护便利的需要，充分考虑与现有设备、仪表的兼容性。

5 监控边界、架构与功能

5.1 监控边界

泵系统能耗实时监控，其边界应涵盖泵本体、泵驱动机及管道等附属系统，并对泵、泵机组、泵系统的整体进行运行能耗的状态参数及性能指标监控。

5.2 监控架构与功能

5.2.1 泵系统能耗实时监控，其架构宜采用分布式结构，并按照 GB/T 38692 执行。典型系统应包括：现场设备层、采集传输层、监控管理层等。监控原则架构如图 1 所示。

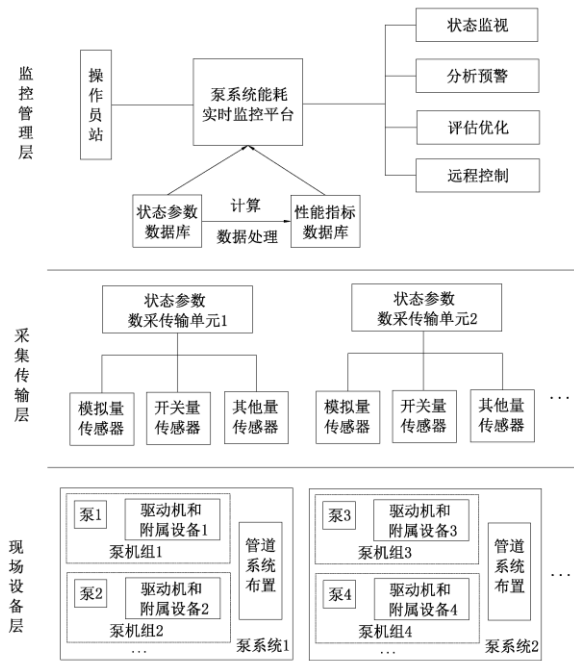


图 1 泵系统能耗实时监控原则架构图

- 5.2.2 现场设备层,主要包括泵、泵机组及泵系统等,是能耗实时监控的对象设备和被监控的状态参数、性能指标等数据来源。
- 5.2.3 采集传输层,主要包括泵系统模拟量参数、开关量参数等数据检测传感器和数据采集、传输单元,实现泵系统能耗参数相关数据的感知、采集、处理、现场监控与传输功能。
- 5.2.4 监控管理层,主要包括能耗实时监控平台、操作员站以及状态参数数据库、性能指标数据库等。实时监控平台设置,应包含泵系统能耗的状态监视、分析预警、评估优化以及远程控制等功能。

6 技术要求

6.1 现场设备层

- 6.1.1 泵机组以及泵系统其他整体相关设备,均应按照泵系统能耗管理要求纳入实时监控。
- 6.1.2 泵系统能耗实时监控的设备层,需设置状态参数和性能指标等监控项目。
- a) 泵系统能耗的状态参数监控,通过安装于设备系统的模拟量参数传感器以及开关量传感器,进行数据的实时采集、传输和存储,形成状态参数库,并纳入状态参数监控。
 - b) 基于泵系统能耗状态参数,通过实时计算形成泵系统能耗的性能指标数据库,并纳入性能指标监控。
- 6.1.3 设备层的状态参数监控,主要包括温度、压力、流量、电压、电流、转速、阀门开度等泵系统模拟量参数以及启动、停止、运行、阀门开关等泵系统开关量参数等。
- 6.1.4 设备层的性能指标监控,主要包括泵功率、泵扬程、泵运行效率、泵驱动机运行效率、泵机组运行效率、泵系统运行单耗,以及运行效率偏差、运行单耗偏差、能耗性能劣化率等性能指标参数。

6.2 采集传输层

6.2.1 测点要求

6.2.1.1 泵系统能耗实时监控测点布置,应符合 GB/T 3216、GB/T 13469 规定,被测量数值应在仪器仪表量程的 1/2~2/3 之间。主要传感器与仪表精度等级,应不低于表 1 规定的要求,且应定期开展设备校准或检定工作。

表 1 测量仪表及精度

仪表类别	电量测量仪表				非电量测量仪表			
	电功率	电压	电流	互感器	转速	流量	压力	温度
精度等级	0.5 级	0.5 级	0.5 级	0.2 级	0.2 级	1.5 级	0.5 级	0.5 级

- 6.2.1.2 仪表安装应充分考虑安装环境和场地实际条件,并确保可靠性、稳定性,必要时可考虑仪表及测点的冗余配置。为优化不同测点的整体布置或可布置空间受限,必要时可采用一体化传感器。可根据能耗监控需求,选取符合运行监控需求的无线传输测点,但涉及影响安全的状态监控测点,应优先考虑可靠性并采用有线测点。
- 6.2.1.3 电压、电流及电功率测量,应符合以下要求。
- a) 驱动电动机电压值、电流值应由布置在电动机电气开关接线入口侧的电压互感器、电流互感器进行测量。对采用三相接线的驱动电动机,其电压、电流宜进行各相分别测量。采用小功率电动机驱动方式或必要时,可仅测量电流值。
 - b) 电功率测量应直接采用电功率仪,在驱动机电动机的电气开关接线入口侧进行测量,或通过分别直接测量其驱动电压值、电流值,结合功率因数,经计算得出电功率值。

6.2.1.4 转速测量，应符合以下要求。

- a) 转速测量可采用电涡流式转速传感器等，对于高转速泵宜同步采用齿轮式转速传感器。
- b) 转速传感器应布置于基座或轴承箱处，并垂直于转轴，必要时驱动机与泵可同时布置转速传感器。
- c) 工频运行泵可不布置转速传感器。

6.2.1.5 流量测量，应符合以下要求。

- a) 流量测量应根据需要采用转子流量计、靶式流量计、电磁流量计、涡轮流量计或涡街流量计等，必要时采用孔板式、喷嘴式或超声波式流量测量装置。
- b) 流量测量的位置应满足所采用传感器类型的要求。
- c) 应在泵或泵系统的出口母管上布置流量测量装置，必要时宜在每台泵出口或泵的每个分支出口布置流量测量装置。
- d) 对于非电动机驱动泵，其驱动机的驱动介质入口管道上应同时布置流量测量装置。

6.2.1.6 压力测量，应符合以下要求。

- a) 压力测量应采用符合要求的表压压力传感器，必要时采用绝压压力传感器。
- b) 泵出口和泵入口应布置压力传感器，压力取样管引出位置之前不应有影响压力值准确测量的弯头、温度计等。
- c) 对于非电动机驱动泵，其驱动机的驱动介质入口及出口应布置压力传感器。
- d) 压力测量值用于性能指标计算前应经过相对标高、大气压力等进行修正。

6.2.1.7 温度测量，应符合以下要求。

- a) 温度测量应采用符合要求的温度传感器，对于温度低于或等于 350℃时，可采用热电阻型温度传感器，高于 350℃时可采用热电偶型温度传感器。
- b) 对于温度测量要求不高时，可采用机械式温度测量装置。
- c) 温度测量传感器应布置于泵出口及入口处，一般应位于压力测量装置下游并确保工质充分混合。
- d) 对于非电动机驱动泵，其驱动机的驱动介质入口应布置温度传感器，出口宜布置温度传感器。

6.2.1.8 其他测量，应符合以下要求。

- a) 对于泵机组设备、管道、阀门等外部泄漏，可采用视频监控等方式，对于管道阀门的内部泄漏，可采用温度、压力测点监控等方式。
- b) 对于设备、管道等保温失效超温的测量，可采用红外连续监视等方式，红外监视宜与视频监控一体化实现。

6.2.2 采集与传输

6.2.2.1 数据采集系统应满足泵系统能耗实时监控的 I/O 点数、采样频率、CPU 负荷率等技术要求。

6.2.2.2 数据采集与传输的频次不宜低于 1 s/次，数据存储的频次不宜低于 30 s/次。存储介质容量宜满足存储时长不低于 3 年，且支持本地和远程数据备份可选。

6.2.2.3 应合理选取通讯协议，并考虑不同设备、系统之间的兼容性。采用现场总线方式进行采集传输时，总线布置数量不宜低于两条，其中备用一条。

6.2.2.4 采用无线方式进行采集传输时，应充分考虑无线传输的可用有效距离。

6.2.3 数据处理与计算

6.2.3.1 数据处理

- a) 泵系统能耗状态参数采集传输后，应进行有效性检验和去噪、滤波等预处理，保证数据的准确性与稳定性。
- b) 现场数据采集后可进行数值的单位、类型等数据转换处理。对于同一位置多重测点布置的状态参数数据，应进行平均值处理。
- c) 现场数据采集过程中的异常值、缺失值，应进行合理填充等处理，保障数据处理分析的完整性

和准确性。

- d) 必要时可采取数据归一化等处理，消除不同状态参数、不同量纲数据的数值范围差异等影响。
- e) 处理后状态参数实时数据，应存储在实时及历史数据库中；其他管理数据或者系统数据等可存储在关系型数据库中。

6.2.3.2 计算方法

a) 泵运行效率

泵运行效率应按照 GB/T 16666 的相关规定进行计算。

b) 泵驱动机运行效率

泵驱动机运行效率为泵驱动机输出功率除以驱动机输入功率，应按照 GB/T 13469 的相关规定进行计算，或按照公式（1）进行近似计算：

$$\eta_{\text{qd}} = \frac{P_{\text{qd, sc}}}{P_{\text{qd, sr}}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η_{qd} ——某出力工况下泵驱动机运行效率，用百分数（%）表示；

$P_{\text{qd, sc}}$ ——某出力工况下泵驱动机输出功率，单位为千瓦（kW），此处按照 GB/T 16666 中泵轴功率计算方法进行近似计算；

$P_{\text{qd, sr}}$ ——某出力工况下泵驱动机输入功率，单位为千瓦（kW）。

c) 泵机组运行效率

泵机组运行效率应按照公式（2）进行计算：

$$\eta_{\text{u}} = \frac{P_{\text{qd, sr}}}{P_{\text{b, u}}} = \eta_{\text{b}} \times \eta_{\text{qd}} \times \eta_{\text{c}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

η_{u} ——泵机组运行效率，用百分数（%）表示；

$P_{\text{b, u}}$ ——某出力工况下泵传递给液体的有效功率，单位为千瓦（kW）。

η_{b} ——泵运行效率，用百分数（%）表示；

η_{qd} ——驱动机运行效率，用百分数（%）表示；

η_{c} ——传动机构效率，一般采用设计值，用百分数（%）表示。

d) 系统运行单耗

泵系统运行单耗，应按照 GB/T 16666 中规定的吨·百米耗电量（kW·h/（t·hm））进行计算。同时根据企业实际，可按照下列方法进行计算和管理。

驱动机为电动机时，泵系统运行单耗为每吨输送介质所消耗的电量，应按照公式（3）进行计算：

$$b_{\text{dj}} = \frac{W_{\text{b}}}{\sum Q} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

b_{dj} ——泵系统运行单耗，单位为千瓦时每吨（kW·h/t）；

W_b ——泵系统消耗的电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum Q$ ——统计期内泵系统输送介质量的累计值，单位为吨（t）。

驱动机为工业汽轮机或内燃机时，泵系统运行单耗为每吨输送介质所消耗的驱动机驱动用介质量，应按照公式（4）进行计算：

$$b_{qt} = \frac{\sum Q_{qd}}{\sum Q} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

b_{qt} ——泵系统运行单耗，单位为吨每吨（t/t）；

$\sum Q_{qd}$ ——统计期内泵驱动机驱动用介质量的累计值，单位为吨（t）。

e) 运行效率偏差

泵或泵机组运行效率偏差为运行效率与对应设计效率的偏差值，应按照公式（5）进行计算：

$$\delta_{xn} = \eta_{sj} - \eta_{yx} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

δ_{xn} ——泵或泵机组运行效率偏差，用百分数（%）表示；

η_{sj} ——某出力工况下泵或泵机组的设计效率，用百分数（%）表示；

η_{yx} ——某出力工况下泵或泵机组的运行效率，用百分数（%）表示。

f) 运行单耗偏差

泵系统的运行单耗偏差为运行单耗与对应设计单耗的偏差值，应按照公式（6）进行计算：

$$\delta_{dh} = b_{sj} - b_{yx} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

δ_{dh} ——泵系统运行单耗偏差，单位为千瓦时每吨百米（kW·h/（t·hm））或千瓦时每吨（kW·h/t）或吨每吨（t/t）；

b_{sj} ——某出力工况下泵系统的设计单耗，单位为千瓦时每吨百米（kW·h/（t·hm））或千瓦时每吨（kW·h/t）或吨每吨（t/t）；

b_{yx} ——某出力工况下泵系统的运行单耗，单位为千瓦时每吨百米（kW·h/（t·hm））或千瓦时每吨（kW·h/t）或吨每吨（t/t）。

g) 能耗性能劣化率

泵或泵机组的能耗性能劣化率，为泵或泵机组运行效率下降的相对值，应按照公式（7）进行计算：

$$\xi_{xn} = \frac{\delta_{xn}}{\eta_{sj}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

ξ_{xn} ——某出力工况下泵或泵机组的能耗性能劣化率，用百分数（%）表示。

泵系统的能耗性能劣化率，为泵系统运行单耗增加的相对值，应按照公式（8）进行计算：

$$\xi_{dh} = \frac{\delta_{dh}}{b_{sj}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

ξ_{dh} ——某出力工况下泵系统的能耗性能劣化率，用百分数（%）表示。

6.3 监控管理层

6.3.1 状态监视

6.3.1.1 泵系统能耗的状态监视功能架构，应包括状态参数数据库、性能指标数据库，其逻辑关系如图 2 所示。

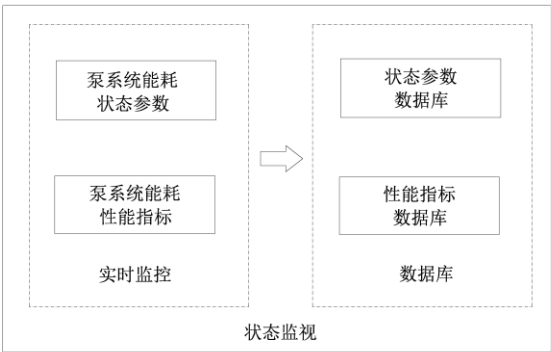


图 2 泵系统能耗状态监视逻辑关系图

- 6.3.1.2 根据前述 6.1 要求，通过对泵系统的状态参数和性能指标的实时监控，形成状态参数数据库和性能指标数据库。
- 6.3.1.3 状态参数和性能指标的监视，用于直观监测泵系统能耗运行实时状态、实时性能及其历史趋势、对比分析等，可发现和提示状态参数、性能指标数据异常问题。
- 6.3.1.4 对在线监控的状态参数和性能指标与规定值进行实时比较，用以对超过允许范围的状态参数和性能指标进行控制调整。
- 6.3.1.5 状态监视的数据库，可采用数字、图表、曲线、报告报表等可视化方式，进行实时数据显示，并可生成监控报表等实现能耗实时在线管理。同时可调取历史数据，并开展历史溯源管理。监控运行报表示例见附录 A。
- 6.3.1.6 状态监视的结果，通过数据传输和存储，可用于泵系统能耗的分析预警、评估优化等功能，同时可作为运行调整、检修维护、技术改造和经济性评价的原始技术依据。
- 6.3.1.7 宜结合人工智能和智慧算法等先进技术，进行智慧监视和辅助监控，实现智慧监盘功能。

6.3.2 分析预警

6.3.2.1 泵系统能耗的分析预警功能架构，应包括状态监视数据库、规定值模型、分析模型、预警模型，其逻辑关系如图 3 所示。

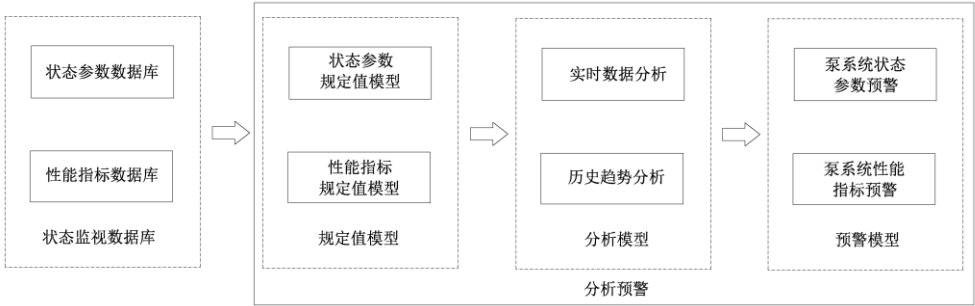


图 3 泵系统能耗分析预警逻辑关系图

- 6.3.2.2 规定值模型，包括状态参数和性能指标规定值模型，其设计工况的基准阈值应依据泵系统各设备的额定规范值进行设置，变工况的基准阈值可依据泵系统各设备的性能曲线、修正曲线以及老化曲线等进行插值设置。同时宜分类对标设计值、能效限定值、所属行业先进值等，实现能耗规定值的分等级优化管理设置。
- 6.3.2.3 分析模型，应基于监视监控数据库和能耗规定值模型进行自动比较以及分析判断偏差，同时应具备泵系统能耗实时数据和历史数据的对比判断以及趋势分析判断功能。判断结果的展示，在人机界面可采取能耗规定值、能耗先进值的表格、图形、曲线等对比方式。
- 6.3.2.4 预警模型，应包含状态参数预警和性能指标预警等。能耗预警应基于能耗分析模型的输出结果，进行实时自动告警。应针对未超过能耗规定值但呈现劣化趋势的异常情况，设置趋势异常自动告警。人机界面的预警方式，可采用亮字、弹窗、提示音等方法。
- 6.3.2.5 应具备泵、泵机组和泵系统模拟量参数以及开关量参数的预警功能，依据分析模型和预警模型，对超过规定值的状态参数进行分析判断与告警，同时可提供状态参数的对标预警。具体可参照表 2 进行实施。

表 2 泵系统能耗状态参数预警项目

预警分类	预警项目	预警条件
模拟量预警	泵机组及其系统的温度、压力、流量、电压、电流、转速、阀门开度等	超过本泵系统规定值时
	多泵机组及其系统的温度、压力、流量、电压、电流、转速、阀门开度等偏差	温度偏差 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 压力偏差 $\geq 10\%$ 流量偏差 $\geq 5\%$ 电压偏差 $\geq 5\%$ 电流偏差 $\geq 10\%$ 转速偏差 $\geq 5\%$ 阀门开度偏差 $\geq 10\%$
开关量预警	泵、驱动机及泵机组的启动、停止、运行，泵系统阀门开关等	非指令状态时
其他预警	泄漏 保温失效	视频监控发现外漏 阀后温度 $\geq 50^{\circ}\text{C}$ 内漏 红外监控温度 $\geq 50^{\circ}\text{C}$

6.3.2.6 应按照 GB/T 13469 规定要求，依据分析模型和预警模型，对偏离规定值的功率、扬程、运行效率、运行单耗以及性能劣化率等能耗性能指标进行分析判断与告警。

6.3.2.7 应设置泵系统能耗的性能指标对标预警。宜结合效率设计值、能效限定值以及所属行业先进值，在用能单位内部开展泵系统能耗对标，并对于超过能耗规定值的运行情况进行实时提醒。其中，能效限定值应按照 GB 18613、GB 19762、GB 32030 执行。具体可参照表 3 进行实施。

表 3 泵系统能耗性能指标对标预警

设备	对标项目	预警条件
泵	本泵效率	额定工况运行效率≤能效限定值 运行效率≤效率规定值-10%
	多泵效率偏差	运行效率≤本泵系统内最高运行效率-5%
	能耗性能劣化率	能耗性能劣化率≥5%
驱动机	本驱动机效率	额定工况运行效率≤能效限定值 运行效率≤效率规定值-10%
	多驱动机效率偏差	运行效率≤本泵系统内最高运行效率-5%
	能耗性能劣化率	能耗性能劣化率≥5%
泵机组	本泵机组效率	运行效率≤效率规定值-15%
	多泵机组效率偏差	运行效率≤本泵系统内最高运行效率-5%
泵系统	本泵系统单耗	运行单耗≥单耗规定值×1.1 运行单耗≥单耗先进值×1.15
	多泵系统单耗偏差	运行效率≤本企业内最高运行效率-5%
	能耗性能劣化率	能耗性能劣化率≥5%

6.3.2.8 应按照 4.2 要求，设备、管道、阀门等泄漏以及保温失效超温等状态监控预警，宜与泵系统安全预警等其他预警功能进行统筹设置。

6.3.2.9 应具备实时监控系统的自诊断功能，对于监视监控数据库异常和其他模型计算结果异常，进行实时告警提醒。

6.3.2.10 宜结合人工智能和智慧算法等先进技术，建立智慧分析预警模型，实现智慧预警功能。

6.3.3 评估优化

6.3.3.1 泵系统能耗的评估优化功能架构，包括分析预警数据库、评估模型、优化模型、评估优化数据库，其逻辑关系如图 4 所示。

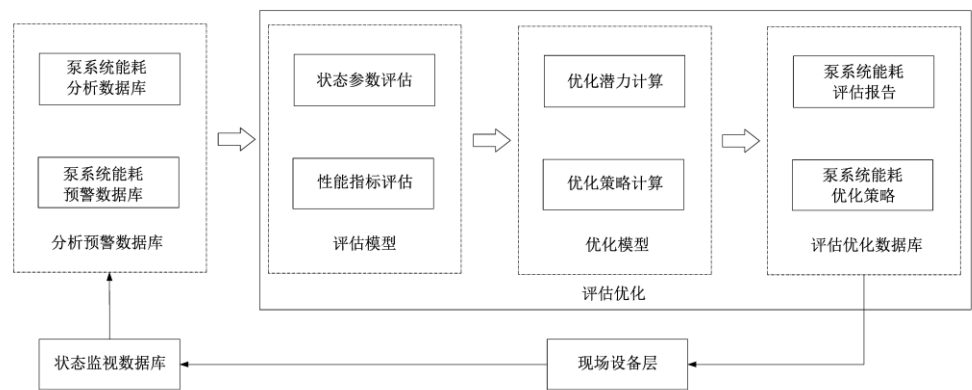


图 4 泵系统能耗评估优化逻辑关系图

6.3.3.2 评估模型，应包括状态参数评估和性能指标评估。可进行状态参数和性能指标的能耗实时分析与在线诊断，并按需自动生成能耗评估报告，实现监控评估泵、泵机组、泵系统的能耗实时状态和趋势状态。同时需根据预警和判断数据库结果，按照运行优化、检修维护和技术改造等进行泵系统能耗优化的分类评估，评估结果传输送入能耗优化模型。

6.3.3.3 优化模型，应包括优化潜力计算和优化策略计算。可进行状态参数和性能指标的实时优化计算，并按需自动生成泵系统的运行、检修、技改规划目标和运行调整、检修维护、技术改造策略，指导实现泵系统能耗的最佳经济运行效果。能耗优化应充分结合泵系统所在生产工艺要求，需建立包含泵、泵机组、泵系统和用水需求、生产调度等在内的整体优化模型，宜同步进行运行、检修、技改的经济效益评估，确保优化计算模型符合生产经营实际。具体可参照表 4 进行实施。

表 4 能耗优化功能设置

优化功能	主要内容
优化计算	通过能耗监控数据，评估分析运行性能、能耗趋势及异常情况，进行能耗降低潜力的优化计算，同时开展运行、检修、技改等能耗降低策略的寻优计算
运行优化	启停运行优化。结合供需平衡及负荷预测，优化泵机组启停调度、转速调整等，平衡各泵机组运行负荷，降低泵系统能耗和延长设备运行寿命等
	管阻运行优化。通过阀门、转速调整等手段，优化管路压力和流量调节，减少管道系统运行阻力，降低管道磨损及运行工质泄漏率等
	策略运行优化。结合工艺系统和工艺参数要求，开展运行策略、控制逻辑、控制参数等优化
检修优化	经评估与优化运行后，仍存在能耗预警时，提出检修策略建议，包括泵体、驱动机、阀门的检修等
技改优化	经评估与优化运行后，仍存在能耗预警时，提出技改策略建议，包括变速、芯包、管路的改造等
智慧优化	通过智慧算法和智能控制技术，开展优化评估、计算和实现运行、检修、技改的优化等，可实现智慧运维
远程优化	结合智远程监控，优化减少人工及现场工作，实现智慧优化运行及无人值守等
效益优化	基于综合优化效益，结合泵系统能耗和电价、水价以及检修、技改的成本等因素，形成最佳优化策略等

6.3.3.4 评估和优化均应结合能耗规定值进行，宜同步对标效率设计值、能效限定值以及所属行业先进值开展工作。评估和优化结果，在人机界面可采用数字报告、操作提示、优化后对比曲线图形等方式。评估优化的结果实时纳入评估优化数据库，并作为历史运行数据进行存储。

6.3.3.5 评估优化数据库中的优化策略结果，可用于指导运行优化、检修优化、技改优化等调整的依据，并在可视化界面进行分类显示提醒。其中运行优化调整，可通过人工操作在线实现，亦可通过数据传输返回至现场设备层实现自动调整。经运行、检修或技改优化调整后，泵系统能耗状态参数和性能指标数据同步更新，经采集传输进入监视监控数据库，并在分析预警数据库中做新一次循环的泵系统能耗分析诊断和判断预警，直至达到能耗优化的规划目标。

6.3.3.6 运行优化策略应实时进行。检修优化策略宜在运行优化之后且无继续调整降低能耗空间时进行。技改优化策略宜在运行优化和检修优化均开展之后进行，并结合常规检修项目统筹实施。运行优化、检修优化、技改优化的评估报告，应定期自动生成，评估报告示例见附录 A。

6.3.3.7 运行优化及其运行调整策略，包括以下主要方面：

- a) 根据泵系统的运行状态参数和性能指标数据，进行实时运行优化分析和调整潜力预测，并形成运行优化策略；
- b) 应根据泵系统整体的供需平衡以及需求流量负荷预测，开展泵机组启停调度优化，包括启停调度、旋转备用、应急备用等；
- c) 各泵机组的运行流量负荷分配应兼顾寿命管理进行考虑，在降低泵系统能耗的同时确保各设备的正常运行寿命；
- d) 需并列运行泵机组均为定速泵时，宜平均分配运行流量负荷；有调速泵时，宜优先使用调速泵进行运行流量调整，以减少定速泵阀门调节的节流损失；
- e) 应确保泵机组在高效区运行，当运行流量超过高效区时，应及时启动备用泵机组并列运行，低于高效区时，应及时停运一台并列运行的泵机组；
- f) 应结合工艺控制要求，针对泵系统和相关工艺系统的整体，开展运行流量和相应运行策略的优化，确保在满足工艺控制参数要求的同时，实现运行流量达最优值；
- g) 有变流量需求时，宜优先采用调速方式调整运行流量或压力；采用节流调节时，需开展运行流量或运行压力的寻优试验，以减少压损损失和管道磨损泄漏；
- h) 应开展泵系统的运行控制优化，进行合理的控制逻辑和参数设置调整，保证最优运行控制品质。
- i) 宜结合人工智能和智慧算法等先进技术，提升优化运行效果，实现智慧运行功能。

6.3.3.8 检修优化及其检修维护策略，包括以下主要方面：

- a) 泵系统应按照厂家规定要求，开展定期检修维护。如泵系统能耗异常且运行优化及继续调整无效时，应考虑检修优化和安排检修检查；
- b) 应结合运行优化结果以及运行状态参数、性能指标等数据，进行充分修前分析和预测检修优化潜力，形成检修优化策略，并依此提前制定检修优化方案。检修优化方案执行时，应统筹考虑泵、驱动机及其管道阀门等辅助系统的解体检查结果，进行针对调整；
- c) 泵检修优化，主要包括水力径向间隙、轴向间隙以及水封间隙、平衡机构间隙等检查与调整，以及腐蚀、汽蚀、磨损以及变形、损伤部件的检查与修复等；
- d) 泵驱动机检修优化，主要包括驱动机通流间隙、动静间隙等检查与调整，以及腐蚀、冲蚀、磨损以及变形、损伤部件的检查与修复等；
- e) 泵系统辅助设备检修优化，主要包括润滑、冷却系统以及管道、阀门的检查与修理等；
- f) 宜结合人工智能和智慧算法等先进技术，高效优化检修策略，实现智慧检修功能。

6.3.3.9 技改优化及其技术改造策略，包括以下主要方面：

- a) 应结合泵系统能耗运行优化和检修优化结果，以及状态参数和性能指标综合分析、改造潜力计算预测，形成技术改造优化策略；

- b) 技改优化执行前，应结合技改优化策略统筹制定和论证技术改造方案。技术改造方案，应针对泵系统进行整体考虑；
- c) 泵技改优化，主要包括芯包提效升级、叶轮导叶型线优化、流道流场优化以及水封优化等；
- d) 泵驱动机技改优化，主要包括通流提效升级、气动性能优化、热力性能优化和通流、轴封间隙优化以及高效电动机改造、调速改造等；
- e) 泵系统辅助设备技改优化，主要包括润滑系统、冷却系统的升级改造，以及管道系统的局部阻力优化改造、沿程阻力优化改造和阀门严密性改造、阀门调节性能改造等；
- f) 宜结合人工智能和智慧算法等先进技术，优化技术改造策略和方案，实现智慧技改功能。

6.3.4 远程控制

6.3.4.1 泵系统能耗的远程控制功能架构，应包括泵系统能耗远程监控以及安全防火墙、云端运算服务器等部分，其逻辑关系如图 5 所示。

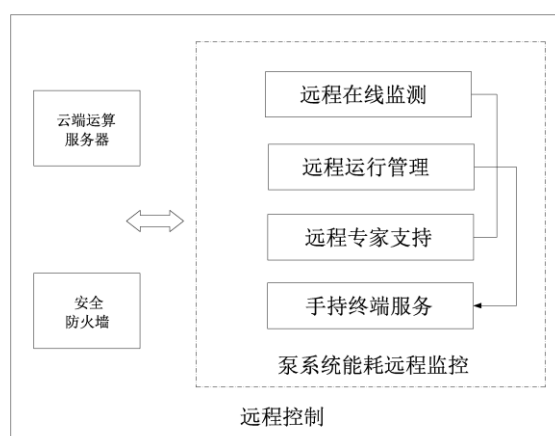


图 5 泵系统能耗远程控制逻辑关系图

6.3.4.2 泵系统能耗远程监控，可通过安全防火墙、云端运算服务器等，实现泵系统能耗的远程在线监测、远程运行管理、远程专家支持等，同时可提供手持终端服务等功能。

6.3.4.3 远程控制功能宜整体设计和单独配置，不宜影响现场控制的独立运行。必要时可通过远程控制配置，实现泵站无人值守。

6.3.4.4 远程在线监测，宜包含状态监视、分析预警、评估优化等现场实时监控功能。

6.3.4.5 远程运行管理，可与现场控制同步实现生产计划、调度、考核、报表等管理。

6.3.4.6 远程专家支持，可实现远程专家在线或离线诊断服务。

6.3.4.7 手持终端服务，可通过移动互联网技术，实现上述远程控制功能。

6.3.5 监控平台

6.3.5.1 监控平台系统在满足前述要求的基础上，应充分考虑人机界面友好、操作高效和功能扩展、智慧化等需求，确保功能模块的配置和布置合理、使用便捷，必要时可设置语音操作功能。

6.3.5.2 平台系统的编程语言、组态软件选型，应兼顾与其他设备、软件系统兼容和接口扩展性需求，并确保平台系统稳定，可每天 24h 连续可靠运行。

6.3.5.3 应满足 4.1 安全技术要求。系统应支持数据安全加密和访问控制，可设置多级用户权限管理。应配置安全审计功能，可记录系统用户登录、设备配置等操作日志，日志记录保存时间不少于 1 年。

6.3.5.4 平台系统应具备可靠的供电电源，必要时应设置不间断供电电源。

6.3.5.5 平台系统的规划设计、现场实施和调试、运行维护等，应确保合理的工作流程，流程示例见附

7 调试与运行维护

7.1 验收测试要求

7.1.1 泵系统能耗实时监控应开展正式投运前的调整运行试验，并宜结合 GB/T 3216 规定的现场性能测试，验证实时监控技术效果。

7.1.2 泵系统能耗实时监控正式投运后，应委托具备相关检测资质的第三方单位开展技术测试，并出具试验检测报告。

7.2 运行维护要求

7.2.1 泵系统能耗实时监控的运行维护，主要有：设备定期校验与维护、数据库升级维护和系统安全及运行管理维护等。应建立巡视检查和维护管理制度，并定期开展维护工作。

7.2.2 宜定期开展泵系统能耗性能现场试验，并结合 GB/T 13469、GB/T 16666 中经济运行、节能监测等相关要求，对能耗实时监控的性能监控结果进行校核和修正，以确保有效性。

附 录 A
(资料性)
泵系统能耗监控运行报表示例

A.1 状态参数监控运行报表示例见表A.1。

表A.1 状态参数监控运行报表示例

企业名称：			运行班组：		报表时间：	
监控项目		单位	额定值	限定值	运行值	预警结果
1 号泵	泵流量	t/h				
	进口压力	MPa				
	出口压力	MPa				
	进口温度	℃				
	出口温度	℃				
	泵转速	rpm				
	泵出口阀开度	%				
1 号泵 驱动器	驱动机电压	V				
	驱动机电流	A				
	进口流量	t/h				
	进口压力	MPa				
	出口压力	MPa				
	进口温度	℃				
	出口温度	℃				
2 号泵	泵流量	t/h				
	进口压力	MPa				
	出口压力	MPa				
	进口温度	℃				
	出口温度	℃				
	泵转速	rpm				
	泵出口阀开度	%				
2 号泵 驱动器	驱动机电压	V				
	驱动机电流	A				
	进口流量	t/h				
	进口压力	MPa				
	出口压力	MPa				
	进口温度	℃				
	出口温度	℃				
当班统计量	1 号泵总流量	t				
	2 号泵总流量	t				

	泵系统总流量	t				
	1号驱动机总电量	kW·h				
	2号驱动机总电量	kW·h				
	驱动机总电量	kW·h				
	1号驱动机总流量	t				
	2号驱动机总流量	t				
	驱动机总流量	t				
状态参数监控评估报告						
对标结果						
评估结果						
优化策略						

A.2 性能指标监控运行报表示例见表A.2。

表A.2 性能指标监控运行报表示例

企业名称：			运行班组：			报表时间：	
监控项目		单位	额定值	限定值	先进值	运行值	预警结果
1 号泵组	泵功率	kW					
	泵扬程	m					
	泵效率	%					
	驱动机效率	%					
	泵机组效率	%					
	泵性能劣化率	%					
	泵机组性能劣化率	%					
2 号泵组	泵功率	kW					
	泵扬程	m					
	泵效率	%					
	驱动机效率	%					
	泵机组效率	%					
	泵性能劣化率	%					
	泵机组性能劣化率	%					
泵系统	泵系统单耗	kW ·h/(t ·hm) 或 kW · h/t 或 t/t					
	泵系统性能劣化率	%					
性能指标监控评估报告							
对标结果							
评估结果							
优化策略							

附录 B
(资料性)
泵系统能耗实时监控流程示例

