



中华人民共和国国家标准

GB/T XX—2018

代替 GB/T 13469-2008

离心泵、混流泵和轴流泵系统经济运行

Economical operation for centrifugal, mixed flow and
axial flow pump systems

(征求意见稿)

本稿完成时间：2019 年 3 月 25 日

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言.....II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 泵系统经济运行基本要求..... 1

 4.1 原则要求..... 2

 4.2 对设备要求..... 2

 4.3 对机组要求..... 2

 4.4 对管网要求..... 2

 4.5 对系统要求..... 2

 4.6 泵系统经济运行管理..... 2

5 泵系统经济运行计算判别程序..... 3

 5.1 泵系统经济运行计算判别程序..... 3

 5.2 计算方法..... 3

 5.3 对设备判别与评价..... 4

 5.4 对机组运行判别与评价..... 4

 5.5 对管网运行判别与评价..... 4

 5.6 对泵系统运行判别与评价..... 5

6 泵系统经济运行改造措施..... 5

 6.1 管理措施..... 5

 6.2 技术措施..... 5

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC20)提出并归口。

本标准起草单位：...。

本标准主要起草人：...。

离心泵、混流泵和轴流泵系统经济运行

1 范围

本标准规定了交流电动机驱动的离心泵、混流泵和轴流泵系统经济运行的基本要求、判别与评价方法、测试方法和节能管理措施。

本标准适用于在用的交流电动机驱动的离心泵、混流泵和轴流泵系统。改建、扩建及新建离心泵、混流泵和轴流泵系统设计可参照执行。

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，仅所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 9481 中小型轴流泵 型式与基本参数

GB/T 12497 三相异步电动机经济运行

GB/T 13007 离心泵效率

GB/T 13008 混流泵、轴流泵技术条件

GB/T 13466 交流电气传动风机（泵类、空气压缩机）系统经济运行通则

GB/T 13468 泵类系统电能平衡的测试与计算方法

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB 18613 中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级

GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价值

GB/T 21056 风机、泵类负载变频调速节电传动系统及其应用技术条件

GB 25958 小功率电动机能效限定值及能效等级

GB 30253 永磁同步电动机能效限定值及能效等级

GB 30254 高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级

3 术语和定义

GB/T 13466确立的以及下列术语和定义适用于本标准。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 16666中的某些术语和定义。

3.1

泵系统 pump system

交流异步或同步电动机、泵、调速装置、传动机构、管网和辅助设备所组成的总体。

3.2

泵系统经济运行 economic operation for pump system

在满足工艺要求、生产安全和运行可靠的前提下，通过科学管理、运行工况调节或技术改进，使泵系统中的设备、管网和负荷合理匹配，实现系统电耗低、经济性好的运行方式。

3.3

输送效率 **efficiency of transmission**

工艺需要的扬程与泵产生扬程的比值，或工艺需要的压力与泵输出压力的比值。

[GB/T 16666-2012,定义3.4]

3.4

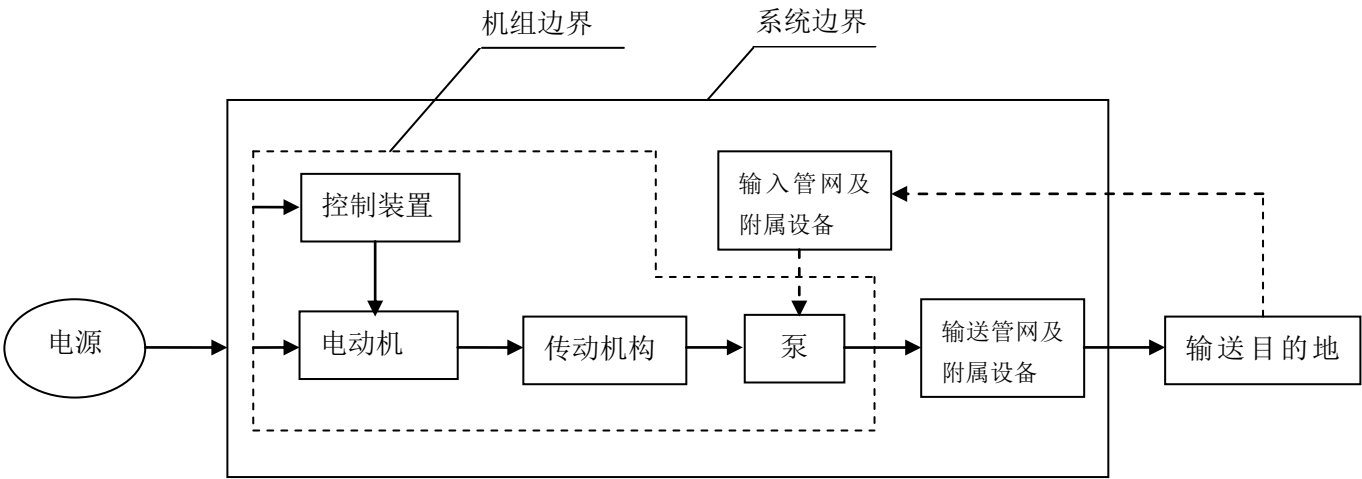
吨·百米耗电量 **ton hectometer power consumption**

泵类液体输送系统完成1吨液体100米扬程所消耗的电量，单位为kWh/ t·hm。

[GB/T 16666-2012,定义3.1]

4 系统边界的确定

应根据泵类系统现场条件，确定系统边界范围，参见图1。



5 泵系统经济运行基本要求

5.1 原则要求

泵系统经济运行应符合GB/T 13466的要求。

5.2 泵系统的设备选型要求

5.2.1 应选择能效指标符合相关强制性能效标准（如GB18613、 GB 30253 、GB 30254 、GB 25958、GB19762等）的设备，不得选用国家命令淘汰的产品。

5.2.2 设备的选型应采用寿命周期成本分析方法，选择经济性高的设备。

5.2.3 年运行时间大于3000h、负载率大于60%的电动机，能效等级应达到相应强制性能效标准中能效2级要求。

5.2.4 泵的选型应符合以下要求：

- a)满足系统的使用压力和流量；
- b)泵的选择应符合GB/T 9481、GB/T 13007、GB/T 13008等相关标准的规定；

c)设计运行工况点应在泵制造厂规定的经济工作区内;

5.2.5 在多种工况生产工艺条件下,按负载特性选择匹配的泵,对多机组泵选型时应满足串并联技术条件的要求。

5.2.6 采用多台泵联合运行时,在满足工艺、安全及可靠运行的基础上,应采用高效泵承担基本负荷,使输送单位液体电耗最低。

5.2.7 多机组系统并联运行时,应采用等扬程特性的泵;串联运行时,应采用等流量特性的泵;采用调速装置控制调节时,应满足泵串并联运行规则,宜采用交频泵高效节能区串并联运行模式。

5.2.8 根据生产工艺要求,合理确定管材和管径。

5.2.9 应在优化生产工艺的条件下合理确定管网配置方案和输送半径。

5.3 泵系统的安装、调试与验收要求

5.3.1 应按照制造厂的安装规定,由专门的安装技术人员进行安装。

5.3.2 除按规定的方式进行试验所需要的装置和仪器的连接外,对泵系统不能进行更改和调整。

5.3.3 安装场地与位置的确定应充分考虑运行管理的方便,预留必要的检修空间。

5.3.4 泵的实际性能参数应按照GB/T 3216的规定试验验收。

5.4 泵系统的合理使用要求

5.4.1 设备的经济运行

5.4.1.1 根据负载特性确定泵的调节方式。

5.4.1.2 机组应与负载特性相匹配,机组控制设备应能满足运行工况变化的要求。

5.4.2 管网的经济运行

5.4.2.1 管道中介质速度应按经济流速选取。

5.4.2.2 管网中应减少管接头、弯头、三通、阀门等管件,减少管道附件阻力损失。

5.4.2.3 管道通流截面应减少突然扩大缩小、急转弯的分流变向等情况,弯管曲率半径应不小于管道直径的1.25倍,减少管道局部阻力损失。

5.4.2.4 对于有支管(或分水管)的管网,运行前应调节管网的水力平衡。

5.4.2.5 除调节平衡的阀门外,系统运行时管网上其余阀门不宜用于调节运行参数。

5.4.2.6 应减少管网泄漏率。一般情况下,输水管网泄漏率应小于1%。

5.4.2.7 吸入管道要求

a) 宜采用正压吸入或压入式布置;

b) 泵的吸入管道不应有气囊存在,水平吸入管道应在泵的吸入口方向向上倾斜,倾斜度不小于0.5%;

c) 大型离心泵、轴流泵和混流泵吸入管道布置与流速的选择,应使吸入介质不产生涡流;

d) 在吸入管道上的底阀宜用抽真空或其他方法代替;

e) 为保证泵的吸上性能,输送常温清水的吸入管道介质流速应小于2m/s;

f) 对于有吸入真空的泵,吸入管及密封装置应防止漏气。

5.4.2.8 排出管道要求

a) 分管与总管连接,宜采用斜交连接代替直交连接;

b) 宜采用无附加阻力阀或微阻力阀;

c) 排出管道应采用经济流速,输送常温清水的流速应为2m/s~3m/s。

5.4.3 系统的经济运行

5.4.3.1 宜采用变流量同时变压力的双变量控制调节系统流量。对于负荷变化较大及非连续运行工况，宜采用包括变频调速装置在内的调节装置系统，变频调速装置的应用技术条件应符合GB/T 21056的规定。

5.4.3.2 当流量变化幅度小于20%，或年运行时间小于4000h时，宜采用以下流量调节方法，包括：

- a) 小型离心泵可用节流法；
- b) 对混流泵、轴流泵可改变叶片安装角度或调节进口的导向叶片调节流量和扬程；
- c) 变流恒压泵；
- d) 电动机轻载降压节电技术。

5.4.3.3 输送高（低）温介质的设备和管网应符合保温技术条件相关标准的要求，减少热（冷）能损耗。

5.4.3.4 对于不同压力区域的供水，宜充分利用一次网压头，采用分级供应，尽量减少使用压力平衡阀。

5.4.3.5 可通过能源计量器具、现场监测仪表、企业能源管控中心及其他自动化信息系统进行系统运行能效相关数据（如系统进出口压力、温度、流量、电量和调节装置状态等）采集；可采用仿真模拟计算等分析系统进行系统优化方案设计；可采用可编程控制器、直接数字控制器等自动控制手段对系统进行控制。

5.5 泵系统经济运行管理

5.5.1 基本要求

5.5.1.1 系统中的三相异步电动机的运行状况应符合GB/T 12497的规定。

5.5.1.2 应按照GB 17167的规定，在有关部位安装电量、压力、流量等仪器仪表。

5.5.2 监测、检查

5.5.2.1 监测、检查可采用集中在线监测、定期仪表检测、巡视等方式。

5.5.2.2 应定期检查系统主要部件，维护系统的性能水平与经济运行，主要包括：

- a) 定期检查机组设备的振动情况；
- b) 定期检查过滤网和叶轮；
- c) 轴承润滑和更换；
- d) 定期检查管路的泄露；
- e) 定期检查系统阻力。

5.5.2.3 容量在45kW及以上、年运行时间大于3000h的泵，宜每年进行一次机组运行效率测量。

5.6 泵系统的日程维护要求

5.6.1 平时应通过观察仪表的变化、听机器运转的声音、摸机器的温度变化等方法观察泵系统的运行状态。发现有泄漏、堵塞等现象时应及时修理或更换。

5.6.2 应实行定期维修和日常维护，保持泵系统运行的高效率。

5.6.3 应建立运行管理、维护、检修等规章制度，包括：

- a) 按制造厂的安装使用说明书进行维护，发现异常应及时处理；
- b) 定期检修机组设备，及时更换损坏零部件；
- c) 定期检查清理管道。

5.6.4 应建立维护运行日志和技术档案。

5.6.5 应加强管理人员和操作人员的培训。

5.7 泵系统发现和排除故障要求

5.7.1 一旦出现故障，应及时对故障进行原因分析、排除，故障的处理结果应进行详细记录。

5.7.2 系统出现故障时应记录以下内容：

- a) 故障概况（故障发生的时间，故障发生情况和故障现象说明，故障时的工作条件和环境条件，故障发现人员姓名）；
- b) 故障性质；
- c) 产品性能上的故障特征（故障参数实测值和该参数最低要求值）；
- d) 有关故障的分析意见及建议的纠正措施。

5.7.3 应对以下故障的维修进行记录：

- a) 故障核实（使用的仪表和方法，观察结果说明）；
- b) 修理说明（采取的措施，修理日期，维修人员姓名）；
- c) 被更换的部件说明（部件名称、型号，供货单位，故障原因和分类意见）。

6 泵系统经济运行的评价指标与方法

6.1 计算方法

6.1.1 电机运行效率

电机运行效率应按照GB/T 16666的规定计算。

6.1.2 泵运行效率

泵运行效率应按照GB/T 16666的规定计算。

6.1.3 机组额定效率

$$\eta_{Je} = \frac{P_{Ye}}{P_{Je}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η_{Je} --机组额定效率；

P_{Ye} --额定状态下，机组输出的有效功率，单位为千瓦（kW）；

P_{Je} --额定状态下，电源输入机组的有功功率，单位为千瓦（kW）；

机组额定效率也可用下列简化公式计算：

$$\eta_{Je} \approx \eta_{De} \times \eta_{Ce} \times \eta_{Te} \times \eta_{Fe} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

η_{De} --电动机额定效率；

η_{Ce} --传动机构效率；

η_{Te} --调速装置额定效率；

η_{Fe} --泵额定效率。

注：式（2）中效率均为制造厂给出。

6.1.4 机组运行效率

$$\eta_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_{yi} \times t_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

η_j --记录期内机组总的平均运行效率；

P_{yi} --记录期内机组在第*i*种负荷下运行时，泵输出的有效功率，单位为千瓦（kW）；

t_i --记录期内机组在第*i*种负荷下的运行时间，单位为时（h）；

W_i --记录期内机组在第*i*种负荷下运行时，电源输入机组的电量，单位为千瓦时（kWh）；

n --记录期内的负荷变化次数。

6.1.5 输送单位液体电耗

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\sum_{i=1}^n Q_i \times (P_{2i} - P_{1i}) \times t_i} \quad (4)$$

式中：

ε --输送单位液体电耗，单位为千瓦时每立方米兆帕（kW h/ m³ MPa）；

W_i --记录期内机组在第*i*种负荷下运行时，电源输入机组的电量，单位为千瓦时（kW h）；

Q_i --记录期内机组在第*i*种负荷下运行时，泵输出的流量，单位为立方米每小时（m³/h）；

P_{2i} --记录期内机组在第*i*种负荷下运行时，泵输出的压力，单位为兆帕（MPa）；

P_{1i} --记录期内机组在第*i*种负荷下运行时，泵输入的压力，单位为兆帕（MPa）；

t_i --记录期内机组在第*i*种负荷下的运行时间，单位为时（h）。

6.1.6 液体输送系统总效率

$$\eta = \eta_b \times \eta_d \times \eta_g \times \eta_c \quad (5)$$

式中：

η --液体输送系统总效率；

η_b --泵运行效率；

η_d --电动机运行效率；

η_g --输送效率，按 6.1.7 的规定进行计算；

η_c --传动效率。

6.1.7 输送效率

6.1.7.1 高度确定系统的输送效率

$$\eta_g = \theta \times \frac{H_g}{H} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

- η_g --高度确定系统的输送效率；
- θ --倾斜管路的折算系数，取值见附录 A 表 A.1，与地面垂直管路 $\theta=1$ ；
- H_g --液体输送的垂直高度，单位为米（m）。

6.1.7.2 压力确定系统的输送效率

$$\eta_g = \frac{p_g}{p_2} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- η_g --压力确定系统的输送效率；
- p_g --工艺所需的压力，单位为兆帕（MPa）；
- p_2 --泵出口压力，单位为兆帕（MPa）。

6.1.7.3 循环系统的输送效率

$$\eta_g = \frac{p_2 - p_c}{p_2} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- η_g --循环系统的输送效率；
- p_c --系统回水末端或出口的剩余压力，单位为兆帕（MPa）；
- p_2 --泵出口压力，单位为兆帕（MPa）。

6.1.7 吨·百米耗电量

$$e = \frac{0.27233}{\eta} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- e --液体输送系统吨·百米耗电量，单位为千瓦时每吨百米[kW h/(t hm)]；
- η --液体输送系统总效率；

6.2 对设备判别与评价

应按照表1中的要求判别设备运行是否经济。

表1 设备判别与评价要求

设备名称	经济运行指标	合理运行指标	不合理运行指标
泵	运行效率≥85%额定效率	70%额定效率≤运行效率<85%额定效率	运行效率<70%额定效率
电动机	运行效率≥85%额定效率	70%额定效率≤运行效率<85%额定效率	运行效率<70%额定效率

6.3 对机组判别与评价

记录期内实测的机组运行效率与机组的额定效率相比，其比值大于0.85，则认定机组运行经济；其比值在0.70~0.85之间，则认定机组运行合理；其比值小于0.70，则认定机组运行不经济。

6.4 对管网运行判别与评价

6.4.1 系统中存在长期起节流作用的阀门和旁通的回流介质，以及不能正常工作的阀门或其他部件，则认定管网运行不经济。

6.4.2 任何安装在管网中的热交换器、过滤器或控制装置，其压力损失超出厂家规定的范围，则认定管网运行不经济。

6.5 对系统判别与评价

6.5.1 系统所有设备、机组和管网同时达到6.2、6.3和6.4规定的经济运行要求，则认定系统运行经济；系统所有设备、机组和管网其中有达到6.2、6.3和6.4规定的运行合理要求，并没有运行不经济项时，则认定系统运行合理；系统所有设备、机组和管网有一项被判定为运行不经济，则认定系统运行不经济。

6.5.2 系统输送液体吨·百米耗电量符合表2要求，则认定系统运行经济；不符合表2要求，则认定系统运行不经济。

表2 系统经济运行判别与评价要求

指标名称	经济运行要求
吨·百米耗电量	$<0.50 \times \alpha \times \beta$
注： α ——泵型能耗指标修正系数，见表3和表4； β ——电动机能耗指标修正系数，见表5。	

表3 单级泵泵型能耗指标修正系数 α

额定流量 $Q_e(\text{m}^3/\text{h})$	$Q_e \leq 5$	$5 < Q_e \leq 20$	$20 < Q_e \leq 60$	$60 < Q_e \leq 200$	$200 < Q_e \leq 800$	$Q_e > 800$
系数 α	1.446	1.246	1.157	1.080	1.000	0.953

表4 多级泵泵型能耗指标修正系数 α

额定流量 $Q_e(\text{m}^3/\text{h})$	$Q_e < 15$	$15 < Q_e \leq 80$	$80 < Q_e \leq 200$	$200 < Q_e \leq 500$	$Q_e > 800$
系数 α	1.400	1.185	1.100	1.000	0.939

表5 电动机能耗指标修正系数 β

额定功率 P_e/kW	$5 < P_e \leq 11$	$11 < P_e \leq 55$	$55 < P_e \leq 315$	$P_e > 315$
系数 β	1.106	1.044	1.000	0.979

7 系统经济运行测试方法

7.1 测试条件

测试应在如下条件下进行：

- a) 测试前不应应对泵系统作任何改动；
- b) 测试应在具有代表性的工况下进行；
- c) 系统应在稳定的电压、温度和压力下进行。

7.2 测量仪器仪表要求

7.2.1 测量仪器仪表应符合以下要求：

- a) 有功电能表的准确度应不低于1.5级；
- b) 有功功率表的准确度应不低于1.0级；
- c) 压力表的准确度应不低于0.5级；
- d) 流量计的准确度应不低于1.5级；
- e) 转速表的准确度应不低于0.25级。

7.2.2 测量仪器仪表应定期检定或校准。

7.3 测量方法

7.3.1 测量时应符合以下要求：

- a) 在进行系统测试之前，应收集并核对设备原始技术数据和运行数据；
- b) 记录期内系统宜采用在线测量和记录数据方法；
- c) 主要测点包括进出口、主分配管路、系统部件的进出口等；
- d) 对没有安装在线测量仪器仪表的系统，测量的间隔应反映系统负荷变化规律。

7.3.2 泵系统的测量方法应符合GB/T 13468的规定，泵的试验方法应符合GB/T 3216的规定。

7.4 测试数据处理

验证数据有效性后，应按照6.1进行计算，并按照6.5对系统运行状况进行判别与评价。

8 泵系统经济运行的节能管理措施

8.1 对未达到经济运行要求的系统，应进行节能诊断，并作出评估报告。报告内容应包括系统及运行概况、检测方法与数据分析、预防及管理措施、提高能效的改进措施等。评估报告应保存两年以上。实施改进措施后，应对改进效果进行检测，提供检测报告。

8.2 泵系统运行管理部门应建立健全运行管理制度。

8.3 泵系统运行管理部门应建立设备技术档案、设备运行记录，并归档保存。

8.4 泵系统运行管理部门应按本标准制定泵系统经济运行的操作手册。

8.5 泵系统运行管理部门应每月对能耗数据进行分析，对经济运行状况进行评价，对能耗浪费现象进行整改。

8.6 泵系统宜采用智能控制、大数据分析等优化控制方式，实现经济运行。

附录A
(资料性附录)
泵系统经济运行相关数据表

表 A.1 倾斜管路折算为垂直高度的系数表

倾斜角度	Hc					
	100m	200m	300m	400m	500m	600m
10 °	1.18	1.25	1.29	1.32	1.34	1.35
15 °	1.11	1.15	1.18	1.19	1.21	1.21
20 °	1.07	1.10	1.12	1.13	1.14	1.14
25 °	1.05	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10
30 °	1.04	1.05	1.06	1.07	1.07	1.07
35 °	1.03	1.04	1.05	1.05	1.07	1.07
40 °	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05
45 °	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03
50 °	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
55 °	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
60 °	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01

附录B
(资料性附录)
泵系统经济运行评估表

用能单位名称			时间		
地点			机组号		
泵型号		泵额定流量 (m ³ /h)		泵额定扬程 (m)	
泵 额 定 效 率 (%)		泵额定转速 (r/min)		电动机功率 因数	
电动机型号		电动机额定 功率 (kW)		电动机额定 电流 (A)	
电动机额定效 率(%)		电动机额定 电压(V)			
测试和计算					
序号	测试和计算项目		单位		
1.	泵入口压力		MPa		
2.	泵出口压力		MPa		
3.	泵进、出口温差		℃		
4.	泵流量		m ³ /h		
5.	泵运行效率		%		
6.	输送效率		%		
7.	排水高度 (高度确定的输送系统)		m		
8.	工艺所需压力 (压力确定的输送系统)		MPa		
9.	系统回水末端压力 (循环系统)		MPa		
10.	电动机输入功率		kW		
11.	电动机输出功率		kW		
12.	电动机运行效率*		%		
13.	机组运行效率		%		
14.	液体输送系统总效率		%		
15.	吨·百米耗电量		kW h/(t hm)		
16.	泵运行效率/额定效率		--		
17.	电动机运行效率/额定效率		--		
18.	机组运行效率		%		
19.	机组额定效率		%		
20.	机组运行效率/额定效率		--		
泵系统经济运行判别					
序号	判别内容	经济	合理	不经济	

1.	泵运行			
2.	电动机运行			
3.	机组运行			
4.	管网			
5.	系统			
注：根据泵系统实际情况和现场测量条件，选择合适的方法测试计算泵效率和系统输送效率。				
