



中华人民共和国安全生产行业标准

AQ 2029-2010

金属非金属地下矿山主排水系统 安全检验规范

Safety testing specification of in-service main dewatering for metal and nonmetal
underground mines

2010-09-06 发布

2011-05-01 实施

国家安全生产监督管理总局 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 基本要求	1
4 排水泵技术要求	1
5 主排水系统技术要求	2
6 检验方法	2
7 判定规则	8
8 检验周期	9

前 言

本标准为强制性标准。

本标准由国家安全生产监督管理总局提出。

本标准由全国安全生产标准化技术委员会非煤矿山安全分技术委员会归口。

本标准负责起草单位：国家安全生产长沙矿山机电检测检验中心。

本标准主要起草人：翟守忠、贺建国、袁乐安、季光洲、王四现、罗振兴、朱小龙、邓宇、李富伟、
龚文。

本标准为首次发布。

金属非金属地下矿山主排水系统安全检验规范

1 范围

本规范规定了金属非金属地下矿山在用排水泵及主排水系统安全性能检验的项目、技术要求、检验方法、判定规则和检验周期。

本规范适用于金属非金属地下矿山在用排水泵和主排水系统的现场安全检验,也可作为安全生产监管部门安全监督管理的依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 3216	回转动力泵 水力性能验收试验 1级和2级
GB/T 3785	声级计的电、声性能及测试方法
GB/T 13007-1991	离心泵 效率
JB/T 8097-1999	泵的振动测量与评价方法
JB/T 8098-1999	泵的噪声测量与评价方法

3 基本要求

- 3.1 新安装的排水泵应具有金属非金属矿山矿用产品安全标志。
- 3.2 每台排水泵的吸水口应安装监测用的真空表,排水口应安装监测用的压力表。
- 3.3 井下主要排水设备,至少应由同类型的三台水泵组成,作为工作泵、备用泵和检修泵。
- 3.4 井下主要排水设施,至少应装设两条相同的排水管,作为工作排水管路和备用排水管路。

4 排水泵技术要求

4.1 机房

4.1.1 机房温度

机房(或硐室)的温度不应超过 30℃。

4.1.2 照明设施

机房(或硐室)作业场所照明设施完备,排水泵操作位置光照度不小于 15 lx。

4.1.3 值班位置噪声

水泵司机值班位置噪声应不大于85dB(A)。

4.2 接地电阻

电控设备、电动机外壳应可靠接地,接地电阻不大于2.0Ω。

4.3 排水泵起动时间

单台水泵的起动时间应不大于 5 分钟。

4.4 振动

按照JB/T8097-1999中第4章规定的方法进行评价。

在运行工况下,排水泵的振动级别分为 A、B、C、D 四级,D 级为不合格。

4.5 排水泵噪声

在运行工况下，排水泵噪声不应超过90dB(A)，并且无异常响声。

4.6 排水泵的转速

在运行工况下，排水泵的实际转速与额定值间的偏差应不超过 $\pm 5\%$ 。

4.7 电动机输入电流

在运行工况下，电动机输入电流不应超过电动机的额定电流。

4.8 排水能力

4.8.1 在运行工况下，工作泵的排水能力，应能满足在20h内排出矿井24h的正常涌水量。

4.8.2 工作水管的排水能力应能配合工作泵在20h内排出矿井24h的正常涌水量。

4.9 扬程

排水泵在运行工况下的扬程应不小于实际排水高度。

4.10 运行工况点效率

排水泵的运行工况点效率应不小于运行工况点规定效率的80%。

4.11 吨水百米电耗

排水系统的吨水百米电耗应不高于 $0.50\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{t}\cdot\text{hm})$ ，即 $W_t\cdot 100 \leq 0.50\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{t}\cdot\text{hm})$ 。

4.12 排水泵性能曲线

需要时，在使用现场的实际转速下，调节水泵的工况点，检验排水泵性能，并绘制排水泵性能曲线图。

4.13 运行状况

在检验过程中，各部件和系统不应有影响正常运行或起动的异常现象发生。

5 主排水系统技术要求

5.1 工作泵、备用泵的联合排水能力

工作泵和备用泵的联合排水能力，应能在20h内排出矿井24h的最大涌水量。

5.2 管路排水能力

工作水管和备用水管的联合排水能力，应能配合工作泵和备用泵在20h内排出矿井24h的最大涌水量。

5.3 供配电能力

供配电设备应与工作泵、备用泵和检修泵相适应，应能保证同时开动工作泵和备用泵。

6 检验方法

6.1 检验设备

检验所用仪器设备的精确度等级或精确度应满足表1的要求。

表1 检验仪器的精确度要求

技术参数（或仪器）	精确度等级或精确度	说明
压力	1.6	使用压力表时，应根据压力选择压力表量程，指示的压力值应处于1/3—2/3满量程
真空压力	1.6	
流量	2.5级	
功率	1.5%	
电流	1.5%	
电压	0.5%	
接地电阻	5%	
互感器	1级	
转速	$\pm 1\text{r}/\text{min}$	

表2 检验仪器的精确度要求（续）

技术参数（或仪器）	精确度等级或精确度	说明
振动	$\pm 10\%$	
噪声	GB/T3785 规定的 2 型	
时间	$\pm 1.0\text{s/d}$	
几何尺寸	2 级或 $\pm 4\text{mm}$	
温度	$\pm 1^\circ\text{C}$ 或 1.5%	
厚度	1%	
照度	10%	

6.2 各工况检验要求

检验时，为了达到预期的准确度要求，每调整一个运行工况，应待各参数达到稳定时，再记录检验数据，并应同时测量流量、压力、转速、电动机输入功率和电动机输入电流等参数。各工况参数的波动不大于表 2 的规定时，可认为该工况达到稳定。

表3 最大允许波动幅度

参数	流量	压力	功率	转速
最大允许波动幅度%	± 6			± 2

6.3 各参数记录要求

应在运行稳定的条件下，成组记录检验参数。至少测量三次，取其平均值作为该参数的检验结果。

6.4 机房

6.4.1 对作业环境的温度进行检验；

6.4.2 检查照明设施是否完整，能否达到作业场所的需要，用照度计测量操作位置的光照度；

6.4.3 测量水泵司机值班室或值班位置处的最大噪声值。

6.5 接地电阻

按照接地电阻测量仪器规定的测量方法，测量排水泵电控设备的外壳对地、电动机外壳对地之间的电阻。

6.6 排水泵的起动时间

用时间测量仪器，测量从灌引水开始，直到排水泵正常运转时的时间。

6.7 振动

6.7.1 按照 JB/T8097-1999 第 2.4 条的规定选取振动测点位置，并测取各主要测点运行工况下的振动值；

6.7.2 每个测点应在水平、垂直、轴向进行检验，每个方向至少测量三次，取平均值作为该方向的振动值，将三个方向中最大振动值作为最终检验结果。

6.8 排水泵噪声

按 JB/T 8098-1999 第 9 章的方法选取测点位置，在运行工况下测量，每个测点测量三次，取其平均值作为该点的噪声值，按 JB/T8098-1999 第 8 章的计算方法获得检验结果。

6.9 排水泵的转速 n

检验排水泵的转速时，应在运行稳定的工况下进行。

6.10 电参数的测量

6.10.1 电动机输入电流

电动机的输入电流应在运行工况下，平稳运行时测量。

电动机的额定电流按明示的额定电流取值，当不能得到明示的额定电流值时，可根据矿山企业提供的数据，或参照产品系列标准或手册等相关技术资料确定。

6.10.2 电动机输入功率 P_{gr} (kW)

应在电动机运行平稳时,测量电动机的输入功率。当电动机为高压电机时,可在电压互感器低压侧进行检验。

当检验现场不具备检验条件时,可采取读电度表等方法获得电机输入功率。

6.10.3 电动机运行效率 η_d

异步电动机运行效率,按式(1)测算。

$$\eta_d \approx \frac{(n_{st} - n)n}{(n_{50t} - n_e)n_e} \cdot \left(\frac{n_{50t}}{n_{st}}\right)^2 \cdot \left(\frac{U}{U_e}\right)^2 \cdot \left(\frac{P_e}{P_{gr}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中:

η_d —实际运行时的电动机效率, %;

n —电动机正常运行时的实际转速, r/min;

n_{st} —实际电源频率下的同步转速, r/min;

n_{50t} —电源频率为 50Hz 时的同步转速, r/min;

n_e —额定转速, r/min;

U —检验时,电动机的实际供电电压, V;

U_e —电动机的额定工作电压, V;

P_e —电动机的额定功率, kW;

P_{gr} —电动机的输入功率, kW。

式(1)中,电动机的额定功率按明示的额定功率取值,当不能得到明示的额定功率值时,可根据矿山企业提供的数据,或参照电机输出功率相关标准、产品系列标准或手册等相关技术资料确定。

6.11 排水泵的排水能力

6.11.1 在运行工况下,测量排水泵的流量,观察排水管路是否有异常现象。

6.11.2 按照矿山地质资料明示的、或设计资料明示的、或企业提供的正常涌水量、最大涌水量计算 24 小时的正常涌水量和最大涌水量。

6.12 排水泵的扬程

检验排水泵的扬程时,按图1布置安装检验仪器。排水泵的出、入口压力测量点,应采取有效稳压措施,以稳定读数和保护仪表免受压力冲击。

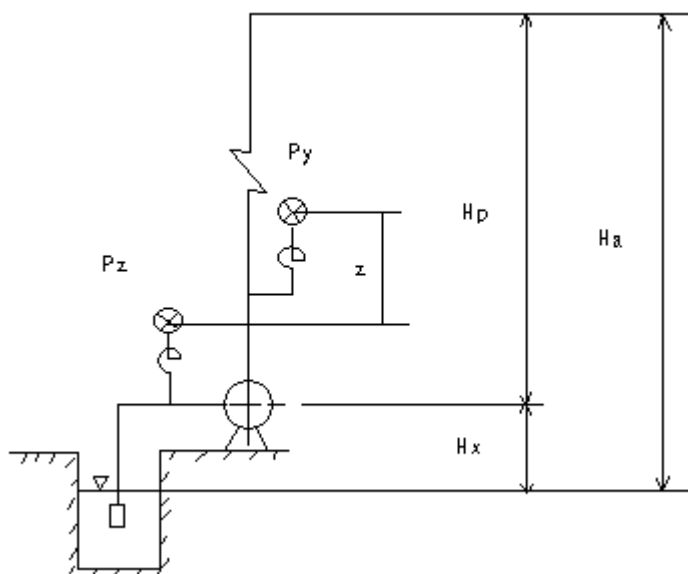


图1 水泵扬程测试布置图

检验前，应测量出口压力和入口压力测量位置之间的表位差 z ，按式（2）计算排水泵的扬程：

$$H = \frac{(p_z + p_y) \times 10^6}{\rho g} + z + \frac{8}{\pi^2 g} \left(\frac{1}{d_p^4} - \frac{1}{d_x^4} \right) \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

H —排水泵的扬程，m；

p_z —入口真空压力值，MPa；

p_y —出口压力值，MPa；

ρ —矿井水密度， kg/m^3 ，矿山企业无法提供矿井水密度时，矿井水密度可近似取 1050 kg/m^3 ；

g —自由落体加速度， m/s^2 ；

z —出口压力和入口压力测量位置之间的表位差，m；

d_p —排水管内径，m；

d_x —吸水管内径，m；

Q —排水流量， m^3/h 。

6.13 排水泵实际排水高度 H_a

6.13.1 排水泵排水高度 H_p

按照矿山地质资料明示的、或设计资料明示的、或企业提供的水泵排水高度取值，也可以根据实际测量结果获得。

6.13.2 排水泵吸水高度 H_x

H_x 为由水仓液面至排水泵轴的中心平面之间的高度。

6.13.3 排水泵实际排水高度 H_a

水泵实际排水高度为排水高度和吸水高度之和，如式（3）所示：

$$H_a = H_p + H_x \dots\dots\dots (3)$$

式（3）中各参数的单位均为：m。

6.14 排水泵的效率

6.14.1 排水泵运行工况点规定效率

排水泵运行工况点规定效率按排水泵生产单位明示的效率曲线选取，当不能得到明示的效率曲线时，可根据 GB/T13007-1991 确定运行工况点规定效率。

6.14.2 排水泵的效率

排水泵的效率 η_b 为排水泵的输出功率 P_u 与轴功率 P_a 的百分比，如式（4）所示：

$$\eta_b = \frac{P_u}{P_a} \times 100 \% \quad (4)$$

η_b —排水泵的效率，%；

P_u —排水泵的输出功率，kW；

P_a —轴功率（输入功率），kW。

6.14.3 排水泵的轴功率 P_a

排水泵轴功率的计算公式如式（5）所示：

$$P_a = P_{gr} \times \eta_d \times \eta_c \quad (5)$$

其中：

P_a —排水泵的轴功率，kW；

P_{gr} —电动机输入功率，kW；

η_d —电动机运行效率，%；

η_c —传动效率，%。

6.14.4 传动效率 η_c

根据电动机与排水泵的连接方式按表 4 确定传动效率。

表4 不同连接方式的传动效率

连接方式	直连式	联轴器	皮带传动	
			三角皮带	平带
η_c	1	0.98	0.96	0.90

6.14.5 排水泵输出功率 P_u

排水泵的输出功率按式（6）计算：

$$P_u = \frac{\rho g Q H}{1000 \times 3600} \quad (6)$$

式中：

P_u —排水泵的输出功率，kW；

ρ —矿井水密度, kg/m^3 ;
 g —自由落体加速度, m/s^2 ;
 Q —排水流量, m^3/h ;
 H —排水泵的扬程, m 。

6.15 吨水百米电耗

6.15.1 管路效率 η_g

排水系统的管路效率为实际排水高度与扬程的百分比, 按式 (7) 计算:

$$\eta_g = \frac{H_a}{H} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中:

H_a —排水泵实际排水高度, m ;
 H —排水泵的扬程, m 。

6.15.2 排水系统效率 η_x

排水系统效率按式 (8) 计算:

$$\eta_x = \eta_d \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_g \dots\dots\dots (8)$$

式中:

η_x —排水系统效率, %;

η_d —电动机运行效率, % ;

η_c —传动效率, % ;

η_b —排水泵的效率, % ;

η_g —管路效率, % 。

6.15.3 吨水百米电耗 W_{t-100}

吨水百米电耗可按照式 (9) 计算。

$$W_{t-100} = \frac{1}{3.67\eta_x} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

W_{t-100} —排水系统的吨水百米电耗, $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot \text{hm})$

η_x —排水系统效率, % 。

6.16 排水泵性能曲线

6.16.1 流量调节方式

试验应从电动机输入电流最小的工况开始调节流量, 逐渐调整到最大流量点或最小流量点。调整过程中, 应监测电动机输入电流。

6.16.2 试验工况点

试验工况点的数量不少于 5 个，尽可能均匀分布在整个性能曲线上。

6.16.3 试验结果按额定转速的换算

按 GB/T3216 规定的换算方法换算。

6.16.4 性能曲线图

绘制的性能曲线应当是换算到额定转速时的性能曲线。

曲线图以横坐标轴表示流量 Q ，纵坐标轴分别表示扬程 H 、轴功率 P_a 和效率 η 。

参照 GB/T3216 中“泵性能曲线图”，根据测定与计算得出的数据绘制曲线，曲线应平滑。

6.17 工作泵和备用泵的联合排水能力

在工作泵和备用泵联合运转状态下，测量联合排水流量。

6.18 管路排水能力

在工作泵和备用泵联合运转状态下，观察排水管路是否有异常现象。

6.19 供配电能力

在起动工作泵和备用泵及其联合运转状态下，观察水泵房供配电设备是否有异常现象。

7 判定规则

7.1 检验和判定机构

应由取得安全生产检测检验资质的机构检验和判定。

7.2 综合判定原则

7.2.1 排水泵判定原则

7.2.1.1 排水泵检验项目分为：A 类项目（关键项）、B 类项目（重要项）和 C 类项目（一般项）三种类型，具体划分见表 5。

7.2.1.2 A 类项目中，有一项不合格时，则检验结论判定为：不合格。

7.2.1.3 B 类项目中，有三项不合格时，则检验结论判定为：不合格；

7.2.1.4 C 类项目中，有五项不合格时，则检验结论判定为：不合格；

7.2.1.5 B 类项目和 C 类项目的不合格项数之和大于或等于五项时，则检验结论判定为：不合格。

7.2.2 排水系统判定原则

7.2.2.1 同一排水系统中，构成排水系统的排水泵的不合格台数占总台数的 2/3 以上（含 2/3）时，检验结论判定为：不合格；

7.2.2.2 排水系统检验项目 5.1、5.2、5.3 中，有一项或一项以上不合格时，则检验结论判定为：不合格。

表5 排水泵检验项目分类

序号	检验项目	技术要求(条款号)	项目类型	检验方法
1	机房温度	4.1.1	C	6.4.1
2	照明设施	4.1.2	B	6.4.2
3	值班位置噪声	4.1.3	C	6.4.3
4	接地电阻	4.2	C	6.5
5	排水泵起动时间	4.3	B	6.6
6	振动	4.4	A	6.7

表 5 排水泵检验项目分类（续）

序号	检验项目	技术要求(条款号)	项目类型	检验方法
7	排水泵噪声	4.5	B	6.8
8	转速	4.6	B	6.9
9	电动机输入电流	4.7	A	6.10
10	排水泵的排水能力	4.8.1	A	6.11
11	排水管路排水能力	4.8.2	A	6.11
12	排水泵的扬程	4.9	A	6.12
13	运行工况点效率	4.10	C	6.14
14	吨水百米电耗	4.11	C	6.15
15	排水泵性能曲线	4.12	/	6.16
16	运行状况	4.13	A	目测

8 检验周期

8.1 使用中的排水系统和排水泵的定期检验周期为一年；

8.2 有下列情况之一时，应按本规范要求要求进行检验：

- a) 新购置安装的排水泵或排水系统投入使用前；
- b) 在用的排水泵或排水系统大修后投入使用前。