

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 5833—1991

电力变流器用纯水冷却装置

1991-10-24 发布

1992-10-01 实施

中华人民共和国机械电子工业部 发布

电力变流器用纯水冷却装置

1 主题内容及适用范围

本标准规定了纯水冷却装置的技术要求和试验方法。
本标准适用于电力变流器用纯水冷却装置，也适用于对水质有一定要求的其它电气设备用纯水冷却装置（以下简称冷却装置）。

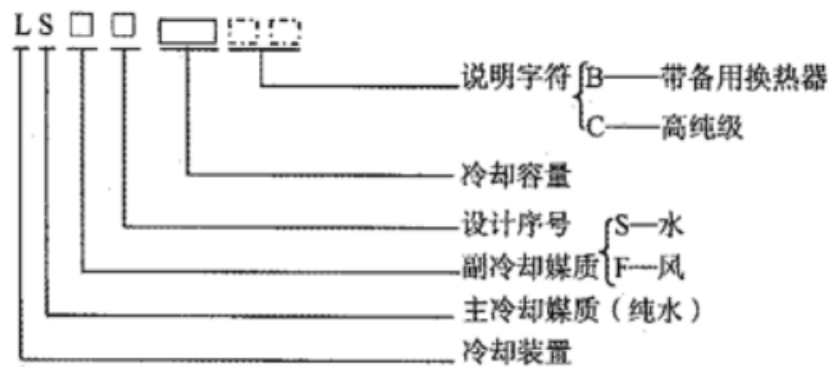
2 引用标准

- GB 998 低压电器基本试验方法
- GB 2682 电工成套装置中指示灯和按钮的颜色
- GB 3859 半导体电力变流器
- ZB K46 006 电化学用整流器

3 产品分类及基本参数

3.1 产品型号

冷却装置的型号采用下列编制办法：



3.2 产品分类

按副冷却媒质的不同，冷却装置分为水—水换热型和水—风换热型两大类。

3.3 产品规格

3.3.1 冷却装置的冷却容量应在下列数值中选取：

10, 20, 30, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500 kW。

3.3.2 冷却装置的基本参数应符合表 1 的规定：

表 1

规格型号	冷却容量 kW	主水流量 t/h	副水流量 t/h	主水管道接口通径 mm	整机电功率 kW
LSS—10	10	≥ 3	2~3	40	≤ 1.5
LSS—20	20	≥ 6	4~6	40	≤ 2.2
LSS—30	30	≥ 8	7~9	50	≤ 3
LSS—40	40	≥ 10	9~11	50	≤ 3
LSS—50	50	≥ 12	11~13	50	≤ 3
LSS—63	63	≥ 14	12~15	50	≤ 4
LSS—80	80	≥ 16	15~17	65	≤ 4
LSS—100	100	≥ 18	17~19	65	≤ 5.5
LSS—125	125	≥ 22	22~24	65	≤ 5.5
LSS—160	160	≥ 26	26~28	65	≤ 5.5
LSS—200	200	≥ 35	35~37	80	≤ 11
LSS—250	250	≥ 42	42~46	80	≤ 11
LSS—315	315	≥ 52	52~56	100	≤ 11
LSF—50	50	≥ 12	—	50	≤ 6.6
LSF—100	100	≥ 18	—	65	≤ 12
LSF—160	160	≥ 26	—	65	≤ 16
LSF—200	200	≥ 35	—	80	≤ 20
LSF—250	250	≥ 42	—	80	≤ 24

4 技术要求

4.1 正常工作条件

4.1.1 环境温度为+5~+40℃，日平均温度不超过+35℃。

4.1.2 空气相对湿度不超过 90%（20±5℃时）。

4.1.3 海拔高度不超过 1000 m。

4.1.4 冷却装置控制柜输入电压波动不超过±10%。

4.1.5 运行地点无导电或爆炸性尘埃，无腐蚀金属或破坏绝缘的气体或蒸汽。

4.1.6 冷却装置工作时应无剧烈振动和冲击，安装垂直度不超过 5%。

4.1.7 副冷却水应满足下列要求：

a) 悬浮物质不大于 30 mg/l；

b) pH 值为 6~9；

c) 硬度不超过德国度 12（相当于每升水中含有 0.12 g 的 CaO）；

d) 进口压力不小于 0.15 MPa；

e) 进水温度为+5~+30℃。

4.2 异常工作条件

凡不满足上述正常工作条件的环境条件均视为异常工作条件。

如果冷却装置使用于异常工作条件，用户应在订货时提出并与制造厂取得协议。

4.3 外观

- a) 冷却装置各部件应安装端正、整齐，无明显偏差、松动现象；
- b) 容器和管道不得有明显凹陷，焊缝无明显夹渣、疤痕；
- c) 涂漆应均匀，不得有脱落、流挂、划痕、裂缝等缺陷；
- d) 指示灯和按钮的颜色应符合 GB 2682 的规定。

4.4 元器件

冷却装置上的元器件应符合有关标准的规定。

4.5 绝缘强度

带电部件与地（外壳）之间的绝缘电阻应不低于 $1.5\text{ M}\Omega$ 。

带电部件与地（外壳）之间应能承受 2000 V 的工频试验电压，持续时间为 1 min 。

4.6 接地

控制柜的可触及金属部分与接地点之间的电阻应不大于 $0.1\ \Omega$ ；接地点应有明显的接地标志。

4.7 主水性能

4.7.1 主水水质

主水水质以电导率表示，当主水温度为 25°C 时，其值应符合下列规定：

- a) 普通级不大于 0.5 mS/m （适用于主机工作电压不大于 630 V ）；
- b) 高纯级不大于 0.1 mS/m （适用于主机工作电压为 $630\text{--}1250\text{ V}$ 时）。

注：对于高电压装置，如高压直流输电阀的冷却，可经用户与制造厂协商，对水质提出更高要求。

当向机内注入水质为 $6\text{--}10\text{ mS/m}$ 的工业用水，在额定流量下，经冷却装置的离子交换器处理 3 h （此时间为水质上升时间）后，主水水质应能上升到上述规定值。

4.7.2 主水流量

当主水水头压力损失为 0.15 MPa （或按用户和制造厂协议确定）时，其流量应符合表 1 的规定。

4.7.3 主水出水温度

冷却装置的主水出水温度在正常工作条件下应为 $+5\text{--}+35^\circ\text{C}$ 。

4.8 冷却能力

主副换热介质的对数平均温度差取下值时，冷却装置的冷却容量应符合表 1 的规定。

- a) 水—水换热型取 5 K ；
- b) 水—风换热型取 8 K 。

4.9 换热器部件的传热系数在额定流速下应符合下列规定：

- a) 水—水换热器不低于 $3500\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；
- b) 水—风换热器不低于 $65\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

4.10 监测和保护性能

4.10.1 冷却装置应具有主水工作保证系统，应具有可互相切换的两套水泵，当工作水泵出现故障时，备用泵起动电路和有关阀门均自动切换，其切换时间不大于 0.5 s 。

4.10.2 冷却装置应具备以下测量功能：

- a) 主水进口温度;
- b) 主水出口温度;
- c) 主水出口压力;
- d) 主水流量;
- e) 主水水质;
- f) 副水进口温度;
- g) 副水进口压力。

4.10.3 冷却装置应能在下列情况下发出故障信号:

- a) 水泵故障;
- b) 主水温度过高;
- c) 主水温度过低;
- d) 主水流量过小;
- e) 主水压力超过规定值;
- f) 主水压力低于规定值;
- g) 主水水质低于规定值;
- h) 主水液位低于规定值。

4.10.4 当主水温度低于环境露点温度时,冷却装置应对主水进行加热。

4.10.5 系统运行中停机时,冷却装置应以不低于 0.01 MPa 的压力差自动向负载水道加压。

4.11 冷却装置应具有自动集气和排气功能以随时排放管道中原有和运行中产生的气体。

4.12 噪声

冷却装置的噪声应符合表 2 的规定(A 计权声压级);

表 2

分 类	LSS			LSF	
冷却容量 kW	10~80	100~160	200~315	50~160	200~250
噪 声 dB	≤78	≤82	≤86	≤86	≤90

4.13 耐压和渗漏

冷却装置管道(不包括水泵)应能承受不小于 0.6 MPa 的水压,保持 30 min,各管道应无破裂、渗水等现象发生。

正常工作时,冷却装置主水的泄漏量不大于 20 ml/h。

5 试验方法

5.1 一般检验

- a) 按 4.3 的要求进行直观检查;
- b) 检查接触器、继电器、泵、风机等元器件的功能;
- c) 检查电气部分的配线、焊接、标志和编号等是否符合设计文件及有关标准的规定。

5.2 绝缘试验

按 GB 998 中 6.2、6.3 和本标准 4.5 的规定进行。

5.3 可触及金属部分接地电阻的测量

本试验通过测量柜体主接地点与可能触及的金属部分的接地电阻，以验证接地的连续性。

测量前应断开控制柜电源，并扫清测量点的油污。

测量仪器：毫欧表（2.5级）、凯文电桥。

试验时，采用直接测量法，将仪表的端子分别与接地端子和柜壳或应予接地的导电金属件连接。

测量值符合 4.6 的要求，则认为合格。

5.4 主水水质上升时间的测量

本试验通过测量主水水质上升时间，考核冷却装置的水处理能力。

测量仪器：电导仪（1.5级）、流量计（0.5级）。

测量程序：

a) 接通主水管道，并将电导仪、流量计接入其中；

b) 向管道内注入水质为 6~10 mS/m 的工业用水，开启水泵，调节管道阀门，使主水流量达到规定值；

c) 开启离子交换器，并同时开始计时，观察主水水质上升情况。

在 3 h 内，主水水质可逐渐上升到规定值的，则认为合格。

5.5 监测及保护性能试验

本试验的目的是检测冷却装置的电气回路在出现异常情况时，能否起到控制和保护作用。

测量仪器：电导仪（1.5级）

水压计（0.4级）

温度计（误差不大于 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ） 流量计（0.5级）

测量程序：

串一阀门，将主水管道接通，将流量计、水压计接入管道内，按下述步骤逐条检验冷却装置的保护性能。

a) 分别设定一低于实际指针温度的上限温度值和高于实际指针温度的下限温度值，冷却装置应能发出相应的主水温度过高或过低的故障信号；

b) 以一可调电阻器代替电导电极，调节电阻器，使其阻值低于主水电阻率规定值的 1/2，冷却装置应能发出主水水质过低的故障信号；

c) 调节管道阀门，使主水压力分别高于和低于规定值，冷却装置应能发出相应的故障信号。

调节阀门，使主水流量降低至规定值的 1/2 时，冷却装置应能发出主水流量过低的故障信号；

d) 给工作水泵控制电路以模拟过载，备用泵应能在规定时间内启动，有关阀门也应能自动切换。再断开备用泵电源，使两泵均无法启动，测量主水管道内水压，应符合 4.10.5 的规定；

e) 设定一高于主水温度的模拟露点温度，主水加热回路应能启动，对主水进行加热。当该模拟露点温度低于主水温度时，试按加热按钮，主水加热电路应无法启动。

以上试验符合 4.10 相应的规定，则认为合格。

5.6 管道耐压试验

将主水进出口管道连接成回路（短接水泵），管道施加 0.6 MPa 的水压，保持 30 min，各管道应无破裂、渗水等现象发生。

接上水泵，将管道内水压调至 0.25 MPa，测冷却装置的泄漏量，其值不超过 4.13 的规定，则认为

合格。

5.7 水力性能试验

水力性能试验的目的是测量冷却装置正常工作时的主水出水压力、流量及二者间的关系。

试验仪器：水压计（0.4级）、流量计（0.5级）。

测量程序：

a) 在主水回路的进口连接处串接一阀门，并将水压计和流量计串接入回路。开启水泵，调整阀门使主水压力损失为 0.15 MPa，测其流量。

测量结果符合 4.7.2 的规定，则认为合格；

b) 调节阀门，测量并记录不同压力下的流量值。

绘一直角坐标系，横坐标示流量值，纵坐标示压力值，将所测结果绘入坐标系中，得到被测装置的水力特性曲线。

5.8 热工性能试验

本试验主要通过测量对数平均温差和传热系数两项指标，考核冷却装置的换热性能。

试验中采用电加热器作为模拟负载，电加热器的功率随被测冷却装置的不同而不同，其值应符合表 3 规定。

表 3

冷却容量 kW	10~30	40~63	80~125	160~200	250~315
电加热器功率 kW	≥10	≥15	≥20	≥30	≥40

5.8.1 水—水换热型冷却装置的试验

测量仪器：温度计（误差不大于 ±0.2℃）四支、流量计（0.5级）二台。

测量程序：

a) 接通冷却装置的主副水管道，并分别串接入流量计，四支温度计分别装在热交换器的主副水进出口处；

b) 开启水泵，调整主水流量至规定值；开启电加热器，待主水温度上升至高于副水温度 10℃时，开通副水，并调节阀门，使其流量达到规定值。观察各点温度，待其相对稳定后，开始记录各点的温度值。连续观察 10 min，记下温度有变化时的各点温度，分别代入下式计算对数平均温差 ΔT_m ：

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\ln[(T_{h2} - T_{c2}) / (T_{h1} - T_{c1})]} \quad (1)$$

式中： ΔT_m ——对数平均温差，K；

T_{h1} ——热交换器主水进水温度，K；

T_{h2} ——热交换器主水出水温度，K；

T_{c1} ——热交换器副水出水温度，K；

T_{c2} ——热交换器副水进水温度，K。

c) 根据主水进出口温度按下式计算换热量。

$$Q = c q_m \Delta T \quad (2)$$

式中： Q ——主水流过热交换器的换热量，kW；

c ——主水的比热，kJ/(kg·K)；

q_m ——主水的质量流量, kg/s;

ΔT ——主水进出口温差, K。

d) 根据下式计算换热器的传热系数:

$$K = \frac{Q}{F A \cdot \Delta \bar{T}_m} \dots\dots\dots (3)$$

: K——传热系数, kW/(m²·K);

Q——换热量, kW;

A——换热面积, m²;

$\Delta \bar{T}_m$ ——b 中测得的几组 ΔT_m 的算术平均值;

F——修正因子, 此处 F=1。

e) 将由 d 中算出的 K 值代入式 (3) 中, $\Delta \bar{T}_m$ 按 4.8 取值, 计算冷却装置的冷却容量 Q。
冷却容量值符合 4.8 的规定, 则认为合格。

1) 水—风换热型冷却装置的试验

测量仪器: 温度计 (误差不大于 $\pm 0.2^\circ\text{C}$) 四支、流量计 (0.5 级) 一台。

测量程序:

a) 接通冷却装置的主水管道, 串接入流量计, 四支温度计分别装在主水进出口和风道进出口处;
b) 开启水泵, 调整主水流量至规定值; 开启电加热器, 待主水温度上升至高于周围空气温度 2 时, 开启风扇。观察各点温度, 待其相对稳定后, 开始记录各点的温度值, 连续观察 10 min, 记温度有变化时的各点温度, 分别代入式 (1) 中计算对数平均温差 ΔT_m ;

c) 按 (2) 式计算换热量;

d) 按 (3) 式计算换热器的传热系数。式中 F 的值按图 1 选取;

e) 将由 d 中算出的 K 值代入式 (3) 中, $\Delta \bar{T}_m$ 按 4.8 取值, 计算冷却装置的冷却容量 Q。
冷却容量值符合 4.8 的规定, 则认为合格。

噪声的测量

测试时, 环境噪声的水平至少应比装置的噪声低 6 dB, 且距离被测装置 3 m 内没有声音反射面 (地除外)。

从正对产品面, 距离产品外壳 1 m, 高度为产品高度的一半处开始, 环绕产品每间隔 1 m 取一个点。将传声话筒置于参考点上测量一次噪声。取各点的算术平均值作为装置的实测噪声。

噪声值符合 4.12 的规定, 则认为合格。

1) 连续运行试验

为保证冷却装置的可靠性, 在各单项试验合格后, 应进行整机连续运行试验。

试验时, 分别将主副水管道接通, 接通电源, 开启整机运行。调整管道各阀门, 使主水流量、压水质等达到并维持在额定值, 观察电机、水泵、风机热交换器等主要部件, 在试验期间应无异常发生, 主水泄漏量维持正常值或以下。

连续运行试验的时间, 作型式试验时为 48 h, 出厂试验为 6 h。

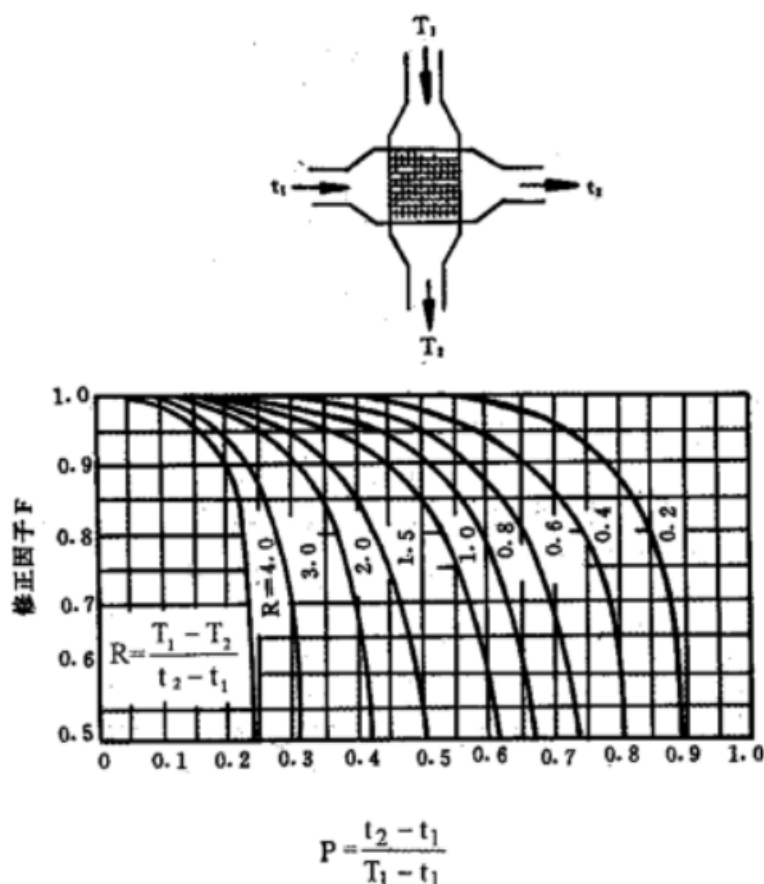


图1 单流程叉流式热交换器的修正因子曲线

6 检验规则

装置的性能试验分出厂试验和型式试验，试验通常在厂内进行。当制造厂无条件（如大容量冷却装置）时，可根据协议在现场进行。装置进行出厂试验前，内部各种单元是经过检查试验合格的产品。经出厂试验合格，并附有产品合格证方能出厂。

6.1 型式试验

型式试验是全面考核产品性能和质量，验证产品是否符合技术要求的一种试验。

具有下列情况之一的产品，应进行型式试验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品停产2年及2年以上，恢复生产时；
- 出厂试验结果与上次型式试验有较大差异时；
- 国家质量监督机构提出进行型式试验要求时。

批量生产抽试的产品不得少于两台，试验时有一台一项不合格，则应进行返修复检，复检仍不合格，则判该产品的型式试验不合格。必须在消除缺陷并通过试验后方能生产。

6.2 出厂试验

为了考核产品性能，保证产品性能符合型式试验中相应的试验要求，组装后的装置必须逐台进行出厂试验。

出厂试验合格，应给予试验合格证明。

出厂试验时，有一项不符合要求，则允许返修复试，复试合格后，方可给予出厂试验合格证明。

6.3 试验项目

型式试验和出厂试验的项目见表4。

表4

序 号	试 验 项 目	试 验 分 类		章 条
		型式试验	出厂试验	
1	一般检验	√	√	5.1
2	绝缘试验	√	√	5.2
3	接地电阻的测量	√	√	5.3
4	主水水质上升时间的测量试验	√		5.4
5	监测及保护性能试验	√	√	5.5
6	管道耐压试验	√	√	5.6
7	水力性能试验	√	√	5.7
8	热工性能试验	√		5.8
9	噪声的测量	√		5.9
10	连续运行试验	√	√	5.10

7 标志、包装、运输、贮存

7.1 标志

7.1.1 产品标志

产品铭牌内容应包括：

- 制造厂名称；
- 产品型号、编号、名称及制造日期；
- 产品主要参数：冷却容量，主副水流量，整机电功率等。

7.1.2 包装标志

包装箱外部注明下列标志：

- 产品型号、名称及出厂编号；
- 产品净重及含包装箱的毛重；
- 到站（港）及收货单位；
- 发站（港）及发货单位；
- 装箱日期；
- 位置标志“↑”和写在箭头上部的“向上”字样；
- 装卸方式和标志。

7.2 包装

7.2.1 产品的包装应符合包装运输规范的有关要求，保证产品在运输和存放过程中不受机械损伤，并有防雨防尘能力。

7.2.2 随机文件

- a) 产品合格证书;
- b) 使用维护所必需的电气原理图、装配图、接线图及说明书;
- c) 备用件一览表及主要外购部件说明书;
- d) 装箱清单。

7.3 运输

产品在运输过程中, 不应有剧烈振动、撞击和倒放, 运输温度应在 $-25\sim+55^{\circ}\text{C}$ 之间。

7.4 贮存

7.4.1 产品短期 (一般不超过 3 个月) 贮存, 温度保持在 0°C 以上, 可保留机内纯水, 若长期存放则应将纯水放出, 离子交换器中的离子交换树脂应取出单独存放, 并保证其不脱水。

7.4.2 产品不应长期受暴晒及雨淋, 应存放在空气流通, 周围介质温度在 $-25\sim+55^{\circ}\text{C}$ 范围内, 空气最大相对湿度不超过 95% (相当于空气温度 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 时) 及无腐蚀性气体的仓库中。

离子交换树脂应存放在 $+5\sim+55^{\circ}\text{C}$ 的环境中。

7.5 产品质量保证

在用户遵守保管、使用、安装和运行规程的条件下, 自安装之日起 12 个月, 或自制造厂发货之日起 18 个月内, 凡产品因质量不良而发生损坏或工作不正常时, 制造厂有责任为用户免费修理和更换零部件。

附录 A
名 词 解 释
(补 充 件)

A1 纯水

又称去离子水,或深度脱盐水。一般系指既将水中易于去除的强电解质去除,又将水中难以去除的硅酸及二氧化碳等弱电解质去除至一定程度的水。

A2 去离子

通常是用离子交换树脂把离子化合物全部或大部分去除。

A3 离子交换

水中某些阴离子或阳离子通过离子交换材料的滤床被另一些离子取代的过程。

A4 传热系数

每单位时间内,当平壁两侧流体的温度差为 1 K 时,平壁一侧的流体通过固体平壁的每单位面积所能传给另一侧流体的总热量。

A5 对数平均温差

换热器一端的温差减去另一端的温差,再除以这两个温差比的自然对数。

A6 主机

冷却装置与之配套的水冷式大功率变流器或其它电气设备。

A7 主冷却水

简称主水。在冷却装置和主机冷却水道间循环流动,作为主机热转移媒质的纯水。

A8 副冷却水

简称副水。通过热交换器以间壁导热方式将主水热量带出机外,作为主水冷却媒质的工业用水。

A9 冷却容量

在一定的主副换热介质对数平均温差的条件下,纯水冷却装置能够冷却的热负载产生的损耗热量。

A10 平均无故障时间

受试产品数与其工作时间之积除以其间的故障总数次数。

注:此处“故障”指在用户遵守安装、使用和运行规程的条件下,由产品自身原因引起的,只有停机才能检修的,足以影响产品主要技术性能的主要部件的故障。

附加说明:

本标准由全国电力电子学标准化技术委员会提出并归口。

本标准由西安电力电子技术研究所和温岭电气配套设备厂负责起草。

本标准主要起草人:赵西安、陶正明、缪时轮。

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
电力变流器用纯水冷却装置
JB/T 5833—1991

※

机械科学研究院出版发行
机械科学研究院印刷
(北京首体南路2号 邮编 100044)

※

开本 880×1230 1/16 印张 X/X 字数 XXX,XXX
19XX 年 XX 月第 X 版 19XX 年 XX 月第 X 印刷
印数 1—XXX 定价 XXX.XX 元
编号 XX—XXX

机械工业标准服务网: <http://www.JB.ac.cn>