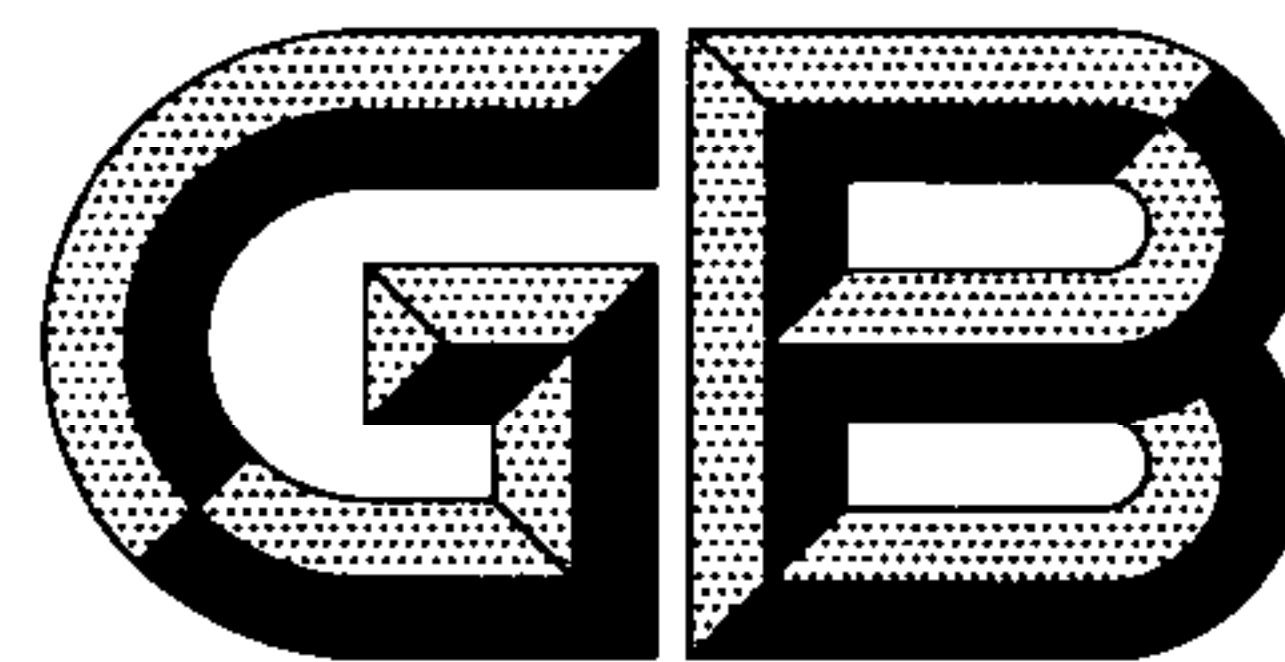


ICS 27.140
K 55



中华人民共和国国家标准

GB/T 9652.1—2007
代替 GB/T 9652.1—1997

水轮机控制系统技术条件

Specifications of control systems
for hydraulic turbines

2007-06-21 发布

2008-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 工作条件	1
4 技术要求	2
5 供货范围和备品备件	6
6 图纸与资料	6
7 铭牌、包装、运输、贮存.....	6
8 保证期	7

前 言

本部分是对 GB/T 9652.1—1997《水轮机调速器与油压装置技术条件》的修订,采用了 IEC 61362《水轮机控制系统技术规范导则》中一些主要内容,并结合我国多年来的实践经验编制而成。

与原标准相比,本部分的调速器静、动态性能及电磁兼容性指标均有较大的提高,对油压装置的要求较为详细。本部分自实施之日起,同时代替 GB/T 9652.1—1997。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国水轮机标准化委员会归口。

本部分起草单位:天津电气传动设计研究所、中国水利水电科学研究院自动化研究所、东方电机控制设备公司、电力自动化研究院电气控制技术研究所、事达电气股份有限公司、长江控制设备研究所、三联水电控制设备有限公司、三峡水电厂、西安理工大学。

本部分主要起草人:李晃、董于青、张建明、周平、邵宜祥、张富强、潘熙和、刘安平、余志强、南海鹏。

水轮机控制系统技术条件

1 范围

本部分适用于水轮机控制系统,包括工作容量 350 N·m 及以上的机械液压调速器(以下简称机调)和电气液压调速器(以下简称电调)以及油压装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

- GB 150 钢制压力容器
- GB/T 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2000,eqv ISO 780:1997)
- GB/T 2681 电工成套装置中的导线颜色
- GB/T 2682 电工成套装置中的指示灯和按钮的颜色
- GB/T 3047.1 高度进制为 20 mm 的面板、架和柜的基本尺寸系列
- GB/T 3797—2005 电气控制设备
- GB/T 4588.1 无金属化孔单双面印制板分规范(GB/T 4588.1—1996,idt IEC/PQC 89:1990)
- GB/T 4588.2 有金属化孔单双面印制板分规范(GB/T 4588.2—1996,idt IEC/PQC 90:1990)
- GB/T 11120—1989 L-TSA 汽轮机油(neq ISO 8068:1987)
- GB/T 17626.4—1998 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(idt IEC 61000-4-4:1995)
- JB/T 4711—2003 压力容器涂敷及运输包装
- JB/T 7041—1993 液压齿轮泵 技术条件
- JB/T 8091—1998 螺杆泵试验方法
- JB/T 8097—1999 泵的振动测量与评价方法

3 工作条件

本部分所规定的各项调节系统静态及动态特性指标均是在下列条件下制定。

- 3.1 水轮机所选定的调速器与油压装置合理:
 - 3.1.1 接力器最大行程与导叶全开度相适应。对中、小型和特小型调速器,导叶实际最大开度至少对应于接力器最大行程的 80%以上。
 - 3.1.2 调速器与油压装置的工作容量选择是合适的。
- 3.2 水轮发电机组运行正常:
 - 3.2.1 水轮机在制造厂规定的条件下运行。
 - 3.2.2 测速信号源、水轮机导水机构、转叶机构、喷针及折向器机构、调速轴及反馈传动机构应无制造和安装缺陷,并应符合各部件的技术要求。
 - 3.2.3 水轮发电机组应能在手动各种工况下稳定运行。在手动空载工况(发电机励磁在自动方式下工作)运行时,水轮发电机组转速摆动相对值对大型调速器不超过 $\pm 0.2\%$;对中、小型和特小型调速器均不超过 $\pm 0.3\%$ 。
- 3.3 对比例积分微分(PID)型调速器,水轮机引水系统的水流惯性时间常数 T_w 不大于 4 s;对比例积

分(PID)型调速器,水流惯性时间常数 T_w 不大于 2.5 s。水流惯性时间常数 T_w 与机组惯性时间常数 T_a 的比值不大于 0.4。反击式机组的 T_a 不小于 4 s,冲击式机组的 T_a 不小于 2 s。

3.4 海拔高度不超过 2 500 m。

3.5 调速器周围空气温度:

a) 不同海拔高度的最高空气温度见表 1。

表 1

海拔高度/m	≤1 000	1 000~1 500	1 500~2 000	2 000~2 500
最高空气温度/℃	40	37.5	35	32.5

b) 最低空气温度 5℃。

3.6 空气相对湿度:最湿月的月平均最大相对湿度为 90%,同时该月的月平均温度为 25℃。

3.7 调速系统所用油的质量必须符合 GB 11120—1989 中 46 号汽轮机油或粘度相近的同类型油的规定,使用油温范围为 10℃~50℃。为获得液压控制系统工作的高可靠性,必须确保油的高清洁度,过滤精度应符合产品的要求。

3.8 调整试验前,应排除调速系统可能存在的缺陷,如机械传动系统的死区、卡阻及液压管道与元、部件中可能存在的空气等。

3.9 上述某些工作条件如不满足要求,有关指标可由供需双方协商。

4 技术要求

4.1 产品应符合产品标准的要求,并按照规定程序批准的图样及文件制造。

4.2 调速系统继电器容量应保证达到设计规定值。

4.3 调速系统静态特性应符合下列规定:

4.3.1 静态特性曲线应近似为直线。

4.3.2 测至主继电器的转速死区和在水轮机静止及输入转速信号恒定的条件下继电器摆动值不超过表 2 规定值。

表 2

项目 \ 调速器类型	大型	中型	小型		特小型
	电调	电调	电调	机调	
转速死区 i_s /%	0.02	0.06	0.10	0.18	0.20
继电器摆动值/%	0.1	0.25	0.4	0.75	0.8

4.3.3 转桨式水轮机调速系统,桨叶随动系统的不准确度 i_a 不大于 0.8%。实测协联曲线与理论协联关系曲线的偏差不大于桨叶接力器全行程的 1%。

4.3.4 冲击式水轮机调速系统静态品质应达到:

4.3.4.1 测至喷针继电器的转速死区应符合表 2 规定;

4.3.4.2 在稳态工况下,对多喷嘴冲击式水轮机的任何两喷针之间的位置偏差,在整个范围内均不大于 1%;每个喷针位置对所有喷针位置平均值的偏差不大于 0.5%。

4.3.5 对每个导叶单独控制的水轮机,任何两个导叶继电器的位置偏差不大于 1%;每个导叶继电器位置对所有导叶继电器位置平均值的偏差不大于 0.5%。

4.4 水轮机调节系统动态特性应符合下列规定:

4.4.1 调速器应保证机组在各种工况和运行方式下的稳定性。在空载工况自动运行时,施加一阶跃型转速指令信号,观察过渡过程,以便选择调速器的运行参数。待稳定后记录转速摆动相对值,对大型电调不超过 ±0.15%,对中、小型调速器不超过 ±0.25%,特小型调速器不超过 ±0.3%。如果机组手动空

载转速摆动相对值大于规定值,其自动空载转速摆动相对值不得大于相应手动空载转速摆动相对值。

4.4.2 机组启动开始至机组空载转速偏差小于同期带(+1%~−0.5%)的时间 t_{SR} 不得大于从机组启动开始至机组转速达到 80% 额定转速的时间 $t_{0.8}$ 的 5 倍。

4.4.3 机组甩负荷后动态品质应达到:

4.4.3.1 甩 100% 额定负荷后,在转速变化过程中,超过稳态转速 3% 额定转速值以上的波峰不超过两次;

4.4.3.2 从机组甩负荷时起,到机组转速相对偏差小于 ±1% 为止的调节时间 t_E 与从甩负荷开始至转速升至最高转速所经历的时间 t_M 的比值,对中、低水头反击式水轮机不大于 8,桨叶关闭时间较长的轴流转桨式水轮机不大于 12;对高水头反击式水轮机和冲击式水轮机应不大于 15;对从电网解列后给电厂供电的机组,甩负荷后机组的最低相对转速不低于 0.9(投入浪涌控制及桨叶关闭时间较长的贯流式机组除外)。

4.4.3.3 转速或指令信号按规定形式变化,继电器不动时间:对电调不大于 0.2 s,机调不大于 0.3 s。

4.5 油压装置:

4.5.1 油压装置正常工作油压的变化范围在名义工作压力的 ±(2~4)% 以内(对额定油压为 10 MPa~16 MPa 的油压装置,其正常工作油压的变化范围可达名义工作油压的 ±5%)。紧急停机压力(事故停机的最小压力) P_T 的选择应使关机后压力不降到最低操作压力 P_R 以下。最低操作压力 P_R (MPa) 根据要求的继电器容量 $A(N \cdot m)$ 和所用的继电器容积 $V(m^3)$ 求得:

$$P_R = (A/V) \times 10^{-6}$$

4.5.2 压力罐可用油的体积:在正常工作油压下限和油泵不打油时,压力罐的容积至少应能在压力降不超过正常工作油压下限和最低操作油压之差的条件下提供规定的各继电器行程数,对混流式水轮机为 3 个导叶接力器行程;对转桨式水轮机,除 3 个导叶接力器行程外,还要求 1.5~2 个桨叶接力器行程;对冲击式水轮机,除 3 个折向器接力器行程外,还要求 1.5~2 个喷针接力器行程。

4.5.3 在正常工作油压上限,非隔离式压力罐内油和空气体积比通常为 1/3~1/2。

4.5.4 组合式和分离式油压装置应设置 2 台油泵,每台油泵的输油量足以补充漏油量,并有最少 2 倍的安全系数。通常每台泵的每分钟输油量不大于继电器容积的 0.65 倍。

4.5.5 油泵打油时,油泵出口至压力罐的压力降通常不大于 0.2 MPa。

4.5.6 控制系统管道内油的流速不超过 5 m/s。

4.5.7 当油压高于工作油压上限 2% 以上时,安全阀应开始排油;当油压高于工作油压上限的 10% 以前,安全阀应全部开启,并使压力罐中油压不再升高。

安全阀的泄漏量不大于油泵输油量的 1%。

4.5.8 设有自动补气装置的组合式或分离式油压装置,应设空气安全阀,其动作值为工作油压上限的 114%。

4.5.9 当油压低于工作油压下限 0.1 MPa~0.15 MPa 时,有备用油泵的 2.5 MPa~6.3 MPa 油压装置应启动备用油泵。

4.5.10 油压装置各压力信号器整定值的动作偏差,不超过整定值的 ±2%。

4.6 调速器:

4.6.1 对机械液压调速器,暂态转差系数 b_t 应能在设计范围内整定,其最大值不小于 80%,最小值不大于 5%;缓冲时间常数 T_d 可在设计范围内整定,小型及以上的调速器最大值不小于 20 s,特小型不小于 12 s;最小值不大于 2 s。

4.6.2 PID 型调节器的调节参数应能在设计范围内整定:比例增益 K_P 最小值不大于 0.5,最大值不小于 20;积分增益 K_I 最小值不大于 0.05 1/s 最大值不小于 10 1/s;微分增益 K_D 最小值为 0,最大值不小于 5 s。

4.6.3 永态转差系数 b_p 应能在自零至最大值范围内整定,最大值不小于 8%。对小型机械液压调速

器,零刻度实测值不应为负值,其值不大于0.1%。

4.6.4 零行程的转速调整范围的上限应大于永态转差系数的最大值,其下限一般为-10%。如设有远距离控制装置时,其动作时间应符合设计要求。

4.6.5 开度限制机构应能在自零至最大开度范围内任意整定。对大型电调和中型电调,开度限制机构远距离控制装置的动作时间应符合设计规定。

4.6.6 接力器的关闭时间 T_f 与开启时间 T_g 应能在设计范围内任意整定。

4.6.7 调速器应能实现机组的自动、手动起动和停机。当调速器自动部分失灵时,应能手动运行。中小调速器的接力器如无机械手动操作机构时,油压装置必须装有备用油泵;对通流式调速器,必须装设接力器手动操作机构。

4.6.8 带有压力罐的调速器应装设紧急停机装置,并动作可靠。

4.6.9 按水头自动调整协联关系的机构,应能手动设定水头。如设有远距离控制装置时,其动作时间应符合设计规定。

4.6.10 对电调尚有下列要求:

4.6.10.1 大型电调应设冗余电源,当工作电源故障时,应自动切换至备用电源。电气装置工作电源和备用电源相互切换时,水轮机主接力器的开度变化不得超过其全行程的 $\pm 1\%$ 。

4.6.10.2 大型电调应设置人工失灵区,其最大值不小于额定转速1%,并能在其设计范围内调整。

4.6.10.3 大型电调和中型电调稳定运行时,如测速装置输入信号、水头信号、功率信号或接力器位置信号消失时,应能使机组保持所带的负荷,水轮机主接力器的开度变化不得超过其全行程的 $\pm 1\%$,同时要求不影响机组的正常停机和事故停机。

4.6.10.4 对大型微机电调和中型微机电调应以工业控制级微机为核心。除调速器基本功能外,还应具有故障诊断和容错控制等功能,并配置与上位机通讯的接口,提供通讯协议。

4.6.10.5 对大型电调,控制模式(频率控制、功率控制、开度控制、水位控制和流量控制)切换时,水轮机主接力器的开度变化不得超过其全行程的 $\pm 1\%$ 。

4.6.11 大型和中小型电液调速器的综合漂移量折算为转速相对值,分别不得超过0.3%和0.6%。

4.7 对调速器及油压装置各装置的要求:

4.7.1 测速装置:

4.7.1.1 在额定转速 $\pm 10\%$ 范围内,静态特性曲线应近似直线,其转速死区应符合设计规定值;在额定转速 $\pm 2\%$ 范围内,其放大系数的实测值偏差不得超过设计值的 $\pm 5\%$ 。

4.7.1.2 机械式测速装置(飞摆),在经过超速试验后不得出现变形和裂纹等不正常现象。

4.7.1.3 电气测速装置最小工作信号电压应不大于规定值。

4.7.2 缓冲装置输出特性应平滑且近似为指数衰减曲线,与理论曲线比较,其时间常数偏差:对电调不超过 $\pm 10\%$,对小型机调和特小型机调分别不超过 $\pm 20\%$ 和 $\pm 30\%$ 。特性曲线的对称性:对中、小型调速器和特小型调速器,在同一时间坐标位置两个方向的输出值偏差分别不超过平均值的 $\pm 10\%$ 和 $\pm 15\%$ 。对小型机调和特小型机调,缓冲装置从动活塞恢复到中间位置的行程偏差折算为转速相对值,分别不超过调速系统转速死区规定值的1/3和1/2。

4.7.3 电调电气装置:

4.7.3.1 电气柜的外形尺寸按 GB/T 3047.1 的规定。

4.7.3.2 设备中所装用的元、器件应选用工业级产品。

4.7.3.3 电气装置内的印制板应参照 GB/T 4588.1 和 GB/T 4588.2 的规定。

4.7.3.4 设备中所用导线的颜色按 GB/T 2681 的规定。柜上指示灯和按钮的颜色应符合 GB/T 2682 的规定。

4.7.3.5 绝缘电阻与工频耐受电压:

4.7.3.5.1 电气柜和液压柜中所有带电部件与裸露导电部件之间的绝缘电阻,在温度为 $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$

及相对湿度为 45%~75% 环境下测量,应不小于 1 MΩ。

4.7.3.5.2 电气柜和液压柜各独立带电部件与裸露导电部件之间,电路与金属外壳(或地)之间,在温度为 15℃~35℃ 及相对湿度为 45%~75% 环境下试验,按其工作电压大小,应能承受表 3 规定的耐压试验电压,历时 5 s。见 GB/T 3797。

表 3

额定电压 U_i /V	工频试验电压(交流均方根值)/V
$U_i \leq 60$	1 000
$60 < U_i \leq 300$	2 000
$300 < U_i \leq 690$	2 500

对不适于由主电路直接供电的辅助电路,应能承受按表 4 规定的耐压试验电压,历时 5 s。

表 4

额定电压 U_i /V	工频耐受电压(交流均方根值)/V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2U_i + 1 000$ 其最小值为 1 500

4.7.3.6 电气装置应能承受来自电源、信号源和控制端口的干扰,以及周围环境的辐射电磁场干扰,同时设备本身的电磁干扰应减小到最低程度。

至少要参照 GB/T 17626.4—1998 进行电快速瞬变试验,对大型电液调速器在电气和电子设备的电源端口、信号和控制端口耦合快速瞬变脉冲群干扰信号。在供电电源端口,保护接地时,试验电压峰值为 2.0 kV;在 I/O(输入/输出)信号、数据和控制端口,试验电压峰值为 1.0 kV;对中小型电液调速器试验电压峰值减半。

施加干扰时,电气装置的功能和动作应正确无误,继电器不应有异常动作。

4.7.4 电—液和电—机转换器:

4.7.4.1 在符合规定的使用条件下,应能正确、可靠工作。

4.7.4.2 电液转换器的死区,油压漂移和放大系数实测偏差及油耗量不超过设计规定值。工作范围不得小于设计规定值。在压力油入口前,应设在线滤油器。

4.7.4.3 电—机转换器的操作力和行程应不小于设计值。

4.7.4.4 设置的转换器在电源消失时应有回中功能;如无此功能,应采取措施,使继电器保持某一稳定位置。在稳定状态,其电源消失时继电器行程变化不得超过全行程的 $\pm 1\%$ 。

4.7.5 规定压力降的主配压阀流量特性应符合设计规定值。

4.7.6 油泵应采用高效率产品,运转应平稳。三螺杆泵在规定工况下无汽蚀运行时,其轴承处的振动烈度应符合 JB/T 8097 的要求;在规定压力下的输油量和轴功率的性能容差参照 JB/T 8091,泵的效率下降值不得超过产品规定值的 5%。液压齿轮泵的空载排量,在额定压力、额定转速工况下的容积效率和总效率不得低于 JB/T 7041 的要求。

4.7.7 安全阀动作应正确、可靠、无强烈振动和噪声。

4.7.8 自动补气装置及油位信号装置动作应正确、可靠。

4.7.9 压力罐的设计、制造、焊接和检查,应符合《压力容器安全监察规程》和 GB 150 等有关规定。

4.7.10 受压铸件的质量必须符合相应技术标准的规定。

4.7.11 液压元件装配后,在规定油温及额定油压下的漏油量不超过设计规定值。

4.8 所有指示仪表的精度不低于 2.5 级。

下列参数实测值与指示值的偏差不应大于设计规定值:

- a) 转速指令信号;
- b) 开度指令信号;
- c) 功率指令信号;
- d) 永态转差系数;
- e) 暂态转差系数、缓冲时间常数,加速时间常数;
- f) 比例增益,积分增益,微分增益;
- g) 开度限制信号。

4.9 外观要求:

- 4.9.1 外形尺寸及安装尺寸应符合产品图样要求。
- 4.9.2 零部件的紧固、元件的焊接、装配、端子排编号应符合图样要求。
- 4.9.3 零部件及外壳不许有锈蚀、裂纹及明显划痕。镀层不应脱落。
- 4.9.4 装置的金属外壳或底座应有接地端子或接地螺钉,并应有明显的接地标志。
- 4.9.5 每台产品上的电机旋转方向及手轮、手柄转动方向,均应附有箭头标牌。

5 供货范围和备品备件

供货范围及备品备件的项目和数量由供需双方在合同中规定。

6 图纸与资料

随同产品一起供给用户的有:

- a) 产品技术条件,产品原理、安装、调整及使用说明书,三套/台;
- b) 产品原理图、安装图、总装配图,三套/台;
- c) 产品检查及试验记录,主要部件(含外购件)的检查试验记录;
- d) 产品出厂合格证明。

7 铭牌、包装、运输、贮存

7.1 铭牌

每台产品应在适当的明显位置固定产品铭牌,其主要内容:

- a) 产品名称;
- b) 国家名称;
- c) 供方名;
- d) 产品型号;
- e) 产品出厂编号;
- f) 产品出厂日期。

7.2 包装

7.2.1 包装箱应按照装箱图样制作,在其外壁应注明下列事项:

- a) 收货单位和地址;
- b) 供方单位和地址;
- c) 产品型号、名称及出厂编号;
- d) 产品净重、毛重、箱子重心线、吊索位置以及箱子的外形尺寸;
- e) 标明“轻放”、“防潮”及“不准倒置”等字样和标志。

标志应符合 GB/T 191 的有关规定。

7.2.2 产品包装应按设备的不同要求及运输方式采取防雨、防潮、防霉、防尘、防震、防盐雾等措施。压力容器涂敷及运输包装应符合 JB/T 4711 的规定。

产品在包装前必须做好下列准备工作：

- a) 在产品外部加工表面上采取必要的防锈措施；
- b) 将易碎怕震部件及表计拆下，另行妥善包装；
- c) 产品内部可动零部件必须与机体固定；
- d) 液动元件内部须留有一定数量的符合要求的汽轮机油；
- e) 随产品一起供应的技术文件及备品备件，经包扎后固定在一定位置。

7.2.3 装箱单开列的名称、数量应与箱内的实物和图纸资料相符。

7.3 运输

产品运输及装卸过程应按包装箱上的标志及有关规则进行。供方发运的件数、箱数、标志、发运时间、车次等应在发运的同时通知收货单位。

7.4 贮存

7.4.1 产品应放在环境温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于90%，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和强电磁场作用，不受灰尘、雨蚀的库房内。

7.4.2 自供方发货之日起，在正常的贮存条件下，供方应保证在1年内不致因包装不善而引起产品的锈蚀、精度降低等。

8 保证期

在遵守保管、安装和发电规则的条件下，产品的保证期为：自供方发货之日起2年或产品投入运行1年（上述期限以先到为准）。在此期间因产品制造不良而发生损坏或不正常工作时，供方应无偿地为用户更换或修理。

中华人民共和国
国家标准
水轮机控制系统技术条件
GB/T 9652.1—2007

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

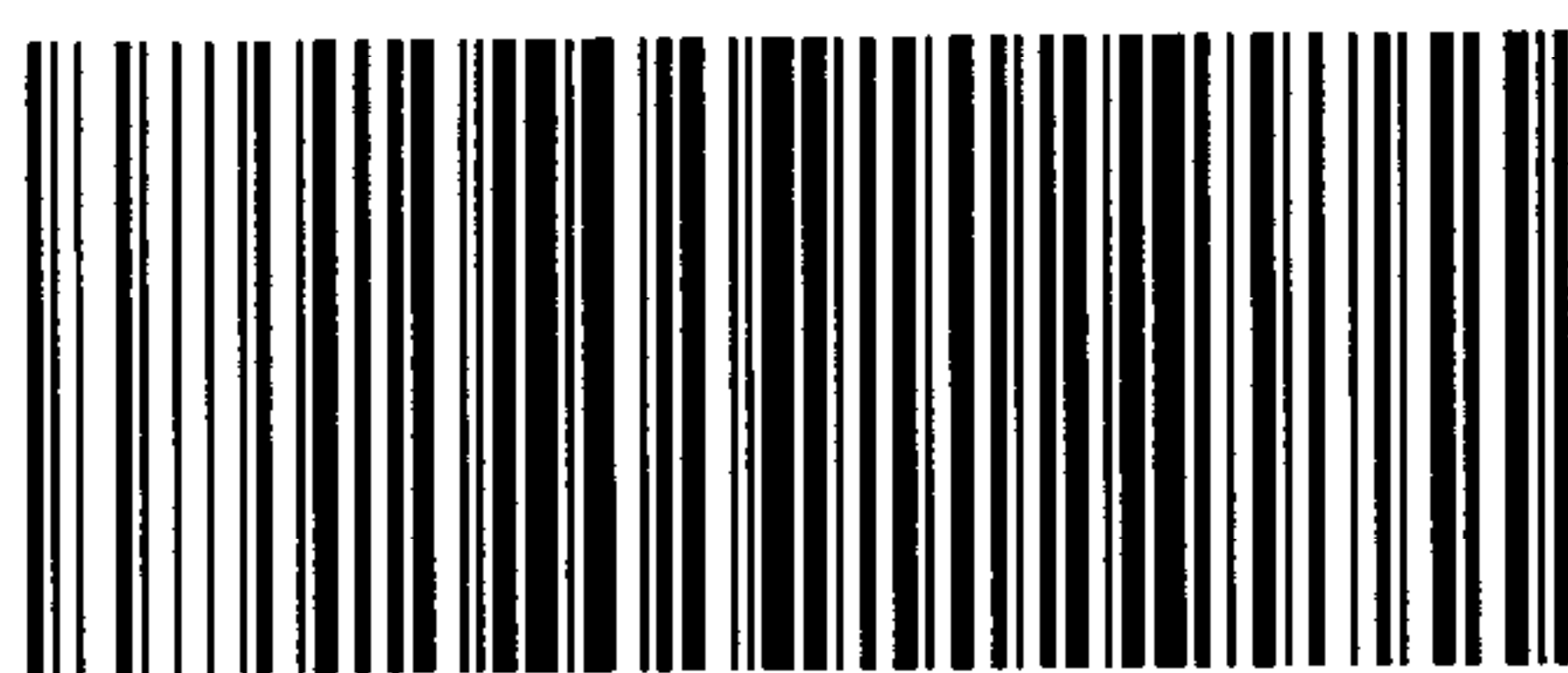
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字
2007年12月第一版 2007年12月第一次印刷

*

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 9652.1—2007