火力发电厂湿冷机组冷端系统运行优化控制技术导则

|  |
| --- |
| Technical directives for optimal control of cold end system operation of wet-cooled units in fossil fuel power plant |
| （征求意见稿） |

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中国电机工程学会   发布

T/CSEEXXXX-XXXX

**CSEE**

**ICS**

**CCS**

中国电机工程学会标准

目  次

[前  言 I](#_Toc20700)

[1 范围 1](#_Toc20283)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc30506)

[3 术语和定义 1](#_Toc21348)

[4 总则 4](#_Toc5951)

[5 冷端优化目标 5](#_Toc6878)

[6 冷端优化功能设定 5](#_Toc538)

[6.1 基本功能 5](#_Toc2638)

[6.2 可附加的功能 6](#_Toc15205)

[6.3 技术间支撑关系 6](#_Toc187)

[7 控制优化前置改造 6](#_Toc17881)

[8 控制系统配置 7](#_Toc6738)

[9 必要的性能试验 8](#_Toc18397)

[9.1 试验条件 8](#_Toc15111)

[9.2 背压-微增功率测定试验 8](#_Toc14363)

[9.3 循环水泵特性分析试验 8](#_Toc8021)

[9.4 凝汽器换热特性分析试验 9](#_Toc26545)

[10 能效评估分析与验收 9](#_Toc2098)

[10.1 冷端优化控制系统性能验收 9](#_Toc7907)

[10.2 冷端优化控制能效评估分析 9](#_Toc872)

[10.3 验收测试资料 9](#_Toc26752)

前  言

本文件按照《中国电机工程学会团体标准管理办法（暂行）》的要求，依据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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会热工自动化专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

本文件执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：http://www.csee.org.cn，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

火力发电厂湿冷机组冷端系统运行优化控制技术导则

1. 范围

本文件提供了火力发电厂湿冷机组冷端系统运行优化的技术功能、控制系统配置、必要性试验、实施要点及性能评估方法的建议。

本文件适用于水冷凝汽式汽轮发电机组湿冷系统（包括直流供水冷却系统和循环供水冷却系统）冷端优化技术实施过程。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 3216-2016 回转动力泵　水力性能验收试验1级、2级和3级

GB/T 8117.1-2008 汽轮机热力性能验收试验规程第1部分:方法A大型凝汽式汽轮机高准确度试验

GB/T 26863-2011 火电站监控系统术语

GB/T 37761-2019 [电力变压器](https://news.bjx.com.cn/topics/dianlibianyaqi/)冷却系统[PLC](https://news.bjx.com.cn/topics/plc/)控制装置技术要求

DL/T 893-2004 电站汽轮机名称术语

[DL/T 659-2016 火力发电厂分散控制系统验收测试规程](http://www.baidu.com/link?url=A7Nr0ndzWoGr228YYFxPAJbLgI_4O79llxLev0_LHBCKSG7t8bCPpyl5GWHr8V5H)

DL/T 932-2019 凝汽器与真空系统运行维护导则

DL/T 1078-2007 表面式凝汽器运行性能试验规程

DL/T 581-2021  凝汽器胶球清洗装置和循环水二次过滤装置

JJG 0002-1994  超声流量计（传播速度差法多普勒法）

YB/T 4919-2021 钢铁行业余热发电汽轮机冷端系统优化技术规范

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* 1.

厂用电率 station auxiliary power rate

发电厂同一时期的自用电量与发电量之比。

[来源：DL/T 893-2004，2.11]

* 1.

冷端系统 cool end system

由汽轮机低压排汽缸、凝汽器、冷却水系统及部分其他设备组成的系统。

[来源：DL/T 893-2004，4.2]

* 1.

冷却水流量 cooling water flow rate

单位时间内的冷却水量。

[来源：DL/T 893-2004，4.2]

* 1.

冷却水温度 cooling water temperature

冷却水在凝汽器进口处的温度。

[来源：DL/T 893-2004，4.2]

* 1.

冷却水温升 cooling water temperature rise

冷却水在凝汽器出口处的温度与冷却水温度之差。

[来源：DL/T 893-2004，4.2]

* 1.

凝汽器压力 condenser pressure

凝汽器第一排冷却水管前某一位置处（一般相距300mm）的蒸汽绝对压力。

[来源：DL/T 893-2004，4.2]

* 1.

凝汽器特性 condenser characteristics

凝汽器压力随凝结蒸汽量、冷却水进口温度及冷却水流量而变化的规律。

[来源：DL/T 893-2004，4.4]

* 1.

总水头 total head

任一截面处的总能量。

注1：总水头由式（1）给出：

$H\_{x}=z\_{x}+\frac{p\_{x}}{ρg}+\frac{U\_{x}^{2}}{2g}$………………………………………………（1）

式中：

$z$——横截面中心相对基准面的高度；

$p$——所述横截面中心的表压。

注2：任一截面处的绝对总水头由式（2）给出：

$H\_{x(abs)}=z\_{x}+\frac{p\_{x}}{ρg}+\frac{p\_{amb}}{ρg}+\frac{U\_{x}^{2}}{2g}$……………………………………………（2）

[来源：GB3216-2016，3.2.12]

* 1.

扬程 pump total head

出口总水头和入口总水头的代数差。

注1：如果液体的压缩性可忽略不计，则$H=H\_{2}-H\_{1}$。如果泵输送液体的压缩性明显，则密度$ρ$应用平均值替代：

$ρ\_{m}=\frac{ρ\_{2}+ρ\_{1}}{2}$………………………………………………………（3）

扬程应用式（4）计算：

$H=(z\_{2}-z\_{1})+\frac{p\_{2}-p\_{1}}{ρ\_{m}g}+\frac{U\_{2}^{2}-U\_{1}^{2}}{2g}$……………………………………………（4）

注2：入口总水头$H\_{1}$和出口总水头$H\_{2}$分别由式（5）和式（6）给出：

$H\_{1}=z\_{1}+\frac{p\_{1}}{ρg}+\frac{U\_{1}^{2}}{2g}$…………………………………………………（5）

$H\_{2}=z\_{2}+\frac{p\_{2}}{ρg}+\frac{U\_{2}^{2}}{2g}$…………………………………………………（7）

[来源：GB3216-2016，3.2.13-3.2.15]

* 1.

泵输出功率 pump power output

泵出口液体的有效功率$P\_{u}$。

注：泵输出功率由式（7）给出：

$P\_{u}=ρQgH=ρQy$………………………………………………（8）

[来源：GB3216-2016，3.2.25]

* 1.

驱动机输入功率 driver power input

$$P\_{gτ}$$

泵驱动机吸收的功率。

[来源：GB3216-2016，3.2.26]

* 1.

智能控制器 intelligent controller

具备多模式、变结构、变参数等特点，应用模糊逻辑、神经网络、专家系统、遗传算法等智能算法以及自适应控制、自组织控制和学习控制等技术，实现发电过程的智能信息处理、智能信息反馈和智能控制决策的自动控制器。

* 1.

可编程逻辑控制器 programmable logic controller，PLC

常特指用于顺序控制的专用计算机，通过控制器上的编程板或主计算机，通常利用布尔逻辑或继电器梯形图编程语言来改变顺序控制逻辑。也可泛指用于机电过程自动控制的数字计算机，也称可编程控制器。不同于通用计算机，PLC配置有多个输入和输出装置，可承受更宽的温度变化范围、更苛刻的电气噪声、振动和冲击等。

[来源：GB/T 26863-2011，8.15]

* 1.

净热耗率 net heat rate

指汽轮机发电总消耗热量除以汽轮机轴功率减去冷端设备输入功率的差。

[来源：YB/T 4919-2021，3.2]

* 1.

能效基准 energy efficiency benchmark

指用能设备、用能环节在实施节能技术改造前某一时间段内的能源消耗状况。一般情况下，能效基准至少选取机组实施节能技术改造前一个及以上正常生产年度的运行及能耗数据作为能效基准数据。

[来源：YB/T 4919-2021，3.3]

* 1.

能效评估 energy efficiency assessment

指对汽轮机冷端系统优化前后机组运行经济性变化而产生的节能效果进行专业评估。

[来源：YB/T 4919-2021，3.4]

1. 总则

4.1 湿冷机组冷端优化对象为水冷凝汽式汽轮发电机组湿冷系统，项目实施之前需根据机组冷端系统结构、工作原理以及设备运行情况，制定冷端优化目标。

4.2基本功能包括循环水泵组运行优化、性能模型的自适应校正以及多变量自适应优化技术；同时可根据需要选择附加功能，实施后可进一步提升冷端优化控制效果。通过冷端优化功能设定配置，从而指导控制策略设计与编制工作。

4.3 根据冷端优化功能设定、冷端系统结构及设备运行情况，对冷端系统进行前置改造，从而满足冷端优化技术实施要求。

4.4 控制系统需满足冷端优化控制实施需求，具备数据分析运算、运行参数优化等功能，具备统一的组态调试环境和冗余机制，信息安全等级满足等保要求，易维护、易扩展。

4.5 冷端优化控制策略设计与组态包括冷端优化功能设定、保护与投切逻辑等内容，需获得循环水泵、凝汽器、汽轮机等关键设备的基础性能特性曲线，对于必要的性能特性应按照相关试验标准进行性能试验，为冷端优化提供基础数据与约束边界。

4.6 冷端优化技术实施完成后，宜进行能效评估分析与验收。

1. 冷端优化目标

熟悉湿冷机组冷端系统工作原理、设备情况及运行状态，结合系统前置改造，通过性能试验、建模仿真、历史数据分析掌握冷端系统相关设备的运行特性，并结合在线数据采集、能效评估分析、多目标寻优和运行控制优化及安全保护等功能，完成湿冷机组冷端优化闭环控制，使机组在任何运行工况下净热耗率最低。相较于冷端优化实施之前，实现节能降耗、经济效益提升的目标。

1. 冷端优化功能设定
	1. 基本功能

6.1.1循环水泵组运行优化

针对具备变频循泵或高低速泵配置的冷端系统，循环水泵组运行具有不同的组合形式。宜对不同组合运行工况下，循环水泵泵耗功的运行特性曲线进行分析，依托其运行特性试验结果，结合冷端系统多变量自适应优化技术计算循泵耗功与汽机微增功率之间的最优运行工况点，从而完成循环水泵组合方式或转速的调整，实现循环水泵组运行优化。

6.1.2性能模型的自适应校正

受冷端设备结垢、老化等原因影响，制造厂试验核定或者仿真建模分析获得的特性曲线往往会产生偏差，从而造成寻优结果不精确。宜依据冷端设备运行参数的实时数据，包括但不限于当前凝汽器背压、冷却水温度、冷却温升、当前潮位或冷却塔液位、循环水泵出口压力、循环水泵转速、循环水泵电流数据，计算获得总水头、扬程、泵输出功率，完成冷端关键设备的在线监测及性能模型的自适应校正，从而确定多变量稳态优化模型的边界条件，给出可靠精确的性能模型。

6.1.3冷端系统多变量自适应优化

建议综合采用理论、仿真与试验相结合的方法，获取循环水泵、凝汽器、汽轮机微增功率的变工况特性，根据环境温度、海水潮差、负荷、冷端设备运行性能等多变量变化进行实时监测、性能评估和优化控制，采用寻优算法完成多变量在线寻优，实现当前设备运行工况下可控参数的闭环调节，深度发掘机组冷端的节能运行潜力，使冷端系统运行在最佳经济收益区，实现综合热耗率或燃料耗量最低为目标，获得可观的节能收益。

* 1. 可附加的功能

6.2.1 凝汽器换热清洁度在线优化

针对配置有保证冷却管清洁设备的机组，如胶球清洗装置等（其中胶球质量、清洗时间间隔以及收球率等技术指标应符合DL/T 581标准要求），推荐增加全天24h自动间歇运行清洗控制优化功能，通过实时测量数据完成凝汽器换热清洁度的计算，根据凝汽器清洁度情况，完成胶球泵的释放与回收，保证凝汽器换热特性维持在较优的控制效果，保证凝汽器冷却管长期保持清洁，提升凝汽器换热效率。

6.2.2 抽真空系统节能

结合当前运行工况，寻找历史相同工况下的背压数据，并结合当前工况凝汽器热负荷和凝汽器性能特性曲线，获得该工况下的理论背压。如果当前背压与理论背压偏差大于预设定值时，即说明凝汽器存在不可凝结气体，建议通过自动开启抽真空系统，使得凝汽器运行在最佳的工作状态，避免抽真空系统多度使用或使用不及时造成的能量损失。

6.2.3 循泵动态变频辅助变负荷响应

对于具备变频循环水泵配置的机组，循环冷却水系统具有较大的热惯性和蓄能。推荐开展动态扰动实验，通过循环水流量的调节进而影响机组背压，改变机组在相同主蒸汽参数条件下的作功能力，从而挖掘循环水系统蓄能能力辅助机组负荷调节，提高机组调节灵活性和负荷响应能力。

1. 控制优化前置改造

湿冷机组冷端系统控制优化实施前，需要满足下列相关前置改造与目标：

1. 汽轮机冷端系统中循环水泵具备调节能力，推荐采用高低转速切换或循环水泵变频来实现循环水流量的调节，从而实现冷端优化目标；
2. 控制优化宜构建冷端优化实时节能分析系统，包括可编程逻辑控制器/国产智能控制器等硬件设备，可支撑寻优算法、组态逻辑等编译功能；
3. 针对常规电站测点的统计整理，列举冷端系统运行优化控制采集信息表，试验测点汇总见表A.1，主要试验用仪器仪表在试验前均经法定计量单位检定合格以及校准，从而支撑实时在线优化分析。表格测点为推荐参考，可依据电厂设备情况和安全运行要求灵活调整；
4. 冷端系统运行优化基础为机组真空系统严密性推荐进行定期试验，并具有抽真空系统配置保证机组运行中可抽出凝汽器内漏入的空气等不凝结气体和蒸汽，以维持凝汽器内的真空，保证凝汽器的工作效率和提高机组经济性；
5. 凝汽器换热管建议配置有保证所有冷却管清洁的设备，如胶球清洗装置，长期保持凝汽器清洁程度和传热效果。
6. 控制系统配置

8.1 湿冷机组冷端系统运行优化控制系统宜单独配置控制站执行实时在线控制功能，也可采用上位分析站和下位控制站的系统结构，分别实现复杂数据分析运算功能与实时在线控制功能。

8.2 对于单独配置控制站的冷端系统优化控制系统宜由控制站、网络交换系统、I/O模件和电源等组合构成。

8.3 控制站宜从常规控制系统控制器中直接获取过程参数，通过通信方式从常规系统中获取实时与历史数据，并通过常规控制系统输出指令至现场。

8.4 控制站可实现数据分析运算，运行参数优化，具体运行方式和参数定值的控制执行。

8.5 冷端系统优化控制系统以投切的方式接入常规控制系统，投入和退出不宜对常规控制系统产生任何扰动，进行投切逻辑测试试验时，控制回路自动投入量建议达到95%以上；

8.6 冷端系统优化控制系统投入闭环控制后，建议采用控制指令偏置的方式接入原控制回路，退出或通讯中断自动切换至原控制回路。

8.7 单独配置的优化控制系统，建议形成完整的软硬件系统，系统保证一定的裕量。

8.8 冷端系统优化控制系统宜具备统一的组态调试环境和冗余机制，提升优化控制系统组态的透明度和运行的安全可靠性，且便于运行人员维护。

8.9 冷端系统优化控制系统可选择成熟的国产化主流智能DCS最小系统、与现有机组DCS高度兼容的外挂控制系统、可编程逻辑控制器（PLC）、工控机等来实现，推荐配置标准化的通信接口和软件接口，方便与常规控制系统连接、加载高级算法，并提供必要的参数调整手段。

8.10 对于具有智能控制器或智能控制模块的控制系统，建议建立独立的优化控制站，充分应用易维护、易使用的智能算法模块进行冷端系统优化控制。

8.11 冷端系统优化控制系统的信息安全等级应与常规控制系统的信息安全等级一致。

1. 必要的性能试验
	1. 试验条件

9.1.1 参加试验的人员宜由建设单位、试验负责单位、发电厂等有关专业人员组成，参加人员应了解发电厂生产过程，符合《电业安全工作规程》的有关要求，试验操作、记录人员应熟悉试验仪器的使用，正式试验前应经过培训；

9.1.2 试验单位宜根据技术协议及本文件，编制机组性能试验大纲。试验大纲宜包括目的、依据、项目、方法，应具备条件及要求、测点、仪器、组织机构、各单位责任及分工、过程危险点和应急处理原则等内容；

9.1.3 试验仪器仪表应符合GB/T 8117.2、DL/T 1078、JJG 0002-1994的相关要求，根据现场测点情况、现有测点精度情况，判断是否满足性能分析要求，如不满足应增补或替换相应测点传感器或测量仪器，并对相关测量元件进行校验和装设，保证运行表计校验合格。

9.1.4 参照具体的试验标准准备好试验记录表格，记录数据用于试验后分析；

9.1.5 机组运行参数调整到试验工况并保持稳定，保证偏差及波动值在合理范围内；

9.1.6 汽轮机组、凝汽器、真空泵、循环水泵和相关设备处于正常运行状态，并能长期稳定运行；

9.1.7 试验过程中回热系统和凝汽器运行工况保持稳定，不宜进行凝汽器补水、锅炉吹灰操作，建议关闭机组辅汽与其它机组的联络门，机组辅汽母管单元制运行等；

* 1. 背压-微增功率测定试验

汽轮机背压-微增功率特性曲线推荐使用制造厂试验核定的微增功率特性曲线。如制造厂未提供微增功率特性曲线条件下，试验单位可依据相关标准要求，选取多个典型负荷工况进行变背压实验，搭建微增功率计算模型，并结合试验数据进行修正，获得拟合曲线方程，从而通过拟合方程绘制背压-微增功率曲线。

* 1. 循环水泵特性分析试验

9.3.1 对于单台循环水泵运行工况下，推荐使用制造厂给出的变频/高低循环水泵转速-流量-泵耗功特性曲线，循环水泵转速-水头-流量特性曲线来进行基础分析曲线。并通过试验单位完成不同工况下循环水泵运行特性分析试验，记录循环水泵流量、出口压力等参数，对制造厂提供的特性曲线进行验证/修正。如制造厂未提供循环水泵特性曲线，试验单位可依据相关标准要求，完成单台循环水泵特性分析试验，获取基础曲线。

9.3.2 针对多台变频循泵/高低转速泵/工频循泵配置，循环水泵运行组合方式对循环水流量特性、凝汽器换热特性都有很大的影响。需针对不同组合方式开展循环水泵性能测试实验，获得不同循环水泵组合运行下的扬程、流量、功率等特性曲线，为冷端优化提供基础分析曲线。

9.3.3 对于直流供水冷却系统需要考虑潮位/水位的影响，考虑潮位/水位对循环水泵进口压力的影响，进而实时影响循环水泵水头，造成循环水泵特性产生较大的影响，宜选取不同潮位/水位变化工况进行试验，记录相关数据验证循泵特性基础曲线是否发生偏离。

* 1. 凝汽器换热特性分析试验

凝汽器换热特性曲线推荐使用制造厂试验核定的换热特性曲线，如制造厂未提供凝汽器换热特性曲线，可通过热力系统建模分析方法对凝汽器变负荷工况、变循环水入口温度工况下换热特性进行仿真分析获得不同工况下凝汽器的换热特性曲线（凝汽器换热特性、清洁系数等可参照具体的试验标准DL/T 932-2019 凝汽器与真空系统运行维护导则），并通过实时数据采集分析进一步修正换热特性曲线。并结合实时数据计算凝汽器传热系数，判断凝汽器换热性能，用于指导凝汽器清洗操作，避免长时间运行结垢等因素造成换热特性下降导致产生基础曲线偏差。

1. 能效评估分析与验收
	1. 控制系统性能验收

10.1.1 控制站的控制器处理周期不大于250ms，控制器最大负荷率不大于20%。

10.1.2 I/O系统开关量输入信号查询电压不低于24V，模拟量信号精度不低于0.1%。

10.1.3 控制站与常规控制系统的信号通信采集周期不大于1s。

10.1.4 系统抗干扰能力等技术要求应满足DL/T 659、GB/T 37761-2019 中规定的抗干扰要求。

10.1.5 优化控制系统的可用率建议不小于99%。

* 1. 冷端优化控制能效评估分析

10.2.1检验是否满足合同约定的节能指标：推荐选取三个稳定工况进行对比分析，包括高负荷、中负荷和低负荷工况（可根据合同约定的工况进行调整）。考虑季节、潮位、负荷、泵组合形式等因素，选取历史运行数据中相同稳定工况下人工控制数据，对筛选后的数据进行分析计算，获得平均汽耗率或燃料耗量，然后与投入后的实时运行工况进行对比。

10.2.2 验证冷端系统运行优化控制效果：针对冷端系统运行动态控制优化，可通过实时数据计算获得当前最优工况的实时汽耗率或燃料耗量；同时在循环水泵运行安全约束条件下，推荐选取单循泵工频运行、双循泵定转速运行（具体转速应与业主方协商）、双循泵工频运行工况下，通过凝汽器换热特性曲线、循环水泵性能特性曲线、汽轮机微增功率特性曲线来完成推荐工况下的汽耗率或燃料耗量，即可计算获得节能运行潜力。；

10.2.3利用先进控制技术优化冷端系统过程控制，实现冷端系统多变量自适应闭环控制，控制投入可连续运行168小时，推荐对关键参数安全约束边界进行监控，具备逻辑闭锁保护自动控制功能。

* 1. 验收测试资料

10.3.1 验收资料包括冷端系统设备改造说明和运行优化控制系统选型说明、控制系统功能设计说明，如冷端系统优化控制硬件及网络设备配置及清册、控制系统设计方案及逻辑说明等。测试与验收应做好记录，测试与验收记录表参见附录B。

10.3.2 冷端系统优化控制过程中涉及设计变更及逻辑修改有文档记录并保存。

10.3.3 验收试验单建议包括设备启动/停止允许条件、优化控制回路投退允许条件等内容，试验完成后由试验单位、调试单位、监理单位（如有）、运行单位人员签名确认。

10.3.4 技术升级改造后，建议测试单位出具测试及投运报告。测试及投运报告包括设备概况、控制说明、控制系统测试投运过程概述、投运过程中主要参数记录曲线、结论和存在问题。

1. （规范性）
机组冷端系统运行优化试验测点清单

A.1 机组冷端系统运行优化试验测点清单

* 1. 机组冷端系统运行优化试验测点清单

| 序号 | 测点名称 | 备注 |
| --- | --- | --- |
| 主机部分 |
|  | 机组负荷 |  |
|  | 主汽压力 |  |
|  | 主汽温度 |  |
|  | 再热蒸汽温度 |  |
|  | 主给水流量 |  |
|  | 过热器减温水流量 |  |
|  | 再热器减温水流量 |  |
|  | 低压缸进汽压力 |  |
|  | 低压缸进汽温度 |  |
|  | 大气压力 |  |
| 凝汽器部分 |
|  | 凝汽器压力 |  |
|  | 凝汽器冷却水入口压力 |  |
|  | 凝汽器冷却水出口压力 |  |
|  | 凝汽器冷却水入口温度 |  |
|  | 凝汽器冷却水出口温度 |  |
|  | 凝汽器热井出口凝结水温度 |  |
|  | 循环水进出口电动蝶阀开度 | 不用记录，整个试验中注意开度不变 |
| 变频/高低转速循泵部分 |
|  | 循环水泵进口水位 |  |
|  | 循环水泵出口压力 |  |
|  | 冷却水流量 | 超声波流量计 |
|  | 循环水泵转速 |  |
|  | 循环水泵组合形式 |  |
|  | 循环水泵出口母管压力 |  |
|  | 循环水泵电动机电流 |  |
|  | 循环水泵出口蝶阀开度 |  |

1. （资料性）
测试与验收记录

B.1 测试记录见表B.1

* 1. 测试记录

|  |
| --- |
| 测试项目及记录 |
| 序号 | 项目名称 | 是否满足要求 | 备注 |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| 13 |  |  |  |
| 14 |  |  |  |
| 15 |  |  |  |
| 厂家方签字： |
| 业主方签字： |

B.2 验收试验记录表见表B.2

* 1. 验收试验记录表

|  |
| --- |
| 验收试验记录 |
| 序号 | 项目名称 | 是否满足要求 | 备注 |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 厂家方签字： |
| 业主方签字： |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_