

计算机技术

杭州市九溪水厂自控系统的建设特色

蒋继申 杜英杰

摘 要 杭州市九溪水厂是国际上最先进的水厂之一,它的自控系统从招标、设计、建设、调试都有其特点。它的招标采用性能性国际竞争性招标方式,设计思想上采取了先进的冗余技术和九十年代国际新技术,建设上采用分期建设逐级提高方式。该文还介绍了自控系统的主要考核指标和参数的定量值。

关键词 性能性招标 双机热备 冗余技术 组态软件

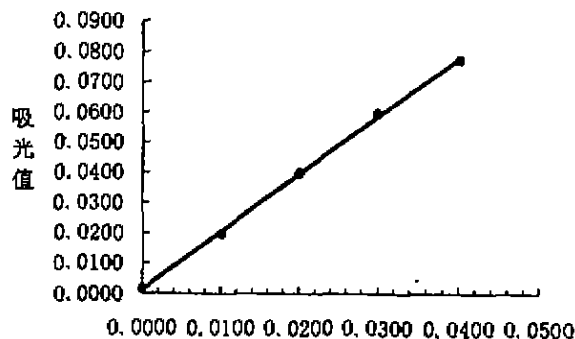


图2 砷标准曲线

表3

项目	回归方程	测定下限	线性范围	相关系数
砷	$Y = 2.764X + 0.023$	$1\mu\text{g/L}$	$1 - 300\mu\text{g/L}$	0.9998
硒	$Y = 1.915X + 0.009$	$1\mu\text{g/L}$	$1 - 200\mu\text{g/L}$	0.9997

2 结果与讨论

2.1 准确度

做回收试验和分析质控样品,其结果如表4、表5所示,其中砷回收率在98—103%之间,分析质控结果的相对误差为0.5—1.9%;硒回收率在93—102%之间,分析质控结果的相对误差为0—1.3%。

2.2 精密度

取空白和标准样品重复测定,结果如表6所示,相对标准偏差砷在3—6%之间,硒在1—6%之间。

用石墨炉原子吸收分光光度法测定水中砷、硒,灵敏度高,操作简单。其中砷测定下限为 $1\mu\text{g/L}$,回收率在98—103%之间,重复性相对标准偏差为3—

6%;硒测定下限为 $1\mu\text{g/L}$,回收率在93—102%之间,重复性相对标准偏差为1—6%。另经对比试验,是否加入基体改进剂硝酸镍对砷的测定影响不大,但测定硒时必须加入适量硝酸镍才能取得较满意的结果。

表4

项目	加入标准砷(硒)量($\mu\text{g/L}$)	测定次数(n)	测定值X($\mu\text{g/L}$)	回收率(%)
砷	15.0	3	15.4	102.7
	25.0	3	25.0	100.0
	35.0	3	34.6	98.9
硒	15.0	3	14.1	94.0
	25.0	3	23.4	93.6
	35.0	3	35.6	101.7

表5

项目	序号	测定次数(n)	实际测定值($\mu\text{g/L}$)	质控样出值($\mu\text{g/L}$)	相对误差(%)
砷	1	3	21.3	20.9	1.9
	2	3	21.0	20.9	0.5
硒	1	3	23.0	23.0	0
	2	3	22.7	23.0	1.3

表6

砷(硒)含量($\mu\text{g/L}$)	测定次数(n)	RSD(砷)	RSD(硒)
0.0	6	6.25	5.88
10.0	6	3.34	3.11
20.0	6	4.09	1.26
30.0	6	4.20	1.68
40.0	6	3.84	1.94

△作者通讯处:526020 广东肇庆市西江南路12号自来水公司水质科
电话:(0758)2852014

1 工程概况

杭州市九溪水厂工程,是利用世界银行贷款,采用性能性国际竞争性招标方式,建设的现代化水厂。其总体规模为日供水能力 60 万吨。项目包括:规模为 60 万吨/日的净水厂、60 万吨/日的源水取水泵站、8700 米的输水隧洞、60 万吨/日的苗圃增压泵站、16 万吨/日的德胜增压泵站、总长 17000 米的城市配水管网等子项,工程于 1999 年 6 月建成投入运行。

性能性招标与以往的设备招标有实质上的不同,这种方式是招标单位提出该工程要达到的性能指标和边界条件,由投标单位根据性能要求提出该工程的设计方案、系统配置、供货、安装、施工、调试、直到资金使用、人员培训等全套服务,而且对所有单项设备的性能及对水厂的整体性能提供保证,即所谓“交钥匙”服务。

性能性国际竞争性招标对承包商的要求较高,这种方式给了承包商一个充分展示技术能力的机会,能把一些国际先进的工艺技术、施工技术及管理经验运用到工程中去。同时对业主的要求也提高了,它要求业主有明确的建设思路,了解国际先进技术的发展动态,掌握国际性能性招标工作规范。

性能性招标目前是国际上通用的承包方式,但在国内项目的应用上尚不多,我国过去建设水厂多是通过设备招标的形式来实现的,九溪水厂则是国内第一个通过性能性国际竞争性招标建设的水厂,这是我国的建筑市场正在逐步与国际市场接轨的一种体现。

根据世界银行的要求,九溪水厂项目在国际上公开招标。共有三家跨国公司竞标,通过严格细致的评审,并报世行及国家有关部门批准,最后工程由法国得利满公司(DEGREMONT)总承包。工程的工艺、自控设计及主要设备都由法国得利满公司提供,工程具有九十年代国际先进水平。

工程先进性主要体现在:工艺先进,采用国际上先进的 V 型滤池,单池面积达 163m²,为全国最大,确保了出厂水水质;设备优良,主要设备均采用国际上一流产品,联网接口可靠,提高了供水安全性;管理现代化,采用先进的计算机网络系统,实现生产过程全自动化管理,生产运行、操作管理与国际水平接轨;采用了漏氯中和塔强制吸收可能泄漏的氯气等技术措施,减少水厂运行对周围环境的影响。在源水浊度不大于 5000NTU 的设计工况条件下,能保证

出厂水浊度小于 1NTU,目前出厂水浊度小于 0.3NTU,达到欧美发达国家的水平。

2 自控系统的建设特点

2.1 项目前期论证充分,有一个明确的建设指导思想

指导思想必须具有前瞻意识和战略眼光。

九溪水厂工程作为性能性招标工作在我国的第一次尝试,如何将工作做好,有很大的挑战性。杭州市自来水总公司在项目前期对工程作了多方面的论证和深入细致的调查工作,参考了大量的技术资料、设备样本及世界银行国际竞争性招标文件范本,提出了建设指导思想:建设具有国际九十年代先进水平的水厂,生产工艺、设备、管理、水质与国际先进水平接轨。

在自控系统方面,我们的目标是:

(1)建成的水厂是一个全自动化的水厂,要求成为世界上最优秀的水厂之一;

(2)自控系统的建设一步到位,对水厂全部工艺实现自动控制;

(3)在设备和工艺的选型上,采用“以我为主”的观念,在高可靠性的基础上,既引进国外先进设备,又不排斥采用国内先进设备;

(4)特别注意技术和设备的配套,先进设备和技术必须为我掌握、为我所用,不盲目引进不配套的先进设备。

这些明确的观点,得到世界银行专家的好评。

2.2 自动控制系统的结构特点

自控系统采用集散型控制系统(DCS 系统),该系统由一个水厂生产调度室和进水、加药、滤池 1、滤池 2、滤池 3、出水、综合泵房等 7 个 PLC 站组成。见图 1 工艺流程图。

在 DCS 系统内部采用常规的三级控制方式,即:调度室集中控制、分控站 PLC 控制、就地手动控制。

可编程控制器采用法国 SCHNEIDER 公司的 TSX 系统 PLC 产品,组态软件采用美国 WONDERWARE 公司的 INTORCH 软件。

设备的配置见图 2 控制系统的结构框图。

九溪水厂的 DCS 系统,具有以下特色:

2.2.1 双机热备结构的调度主机

(1)设计思想

在九溪水厂 DCS 系统中,由三个相对独立的层次构成:PLC 系统、通信网络和监控主机。要提高整

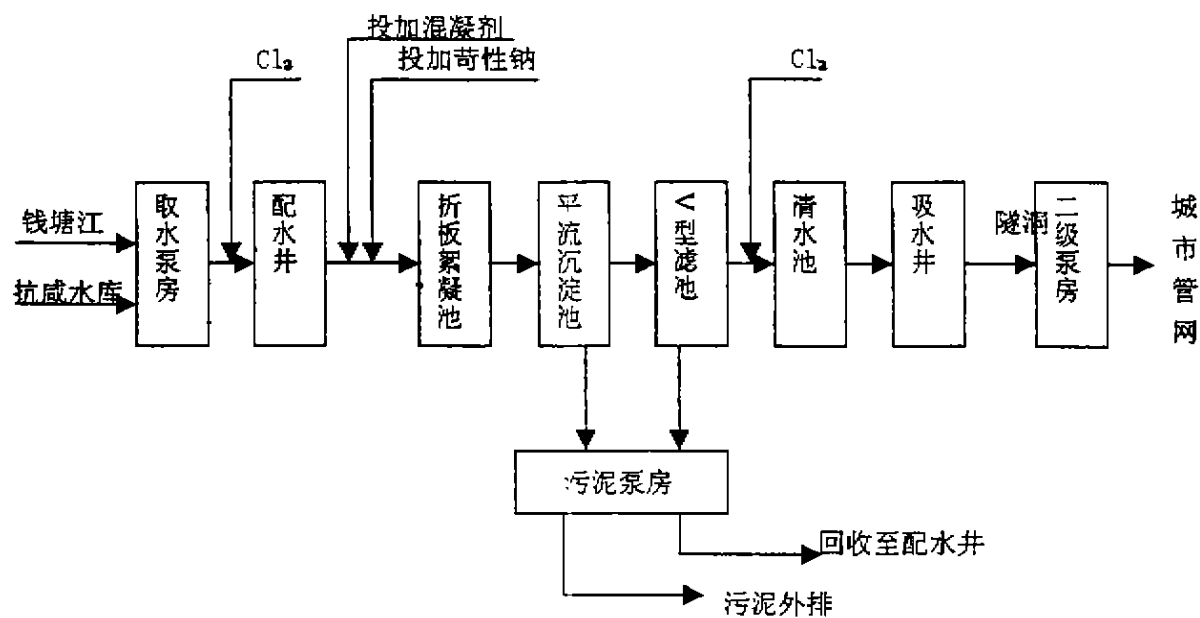


图1 工艺流程图

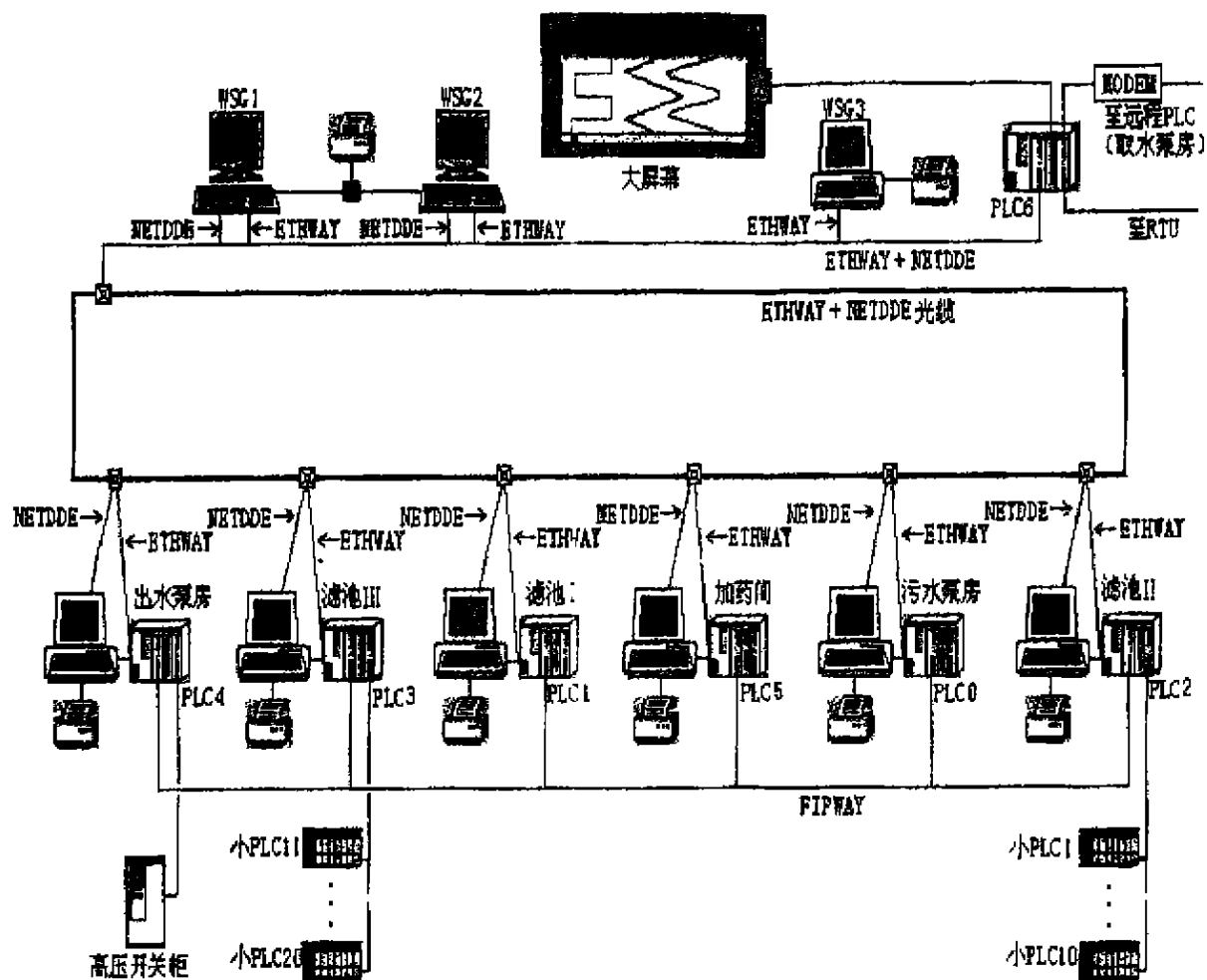


图2 九溪水厂自控系统图

个 DCS 系统的无故障工作时间 (MTBF), 也就要从提高这三个层次的 MTBF 着手。

对于 PLC 系统来说, 目前它的 MTBF 水平已经达到 2×10^5 小时, 通信网络的 MTBF 也达到 1×10^5 小时, 相比较, 最容易发生故障的是监控主机, 目前最优秀的台式机的 MTBF 大约为 4×10^4 小时, 差不多比 PLC 系统和网络系统低了一个数量级。要提高整个 DCS 系统的无故障工作时间, 就必须对最薄弱环节进行补偿, 即提高监控主机的 MTBF。在该系统中, 主机按照双机热备结构进行配置, 这样, 在切换时, 既不会丢失数据, 又使它的 MTBF 提高到原先的 1.5 倍。即可使主机的 MTBF 从 4×10^4 小时提高到 6×10^4 小时。从而使整个 DCS 系统的无故障工作时间提高到原有的近 1.5 倍。

(2) 工作原理

两台工作主机通过网卡与 ETHWAY 网络相连接, 具有相同的数据库, 并且同时从 PLC6 读取数据。平时一台主机执行 Master 任务, 即执行接收数据、监视 Slave 方、发送命令, 一旦 Slave 方有故障, 进行出错报警。另一台执行 Slave 任务, 即从 PLC6 读取数据、监视 Master 方, 在 Master 方工作不正常情况下, 把自己从 Slave 方升级为 Master 方同时进行报警。

——计算机启动

当 WSG1 启动时, 探测 WSG2 是否在正常运行: 是, 且 WSG2 为 Master, 则 WSG1 为 Slave; 否, 则 WSG1 为 Master, WSG2 为 Slave。

当 WSG2 启动时, 探测 WSG1 是否在正常运行: 是, 且 WSG1 为 Master, 则 WSG2 为 Slave; 否, 则 WSG2 为 Master, WSG1 为 Slave。

——正常状态

假定为 Master, WSG2 为 Slave。

WSG1 在一定时间间隔内从 PLC6 将数据写入自己相应目录, 监视自身程序运行 (主要手段是监视报表数据的正常性), 同时监视 WSG2 工作是否正常, 若 WSG2 工作不正常, 则报警。

WSG2 在一定时间间隔内从 PLC6 将数据写入自己相应目录, 并检测 WSG1 运行状态。当发现 WSG1 有故障时, 把自己升级为 Master, 同时报警。

——故障发生

假定此时 WSG1 有故障, WSG2 正常。

当 WSG2 发现 WSG1 有故障时, 把自己升级为 Master, 执行 Master 任务, 同时报警。

WSG1 修复后加入到新系统中去, 探测 WSG2 是否存在, 并检测其状态。若 WSG2 仍为 Slave, 则 WSG1 设为 Master, 否则被设为 Slave, 执行 Slave 任务。

2.2.2 高可靠的网络结构

(1) 设计思想

DCS 系统的通讯网络是三级控制的神经和桥梁, 采用高可靠性的网络结构, 目标是将网络系统的可靠性提高到 1×10^5 小时, 实现除了主要操作人员在服务器的中央控制, 也可以实现在维护时就地控制。

为了提高运行速度和可靠性, 不采用单一形式的通讯网, 而是配置了高可靠的网络结构。具体是:

各 PLC 站之间采用高可靠的 FIPWAY 网络实现联接, 完成 PLC 之间的数据通讯; PLC 与 RTU 之间通过 MODBUS 通讯协议, 实现与总公司的数据通讯; 各控制站计算机利用 ETHWAY 高流量通讯网络和 NETDDE 互相联接, 实现计算机之间的快速信息交换;

这种网络结构的优点是充分保证了 DCS 内部三级控制方式之间的故障不受影响, 各级网络之间又是隔离的, 具有更快的信息交换速度和更高的可靠性。当其中某一个网络发生故障时, 可以自动改变通信传送链路进行信号传输, 使系统控制的影响减到最小。

(2) 工作原理

A, 整个系统的正常动作为

——操作人员指令通过两台服务器中的一台发出;

——各就地工作站发出的指令, 仅仅是维护或排错时使用。

B, 在正常操作模式下, 现场工作站通过 NETDDE 链路连接其中一个服务器, 不是直接从 PLC 接收数据。服务器主控着一个刷新其它计算机的实时数据库。同时, 这个实时数据库通过 ETHWAY 协议在两个服务器 (WSG1 和 WSG2) 上从 PLC 取得数据并对其进行刷新。报表管理站 (WSG3) 在凌晨 1:00 打开, 生成报表, 耗时不超过 3 分钟。

C, 当数据库在 PLC 内改变时, 它

——首先刷新服务器 WSG1 和 WSG2;

——之后通过 NETDDE 链中在现场工作站刷新, 数据的获取来自服务器中的数据库 (上述操作约

耗时 3 秒)。

D, 当操作员将指令从其中一台服务器发送到 PLC 时, 软件

——首先刷新服务器中的数据库;

——之后将指令送到 PLC (上述操作约耗时 3 秒)。

E, 当操作员将指令从其中一个现场工作站发送到 PLC 时, 软件

——首先通过 NETDDE 链路刷新现用服务器中的数据库;

——之后现用的服务器将该指令发送给各 PLC (上述操作约耗时 3 秒)。

F, 当发生通信故障时, 处理分以下三个步骤:

——通过现有服务器, 检测通信故障;

——改变链路, 连接到后备服务器;

——若后备服务器绕过服务器失败, 改变链路, 直接连接到就地 PLC (上述操作约耗时 2 分钟)。

该系统设计能从任一现场工作站提供整个水厂的画面, 每个现场工作站能控制其对应的就地 PLC。当维护需要时, 每个现场工作站不但可以控制就地 PLC, 还可以控制其它 PLC。

2.2.3 完善的辅助系统

辅助系统的重要不容忽视, 它是自控系统正常运行、加强集中管理力度的保证。

为了适应全自动水厂管理的需要, 在全厂范围内配置了监测系统, 该系统由 7 台室外摄像机、5 台室内摄像机和 4 台显示屏组成, 对生产关键部位实现全方位和全天候监测。

考虑到杭州处于雷电多发区, 配置了完善的避雷系统, 包括防直接雷系统、防感应雷的电源避雷、网络避雷、信号避雷、一次仪表避雷系统等, 有效地避免了雷击引起的故障, 为控制系统提供了一个安全的运行环境。

2.2.4 新版本的 INTOUCH 工业组态软件

INTOUCH 是一套面向对象的图形人机界面应用开发软件, 它可运行在 WINDOWS NT 或 WINDOWS 95 环境下。新 INTOUCH 7.0 版本具有面向对象的图形功能, 动画连接功能, 标准用户界面, 精灵图库功能, 动态参数功能等。使用新的功能后, 具有画面立体感强, 操作误码率小等优点。

2.3 自控系统的建设特点

2.3.1 分期建设, 逐级提高

九溪水厂是分三期建设的, 在后二期的建设中, 我们对第一期的 PLC 硬件和软件作了较大改动, 以提高其性能。改动的目的是要将整个九溪水厂工程作为一个整体来考虑, 每改动一次, 就提高一次。

2.3.2 对一次仪表的可靠性予以特别关切

对于水厂仪表的可靠性予以特别关切

对于水厂自控系统来说, 由于 PLC 的可靠度达到 0.9999 以上, 调度计算机的可靠度采用冗余结构来达到, 因此影响自控系统可靠性的最大问题是一次仪表。在一次仪表的选用上, 我们坚持以可靠性作为首先的衡量指标, 而不一定迷信进口。如流量计的选用, 经过比较, 我们采用上海光华—爱尔美特产品。

2.3.3 对进口技术的消化从谈判开始

国际先进设备和技术的消化、吸收、创新、提高工作, 不是一朝一夕之功, 我们对这项工作的体会是, 必须安排技术人员, 从项目的引进谈判、水厂设计、设备安装、调试一以贯之。这对现代化水厂的建设是非常有利的。

3 主要考核指标和参数

目前对于水厂自控系统和考核指标, 多数采用模糊的处理方法, 没有统一标准。在九溪水厂的建设中, 我们提出了一套量化的考核指标和参数。

3.1 操作指令的执行时间

从操作人员敲击键盘到命令执行的平均时间 ≤ 3 秒钟。

3.2 冗余系统的切换时间

当主设备发生故障, 后备设备自动取代主设备的间隔时间 ≤ 30 秒钟。

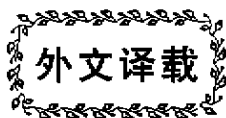
3.3 计算机画面上数据刷新周期

计算机显示数据刷新时间 ≤ 500 毫秒。

3.4 在 72 小时内容许的通信故障发生的累计时间和一次故障的最长时间

广义的通信故障分为两类, 一类是指使系统失去监测和控制功能的通信故障, 故障不能自选消除, 这类通信故障是不允许发生的, 这类通信故障发生的次数为 0。

另一类是计算机之间发生的暂时的通信中断, 这种通信中断是由于以太网 (EtherNet) 协议 (IEEE802.3) 的特性决定的, 它对系统的监测和控制功能没有影响, 而且可以自行恢复, 这类故障发生的累计时间不超过 30 秒, 一次最长时间不大于 10 秒。



紫外线消毒饮用水

在美国,用紫外线消毒废水是一门众所周知的技术。该技术已广泛用来使已处理废水中的微生物污染减至最低程度。可是,此种技术以往在该国尚未应用到饮用水的处理中。而在欧洲恰好相反,尽管在那里用紫外线消毒废水是一项新技术,但用其消毒饮用水的历史却可追溯至约一百年前。

历史背景

1910年,法国马赛的一家自来水厂首先安装了一套紫外线系统对饮用水进行消毒,但两三年后,该厂用加氯系统取代了紫外线系统。

50年代,作为特别饮用水的化学消毒剂的替代品,紫外线消毒重新被投入使用。例如在瑞士的遥远山区仍在采用最陈旧的紫外线装置对饮用水消毒。

此后,由于技术上的进步,紫外线灯可靠性的提高以及通过实践获得的经验,紫外线消毒在消毒市场上所占的份额有所提高。70年代紫外线消毒市场

获益于对饮用水的研究。1974年,《天然水加氯处理中三卤甲烷的形成》的有关对氯消毒副产品研究的论文得以发表。根据该文的研究成果,许多专家对寻找代替氯进行消毒的选择方案产生了兴趣。紫外线消毒技术开始成了大家感兴趣的新课题,紫外线消毒系统也越来越多地被安装使用。

现在,紫外线消毒技术作为一种完全可靠的安全饮用水消毒法在欧洲已广泛得到认可。在芬兰赫尔辛基的一家工厂中,这种世界上最大紫外线消毒装置的处理能力已达到82mgd。

紫外线的消毒机理

紫外线在200纳米到280纳米的短波范围内,被用来破坏水污染物中细菌和病毒的脱氧核糖核酸。吸附脱氧核糖核酸的理想波长约为260纳米。正如所有的消毒方法那样,其消毒效果取决于一种浓缩时间(CT)产品,需将其转换成强度乘时间的等式,即:

$$\text{强度}(W/m^2) \times \text{时间}(S) = J/m^2 = 0.1mJ/cm^2 = 0.$$

对九溪水厂DCS系统的性能测试,全部达到了以上标准。

4 运行管理情况

九溪水厂工程投入运行一年多来,经过了性能测试,运行情况良好。出水水量、水质和水压等技术指标均达到并超过了设计要求。先进的制水工艺、高质量的自控管理水平不仅得到例行检查的世行官员的称赞,也受到社会各界的极大关注,参观人员络绎不绝。

九溪水厂的顺利投产,使杭州市的设计日供水能力达到143万吨,大大改善了低压区的供水状况,为新世纪杭州市经济腾飞和社会发展创造了有利的条件。

3.5 数据通信负载容量和考核方法

平均负荷 $\leq 2\%$,峰值负荷 $\leq 10\%$ 。可由现场使用的硬件网络测试器测得。

3.6 故障发生到屏幕显示时间

从故障发生到屏幕显示时间

从故障发生到显示在计算机上的时间 ≤ 3 秒钟(不包括非协调性故障或获得通信故障的时间)。

3.7 PLC控制器对一次仪表数据的采集周期

一次仪表数据采集周期 ≤ 20 秒。

3.8 PLC控制器之间询问时间和等待时间

PLC扫描周期由Intouch设定,常规值为1—2秒钟。

3.9 计算机之间询问时间

计算机请求和等待时间由Windows NT及Net DDE设定,请求时间常规值为1秒,等待时间常规值为5秒。

△作者通讯处:310009 杭州市建国南路168号杭州市自来水总公司
电话:(0571)7815788-81408