



TK 系列便携式电量（波形）记录分析仪  
水轮机调速系统特性参数分析计算功能

# 使用说明书

北京同控电力系统技术有限公司

2022 年 08 月

# 目 录

概述.....	2
一、 调速器静态特性试验数据记录及相关参数的分析计算.....	3
1、 调速系统静态特性试验自动记录、抽取稳态数据的稳定判据说明.....	4
2、 从连续录波的数据曲线中自动抽取静特性数据表的操作说明.....	5
3、 调速系统静态特性试验稳态数据自动记录功能操作说明.....	10
4、 转速死区 $i_x$ 、线性度误差 $\varepsilon$ 及回归直线方程参数的计算及导出.....	11
5、 随动装置不准确度 $i_a$ 、线性度误差 $\varepsilon$ 及回归直线方程的计算及导出.....	14
二、 调速系统参数校验及动态特性分析计算.....	16
1、 永态转差系数 $b_p$ 值校验试验的分析计算操作说明.....	16
(1) 人工频率死区为 0 的 $b_p$ 值校验试验分析过程说明.....	16
(2) 人工频率死区为非 0 的 $b_p$ 值校验试验分析说明.....	21
2、 比例增益 $K_P$ 的分析计算操作说明.....	22
3、 积分增益 $K_I$ 的分析计算操作说明.....	26
4、 微分增益 $K_D$ 的分析计算（暂时没做）.....	31
5、 继电器开关时间计算操作说明.....	31
6、 甩 25% 负荷试验继电器不动时间的计算操作说明.....	36
7、 手动、自动空载转速摆动量计算操作说明.....	39
8、 空载频率扰动试验相关参数的计算操作说明.....	42
9、 甩负荷试验相关参数的计算操作说明.....	48
10、 功率控制一次调频频率阶跃扰动试验分析计算.....	54
11、 开度控制一次调频频率阶跃扰动试验分析计算.....	54
12、 并网功率阶跃扰动试验相关参数分析计算说明.....	54
13、 并网开度阶跃扰动试验相关参数分析计算说明.....	60

## 概述

为满足水轮机调速系统静态特性试验及动态试验的数据分析及特性参数计算 TK 系列便携式电量（波形）记录分析仪应用软件根据调速系统相关标准及试验规范设计了专门的分析计算软件，可以便捷的计算得到各种试验对应的调速系统性能指标等特性参数。

1、参数计算遵循的标准及试验规范如下：

- ① DLT 496-2016 水轮机电液调节系统及装置调整试验导则
- ② DLT 563-2016 水轮机电液调节系统及装置技术规程
- ③ DLT1245-2013 水轮机调节系统并网运行技术导则
- ④ GB50493-2021 同步发电机调速系统参数实测及建模导则
- ⑤ GB/T9652. 1-2019 水轮机调速系统技术条件
- ⑥ GB/T9652. 2-2019 水轮机调速系统试验
- ⑦ DLT2194-2020 水力发电机组一次调频技术要求及试验导则
- ⑧ GBT 40594-2021 电力系统网源协调技术导则
- ⑨ GBT 40595-2021 并网电源一次调频技术规定及试验导则

2、TK 软件能够分析计算的调速系统性能指标等特性参数见本说明书后述说明

## 一、调速器静态特性试验数据记录及相关参数的分析计算

由于调速系统静特性试验存在试验总时间较长、中间阶梯调节步骤很多、每一阶梯状态的维持时间较短、测试过程必须单向（不允许出现折返现象）的特点，决定了很难依靠人工手动操作的方式记录每次阶梯调节后的稳态数据。

为了正确记录调速系统静特性试验的完整过程，现在基本上以连续录波的模式将完整的试验过程连续记录下来，后期再以人工手动方式从录波数据曲线中整理出调速系统静特性试验过程各阶梯调节后的稳态数据，从而获得调速系统静特性试验数据记录表。这种操作方式虽然能保证完整且正确的记录调速系统静特性试验的整个过程，但存在现场试验记录数据容量庞大，后期人工处理数据的工作量比较大的不足。

为了减轻调速系统静特性试验现场试验人员记录数据的负担，做到试验现场可以便捷的实时获得试验结果，减少后期人工处理数据的工作量。TK 系列便携式电量（波形）记录分析仪专门新增设计了“稳态数据自动记录”功能、“自动抽取稳态数据”功能、“转速死区  $i_x$ 、线性度误差  $\varepsilon$  及回归直线方程参数自动计算”功能、“随动装置不准确度  $i_a$ 、线性度误差  $\varepsilon$  及回归直线方程参数自动计算”功能。

(1) “稳态数据自动记录”功能：应用于调速系统静特性试验现场数据记录过程，可以实现自动、可靠、不重复的准确记录静态特性试验过程中每次阶梯调节后的稳态数据。

(2) “自动抽取稳态数据”功能：应用于已经采用连续录波或长期监测模式记录的调速器静特性试验数据文件，实现从已记录的调速器静特性试验连续录波（或长期监测）数据曲线中自动、可靠、不重复的准确抽取静态特性试验过程中每次阶梯调节后的稳态数据，并生成特性试验格式的静特性数据文件。

(3) “转速死区  $i_x$ 、线性度误差  $\varepsilon$  及回归直线方程参数自动计算”功能：在已生成的特性试验格式的静特性数据文件基础上自动生成回归直线方程、自动计算转速死区  $i_x$  及线性度误差  $\varepsilon$ ，绘制以接力器行程（导叶开度）为 X 轴的调速器静特性曲线。

(4) “随动装置不准确度  $i_a$ 、线性度误差  $\varepsilon$  及回归直线方程参数自动计算”功能：在已生成的特性试验格式的静特性数据文件基础上自动生成回归直线方程、自动计算随动装置不准确度  $i_a$  及线性度误差  $\varepsilon$ ，绘制以转速（频率）为 X 轴的调速器静特性曲线。

## 1、调速系统静态特性试验自动记录、抽取稳态数据的稳定判据说明

TK2.0 版软件新增设的“稳态数据自动记录”及“自动抽取稳态数据”功能都需要实现无遗漏的完整记录各阶梯调整状态后的稳态数据（不能记录动态调节过程的数），且各阶梯调整状态后的稳态数据只能记录一组数（不能重复记录）。为防止自动记录及自动抽取稳态数据过程中错误的记录动态调节过程的数据，同时也避免重复记录同一稳态点的数据，TK2.0 版软设置了记录或抽取稳态数据的 3 条判定条件：① 稳定状态持续时间 T、② X 轴变量最大波动量及相邻两点的最小间距、③ Y 轴变量最大波动量及相邻两点的最小间距。同时满足以上 3 个稳态数据判定条件时仪器即自动记录或抽取当前的稳态数据作为静特性试验当前状态对应的稳态数据记录值。

### (1) 稳定状态持续时间 T；

定义说明：被测对象中被定义为 X 轴变量及 Y 轴变量的两个信号在连续的 T 时间内，各自的波动量都不超过各自定义的最大波动量允许值

### (2) X 轴变量最大波动量及相邻两点的最小间距 $\Delta X$ ；

① X 轴变量最大波动量：当 X 轴对应的信号在连续的 T 时间段内最大值与最小值的差值小于此定义值时认为 X 轴对应的信号已经进入稳定状态，否则认为信号处于动态调节过程的非稳定状态；

② 相邻两点的最小间距  $\Delta X$ ：X 轴对应的信号当前稳定点与已记录的最后一个稳定点之差的幅值小于此定义值时不允许记录当前稳定点数据，只有当前稳定点与已记录的最后一个稳定点之差的幅值大于此定义值时才允许记录当前稳定点数据。

### (3) Y 轴变量最大波动量及相邻两点的最小间距 $\Delta y$ ；

① Y 轴变量最大波动量：当 Y 轴对应的信号在连续的 T 时间段内最大值与最小值的差值小于此定义值时认为 Y 轴对应的信号已经进入稳定状态，否则认为信号处于动态调节过程的非稳定状态；

② 相邻两点的最小间距：Y 轴对应的信号当前稳定点与已记录的最后一个稳定点之差的幅值小于此定义值时不允许记录当前稳定点数据，只有当前稳定点与已记录的最后一个稳定点之差的幅值大于此定义值时才允许记录当前稳定点数据。

(4) 稳态数据记录条件：同时满足条件(1)、(2)、(3)的稳态数据将被自动记录。

## 2、从连续录波的数据曲线中自动抽取静特性数据表的操作说明

如果现场的静特性试验过程采用了连续录波方式或长期监测方式记录整个试验过程，TK2.0 软件提供了从连续录波数据曲线或长期监测数据曲线中自动抽取稳态特征数据的静特性数据表并生成特性试验格式的静特性数据文件的功能，具体说明如下：

### (1) 打开调速器静特性试验过程连续录波（或长期监测）文件

打开某调速器静特性试验过程的连续录波文件“静态特性 A.tk2”后的波形曲线如图 1.1 所示

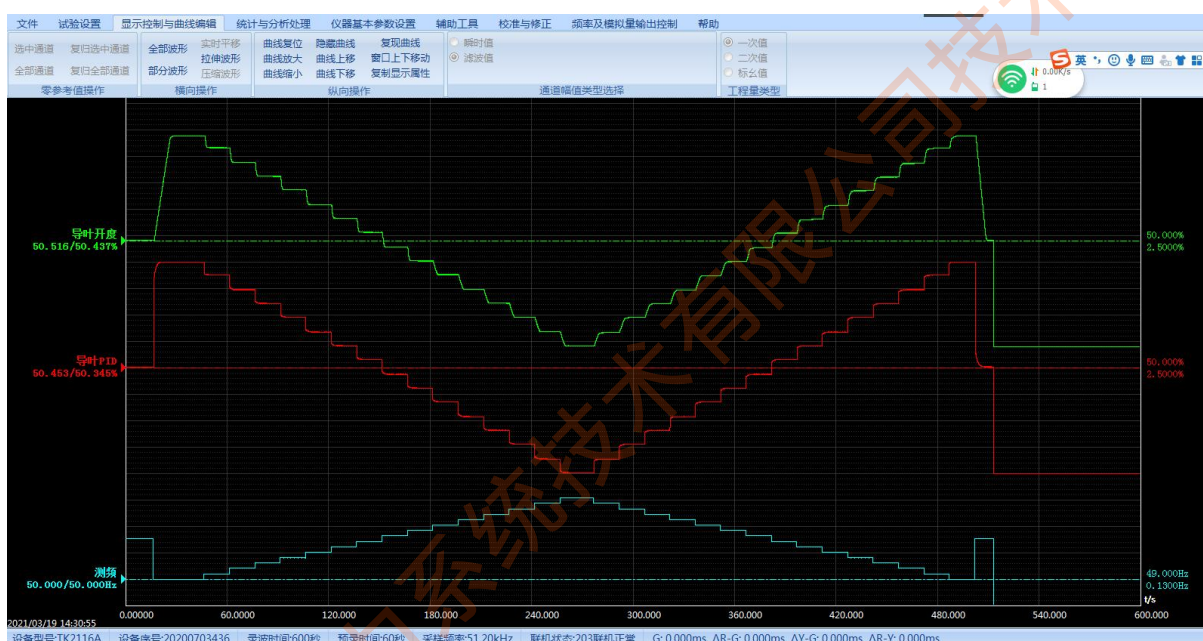


图 1.1、某调速器静特性试验过程连续录波数据文件波形图

### (2) 设置自动抽取稳态特征数据的时间区间

① 在图 1.1 的基础上选择执行“统计与分析处理”→“自动抽取数据”的菜单命令，出现图 1.2 所示的“自动抽取特征数据参数设置”对话框。

② 在图 1.2 状态下根据试验曲线的实际情况用红色及绿色两根游标确定试验有效数据的起始时间与结束时间，也就是确定抽取稳态特征数据的时间区间，具体如图 1.3 所示的红色及绿色游标。

### (3) 设置自动抽取稳态数据关键通道的稳定状态判据

根据实际静特性试验设置情况设置自动抽取稳态数据关键通道（静特性曲线的 X 轴、Y 轴对应的通道）的稳定状态判据，如图 1.4 示。

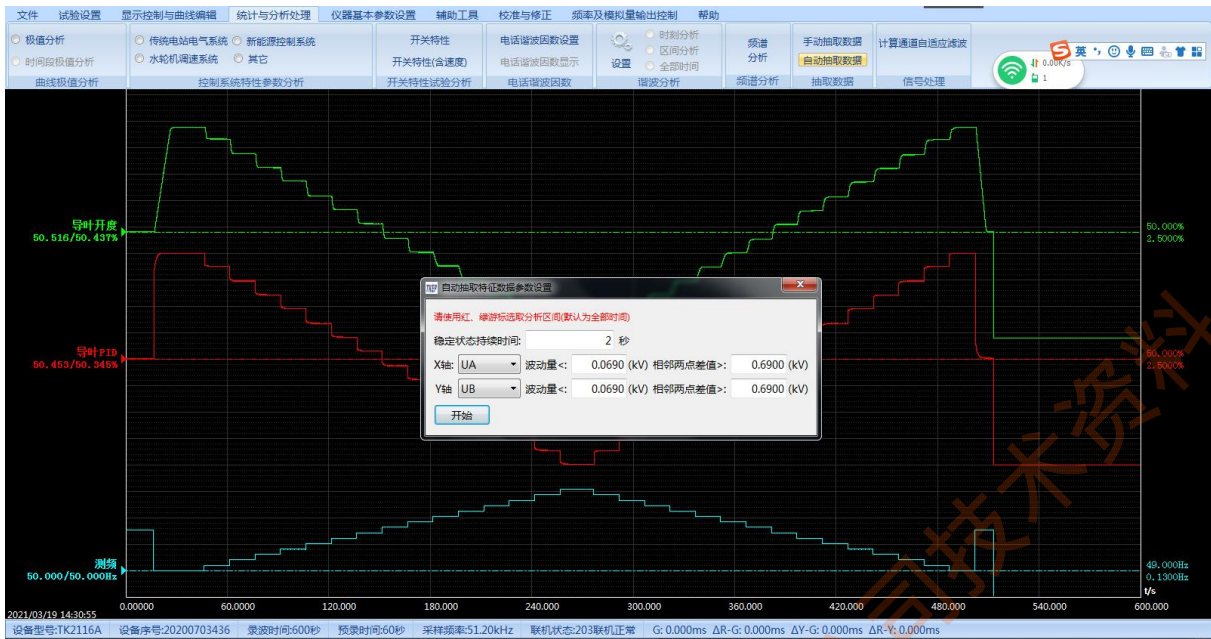


图 1.2、从静特性试验连续录波数据中自动抽取稳态特性数据过程

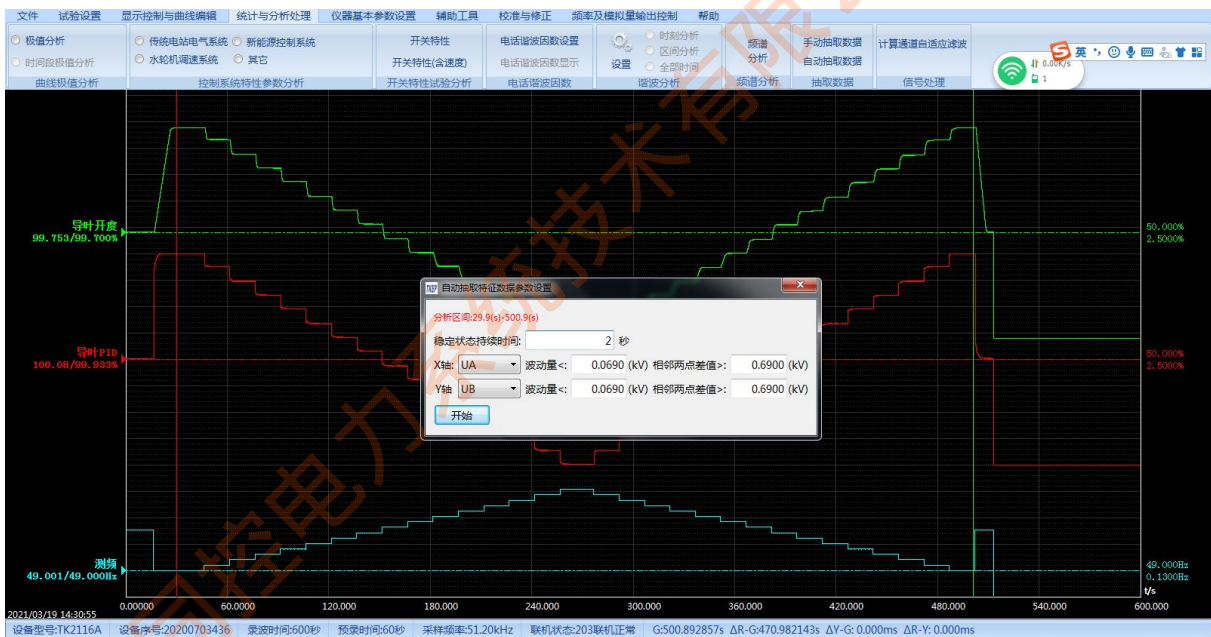


图 1.3、用红、绿游标在静特性试验连续录波图中确定抽取数据的时间范围示意图



图 1.4、在自动抽取稳态特征数据的稳态数据判据设置界面

### ① 关键通道的选定：

调速系统静特性试验的关键通道为接力器行程（或导叶开度）及转速（或频率），本试验中选择“导叶开度”通道作为调速系统静特性曲线的 X 轴变量，选择“测频”通道作为调速系统静特性曲线的 Y 轴变量；

### ② 关键通道额定值的确定：

在选定调速系统静特性试验的关键通道时，如果所选通道未设置额定值，仪器将要求输入所选通道的额定值，如图 1.5 所示；



图 1.5、自动抽取稳态特征数据稳定判据通道额定值设置界面

### ③ 稳定状态持续时间的确定：

从录波图看每个状态序列基本保持了 15 秒左右，频率的稳定时间在 15 秒左右，导叶开度经动态调整后稳定时间为 8~10 秒左右，为了能可靠获得所有的稳定状态数据，选择 50%~70%左右的稳定时间，本例中稳定状态持续时间取 5 秒。

### ④ 最大波动量的确定：

用极值分析查看测频、导叶开度两个通道的波动量（如图 1.6 所示），频率的最大波动量在 0.0008Hz 左右，导叶开度的最大波动量在 0.2%以内，为了能可靠获得所有的稳定状态数据，选择 200%以上的波动量，本例中频率最大波动量可以取 0.002Hz，导叶开度最大波动量可以取 0.4%。也可以适当放宽波动量范围，频率最大波动量也可以取 0.003Hz，导叶开度最大波动量也可以取 0.5%。

### ⑤ 相邻两点最小差值的确定：

本例中频率稳态值的级差为 0.13Hz~0.14Hz 之间，导叶开度的级差为 7%左右，为了能可靠获得所有的稳定状态数据，选择 50%左右的级差，本例中频率的相邻两点最小差值可以取 0.007Hz，导叶开度的相邻两点最小差值可以取 4%。

### ⑥ 自动抽取稳态数据并保存特性试验数据文件

按“（3）设置自动抽取稳态数据关键通道的稳定状态判据”的方式设置好自动获取稳态特征数据的判据后，在图 1.4 的状态下点击“开始”，按软件提示选择合适的保存路径，将自动获取稳态数据“特性试验类型的数据文件”的存储目录及文件名称，软



件将自动获取的稳态数据按特性试验的数据格式保存文件，文件名称在原数据文件名称的基础上增加“-特性曲线”，本例中新生成的文件名称为“特性试验 A-特性曲线.tk2”。



图 1.6、用极值分析工具查看波动量的大小示意图界面

⑦ 打开“自动抽取数据”功能生成的特性试验数据文件

打开新生成的特性试验类型数据文件“特性试验 A-特性曲线.tk2”得到如图 1.7 所示的调速器静态特性曲线，特性曲线的 X 轴为“导叶开度”通道的标么值，Y 轴为频率“测频”通道的标么值。

将图 1.7 调速器静态特性曲线中的 X 轴右边界由原来的 120%改为 100%，Y 轴下边界由原来的 0%改为 97.5%、上边界由原来的 120%改为 102.5%，得到图 1.8 所示的实测调速器静态特性曲线。

点击图 1.7 中“显示方式”中的“数据表格”按钮，将得到图 1.9 所示的调速器静态特性试验的数据记录表格界面。

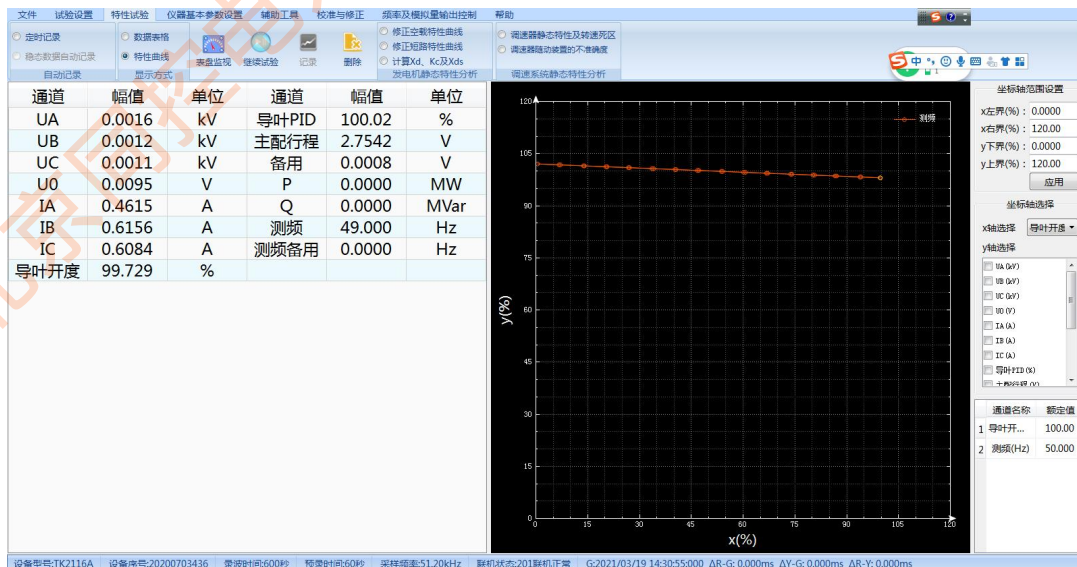


图 1.7、打开新生成“特性试验 A-特性曲线.tk2”的特性曲线界面

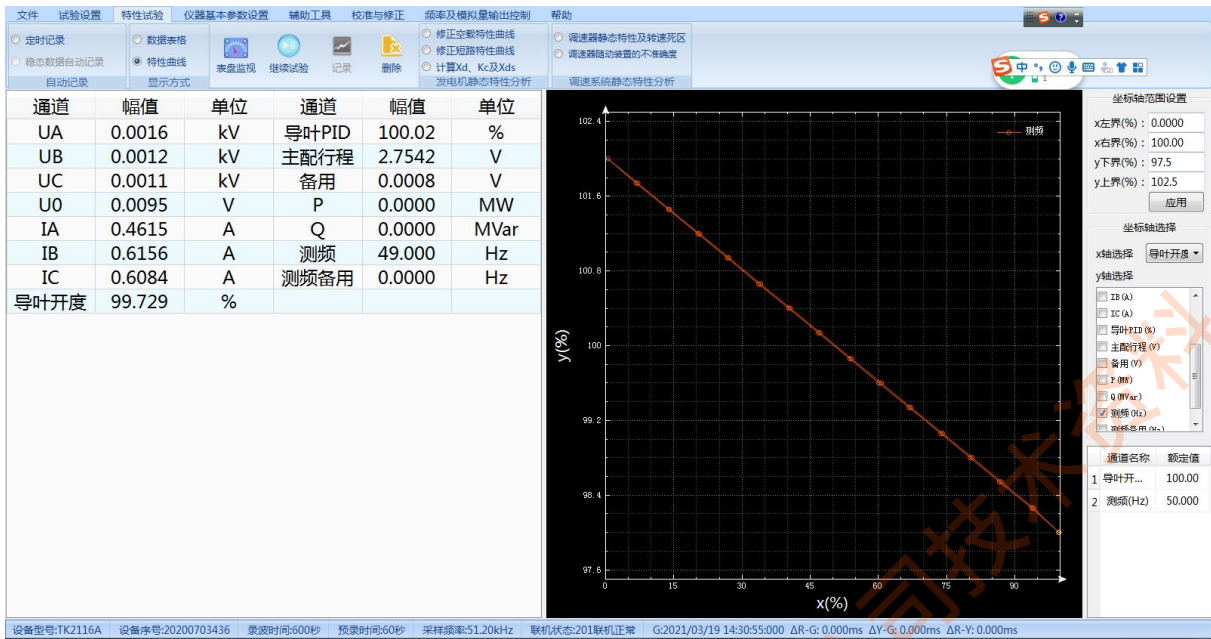


图 1.8、调整坐标后的实测调速器静态特性曲线界面

序号	时间	UA(kV)	UB(kV)	UC(kV)	UO(V)	IA(A)	IB(A)	IC(A)	导叶开度(%)	导叶PID(%)	主配行程(V)	备用(V)	P(MW)	Q(MVar)	测频(Hz)	测频备用(Hz)
1	2021/03/19 14/31/31	0.0014	0.0012	0.0012	0.0065	1.1640	0.8662	1.0720	99.730	100.02	2.7675	0.0011	0.0000	0.0000	49.000	0.0000
2	2021/03/19 14/31/48	0.0020	0.0016	0.0015	0.0094	1.3803	1.2440	1.1808	94.128	94.001	2.5018	0.0009	0.0000	0.0000	49.130	0.0000
3	2021/03/19 14/32/03	0.0015	0.0014	0.0012	0.0098	1.3666	1.1214	1.3354	87.054	86.909	2.5089	0.0009	0.0000	0.0000	49.271	0.0000
4	2021/03/19 14/32/18	0.0015	0.0015	0.0012	0.0104	1.0142	1.1039	1.0525	80.682	80.506	2.4325	0.0007	0.0000	0.0000	49.400	0.0000
5	2021/03/19 14/32/33	0.0018	0.0017	0.0013	0.0098	0.6217	0.7847	0.4951	74.168	74.001	2.5132	0.0008	0.0000	0.0000	49.529	0.0000
6	2021/03/19 14/32/48	0.0010	0.0011	0.0011	0.0097	0.4756	0.5182	0.4333	67.119	66.997	2.4919	0.0006	0.0000	0.0000	49.669	0.0000
7	2021/03/19 14/33/03	0.0011	0.0013	0.0011	0.0106	0.6570	0.4967	0.5684	60.672	60.500	2.4931	0.0007	0.0000	0.0000	49.800	0.0000
8	2021/03/19 14/33/18	0.0021	0.0014	0.0015	0.0093	1.0421	0.8664	1.1576	54.016	54.010	2.4939	0.0008	0.0000	0.0000	49.930	0.0000
9	2021/03/19 14/33/33	0.0017	0.0014	0.0014	0.0109	1.2924	1.1403	1.1072	47.177	47.006	2.4989	0.0007	0.0000	0.0000	50.069	0.0000
10	2021/03/19 14/33/48	0.0015	0.0015	0.0010	0.0112	0.7339	0.7126	0.4289	40.606	40.407	2.4379	0.0007	0.0000	0.0000	50.201	0.0000
11	2021/03/19 14/34/04	0.0014	0.0013	0.0014	0.0096	0.3485	0.7780	0.4762	34.096	33.906	2.5115	0.0008	0.0000	0.0000	50.330	0.0000
12	2021/03/19 14/34/19	0.0017	0.0016	0.0012	0.0118	1.2417	0.7843	1.0461	27.105	26.913	2.4959	0.0009	0.0000	0.0000	50.470	0.0000
13	2021/03/19 14/34/34	0.0016	0.0017	0.0017	0.0108	1.2317	1.0913	1.1716	20.639	20.397	2.4938	0.0006	0.0000	0.0000	50.599	0.0000
14	2021/03/19 14/34/49	0.0017	0.0013	0.0012	0.0100	0.7341	0.7641	0.7852	14.052	13.899	2.5192	0.0007	0.0000	0.0000	50.729	0.0000
15	2021/03/19 14/35/04	0.0013	0.0012	0.0010	0.0087	0.8180	0.5859	1.0228	7.0973	6.9557	2.5180	0.0008	0.0000	0.0000	50.870	0.0000
16	2021/03/19 14/35/19	0.0015	0.0013	0.0011	0.0104	1.1642	1.0016	1.0045	0.4907	0.4013	2.4930	0.0007	0.0000	0.0000	51.001	0.0000
17	2021/03/19 14/35/40	0.0016	0.0012	0.0010	0.0073	1.0067	0.9395	1.0828	6.6933	6.8941	2.6970	0.0007	0.0000	0.0000	50.870	0.0000
18	2021/03/19 14/35/55	0.0016	0.0014	0.0013	0.0100	0.4665	0.7016	0.7157	13.816	13.898	2.5443	0.0007	0.0000	0.0000	50.730	0.0000
19	2021/03/19 14/36/10	0.0012	0.0014	0.0011	0.0080	1.1024	0.8174	1.1171	20.321	20.398	2.5361	0.0009	0.0000	0.0000	50.599	0.0000
20	2021/03/19 14/36/25	0.0012	0.0013	0.0010	0.0097	0.7047	0.6218	0.7344	26.786	26.910	2.6959	0.0010	0.0000	0.0000	50.470	0.0000
21	2021/03/19 14/36/40	0.0014	0.0011	0.0010	0.0057	0.9860	0.5819	0.9408	33.647	33.905	2.6830	0.0011	0.0000	0.0000	50.330	0.0000
22	2021/03/19 14/36/55	0.0013	0.0017	0.0012	0.0069	1.1777	0.8490	1.0897	40.264	40.398	2.6751	0.0008	0.0000	0.0000	50.201	0.0000
23	2021/03/19 14/37/09	0.0013	0.0013	0.0013	0.0089	0.4312	0.4662	0.4436	46.784	46.903	2.6513	0.0009	0.0000	0.0000	50.069	0.0000
24	2021/03/19 14/37/24	0.0015	0.0013	0.0013	0.0095	1.1827	0.9795	1.0316	53.724	53.904	2.6666	0.0005	0.0000	0.0000	49.930	0.0000
25	2021/03/19 14/37/39	0.0013	0.0010	0.0009	0.0082	0.6642	0.5179	0.4375	60.123	60.407	2.7036	0.0010	0.0000	0.0000	49.800	0.0000
26	2021/03/19 14/37/54	0.0010	0.0011	0.0008	0.0067	1.1397	0.8153	1.1026	66.771	66.901	2.7168	0.0008	0.0000	0.0000	49.669	0.0000
27	2021/03/19 14/38/09	0.0013	0.0011	0.0008	0.0090	0.4471	0.4707	0.4244	73.769	73.906	2.6595	0.0007	0.0000	0.0000	49.529	0.0000
28	2021/03/19 14/38/24	0.0015	0.0009	0.0010	0.0083	0.9142	0.9054	1.0780	80.212	80.402	2.6615	0.0009	0.0000	0.0000	49.400	0.0000
29	2021/03/19 14/38/39	0.0016	0.0015	0.0010	0.0095	0.6478	0.7583	0.5771	86.619	86.909	2.6692	0.0010	0.0000	0.0000	49.271	0.0000
30	2021/03/19 14/38/54	0.0014	0.0014	0.0011	0.0070	1.0309	0.7615	1.2719	93.826	93.908	2.5422	0.0008	0.0000	0.0000	49.130	0.0000
31	2021/03/19 14/39/10	0.0016	0.0012	0.0011	0.0095	0.4615	0.6156	0.6084	99.729	100.02	2.7542	0.0008	0.0000	0.0000	49.000	0.0000

图 1.9、“特性试验 A-特性曲线.tk2”的数据表格界面

### ⑧ 删除无效的首、尾数据并计算静特性参数

如果由于“自动抽取数据”的时间范围不太合适，生成的静特性文件的始、末位置出现无效数据时，可以利用特性试验中的“删除”功能删除首、尾的无效数据。

此后可以利用“调速器静态特性及转速死区”命令自动计算得到转速死区  $i_x$ 、回归直线方程及线性度误差  $\varepsilon$ ；也可以利用“调速器随动装置不准确度”命令自动计算得到调速器随动装置不准确度  $i_a$ 、回归直线方程及线性度误差  $\varepsilon$ ；

### 3、调速系统静态特性试验稳态数据自动记录功能操作说明

TK2.0 版软件新增的“稳态数据自动记录”功能，可以实现方便、高效、准确的自动记录调速器静态特性试验过程中每次阶梯调节后的稳态数据，可以极大的减少现场试验人员的数据记录负担。按本章中前一节所述的方法设置合适的“稳态数据判定条件”，可以防止自动记录稳态数据过程中错误的记录动态调节过程的数据，同时也可以很好的避免重复记录同一稳态点的数据。具体的“稳态数据判定条件”如本章中第 1 节所述。调速系统静态特性试验稳态数据自动记录功能具体操作过程说明如下。

#### (1) 设置试验参数并进入特性试验状态

按调速系统静态特性试验所需的信号及实际接入仪器的通道情况做好试验设置，试验类型必须选择“特性试验”模式，检查接线与试验设置无误后可以启动录波。启动录波后将进入“特性试验”界面，如图 1.7 所示。

#### (2) 选择特性曲线的 X 轴、Y 轴对应通道

在没有设定特性曲线坐标图的 X 轴、Y 轴通道时，“稳态数据自动记录”功能被禁用，只有正确定义调速系统静特性关系曲线坐标图的 X 轴、Y 轴通道后“稳态数据自动记录”功能才会被激活。调速系统静特性试验的关键通道为接力器行程（或导叶开度）及转速（或频率），一般选择“导叶开度”、“频率”对应的通道作为调速系统静特性曲线的 X 轴、Y 轴变量；

#### (3) 设置合适的“稳态数据判定条件”

当“稳态数据自动记录”功能处于激活状态时，点击“稳态数据自动记录”前的选择圆圈，选中“稳态数据自动记录”时软件将弹出如图 1.4 所示一致的“稳态数据自动记录稳定判据”，此时可以按以下原则设定“稳态数据判定条件”。

① 稳定状态持续时间的设定原则：为了能可靠获得所有的稳定状态数据，选择 20%~40% 的频率序列稳定时间，建议取 5 秒左右。

② 最大波动量的设定原则：为了能可靠获得所有的稳定状态数据，导叶开度最大波动量选择 150%~300% 的实际稳态波动量，可以取 0.3%~0.5%，建议取 0.4%；频率最大波动量可以取 0.002Hz~0.005Hz，建议取 0.003Hz。

③ 相邻两点最小差值的设定原则：相邻两点最小差值可以取 50% 左右的阶梯级差。如频率的阶梯级差为 0.2Hz 时其相邻两点最小差值可以取 0.1Hz，导叶开度的级差为 10%

左右时其相邻两点最小差值可以取 5%。

#### (4) 调速系统静态特性试验稳态数据自动记录

按上述步骤设置好“稳态数据自动记录稳定判据”后，在图 1.4 的状态下点击“确定”，软件将开始自动按定义好的“稳态数据自动记录稳定判据”自动记录静特性试验过程的稳态数据，并在特性曲线图中实时绘制实测调速器静特性曲线，如图 1.8 所示，直到停止录波。

#### (5) 删除无效的首、末数据并保存调速系统静态特性试验数据文件

停止录波后应将自动记录的调速器静特性试验数据进行存盘。

如果启动或停止“自动记录稳态数据”的时间不太合适，静特性记录文件的开始点或结束点出现无效数据的情况时，可以利用特性试验中的“删除”功能删除首、尾的无效数据。并重新保存文件。

获得调速系统静特性试验记录数据文件后就可以按本章后续的“调速器静态特性及转速死区”命令分析处理已记录的静特性数据，自动计算得到转速死区回归直线方程、转速死区  $i_x$  及线性度误差  $\varepsilon$ ；也可以采用“调速器随动装置不准确度”命令自动分析处理得到随动装置不准确度回归直线方程、调速器随动装置不准确度  $i_a$  及线性度误差  $\varepsilon$ ；

### 4、转速死区 $i_x$ 、线性度误差 $\varepsilon$ 及回归直线方程参数的计算及导出

#### (1) 转速死区 $i_x$ 、线性度误差 $\varepsilon$ 及回归直线方程参数的计算

在图 1.8 中点击“调速器静态特性及转速死区”按钮，软件弹出图 1.10 所示设置窗口，在此设置窗口中可以设置“接力器位移/导叶开度”及“转速/频率”通道各自对应的实际通道，并选择是否输出“导叶开启方向”、“导叶关闭方向”的计算结果。没有特殊情况时，在选择好“接力器位移/导叶开度”及“转速/频率”各自对应的实际通道后就可以按确定按钮，并得到如图 1.11 所示包含回归直线方程、转速死区  $i_x$  及线性度误差  $\varepsilon$  的“调速器静态特性及转速死区”分析处理结果。



图 1.10、“调速器静态特性及转速死区”算法设置界面

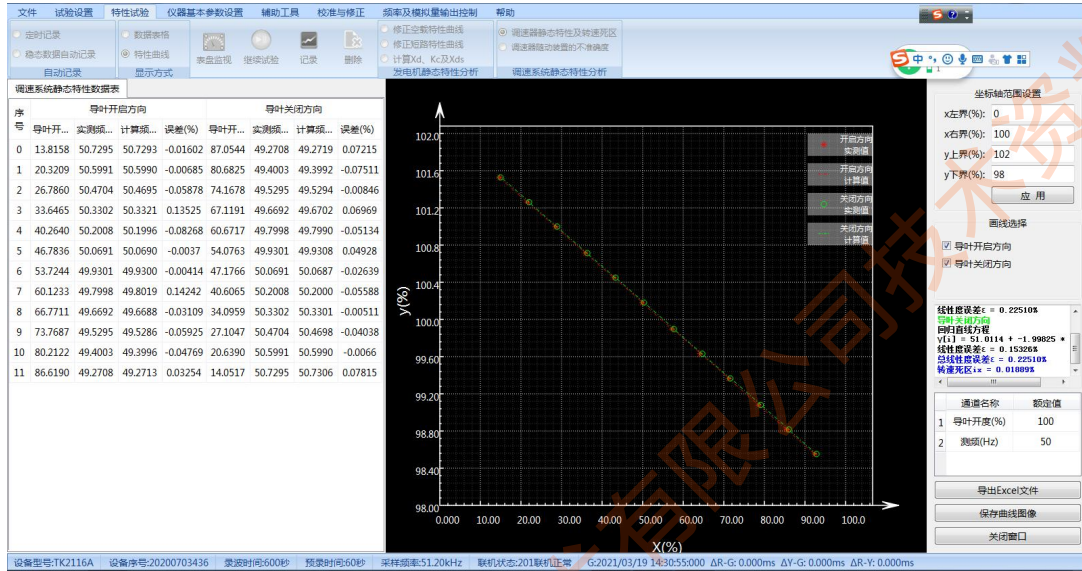


图 1.11、“调速器静态特性及转速死区”分析处理结果界面

图 1.11 的左侧为调速器静态特性数据表,包含导叶开启过程及导叶关闭过程的导叶开度实测值、频率实测值、按回归直线方程计算得到的频率理论值、频率实测值与理论值之间的误差。

图 1.11 的中间部分是以导叶开度标么值为 X 轴、频率标么值为 Y 轴的调速器静态特性曲线,包含导叶开启方向、导叶关闭方向的特性曲线,图中导叶开启方向曲线采用红色线,导叶关闭方向曲线采用绿色线。两条曲线可以各自控制是否显示。

图 1.11 的右侧包含特性曲线坐标控制、特性曲线显示控制、调速器静态特性回归直线方程、转速死区  $i_x$  及线性度误差  $\epsilon$  的显示区、调速器静态特性分析结果输出控制区。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	序号	导叶开启方向			导叶关闭方向				
2		导叶开度(%)	实测频率(Hz)	计算频率(Hz)	误差(%)	导叶开度(%)	实测频率(Hz)	计算频率(Hz)	误差(%)
3	1	13.8158	50.7295	50.7293	-0.01602	87.0544	49.2708	49.2719	0.07215
4	2	20.3209	50.5991	50.599	-0.00685	80.6825	49.4003	49.3992	-0.07511
5	3	26.786	50.4704	50.4695	-0.05878	74.1678	49.5295	49.5294	-0.00846
6	4	33.6465	50.3302	50.3321	0.13525	67.1191	49.6692	49.6702	0.06969
7	5	40.264	50.2008	50.1996	-0.08268	60.6717	49.7998	49.799	-0.05134
8	6	46.7836	50.0691	50.069	-0.0037	54.0763	49.9301	49.9308	0.04928
9	7	53.7244	49.9301	49.93	-0.00414	47.1766	50.0691	50.0687	-0.02639
10	8	60.1233	49.7998	49.8019	0.14242	40.6065	50.2008	50.2	-0.05588
11	9	66.7711	49.6692	49.6688	-0.03109	34.0959	50.3302	50.3301	-0.00511
12	10	73.7687	49.5295	49.5286	-0.05925	27.1047	50.4704	50.4698	-0.04038
13	11	80.2122	49.4003	49.3996	-0.04769	20.639	50.5991	50.599	-0.0066
14	12	86.619	49.2708	49.2713	0.03254	14.0517	50.7295	50.7306	0.07815
15	回归线性方程			$\gamma [i] = 51.0060 + -2.00268 * X[i]$			$\gamma [i] = 51.0114 + -1.99825 * X[i]$		
16	线性度误差 $\epsilon$ (%)			0.2251			0.15326		
17	总线性度误差 $\epsilon$ (%)			0.2251			0.15326		
18	转速死区 $i_x$ (%)			0.01889					

图 1.12、“调速器静态特性及转速死区”分析结果输出 EXECL 文件示意图

## (2) “调速器静态特性及转速死区”分析结果的输出

在图 1.11 中按右下角的“导出 EXECL”按钮可以输出如图 1.12 所示的 EXECL 格式的分析结果文件，默认名称为调速器静态特性及转速死区分析.XLS。

在图 1.11 中按右下角的“保存曲线图像”按钮可以输出如图 1.13 所示 JPG 结构的分析结果文件，默认名称为调速器静态特性及转速死区分析.jpg。

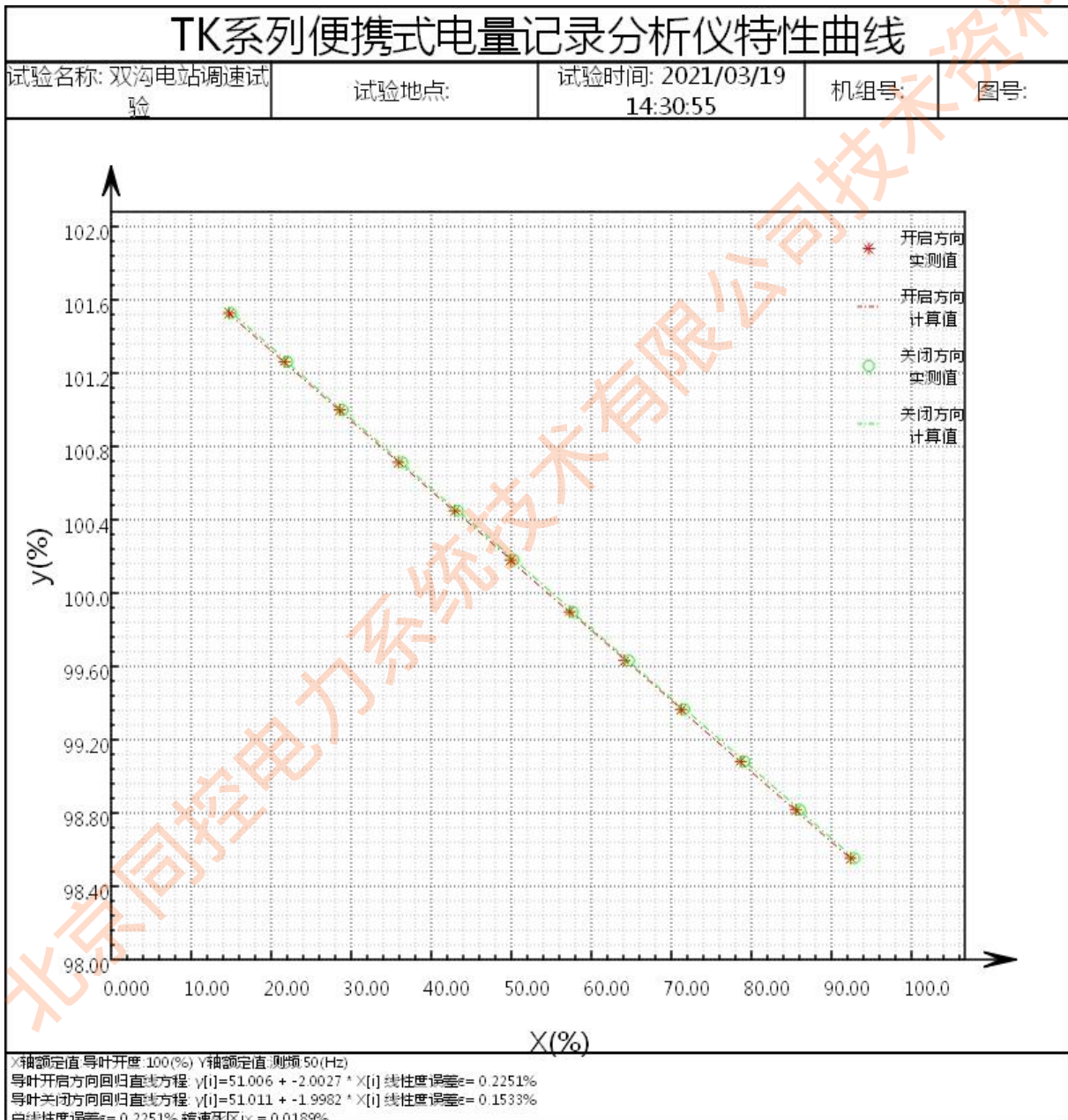


图 1.13、“调速器静态特性及转速死区”分析结果输出图形文件示意图

## 5、随动装置不准确度 $i_a$ 、线性度误差 $\varepsilon$ 及回归直线方程的计算及导出

### (1) 随动装置不准确度 $i_a$ 、线性度误差 $\varepsilon$ 及回归直线方程参数的计算

在图 1.8 中点击“调速器随动装置不准确度”按钮，软件弹出图 1.14 所示设置窗口，在此设置窗口中可以设置“接力器位移/导叶开度”及“转速/频率”各自对应的实际通道，并选择是否输出“导叶开启方向”、“导叶关闭方向”的计算结果。没有特殊情况时，在选择好“接力器位移/导叶开度”及“转速/频率”各自对应的实际通道后就可以按确定按钮，并得到如图 1.15 所示包含回归直线方程参数、调速器随动装置不准确度  $i_a$  及线性度误差  $\varepsilon$  的“调速器随动装置不准确度”分析处理结果。



图 1.14、“调速器随动装置不准确度”算法设置界面

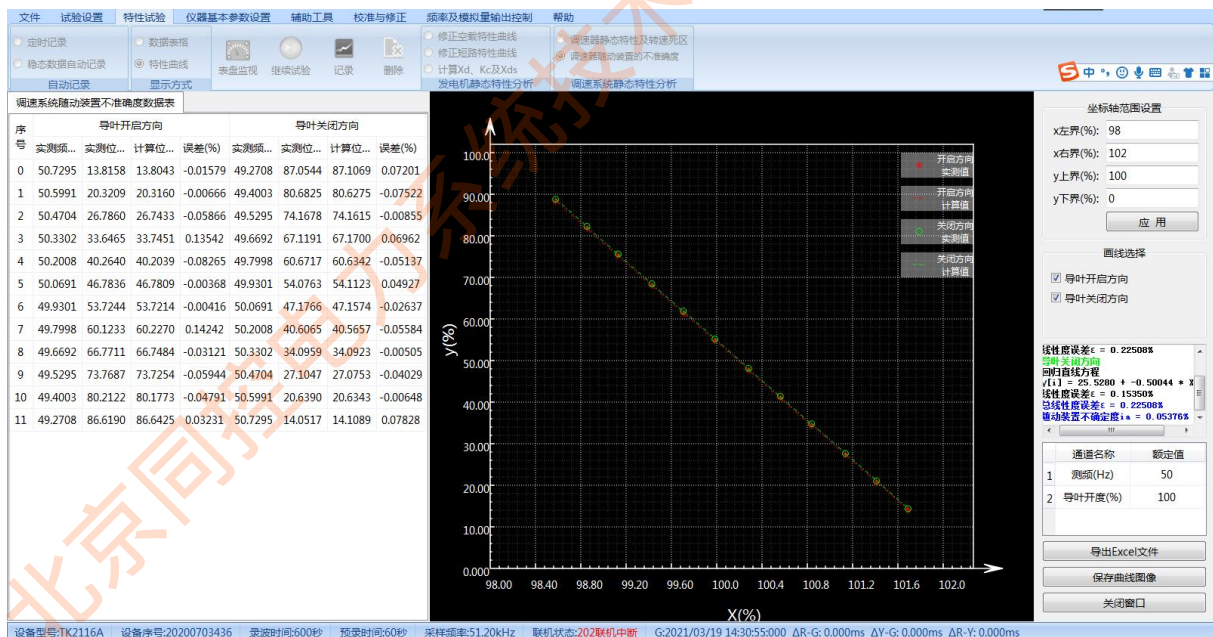


图 1.15、“调速器随动装置不准确度”分析处理结果界面

图 1.15 的左侧为调速器随动装置不准确度数据表，包含导叶开启过程及关闭过程的频率实测值、导叶开度实测值、按回归直线方程计算得到的导叶开度理论值、导叶开度实测值与理论值之间的误差。

图 1.15 的中间部分为以频率为 X 轴、导叶开度为 Y 轴的调速器随动装置不准确度静

态特性曲线，包含导叶开启方向、导叶关闭方向的特性曲线，图中导叶开启方向曲线采用红色线，导叶关闭方向曲线采用绿色线。两条曲线可以各自控制是否显示。

图 1.15 的右侧包含调速器随动装置不准确度特性曲线坐标控制、特性曲线显示控制、调速器随动装置不准确度回归直线方程、调速器随动装置不准确度  $ia$  及线性度误差  $\epsilon$  的显示区、调速器随动装置不准确度分析结果输出控制区。

## (2) “调速器随动装置不准确度”分析结果的输出

图 1.15 按右下角的“导出 EXECL”按钮可以输出如图 1.16 所示的 EXECL 格式的调速器随动装置不准确度分析结果文件，默认名称为调速器随动装置不准确度分析.XLS。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	序号		导叶开启方向				导叶关闭方向		
3	1	实测频率(Hz)	实测位移(%)	计算位移(%)	误差(%)	实测频率(Hz)	实测位移(%)	计算位移(%)	误差(%)
4	2	50.7295	13.8158	13.8043	-0.01579	49.2708	87.0544	87.1069	0.07201
5	3	50.5991	20.3209	20.316	-0.00666	49.4003	80.6825	80.6275	-0.07522
6	4	50.4704	26.786	26.7433	-0.05866	49.5295	74.1678	74.1615	-0.00855
7	5	50.3302	33.6465	33.7451	0.13542	49.6692	67.1191	67.17	0.06962
8	6	50.2008	40.264	40.2039	-0.08265	49.7998	60.6717	60.6342	-0.05137
9	7	50.0691	46.7836	46.7809	-0.00368	49.9301	54.0763	54.1123	0.04927
10	8	49.9301	53.7244	53.7214	-0.00416	50.0691	47.1766	47.1574	-0.02637
11	9	49.7998	60.1233	60.227	0.14242	50.2008	40.6065	40.5657	-0.05584
12	10	49.6692	66.7711	66.7484	-0.03121	50.3302	34.0959	34.0923	-0.00505
13	11	49.5295	73.7687	73.7254	-0.05944	50.4704	27.1047	27.0753	-0.04029
14	12	49.4003	80.2122	80.1773	-0.04791	50.5991	20.639	20.6343	-0.00648
15	12	49.2708	86.619	86.6425	0.03231	50.7295	14.0517	14.1089	0.07828
16	回归线性方程		$\gamma [i] = 25.4687 + -0.49933 * X[i]$			回归线性方程			$\gamma [i] = 25.5280 + -0.50044 * X[i]$
17	线性度误差 $\epsilon$ (%)		0.22508			线性度误差 $\epsilon$ (%)		0.1535	
18	总线性度误差 $\epsilon$ (%)		0.22508			总线性度误差 $\epsilon$ (%)		0.1535	
19	随动装置不准确度 $ia$ (%)		0.05376			随动装置不准确度 $ia$ (%)		0.05376	

图 1.16、“调速器随动装置不准确度”分析结果输出 EXECL 文件示意图

在图 1.15 中按右下角的“保存曲线图像”按钮可以输出如图 1.17 所示 JPG 结构的分析结果文件，默认名称为调速器随动装置不准确度测定试验.jpg。

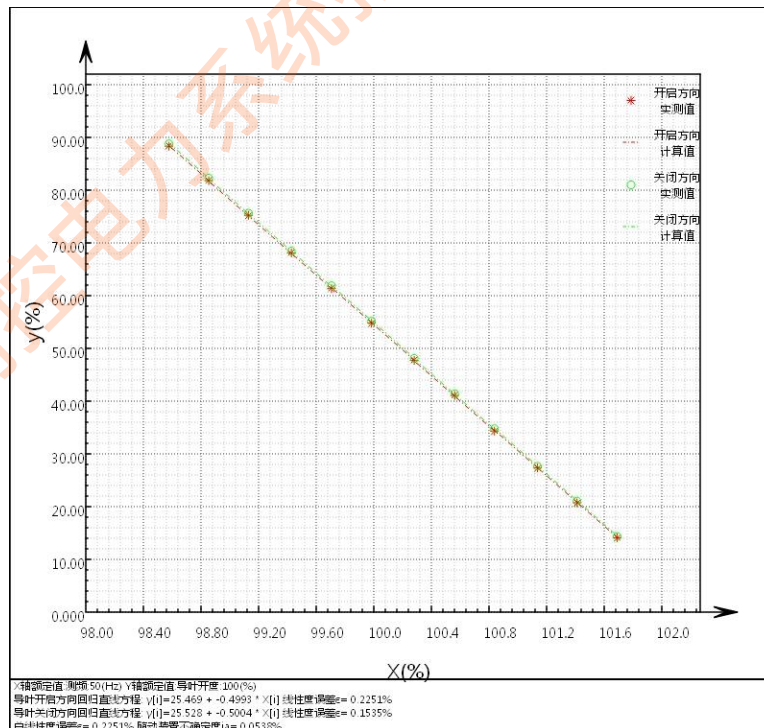


图 1.17、“调速器随动装置不准确度”分析结果输出图形文件示意图



## 二、调速系统参数校验及动态特性分析计算

### 1、永态转差系数 bp 值校验试验的分析计算操作说明

#### (1) 人工频率死区为 0 的 bp 值校验试验分析过程说明

① 打开死区为 0 的 bp 值校验现场录波数据文件如图 2.1 所示

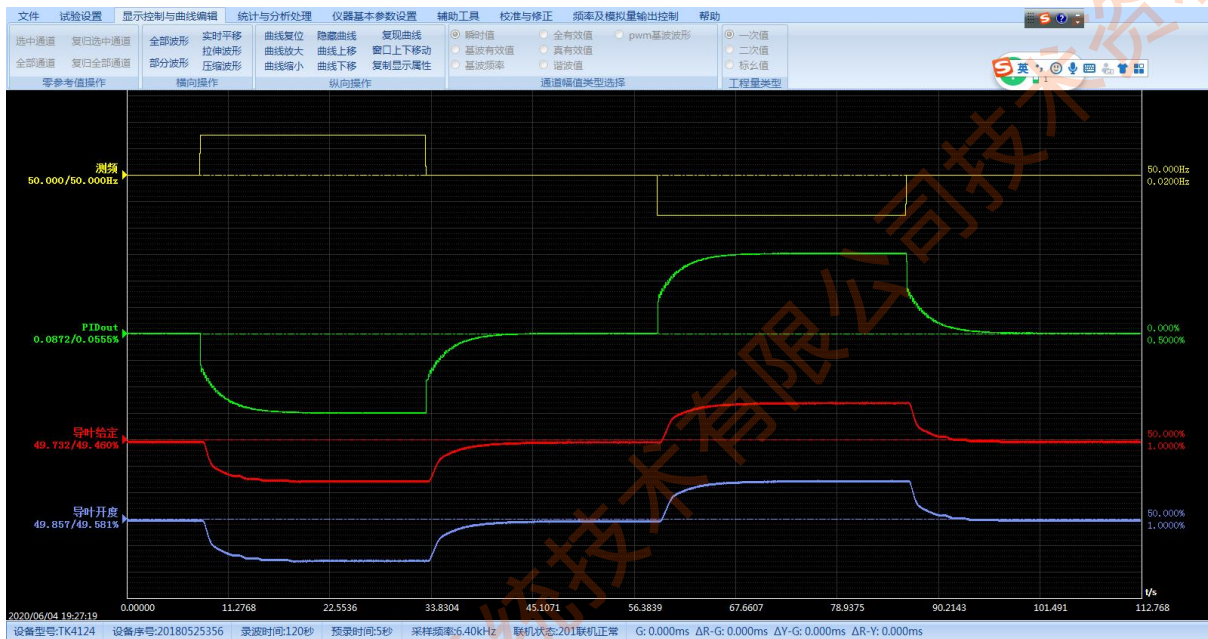


图 2.1、转速（频率）死区为 0 时的 bp 校验录波图

② 在图 2.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“转差系数 bp”菜单，如图 2.2 所示。

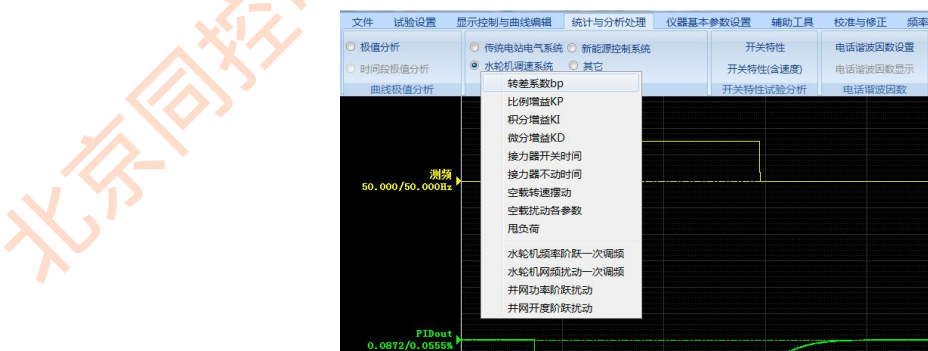


图 2.2、bp 校验试验数据“转差系数 bp”命令示意图

③ 执行“转差系数 bp”命令后，弹出如图 2.3a 所示的“转差系数 bp”分析参数、通道选择及分析结果对话框。此时应根据现场试验的实际情况输入频率人工死区，并选

择正确的“频率输入通道”及“调节器输出通道”，如图 2.3b 所示。选择“频率输入通道”及“调节器输出通道”需要输入各自相应的额定值，如果所选通道未定义额定值，软件将提示图 2.4 所示的额定值输入对话框，此时应按实际情况输入正确的额定值。如果所选通道已定义额定值则不会出现前述对话框。正确选择并输入相应的额定值后，通道名称及相应的额定值将如图 2.3b 所示。



图 2.3a 通道选择前



图 2.3b 通道选择后

图 2.3、“转差系数 bp”命令参数及通道选择示意图

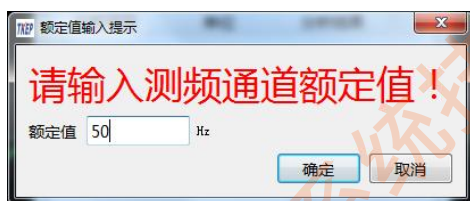


图 2.4、“转差系数 bp”命令参数及通道选择示意图

④ 按图 2.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动搜索频率的第一次阶跃时刻及第二次阶跃时刻，并将红色游标时刻到第二次阶跃时刻为止的时间段作为分析计算 bp 的时间段；最终将分析结果显示在图 2.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 2.5 所示，其中图 2.5a 为第一个测试过程的分析结果，图 2.5b 为第二个测试过程的分析结果，图 2.5c 为最后返回过程的分析结果。

如果自红色游标开始至试验结束只能找到一次阶跃，则将红色游标时刻开始到阶跃后的一个合理时间段作为分析计算 bp 的时间段，如图 2.5c 所示。

如果红色游标的位置选择不合适，分析软件无法找到频率的阶跃过程，软件将提示“红色游标不存在正常的频率阶跃变化，无法计算参数”的错误信息，如图 2.6 所示，并清除已有的分析结果。

永态转差系数 bp 值校验试验分析结果包含下列参数：

频率初值 (Hz)、频率终值 (Hz)、频率阶跃量 (Hz)、频率有效阶跃量 (Hz)、调速器输出初值(%)、调速器输出终值(%)、调速器输出变化量(%)、永态转差系数 bp (%)

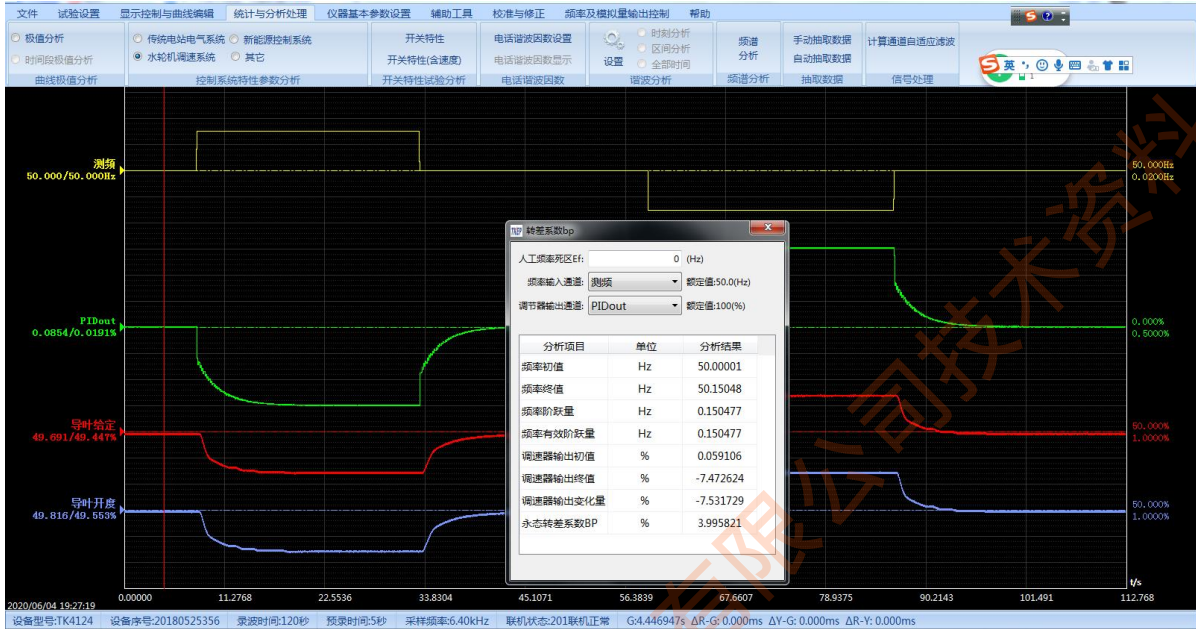


图 2.5a、第一过程的“转差系数 bp”分析结果示意图

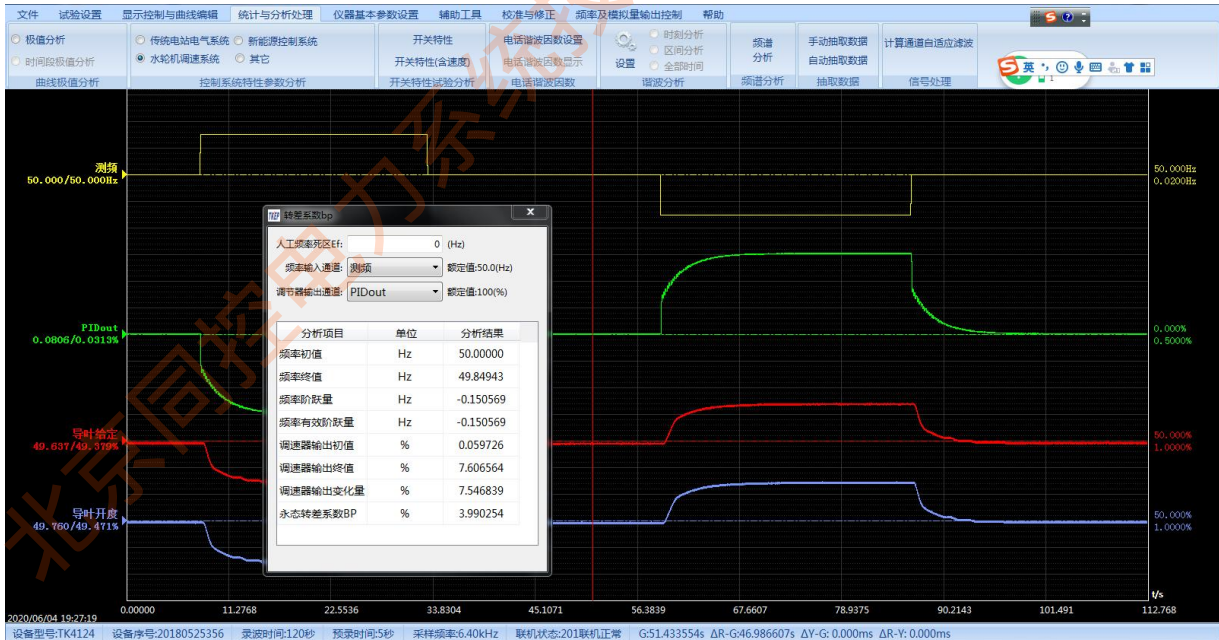


图 2.5b、第二过程的“转差系数 bp”分析结果示意图

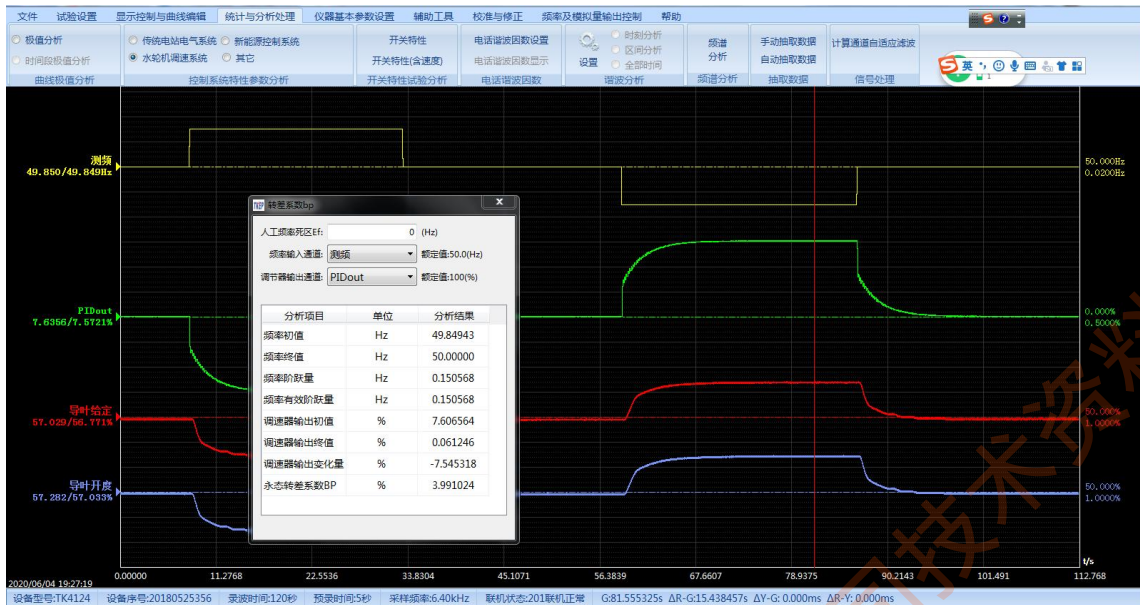


图 2.5c、频率最后返回过程的“转差系数 bp”分析结果示意图

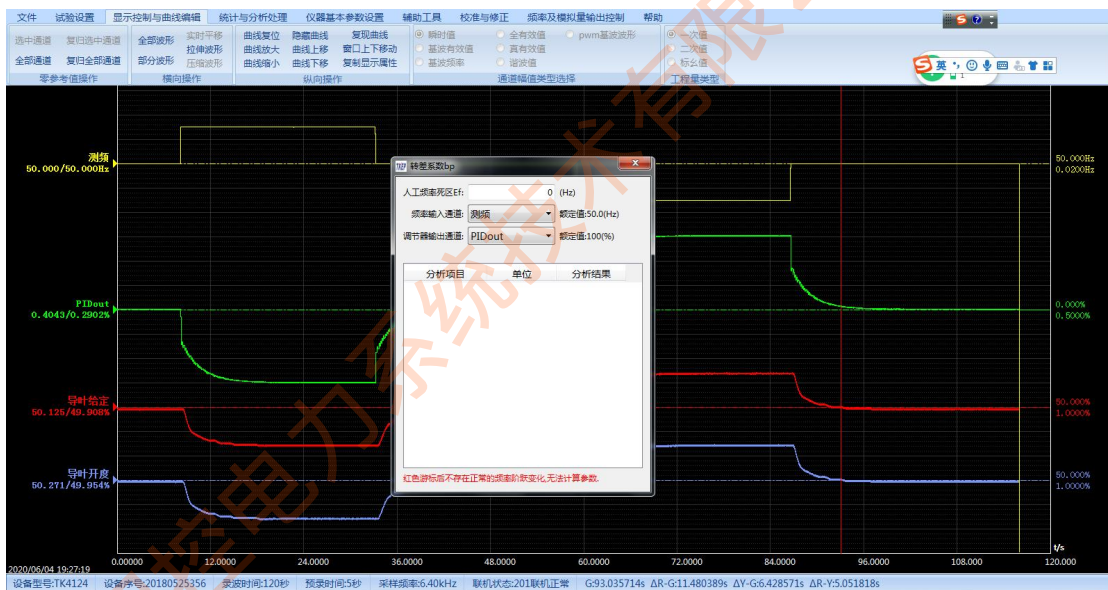
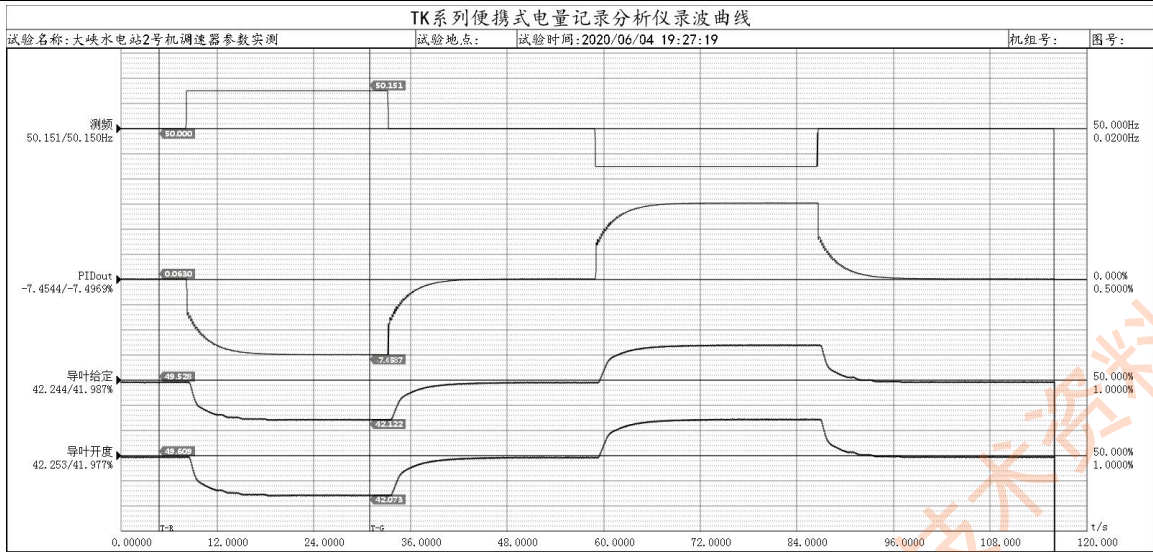


图 2.6、无法找到频率阶跃过程的错误提示

### ⑤ 录波曲线及分析结果的输出

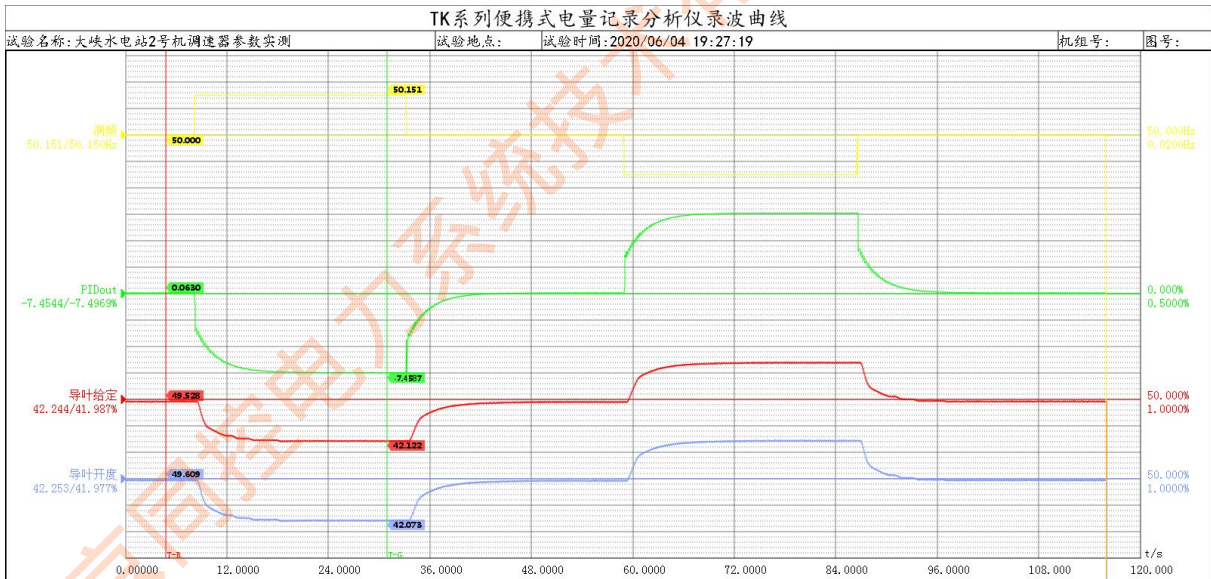
在图 2.5 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 2.7a 所示。

在图 2.5 的状态执行“文件”-->“ 图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 2.7a 所示，彩色图如图 2.7b 所示。



时间差及游标时刻值:  
T-G: 30.893 S 主要曲线游标  
PIDout: -7.4587(%) 导叶给定: 49.650(%) 导叶开度: 49.747(%) 测频: 50.151(Hz)  
T-R: 4.7321 S 主要曲线游标  
PIDout: 0.0630(%) 导叶给定: 49.596(%) 导叶开度: 49.678(%) 测频: 50.000(Hz)  
 $\Delta T_{R-G}$ : 26.161 S  
转差系数bp分析结果:  
频率初值: 50.00001Hz 频率终值: 50.15048Hz 频率阶跃量: 0.150477Hz 频率有效阶跃量: 0.150477Hz 调速器输出初值: 0.059106%  
调速器输出终值: -7.472624% 调速器输出变化量: -7.531729% 永态转差系数BP: 3.995821%

图 2.7a、bp 校验试验录波图及分析结果输出的黑白图片



时间差及游标时刻值:  
T-G: 30.893 S 主要曲线游标  
PIDout: -7.4587(%) 导叶给定: 49.650(%) 导叶开度: 49.747(%) 测频: 50.151(Hz)  
T-R: 4.7321 S 主要曲线游标  
PIDout: 0.0630(%) 导叶给定: 49.596(%) 导叶开度: 49.678(%) 测频: 50.000(Hz)  
 $\Delta T_{R-G}$ : 26.161 S  
转差系数bp分析结果:  
频率初值: 50.00001Hz 频率终值: 50.15048Hz 频率阶跃量: 0.150477Hz 频率有效阶跃量: 0.150477Hz 调速器输出初值: 0.059106%  
调速器输出终值: -7.472624% 调速器输出变化量: -7.531729% 永态转差系数BP: 3.995821%

图 2.7b、bp 校验试验录波图及分析结果输出的彩色图片

## (2) 人工频率死区为非 0 的 bp 值校验试验分析说明

① 打开人工频率死区为非零的 bp 值校验现场录波数据文件如图 2.8 所示

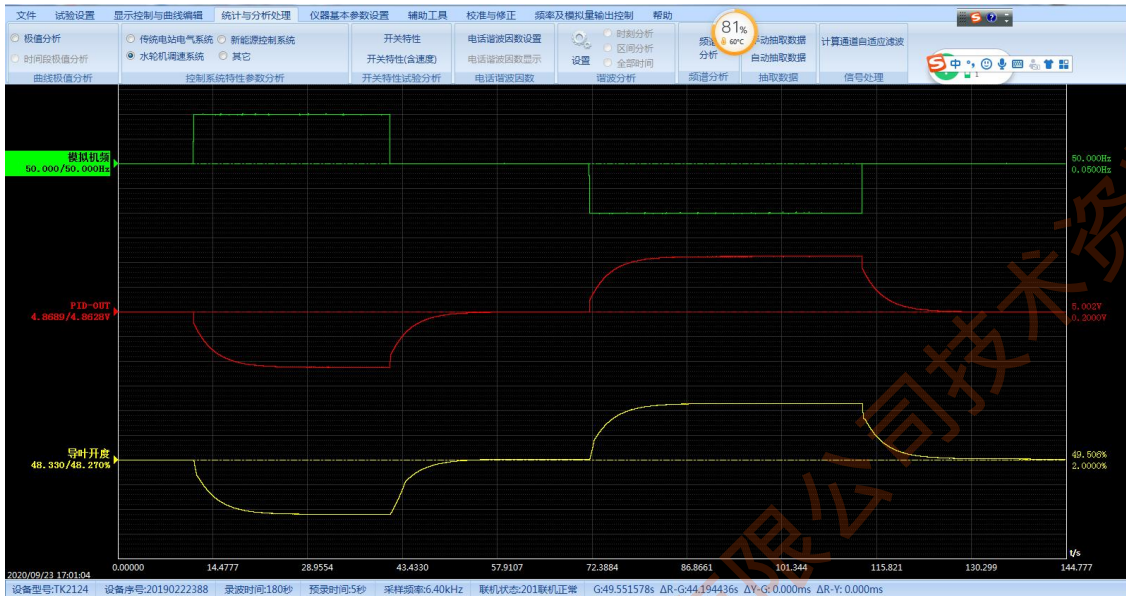


图 2.8、人工频率死区为 0.05Hz 时 bp 校验现场录波图

② 对人工频率死区为非零的 bp 值校验现场录波数据进行分析处理

操作方法与频率人工死区为 0 的 bp 值校验数据的分析处理方法一样，区别只在于图 2.3 所示的通道选择及参数设置对话框中的人工频率死区应填入非零的实际人工频率死区如图 2.9 所示。



图 2.9、人工频率死区为 0.05Hz 时 bp 校验录波数据 bp 分析结果

## 2、比例增益 KP 的分析计算操作说明

① 打开比例增益  $k_p$  值校验现场录波数据文件如图 3.1 所示：

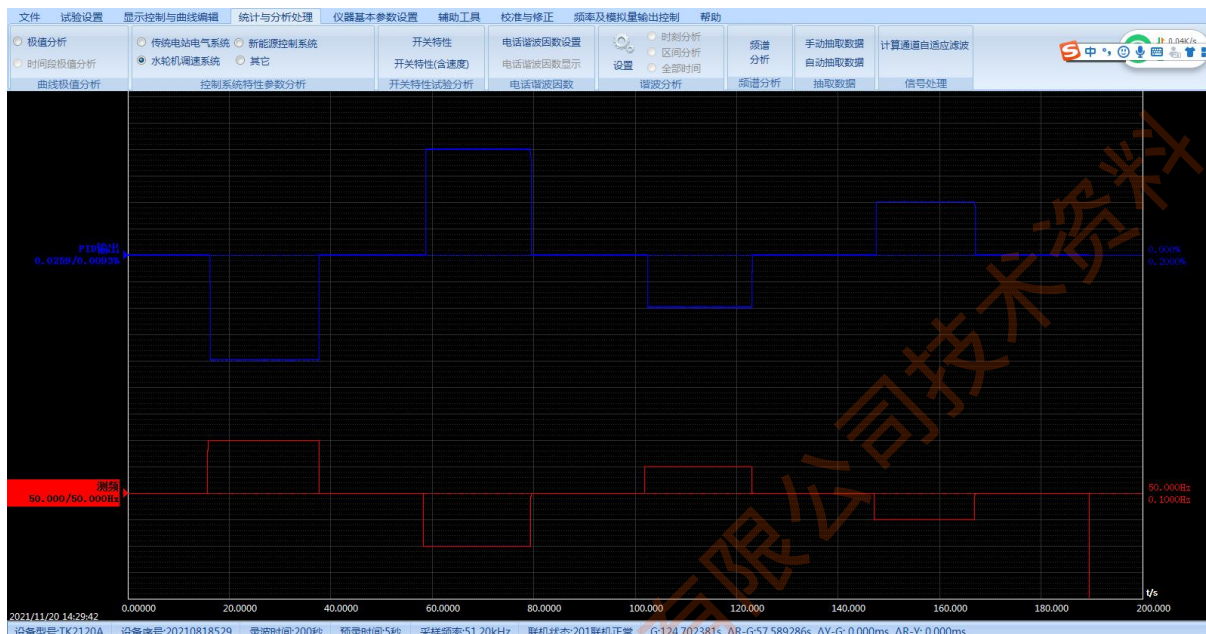


图 3.1、比例增益  $k_p$  值校验试验现场录波图

② 在图 3.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“比例增益  $k_p$ ”菜单，如图 3.2 所示。

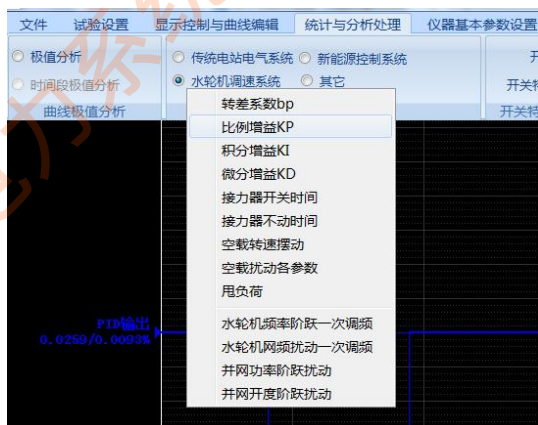


图 3.2、 $k_p$  校验试验数据“比例增益  $k_p$ ”命令示意图

③ 执行“比例增益  $k_p$ ”命令后，弹出如图 3.3a 所示的“比例增益  $k_p$ ”分析参数、通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况输入频率人工死区，并选择正确的“频率输入通道”及“调节器输出通道”，如图 3.3b 所示。选择“频率输入通道”及“调节器输出通道”时需要输入各自相应的额定值。



图 3.3a 通道选择前

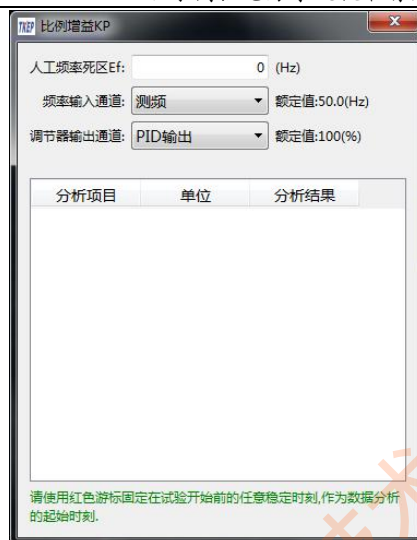


图 3.3b 通道选择后

图 3.3、“比例增益 kp”命令参数及通道选择示意图

④ 按图 3.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动往后搜索频率的第一次阶跃时刻及第二次阶跃时刻，并将红色游标时刻到第二次阶跃时刻为止的时间段作为分析计算比例增益  $k_p$  的时间段；最终将分析结果显示在图 3.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 3.4 所示，其中图 3.4a 为第一个测试过程的分析结果，图 3.4b 为第二个测试过程的分析结果，图 3.4c 为最后返回过程的分析结果。

如果自红色游标开始至试验结束只能找到一次阶跃，则将红色游标时刻到阶跃后的一个合理的时间段作为分析计算比例增益  $k_p$  的时间段，如图 3.4c 所示。


如果红色游标所处的位置不合适，分析软件无法找到频率的阶跃过程，软件将提示“红色游标不存在正常的频率阶跃变化，无法计算参数”错误信息，并清除先前的结果。

**比例增益  $k_p$  值校验试验分析结果包含下列参数：**

频率初值 (Hz)、频率终值 (Hz)、频率阶跃量 (Hz)、频率有效阶跃量 (Hz)、调速器输出初值 (%)、调速器输出终值 (%)、调速器输出变化量 (%)、**比例增益  $k_p$**

#### ⑤ 录波曲线及分析结果的输出

在图 3.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 3.5a 所示。

在图 3.4 的状态执行“文件”-->“ 图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 3.5a 所示，彩色图如图 3.5b 所示。



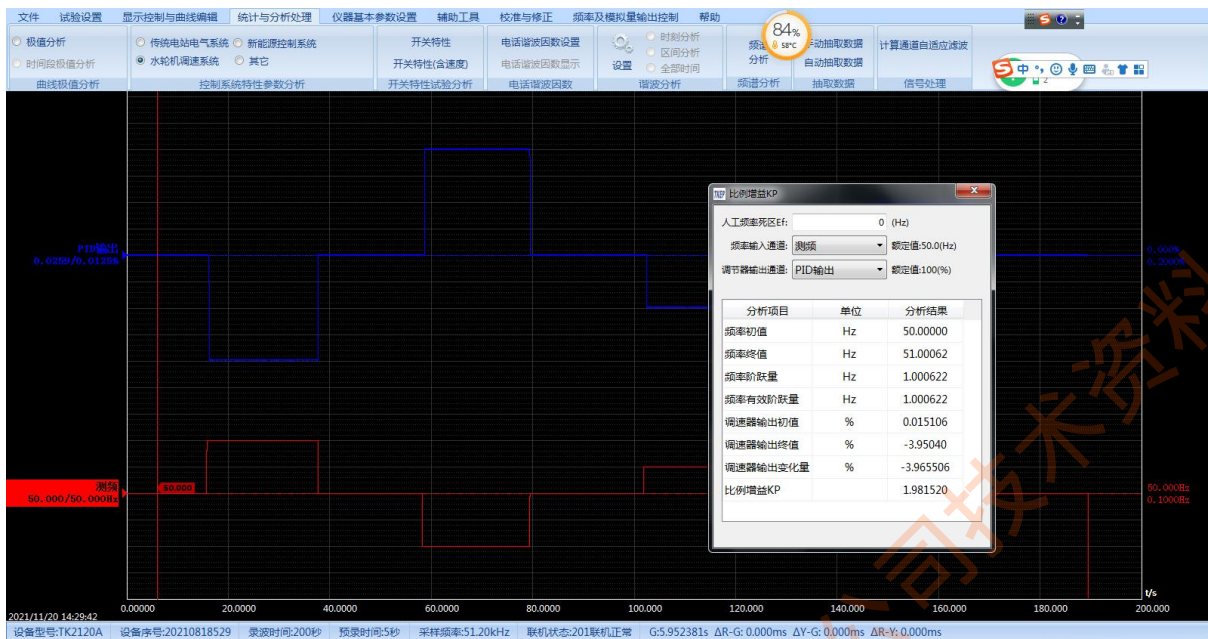


图 3.4a、第一过程的“比例增益 kp”分析结果示意图

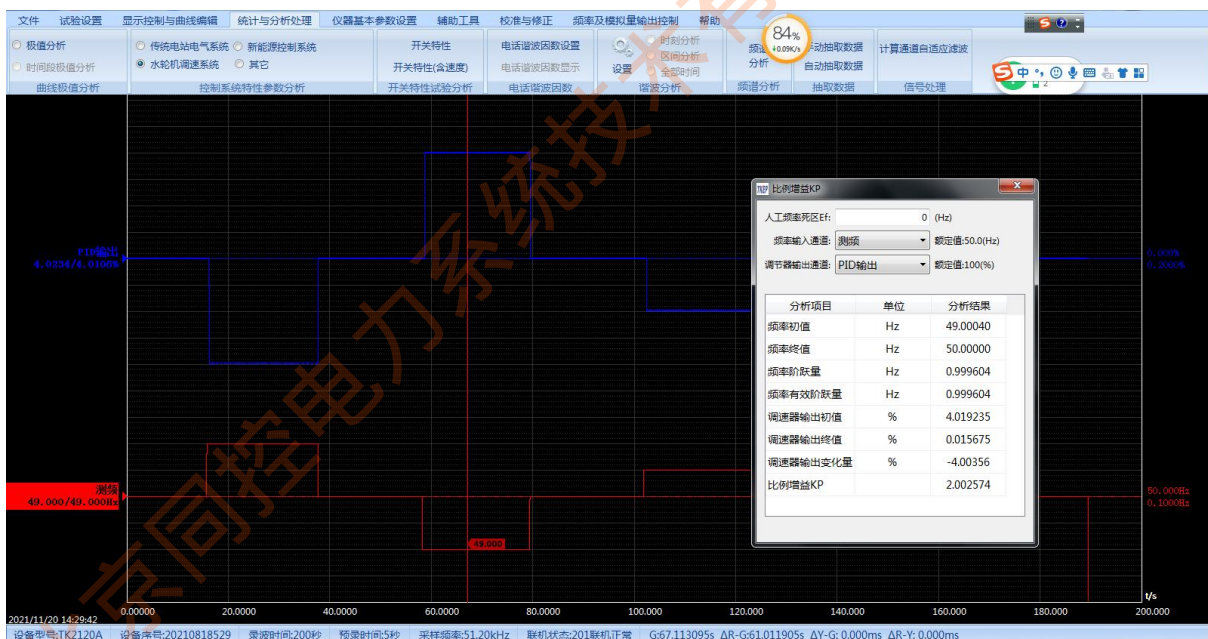


图 3.4b、第二过程的“比例增益 kp”分析结果示意图

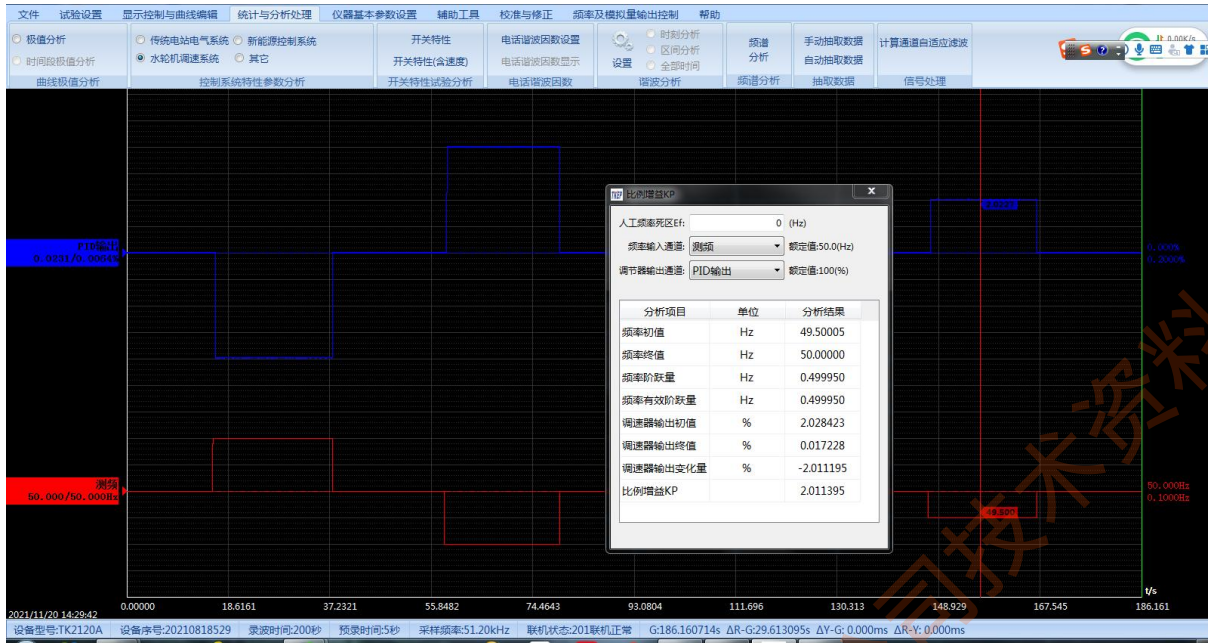


图 3.4c、频率最后返回过程的“比例增益 kp”分析结果示意图

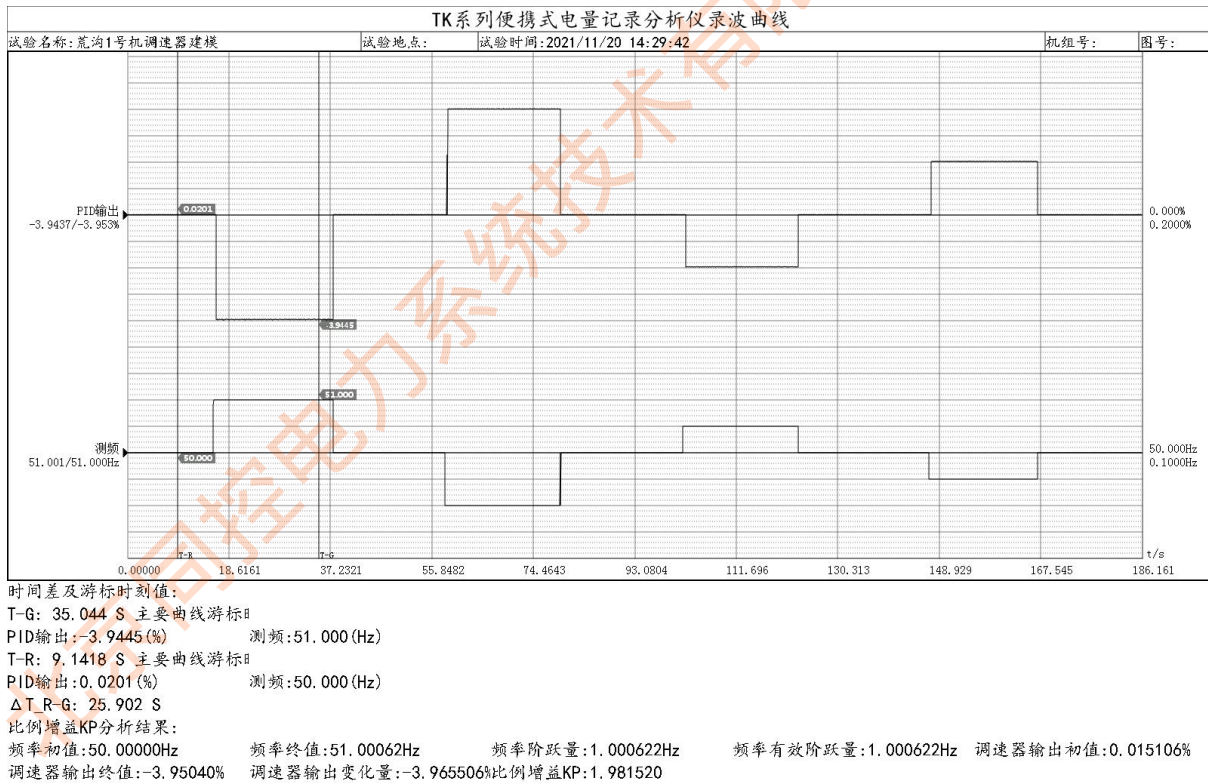
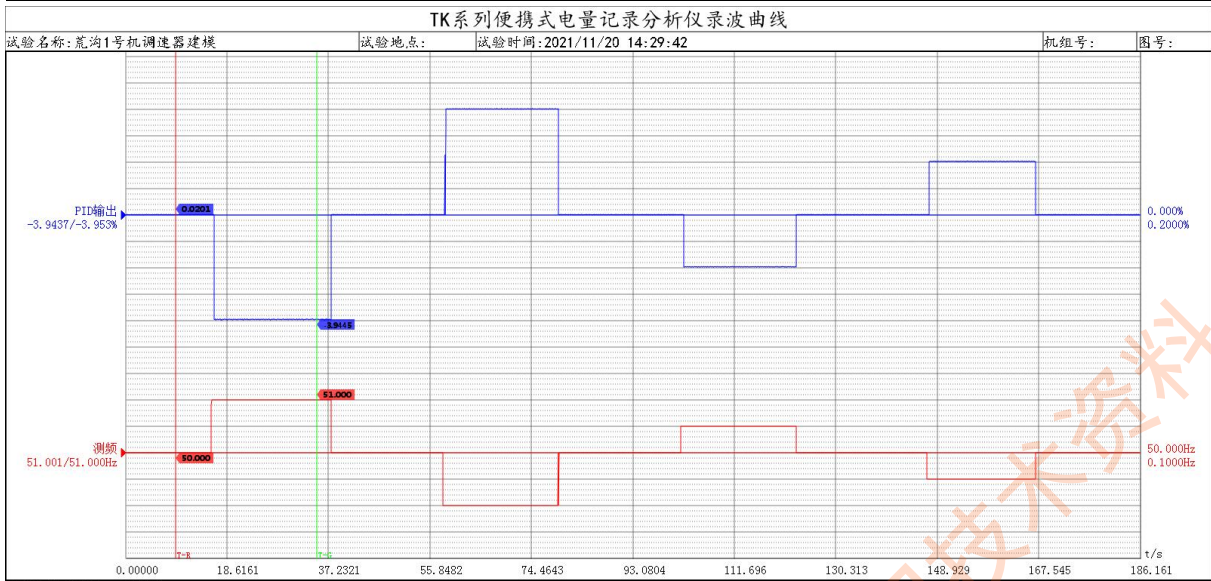


图 3.5a、比例增益 kp 校验试验录波图及分析结果输出的黑白图片



时间差及游标时刻值：  
T-G: 35.044 S 主要曲线游标  
PID输出:-3.9445(%) 测频:51.000(Hz)  
T-R: 9.1418 S 主要曲线游标  
PID输出:0.0201(%) 测频:50.000(Hz)  
 $\Delta T_R-G$ : 25.902 S  
比例增益KP分析结果：  
频率初值:50.0000Hz 频率终值:51.0006Hz 频率阶跃量:1.000622Hz 频率有效阶跃量:1.000622Hz 调速器输出初值:0.015106%  
调速器输出终值:-3.95040% 调速器输出变化量:-3.965506%比例增益KP:1.981520

图 3.5b、比例增益 kp 校验试验录波图及分析结果输出的彩色图片

### 3、积分增益 KI 的分析计算操作说明

① 打开积分增益 KI 值校验录波数据文件如图 4.1 所示，其中图 4.1a 的频率阶跃在 PID 输出达到饱和值前就返回，图 4.1b 的频率阶跃在 PID 输出饱和后才返回。

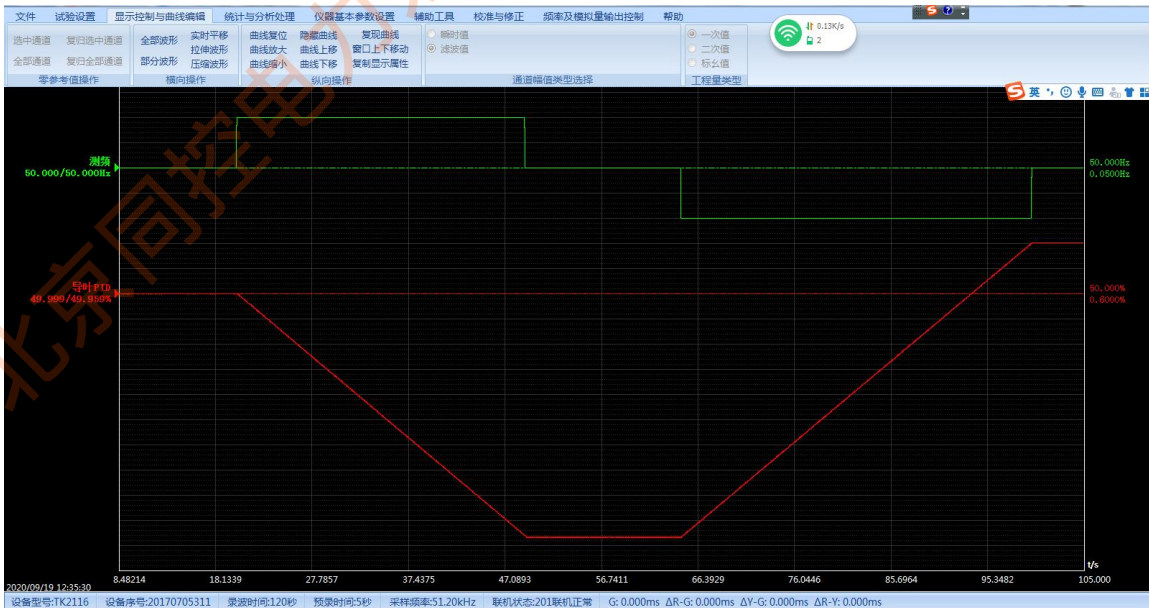


图 4.1a、校验积分增益 KI 试验录波曲线图（频率在 PID 输出达到饱和值前返回）

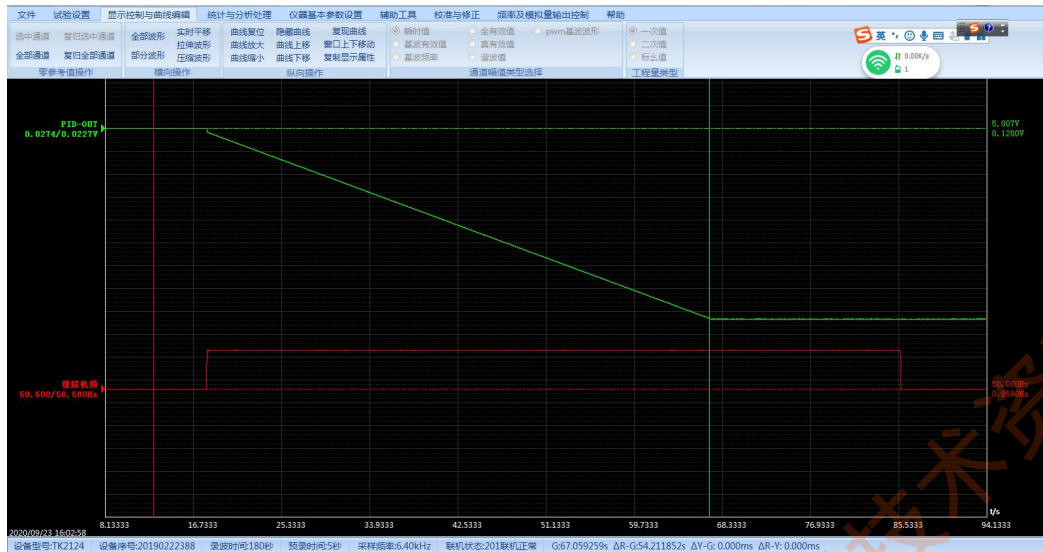


图 4.1b、校验积分增益 KI 试验录波曲线图（频率在 PID 输出达到饱和值后返回）

② 在图 4.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“积分增益 KI”菜单，如图 4.2 所示。

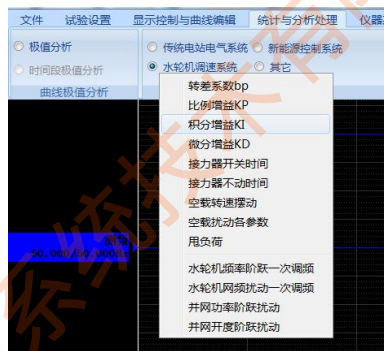


图 4.2、KI 校验试验数据“积分增益 KI”命令示意图

③ 执行“积分增益 KI”命令后，弹出如图 4.3a 所示的“积分增益 KI”分析参数、通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况输入频率人工死区，并选择正确的“频率输入通道”及“调节器输出通道”，如图 4.3b 所示。



图 4.3a 通道选择前



图 4.3b 通道选择后

图 4.3、“比例增益 kp”命令参数及通道选择示意图

④ 按图 4.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动搜索频率的第一次阶跃时刻及第二次阶跃时刻，并将红色游标时刻到第二次阶跃时刻为止的时间段作为分析计算积分增益 KI 的时间段；最终将分析结果显示在图 4.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 4.4 所示，其中图 4.4a 为调速器输出饱和前频率阶跃返回工况的第一测试过程“积分增益 KI”分析结果示意图，图 4.4b 为调速器输出饱和前频率阶跃返回工况的第二测试过程“积分增益 KI”分析结果示意图，图 4.4c 为调速器输出饱和后频率阶跃不返回工况的测试过程“积分增益 KI”分析结果示意图。

如果自红色游标开始至试验结束只能找到一次阶跃，则将红色游标时刻到阶跃后的一个合理时间段时刻作为分析计算积分增益 KI 的时间段，如图 4.4c 所示。

如果红色游标的位置不合适，分析软件无法找出符合积分增益 KI 校验过程的频率与调节器输出正常变化过程，软件将提示错误信息，并将原分析结果清除。

**积分增益 KI 值校验试验分析结果包含下列参数：**

频率初值 (Hz)、频率终值 (Hz)、频率阶跃量 (Hz)、频率有效阶跃量 (Hz)、调速器输出变化率 (%/S)、积分增益 KI

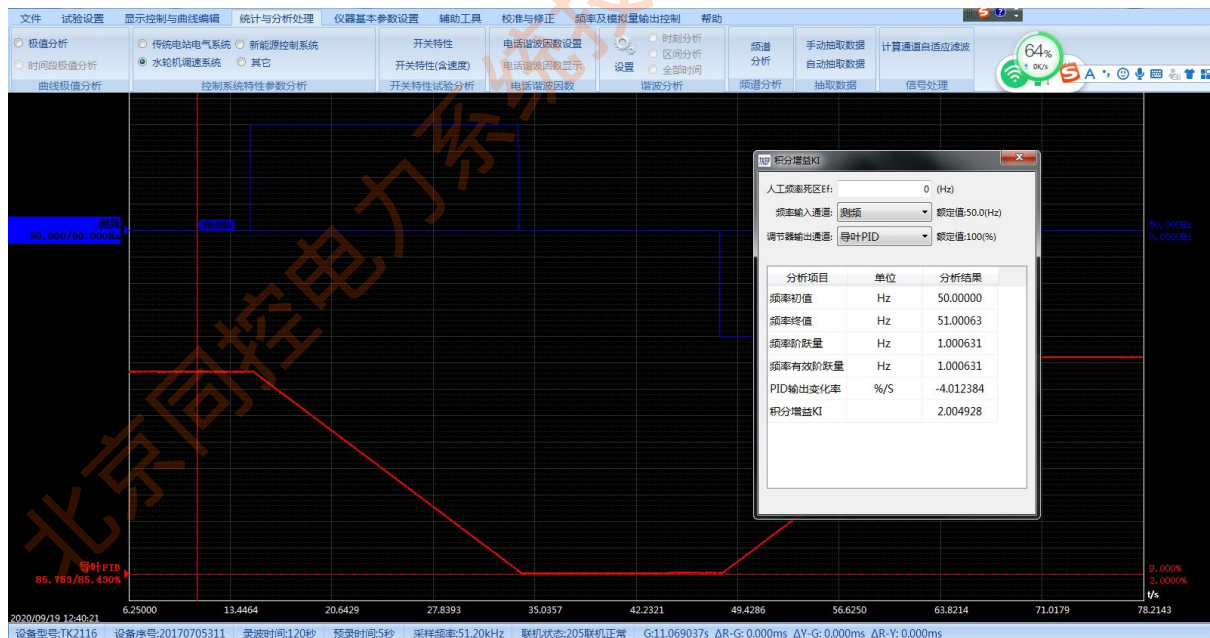


图 4.4a、调速器输出饱和前频率阶跃返回的第一过程的“积分增益 KI”分析结果示意图

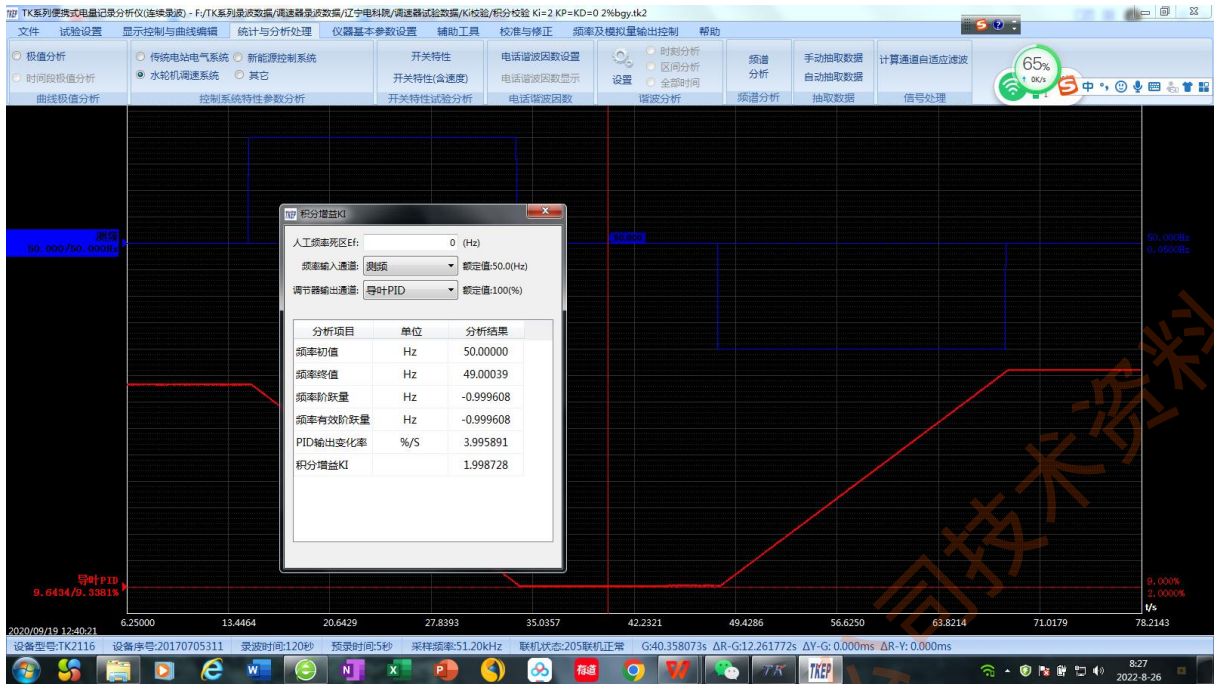


图 4.4b、调速器输出饱和前频率阶跃返回的第二过程的“积分增益 KI”分析结果示意图

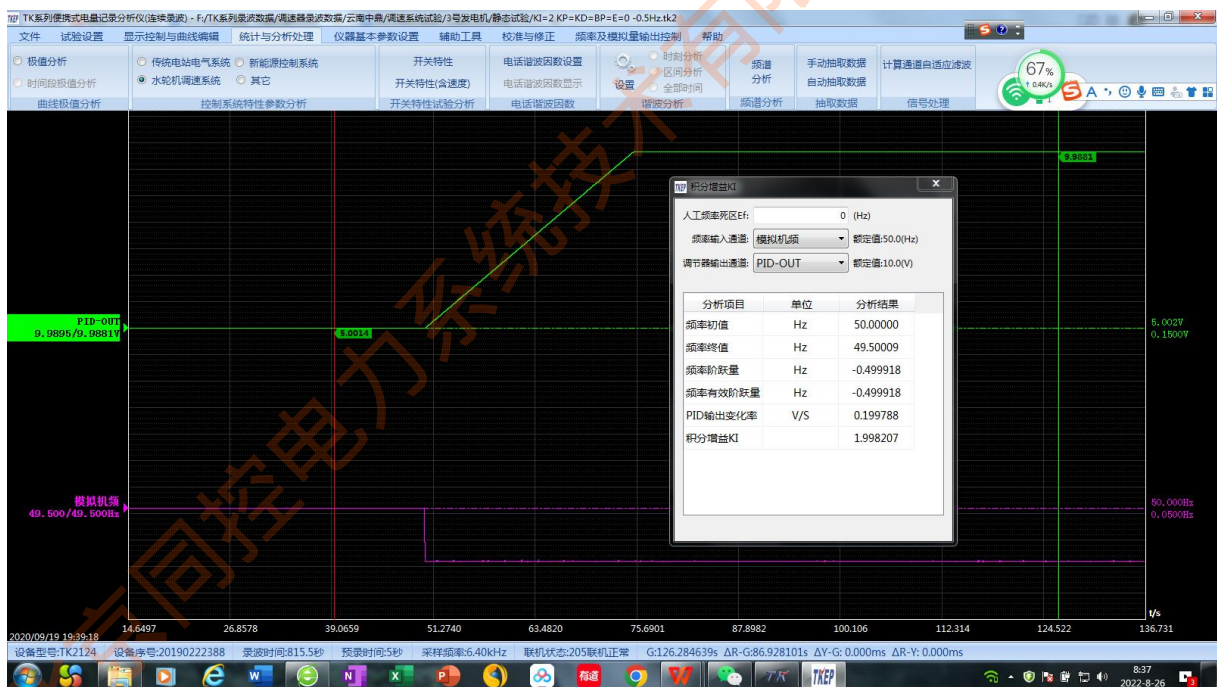


图 4.4c、调速器输出饱和后频率阶跃不返回的“积分增益 KI”分析结果示意图

⑤ 积分增益 KI 值校验录波曲线及分析结果的输出

在图 4.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 3.5a 所示。

在图 4.4 的状态执行“文件”-->“图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结

果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 4.5a 所示，彩色图如图 4.5b 所示。

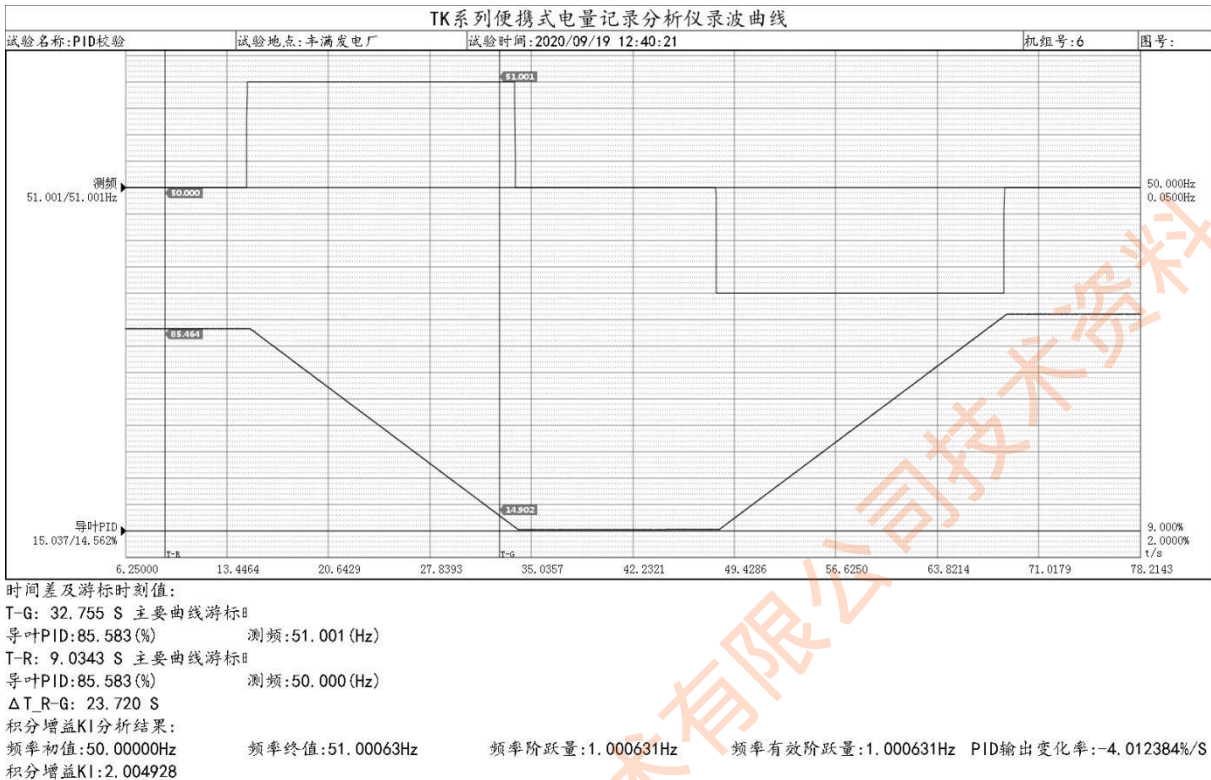


图 4.5a、积分增益 KI 校验试验录波图及分析结果输出的黑白图片

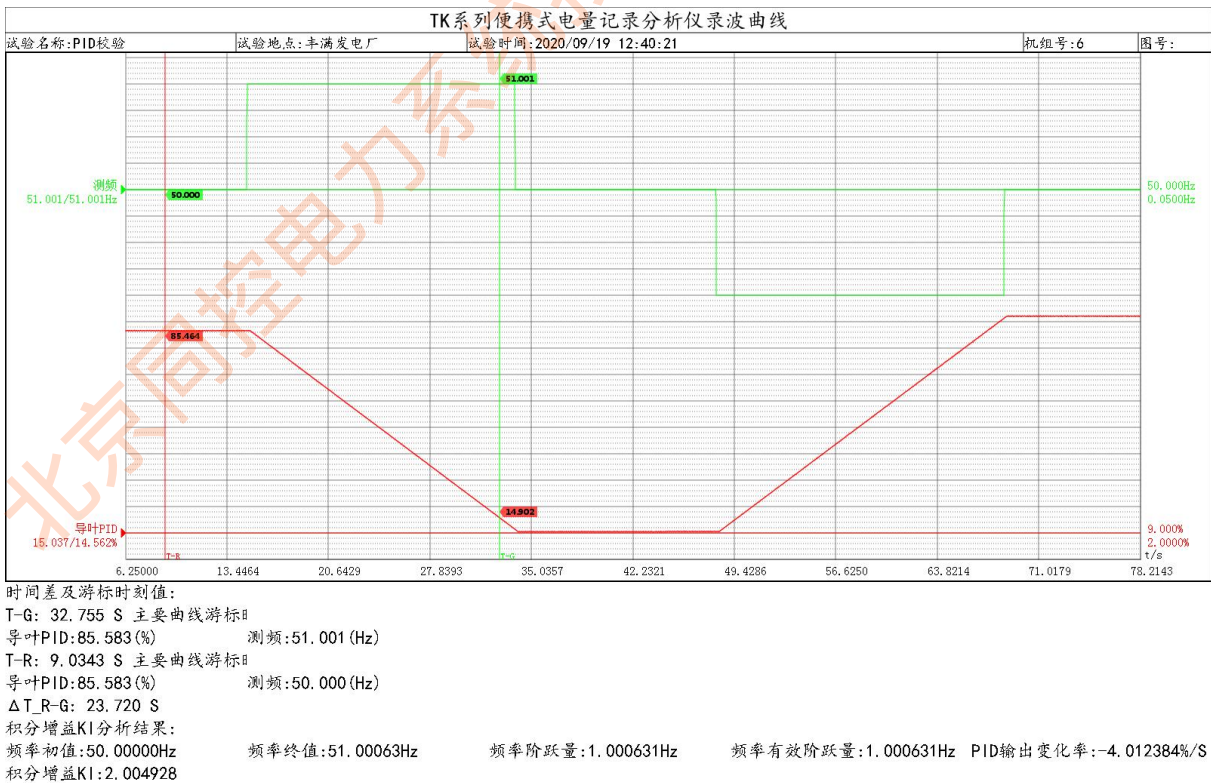


图 4.5b、积分增益 KI 校验试验录波图及分析结果输出的彩色图片

## 4、微分增益 KD 的分析计算（暂时没做）

## 5、继电器开关时间计算操作说明

① 打开继电器开关时间校验录波数据文件如图 5.1 所示，其中图 5.1a 为继电器快速全开、快速全关的继电器开关时间校验录波图，图 5.1b 为继电器快速全开、分段全关的继电器开关时间校验录波图。

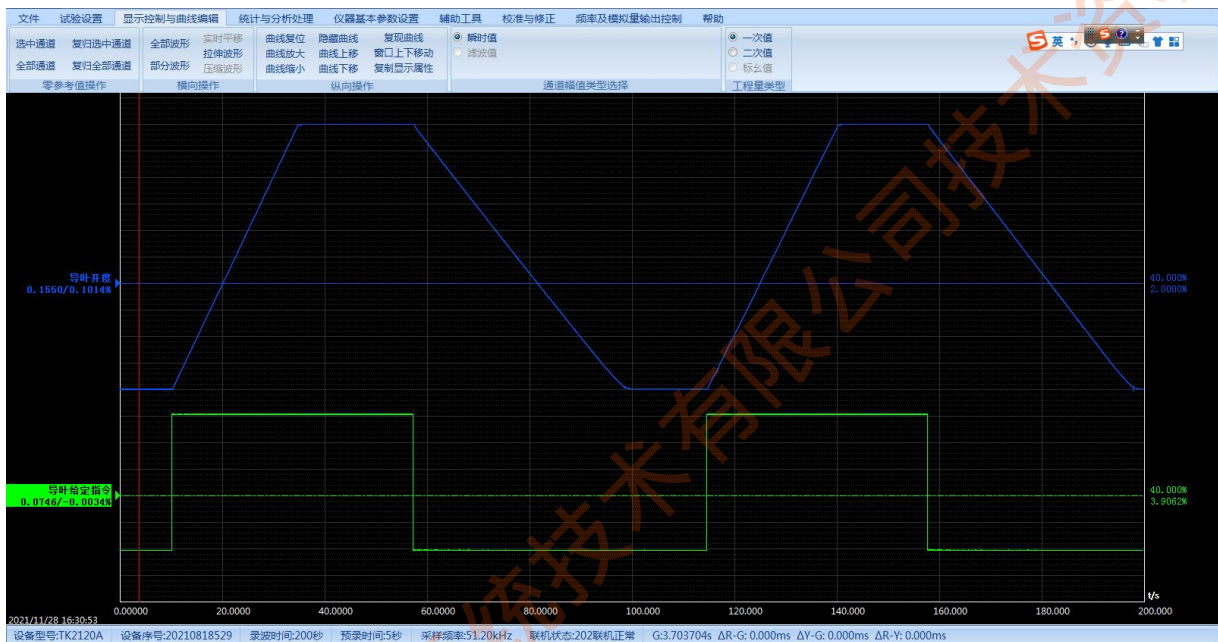


图 5.1a、导叶全开、快速全关的继电器开关时间测试过程

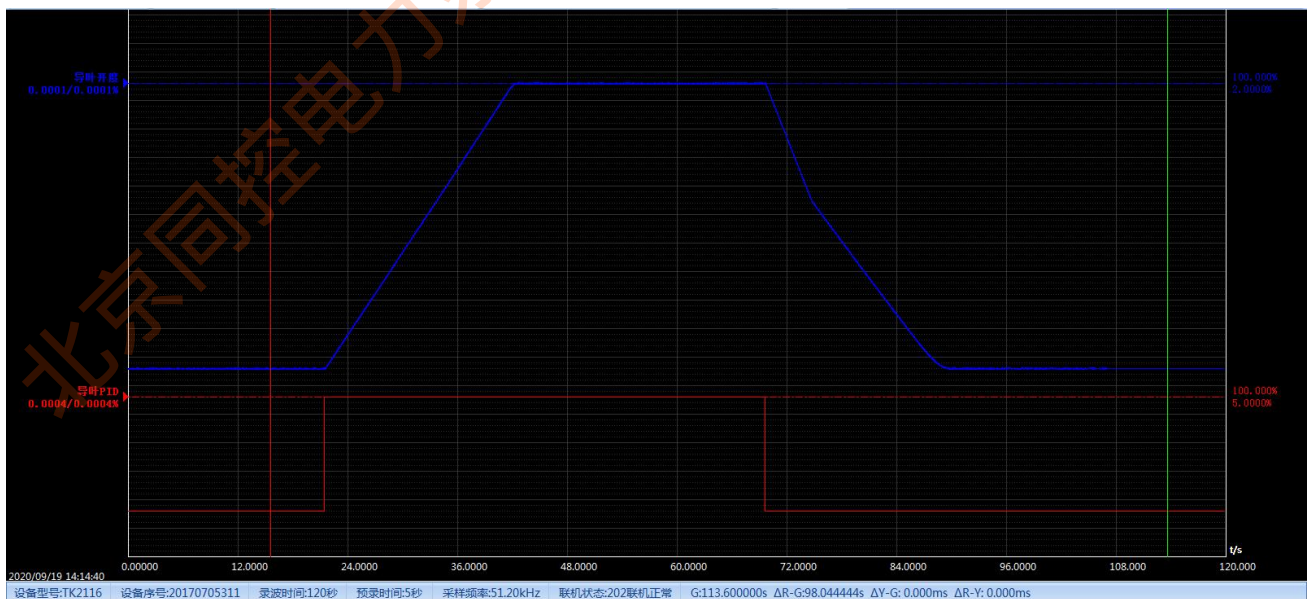


图 5.1b、导叶全开、分段全关的继电器开关时间测试过程



② 在图 5.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“接力器开关时间”菜单，如图 5.2 所示。

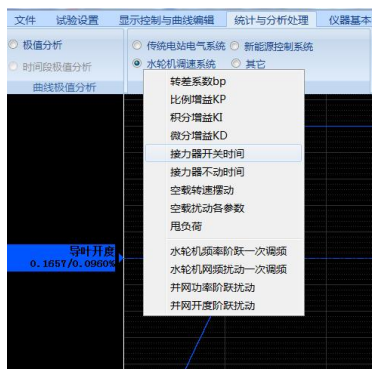


图 5.2、接力器开关时间测试试验数据“接力器开关时间”命令示意图

③ 执行“接力器开关时间”命令后，弹出如图 5.3a 所示的“接力器开关时间”分析参数、通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况选择正确的“开度给定指令通道”及“导叶开度通道”，如图 5.3b 所示。

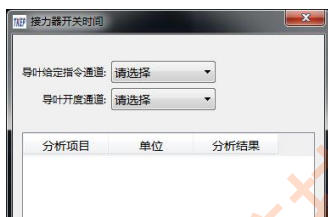


图 5.3a 通道选择前



图 5.3b 通道选择后

图 5.3、“接力器开关时间”命令通道选择示意图

④ 按图 5.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动往后搜索导叶给定通道的第一次阶跃时刻及第二次阶跃时刻，并将红色游标时刻到第二次阶跃时刻作为分析计算接力器开关动作时间的分析计算时间段；最终将分析结果显示在图 5.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 5.4 所示，其中图 5.4a 为导叶全开、快速全关过程的“接力器开关时间”分析结果示意图，图 5.4b 为导叶全开、分段全关过程的“接力器开关时间”分析结果示意图，图 5.4c 为导叶快速全关过程的“接力器开关时间”分析结果示意图，图 5.4d 为导叶分段全关过程的“接力器开关时间”分析结果示意图。

如果自红色游标开始至试验结束只能找到一次阶跃，则将红色游标时刻到阶跃后的一个合理时间段时刻作为分析计算接力器开关时间的时段，如图 5.4c、5.4d 所示。

如果红色游标的位置不合适，分析软件无法找出符合接力器开关时间校验过程的导叶给定与导叶开度正常变化过程，软件将提示错误信息，并将原分析结果清除。

接力器开关时间测试试验分析结果根据具体试验可能包含下列参数：

导叶开启速度  $sg$  (%/秒)、导叶开启时间  $tg$  (秒)、导叶快速关闭速度为  $sf$  (%/秒)、导叶快速关闭时间  $tf$  (秒)、导叶最快关闭速度为  $sf$  (%/秒)：\_导叶最快关闭时间  $tf$  (秒)、分段关闭拐点  $yh$  (%)、延缓关闭速度  $sh$  (%/秒)、延缓关闭时间  $th$  (秒)、等效关闭速度  $sft$  (%/秒、总关闭时间  $tft$  (秒)

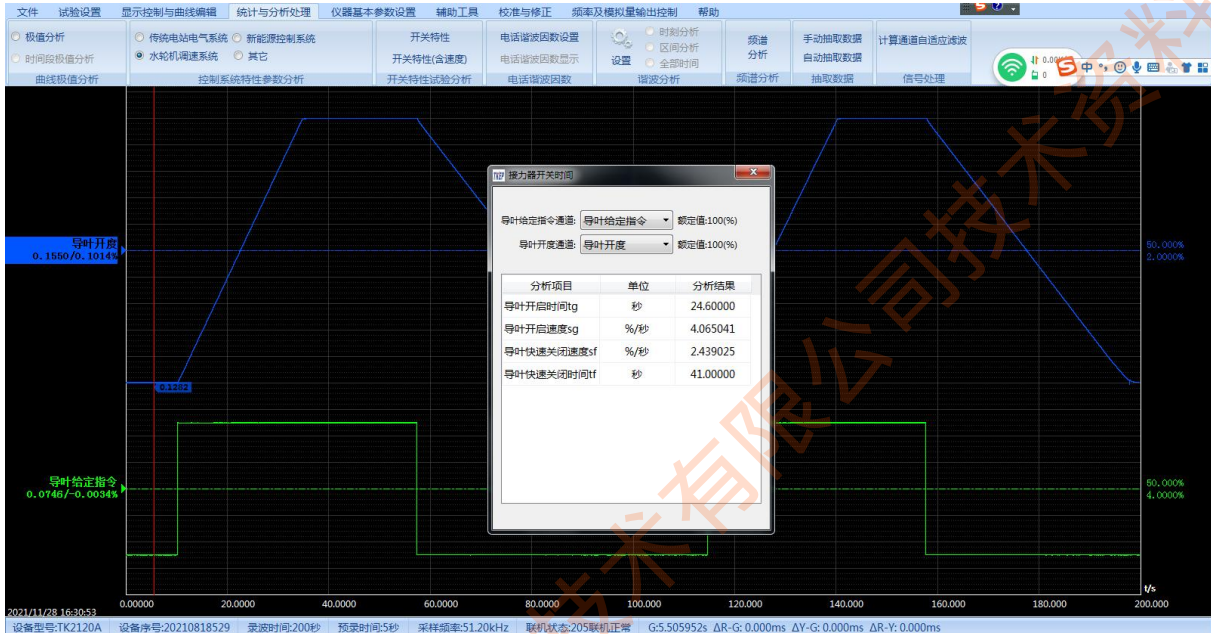


图 5.4a、导叶全开、快速全关过程的“接力器开关时间”分析结果示意图

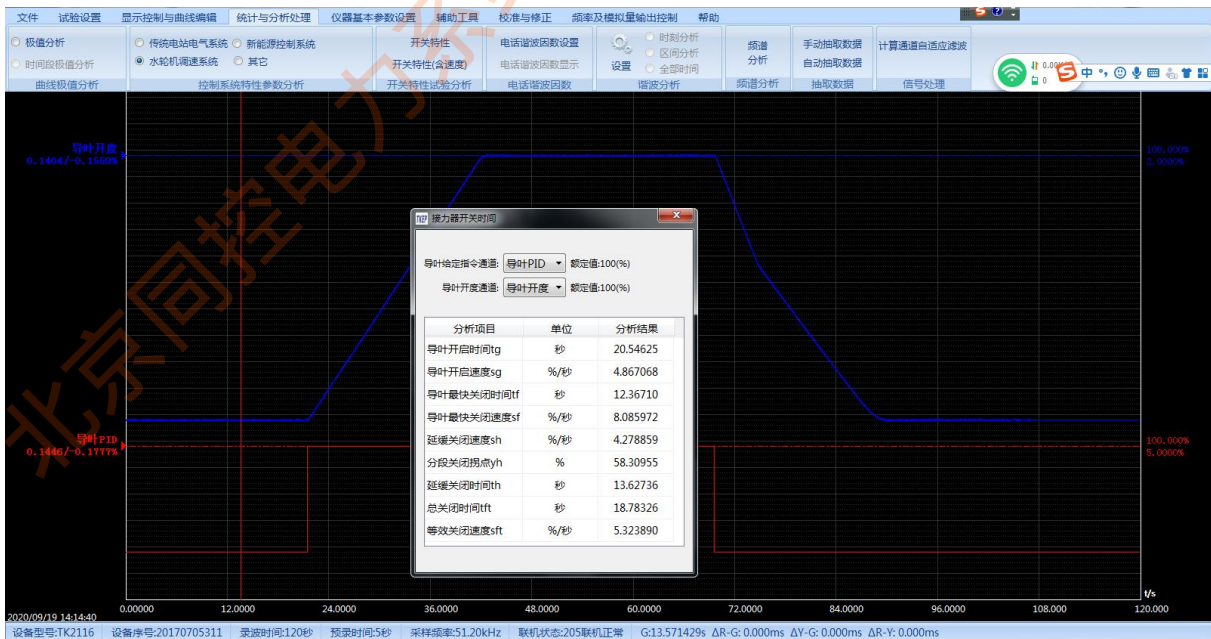


图 5.4b、导叶全开、分段全关过程的“的接力器开关时间”分析结果示意图

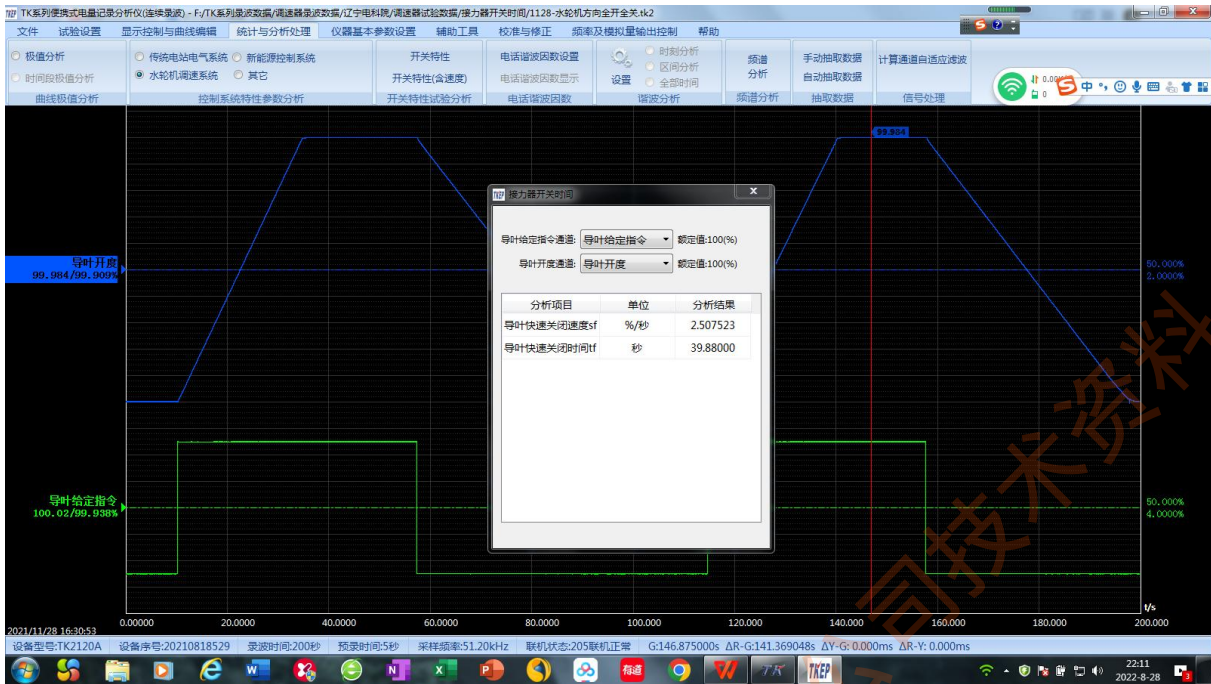


图 5.4c、导叶快速全关过程的“接力器开关时间”分析结果示意图

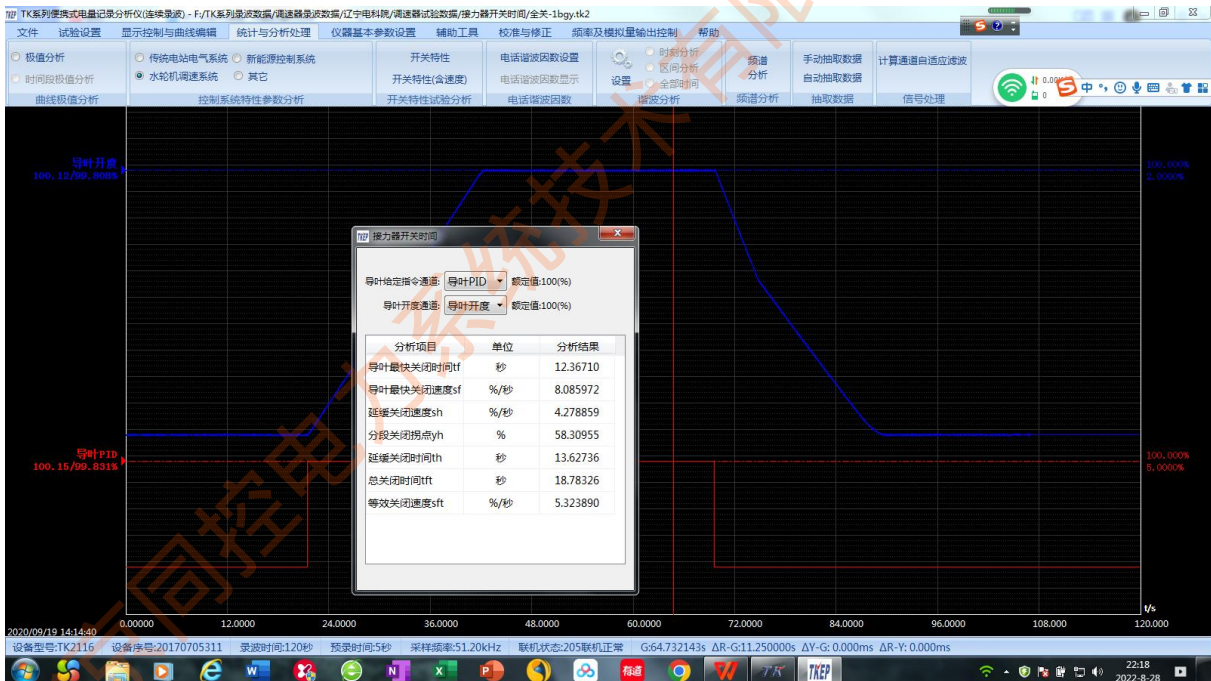


图 5.4d、导叶分段全关过程的“接力器开关时间”分析结果示意图

⑤ 接力器开关时间测试录波曲线及分析结果的输出

在图 5.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 5.5a 所示。

在图 5.4 的状态执行“文件”-->“ 图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结

果输出为彩色或黑白的JPG文件,黑白图如图5.5a所示,彩色图如图5.5b所示。

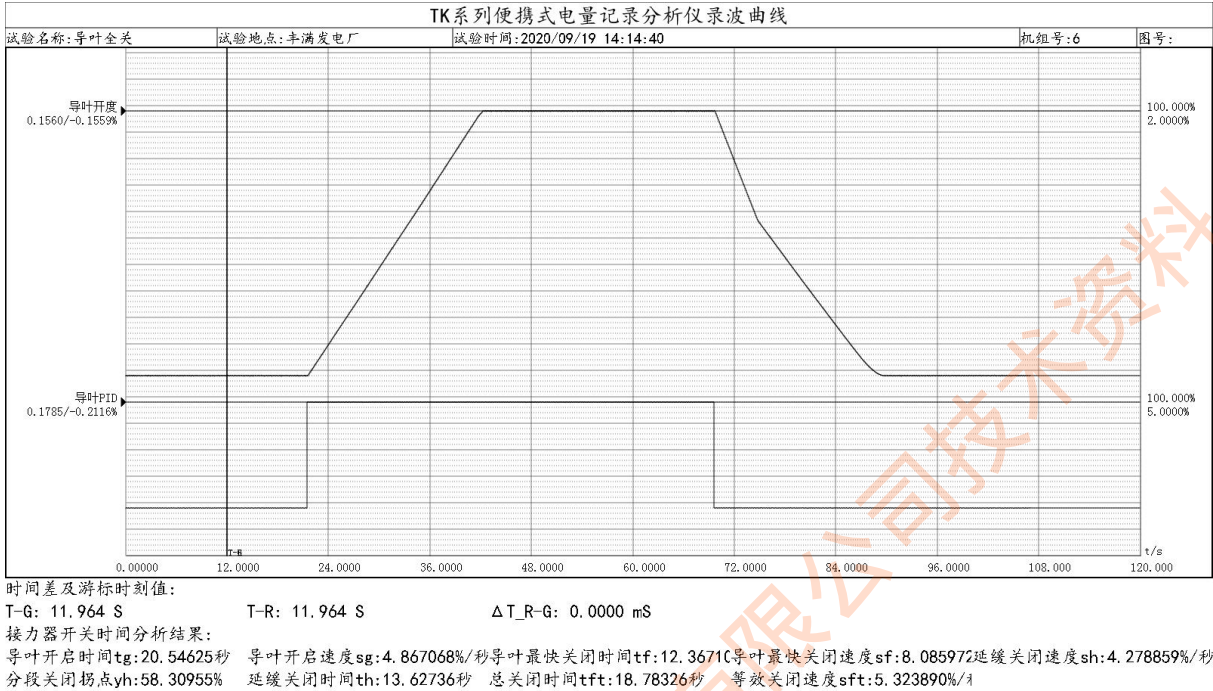


图 5.5a、继电器开关时间测试试验录波图及分析结果输出的黑白图片

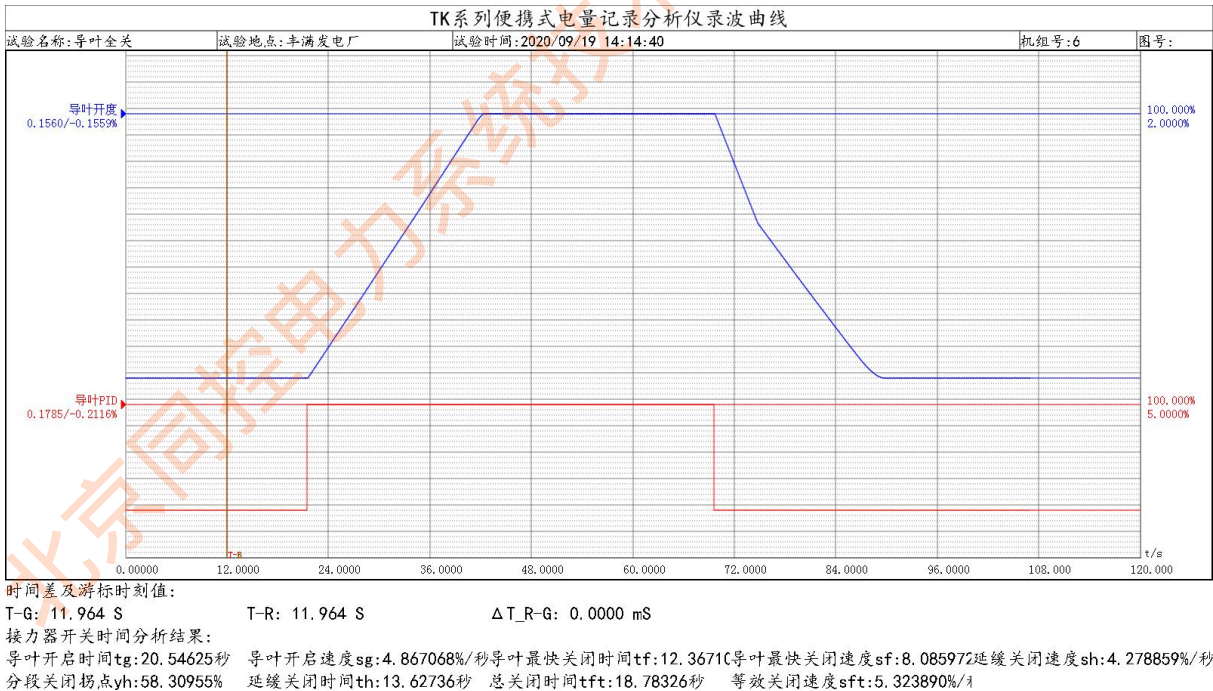


图 5.5b、继电器开关时间测试试验录波图及分析结果输出的彩色图片

## 6、甩 25%负荷试验接力器不动时间的计算操作说明

① 打开机组甩 25%负荷试验录波数据文件如图 6.1 所示，通过接力器不动时间分析计算功能可以从图上直接求出接力器不动时间。

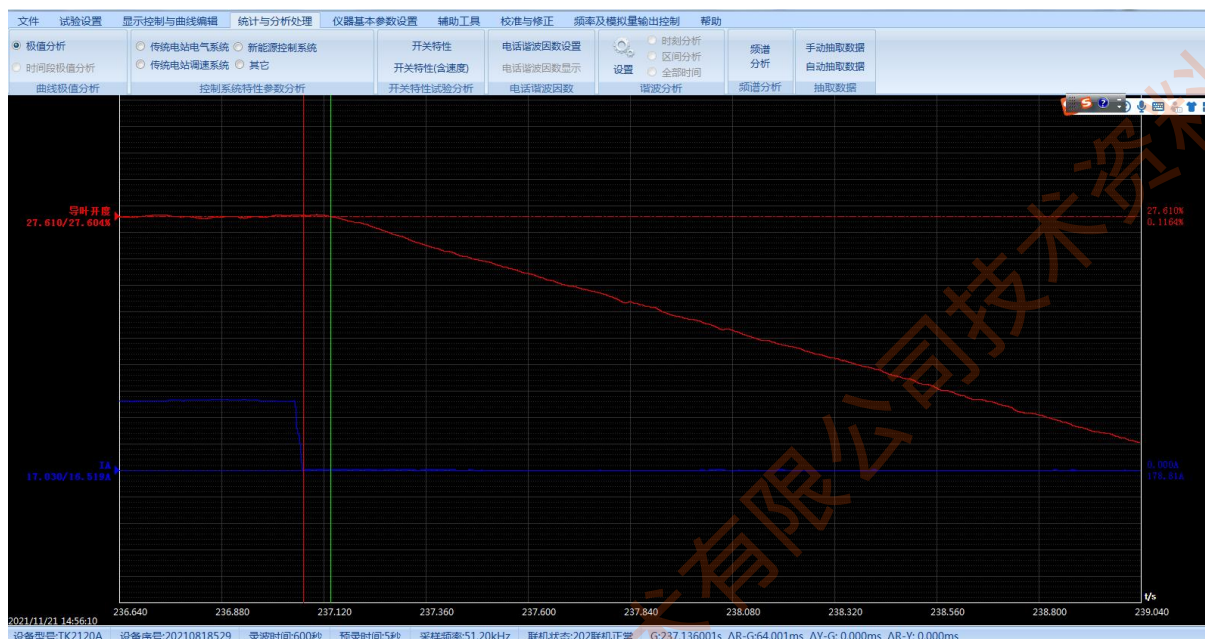


图 6.1、机组甩 25%负荷录波图

② 在图 6.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“接力器不动时间”菜单，如图 6.2 所示。

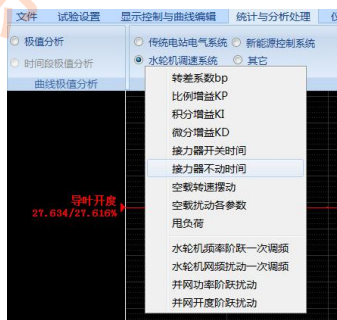


图 6.2、机组甩 25%负荷试验“接力器不动时间”命令示意图

③ 执行“接力器不动时间”命令后，弹出如图 6.3a 所示的“接力器不动时间”分析通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况选择正确的“发电机功率通道”及“导叶开度通道”，如图 6.3b 所示。



图 6.3a 通道选择前



图 6.3b 通道选择后

图 6.3、“接力器不动时间”命令通道选择示意图

④ 按图 6.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动搜索发电机功率通道由正常功率下降到零的时刻，并将红色游标时刻到功率突然下降至零后的一个合理时间段作为分析计算接力器不动时间的时段；最终将分析结果显示在图 6.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 6.4 所示。

如果红色游标的位置不合适，分析软件无法找出符合接力器不动时间测试过程的发电机功率与导叶开度正常变化过程，软件将提示错误信息，并将原分析结果清除。

接力器不动时间测试试验分析结果根据具体试验可能包含下列参数：

甩负荷前功率(MW)、甩负荷前功率标幺值(%)、接力器（导叶）不动时间(秒)。

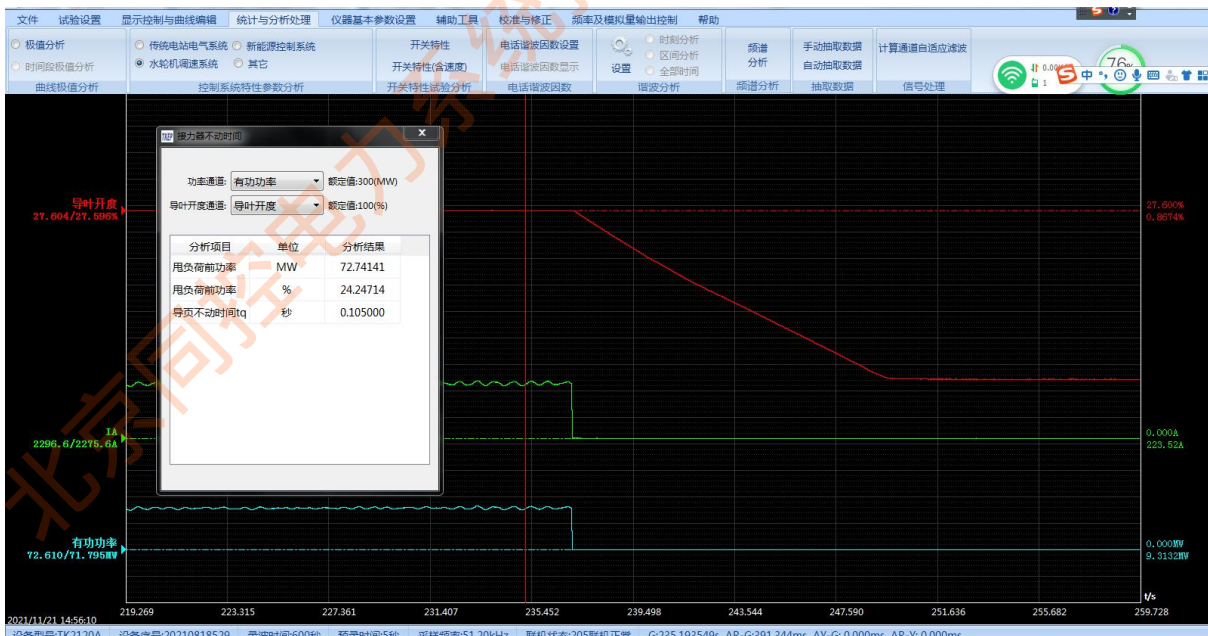



图 6.4a、机组甩 25%符合过程的“接力器不动时间”分析结果示意图

⑤ 接力器不动时间测试录波曲线及分析结果的输出

在图 6.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中,如图 6.5a 所示。

在图 6.4 的状态执行“文件”-->“”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件,黑白图如图 6.5a 所示,彩色图如图 6.5b 所示。

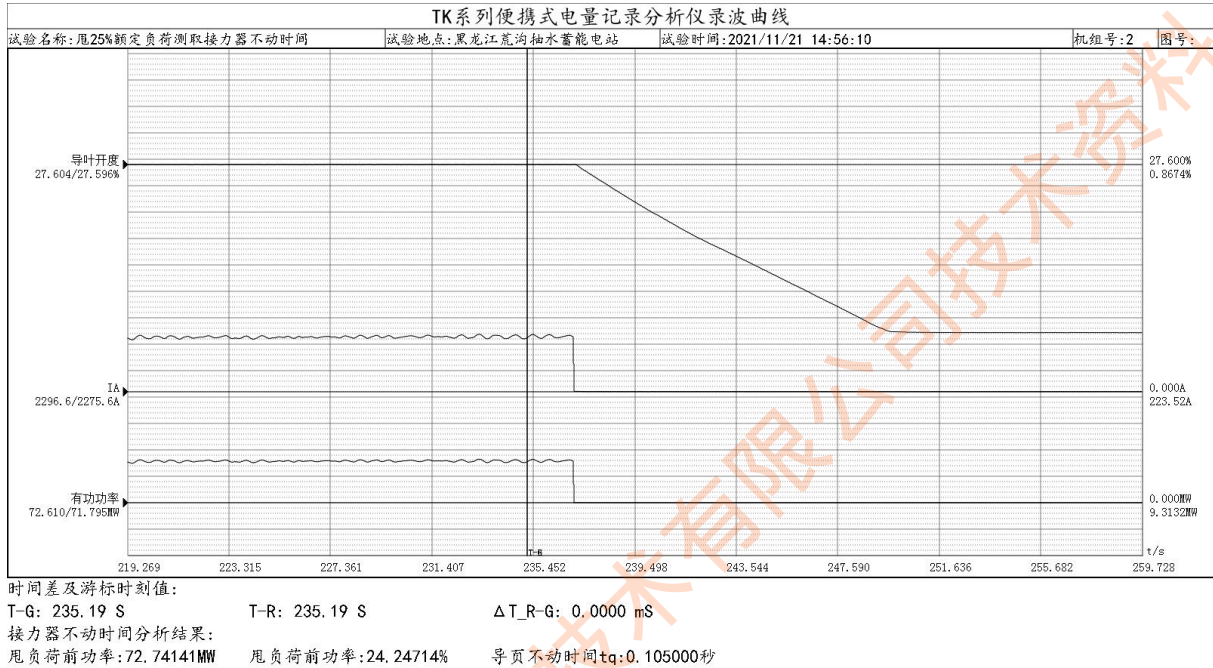


图 6.5a、接力器不动时间测试录波图及分析结果输出的黑白图片

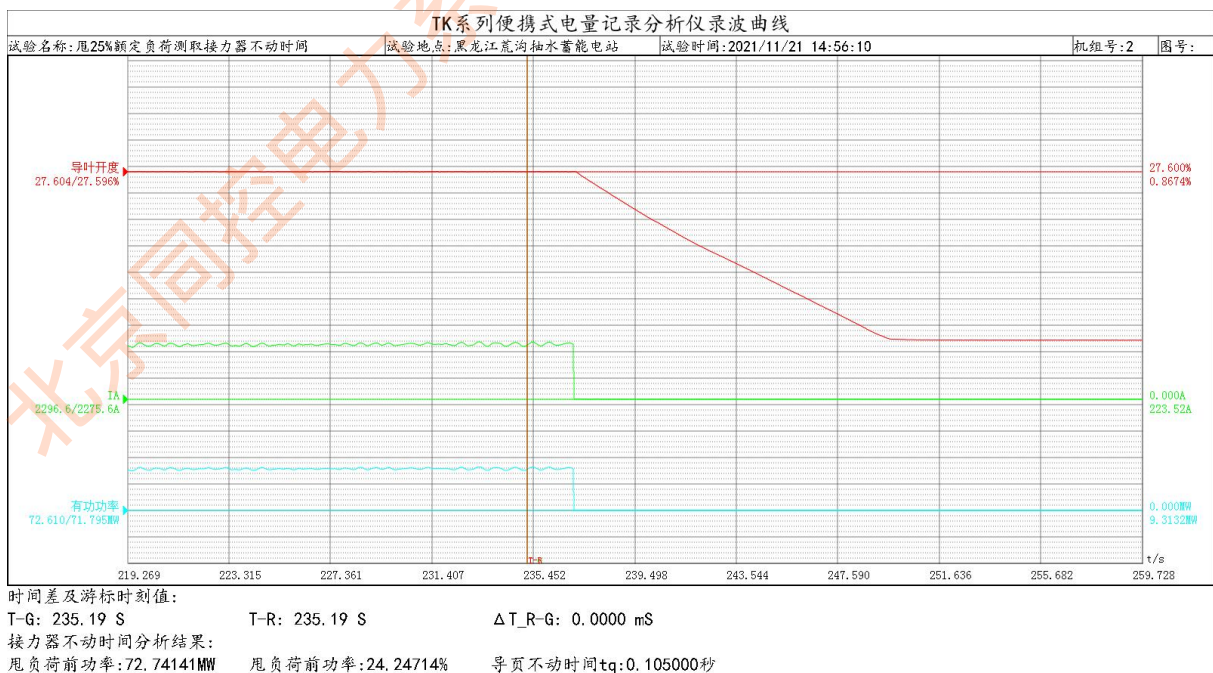


图 6.5b、接力器不动时间测试录波图及分析结果输出的彩色图片

## 7、手动、自动空载转速摆动量计算操作说明

① 空载转速摆动量计算包含手动及自动空载转速摆动量计算，打开机组手动或自动空载转速摆动测定试验录波数据文件如图 7.1 所示，可以直接计算出空载转速摆动量。

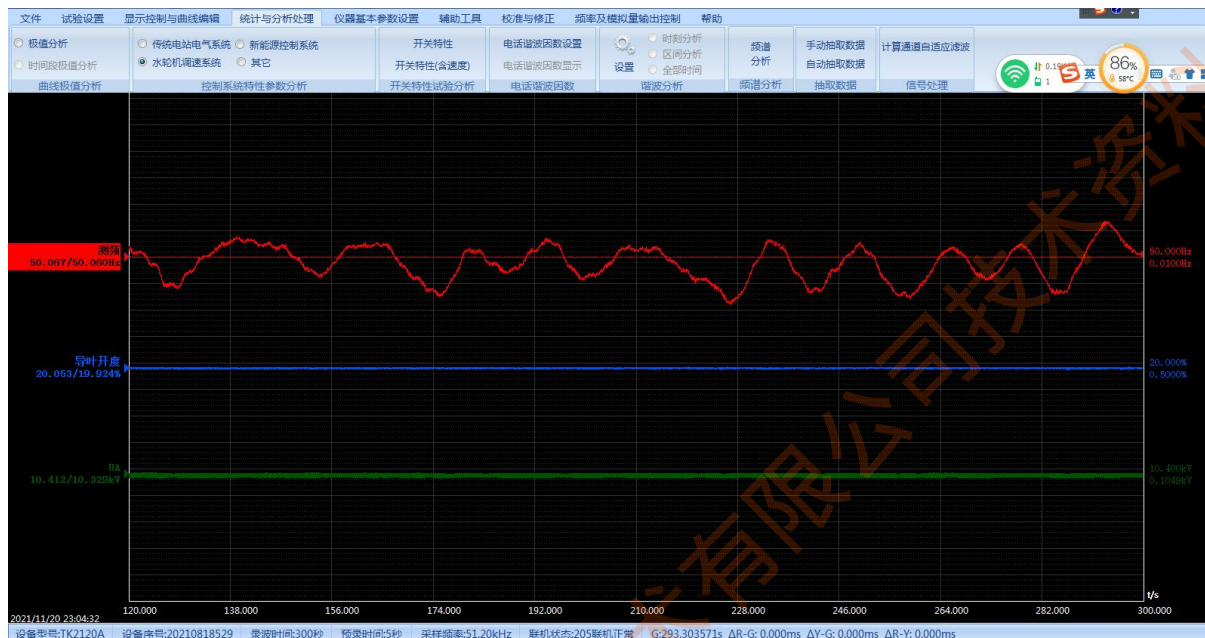


图 7.1、机组空载转速摆动量测定试验录波图

② 在图 7.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“空载转速摆动量”菜单，如图 7.2 所示。

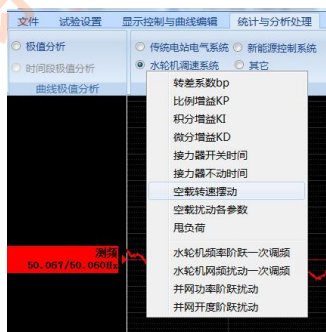


图 7.2、空载转速摆动量测定试验“空载转速摆动量”命令示意图

③ 执行“空载转速摆动量”命令后，弹出如图 7.3a 所示的“空载转速摆动量”分析通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况选择正确的“频率通道”，如图 7.3b 所示。



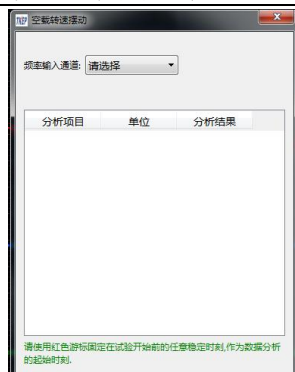


图 7.3a 通道选择前



图 7.3b 通道选择后

图 7.3、“空载转速摆动量”命令通道选择示意图

④ 按图 7.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始时刻（建议将红色游标固定在 0 时刻），软件将以红色游标所在时刻开始至其后的 3 分钟时间段作为分析计算自动或手动空载转速摆动量的时间段；最终将分析结果显示在图 7.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 7.4 所示。

空载转速摆动量测定试验分析结果包含下列参数：

频率最大值(Hz)、最小值(Hz)、平均值(Hz)、峰谷差(Hz)、转速稳定性指数(%)。

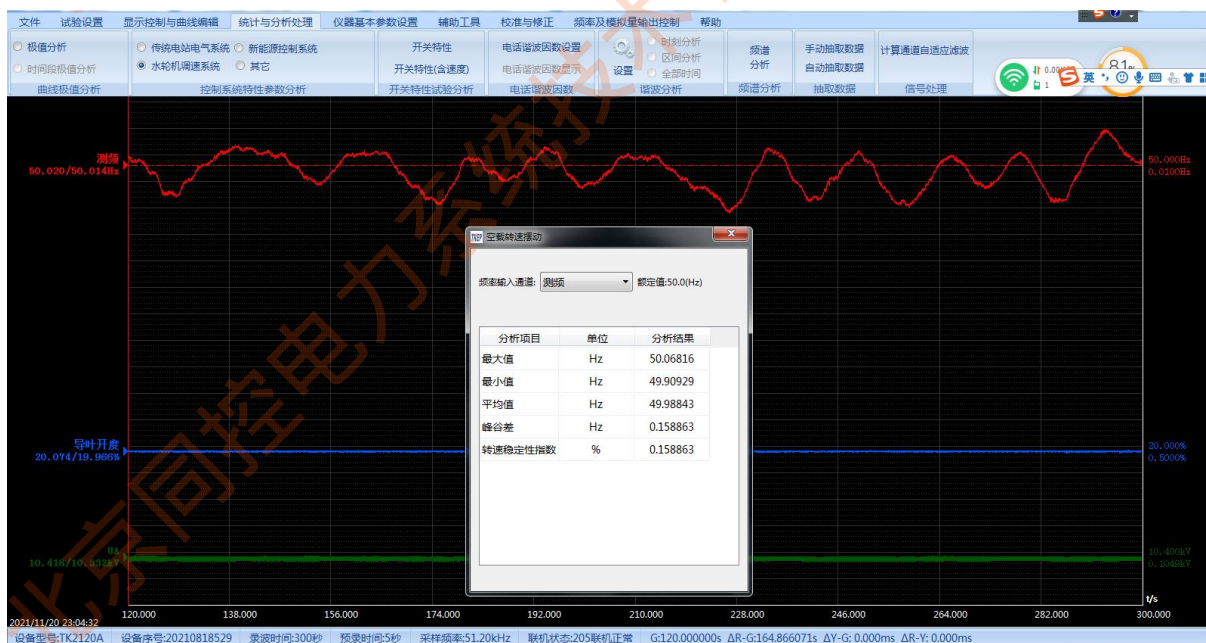



图 7.4、空载转速摆动测定试验“空载转速摆动量”分析结果示意图

⑤ 空载转速摆动测定试验录波曲线及分析结果的输出

在图 7.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 7.5a 所示。

在图 7.4 的状态执行“文件”-->“图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 7.5a 所示，彩色图如图 7.5b 所示。

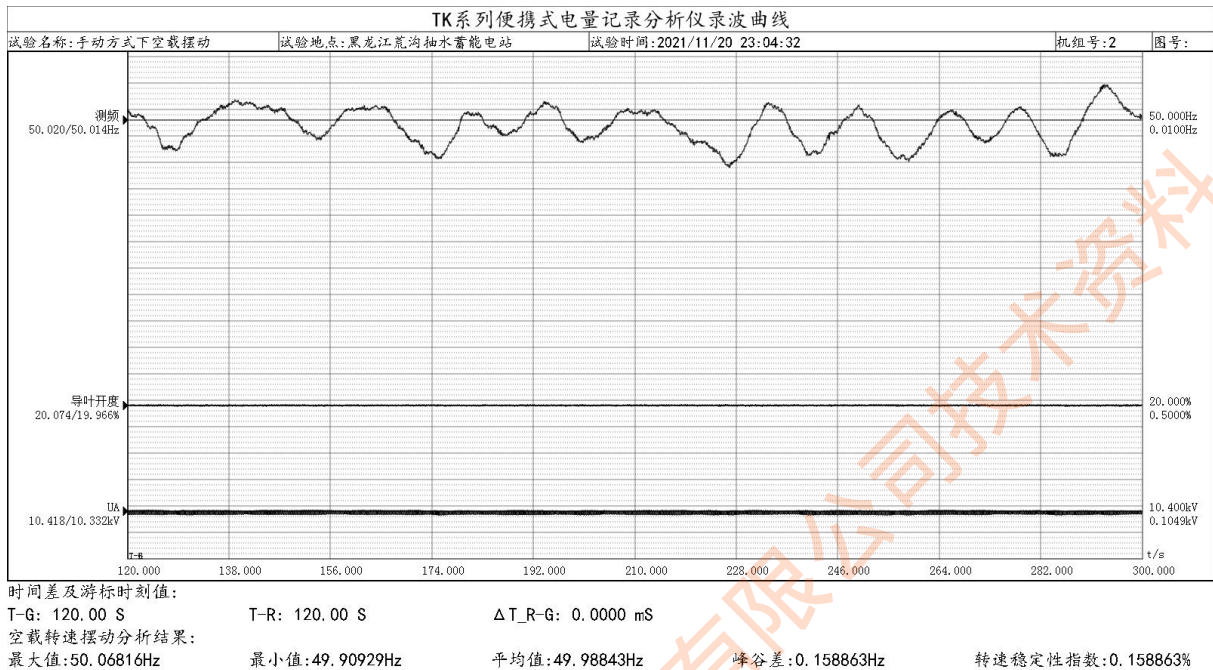


图 6.5a、空载转速摆动测定试验录波图及分析结果输出的黑白图片

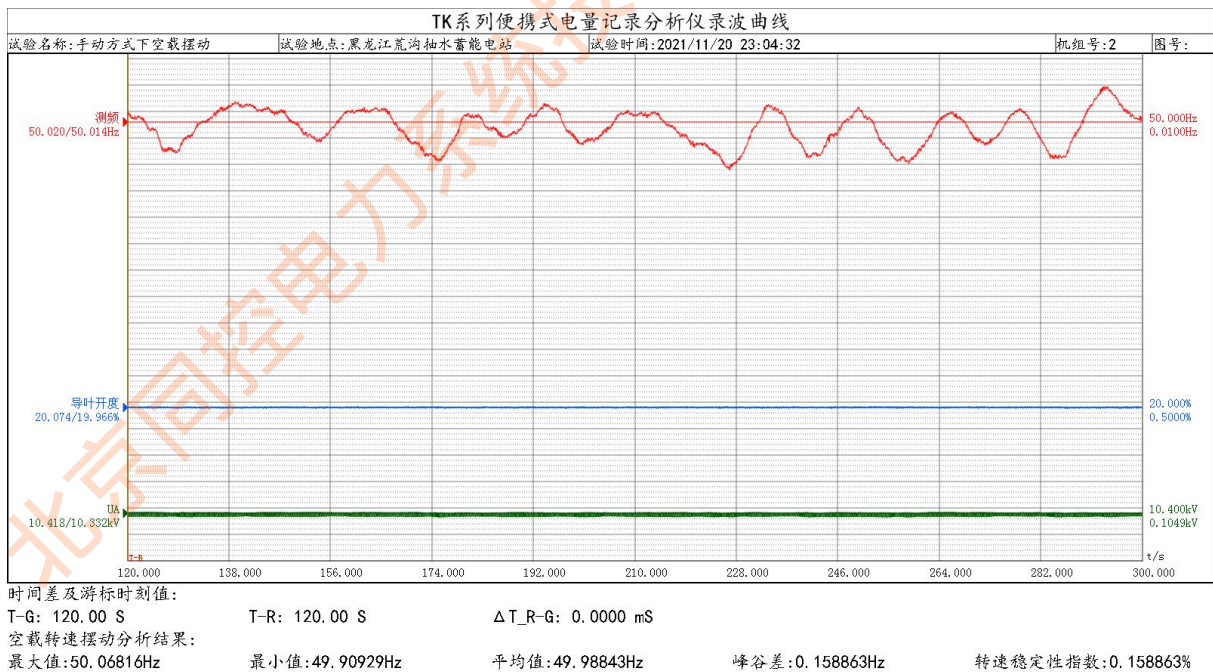


图 6.5b、空载转速摆动测定试验录波图及分析结果输出的彩色图片

## 8、空载频率扰动试验相关参数的计算操作说明

① 空载频率扰动包含手动空载频率扰动及自动空载频率扰动，打开手动空载或自动空载频率扰动试验录波数据文件如图 8.1 所示，可以直接计算出如下空载频率扰动相关特性参数：

起始频率 (Hz)、最终稳定频率 (Hz)、频率阶跃量  $\Delta f$  (Hz)、10%响应时间(秒)、90%响应时间(秒)、调节时间  $T_p$  (秒)、峰值时间  $T_M$  (秒)、超调量峰值  $\Delta f_{max}$  (Hz)、超调量峰值百分数 (%)、频率变化衰减度  $\psi$  (%)、波动次数  $Z$ 、超大波动次数  $ZC$

(a) 手动空载频率扰动试验过程：在手动空载运行状态下，将"频率给定  $f_c$ "置于额定频率 50Hz，预置一组调节参数，再将电液调节装置切至自动，使机组转速稳定于额定转速附近的稳态转速带，再通过改变"频率给定  $f_c$ "的方法，对电液调节系统施加幅度不小于 4%额定转速的阶跃给定。其中图 8.1a 为 52Hz 至 50Hz 的手动空载频率扰动过渡过程，其中图 8.1b 为 48Hz 至 50Hz 的手动空载频率扰动过渡过程。

(b) 自动空载频率扰动试验过程：在自动空载稳定工况下，"频率给定  $f_c$ "始终置于额定频率 50Hz，将调节装置切至手动，通过手动增减接力器位移的方法，改变机组当前的实际转速，当转速变化幅度超过 4%额定转速时，再切至自动。其中图 8.1c 为 50Hz 至 48Hz 的自动空载频率扰动过渡过程，其中图 8.1d 为 50Hz 至 52Hz 的自动空载频率扰动过渡过程。

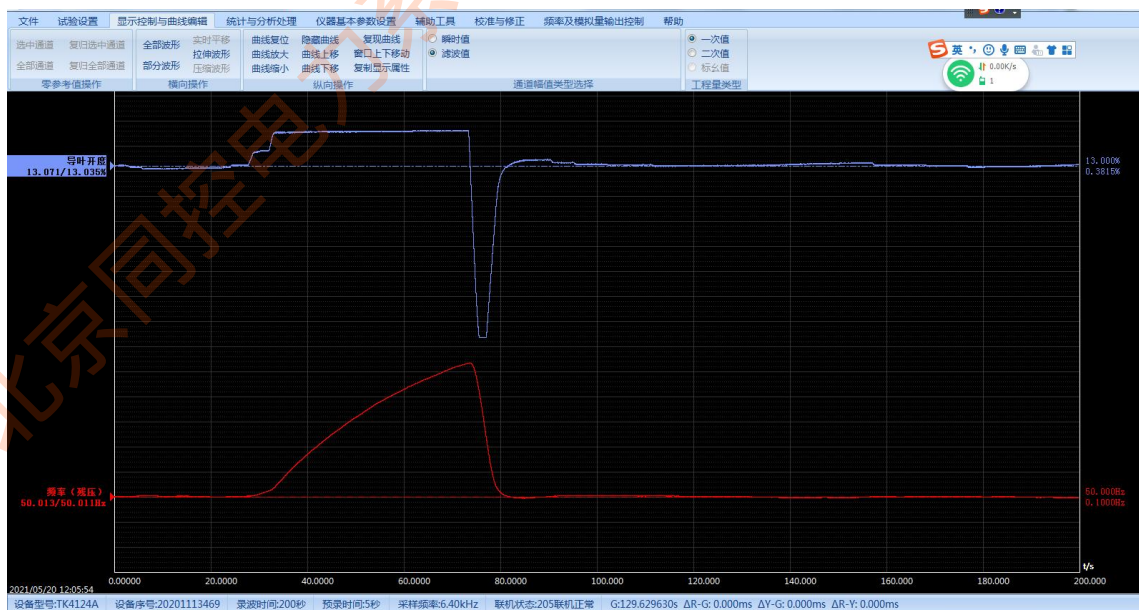


图 8.1a、手动空载频率扰动（52Hz 至 50Hz）过渡过程录波图

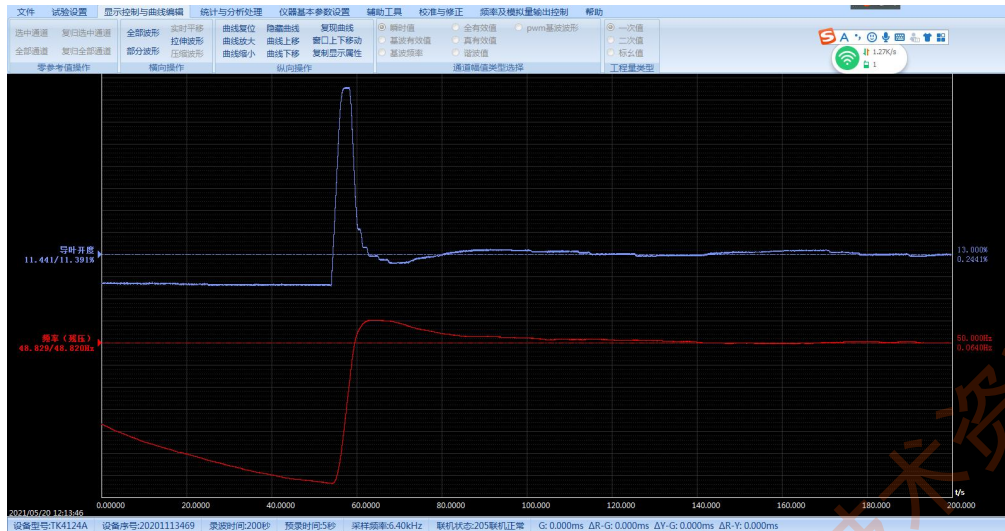


图 8.1b、手动空载频率扰动（48Hz 至 50Hz）过渡过程录波图

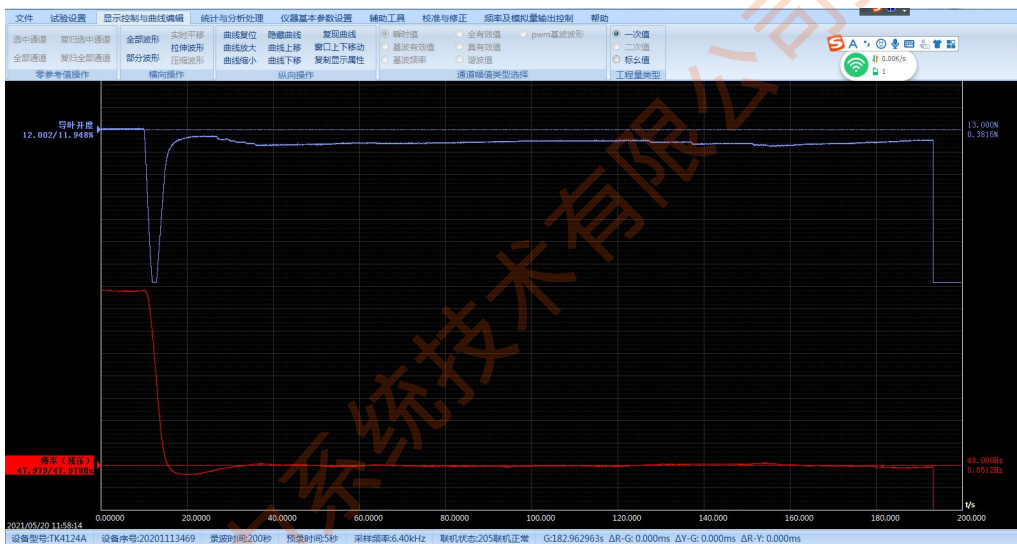


图 8.1c、自动空载频率扰动（50Hz 至 48Hz）过渡过程录波图

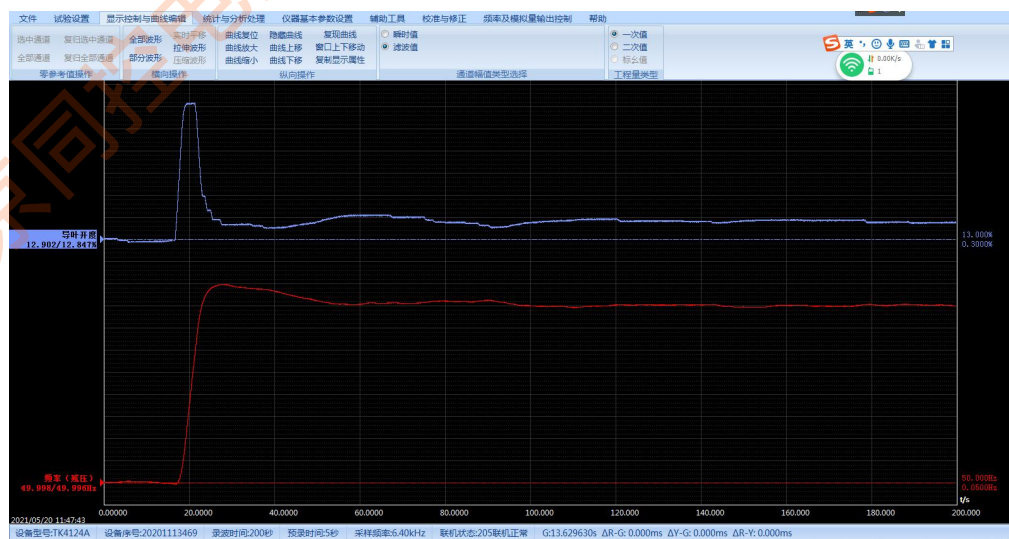


图 8.1d、自动空载频率扰动（50Hz 至 52Hz）过渡过程录波图

② 在图 8.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“空载扰动各参数”菜单，如图 8.2 所示。

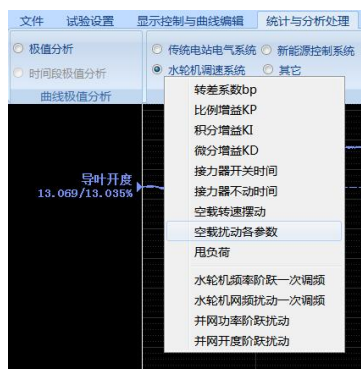


图 8.2、空载频率扰动试验数据“空载扰动各参数”命令示意图

③ 执行“空载扰动各参数”命令后，弹出如图 8.3a 所示的“空载扰动各参数”通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况选择正确的“频率输入通道”、“导叶开度通道”及各通道相应的额定值,如图 8.3b 所示。

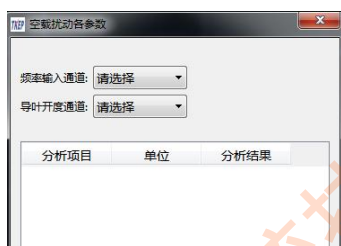


图 8.3a 通道选择前

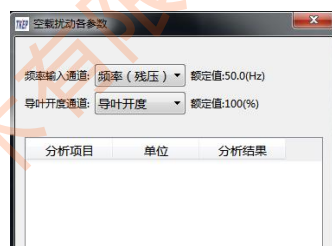


图 8.3b 通道选择后

图 8.3、“空载扰动各参数”命令通道选择示意图

④ 按图 8.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动搜索导叶开度通道的突变时刻，并将红色游标时刻到导叶开度通道突变时刻后的一个合理时间段为止的一段时间为分析计算空载频率扰动各参数的时间段。最终将分析结果显示在图 8.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 8.4 所示，其中图 8.4a 为 52Hz 扰动至 50Hz 手动空载频率扰动过程的分析结果示意图，图 8.4b 为 48Hz 扰动至 50Hz 的手动空载频率扰动过程的分析结果示意图，图 8.4c 为 50Hz 扰动至 48Hz 的自动空载频率扰动过程的分析结果示意图，其中图 8.4d 为 50Hz 扰动至 52Hz 的自动空载频率扰动过程的分析结果示意图。

如果红色游标的位置不合适，分析软件无法找出符合空载频率扰动过程的频率输入与导叶开度正常变化过程，软件将提示错误信息，并将原分析结果清除。

**空载频率扰动试验分析结果包含下列参数：**

起始频率 (Hz)、最终稳定频率 (Hz)、频率阶跃量  $\Delta f$  (Hz)、10%响应时间(秒)、

90%响应时间(秒)、调节时间  $T_p$  (秒)、峰值时间  $T_M$  (秒)、超调量峰值  $\Delta f_{max}$  (Hz)、超调量峰值百分数(%)、频率变化衰减度  $\psi$  (%)、波动次数  $Z$ 、超大波动次数  $ZC$

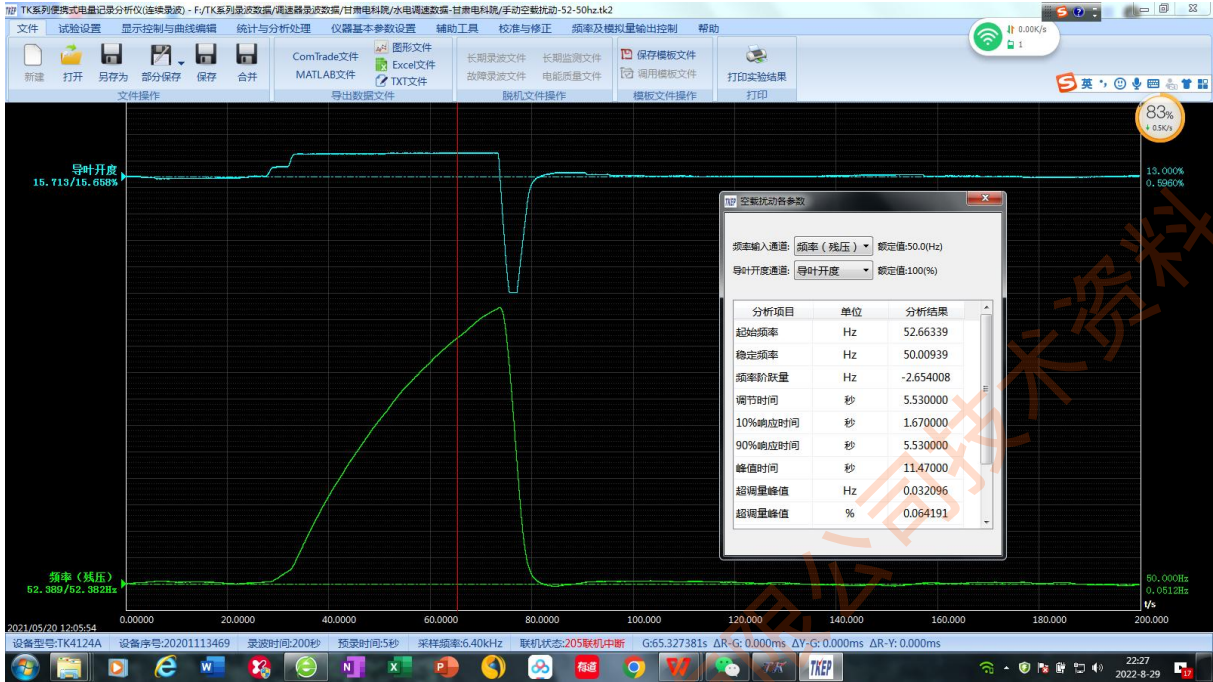


图 8.4a、52Hz 扰动至 50Hz 手动空载频率扰动过程的“空载扰动各参数”分析结果示意图

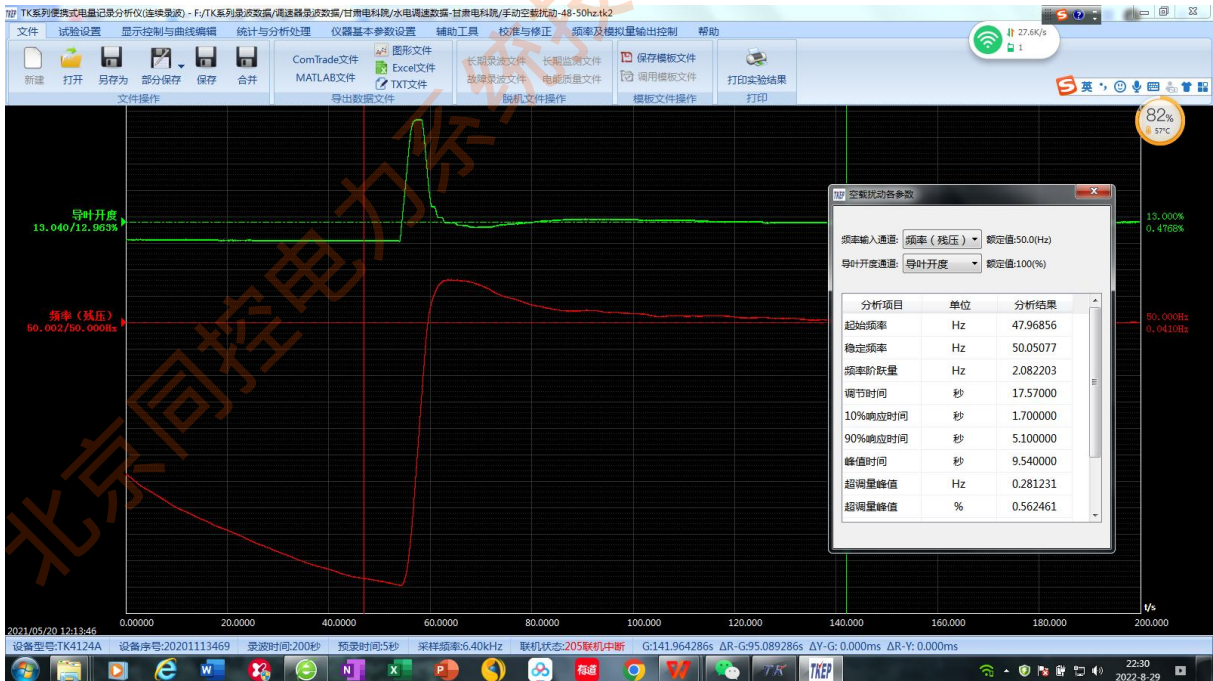


图 8.4b、48Hz 扰动至 50Hz 手动空载频率扰动过程的“空载扰动各参数”分析结果示意图

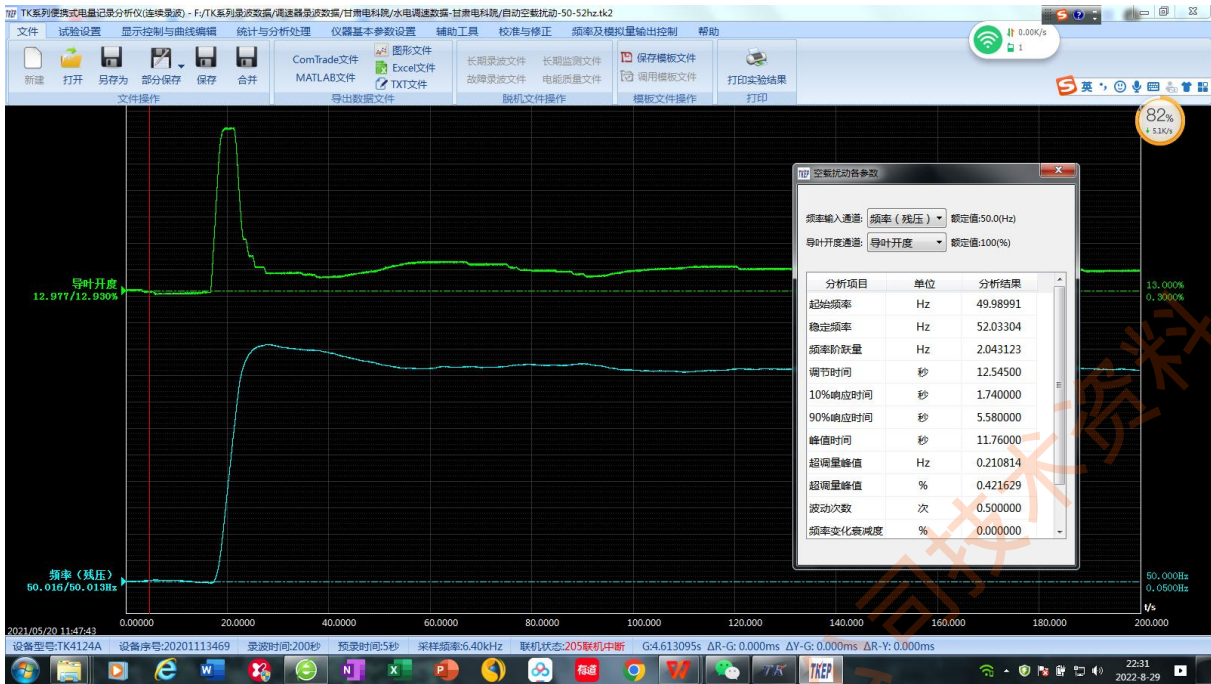


图 8.4c、50Hz 扰动至 52Hz 自动空载频率扰动过程的“空载扰动各参数”分析结果示意图

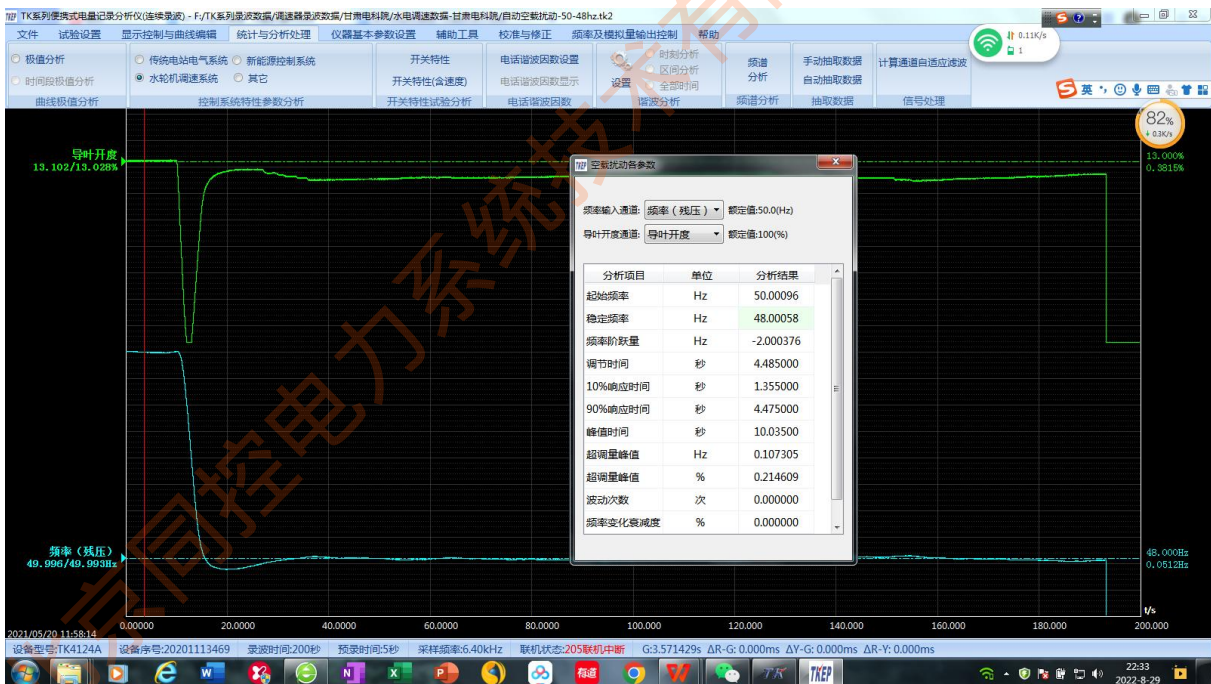


图 8.4d、50Hz 扰动至 48Hz 自动空载频率扰动过程的“空载扰动各参数”分析结果示意图

⑤ 空载频率扰动试验测试录波曲线及分析结果的输出

在图 8.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 8.5a 所示。

在图 8.4 的状态执行“文件”-->“ 图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 8.5a 所示，彩色图如图 8.5b 所示。

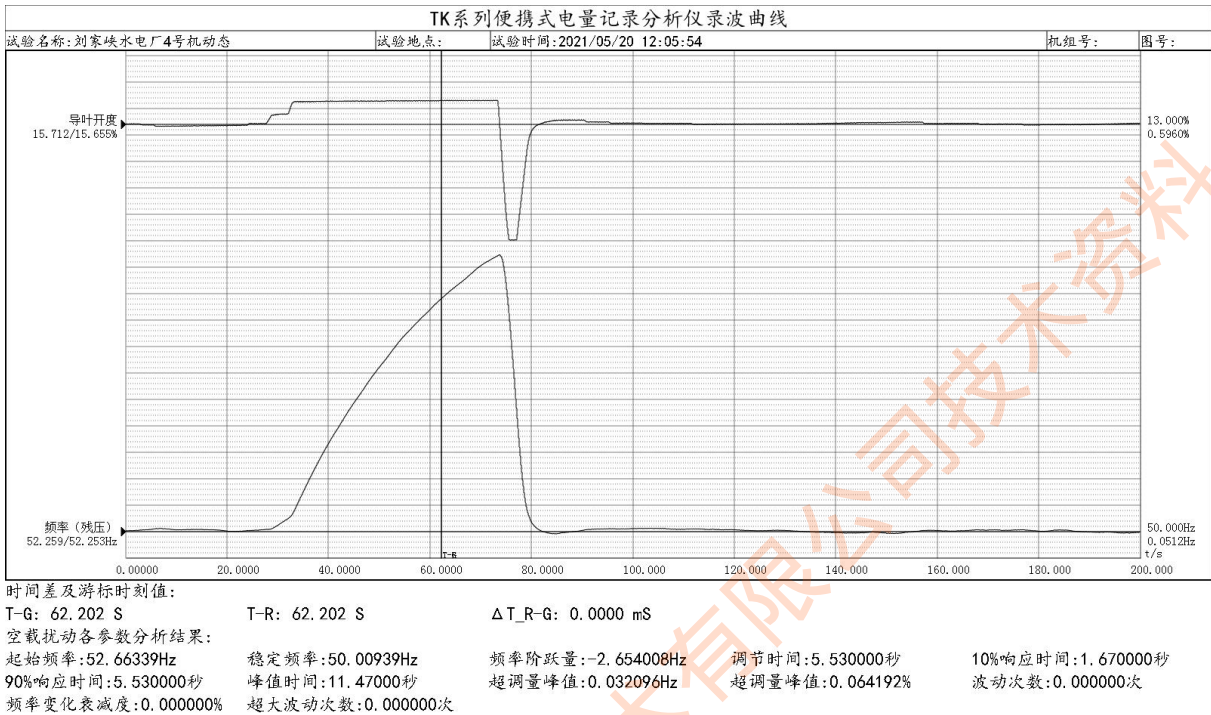


图 8.5a、空载频率扰动试验录波图及分析结果输出的黑白图片

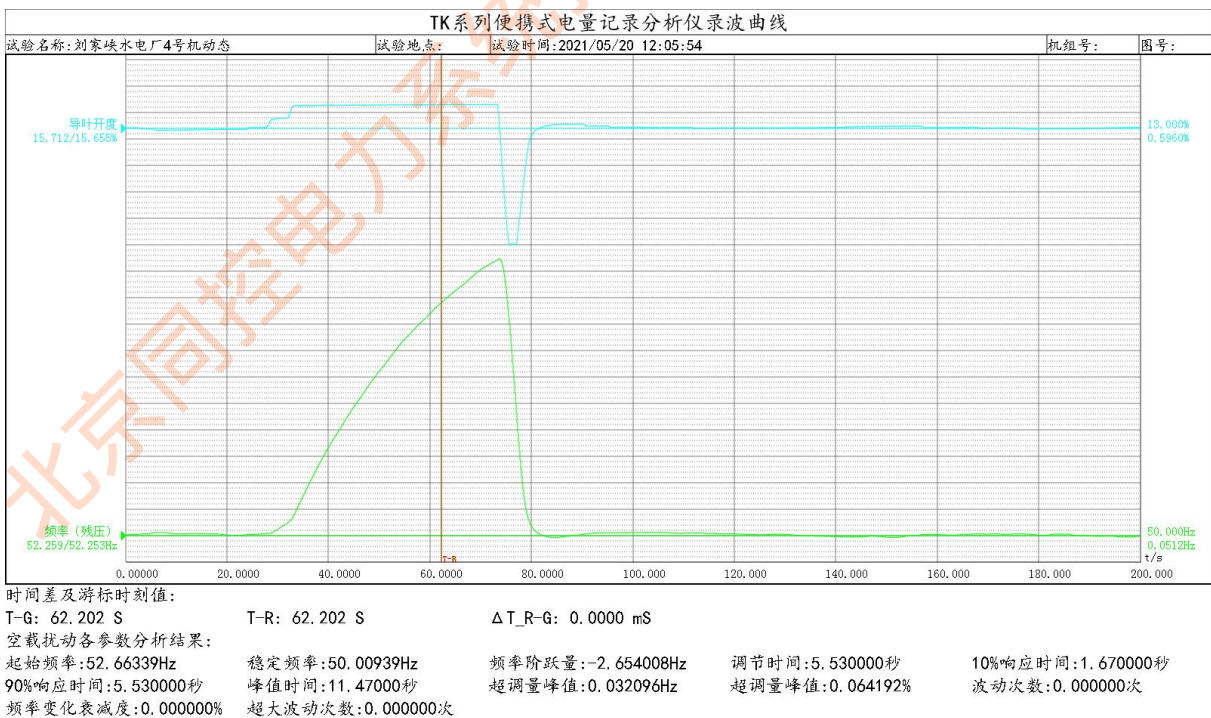


图 8.5b、空载频率扰动试验录波图及分析结果输出的彩色图片

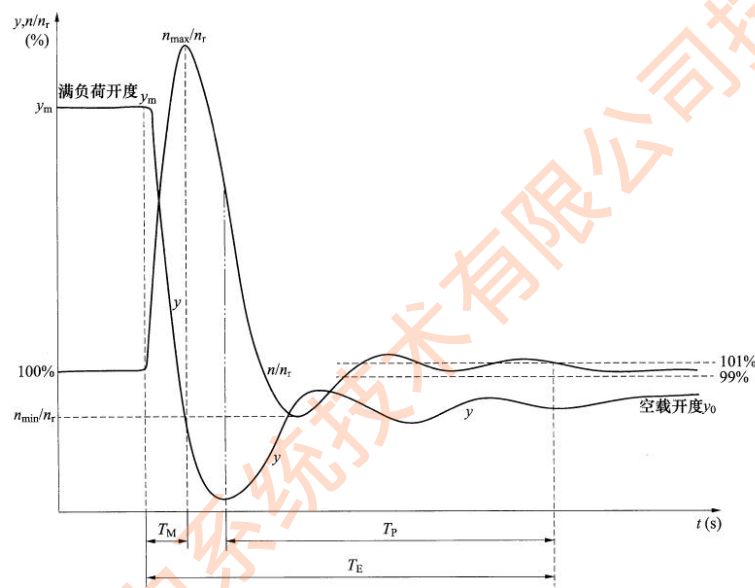


## 9、甩负荷试验相关参数的计算操作说明

① 甩负荷试验包含甩 100% 负荷、甩 75% 负荷、甩 50% 负荷等试验过程，甩负荷动态调节过程相关参数的定义见图 9.1a，打开甩负荷试验录波数据文件如图 9.1b、9.1c、9.1d、9.1e 所示，本软件的“甩负荷”参数计算可以直接计算出如下特性参数：

频率峰值时间（秒）、频率超调量峰值（Hz）、频率超调量峰值标幺值（%）、频率调节时间 TE（秒）、波动次数 Z、超大波动次数 ZC、开度调节时间 Tp（秒）

其中图 9.1b 为甩 100% 负荷后脱网的动态过程，图 9.1c、9.1d、9.1e、9.1f 分别为甩 100%、75%、50% 负荷后未脱网的动态过程。



说明：y 为开度；n/nr 为相对转速。

图 9.1a、甩负荷动态调节过程相关参数的定义

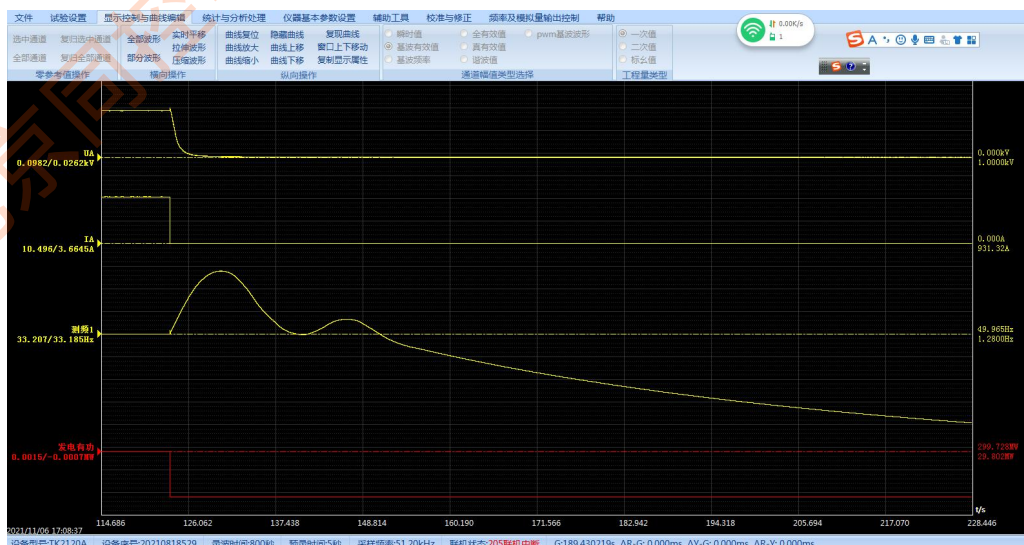
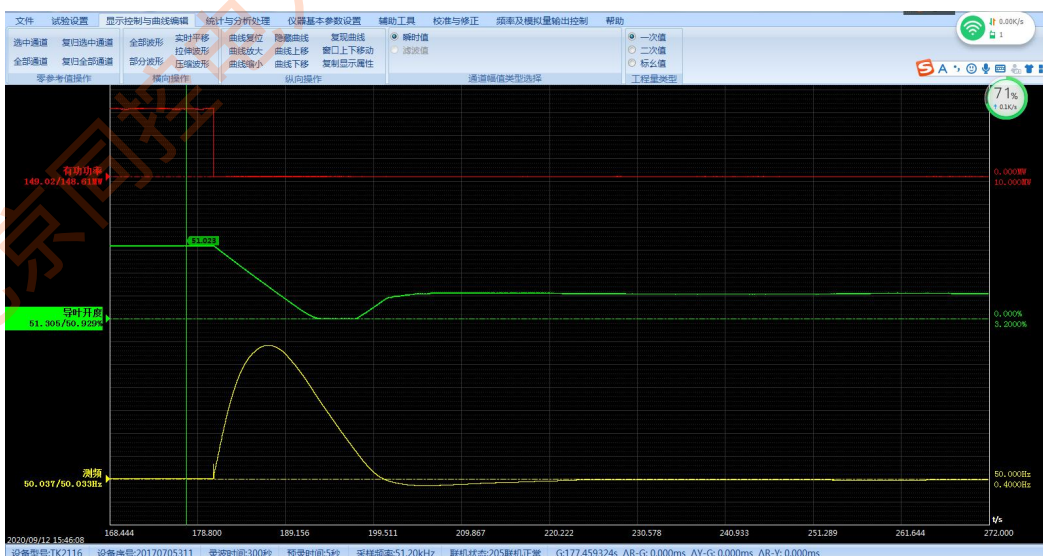
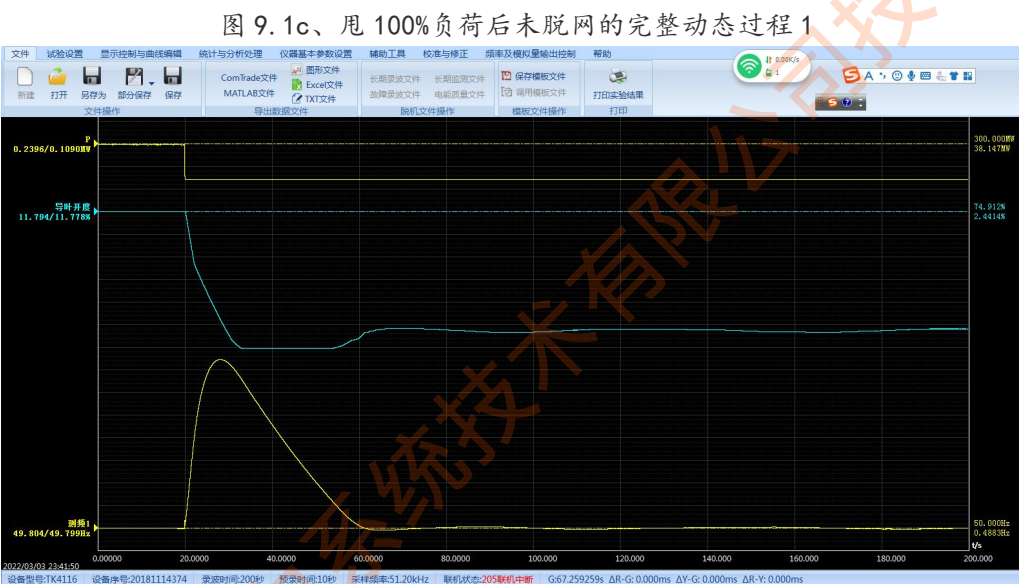
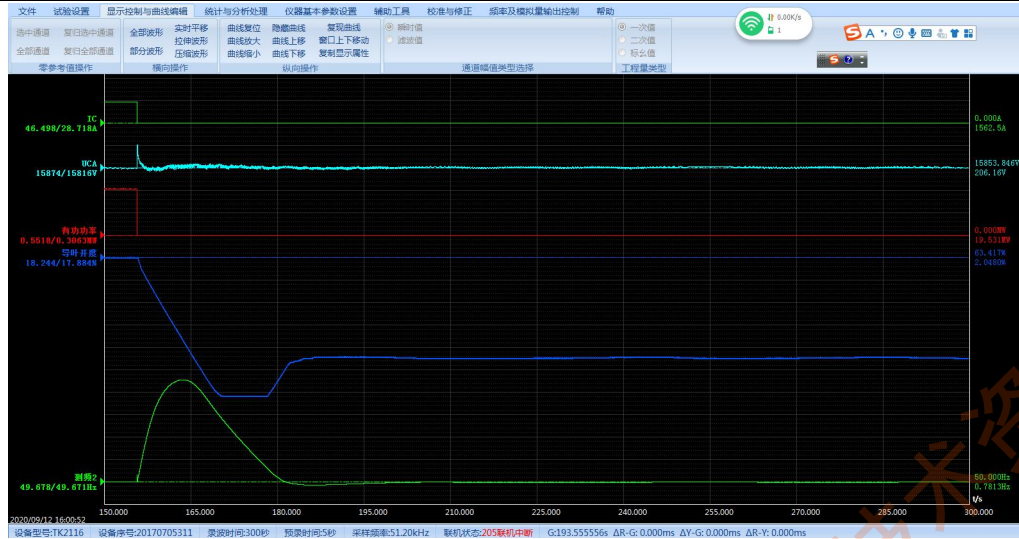


图 9.1b、甩 100% 负荷后脱网的动态过程



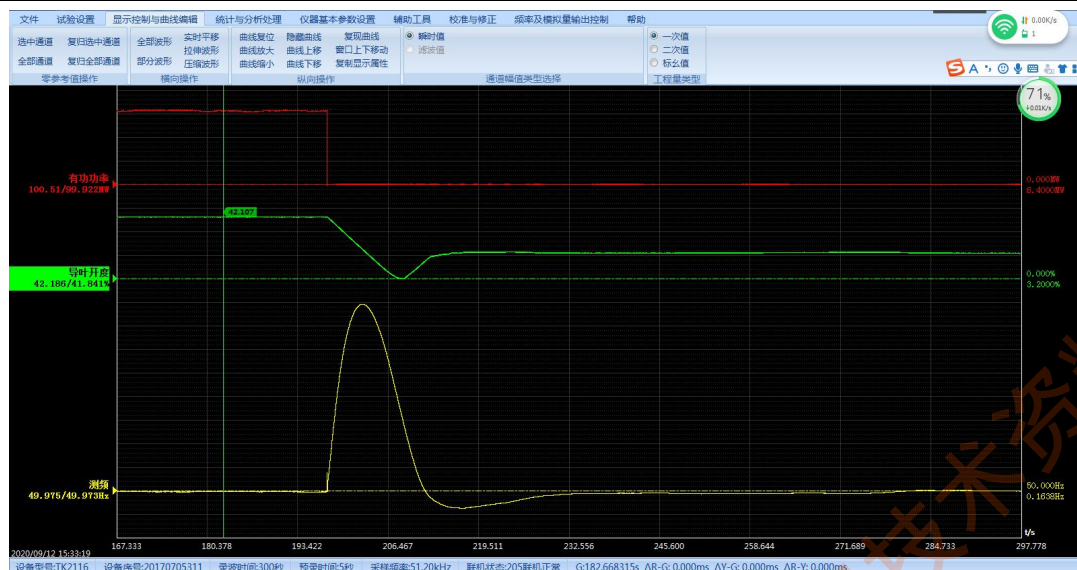


图 9.1f、甩 50%负荷后未脱网的完整动态过程

② 在图 9.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“甩负荷”菜单，如图 9.2 所示。



图 9.2、甩负荷试验据“甩负荷”命令示意图

③ 执行“甩负荷”分析命令后，弹出如图 9.3a 所示的“甩负荷”命令通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况选择正确的“发电机功率通道”、“发电机频率通道”、“导叶开度通道”及各通道相应的额定值，如图 9.3b 所示。



图 9.3a 通道选择前

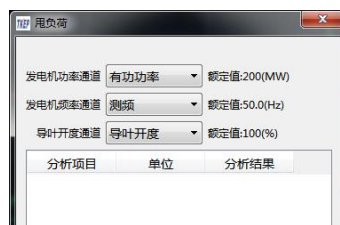


图 9.3b 通道选择后

图 9.3、“甩负荷”分析命令通道选择示意图

④ 按图 9.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动搜索发电机功率突变至零的时刻，并将红色游标时刻到

发电机功率突变至零时刻后的一个合理时间段为止的一段时间作为分析计算甩负荷各参数的时间段。最终将分析结果显示在图 9.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 9.4 所示，其中图 9.4a 为甩 100% 负荷后脱网的动态过程分析结果，对于甩负荷后脱网的动态过程其甩负荷分析不做频率调节时间 TE（秒）、波动次数 Z、超大波动次数 ZC、开度调节时间 Tp（秒）、TE/TM 比值等参数的计算，图 9.4b 为甩 100% 负荷后未脱网的动态过程 1 分析结果，图 9.1c 为甩 100% 负荷后未脱网的动态过程 2 分析结果，9.1d 为甩 75% 负荷后未脱网的动态过程分析结果，9.1e 为甩 50% 负荷后未脱网的动态过程 1 分析结果，。

如果红色游标的位置不合适，分析软件无法找出符合甩负荷动态过程的发电机功率、发电机频率与导叶开度正常变化过程，软件将提示错误信息，并将原分析结果清除。

甩负荷试验分析结果包含下列参数：

甩负荷前功率（MW）、甩负荷前功率标么值（%）、起始频率（Hz）、稳定频率（Hz）、频率峰值时间 TM（秒）、频率调节时间 TE（秒）、频率超调量峰值（Hz）、频率超调量峰值标么值（%）、波动次数 Z、超大波动次数 ZC、开度调节时间 Tp（秒）、TE/TM 比值。

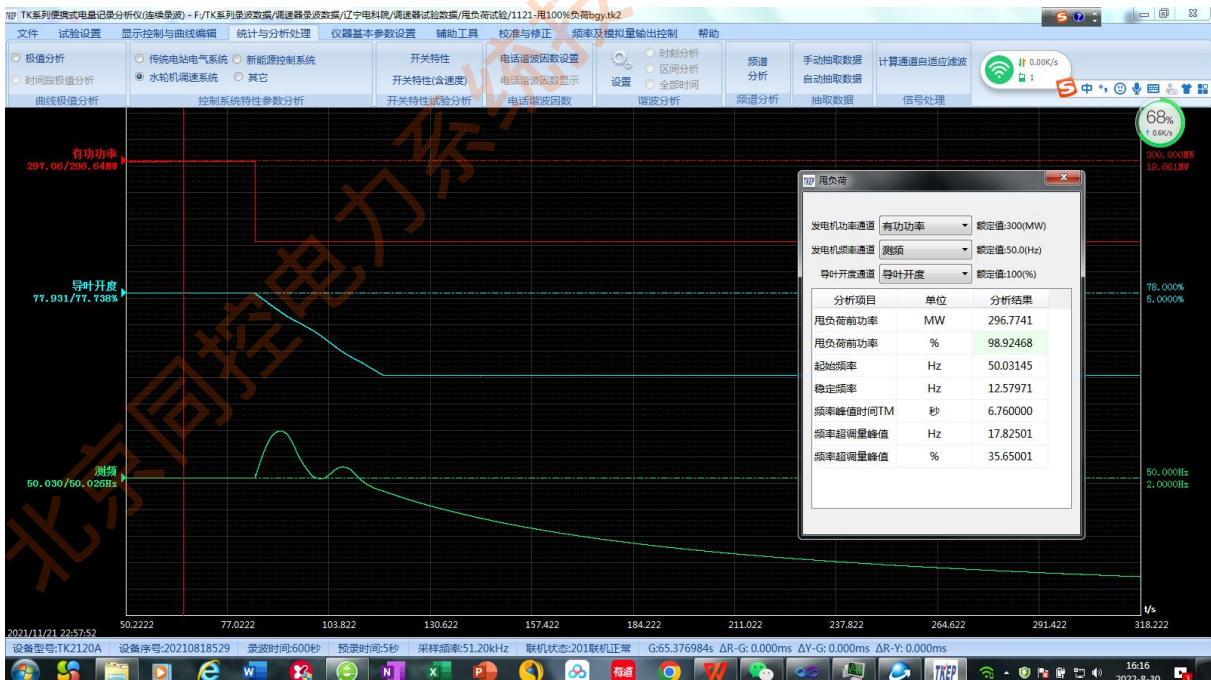


图 9.4a、甩 100% 负荷后脱网的动态过程分析结果示意图

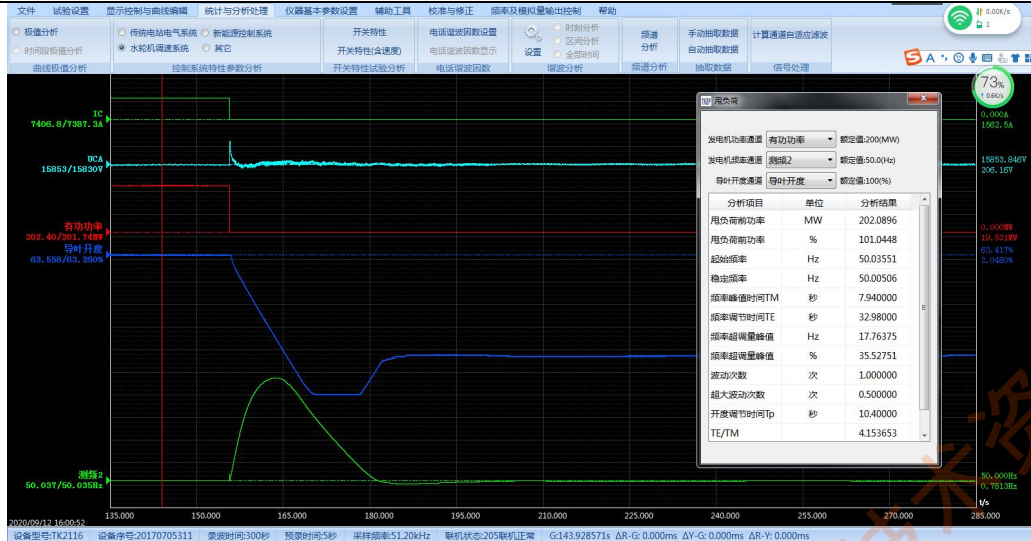


图 9.4b、甩 100% 负荷后未脱网的完整动态过程 1 分析结果示意图

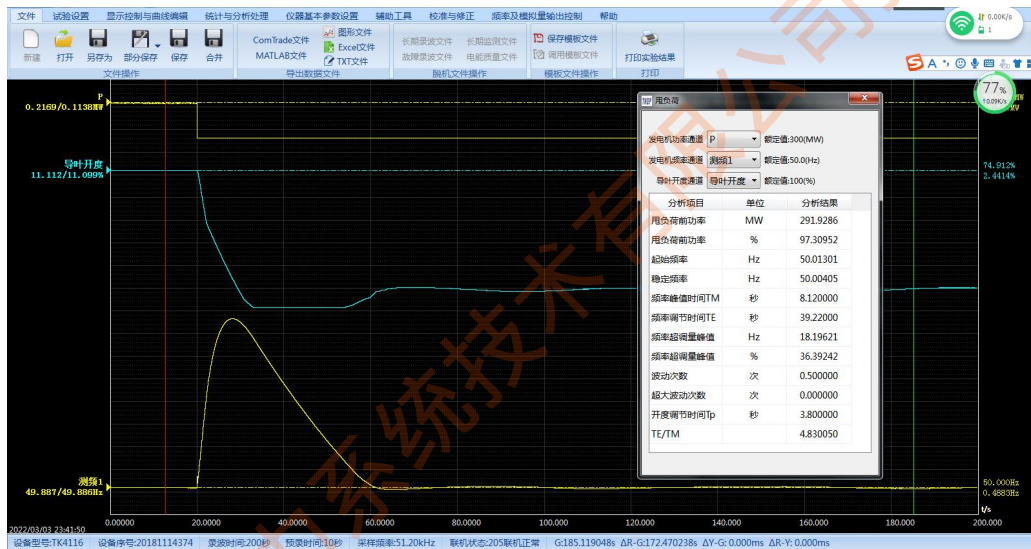


图 9.4c、甩 100% 负荷后未脱网的完整动态过程 2 分析结果示意图

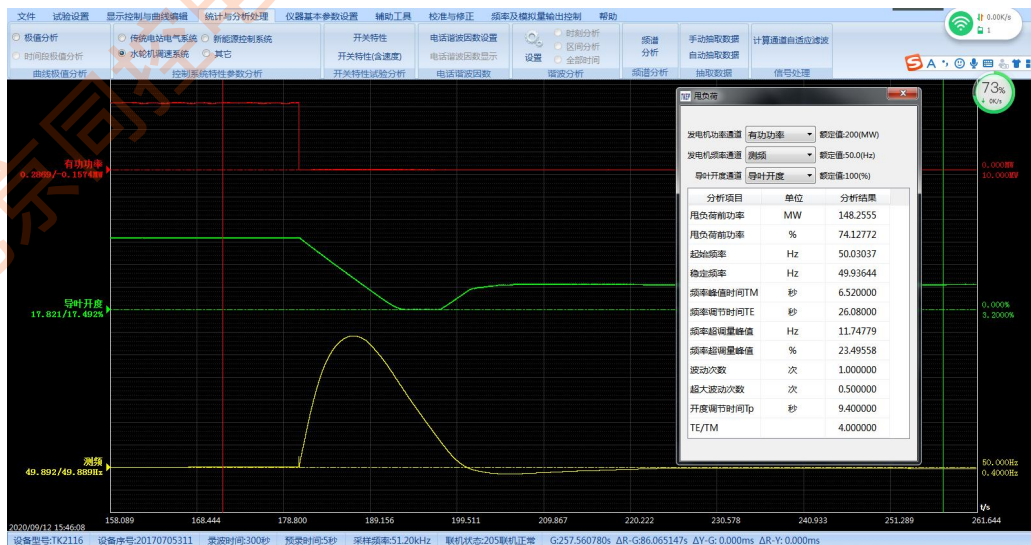


图 9.4d、甩 75% 负荷后未脱网的完整动态过程分析结果示意图

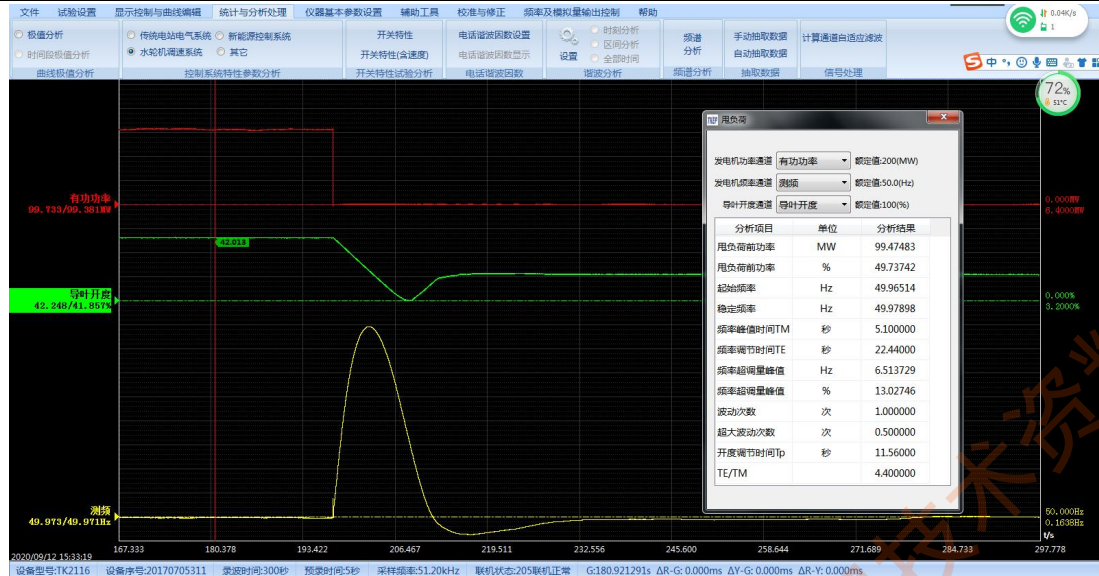


图 9.4e、甩 50% 负荷后未脱网的完整动态过程分析结果示意图

⑤ 甩负荷试验录波曲线及分析结果的输出

在图 9.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 9.5a 所示。

在图 9.4 的状态执行“文件”-->“图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 9.5a 所示，彩色图如图 9.5b 所示。

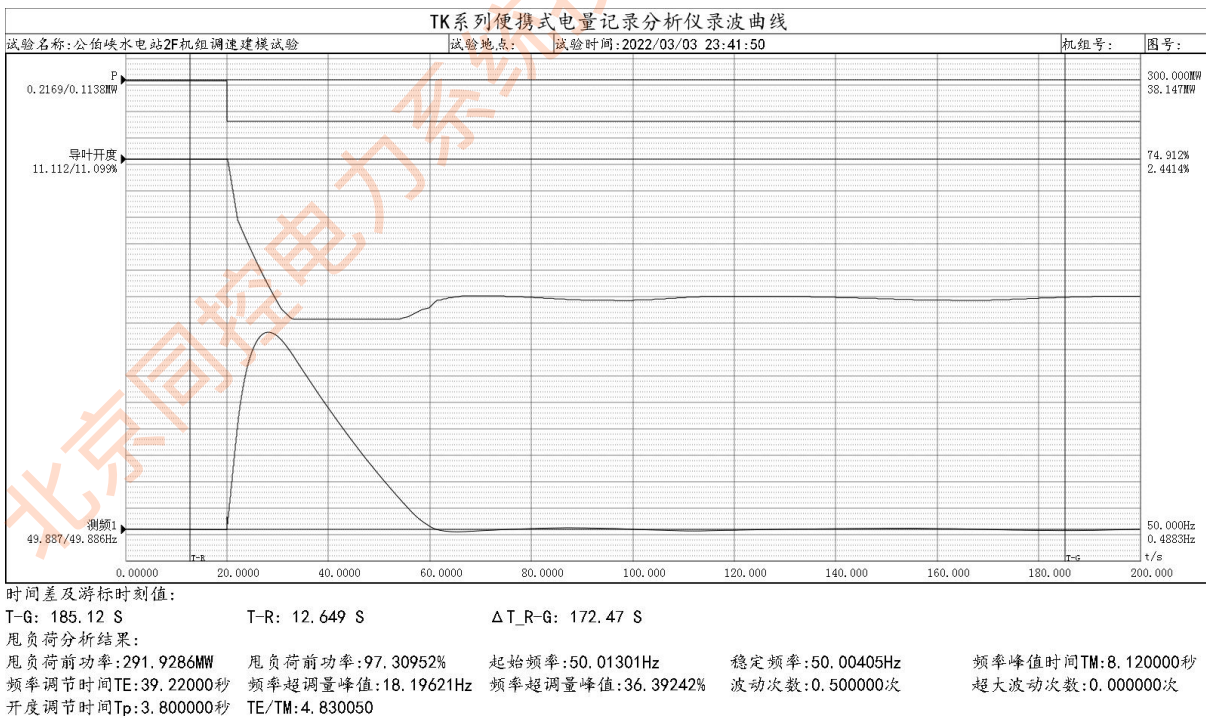


图 9.5a、空载频率扰动试验录波图及分析结果输出的黑白图片

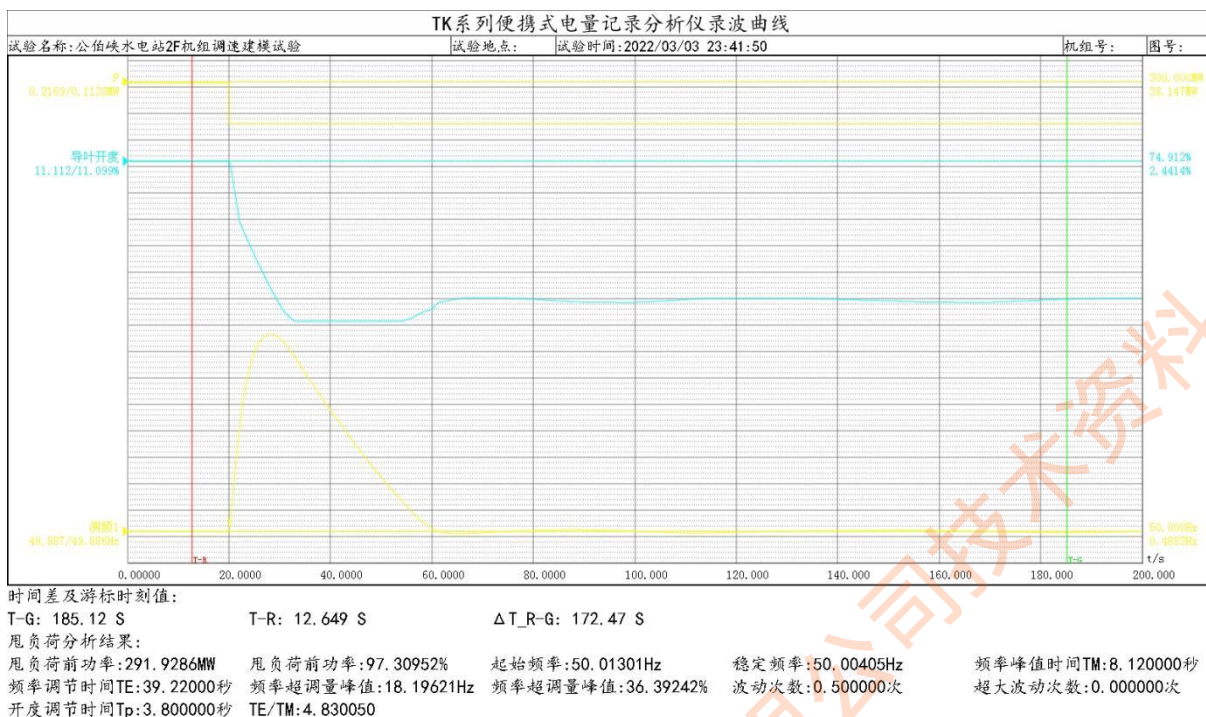


图 9.5b、空载频率扰动试验录波图及分析结果输出的彩色图片

## 10、功率控制一次调频频率阶跃扰动试验分析计算

详见“TK 软件并网电源一次调频试验模板及参数计算过程说明”

## 11、开度控制一次调频频率阶跃扰动试验分析计算

详见“TK 软件并网电源一次调频试验模板及参数计算过程说明”

## 12、并网功率阶跃扰动试验相关参数分析计算说明

① 打开并网功率阶跃扰动试验动态过程录波文件如图 12.1b 所示，并网功率阶跃扰动试验动态过程相关参数的定义见图 12.1a，本软件的“并网功率阶跃”参数计算可以直接计算出如下特性参数：

起始功率  $P_0$  (MW)、最终稳定功率  $P_\infty$  (MW)、功率阶跃量  $\Delta P$  (MW)、10%响应时间(秒)、90%响应时间(秒)、调节时间  $T_p$  (秒)、峰值时间  $T_M$  (秒)、超调量峰值  $\Delta P_{max}$  (MW)、超调量峰值标么值(%)、波动次数  $Z$ 、每分钟有功调节量(MW)、反调功率最大值 (MW)

**并网功率阶跃扰动试验过程及主要参数要求：**并网运行功率控制状态下，机组在带负荷工况下稳定运行，电液调节系统处于功率控制模式，当有功功率的阶跃扰动量不小于额定有功功率  $P_r$  的 25% 时，按照图 12.1a 所示的电液调节系统负荷扰动响应过程的动态调节品质应达到：

- a) 有功功率最大超调量  $\Delta P_{max}$  不得超过机组额定有功功率  $P_r$  的 5%
- b) 在调节过程中每分钟的平均有功功率调节量，即  $|P_{set}-P_0| \times 60/T_p$  应不小于额定有功功率  $P_r$  的 50%
- c) 在调节过程稳定后，功率稳定性指数宜在  $-1\% \sim 1\%$  范围内。

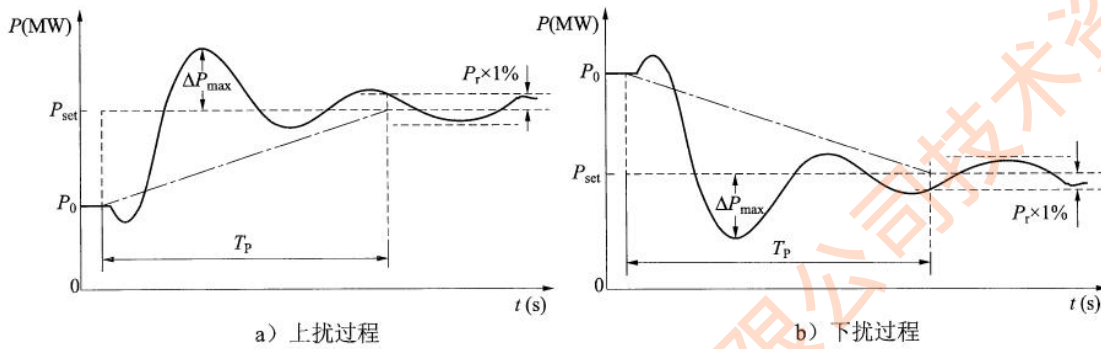


图 12.1a、并网功率阶跃扰动试验动态过程相关参数的定义图

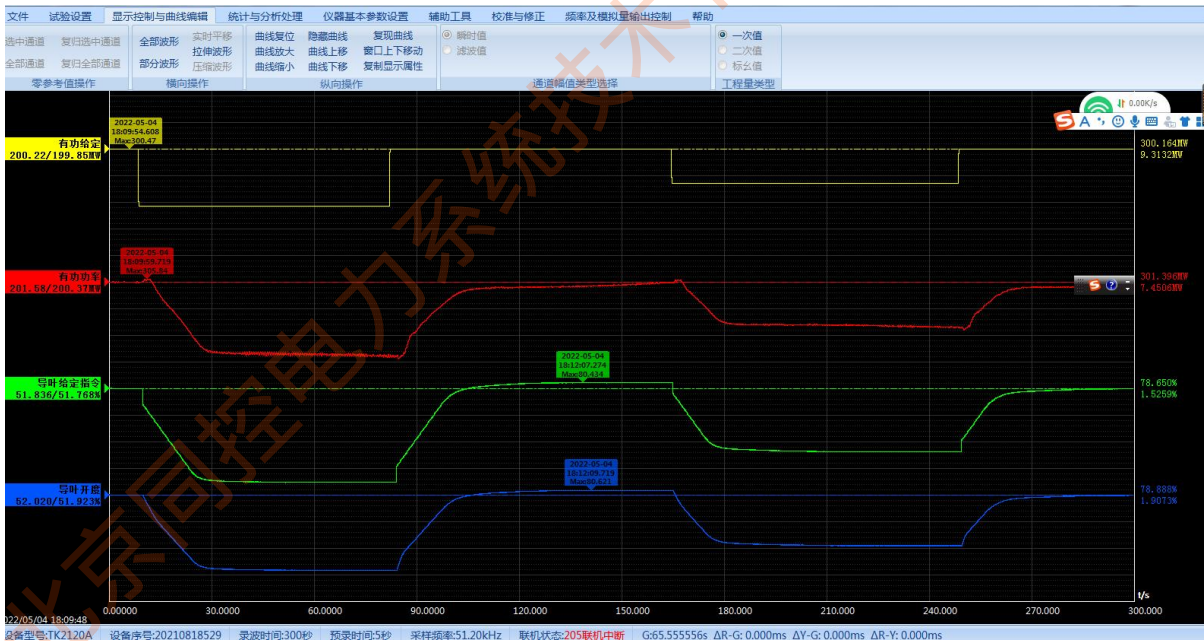


图 12.1b、并网功率上、下阶跃扰动试验动态过程 1 录波图



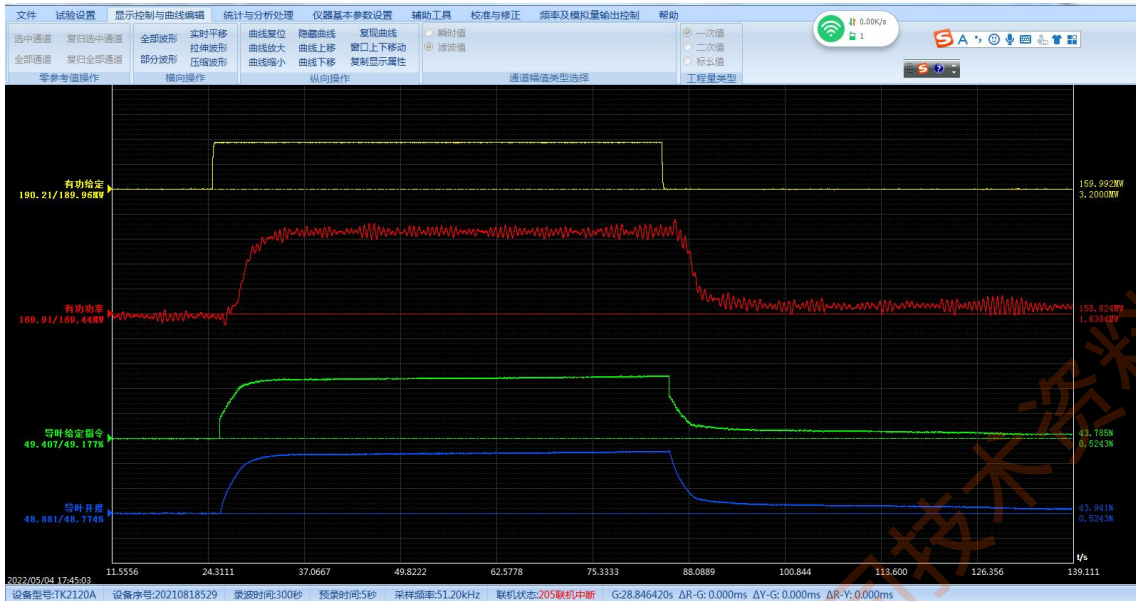


图 12.1c、并网功率上、下阶跃扰动试验动态过程 2 录波图

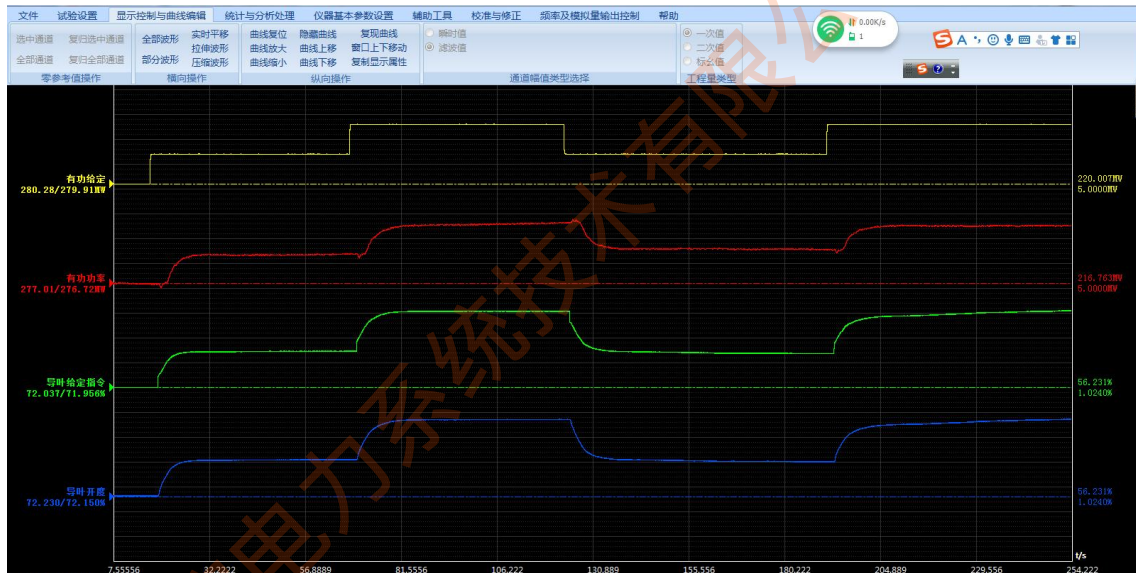


图 12.1d、并网功率上、下阶跃扰动试验动态过程 3 录波图

② 在图 12.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“并网功率阶跃扰动”菜单，如图 12.2 所示。

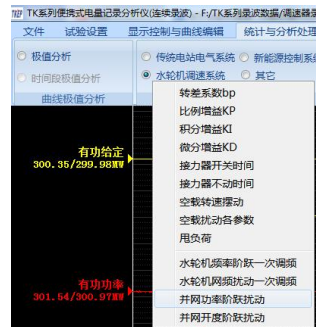


图 12.2、并网功率阶跃扰动试验“并网功率阶跃扰动”命令示意图

③ 执行“并网功率阶跃扰动”分析命令后，弹出如图 12.3a 所示的“并网功率阶跃扰动”命令通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况选择正确的“发电机功率通道”、“功率给定通道”及各通道相应的额定值，如图 12.3b 所示。

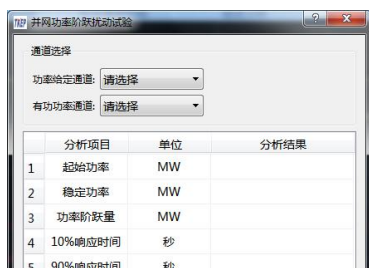


图 12.3a 通道选择前



图 12.3b 通道选择后

图 12.3、“并网功率阶跃扰动”分析命令通道选择示意图

④ 按图 12.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动搜索功率给定通道第一次阶跃发生的时刻及第二次阶跃发生的时刻，并将红色游标时刻到第二次阶跃时刻作为分析计算并网功率阶跃扰动相关参数的分析计算时间段；最终将分析结果显示在图 12.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 12.4 所示，其中图 12.4a 为第一次并网功率下阶跃扰动过程的“并网功率阶跃扰动”分析结果示意图，图 12.4b 为第一次并网功率上阶跃扰动过程的“并网功率阶跃扰动”分析结果示意图，图 12.4c 为第二次并网功率下阶跃扰动过程的“并网功率阶跃扰动”分析结果示意图，图 12.4d 为第二次（最后一次）并网功率上阶跃扰动过程的“并网功率阶跃扰动”分析结果示意图。

如果自红色游标开始至试验结束只能找到一次阶跃，则将红色游标时刻到功率给定阶跃时刻后的一个合理时间段为止作为分析计算并网功率阶跃扰动相关参数的时间段，如图 12.4d 所示。

如果红色游标的位置不合适，分析软件无法找出符合并网功率阶跃扰动动态过程的功率给定与发电机功率正常变化过程，软件将提示错误信息，并将原分析结果清除。

**并网功率阶跃扰动试验分析结果包含下列参数：**

起始功率  $P_0$  (MW)、最终稳定功率  $P_\infty$  (MW)、功率阶跃量  $\Delta P$  (MW)、10%响应时间(秒)、90%响应时间(秒)、调节时间  $T_p$  (秒)、峰值时间  $T_M$  (秒)、超调量峰值  $\Delta P_{max}$  (MW)、超调量峰值标么值 (%)、波动次数  $Z$ 、每分钟有功调节量(MW)、反调功率最大值 (MW)。

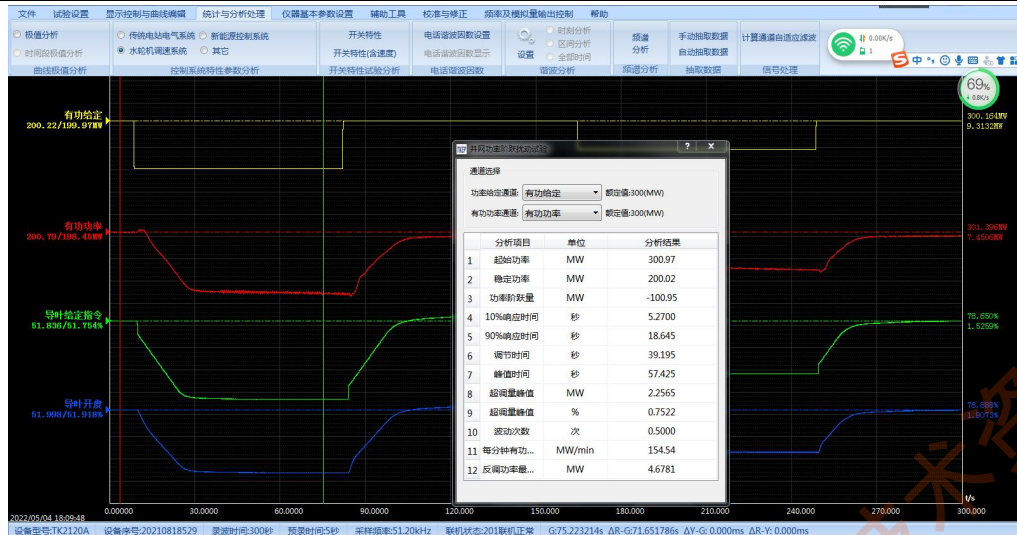


图 12.4a、第一次并网功率下阶跃扰动过程分析结果示意图

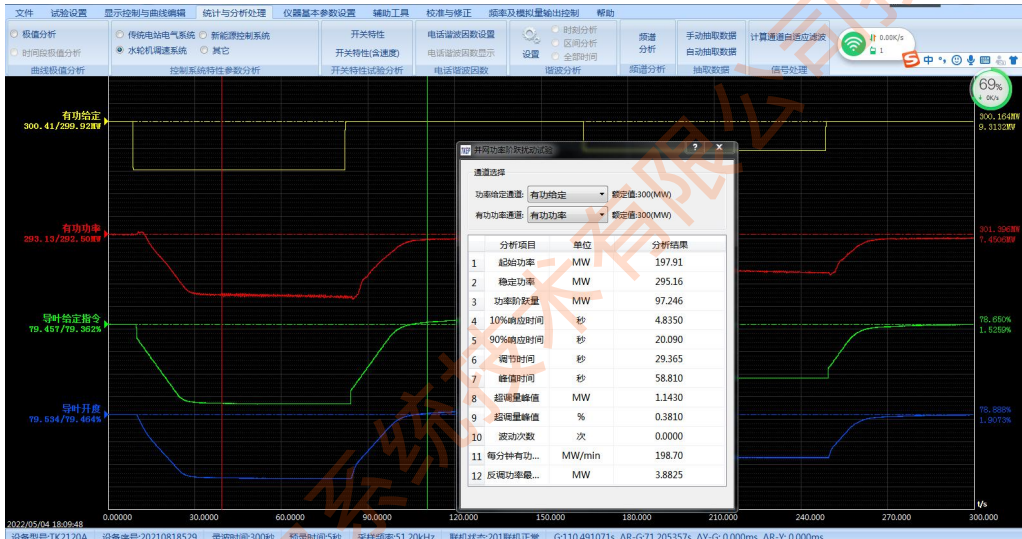


图 12.4b、第一次并网功率上阶跃扰动过程分析结果示意图

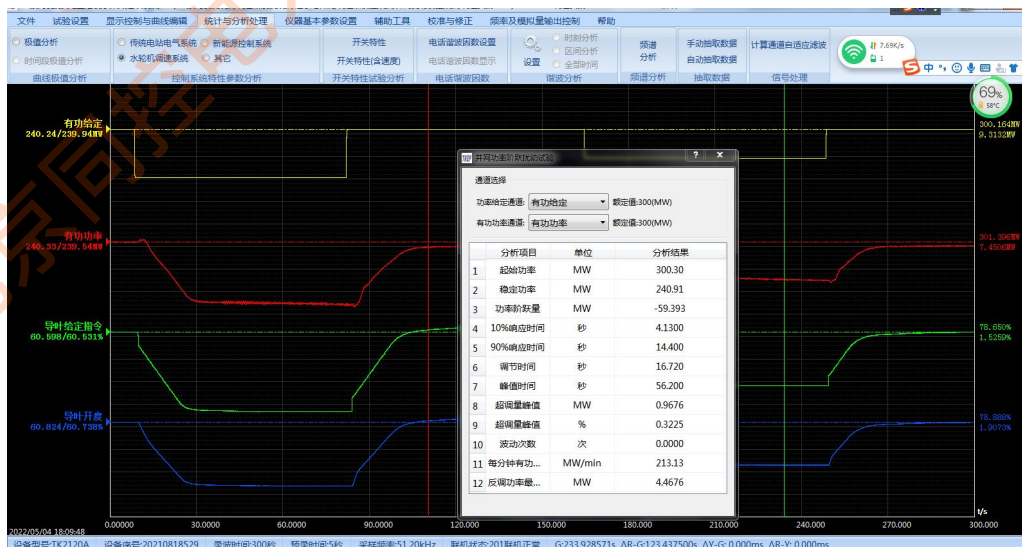


图 12.4c、第 ER 次并网功率下阶跃扰动过程分析结果示意图

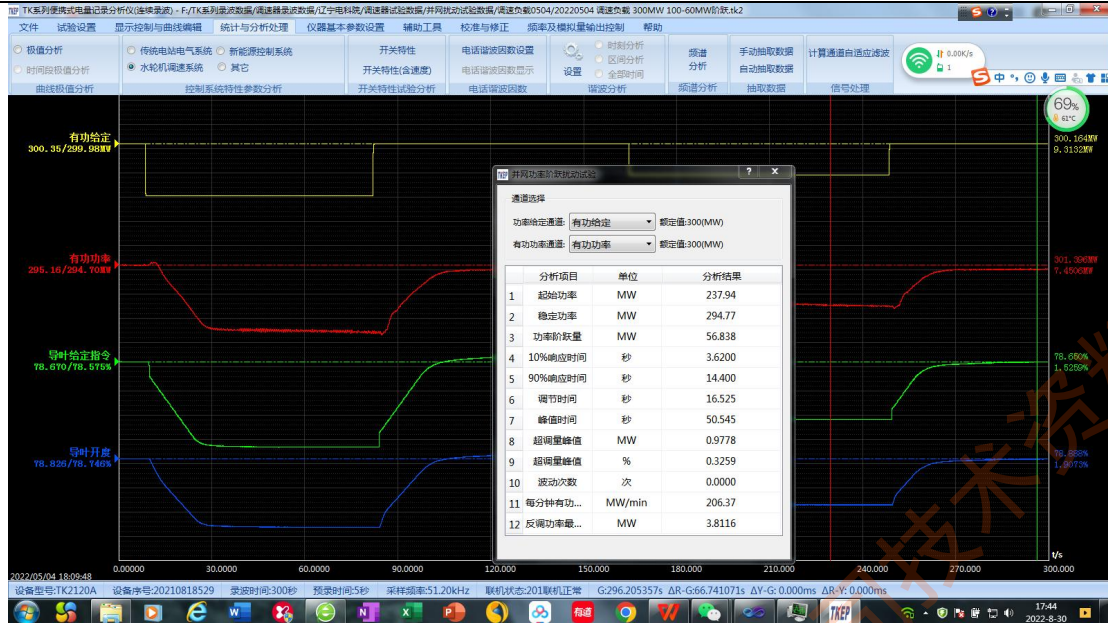


图 12. 4d、第二次（最后一次）并网功率上阶跃扰动过程分析结果示意图

⑤ 并网功率阶跃扰动试验录波曲线及分析结果的输出

在图 12. 4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 12. 5a 所示。

在图 12. 4 的状态执行“文件”-->“图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 12. 5a 所示，彩色图如图 12. 5b 所示。

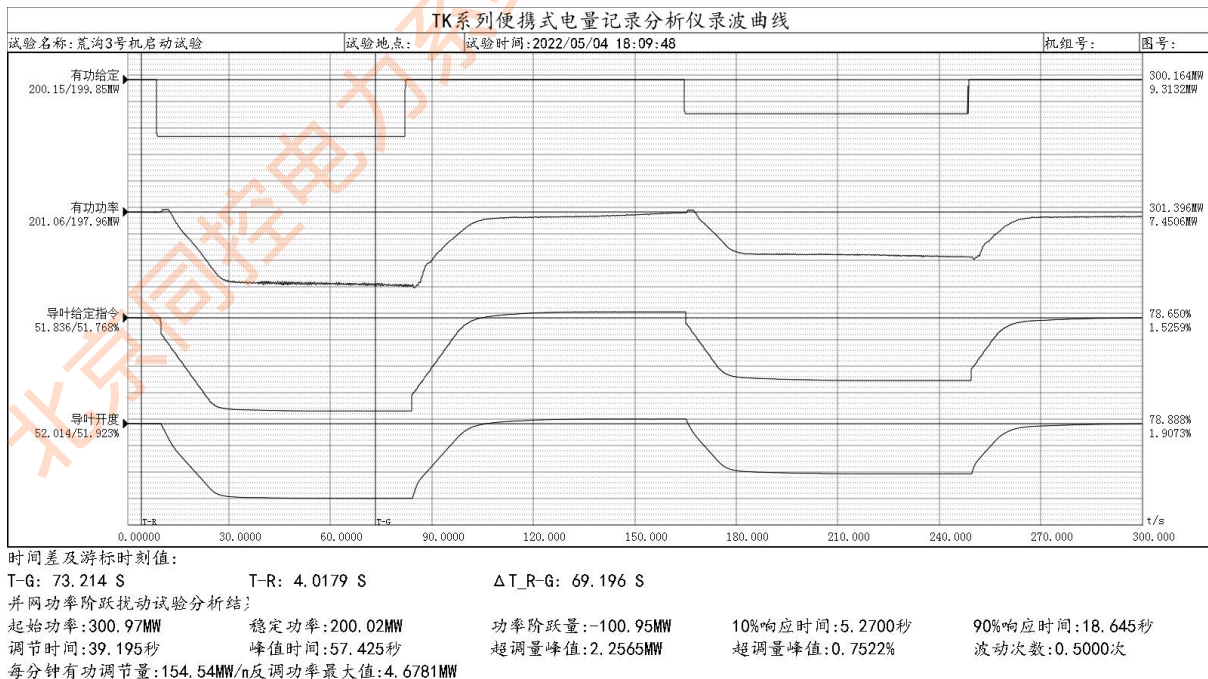
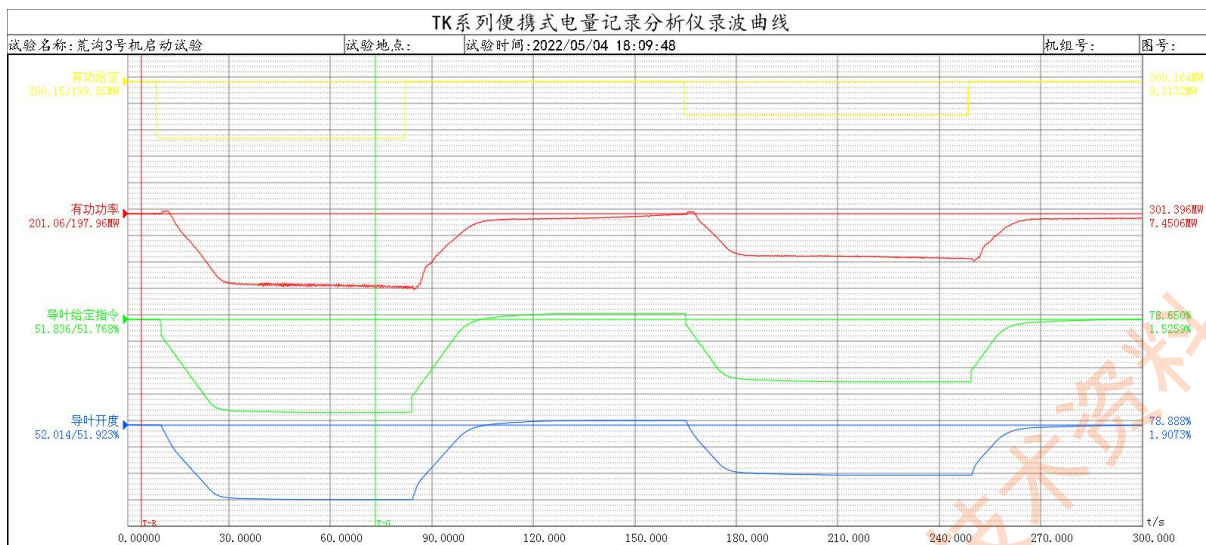


图 12. 5a、并网功率阶跃扰动试验录波图及分析结果输出的黑白图片



时间差及游标时刻值:

T-G: 73.214 S

T-R: 4.0179 S

$\Delta T_{R-G}$ : 69.196 S

并网功率阶跃扰动试验分析结果:

起始功率: 300.97MW

稳定功率: 200.02MW

功率阶跃量: -100.95MW

10%响应时间: 5.2700秒

90%响应时间: 18.645秒

调节时间: 39.195秒

峰值时间: 57.425秒

超调量峰值: 2.2565MW

超调量峰值: 0.7522%

波动次数: 0.5000次

每分钟有功调节量: 154.54MW/n 反调功率最大值: 4.6781MW

图 12.5b、并网功率阶跃扰动试验录波图及分析结果输出的彩色图片

### 13、并网开度阶跃扰动试验相关参数分析计算说明

① 打开并网开度阶跃扰动试验动态过程录波文件如图 13.1b 所示，并网开度阶跃扰动试验动态过程相关参数的定义见图 13.1a，本软件的“并网开度阶跃”参数计算可以直接计算出如下特性参数：

起始导叶开度  $Y_0$  (%)、最终稳定导叶开度  $Y_\infty$  (%)、导叶开度阶跃量  $\Delta Y$  (%)、10%响应时间(秒)、90%响应时间(秒)、调节时间  $T_p$  (秒)、峰值时间  $T_M$  (秒)、超调量峰值  $\Delta P_{max}$  (MW)、超调量峰值标幺值 (%)、波动次数  $Z$ 、每分钟开度调节量 (%)、反调功率最大值 (MW)

并网开度阶跃扰动试验过程及主要参数要求：机组在带负荷工况下稳定运行，电液调节系统处于开度控制模式，当有功功率的阶跃扰动量不小于额定有功功率  $P_r$  的 25% 时，按照图 13.1a 所示的电液调节系统负荷扰动响应过程的动态调节品质应达到：

- 开度最大超调量  $\Delta Y_{max}$  不得超过接力器全行程  $Y_T$  的 2%
- 在调节过程中每分钟的开度调节量，即  $|Y_{set} - Y_0| \times 60 / T_p$ ，应不小于接力器全行程  $Y_T$  的 98%。

c) 当机组及调节保证计算设计要求的接力器运动速率低于上述规定值时, 每分钟的开度调节量应满足设计提出的要求。

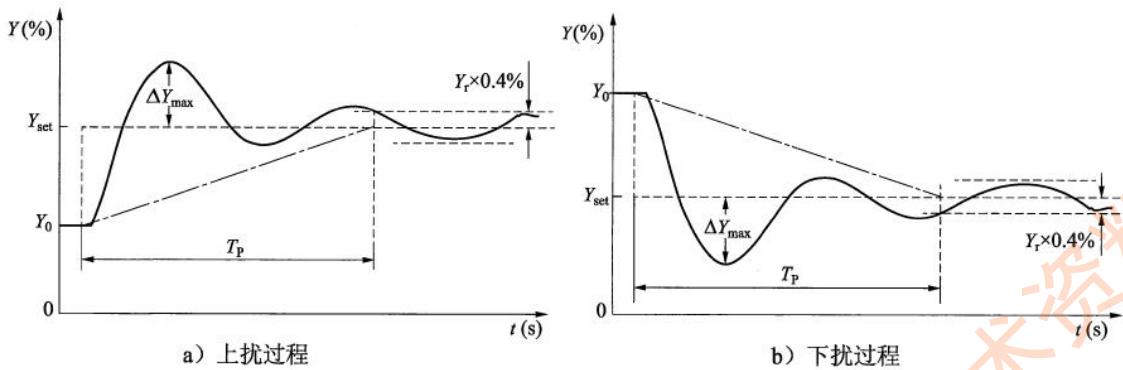


图 13.1a、并网开度阶跃扰动试验动态过程相关参数的定义图

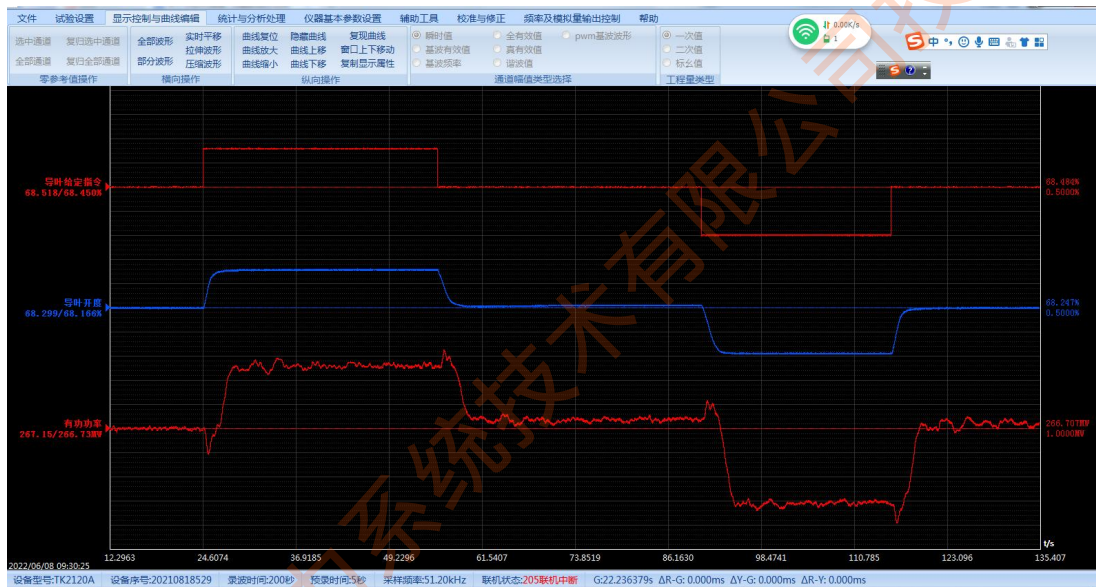


图 13.1b、并网开度上、下阶跃扰动试验动态过程 1 录波图

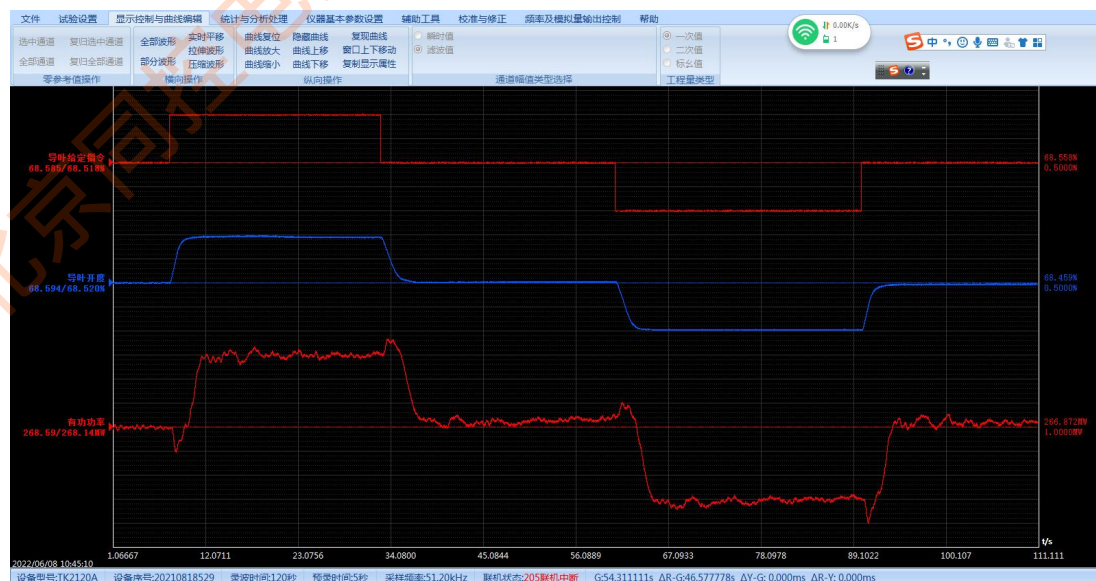


图 13.1c、并网开度上、下阶跃扰动试验动态过程 2 录波图

② 在图 13.1 的状态下选择“统计与分析处理”-->“水轮机调速系统”-->“并网开度阶跃扰动”菜单，如图 13.2 所示。

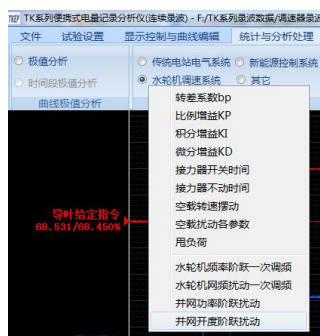


图 13.2、并网开度阶跃扰动试验“并网开度阶跃扰动”命令示意图

③ 执行“并网开度阶跃扰动”分析命令后，弹出如图 13.3a 所示的“并网开度阶跃扰动”命令通道选择及分析结果对话框。根据现场试验的实际情况选择正确的“导叶开度给定通道”、“导叶开度通道”及各通道相应的额定值，如图 13.3b 所示。



图 13.3a 通道选择前

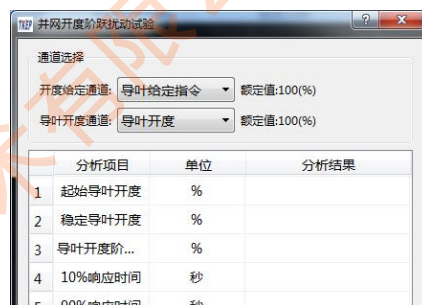


图 13.3b 通道选择后

图 13.3、“并网开度阶跃扰动”分析命令通道选择示意图

④ 按图 13.3 所示的提示，将红色游标固定在试验开始前的任意稳定状态时刻，软件将以红色游标所在时刻开始自动搜索开度给定通道第一次阶跃发生的时刻及第二次阶跃发生的时刻，并将红色游标时刻到第二次阶跃时刻作为分析计算并网开度阶跃扰动的分析计算时间段；最终将分析结果显示在图 13.3 所示对话框的分析结果处，结果如图 13.4 所示，其中图 13.4a 为第一次并网开度上阶跃扰动过程的“并网开度阶跃扰动”分析结果示意图，图 13.4b 为第一次并网开度下阶跃扰动过程的“并网开度阶跃扰动”分析结果示意图，图 13.4c 为第二次并网开度上阶跃扰动过程的“并网开度阶跃扰动”分析结果示意图，图 13.4d 为第二次（最后一次）并网开度下阶跃扰动过程的“并网开度阶跃扰动”分析结果示意图。

如果自红色游标开始至试验结束只能找到一次阶跃，则将红色游标时刻到开度给定阶跃时刻后的一个合理时间段为止作为分析计算并网开度阶跃扰动相关参数的时间段。

如果红色游标的位置不合适，分析软件无法找出符合并网开度阶跃扰动动态过程的开度给定与导叶开度正常变化过程，软件将提示错误信息，并将原分析结果清除。

并网开度阶跃扰动试验分析结果包含下列参数：

起始导叶开度  $Y_0$  (%)、最终稳定导叶开度  $Y_\infty$  (%)、导叶开度阶跃量  $\Delta Y$  (%)、10%响应时间(秒)、90%响应时间(秒)、调节时间  $T_p$  (秒)、峰值时间  $T_M$  (秒)、超调量峰值  $\Delta P_{max}$  (MW)、超调量峰值标幺值 (%)、波动次数  $Z$ 、每分钟开度调节量(%)、反调功率最大值 (MW)

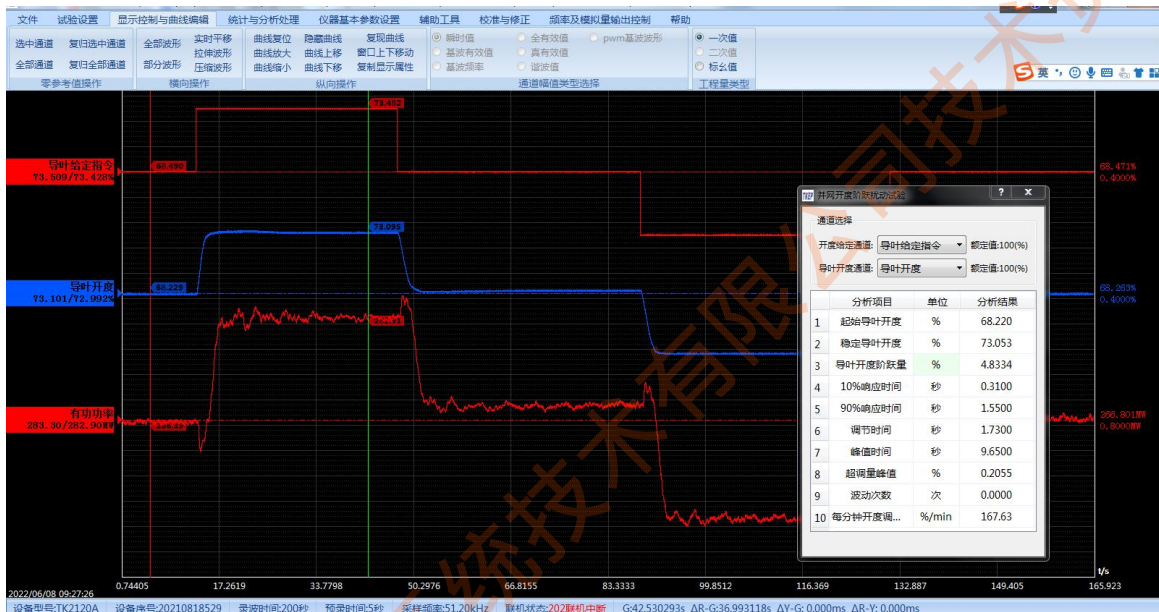


图 13.4a、第一次并网开度上阶跃扰动过程分析结果示意图

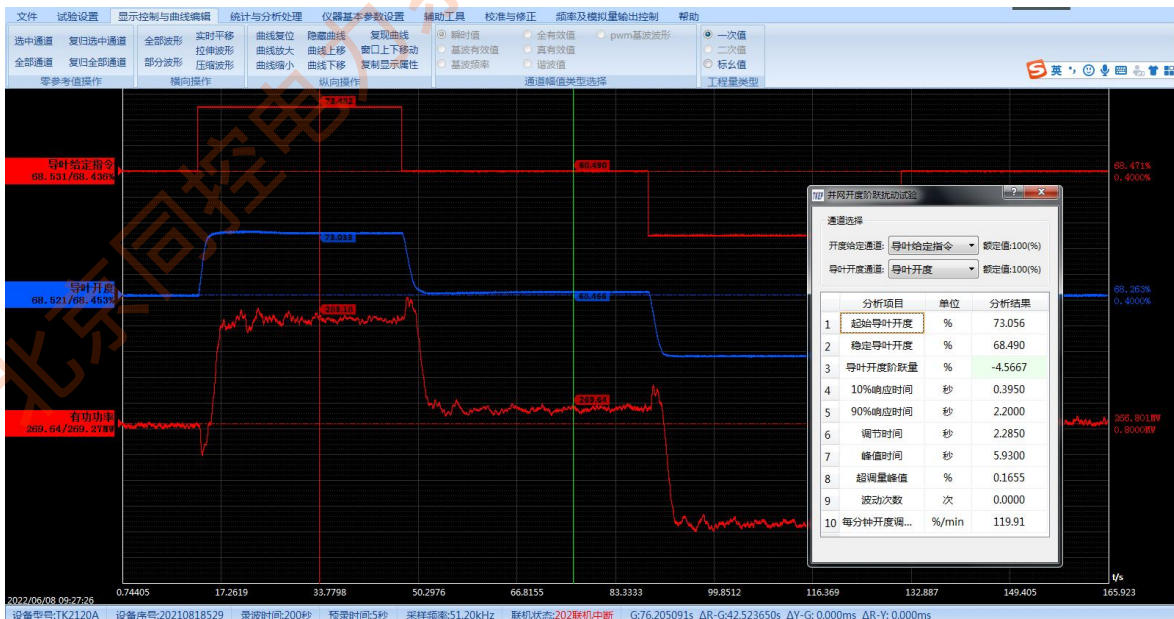


图 13.4b、第一次并网开度下阶跃扰动过程分析结果示意图



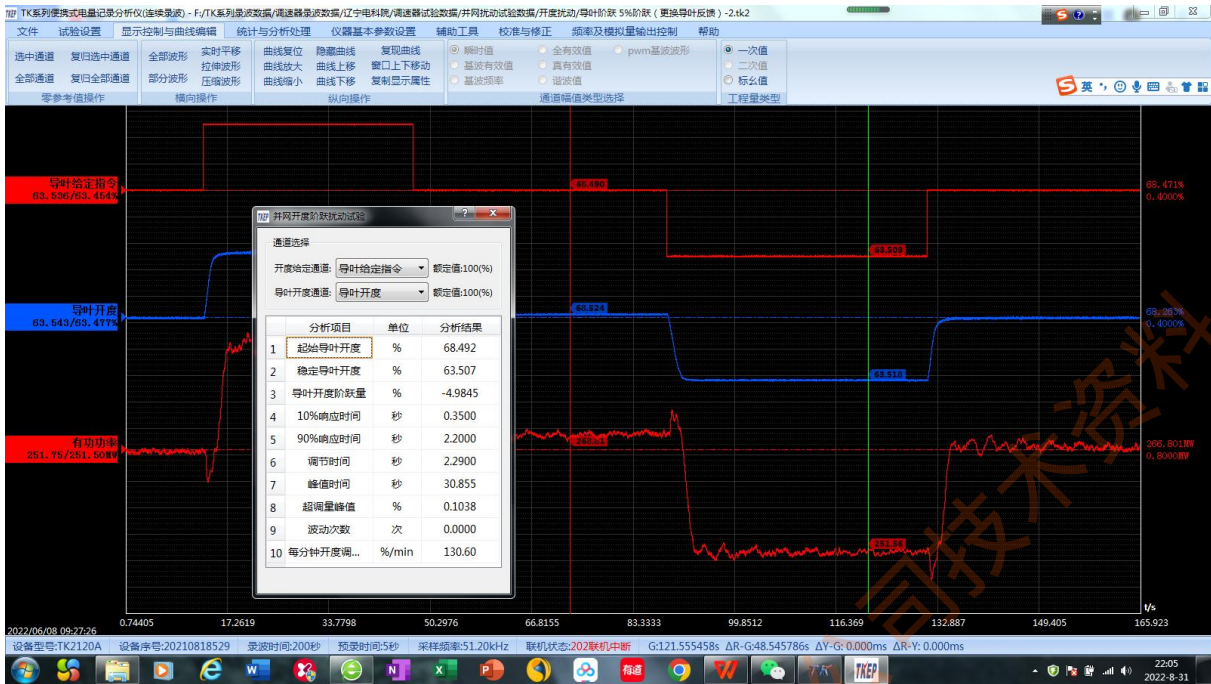


图 13. 4c、第二次并网开度上阶跃扰动过程分析结果示意图

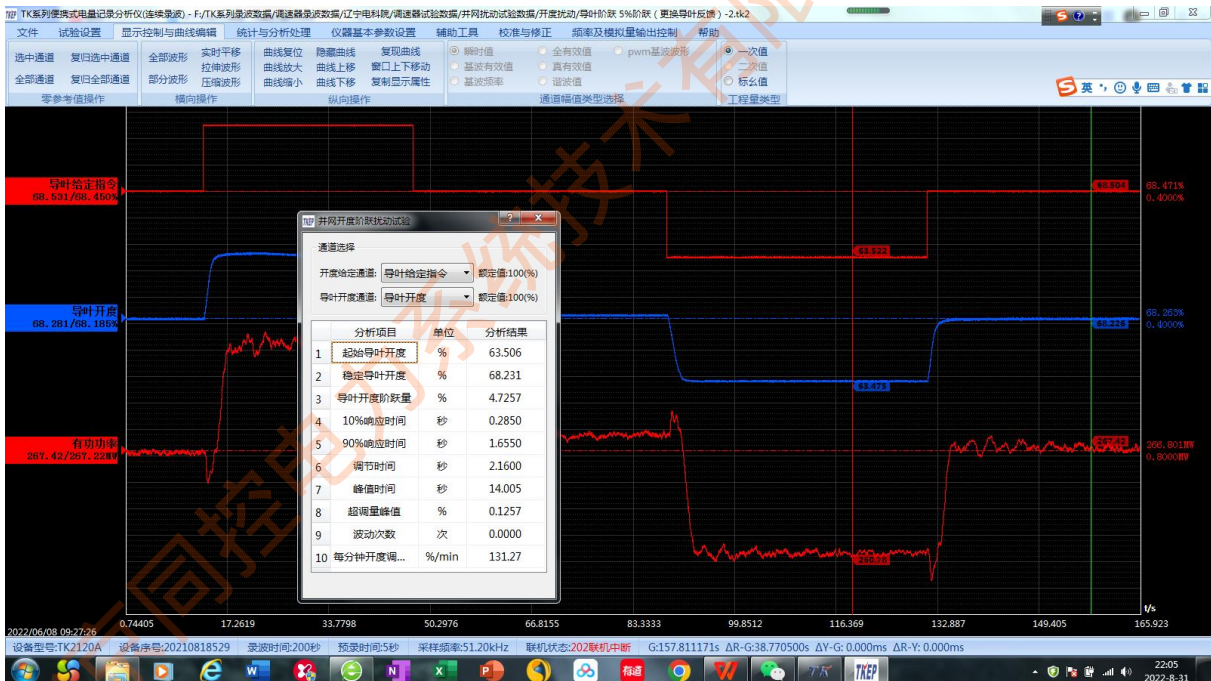


图 13. 4d、第二次（最后一次）并网开度下阶跃扰动过程分析结果示意图

### ⑤ 并网开度阶跃扰动试验录波曲线及分析结果的输出

在图 13.4 的状态下按下复合键“Ctrl+C”再在 WORD 中按下复合键“Ctrl+V”即可将屏幕所示的录波图及分析结果输出到 WORD 文档中，如图 13.5a 所示。

在图 13.4 的状态执行“文件”-->“ 图形文件”可将屏幕所示的录波图及分析结果输出为彩色或黑白的 JPG 文件，黑白图如图 13.5a 所示，彩色图如图 13.5b 所示。

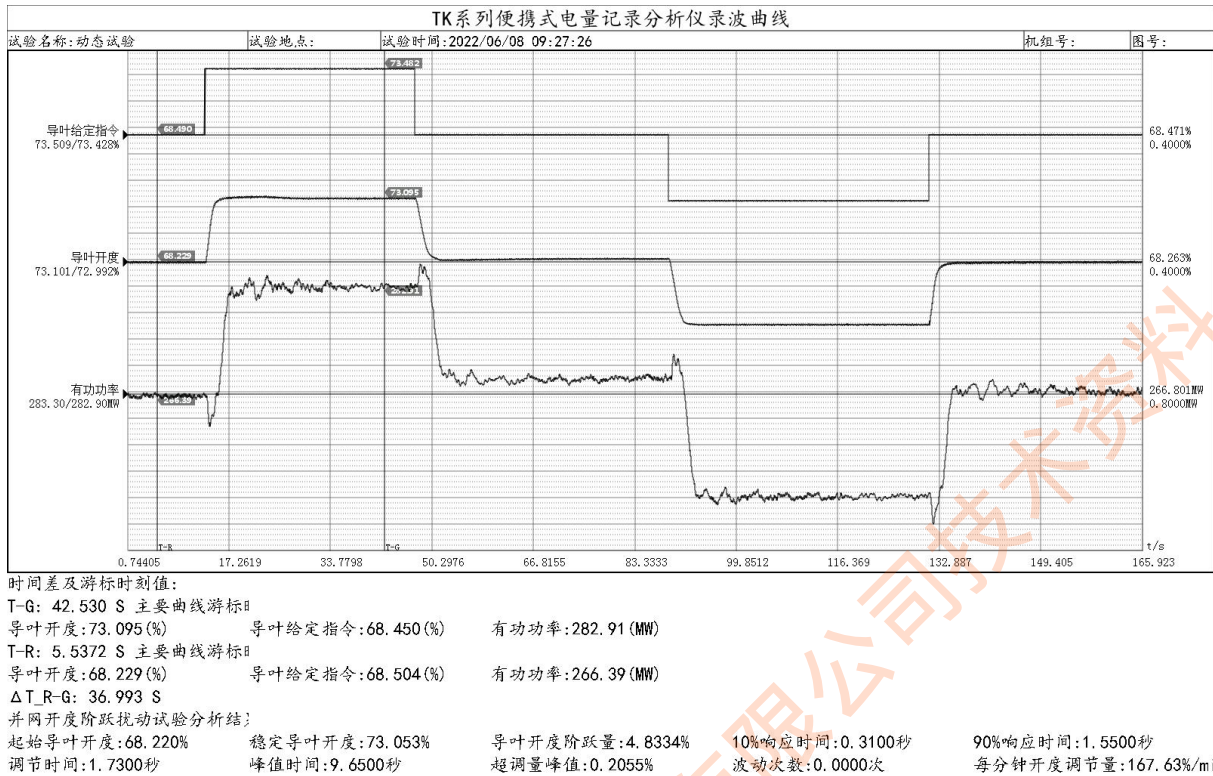


图 13.5a、并网开度阶跃扰动试验录波图及分析结果输出的黑白图片

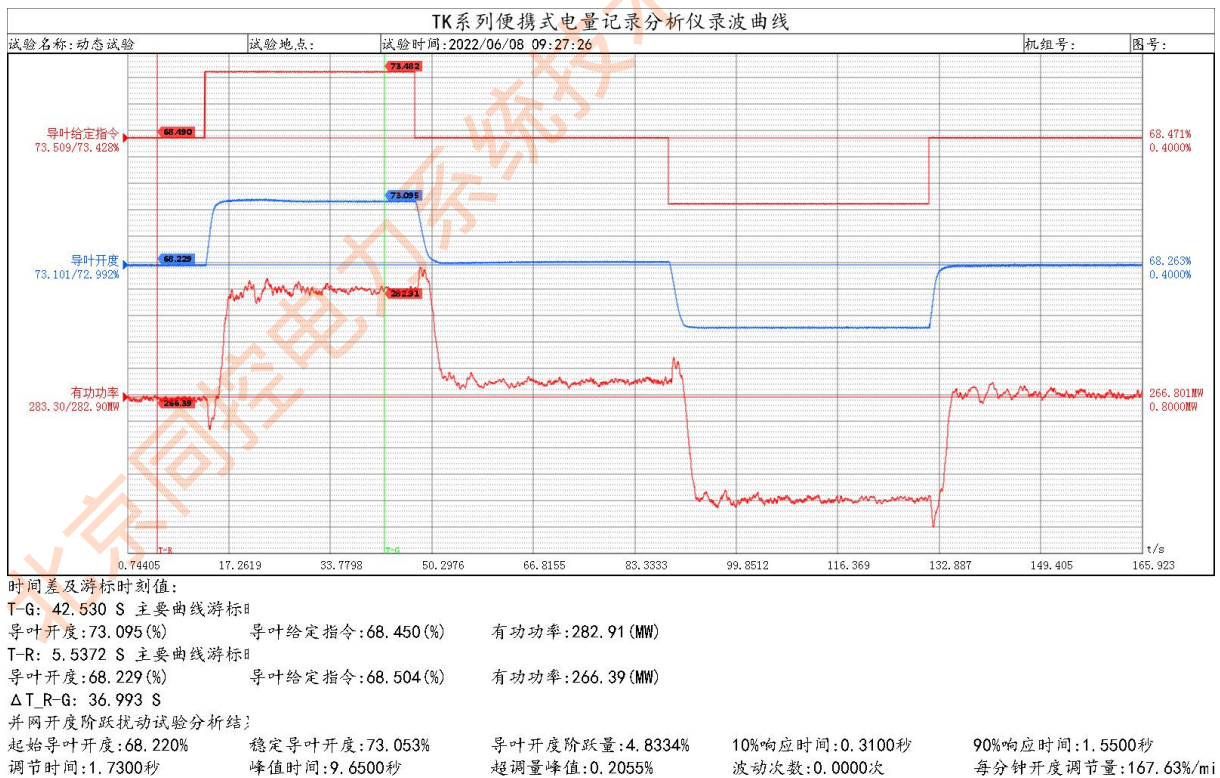


图 13.5b、并网开度阶跃扰动试验录波图及分析结果输出的彩色图片