

换流站改造工程结构自动化监测费用计算方法研究

史松峰 蔡亦竹

国网上海市电力公司经济技术研究院 上海 200235

摘要：我国较早期兴建的换流站已经面临设备升级改造的需求，因其结构特殊性，使用结构自动化监测技术，是保证工程安全顺利推进的必要手段。目前，该技术在换流站改造工程中的相关费用计算尚无相对全面准确的统一方法。本文在充分调研和总结分析的基础上，制定换流站改造工程结构自动化监测费用计算方法。

关键词：换流站；自动化监测；费用；计算方法

引言：我国较早期兴建的换流站服役至今近40年，已经到了亟需进行设备升级改造的阶段，主体结构安全性是保证施工顺利进行关键，高效可靠的监测技术，是保证工程安全顺利推进的必要手段。自动化监测技术在桥梁和其他特殊建筑物构筑物应用已经十分广泛，该技术通过实时监测关键部位的关键参数，实现提前预警，为后续采取合适的处理措施预留出足够时间，达到可控、高效、经济处理配电站建筑结构问题的目的，保证工程顺利、可靠推进。本文在充分调研和总结分析的基础上，制定换流站改造工程结构自动化监测费用计算方法，对类似工程费用计算提供参考依据。

1 结构自动化监测费用的组成分析及计价方法

目前市场上结构自动化监测费用的计算方法，主要是依据监测服务过程的综合报价方法，该方法将监测实施全过程的工作量细化、拆分，计算不同阶段、不同工作内容的费用，形成总的服务费用。结构自动化监测技术服务过程各项费用的组成整体上分为以下几个部分：

(1) 自动化监测设备使用费。自动化监测设备指组成结构健康监测系统所需的硬件设备，主要包括传感器、采集仪、工控机、线缆以及辅材等。一般按设备单价、折旧率、设备数量进行计价。

(2) 自动化监测设备安装调试费。自动化监测设备安装调试费指搭建自动化监测系统所需的传感器安装、线缆连接等所需的费用。一般按设备类型、单个设备安装调试费进行计价，该部分费用为一次费用，即只在自动化监测系统搭建时计价一次。

(3) 自动化监测设备维护费。自动化监测设备维护费指自动化监测设备安装调试成功、自动化监测系统搭建完成后，在监测周期内所需的设备维护、检修、更换等产生的费用。一般按设备类型、单个设备维护1次的费用、及服务期内维护次数进行计价。

(4) 数据服务费

数据服务费主要指自动化监测系统采集监测对象产生的数据传输、浏览、数据报告（含分析）等服务费。比如：监测数据浏览根据不用的形式会产生不同的费用，采用工控机（如电脑）安装专业数据浏览软件一般不收取费用，该部分费用包含在采集仪使用费当中；如果选择网络终端（如云服务）浏览数量，则需要收取监测平台开发和使用费用；数据报告（一般监测周期内需定期出具监测报告）是反映监测对象健康状况的必要文件，也是实施监测的目的，一般由专业单位根据监测数据进行整理分析，并给出监测对象监测周期内各类响应的结论。一般根据监测周期、数据浏览形式、数据报告出具次数进行计价。

2 自动化监测取价标准的调查

2.1 目前市场上取费标准情况调查

目前市场上还没有针对自动化监测设备费用、服务费用相关的指导标准，自动化监测技术服务报价一般根据设备投入的费用、工程规模、工程难易程度等，按照市场或者行业的情况进行报价，大部分工程项目采用公开招投标等市场比价等手段确定费用。

大部分自动化监测工程的费用统计（报价）的方法基本相同，根据监测实施全过程的工作量细化、拆分，将结构自动化监测技术服务过程各项费用整体分为四个部分，即自动化监测设备使用费、自动化监测设备安装调试费、自动化监测设备维护费、数据服务费，最终进行综合报价。

2.2 自动化监测报价调研

本次以市场询价的方式对四家（S公司、R公司、D公司、J公司）自动化监测设备供应商或技术服务企业进行了调查。用于询价的工程背景和需求均一致，如下所述：

我公司拟对一座位于上海市某钢框架结构变电站实施为期2年的结构自动化监测，该站站地下一层，地上二层（局部一层），地上部分采用钢结构、地下部分采

用钢筋混凝土结构。根据我单位提供的固定的监测方案（监测内容、部位及数量均相同，监测期内（2年）由服务商负责进行系统维护，每季度不少于1次；每季度出具1次监测分析报告），按询价文件附表形式提供自动化监测服务报价，并提供报价表中设备的型号和参数表等信息。

对四家公司反馈的报价表进行整理汇总，对其中主要设备的使用费、安装费以及维护费进行对比，对比分析发现：

（1）四家公司提供的主要仪器设备参数基本接近，均能满足规范和本项目的技术要求，四家公司的总报价相差较大，总报价在53.80万~72.00万之间，其中S公司总价最低、D公司总价最高。

（2）各家报价在仪器设备使用费、安装费和维护费方面存在差异，但是差异不大；导致最终总报价差异较大主要是由于数据服务和企业管理费的差异导致。

3 计价方法的制定

3.1 设备清单（工程量清单）的确定

自动化监测项目根据监测对象的特点及监测需求，按照工程结构自动化监测相关技术规范的要求，应制定专门的监测方案，根据监测方案，可以获取设备清单，设备清单应罗列包括设备名称、品牌型号、数量等在内的信息。

3.2 自动化监测设备使用费（A）计算

以 A_i 表示某设备的使用费，以 p 表示该设备单价， n 表示该类型设备数量， γ 表示该类型设备的折旧率（%），则：

该设备使用费可以表示为：

$$A_i = p * n * \gamma$$

设备总使用费表示为：

$$A = \sum A_i$$

3.3 自动化监测设备安装调试费（B）计算

以 B_i 表示某设备的安装调试费，以 b 表示该设备安装调试单价， n 表示该类型设备数量， α 表示工程难易系数，则：

该设备安装调试费可以表示为：

$$B_i = b * n$$

设备总安装调试费表示为：

$$B = \alpha * \sum B_i$$

3.4 自动化监测设备维护费（C）计算

以 C_i 表示某设备的维护费，以 c 表示该设备单台（套）维护1次所需的费用， n 表示该类型设备数量， t 表示该类设备在监测周期内的维护次数， α 表示工程难易系

数，则：

该设备维护费可以表示为：

$$C_i = c * t * n$$

设备总安装调试费表示为：

$$C = \alpha * \sum C_i$$

3.5 数据服务费（D）计算

以 D_1 表示数据传输费、 D_2 表示监测平台使用费、 D_3 表示监测报告费用（ d 表示1次出具报告的费用， t 表示监测周期内出具报告的次数），则：

监测报告费用：

$$D_3 = d * t$$

数据服务费可以表示为：

$$D = D_1 + D_2 + D_3$$

3.6 监测工程困难程度的划分

将电力建设工程中拟实施自动化监测的工程按难易程度分为I、II、III类，各类别含义分别如下：

I类（简单）：监测对象建筑结构体系简单，监测系统搭设条件便利，现场作业时间相对宽裕； α 系数取1.0。

II类（较困难）：监测对象建筑结构相对复杂，监测系统搭设条件较为苛刻，通行、登高条件相对受限，现场作业时间相对紧凑； α 系数取1.1。

III类（困难）：监测对象建筑结构较为复杂，监测系统搭设条件艰难，通行、登高条件较差，现场作业时间紧张，如局部带电作业等特殊环境； α 系数取1.2。

根据以上的工程困难类别，以乘以 α 系数的方式，对监测设备安装调试和维护费用进行调整。

根据以上各类费用的梳理，自动化监测总费用 W 可以表示为：

$$W = A + B + C + D + E + F + G + H$$

其中，费用 A 、 B 、 C 、 D 的计算如前文所述， E 表示可能存在的差旅费， F 为企业管理费， G 表示税费， H 为可能存在的需要单独列明的其他费用。

4 某换流站改造工程自动化监测费用分析

4.1 自动化监测方案调查

某换流站站内极1和极2阀厅同时建成于1987年并投入使用，为了满足后续使用，需对主体结构采取加固处理，对内部阀塔进行更换升级，为保证施工及后续运营阶段安全，对阀厅结构采取自动化监测。具体监测内容和测点数量分别为：结构应力212个、结构倾斜34个、结构沉降20个。

4.2 设备清单

根据监测方案中的监测内容、传感器选型、监测点布置等信息，可以整理、计算并汇总形成本项目的设备

清单（见表4.2-1）。

表4.2-1 某换流站改造工程自动化监测设备清单

| 序号 | 设备名称 | 型号 | 数量 | 单位 | 制造地 |
|----|--------------|-----------|------|----|-----|
| 1 | 数据采集仪 | T-440-24 | 2 | 台 | 台州 |
| 2 | 静力水准仪（含专用支座） | T-590 | 20 | 台 | 台州 |
| 3 | 倾角计（含专用支座） | T-800 | 34 | 支 | 台州 |
| 4 | 应变计 | T-900 | 212 | 支 | 台州 |
| 5 | 通液管（静力水准仪用） | T-590-1 | 2000 | 米 | 台州 |
| 6 | 通气管（静力水准仪用） | T-590-2 | 2000 | 米 | 台州 |
| 7 | 四芯屏蔽线缆 | T-004-H | 5000 | 米 | 台州 |
| 8 | 4G路由 | 华为BE3 | 1 | 台 | 深圳 |
| 9 | 工控机（电脑） | 联想小新14-i5 | 1 | 台 | 深圳 |

4.3 监测设备使用、安装及维护费用单价确定

根据设备类型和产地等信息，查询或咨询相关设备的使用费单价、安装调试费单价、维护费单价，汇总见

表表4.3-1。本项目监测服务周期最低4年，设备使用的折旧率均按100%折旧考虑。

表4.3-1 监测设备使用、安装及维护费单价表

| 序号 | 设备名称 | 型号 | 使用费单价（元/台/套/支） | 安装调试费单价（元/台/套/支） | 维护费单价（元/台/套/支*次） |
|----|--------------|-----------|----------------|------------------|------------------|
| 1 | 数据采集仪 | T-440-24 | 13500 | 1000 | 1000 |
| 2 | 静力水准仪（含专用支座） | T-590 | 3800 | 1000 | 500 |
| 3 | 倾角计（含专用支座） | T-800 | 2400 | 1000 | 500 |
| 4 | 应变计 | T-900 | 450 | 500 | 200 |
| 5 | 通液管（静力水准仪用） | T-590-1 | 5 | 20 | 200 |
| 6 | 通气管（静力水准仪用） | T-590-2 | 10 | 20 | 200 |
| 7 | 四芯屏蔽线缆 | T-004-H | 5 | 10 | 10 |
| 8 | 4G路由 | 华为BE3 | 279 | 2000 | 500 |
| 9 | 工控机（电脑） | 联想小新14-i5 | 3500 | 2000 | 500 |

4.4 工程难易系数的确定

该换流站改造工程自动化监测实施条件相对苛刻，主要体现在：

- （1）结构层高，建筑内有设备及其他施工作业同步进行，现场条件复杂；
- （2）安装工作量大，本项目主要传感器包括静力水准仪、倾角计以及应变计在内的设备总共近300台，作业量大；
- （3）工期短，本项目自动化设备安装工期与改造工程同步进行，工期紧。

综合以上情况，本项目工程难易程度为III类（困难），难易系数 α 取1.2。

4.5 数据服务

根据监测方案，本工程数据服务包括以下三项内容：

- （1）监测服务周期四年内，数据传输采用4G路由，需采购数据供应商的流量卡；

- （2）拟采用网络监测平台进行数据的实施浏览，产生平台使用费；

- （3）每季度出具一次数据报告。

4.6 费用计算与分析

根据以上数据，对该换流站改造工程结构自动化监测费用进行计算，费用估算结果表明：

- （1）本工程总费用为115.82万元；
- （2）设备使用费为33.88万元、安装调试费用为35.52万元，4年期的维护费用为6.93万元，设备使用、调试及维护总费用为76.33万，占总费用的65.90%；
- （3）本项目数据服务费用为15.00万元，占总费用的12.95%；
- （4）本工程安装及维护期间差旅费按8万元考虑，占总费用的6.90%；
- （5）本项目供应商（服务单位）企业管理费、税率共计16.49万元，占总费用的14.24%；

(6) 经市场询价, 3家公司对该项目报价分别为123.7万、129.0万、140.0万, 与上述估算费用(115.82万)相比, 基本能反映市场行情。

结束语

本文通过充分的市场和工程调研, 在总结已有工程经验的基础上, 对换流站改造工程自动化监测费用的组成进行了分析, 对市场常用报价方式进行了调查, 并制定了模拟调研项目向四家公司进行了报价咨询, 在此基础上, 对换流站自动化监测费用的计算方法进行了提炼和总结, 对已经实施了自动化监测的某换流站改造工程的监测方案进行了调查, 对其自动化监测费用进行了估算, 并对估算结果进行了对比分析, 表明估算费用合

理, 计算方法对类似工程项目的费用计算和评估具备一定参考价值。

参考文献

- [1] 吴智深, 张建. 结构健康监测先进技术及理论[M]. 科学出版社, 2015.
- [2] 许懿. 大型桥梁结构监测系统应用现状分析与展望[J]. 城市道桥与防洪, 2015(6):4.
- [3] 俞姝颖, 吴小兵, 陈贵海, 戴海鹏, 洪卫星, 无线传感器网络在桥梁健康监测中的应用[J]. 软件学报, 2015, 26(6):1486-1498.
- [4] 丁美. 重型工业厂房健康监测关键技术研究[D]. 同济大学, 2008