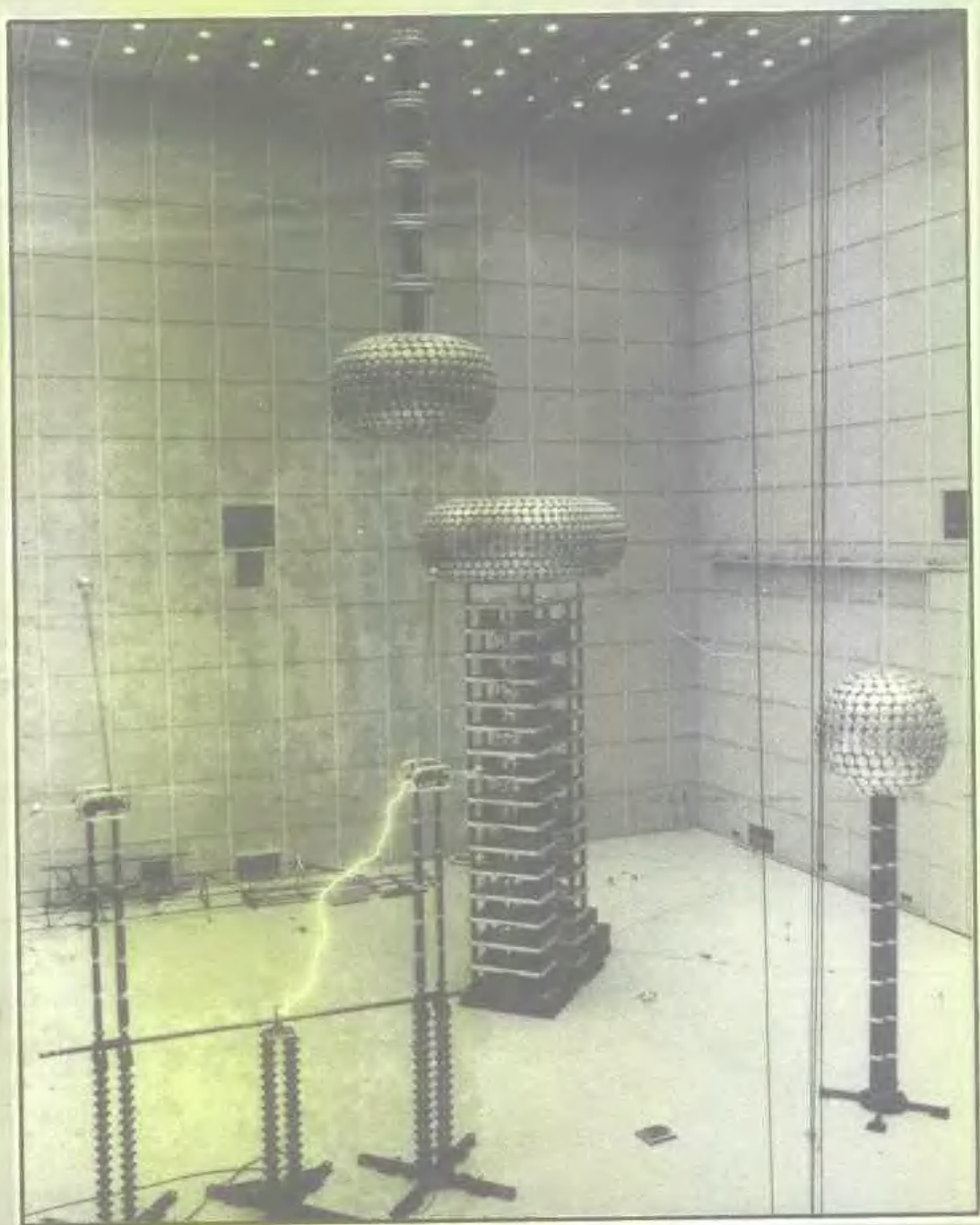


高电压实验室

尼尔斯·赫尔顿——卡伐柳斯 著

余存仪 译 叶蜚誉 校



西安交通大学出版社

17.10.16
103

高 电 压 试 验 室

尼尔斯·赫尔顿·卡伐柳斯 著

余存仪 译

叶蜚誉 校



西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书作者尼尔斯·赫尔顿·卡伐柳斯(Nils Hyltén-Cavallius)是国际上著名的高电压试验工作者,曾负责设计、建造和管理过三个世界著名的大型高电压实验室:瑞典的卢德维卡(ASEA)、加拿大魁北克(IREQ)和巴西(CEPEL)高压实验室。本书是他在临退休之际应哈弗莱(HAEFELY)有限公司的约请而写的。

本书全面叙述了高电压实验室的规划、设计、高压试验、试验设备订购、试验室管理等问题;介绍了国际上许多学者的研究成果;此外,作者还根据亲身经历列举了大量经验和教训。全书内容丰富,论述严谨,参考文献七十余篇。

本书以介绍大型通用高电压实验室为主,也兼顾中小型通用及专用高压实验室。因此,本书特别适宜于有工作经验的高压技术试验室工作人员参考,同时对大专学校高电压技术专业师生及高电压科技工作者都有较大参考价值。

(陕)新登字 007 号

HIGH-VOLTAGE LABORATORY PLANNING

Nils Hyltén-Cavallius

Emile Haefely & Co. Ltd., Basel/Switzerland 1988

高 电 压 试 验 室

尼尔斯·赫尔顿·卡伐柳斯著

瑞士哈弗莱公司 1988 年出版

余存仪 译

叶斐蓉 校

责任编辑 吴美潮 王良斌

*

西安交通大学出版社出版

邮政编码:710049

西安交通大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店经销

*

开本 700×1000 1/16 印张 13 字数:267 千字

1992 年 12 月第 1 版 1992 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—1500

ISBN7-5605-0488-4/TM·22 定价:9.45 元

出版者前言

当尼尔斯·赫尔顿·卡伐柳斯(Nils Hyltén-Cavallius)宣布他从1983年由巴西电力研究所(CEPEL)退休时,我确实很担忧国际高电压界将会失去他那倾注毕生精力积累起来的丰富的经验。后来,我们找到了保存这些经验的方法,即请他撰写他的经验,也就是说,编写他关于设计高电压试验室的经验。现在,这本书终于同读者见面了。我想,读者一定会同意,这本书确实填补了一个空白。

从一开始我们就商定,尼尔斯负责本书的技术内容,哈弗莱公司提供插页照片,并加上产品信息卡,以便读者能容易得到更详细的技术资料。我希望这种服务会受到欢迎。

我衷心感谢尼尔斯·赫尔顿·卡伐柳斯为编写本书所作的努力。我也希望所有跟高电压试验室规划设计及使用有关的人员都能很快得到这本书。

埃米尔·哈弗莱公司试验设备部
副总裁、总经理
——彼得·德利奇(Peter Dellitsch)

1986年12月于瑞士巴塞尔

中 译 本 前 言

哈弗莱(HAEFELY)有限公司同中国高电压工程和科研人员保持友好联系已经有数十年了。尤其令我难忘的是 1979 年在北京举行的高电压工程讨论会。那次会议由哈弗莱公司同中国主要制造厂和研究所之间的关系更为密切。我本人也同他们的有关人员进行了许多有益的讨论。

现在,我非常感谢西安交通大学余存仪教授把本书译成中文。由此,为各国专家间进一步交流知识作出了积极的贡献。

哈弗莱公司特别关心中国高电压工程的发展,并将继续支持中国制造高质量的高电压试验设备。

我衷心希望这本书会很快成为中国规划设计和管理工作高电压试验室的有力工具。

哈弗莱有限公司

试验设备部

执行副总裁

——彼得·德利奇



1991 年 2 月于瑞士巴塞尔

作者序言

大约在本书出版前 25 年,瑞典阿西亚(ASEA)通用电气公司卢德维卡(Ludvika)高电压试验室被一场大火几乎全部毁坏。当时,我是该试验室主任,是唯一有能力与一个训练有素并懂得应该如何建设的班子一起重建高电压试验室的人。那时曾经考虑过采用许多新的技术,甚至包括采用气垫来运送重型设备。很可惜,这一想法被一位有气垫船工作经验的军事人员取消了。应该说,新的卢德维卡试验室变得效率更高和更漂亮了!

重建工作结束几年后,加拿大决定在蒙特利尔的魁北克水电局(Hydro-Québec)建立电工研究所。他们要在欧洲找一位主任。我被邀请去负责建设高电压试验室。它后来成了魁北克电力研究所(IREQ)的一部分。这所高电压试验室在当时是世界上最大的一个。更值得一提的是,它很快就在众多的国际高电压研究试验室中占有重要的地位。

以后,巴西决定建设一个类似 IREQ 的研究试验室。他们跟 IREQ 签订了合同。有好几年,我同我的一些朋友经常去巴西的里约热内卢。后来,由于各种各样的原因我决定在巴西定居。

我负责设计和管理巴西电力研究所(CEPEL)的高电压大容量综合试验室。这些当然得到了 IREQ 的大力支持(尤其在大容量试验室方面)。从某些方面讲,大容量试验室比高电压试验室容易设计。但是,如果设计出了差错,那么造成的损失则要大得多。这个高电压试验室是在 ASEA 和 IREQ 试验室建设经验的基础上规划设计的。当然,我认为前二个试验室也是很成功和很漂亮的。

在 1983 年,我想我已经完成了在高电压研究和开发方面的任务,因此决定从 CEPEL 岗位上退下来。在我退休以前,为了解决一个困难的技术问题,CEPEL 接待了来自瑞士 HAEFELY 公司的两位客人。在解决了问题,结束访问时,他们提议我写这本书。同时,HAEFELY 决定给予支持。对此,我非常感谢。尽管在多次讨论中,我们对许多问题的看法是一致的,但不等于 HAEFELY 同意本书的所有观点。

自从退休以后,我一直在我的居住地——巴西内地圣·陆茂(São Romão)的一个小镇(也许应该叫做村庄)——愉快地写这本书。

应该说明,本书并不打算对书中所涉及的内容作综述或评论,否则将远远超出我所能做的限度,譬如关于分压器的文献就有几百篇。

我个人认为,本书介绍的内容都是跟题目密切有关而且有价值的,但可能不一定完整。

然而,要作较完整的介绍也很困难。São Romão 没有电话,到最近的飞机场要 12 个多小时,在洪水泛滥的时候还得要多要一天时间。我能利用的文献,基本上是我多年来所收集的以及偶尔去大型图书馆时能找到的那些。所以,当我找不到需要的数学推导时,只能由我自己用一个小型的但功能较强的台式计算器进行检验。顺便说一句:这是一个不坏的办法。因此我亲爱的读者,如果你认为你的文章应该被引用而没有被引用的话,可能有三种原因:

- 你没有把资料寄给我;
- 可能由于我几次搬家而丢失了;
- 我并不同意你的观点,但又感到不必要把这种分歧公诸于众。

(1986. 4)

以上是英文版序言。对中文版,我补充下面一些内容。

当余存仪博士告诉我,将要把我的书译成中文时,我感到非常的光荣、自豪和高兴。作为一个作者,当他得知他的著作要被翻译成另一种文字时,可能首先会想到还要作些什么修改。事实上我只想在第 9 章的最后加一些最新的内容。但我要借此机会指出一件事:这本书不仅是一本关于高电压试验室的书,而且也是一本关于如何处理一个大型工程的书,其中大多数例子是取自高电压试验室。我们的外行的经济优化方法却节约了极为可观的资金。加拿大 IREQ 的大厅加热系统就是如此。同时,我相信,是我们在世界上第一次敢于以气垫来运输冲击电压发生器及串级变压器等高大设备。甚至到今天,我还不知道消除气垫系统自身固有振荡的想法是哪里来的。或许是我看到窗帘在打开的窗户上摆动的情景启发的。但早在 40 年代学生时期,我对于如何阻尼冲击电压发生器输出电压振荡就很清楚了,此外,还有许多类似而普遍感兴趣的问题。

另一类完全不同,但也是普遍感兴趣的问题是我对研究工作的想法,哦——我已经在我熟悉的领域中见到过如此之多的粗糙的“研究工作”。

当然,对行政领导、技术训练、图书馆、电话服务、信的开头等等都是些外行的建议,但却对任何单位都有用。看看你自己的信是怎样开头的吧!

尼尔斯·赫尔顿·卡伐柳斯

于圣·陆茂 1990. 8

目 录

1	绪 论	
2	建设项目的行政管理	
3	经济问题	
3.1	成本估计	(5)
3.2	计费方式	(6)
3.3	设计的优化	(7)
3.4	设计要求说明书	(7)
3.5	举例	(8)
4	工程进度表	
5	未来的试验和研究工作	
5.1	试品和试验项目	(17)
5.2	研究工作	(18)
5.3	寻找试验和研究课题的方法	(20)
5.3.1	大型通用试验室	(20)
5.3.2	工厂试验室	(22)
5.3.3	小型试验室	(22)
6	基本布置、基础设施及人员配备	
6.1	基本布置	(24)
6.2	主要设备	(24)
6.3	人员配备	(27)

7 耐受电压、概率及耐受试验程序、试验设备的电压、安全净空距离	
7.1 系统电压、耐受电压	(33)
7.1.1 交流系统	(33)
7.1.2 直流系统	(36)
7.2 关于概率	(37)
7.3 耐受试验程序	(39)
7.4 试品和试验设备的尺寸	(40)
7.5 净空安全距离	(42)
7.6 高海拔试验室	(45)
8 高压大厅的尺寸和布置	
8.1 尺寸	(46)
8.2 讨论	(48)
9 试验和测量设备	
9.1 冲击电压发生器	(55)
9.1.1 标准雷电冲击和标准操作冲击	(56)
9.1.2 施加于大电容试品的标准雷电冲击	(61)
9.1.3 特殊冲击电压波形	(64)
9.1.4 有电感的试品	(66)
9.1.5 自动化操作	(67)
9.1.6 订购冲击电压发生器	(71)
9.2 波前电容器	(72)
9.3 交流电压源	(72)
9.3.1 要求	(72)
9.3.2 负荷和电压的变动	(77)
9.3.3 急跃闪络(Snapover)	(79)
9.3.4 交流试验源的设计特点及特性参数	(81)
9.3.4.1 普通试验变压器	(81)
9.3.4.2 串级试验变压器	(83)
9.3.4.3 串联谐振装置	(91)
9.3.4.4 并联谐振装置	(92)
9.3.4.5 交流试验回路的供电	(93)
9.3.4.6 订购交流试验电源设备	(93)
9.4 直流试验电压源	(98)
9.4.1 要求	(98)

9.4.2	直流电源的设计特征及其特性参数	(99)
9.4.3	电容器柱中电容量的最佳分段(Grading)	(102)
9.4.4	串级直流发生器的调压	(104)
9.4.5	直流试验设备的选择	(107)
9.5	其它各种发生器	(115)
9.6	其它大型试验设备	(115)
9.7	分压器、分流器及其它电压、电流、场强传感器	(120)
9.7.1	分压器	(120)
9.7.2	分流器	(122)
9.7.3	其它电压和电流转换器	(124)
9.7.4	测量误差	(126)
9.7.5	响应误差	(127)
9.7.6	减小误差的调整措施	(143)
9.7.7	分压器和分流器的订购	(144)
9.7.8	最近的研究成果 ^①	(146)
10	仪器和特殊设备	
10.1	脉冲示波器	(150)
10.2	峰值电压表	(155)
10.3	截断时间仪	(155)
10.4	局部放电仪	(155)
10.5	探测器(Sniffer)	(155)
10.6	电容和介质损耗($\tan \delta$)电桥	(155)
10.7	无线电干扰仪	(155)
10.8	分压器分压比表和分流器电阻仪	(156)
10.9	方波发生器	(156)
10.10	低压试验用的脉冲电压发生器	(156)
10.11	频率发生器	(156)
10.12	测量分流器响应的设备	(156)
10.13	冲击试验器	(157)
11	高电压试验室的总体布局及特点	
11.1	总体布置	(160)
11.2	高压大厅	(161)
11.2.1	电磁屏蔽、遮光、地线回路、接地、音响衰减	(162)
11.2.2	空调	(166)

11.2.3	起重和地面运输设施.....	(167)
11.2.4	照明、排水及其他杂项	(169)
11.3	控制室.....	(169)
11.4	准备厅、机械加工车间、电晕试验室.....	(170)
11.5	污秽试验室.....	(170)
11.6	户外试验区、试验线路及试验笼	(173)
11.7	其它场地及其特点.....	(173)
11.8	安全与保安.....	(175)
12	组织机构	
13	技术训练和信息	
14	经济管理及经营	
	附录	
	参考文献	

注:书中所示照片都标有“产品号”。例如第 69 页的计算机辅助控制系统的产品号为 137。根据此产品号可向瑞士巴塞尔哈弗莱公司高电压试验设备部(HVTS/HAE-FEY)索取详细的产品资料。

1 绪 论

本书打算对高电压试验室及其设备的规划设计作一种指导性的介绍,同时也对人员的选择和训练、试验的质量控制,以及试验室使用等各种事项提出建议。

本书内容主要针对通用型高电压试验室。这种试验室能够对一般的高压设备进行所有常规的高电压和冲击大电流试验。这些试验还包括污秽试验、局部放电试验、试验线路上及试验笼内的电晕试验、避雷器的各种冲击电流试验等。

本书不涉及那些特殊的,诸如电力电缆和电力电容器制造厂的质量控制试验室。但是,书中的许多内容同样适用于这类试验室。本书也不涉及电力变压器和电力电抗器的常规试验,诸如测量短路阻抗、损耗及发热点温度等。

这种试验室会有相当多的研究、开发和验收试验任务。这里所指的研究项目不完全是经费达上百万美元的大项目,还包括另一类研究项目,例如在用户、电厂或电网中发生故障时提出来研究的问题。这种研究可能只要几天时间,或许可称之为“小型研究”。此外,在上述两类项目之间还有许多规模不同的研究项目。

书中还讨论了用作技术训练的试验室。它们可能属于工厂、电力公司、国家研究机构 and 高等学校,也可能是两个或几个单位共有的。这不但会影响到试验室的管理,还会影响到试验室设计和以后使用时的经济问题。书中讨论了各种规模的试验室,从只占公用大厅一角的小试验室,到法国电力公司(EDF)的雷纳第(Les Renardienes);魁北克水电局(Hydro Quebec)的 IREQ 以及计划建在莫斯科附近的俄罗斯试验室等巨型试验室。书中也介绍了户外试验室及同时具有户内和户外试区的试验室。

许多高电压试验室只是大型研究单位的一部分。意大利电气试验中心 CESI;加拿大的 IRSQ 和巴西的 CEPEL 就是典型的例子。书中也讨论了可能会影响高电压试验室组织、选址及设备选择等问题的一些因素。

功能、经济和美观是对所有技术活动都很重要的三件事,在书中也有一定的介绍。

本书基本上按试验室建设的顺序,即从开始规划设计,到建成可靠、高效率和有信誉的试验室的全过程进行介绍。

2 建设项目的行政管理

理想情况下,一个建设项目(例如筹建一个高电压试验室)的行政管理只由一个人——项目领导人负责。他应该有使用高压试验室的经验,如果可能,最好还有筹建高压试验室的经验。他要经常向主管经费的人汇报工作。他直接领导一个小组,这个小组帮助他进行设计、研究技术经济指标、编写有关试验大楼设备的各种设计要求说明书等。由于这个小组的成员很可能在试验室投入使用后成为试验室工作人员的核心,因此,最好其中有些人具有高压试验室工作的经验。

最理想的情况是,项目领导人就是将来的试验室主任。这样,他就会经常想到,今天他在设计、建造方面的错误,将来要自食其果。

大型工程,有时小型工程也一样,都聘请建筑设计院进行建筑设计,聘请工程顾问公司进行建筑结构设计。这两个单位有时在同一机构内。试验室由建筑公司建造,而试验设备则向各制造厂购买。这里我提醒人们不要迷于自制设备。自制设备经常比享有信誉的制造厂更贵而且不可靠,只不过你可能不会一下子看到其代价罢了。

有了上述这样一种组织,项目领导小组只需致力于为大楼及大楼设施编写一些设计要求说明书(而且不必太详细)并交给建筑设计院和工程顾问公司。但是项目领导小组的成员必须自己负责订购试验设备,因为只有他们才有这方面的经验。项目领导人或许要较长期地聘请一些专家作顾问。这样,即使项目领导人自己不是有关专家方面的问题也不大。

事实上不会也不可能总以这种理想化的组织方式来办事。有些小型工程可由项目领导人自己处理,但仍需要一至两个年轻的工程师、一个制图员和一位秘书来组成小组。

对于大型工程,可能由于其他原因而使管理机构不同于上述理想状况。设想有这种情况,项目领导人是从国外聘请的,他在技术上足以胜任,但可能缺乏特殊的经验和必要的人事关系。然而,这对于克服由政府和其他权力机关引起的麻烦,以及在发现初始成本估计过低时没法渡过难关都是必需的。

如果高压试验室是整个大型工程的一部分时,情况也类似。这时,整个工程的每个部门都有一个项目领导人及领导小组。这些项目领导人向一个共同的上级汇报工

作,而整个工程自然只有一个建筑设计院、一个工程顾问公司及一个建筑公司,结果很可能有许多职权交叉的问题。解决这一问题有几种方法,其中之一是在各项目领导人与各公司之间设立协调人。假如这个人确实发挥了协调作用,工作就会很顺利。如果他以一个决策者来发挥作用,事情就会很糟糕。当然,通常是处于这二种极端情况之间。他的作用好坏,取决于所聘人的素质。然而,如果能经常接触、保持联系以及相互理解,就会有很好的效果。

建设项目也可以用一個完全不同的叫做“交钥匙”的管理方法来进行。从极端情况来说,这意味着事先做一个试验室的基本设计要求说明书,然后把它交给对项目完全负责的单位,直到试验室完全建成。最后,把“钥匙”交给试验室所有者。我对这种工作方法没有经验。但是我认为在工程开始前还有些问题需要加以考虑。

——基本设计要求说明书的准备是一项重要的工作,它需要由专家进行,并要有当地专门人员协助。

——准备工作是很费时间的,往往需要反复修改。有时,为了争取时间,试验室不得不在完全准备好说明书之前就开始建设了。因此按“交钥匙”方式进行的建设项目一定要有修改的可能。

——“交钥匙”必须保持连续性。聘用为这种“交钥匙”工程的某些成员必须留作试验室的工作人员。

我个人认为,这种“交钥匙”的方式对高压试验室不一定合适。

3 经济问题

很少有哪个大型建设项目在开工时没有做初步的成本和收入预算的。通常对一个项目的成本往往会估计过低,而对收入又总是估计过高,也许情况不是这样,但只是一种运气。许多后来很成功的项目,如果一开始就知道成本和收入的具体数字的话,是绝不会被批准开工的。让我们来看看“金字塔”吧。据说这些金字塔在今天被认为是埃及历史上最好的投资项目之一。但是,对这样大的工程,又怎样来估计成本和收益呢!

回顾一些大型工程的经历,可以看到,通常创建一个试验室或研究机构的设想是由决策单位内部或外部某一个人产生的。这个人具有足够的权力可以让工程开工。成本和收入当然也会被研究过,但在整个决策过程中这不是关键的因素。决定性的因素是考虑技术发展,国家需要,以及是否能充分地利用这个试验室等。国际合作的可能性常常也是决定性因素之一。

通常,一个建设项目的成功程度,取决于分期偿还的成本债务与从客户那里得到的收入之间的比较。这种判断适用于工厂、汽车修理站等的建设,但不适用于许多其他场合,高等学校就是一个典型的例子,没有理由认为高压试验室应该如此考虑。例如有一个高压试验室属于某一电力公司,公司决定用 10 亿美元建设一个电力系统。该电力系统的设计可能基于以往的经验、文献资料、顾问的建议,或者由与此公司有密切联系的试验室通过研究加以校验。如果该工程的输变电线路的成本为 3 亿美元,那么很容易通过某些试验研究减少成本百分之几,譬如说减少 1 000 万美元,这一数值就相当于该试验室的总投资。然而,问题在于高压试验室向谁收取研究费用,可能收取 300 万美元就会遭到反对。

但是,无论如何,工程的经济问题必须充分重视。实际上这方而有好几个内容:

- 对大楼和设备费用的初步估计及其修改。
- 确定向建筑设计院和工程顾问公司计费方式。
- 设计要求说明书的编写。

3.1 成本估计

不用说,大楼和设备的初始成本估计是最重要的事。它必须在非常仔细研究的基础上提出。然而,事情往往是这样进行的,项目领导人被他的上级叫去(或许就在一个周末的下午)并告诉他:“星期三在局里有个会议,我能在星期二拿到工程的成本估计吗?”于是,一个留有充分余地的数字提出来了。如果在会上提出的成本为2 000万美元,实际上真正的成本可能达到4 000万美元。那么将来它会像飞标一样返回来。

估计试验大楼的成本,最大的困难在于高压大楼的高宽比要比普通的楼房大得多。而通常的成本估计只按单位底面积来计算。这样,如果按建造一般工厂大楼的经验来估计高压大厅的成本,就会出差错。此外,高压试验室还有许多特殊的地方,诸如:地面要承受气垫运输;要有接地回路;墙壁要有电磁屏蔽和音响衰减措施;对行车也有特殊要求等等。因此容易理解,为什么建筑设计院和工程顾问公司会拒绝提供任何初步的成本数字。然而,即使他们提供了估计数字,那么,对他们缺乏经验的项目,例如:行车、供水、灭火设备等仍然可能将成本估计过低。同时,对另外一些项目,像特殊的地面和墙壁等则会估计过高。

别的国家的高压试验室的成本估计不会对你有多少帮助。有些地方建设高压试验室是很昂贵的。例如,在加拿大,极其需要防寒、防大雪。在巴西,真正的问题则是瓢泼大雨,面对于酷暑,你只能忍受。

大楼设施和试验设备的成本估计也有类似的问题。关于试验设备,世界上只有几个著名的制造厂。但是,试验设备的价格在不同的国家之间有很大的差别,而进口税对差别的影响很有限。可能还有另外一些进口规定,使项目领导人不得不选择那些较贵或质量较差的,甚至二者都较差的设备。

除了这些困难外,成本数字是应该而且可以得到的。基本上,这是一个如何工作的问题。报价对设备作预算是有用的,但要得到报价却要花较长时间。比较理想的做法是在预算报价中列出几种方案。例如,对冲击电压发生器的输出电压和主电容参数就可列出几种方案(这些,在设计优化过程中本来就是要考虑的)。但是,由于要求报价会增加制造厂的工作量,也就会间接地增加设备的成本。当然,这项费用也可作为报价的一部分提出来,不过,这样就会使双方都不太愉快了。

当然,有许多方法可以解决这个问题。如今,一些著名的试验设备制造厂家都在其产品目录中介绍它们自己的标准试验设备。在洽谈中,尽管他们可能犹豫而不肯提供书面数据,但他们还是可以向你提供有关基本设计的价格和非标准规格的价格。对于非标准设备,例如通用型的串级直流高压发生器或是油绝缘试品的处理和试验罐,就必须直接同制造商洽谈。

在参考文献[1]①中介绍了估计成本用的导则。

3.2 计费方式

对建筑设计院和工程顾问公司的计费方式是在工程初期决定的。通常有好几种计费方式,例如:费用固定,费用按工时计算,或费用按工程价格的百分比计算等。对项目领导人及其小组成员通常按常规方式付给薪水。

应该注意研究,在这些方式中哪一种方式有利于促进工程项目完成。为此,首先要确定目标。这可以有好几种提法,其中之一是:规划建造的试验室应该是既经济又美观,效率高而又工作环境舒适,以满足当前和将来的需要。

显然,以这个目标来衡量,上述各种计费方法都不理想。试问:

——如果设计师已经实现了试验室既高效又美观,而且有时甚至还可以得到更多的报酬,那为什么还一定要想方设法使大楼造得更经济些呢?

——如果工程顾问正被逼着要立即拿出设计来,那么为什么他们还要用更多的时间来估计成本,并研究、修改各种方案呢?

——项目领导人又为什么要自找麻烦提出某种非常规的地面运输系统或特殊的空调方法呢?

有人曾经建议过其他一些计费方法,但据我所知,从未在建造高压试验室中用过。其中一个方法是对试验室及其功能编写相当详细、精确的技术要求说明书,并以此为基础作初步设计。此外,对成本也作了相当精确的估计^[2],后者用来作为计费的基础。如果实际费用低于估计值,其得益可以由试验室拥有者、设计院、顾问公司以及工程项目领导小组共同分享。当然,怎样分配是另外一个问题。但目的应该是有利于促进工程目标的实现。同样,如果实际费用超出预算值,其损失也应由大家分摊。然而,问题在于,就是这种方式也会有严重的缺点。例如:为什么设计师的目标必须是一个既经济又漂亮的大楼,而不是一座不太昂贵、但也不那么漂亮的建筑物呢?为什么顾问公司的目标必须是一个高效率的试验室,而不是一个比较便宜的试验室呢?另外,万一发生差错,纠正起来要付出很大的代价。项目领导人又为什么要自找麻烦呢?

由于上述种种原因,我只好赞成一种不那么精明的意见,即不是用酬金,而是用其他方法来奖励。除了应挑选合适的设计院、顾问公司和项目领导人外,还可以把有关奖励的规定列入顾问公司的合同。对项目领导小组的成员则应付给优厚的薪水和鼓励他们发表非常规的方法。