

# 香港科学园第二期工程项目管理 模式及赢值法的应用

刘正光

(茂盛(亚洲)工程顾问公司,香港 999077)

**摘 要:**香港科学园是面向各地高素质人才、研究公司及企业,提供理想环境,作高科技及应用科技的研究及发展。科学园分3期发展,其中刚完成的第二期,为投资最庞大及占地最广的项目。为兴建这庞大而复杂的工程项目,科学园业主采用国际现代工程管理模式,面向市场以公式开招标形式,聘请最合适专业性工程项目承包商代表业管理科学园第二期工程。管理大型工程项目,其项目费用和进度管理是最重的环节。科学园之工程项目承包商,在详细分析工程项目的工作范围和标准,进度及费用计划,并比较各种监管和控制方法之优缺点,最后采用赢值法作为监管及控制工具。经过多年的实践,证明专业性工程项目承包商管理模式及赢值法之应用,效果良好,成绩显著,成功地推进了香港工程管理水平。

**关键词:**香港科学园;工程项目承包商;赢值法

中图分类号:TU244

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2008)10-0184-04

## 1 香港科学园

### 1.1 香港科学园的建立

香港科学园(Hong Kong Science Park)成立于2001年5月,位于香港特别行政区新界沙田新市镇之白石角,面向吐露港,有极佳海景,并邻近中文大学,环境优美。科学园位于深圳和香港市区之间,来往市区和深圳十分方便。其对象为高科技及应用科技,如电子,生物科技,精密工程,讯息科技和电讯等为主题的研究公司或企业,由香港科技园公司负责发展和管理。科学园具备多种国际一流水平的设施,汇聚了现代知识与先进技术,为各高科技企业提供理想的校园式环境,汇集各地高素质人才在此携手合作,发挥相互协作力量,共同推动高科技的研究和发展。



图1 香港科学园第二期工程

### 1.2 科学园发展分为三期

第一期开幕于2004年10月29日。占地22ha,投资约29亿港元,核心大楼位于中心区,提供商务/会议中心、餐厅、健身室服务式住宅和停车场等重要设施,其它6座大楼分别为生物信息中心、集成电路发展中心、新科中心、飞利浦大厦、无线电中心及光电子中心,共提供8.4万m<sup>2</sup>可出租面积,获130多家分别为电子、生物科技、精密工程和信息技术及电讯的公司租用。本地租户及国际公司租户比例差不多为60:40。

第二期如图1所示占地0.7732km<sup>2</sup>,服务对象为生物科技及电子界之研究及发展、精密工程及信息技术,共有10座大楼,其中包括2座能源大楼,4座提供实验室设施的研发办公室大楼,并包括有300个座位的演讲厅,2座实验室大楼,2座供企业的研发办公室,总建筑面积为10.5万m<sup>2</sup>,投资港币34亿元,所有设施都分别在2007年及2008年完成。租用率高达90%以上。

第三期设施正在计划中,将以能源、环保及生物科技产业为重点,预计2011年完成,届时总楼面之面积将达33万m<sup>2</sup>。

## 2 香港科学园第二期工程管理模式

第二期工程发展规模比第一期更大及更细,总投资为港币36亿元,10座大楼先后开工,完工日期也不一样。

收稿日期:2008-07-22

作者简介:刘正光(1942~),男,广东台山人,博士,泛美工程院外籍院士,香港工程科学院院士,香港工程师学会前任会长,茂盛(亚洲)工程顾问有限公司执行董事,研究方向为工程咨询和工程管理。

欢迎访问科技进步与对策网站

www.kjbb.org

(见表 1)

表 1 第二期工程进度表

数量	名称	进度	时间
2	能源大楼	完工	2006 年 12 月
2	实验室/办公室大楼	完工	2006 年 12 月
2	实验室/办公室大楼	完工	2007 年 3 月
2	研发办公室大楼	完工	2007 年 5 月
2	实验室大楼	完工	2008 年 4 月

兴建这么庞大而复杂的工程项目,如何把业主要求变成事实,实现投资者的意图,采用有效的工程项目管理系统是工程管理模式中最重要的一环。现代工程项目管理模式走向科学化,以技能第一,近年趋向引用工程项目承包商(Project Management Contractor),以提供高效率的工程项目管理服务。

工程项目承包商是一个总称,是一个专业性很强的队伍,拥有丰富的工程项目管理的专门人才和经验,对建筑市场有着深入的了解和认识。通过公开招标的形式,业主从市场可以聘请到对某项工程最合适的工程项目管理承包商,此后称承包商。此承包商一旦受业主授权后,就代表业主执行任务。在项目的准备工作时就介入,在业主、顾问工程师和承建商的互相协调下,共同改善设计和施工方案,降低成本,并可以快速施工和缩短工期。承包商的管理服务是多元化的,可进行可行性研究、项目策划、项目计划、融资方案、设计管理、采购管理、施工管理等,保证工程项目的成功实施,达到全寿命期技术和经济指标最优化。承包商除了承担工程项目管理服务外,还可负责完成工程初步设计,并承担管理风险和经济责任。在现代工程项目管理模式中,业主的角色只作工程项目基建投资管理和在关键问题上作决策。

在建筑市场中,工程项目承包商有以下 3 种不同的操作类型:

- (1)代表业管理。
- (2)与业管理队伍结合为管理团队。
- (3)为业主的顾问。

香港科学园是由香港科技园公司负责发展和管理,但选择利用工程项目承包商代表业管理工程项目,如图 2 所示。

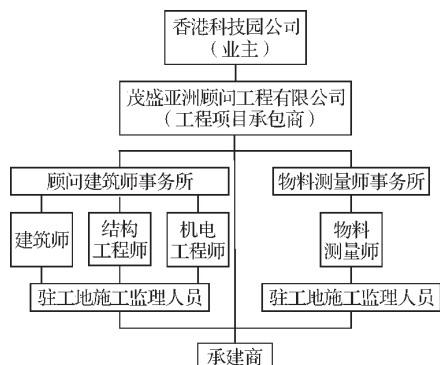


图 2 工程项目管理模式

通过公开、公平及公正的招标形式,茂盛(Maunsell)亚洲工程顾问有限公司(AECOM 公司)被聘为业主的代理并

委托为项目经理(Project Manager),为第二期进行工程项目管理。在工程前期,帮助业主选择设计咨询公司、顾问建筑师事务所(及其承包之结构工程师事务所及机电工程师事务所)和顾问物料测量师事务所。在详细设计过程中,代业主监管聘请之建筑师及物料测量师,负责第二期的整体及分期设施详细设计。在完成投标文件后,主理投标工程,由建筑师及物料测量师协助,选择合适而有水平的承建商。茂盛亚洲工程顾问有限公司和业主有合约关系,为业主代理人,并为项目经理,有责任对建筑师及物料测量师进行协商及监管工作。而建筑师则负责管理承建商,材料测量师协助建筑师负责物料计算及放款等工作。茂盛亚洲工程顾问公司办公室和业主办公室设于同一大楼,方便沟通和通讯,其管理团队十分专业而精简,项目经理为 1 名资深土木工程师,带领 9 名成员,其专业分别为建筑师、结构工程师、土木工程师(负责进度控制)、资讯工程师、屋宇装备工程师各 1 名,物料测量师 2 名,1 名秘书及 1 名办公室助理。

### 3 工程项目费用和进度管理

#### 3.1 科学园费用和进度管理之必要性

在工程项目的生命周期中,建造阶段是其中最重要的一环,因为整个项目的预算费用,大部分都花费在建造阶段。通常来说,设计费用是按工程项目的杂性而不等的,约为工程项目预算的 5%~12%左右。如果设计的费用为总项目的 10%,而其偏差是 15%,其对整个工程项目预算的影响只是 1.5%而已。同样,如果施工费用的偏差也是 15%,但为总项目的 90%,其对整个工程项目预算的影响则相应达到 13.5%,这是十分严重的。由此可见,业主、顾问工程师及承建商之共同目标是一致的,就是在符合业主要求的前提下,在指定的工期、预算费用内,按设计要求,高质量地、安全地及最少影响环境内完成工程项目,而其中费用和进度管理为重要的环节。总之,工程项目费用是指在项目建设过程中各种费用之总和。而工程项目费用管理,就是利用科学化的管理方式,把工程项目在不同阶段的费用控制在批准的费用额内。同样地,工程项目的进度也应用同一原理作管理,控制在预定工期内完成,科学园第二期发展项目分为多个工程合约:

- (1)2 个户屋地基合约。
- (2)4 个主要工程合约(即户屋上部结构及屋宇装备)。
- (3)6 个专门工程合约(如保安系统,信息科技,屋宇管理,自动运送废物,园艺等)。

各合约内容各不相同,费用、开工时间、工期、完工时间等都不相同。承建商也是来自不同专业,有打桩、户屋建造、屋宇装备、机电、信息等。工程费用和进度的监管和控制自然不容忽视。

#### 3.2 工程项目费用控制的过程

无论工程项目的大与小,费用控制是工程项目费用管理的核心。要注意到费用控制不单是监察和收集大量的费

用数据资料,而最重要的是如何对费用数据作正确的分析,及在预测到费用有偏差时,找出引起偏差的原因,及时地采取有针对性的纠偏措施,从而使费用控制在目标范围之内。费用控制包括计划(费用预算)、监察(表现)、评估(分析及预测)和控制(纠偏)4个步骤。

工程项目费用的表现对工程费用控制措施有很大作用,监理人员必须定期地,如每一个月要进行工程计划费用值与实际费用值作比较,如果实际费用值偏离计划费用值,就要分析其原因,并立时采取适当的纠偏措施以确保不超出预算费用。工程项目费用的表现及费用的比较,通常有赢值法、表格法及曲线法多种,而香港科学园的工程项目承包商则采用赢值法。

### 3.3 工程项目进度控制的过程

工程进度控制一定要由建造开始到完工作全周期监控,任何工期的伸延及拖延都无可避免地增加费用,但在工程项目的实施过程中,由于受到不同因素的影响,如自然条件影响,业主、顾问工程师、承建商及分包商之间沟通不足,资金不到位,材料设备不如期运送,设计标准有变化等,令实际进度与计划进度会有偏差。如果进度控制手段不足,偏差不能及时纠正,进度的目标一定受影响,进度控制的目的是要确定进度是否已发生变化,如有变化,要采取适当手段作调整,确保实现进度目标。其过程和费用控制相同,即含计划(制定进度计划)、监察(表现)、评估(收集数据,分析及预测)和控制(纠偏)4个步骤。工程项目进度监测和比较有多种方法,如横道图比较法、费用比率、S曲线比较及赢值法等,香港科学园之工程项目承包商则采用赢值法。

## 4 香港科学园二期工程项目管理赢值法的应用

### 4.1 项目经理作主导地位

茂盛亚洲工程顾问有限公司被委托为业主的代理,并为项目经理,本文作者也曾在2006年/2007年度担任项目经理一段时期。为了可以组织赢值,首先建立包括二期工程所有不同的工作的综合程序(Integrated Programme)。为了方便及统一各不同工作单位的程序,项目经理准备一套综合程序编写指引,各工作单位,例如顾问建筑师、顾问结构工程师、顾问机电工程师、顾问物料测量师,不同种类的承建商,都按指示而制定自己的程序。而电脑程序则用市场流行的Primavera Project Planner(P3)程序,因为此程序有能力把各工作单位程序组合成综合程序,并有能力处理大量时间和费用的数据。总之,顾问专业事务所,如建筑师、工程师、物料测量师等的赢值(BCWP)都按顾问合同内顾问费计划发放时间表计算;而承建商的赢值,则按工程合同的工程清单(Bills of Quantities),在计算实际完成工程的费用(ACWP)基础上,按业主对顾问公司和承建商已支出的费用计算。当然各程序都定期按实际情况调整,以反映最新情况,如加入有新的顾问公司合约,新的承建商合约等。

### 4.2 赢值法(Earned Value Method)

管理大型工程项目需要利用监察和控制手段才可以

达到有效的工程项目控制。赢值法管理制度是其中十分有效的工具。通过比较原计划拟完成之工程数量,实际完成之工程数量及实际完成之工程费用,从而量度到工程之表现,以确定工程进度是否符合计划要求,也可以确定工程费用与原计划是否有偏差之处。

传统的工程管理方法只收集两种数据,即原计划之拟完成工程费用及实际完成的工程费用。在工程进行的某一时段,把原计划拟完成费用和已完成实际费用作比较,这只能指出在某一时段两者的数值,反映的信息量少,并不能反映实际已完成工程数量,因而成效不大。

但赢值法要收集3种数据。即原计划拟完成的工程费用,实际完成工程的费用,及赢值。赢值即实际完成的工程数量,因而,赢值管理方法可以将原计划费用和赢值及实际费用作比较。

工程费用进度的表现反映在其赢值(Earned Value),其计算公式如下:

赢值=已完成工程之百分比×拟完工程计划费用

例如:某项桥梁工程之拟完计划费用为港币1亿元,在某年月之进度报告,工程已完工25%,则其时之赢值为港币2500万元。此赢值可与实际完工之费用作比较,如果支出的费用比实际完工费用为高,则可以判定此项工程在预算中已经超支。

利用赢值法,有3个参数要考虑:

Budgeted Cost of Work Schedule (BCWS)

= 拟定工程计划费用,指在进度表上,在某一给定时间内所应完成工程的计划费用。

Budgeted Cost of Work Performed (BCWP)

= 已完成工程计划费用,即赢值,指在某一给定时间内,实际已完成工程的计划费用。

Actual Cost of Work Performed (ACWP)

=在某一给定时间内,实际完成工程的费用。

在工程计划阶段,对工程项目活动作详细分析,每一工序,如挖土、打桩、基础等,作合理的顺工作程序安排,制定项目进度计划表,而相应的拟定工程计划费用也可制定,(BCWS)可作原始数据,在施工期,此BCWS和实际工作情况作比较,经分析后可知实际工程和原计划是否有偏差。

工程的表现可用以下两个偏差变量来计量:(1)Cost Variance (CV)=BCWP-ACWP=费用偏差变量;(2)Schedule Variance (SV)=BCWP-BCWS=进度偏差变量。

其中的费用偏差变量(CV)是已完工程实际费用(ACWP)和已完工程计划费用(BCWP)的比较,是工程表现的指针值。

如:CV=0,表示工程费用按原计划进行。

CV>1.0,表示工程费用表现良好。

CV<1.0,表示工程费用拖延。

通常实际工程进度不可能完全按原计划进度实现。进度偏差变量(SV)是比较拟完工程计划费(BCWS)和已完工程计划费用(BCWP),作为进度的指针。

如 SV=0,表示工程进度按原计划进行。

CV>1.0,表示工程进度比原计划提前。

CV<1.0,表示工程进度比原计划落后。

图 3 则用不同曲线表示以上不同赢值的比较,可清楚地看到形象化的偏差分析,有直观的优点,可见,赢值法比其它方法作定性分析可得到令人满意的结果。

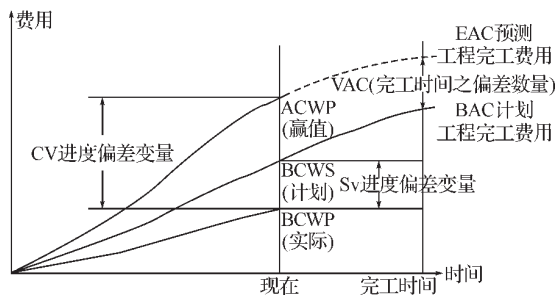


图 3 费用和进度偏差变量

为了进一步监管和控制费用及进度,在赢值法管理制度中,增加以下多个参数。

Cost Performance Index (CPI) = 费用表现指数

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} = \frac{\text{在某一给定时间之赢值}}{\text{在某一给定时间之实际完工值}}$$

如 CPI=0,表示工程费用支出表现达到目标。

CPI>1.0,表示工程费用支出表现十分好。

CPI<1.0,表示工程费用支出表现未达水平。

Scheduled Performance Index (SPI) = 进度表现指数

$$SPI = \frac{BCWP}{ACWP} = \frac{\text{在某一给定时间之赢值}}{\text{在某一给定时间之实际完工值}}$$

当 SPI=0,表示工程进度表现达到目标。

SPI>1.0,表示工程进度十分好。

SPI<1.0,表示工程进度未达水平。

由此可见,CPI把费用进度量化。如果在工作期中,把CPI之数值用图表列出,可令项目经理了解工程实际进行情况,方便监管和控制。图 4 表示,可能由于工程刚开始,第一及第二个月的表现都不理想,这是可以接纳的;第三及第四个月表现良好;但到第五个月,表现很差,因而引起管理人员重视,找出偏差原因,采取适当的措施,纠正偏差;到第六个月,工程恢复良好。

相同地,SPI也把工程的进度量化,因而可以预测工程的进度是否有提前或延迟。图 4 也表示 SPI,是按每月工程的表现而制成,用来监管及控制工程进度。可以看到工程进度在第五及第六个月有很大的变化,进度由良好变成不佳,经管理人员采取纠偏措施,进度在第七个月则变良好。

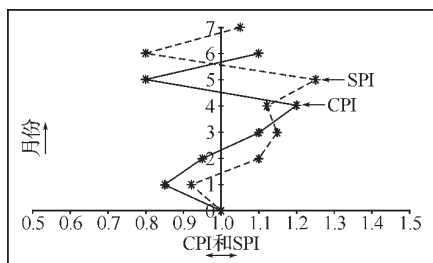


图 4 利用 CPI 和 SPI 监测工程项目的表现

有时,CPI and SPI 的数值看来自相矛盾,如 CPI>1 而 SPI<1,这表示工程费用控制在预算内,是好的表现,但工程进度则落后计划,则反映出虽节省了费用,但工作量不足,为此设立 Cost Schedule Index (CSI),称费用进度指数

$$CSI = CPI \times SPI = \frac{BCWP^2}{ACWP \times BCWS}$$

如:CSI≥1.0 则表示工程没有什么严重问题。

CSI<1.0 则表示工程有严重问题。

由此可见,CPI 及 SPI 都是管理人员用来监管及控制工程进度的好工具,可以控制工程走向正确的方向。

利用赢值法还可预测完工时的工程费用 ETC (Estimate to completion), 首先找出原来的工程预算 BAC (Budget at completion),也即是拟定的工程完工费用。

$$ETC = \frac{BAC - BCWP}{CPI}$$

ETC (Estimate to completion)就是预测由某一给定时间到完工所需的工程费用,这即是未完工程预测费用,因而完工时的预测费用 EAC (Estimate at completion)可以下式得出: EAC=ACWP+ETC

### 5 总结

香港在大型工程项目管理中应用赢值法的管理制度,香港科学园第二期工程可说是处于领先地位。赢值法是综合时间及费用之科学化管理制度,它结合工作范围、进度及预算费用,进行量度工程之表现,再比较计划的工作量和实际已完成的工作量,从而可以清楚地确定费用和进度是否如期按计划逐步完成。引用赢值法,可预先提出警告,管理人员可及时找出原因,采取适当措施,解决问题。

此工程项目经理在工程开工时,花了很多时间教育各顾问建筑师、顾问工程师、顾问物料测量师、驻工地施工监理人员及各承建商如何应用赢值法,并要求大家集中注意力于 SV、SPI,并要求承建商要尽量配合各工作合同之程序。在科学园二期工程中,初期工程进度略为延迟,但中期和后期都有改进,而整个工程项目最后均如期完成。这都有赖于各管理人员及各承建商,切实地执行赢值法的科学管理制度。相信科学园二期的成功例子,可以引起香港工程界的注意,把赢值法管理制度推广到更多的工程项目。

香港科学园第二期工程,采用专业性项目承包商管理模式,并结合赢值法之工程费用及进度监管方法,成效显著,为工程界赞赏,有效地推进和提高了香港的工程管理水平。

#### 参考文献:

- [1] Hong Kong Science and Technology Park. Project Manual [J]. 2004.
- [2] OBERLENDER, G.D.. Project Management for Engineering and Construction [J]. McGraw-Hill, 2000.
- [3] WINCH, G.M.. Managing Construction Project [J]. Blackwell Publishing, 2002.
- [4] DISSANAYAKE, P.B.G.. Application of Earned Value Management System for Hong Kong Science Park Phase 2 Development [J]. PMI Global Congress Proceedings - Hong Kong, 2007.
- [5] 刘正光. 香港桥梁设计及工程管理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.

(责任编辑: 曙 光)