

内蒙古 OTN 项目施工资源优化与实践研究

张 铎¹,冯东梅²,邱凯义³

(1. 沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168;2. 辽宁工程技术大学工商管理学院,辽宁 葫芦岛 125105;
3. 思机智联(内蒙古)信息通信科技有限公司,内蒙古 呼和浩特 010010)

摘 要:光传送网(Optical Transport Network, OTN)施工技术逐渐透明,促使项目需要通过施工资源优化提升利润空间。以内蒙古电力通信 OTN 项目为例,基于对项目约束的充分分析,运用系统分析方法,从材料运输路线优化、施工流水优化以及工程队配置优化3个角度解决了 OTN 项目施工资源配置问题。最后提出了符合 OTN 项目施工特点的成本控制优化方法,以期同类项目提供借鉴。

关键词:OTN 项目;施工资源管理;系统优化;实施评价

中图分类号:TN929.1

文献标志码:A

光传送网(Optical Transport Network, OTN)是新时代传输网络的佼佼者。随着5G时代的到来,OTN基础建设需求不断攀升^[1]。大量同侪竞争者涌入,市场竞争日益激烈,施工技术日臻透明,技术利润空间不断被压缩,促使 OTN 项目通过提高项目成本来保持企业竞争力^[2]。施工项目成本控制实践始于1956年,美国杜邦公司基于网络技术优化工程进度与资金投入关系,形成了建设工程项目管理优化的第一份可行性设计方案^[3]。这一方法在建设工程项目进度管理中至今仍有应用。20世纪中后期,随着项目目标的多元化,成本控制范围不断扩大,逐步形成以目标控制、战略控制等为代表的研究流派,资源优化配置也是其中之一^[4]。

目前,按照影响对象可以划分为4类,第一类是以全过程为主线,如美国施工企业以WBS过程保障成本管理工作的执行^[5],Kern等^[6]基于系统工程思想构建成本与生产资料模型,Aretoulis侧重讨论监控系统;第二类

是以生产要素为主线,如日本施工企业注重培养企业认同感,强调人的主观能动性^[7],Ollmann从行为视角探讨成本控制问题,Wagman等^[8]讨论设备对施工成本的影响,并提出了以利益相关者为核心的风险共同体理念;第三类是以企业管理为主线,张鲁航^[9]提出了以过程绩效模型促进施工企业向效益型企业转型,潘利云^[10]以整体价值链分析辅助企业保持和延续核心竞争力;第四类是以现代信息技术为依托,Surendra等^[11]开发了ACICS系统,解决废弃物和建筑垃圾二次利用的问题。本研究以内蒙古 OTN 项目为例,尝试用系统工程相关理论探索 OTN 项目施工资源的优化方法。

一、内蒙古 OTN 项目概况

内蒙古 OTN 项目建设内容为信通中心、生产调度指挥中心、各供电局(电业局)及重要通信站点的大容量骨干光传送网络。具体如下:在指挥中心配置2台80×10G平台

OTN设备,在信通中心配置1台设备,在旗下营等15个500 kV变电站骨干层节点各配置1台80×10 G平台OTN设备,在包头供电局等8个接入层站点各配置1台80×

10 GOTN设备,在补花岱等8个线放站各配置1台主要局端设备。共计34个工作站点。为清楚表述和方便计算,将上述涉及到的站点按照地理分布抽象成为网络图(见图1)。

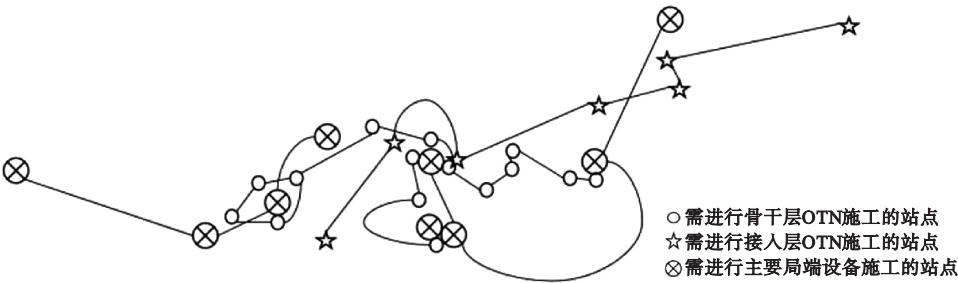


图1 内蒙古电力通信 OTN 项目网络机构

二、项目施工规划现状

项目根据合同目标制定了一套完整的技术方案,给出了详尽的资源投入计划及相应的成本预算,在优化前进行了综合分析。

1. 成本现状

项目成本由工程费、安措费、规费和税金等组成^[12],费用构成如表1所示。

表1 内蒙古电力通信 OTN 项目成本

序号	成本科目	金额/元
1	直接成本	1 899 940.39
2	分包成本合计	1 280 000.00
3	材料成本合计	489 940.39
4	机械设备使用成本合计	130 000.00
5	间接成本	1 802 800.20
6	现场其他直接费用成本合计	552 800.20
7	现场管理成本合计	1 250 000.00
8	成本合计	3 702 740.59
9	安措费用	171 510.76
10	建筑工程规费	258 412.56
11	税金	702 552.86
12	含税金成本合计	4 835 216.77

此外,需要说明的是,办公成本较之整个项目而言过小,轻工辅材随劳务外包,计入人工成本内,无需额外计算。

2. 工期现状

合同中对施工的进度、安全、质量等目标都提出了要求。其中,工期目标是可以直接量化的,根据合同要求,全部项目完成工期共218天,开始时间为2018年8月14日,即收到中标通知之日起。按上述要求设计施工于

2018年8月14日—2019年3月19日完成,其中,准备用时阶段(商务阶段、进场前准备阶段)16天,竣工准备阶段(测试阶段、验收交付阶段)53天。实际有效工期=总工期-准备用时-竣工阶段。共计149天。

3. 资源现状

优化的目标是降低现规划方案中的资源投入,因此可以将现方案中的资源投入作为系统优化的资源约束。

项目工作面分散在内蒙古自治区各地,每个工作面的内容相对独立。因此,在当前资源分配中并未统筹,各子项目独立安排各自的施工。具体如下:

人力资源管理方面,项目计划委派8支施工队伍,每支施工队共有10~11人,另配备1名项目负责人、6名现场负责人、2名安全专职员、6名技术负责人、6名资料员、6名预算员、6名材料员等。

材料与设备管理方面,所有设备、材料、车辆由项目管理部统一分配。物品申领提前5日提交计划,由项目负责人和现场负责人共同审核。库管员根据申请单盘查库存,有库存及时发货,无库存及时申请采购入库。

仓库设置在办事处,定期开展安全巡查,消除各类隐患。对有使用有效期的物资进行特殊保养,定期清点库内物资,严格复核,保证物单相符。此处库管发生的全部费用均不计入项目成本,由公司统一承担。

设备包括光纤熔接机、数字传输分析仪、光可变衰耗器等,目前投入量最多可装备 11 个施工队同时施工。可用车辆包括小型载客车辆 9 台、轻型厢货 10 台。

4. 问题分析

综合考虑成本、资源、工期等现状,可以发现项目存在资源优化配置问题,具体如下:

(1) 人力资源管理问题

公司人力资源的分配过于松散,人力资源管理以项目为单位,并没有落实到个人,直接导致利用效率低下,可能造成有的子工程项目窝工,同时有的子工程项目出现用工短缺,而且工种间衔接也不能得到最优组合。

(2) 车辆设备管理问题

目前车辆管控方法比较简单,仅按照审批申领手续直接领用,而对于车辆的具体用途并未作出明确区分,很多子工程项目为了使用方便大量借用货运车辆,导致货运车辆

短缺、客运车辆滞留公司的现象时有发生。

(3) 材料管理问题

目前对材料的领用办法相对比较混乱,各子工程项目负责人按工程需求现用现申,导致物流时间迟滞,对工程整体进度产生影响,亟需优化。

(4) 施工工艺管理

目前施工方法比较传统,各子工程项目之间受地域限制相对独立,在优化过程中尝试将各子工程项目涉及的工序与施工工艺综合考虑、有机结合。

三、施工资源配置优化

1. 运输路径优化

项目现设有鄂尔多斯、呼和浩特、包头以及巴彦淖尔 4 个办事处,均设自有库房,库房容量充足。同时,四处均有 1 处或多处工地,无需计算。将图 1 转化为如下间距行列式:

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
A ₁	800	650	450	250	200	160	240	100	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A ₂	—	—	—	—	—	—	280	200	120	120	30	150	260	280	—	—	—	—	—	—
A ₃	—	—	—	—	—	—	320	340	280	260	120	160	240	300	—	—	—	—	—	—
A ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	320	350	500	200	480	500	650	800

行列式中, A_i 为供应库房地, $i \in [1, 4]$, B_j 为接收的施工工地, $j \in [1, 20]$ 。采用表上作业法进行平衡计算,得到最优供应路径^[13]: A_1 负责供应工地 $B_1 \sim B_8$; A_2 负责供应工地 $B_9 \sim B_{12}$ 以及 B_{14} ; A_3 负责供应工地 B_{13} ; A_4 负责供应工地 $B_{15} \sim B_{20}$ 。

2. 施工组织优化

OTN 施工尚无施工劳动定额,因此在各工序用时分析时存在一定困难。

根据施工内容特点,将其分为 3 个阶段(即“安装阶段”“布线阶段”和“软件阶段”),调研以往 20 个站点的施工数据以测定基本工时,用于流水组织的重新规划,基本用时如表 2 所示。根据测定的基本工时结合各阶段作业特点,重新规划组织流水形式,并按照规划后的流水将原施工队伍人员进行重组,拆分成单一流水队伍,形成针对不同阶段的专业施工队伍。

表 2 内蒙古电力通信 OTN 项目施工阶段工作任务用时/天				
分类	工作任务	平台层	接入层	OLA
硬件	安装阶段	8	8	7
	布线阶段	7	6	6
软件	调试阶段	6	5	4

3. 工程队伍数量优化

从成本组成中可以看出,OTN 项目的人员工资占比(含劳务)比较高,因此人力资源的优化也应作为重点加以考虑。

首先将约束条件量化,设工程施工队伍数量为 n ,运输队伍数量为 N , T_n 为实际工期, T_s 为合同工期。通过对工程资源管理现状的分析可以得到如下约束:

- ①施工队伍数量不能超过投入机具组数,预计投入的机具可以满足 11 个施工队同时施工,即 $n \leq 11$;
- ②施工队伍数量不能超过客运车辆数,运输队伍数量不能超过货运车辆数,预计投入的车辆包含客运 9 台,货

运车辆共10台,即 $n \leq 9, N \leq 10$;③施工队伍必须保证至少有一位组长,运输队伍必须保证有一位材料员,预计投入的材料员共6位,施工组长11位,即 $n \leq 11, N \leq 6$;

最终得到 n 和 N 的范围: $n \leq 11, N \leq 6$ 。

对工程队数量进行分析还应考虑两个问题:一是材料尽可能充足,确保不窝工;二是必须满足工期约束,即 $T_s \leq 149$ 。

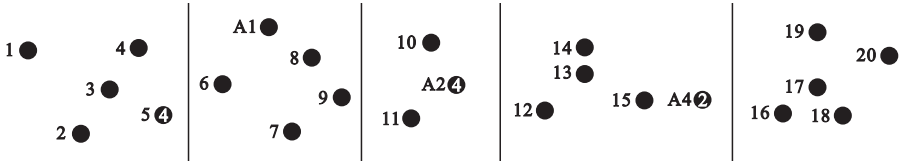


图2 “ $n=6$ ”时分组节点

根据图2,分别列出间距行列式,并通过列表法求解最小遍历,即得到最优路径^[4]。另外,因不涉及赋权与负值情况,路径可逆。以第I组为例,计算过程如下:

组I(6):

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
B_1	0	650	700	750	900
B_2	650	0	80	180	180
B_3	700	80	0	110	100
B_4	750	180	110	0	50
B_5	900	180	100	50	0

综上,可先令“ $n=6$ ”依次递减,测算合理性,逼近最优解。引入Floyd法求解工程队数量。

首先,假定“ $n=6$ ”,分组方式为6,6,6,6,5,5,用I、II、III等表示施工队伍编号。根据分组III号办事处当地有6个工地,独立成组,其余5组按照距离最近原则聚类,绘制分組节点图(见图2)。

最优路径: $B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow B_3 \rightarrow B_5 \rightarrow B_4$;

里程: $L_1 = 650 + 80 + 100 + 50 = 880$ 。

同理可知,“ $n=6$ ”时,组II(6)、组III(6)、组IV(6)、组V(5)、组VI(5),各组最优路径和里程。各组工期计算校核如表3所示。

表3中,交通按照平均60 km/h的速度,每日工作时长按照8 h取值;分项用时计算根据表2基本工时进行计算,分项用时=(安装时间+布线时间)×数量+测试时间;

表3 各组工期计算($n=6$)

组别	总数量/ 个	平台层		接入层		OLA		里程/ km	时间/ 天	总时间/ 天
		数量/个	时间/天	数量/个	时间/天	数量/个	时间/天			
1	6	3	51	3	47	0	0	880	1.83	99.83
2	5	2	36	1	19	2	30	520	1.08	86.08
3	6	4	66	1	19	1	17	150	0.31	102.31
4	6	4	66	2	33	0	0	450	0.94	99.94
5	6	5	81	1	19	0	0	930	1.94	101.94
6	5	0	0	1	19	4	56	0	0.00	75.00

总工期为各组工期的最大值(向上取整)。由表3可知,在“ $n=6$ ”情况下, $T_n = 103 < T_s = 149$,仍有工期空间可以继续优化。同理,依次分别令“ $n=5$ ”“ $n=4$ ”“ $n=3$ ”,进行工期校核,结果分别为118天、148天和超期。因此,选择4支施工队时组织结构可达到最优配置。

四、优化后收益分析

为方便对比,优化后情况采用与表1相

同形式进行呈现,分别整理优化后成本测算表和实际成本发生表。

1. 优化后成本测算

优化后成本测算值如表4所示(计算步骤略)。

2. 实际成本统计

项目按照既定优化方案,同时充分结合公司以往的成本控制经验,将整个控制过程延展到施工全过程范围内,尽量保持施工进度与成本控制进度一致。实际成本如表5所示。

表 4 优化后内蒙古电力通信 OTN 项目成本

序号	成本科目	金额/元
1	直接成本	1 366 940.39
2	分包成本合计	760 000.00
3	材料成本合计	489 940.39
4	机械设备使用成本合计	117 000.00
5	间接成本	1 422 791.05
6	现场其他直接费用成本合计	552 800.20
7	现场管理成本合计	869 990.85
8	成本合计	2 789 731.44
9	安措费用	171 510.76
10	建筑工程规费	258 412.56
11	税金	702 552.86
12	含税金成本合计	3 922 207.62

表 5 内蒙古电力通信 OTN 项目实际成本

序号	成本科目	金额/元
1	直接成本	1 222 090.00
2	分包成本合计	643 000.00
3	材料成本合计	480 149.50
4	机械设备使用成本合计	98 940.50
5	间接成本	1 412 729.50
6	现场其他直接费用成本合计	574 017.00
7	现场管理成本合计	838 712.50
8	成本合计	2 634 819.50
9	安措费用	176 650.00
10	建筑工程规费	258 412.56
11	税金	702 552.86
12	含税金成本合计	3 772 434.92

3. 效果评价

通过表 1、表 4、表 5 三表对比,对项目施工资源优化方法实施效果可作出如下评价:

①优化后的方案理论上可以达到 18% 的成本节约,主要来源为组织结构和流水优化后的人员使用的下降,说明电力通信 OTN 项目及类似工程在流程再造后确实有足够的空间可以优化成本控制;

②设备(含车辆)成本在进行物流优化后,费用同样出现大幅度下降,但由于总经济体量较小,并不能在整体成本控制上有所表现。不过,由于物流和路线的优化直接使得总工期大幅减少,而总工期的缩减是整体成本下降的重要原因之一。因此,绝不可因为直接经济表现不佳而忽略物流链优化的重要性。

③优化后的成本测算值与实际值的各项偏差基本在 3% 左右,说明优化方案具备可行性和合理性,且实施时基本与测算计划一致。可见,这种优化在此类工程中是可以推

广的。

④优化后成本测算与实际出现较大偏差的项是劳务成本与设备成本,其主要原因在于实际完工时间比优化后成本测算时间又提前了 22 天。未能预测到的工期提前很可能来自于在流程再造后各阶段在满足工程质量和安全目标条件下用时得到了不同程度的缩减,有必要对参与项目的各施工队长进行深度访谈,得到更准确的单位时间,以便其他类似工程实施优化时更加精准。

⑤现场其他直接费用成本和安措费产生了一定程度的成本扩大问题,主要原因在于项目对内蒙古地区冬季施工的时间估计不足,该工程虽主要为室内作业但仍受到了低温影响。电力通信 OTN 项目地域跨度大,因此在类似工程策划时要将各个地区的气候特点综合考虑到成本控制中,不能一概而论。

⑥材料成本出现小幅节约,是因为在施工期间出现材料价格小幅下降情况,实属特殊情况,不可用于其他类似工程推演。

五、结 论

通过对内蒙古电力通信 OTN 项目及承包单位的现状进行分析,利用现代成本控制理论与方法,提出了符合 OTN 项目施工特点的成本控制优化方法,实现了通过资源优化的方法降低内蒙古电力通信 OTN 项目施工成本的目标。得到如下结论:

(1)OTN 项目资源配置问题主要集中在人力资源管理、车辆设备管理、材料管理以及施工工艺管理等 4 个方面;

(2)从材料运输路线优化、施工流水优化以及工程队配置优化 3 个角度入手可以有效解决 OTN 项目施工资源配置问题;

(3)实证表明,优化后的方案大幅降低了项目成本,并具备可行性和可推广性。

当然,实际施工可优化的范围远不止于此,诸如技术、环境等方面都存在着一定可优化空间,仍可以进行深度研究。未来可以形成一套针对电力通信 OTN 项目成本控制的闭合的资源优化配置体系。此外,研究成本

控制问题时还应紧密联系税务、会计等相关专业,方能使总体收益达到最大。

参考文献:

- [1] 中国互联网络信息中心(CNNIC). 中国互联网络发展状况统计报告[J]. 中国科技信息, 2018(5):6-7.
- [2] 第十五届全球分析师大会. 构建万物互联的智能世界[EB/OL]. (2018-04-23)[2020-07-20]. https://www.sohu.com/a/229186056_99933868.
- [3] 赵春雨. TL集团公司电力工程项目的成本控制研究[D]. 上海:华东理工大学,2015.
- [4] 祁神军,丁烈云,骆汉宾. 建设企业集团多项目关键资源配置有效性评估[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2015,43(1):119-124.
- [5] 句秋月,常春光. 装配式建筑安全风险影响因素研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版),2019,21(4):360-364.
- [6] KERN A P, FORMOSO C T. A model for integrating cost management and production planning and control in construction[J]. Journal of financial management of property and construction,2006,11(2):47-52.
- [7] ARETOULIS G N, KALFAKAKOU G P, SERIDOU A A. Project anagers' profile influence on design and implementation of cost monitoring and control systems for construction projects[J]. International journal of information technology project management (IJITPM), 2015,6(3):1-25.
- [8] Wagman D. Construction cost control [J]. Power engineering,2008,112(9):68-70.
- [9] 张鲁航. 基于过程管理的建筑工程项目成本控制[D]. 青岛:中国海洋大学,2016.
- [10] 潘利云. 建设工程项目施工成本控制措施探讨[J]. 山西建筑,2016,42(16):230-232.
- [11] SURENDRA S, MANOJ H, MADHAV K. Impact of the construction waste on the cost of the project [J]. International journal of engineering research,2016,1(5):2319-2324.
- [12] GB50500—2013 建设工程工程量清单计价规范[S]. 北京:中国计划出版社,2013.
- [13] 钱颂迪. 运筹学[M]. 北京:清华大学出版社,2012.
- [14] 谢文丽,毛占利. 化工园区人员疏散路径模型及算法研究[J]. 消防科学与技术,2021,40(12):1775-1779.

Research on Construction Resource Optimization and Practice of Inner Mongolia OTN Project

ZHANG Duo, FENG Dongmei, QIU Kaiyi

(1. School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. School of Business Administration, Liaoning Technology University, Huludao 125105, China; 3. (Inner Mongolia) Information and Communication Technology Co., Ltd, Huhehot 010010, China)

Abstract: Optical Transport Network (OTN) construction technology is gradually transparent, which makes the project needs to improve the profit space through construction resource optimization. Taking Inner Mongolia project as an example, based on the full analysis of project constraints, the construction resource allocation problem of OTN project was solved from the perspectives of material transportation route optimization, construction flow optimization and engineering team configuration optimization. Finally, the cost control optimization method that meets characteristics of OTN project construction is proposed, expected to provide reference for similar projects.

Key words: OTN project; management of construction resources; system optimization; implementation evaluation

(责任编辑:王丽娜 英文审校:林 昊)