



大颗粒专线业务端到端造价评估

张敏锋, 周楠

(江苏省邮电规划设计院有限责任公司, 江苏 南京 210019)

摘要:随着专线业务带宽的不断提升,大颗粒专线业务端到端造价评估变得愈发重要。以大颗粒专线业务端到端承载方式和经济评价理论为依据,提出了一种造价评估模型,并辅以案例分析。该模型全面考虑了主设备、管道、光缆和机房等成本,可以准确评估大颗粒专线业务的年均总成本费用,并对运营商定价进行指导。

关键词:端到端;波分复用;年均总成本费用

中图分类号:TN913.7

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016243

End-to-end cost assessment of large particle private-wire services

ZHANG Minfeng, ZHOU Nan

Jiangsu Posts & Telecommunications Planning and Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210019, China

Abstract: With the bandwidth of private-wire going up, end-to-end cost assessment of large particle private-wire service becomes more important. Based on the end-to-end bearer form and economic evaluation theory, a cost assessment model was presented, and supplemented by case analysis. Main equipment, pipes, cables, equipment room and other costs were takes into account comprehensively. The total annual cost of large particle private-wire service can be accurately evaluated and operators' pricing can be guided.

Key words: end-to-end, WDM, total annual cost

1 引言

长期以来,国内三大运营商的电信业务收费标准均按照政府定价、政府指导价、市场价格以及成本+利润的顺序确定^[1-3]。2014年8月15日,国务院对《中华人民共和国电信条例》^[4]进行了修改,放开了电信资费定价的限制:“电信资费实行市场调节价。电信业务经营者应当统筹考虑生产经营成本、电信市场供求状况等因素,合理确定电信业务资费标准。”因此业务端到端的年均总成本费用(total annual cost, TAC)成为包括专线业务在内的电信业务市场

定价的重要依据。

近年来,随着信息通信技术的发展,引发了全球数据业务的急剧增长,专线业务的带宽需求也由 2 Mbit/s、多个 2 Mbit/s 捆绑逐渐发展到吉比特、万兆甚至 100 Gbit/s 颗粒度。以江苏某运营商为例,自 2010 年首次出现 10 Gbit/s 颗粒度的专线业务需求以来,已经承接了百度、阿里巴巴、省公安厅、苹果等大客户从数十 Gbit/s 到数百 Gbit/s 不等的电路需求。这些需求均通过租用运营商 10 bit/s/100 bit/s 波分电路(两端交换机/路由器租用或自建)来解决。在业务端到端造价评估方面,国内仅对中小颗粒的专线和宽带

业务的定价策略有过一些研究^[5,6],但更多的是从市场营销的角度进行分析,并没有对业务端到端成本展开论述。国外对 WDM 网络及 IP+WDM 网络的成本做过定量研究^[7,8],但也仅结合网络结构对主设备成本进行了建模分析,忽略了管道、光缆、机房等基础设施的成本以及经营维护的分摊成本,无法全面反映真实造价。

针对这些问题,本文分析了大颗粒专线业务承载方式的组成,对涉及业务开通的主设备、光缆、机房、经营维护等全部资源进行建模,全方位地评估端到端造价,可以更好地为运营商前端市场定价提供依据。

2 评估思路 and 依据

造价评估模型如图 1 所示。开通一条大颗粒专线业务不仅需要投入波分、路由器等设备板卡,还需要投入管道光缆资源、机房空间和电源等配套资源,这些成本组成了单条专线电路的综合建设成本(即固定资产投资费用)。

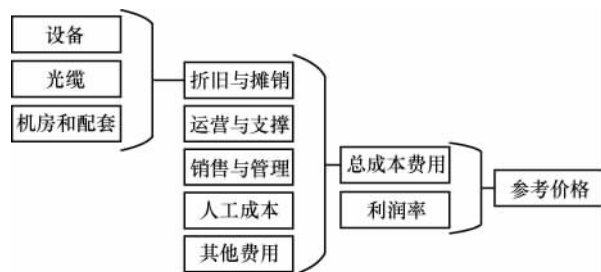


图 1 端到端波分电路造价模型

根据国家发展和改革委员会(以下简称国家发展改革委)和国家建设部联合颁布的《建设项目经济评价方法与参数》^[9],当期的设备和工程投资、前期投入的光纤光缆、机房和配套均应计入固定资产原值,并且在运营期内按月(或年)计提折旧。在财务分析中,按生产要素法估算总成本费用时,固定资产折旧可直接列支于总成本费用。根据

2015 年中国联通^[1]、中国电信^[2]和中国移动^[3]的年报,固定资产均采用年限平均法,净残值率为 3%~5%,房屋建筑物的折旧年限为 10~30 年,通信设备的折旧年限为 5~10 年,办公设备其他的折旧年限为 5~10 年。以此为依据即可计算出大颗粒专线业务所需固定资产投资的年折旧费。

由于运营商的年折旧费用占总成本费用的比例较为固定,故可通过查阅年报,推导出该电路的年均总成本费用。最后考虑一定的利润率,得到大颗粒专线业务的年均/月均参考价格。由于利润率随市场因素变化较大,本文仅考虑年均总成本费用。

3 端到端波分电路造价评估

对于端到端波分电路来说,其固定资产总投资由波分主设备投资、光缆分摊投资、机房分摊投资等组成。波分系统可以分为端站(OTM 站)、中继站(REG 站)和光放站(OA 站)。其中,OTM 站和 REG 站又可分为电层部分和光层部分(含公共板件)^[10]。电层部分即光波长转换器 OTU,每新增 1 条波分电路即需要新增相应的 OTU 板卡,OTM 站的 OTU 用于把业务信号转换为固定波长的光信号在光层传输,REG 站的 OTU 用于信号再生,光层部分(含 OA 站)用于光信号传输,需要在波分系统建设初级一次性建设完成。波分系统结构划分如图 2 所示。

根据与传输距离的关系,波分电路总投资可分为固定投资、可变投资和半可变投资 3 部分。OTM 站投资属于固定投资,与传输距离无关,只与系统数量有关,每次新建系统都需要支付这笔费用。REG 站和 OA 站是半可变投资,既不随传输距离成本正比增加,也不是固定不变的,而是当传输距离每增加一定距离,就需增加一个 OA/REG 站投资,在城域范围内一般不需要 OA/REG 站。光缆分摊投资是与传输距离成正比的可变投资。

3.1 建模

以 10 Gbit/s 波分电路为例,测算步骤如下所示。

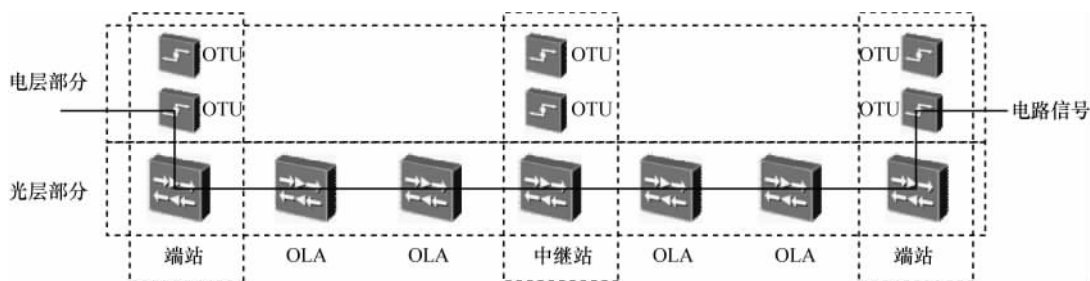


图 2 波分系统结构划分



(1) WDM/OTN 的设备成本的计算

具体参数设置如下:令 P 为 WDM 平台系数,80 波 WDM/OTN 的平台系数 $P=80$; S 为速率系数,为一条波道中包含的 10 Gbit/s 电路的数量,即:

$$S = \begin{cases} 1, & 10 \text{ Gbit/s 波道} \\ 4, & 40 \text{ Gbit/s 波道} \\ 10, & 100 \text{ Gbit/s 波道} \end{cases} \quad (1)$$

令 L 为 10 Gbit/s 电路的距离,单位为 km。 L_{REG} 为平均中继距离,一般取 $L_{\text{REG}}=800$ km,可根据实际情况调整。 L_{OA} 为平均光放站距离,一般取 $L_{\text{OA}}=70$ km,可根据实际情况调整。 $\text{floor}(x-1\%,1)$ 表示当 x 为整数时,返回 $x-1$;当 x 为非整数时,返回 x 的整数部分(Excel 公式)。按照光层和电层划分, C_{WDM} =单位 10 Gbit/s 光层建设成本+单位 10 Gbit/s 电层建设成本,分别表示为:

$$\text{单位 10 Gbit/s 光层建设成本} = \frac{\text{系统光层建设成本}}{P \times S} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{单位 10 Gbit/s 电层建设成本} &= \frac{\text{端站 OTU 建设成本}}{S} + \\ &\frac{\text{中继站 OTU 建设成本}}{S} \times \text{floor}\left(\frac{L}{L_{\text{REG}}} - 1\%, 1\right) \end{aligned} \quad (3)$$

其中,建设成本均为包含设计、施工等费用的综合造价。现阶段承载 10 Gbit/s 电路的波分系统可能为 10 Gbit/s 系统、40 Gbit/s 系统或者 100 Gbit/s 系统,其对应的 OTU 建设成本除以波分速率系数,即可得到单条 10 Gbit/s 子波道的建设成本。根据工程经验,光层建设成本(含公共板件)约为系统电层 80 波满配时的 5%,工程造价约为主设备采购价格的 1.3 倍。

(2) 光缆分摊费用的计算

具体参数设置如下: p_1 为架空光缆占路径光缆总长的比例, CF_1 为架空光缆每纤芯公里价格; p_2 为直埋光缆占路径光缆总长的比例, CF_2 为直埋光缆每纤芯公里价格; p_3 为管道光缆占路径光缆总长的比例, CF_3 为管道光缆每纤芯公里价格; l 为光缆的平均纤芯利用率; l_p 为线路保护系数,当使用 OLP 保护时, $l_p=2$;每条波分链路需占用 2 芯,则平均 10 Gbit/s 电路的光缆成本 C_{fiber} 为:

$$C_{\text{fiber}} = \frac{2 \times (p_1 \cdot CF_1 + p_2 \cdot CF_2 + p_3 \cdot CF_3) \times L \times l_p}{l \times P \times S} \quad (4)$$

(3) 机房分摊费用的计算

具体参数设置如下:令 y_1 为 OTM/REG 站点单机架(600 mm×300 mm)的平均综合成本(含土建、配套),可根据实际情况调整;平均单站点单方向满配机架数为 5 架;

y_2 为 OA 站单机架(600 mm×300 mm)的平均综合成本(含土建、配套),可根据实际情况调整;单个 OA 站点仅需一个机架。则:

$$C_{\text{JF}} = \text{单位 10 Gbit/s 端站机房建设成本} + \text{单位 10 Gbit/s 中继机房建设成本} + \text{单位 10 Gbit/s 光放机房建设成本} \quad (5)$$

其中:

$$\text{单位 10 Gbit/s 端站机房建设成本} = \frac{2 \times 5 \times y_1}{P \times S} \quad (6)$$

$$\text{单位 10 Gbit/s 中继站机房建设成本} = \frac{1 \times 5 \times y_1}{P \times S} \times$$

$$\text{floor}\left(\frac{L}{L_{\text{REG}}} - 1\%, 1\right) \quad (7)$$

$$\text{单位 10 Gbit/s 光放机房建设成本} = \frac{1 \times y_2}{P \times S} \times$$

$$\left[\text{floor}\left(\frac{L}{L_{\text{OA}}} - 1\%, 1\right) - \text{floor}\left(\frac{L}{L_{\text{REG}}} - 1\%, 1\right)\right] \quad (8)$$

(4) 平均每条 10 Gbit/s 波分电路年均建设成本的计算

考虑到波分设备、光缆和机房有不同的寿命周期,折旧年限也不相同。此处考虑波分设备的折旧年限为 D_{WDM} 年,光缆的折旧年限为 D_{fiber} 年,机房的折旧年限为 D_{JF} 年,假设净残值率均为 u_{res} ,折旧年限可根据实际情况调整,同时考虑电路的冗余比例,则:

$$\text{单条 10 Gbit/s 电路年均建设成本 } C_{\text{GD}} =$$

$$\left(\frac{C_{\text{WDM}}}{D_{\text{WDM}}} + \frac{C_{\text{fiber}}}{D_{\text{fiber}}} + \frac{C_{\text{JF}}}{D_{\text{JF}}} \right) \times (1 - u_{\text{res}}) \times r \quad (9)$$

其中, r 为电路冗余比例。

(5) 平均每条 10 Gbit/s 电路年均总成本费用的计算

令 α 为年均建设成本(固定资产费用)占年均总成本费用的比例,则最终评估出的 10 Gbit/s 电路年均总成本费用为:

$$C_{\text{TAC}} = \frac{C_{\text{GD}}}{\alpha} \quad (10)$$

同理可以得出 1 Gbit/s、2.5 Gbit/s、40 Gbit/s、100 Gbit/s 等不同速率电路的年均总成本费用。

3.2 案例 1

以国内某运营商为例,大客户 A 的需求为北京—上海的 10 Gbit/s WAN 电路,全程使用某运营商的一级干线波分系统承载。北京至上海的光缆距离约为 1 300 皮长公里,需在徐州中继一次,光放站约有 17 个。

近年某运营商的大部分波分建设工程均为 100 Gbit/s 波分系统,故取 $s=10$ 。根据 2015 年 100 Gbit/s 波分集采价格,单位 10 Gbit/s 波分电路的建设成本=单位 10 Gbit/s 电层建设成本+单位 10 Gbit/s 光层建设成本= $((15 \times 2 + 12.4 \times 2 +$

$15 \times 2) / 10 + (15 \times 2 + 12.4 \times 2 + 15 \times 2) / (10 \times 5\%) \times 1.3 = 11.58$ 万元。

架空光缆平均造价为 0.05 万元/纤芯公里,直埋光缆平均造价为 0.15 万元/纤芯公里,管道光缆平均造价为 0.18 万元/纤芯公里,使用 OLP 保护,架空光缆和直埋光缆互为主备,仅有少量市区入局使用管道光缆,平均纤芯利用率为 55%。则单位 10 Gbit/s 波分电路的光缆分摊成本约为 $2 \times (0.05 + 0.15) \times 1300 \times 2 / 55\% / 80 / 10 = 2.36$ 万元。OTM 站(北京和上海)以及 REG 站(徐州)的单机架综合成本较高,可取 $y_1 = 4$ 万元/架,沿途 OA 站综合成本较低,取 $y_2 = 0.8$ 万元/架,则机房分摊成本为 $2 \times 5 \times 4 / 80 / 10 \times 1.5 + 0.8 / 80 / 10 \times 17 = 0.09$ 万元。

根据工程经验,波分设备的折旧年限为 5 年,光缆的折旧年限为 10 年,通信机房的折旧年限为 30 年,净残值率均为 5%,则单条 10 Gbit/s 波分电路的年折旧费为 $(11.58 / 5 + 2.36 / 10 + 0.09 / 30) \times 0.95 \times 1 = 2.43$ 万元。根据国内某运营商的年报,年折旧费占总成本费用的比例约为 35.3%,则该条电路的年均总成本费用为 $2.43 / 35.3\% = 6.80$ 万元。如果使用原有造价估算方法,仅考虑主设备的造价,则年均总成本费用仅为 $11.58 / 5 \times 0.95 / 35.3\% = 6.23$ 万元,与本模型相差 9.10%。

3.3 案例 2

假设大客户 B 的需求为南京市 Y 点到 Z 点的 100 Gbit/s 电路,全程使用某运营商的城域波分系统承载,取 $S=1$ 。根据 2015 年 100GE 波分集采价格,单位 100 Gbit/s 波分电路的建设成本为 $((15 \times 2 + 12 \times 2) + (15 \times 2 + 12 \times 2) \times 5\%) \times 1.3 = 73.71$ 万元。

南京市的光缆均为管道光缆,Y 点到 Z 点距离为 40 km,平均造价为 0.18 万元/纤芯公里,无保护,平均纤芯利用率为 0.45%。则单位 100 Gbit/s 波分电路的光缆分摊成本为 $0.18 \times 40 \times 2 / 0.45 / 80 = 0.4$ 万元。2 个 OTM 站单机架综合成本可取 $y_1 = 4$ 万元/架,则机房分摊成本为 $2 \times 5 \times 4 / 80 = 0.5$ 万元。单条 100 Gbit/s 波分电路的年折旧费为 $(73.71 / 5 + 0.4 / 10 + 0.5 / 30) \times 0.95 \times 1 = 14.06$ 万元。年总成本费用为 $14.06 / 35.3\% = 39.83$ 万元。如果使用原有造价估算方法,仅考虑主设备的造价,则年均总成本费用为 $73.71 / 5 \times 0.95 / 35.3\% = 39.67$ 万元,与本模型相差 0.39%。

3.4 案例对比分析

虽然两个案例中大颗粒专线电路的带宽不同,但由于波分线路侧均为 100 Gbit/s 速率,模型中也考虑了速率系数 S ,故两个案例是可比的。案例 1 和案例 2 最主要

的区别在于客户两端的距离不同,这使得案例 1 中光缆的分摊成本占总成本的比例相对于案例 2 大大增加。所以如果大颗粒专线业务两端节点处于同城或距离较近时,本模型的优势不大。但在实际应用中,大部分客户提出的大颗粒专线业务均为跨地市或跨省的长途电路,用于长途业务传输或备灾,本模型由于考虑了管道和光缆的分摊成本,相对于原有的估算方法在精确度上有较大提升。

4 IP+WDM 端到端综合造价建模评估

大颗粒专线业务在接入运营商网络时往往要通过 IP 设备起二层或三层协议或进行汇聚,这种场景下运营商就需要对 IP 设备端到端之间的电路造价进行评估,WDM 电路造价仅作为其组成部分。当 IP 设备属于运营商时,默认 IP 设备与波分设备同机房。继续以等效 10 Gbit/s 电路为例,同样需要考虑 IP 设备及板卡的分摊成本以及 IP 设备所在机房的分摊成本。同时,若业务需求在城域范围内且数量不太多的情况下,IP 设备之间可以光纤直驱,节省 WDM 部分的成本,从而降低端到端电路总造价。若超过一定的距离,则通过波分承载更具有成本优势。故在进行造价协同分析时,需要找出合适的距离阈值,确定 IP 电路的端到端承载是否需要通过波分网络。

4.1 建模

具体地,可在等效 10 Gbit/s WDM 端到端波分电路造价评估的基础上进行计算。令 IP 设备每台满配可承载 N 条等效 10 Gbit/s 电路;机框及公共板卡造价为 g_0 ;下行端口及光模块的价格为 g_F ,上行端口及光模块(10 km)的价格为 $g_{\pm 10}$,上行端口及光模块(40 km)的价格为 $g_{\pm 40}$,则两端 IP 设备价格为:

$$C_{IP} = \begin{cases} 2 \times \frac{g_0}{N} + 2 \times \frac{g_{\pm 10}}{S} + 2 \times g_F, & L \leq 10 \text{ km} \\ 2 \times \frac{g_0}{N} + 2 \times \frac{g_{\pm 40}}{S} + 2 \times g_F, & 10 \text{ km} < L \leq 40 \text{ km} \end{cases} \quad (11)$$

通过裸纤承载数据电路的光缆价格为:

$$C'_{\text{fiber}} = \begin{cases} 2 \times (p_1 \cdot CF_1 + p_2 \cdot CF_2 + p_3 \cdot CF_3) \times L / l, & L \leq 10 \text{ km} \\ 2 \times (p_1 \cdot CF_1 + p_2 \cdot CF_2 + p_3 \cdot CF_3) \times L / l, & 10 \text{ km} < L \leq 40 \text{ km} \end{cases} \quad (12)$$

令 y_3 为 IP 设备机架(600 mm×800 mm)的平均综合成本(含土建、配套),可根据实际情况调整,则:

$$C'_{\text{IF}} = \frac{2 \times y_3}{N} \quad (13)$$



考虑 IP 设备的折旧年限为 D_{IP} 年, 光缆的折旧年限为 D_{fiber} 年, 机房的折旧年限为 D_{JF} 年, 假设净残值率均为 u_{ns} , 折旧年限可根据实际情况调整, 同时考虑电路的冗余比例, 则在裸纤承载的情况下, 等效 10 Gbit/s 电路的年均建设成本为:

$$C_{IX} = \left(\frac{C_{IP}}{D_{IP}} + \frac{C'_{fiber}}{D_{fiber}} + \frac{C'_{JF}}{D_{JF}} \right) \times (1 - u_{ns}) \times r \quad (13)$$

在 WDM 承载的情况下, 等效 10 Gbit/s 电路的年均建设成本为:

$$C_{IP-WDM} = \left(\frac{C_{IP}}{D_{IP}} + \frac{C_{WDM}}{D_{WDM}} + \frac{C_{fiber}}{D_{fiber}} + \frac{C_{JF} + C'_{JF}}{D_{JF}} \right) \times (1 - u_{ns}) \times r \quad (14)$$

考虑到 C_{IX} 和 C_{IP-WDM} 都是电路距离变量 L 的函数, 可令 $C_{IX} = C_{IP-WDM}$, 求出阈值 L' , 当 $L \leq L'$ 时, 可选择裸纤承载方式; 当 $L > L'$ 时, 可选择 WDM 承载方式。根据工程经验, 对于 10 Gbit/s 电路, $L' \approx 15$ km。最后可以求出 IP 电路端到端年均总成本费用为:

$$C'_{TAC} = \begin{cases} \frac{C_{IX}}{\alpha}, & L \leq L' \\ \frac{C_{IP-WDM}}{\alpha}, & L > L' \end{cases} \quad (15)$$

4.2 案例 3

场景同案例 1, 但业务两端租用运营商路由器, 同时距离大于 15 km, 需使用 IP+WDM 的方式进行承载。按照某运营商 IP 设备集采价格, 两端 IP 设备的建设成本为 $2 \times 3 = 6$ 万元。则单位 10 Gbit/s 电路的建设成本为 $11.58 + 6 = 17.58$ 万元。IP 设备机架的机房综合建设成本为 10 万元/架, 则单位 10 Gbit/s 电路的机房分摊成本为 $0.09 + 2 \times 10 / 4\,000 = 0.10$ 万元。IP 设备的折旧年限同波分设备相同, 则单条 10 Gbit/s 电路的年平均建设成本为 $(17.58 / 5 + 2.36 / 10 + 0.10 / 30) \times 0.95 \times 1 = 3.57$ 万元。

根据国内某运营商的年报, 年均建设成本 (折旧费) 占总成本费用的比例约为 35.3%, 10 Gbit/s 电路年均总成本费用为 $3.57 / 35.3\% = 10.11$ 万元。如果使用原有造价估算方法, 仅考虑主设备的造价, 则年均总成本费用为 $17.58 / 5 \times 0.95 / 35.3\% = 9.46$ 万元, 与本模型相差 6.85%。

案例 3 相对于案例 1 的唯一区别在于客户两端增加了路由器, 这使得案例 3 中主设备的分摊成本有一定增加, 造成了本模型相对于原有估算方法相差比率的不同差异。但由于业务两端节点距离较远, 本模型在造价估算精确度上仍有较大优势。

5 结束语

通过分析大颗粒专线业务承载方式的组成, 在业务端到端造价评估模型中全面考虑了主设备、管道、光缆和机房等成本。随着主设备集采价格的不断降低, 人工成本、赔付费用和土地价格的不断增加, 未来管道、光缆和机房等基础设施的分摊成本在总成本的比重将不断增加, 这些因素将不容忽视。在 2015 年 3 月 5 日第十二届全国人民代表大会第三次会议开幕会上, 国务院总理李克强在政府工作报告中提出“互联网+”行动计划, 可以预计未来大颗粒专线业务的增长将日益迅猛。因此, 本文提出的大颗粒业务端到端造价评估模型可成为运营商市场定价的依据和组成部分, 具有一定指导意义。

参考文献:

- [1] 中国联合网络通信股份有限公司 2015 年年报 [EB/OL]. [2016-04-01]. http://www.chinaunicom-a.com/PDF/unicom2016_0316181637.pdf
China United Network Communications Co., Ltd. 2015 annual report [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.chinaunicom-a.com/PDF/unicom20160316181637.pdf>
- [2] 中国电信股份有限公司 2015 年年报 [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.chinatelecom-h.com/sc/ir/report/annual2015.pdf>.
China Telecom Co., Ltd. 2015 annual report [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.chinatelecom-h.com/sc/ir/report/annual2015.pdf>.
- [3] 中国移动通信股份有限公司 2015 年年报 [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.chinamobileltd.com/sc/ir/reports/ar2015.pdf>
China Mobile Communications Co., Ltd. 2015 annual report [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.chinamobileltd.com/sc/ir/reports/ar2015.pdf>
- [4] 中华人民共和国电信条例 [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11294912/n11296257/16519133.html>.
The telecommunication regulations of the People's Republic of China [EB/OL]. [2016-04-01]. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11294912/n11296257/16519133.html>.
- [5] 孙敏泉. 广东联通粤港国际专线定价因素与对策分析 [D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
SUN M Q. Guangdong unicom guangdong international line pricing factors and countermeasures of analysis [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.
- [6] 陈淑栋. 日照电信宽带业务市场营销策略研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2009.
CHEN S D. Rizhao telecom broadband market marketing strategy research [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2009.

- [7] GUNKEL M, LEPPLA R, WADE M, et al. A cost model for the WDM layer[C]//International Conference on Photonics in Switching, October 9–12, 2006, Greece. New Jersey: IEEE Press, 2006: 1-6.
- [8] DEY S K, ADHYA A. IP-over-WDM network design methodology to improve efficiency in overall expenditure due to cost and energy consumption[J]. Journal of Optical Communications & Networking, 2015, 7(6): 563-577.
- [9] 国家计划委员会. 建设项目经济评价方法与参数 [M]. 北京: 中国计划出版社, 1993.
State Planning Commission. Construct project economy appraising method and parameter [M]. Beijing: China Planning Press, 1993.
- [10] 王健, 魏贤虎, 易准, 等. 光传送网 OTN 技术、设备及工程应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2016.
WANG J, WEI X H, YI Z, et al. Technology, equipment and engineering applications of optical transport network(OTN)[M].

Beijing: Posts & Telecom Press, 2016.

[作者简介]



张敏锋(1972–),男,江苏省邮电规划设计院有限责任公司网络通信规划设计院院长、高级工程师,主要从事光通信相关咨询设计工作。



周楠(1984–),男,江苏省邮电规划设计院有限责任公司专业负责人、中级工程师、造价工程师,主要从事光通信相关咨询设计工作。