

文章编号: 1001 - 893X(2012)11 - 1805 - 05

多路光信号功率分配与设计新方法*

赵长水

(陕西理工学院 物理与电信工程学院, 陕西 汉中 723003)

摘要:提出了一种基于规格型光二分路器的多路光功率分配方法,将多路分光比的设计及其分路器的制作转化为用各种规格型号的光二分路器的组合实现多路光功率的合理分配。给出了一种新的光二分路器规格表,并通过具体实例详细介绍了这种多路光功率分配的方法和过程。事实证明,该方法具有简单、易行、网络成本造价低、利于网络器件的备用和维修的优点。

关键词:光网络构建;光二分路器;规格型号;组合结构;光纤长度差值;等效光纤长度

中图分类号: TN925 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-893x.2012.11.020

A New Method for Distribution and Design of Multi-path Optical Signal Power

ZHAO Chang-shui

(School of Physics and Telecommunication Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723003, China)

Abstract: A method of multi-path optical power distribution based on normalized two-output optical distributor is presented in this paper. It changes design of multi-path optical division ratio and making of optical distributor into combining multiple normalized two-output optical distributor for multi-path optical power distribution. A new specification table of two-output optical distributor is provided, and the method and procedure of multi-path optical power distribution are introduced by examples in detail. This method is proved right and simple, the network is low-cost, backup and maintainence are advantageous.

Key words: optical network construction; two-output optical distributor; specifications and models; combinatorial structures; optical fiber length difference; equivalent optical fiber length

1 引言

在光网络的构建与设计,需要通过光分路器将光信号功率合理的分配给不同的光路。为了保证到每个光节点的信号电平相等,通常是根据各光路实际损耗情况,计算出各光路所需的分光比,然后由制造商特制生产专用的光分路器^[1-4],其最大缺点是成本造价高,又没有通用性^[5-6]。事实上,由于各

种偏差,各光节点实际电平是不可能相等的^[7],只能说尽可能地相近一些。鉴于目前光接收机输入功率电平的动态范围比较宽^[8-9],没有必要要求各光节点信号电平绝对相等,而且也做不到,各光节点电平只要在一定的允许范围内就行。因此,有必要将光分路器做成不同型号和规格的产品。但是,光分路器的规格化不是一件简单的事情,光二分路器的规格化相对容易一些,而多路分光器由于情况复杂很难进行规格化设计,尽管之前笔者提出将光分路器

* 收稿日期:2012-04-26;修回日期:2012-06-01

基金项目:陕西省教育厅专项科研计划项目(11JK0930);陕西省科技厅基础研究项目(2011JM1016)

Foundation Item: The Natural Scientific Research Foundation of Educational Office in Shaanxi Province(11JK0930); The Natural Science Basic Research Plan of Shaanxi Province(2011JM1016)

按光均分器和光阶分器两种类型进行规格化^[5-6],但在实际网络构建与设计时,如何选择并合理搭配不同型号和规格的光分路器件,需要一定的智慧和技巧,使用起来有相当的难度,有时往往很难如愿以偿。为此,本文提出一种基于规格化光二分路器的多路分光比的设计理念 and 思路。也就是说,光分路器只对二分路器进行规格化,其规格的细化程度尽可能高一些,换言之,就是规格型号多一些。而多路分光器不做规格化,实际应用中,可以由各种规格的光二分路器组合而成。本文所说的规格型光二分路器,不是常规体系中的光二分路器,而是一种新的规格体系。事实证明,和通常惯用的特制型光分路器分配相比,这种基于新的规格型光二分路器的多路信号光功率分配方法,具有如下三个明显的优点:首先没有专用器件的特制费用,而规格型器件价格很低,所以大大地降低了网络成本造价;其次是规格型器件具有通用性,便与维修和备份;第三,采用新的规格型光二分路器组合形式,很容易实现多路光信号功率分配,更重要的是能确保每个光节点电平的变化都在相同的允许范围内,这是采用一般规格型光二分路器无法实现的。

2 光二分路器规格体系

光二分路器的规格体系至关重要,通常直接按

分光比等量递变划定规格型号的体系存在一定的问题,因此提出了按分光比非等量递变划定规格型号,并给出了一种新的光二分路器规格体系。这种规格体系不是以分光比为直接参量,而是以两路光纤长度的差值为直接参量来划定规格型号^[10]。选择规格型号时不用计算实际所需分光比,直接按两路光纤长度差值选择合适的规格型号,非常实用和方便,其分光比只是一个间接参量。在这种体系的规格表中,相邻规格型号的直接参量与间接参量都不是等量均匀递变的,不同规格型号的适用范围和带宽都不相同,正是这些不同,才保证了光节点电平都能在相同的允许范围内。表1就是按照这种规格体系设计出来的一种规格表,光节点电平允许变化量为 $\Delta P = \pm 0.2$ dB,该值越小,则规格表的细化程度越高,规格型号也就越多。 ΔL_{1310g} 和 $\Delta L_{1310\sim}$ 分别表示1310 nm波长的两路光纤长度差值的规格值与适用范围值, ΔL_{1550g} 和 $\Delta L_{1550\sim}$ 分别表示1550 nm波长的两路光纤长度差值的规格值与适用范围值,都是直接参量。 K_1 和 K_2 分别表示两路分光比规格值,是间接参量,通常可以不去关心它。 $K_2 \geq K_1$,即 K_1 和 K_2 分别为分光比低端和高端规格值。 $L_{F2-1310}$ 和 $L_{F2-1550}$ 分别表示较长光纤 L_2 (设定 L_2 为较长光纤, L_1 为较短光纤,即 $\Delta L = L_2 - L_1 \geq 0$)在1310 nm和1550 nm波长时,分光损耗所等效的光纤长度。

表1 一种新的光二分路器规格表 $\Delta P = \pm 0.2$ dB
Table 1 A new specification table of two-output optical distributor $\Delta P = \pm 0.2$ dB

规格 型号	ΔL_{1310g} /km	$\Delta L_{1310\sim}$ /km	ΔL_{1550g} /km	$\Delta L_{1550\sim}$ /km	$K_1/\%$	$K_2/\%$	$L_{F2-1310}$ /km	$L_{F2-1550}$ /km
F2-0	0.000	0.000 ~ 0.978	0.000	0.000 ~ 1.565	50.0	50.0	7.526	12.041
F2-1	1.916	0.978 ~ 2.818	3.065	1.565 ~ 4.508	45.6	54.4	6.610	10.576
F2-2	3.688	2.818 ~ 4.530	5.901	4.508 ~ 7.249	41.6	58.4	5.838	9.340
F2-3	5.347	4.530 ~ 6.142	8.557	7.249 ~ 9.828	37.9	62.1	5.178	8.284
F2-4	6.916	6.142 ~ 7.671	11.066	9.828 ~ 12.275	34.6	65.4	4.610	7.375
F2-5	8.409	7.671 ~ 9.132	13.456	12.275 ~ 14.613	31.5	68.5	4.116	6.585
F2-6	9.841	9.132 ~ 10.537	15.747	14.613 ~ 16.860	28.8	71.2	3.684	5.894
F2-7	11.221	10.537 ~ 11.893	17.954	16.860 ~ 19.030	26.2	73.8	3.305	5.287
F2-8	12.555	11.893 ~ 13.208	20.089	19.030 ~ 21.133	23.9	76.1	2.970	4.752
F2-9	13.852	13.208 ~ 14.487	22.163	21.133 ~ 23.180	21.8	78.2	2.673	4.278
F2-10	15.115	14.487 ~ 15.736	24.185	23.180 ~ 25.178	19.9	80.1	2.410	3.856
F2-11	16.350	15.736 ~ 16.958	26.160	25.178 ~ 27.132	18.2	81.8	2.175	3.480
F2-12	17.560	16.958 ~ 18.156	28.095	27.132 ~ 29.049	16.5	83.5	1.965	3.145
F2-13	18.747	18.156 ~ 19.334	29.995	29.049 ~ 30.934	15.1	84.9	1.777	2.844
F2-14	19.916	19.334 ~ 20.494	31.865	30.934 ~ 32.789	13.8	86.2	1.609	2.574
F2-15	21.068	20.494 ~ 21.638	33.707	32.789 ~ 34.619	12.6	87.4	1.457	2.332

续表

规格型号	ΔL_{1310g} /km	ΔL_{1310-} /km	ΔL_{1550g} /km	ΔL_{1550-} /km	$K_1/\%$	$K_2/\%$	$L_{F2-1310}$ /km	$L_{F2-1550}$ /km
F2-16	22.204	21.638 ~ 22.767	35.525	34.619 ~ 36.426	11.4	88.6	1.321	2.114
F2-17	23.327	22.767 ~ 23.884	37.322	36.426 ~ 38.213	10.4	89.6	1.198	1.917
F2-18	24.438	23.884 ~ 24.989	39.099	38.213 ~ 39.981	9.5	90.5	1.087	1.739
F2-19	25.538	24.989 ~ 26.084	40.859	39.981 ~ 41.733	8.7	91.3	0.987	1.579
F2-20	26.628	26.084 ~ 27.170	42.604	41.733 ~ 43.471	7.9	92.1	0.896	1.434
F2-21	27.710	27.170 ~ 28.248	44.335	43.471 ~ 45.196	7.2	92.8	0.815	1.303
F2-22	28.784	28.248 ~ 29.318	46.054	45.196 ~ 46.909	6.6	93.4	0.740	1.185
F2-23	29.851	29.318 ~ 30.382	47.761	46.909 ~ 48.611	6.0	94.0	0.673	1.077
F2-24	30.912	30.382 ~ 31.440	49.458	48.611 ~ 50.303	5.5	94.5	0.612	0.980
F2-25	31.967	31.440 ~ 32.493	51.146	50.303 ~ 51.987	5.0	95.0	0.557	0.891

3 多路光功率分配

下面利用表 1 并通过具体实例介绍如何用不同规格型号的光二分路器的组合来完成多路光功率的分配。

3.1 三路组合结构

已知 1 310 nm 波长三路光纤长度分别为 $L_1 = 3.6$ km, $L_2 = 9.2$ km, $L_3 = 22.8$ km。组合设计方案可以有 3 种,分述如下。

方案一:由光节点 1 和 2(即光路 L_1 和 L_2)组成第一光二分路器单元 A,再和节点 3(即光路 L_3)组成第二光二分路器单元 B,如图 1 所示。

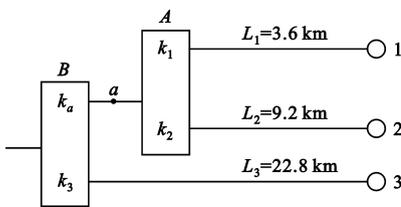


图 1 三路组合设计图 1
Fig.1 Three-way design plan 1

(1)确定单元 A 规格型号

$\Delta L_{2-1} = L_2 - L_1 = 5.6$ km,由表 1 单元 A 应选 F2-3,则 $K_1 = 37.9\%$, $K_2 = 62.1\%$ 。

(2)求 a 点后等效光纤长度 L_a

由表 1 分光损耗 $F_2 = -\lg k_2$ 等效的光纤长度为 $L_{F2} = 5.178$ km,则 $L_a = L_2 + L_{F2} = 14.378$ km。

(3)确定单元 B 规格型号

$\Delta L_{3-a} = L_3 - L_a = 8.422$ km,由表 1 单元 B 应选 F2-5,则 $K_a = 31.5\%$, $K_3 = 68.5\%$ 。

方案二:由光节点 2 和 3 组成第一光二分路器单元 A,再和节点 1 组成第二光二分路器单元 B,如图 2 所示。

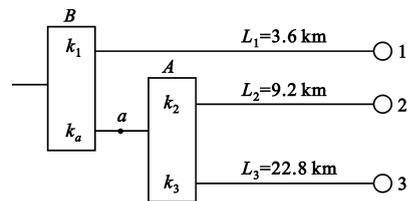


图 2 三路组合设计图 2
Fig.2 Three-way design plan 2

(1)确定单元 A 规格型号

$\Delta L_{3-2} = L_3 - L_2 = 13.6$ km,由表 1 单元 A 应选 F2-9,则 $K_2 = 21.8\%$, $K_3 = 78.2\%$ 。

(2)求 a 点后等效光纤长度 L_a

由表 1 分光损耗 $F_3 = -\lg k_3$ 等效的光纤长度为 $L_{F3} = 2.673$ km,则 $L_a = L_3 + L_{F3} = 25.473$ km。

(3)确定单元 B 规格型号

$\Delta L_{a-1} = L_a - L_1 = 21.873$ km,由表 1 单元 B 应选 F2-16,则 $K_1 = 11.4\%$, $K_a = 88.6\%$ 。

方案三:由光节点 1 和 3 组成第一光二分路器单元 A,再和节点 2 组成第二光二分路器单元 B,如图 3 所示。

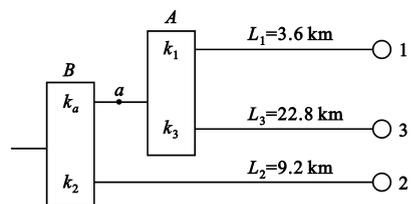


图 3 三路组合设计图 3
Fig.2 Three-way design plan 3

(1)确定单元 A 规格型号

$\Delta L_{3-1} = L_3 - L_1 = 19.2 \text{ km}$,由表 1 单元 A 应选 F2-13,则 $K_1 = 15.1\%$, $K_3 = 84.9\%$ 。

(2)求 a 点后等效光纤长度 L_a

由表 1 分光损耗 $F_3 = -\lg k_3$ 等效的光纤长度为 $L_{F3} = 1.777 \text{ km}$,则 $L_a = L_3 + L_{F3} = 24.577 \text{ km}$ 。

(3)确定单元 B 规格型号

$\Delta L_{a-2} = L_a - L_2 = 15.377 \text{ km}$,由表 1 单元 B 应选 F2-10, $K_2 = 19.9\%$, $K_a = 80.1\%$ 。

3.2 四路组合结构

已知 1 550 nm 波长四路光纤长度分别为 $L_1 = 6.8 \text{ km}$, $L_2 = 10.5 \text{ km}$, $L_3 = 18.2 \text{ km}$, $L_4 = 127.6 \text{ km}$ 。可以有多种组合结构设计方案,图 4 和图 5 是其中两种组合结构,分述如下。

方案一:由光节点 1 和 2 组成第一光二分路器单元 A,光节点 3 和 4 组成第二光二分路器单元 B,再由单元 A 和单元 B 构成第三光二分路器单元 C,如图 4 所示。

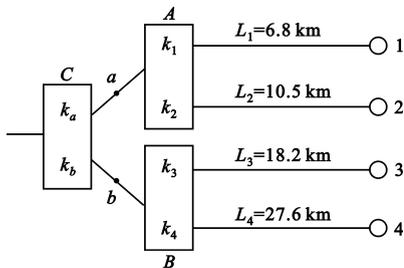


图 4 四路组合设计图 1
Fig.4 Four-way design plan 1

(1)确定单元 A 规格型号

$\Delta L_{2-1} = L_2 - L_1 = 3.7 \text{ km}$,由表 1 单元 A 应选 F2-1,则 $K_1 = 45.6\%$, $K_2 = 54.4\%$ 。

(2)确定单元 B 规格型号

$\Delta L_{4-3} = L_4 - L_3 = 9.4 \text{ km}$,由表 1 单元 B 应选 F2-3,则 $K_3 = 37.9\%$, $K_4 = 62.1\%$ 。

(3)求 a 点后等效光纤长度 L_a

由表 1 分光损耗 $F_2 = -\lg k_2$ 等效的光纤长度为 $L_{F2} = 10.576 \text{ km}$,则 $L_a = L_2 + L_{F2} = 21.076 \text{ km}$ 。

(4)求 b 点后等效光纤长度 L_b

由表 1 分光损耗 $F_4 = -\lg k_4$ 等效的光纤长度为 $L_{F4} = 8.284 \text{ km}$,则 $L_b = L_4 + L_{F4} = 35.884 \text{ km}$ 。

(5)确定单元 C 规格型号

$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 14.808 \text{ km}$,由表 1 单元 C 应选 F2-6,则 $K_a = 28.8\%$, $K_b = 71.2\%$ 。

方案二:由光节点 1 和 2 组成一单元 A,再和光节点 3 组成二单元 B,然后再和光节点 4 构成三单元 C,如图 5 所示。

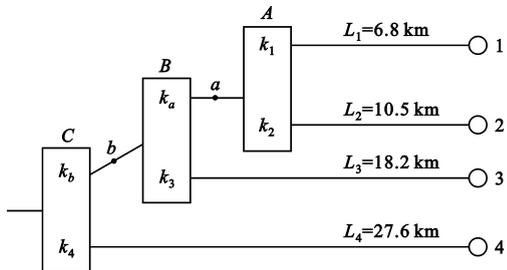


图 5 四路组合设计图 2
Fig.5 Four-way design plan 2

(1)确定单元 A 规格型号

$\Delta L_{2-1} = L_2 - L_1 = 3.7 \text{ km}$,单元 A 应选 F2-1,则 $K_1 = 45.6\%$, $K_2 = 54.4\%$ 。

(2)求 a 点后等效光纤长度 L_a

由表 1 分光损耗 $F_2 = -\lg k_2$ 等效的光纤长度为 $L_{F2} = 10.576 \text{ km}$,则 $L_a = L_2 + L_{F2} = 21.076 \text{ km}$ 。

(3)确定单元 B 规格型号

$\Delta L_{a-3} = L_a - L_3 = 2.876 \text{ km}$,单元 B 应选 F2-1,则 $K_3 = 45.6\%$, $K_a = 54.4\%$ 。

(4)求 b 点后等效光纤长度 L_b

由表 1 分光损耗 $F_a = -\lg k_a$ 等效的光纤长度为 $L_{F_a} = 10.576 \text{ km}$,则 $L_b = L_a + L_{F_a} = 31.652 \text{ km}$ 。

(5)确定单元 C 规格型号

$\Delta L_{b-4} = L_b - L_4 = 4.052 \text{ km}$,单元 C 应选 F2-1,则 $K_4 = 45.6\%$, $K_b = 54.4\%$ 。

3.3 五路以上组合结构

五路以上的组合结构形式更多,基本组合结构形式如图 6 所示。各光二分路器单元的规格型号的确定方法与上述相同,不再赘述。

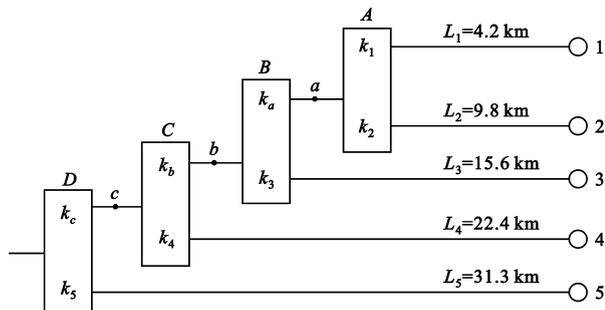


图 6 五路组合设计图
Fig.6 Five-way design plan

4 结束语

本文研究了基于一种新的规格型光二分路器的多路光信号功率的分配方法,解决了用普通的规格型光二分路器无法实现任意多路光功率分配的问题,克服了常规分配法器件成本造价昂贵且无通用性的缺点。该方法适用于任何多路情况,光路数目越多组合形式也越多,这种光功率分配灵活多样,简单易行,容易实现。这种光功率分配要求光二分路器的规格尽可能分得细一些,型号尽量多一些,其实就是要求光节点电平允许该变量小一些,这样功率分配的效果会更趋于合理一些。之前对光二分路器的规格化做了较为深入细致的研究,为本文做好了铺垫,本文是以前工作的延伸和推进。

参考文献:

- [1] 林如俭. 光纤电视传输技术[M].北京:电子工业出版社,2001.
LIN Ru-jian. Optical Fiber TV Transmission Technology[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [2] 王福豹,王兴亮. 现代广播电视网络技术[M].西安:西安电子科技大学出版社,2001.
WANG Fu-bao, WANG Xing-liang. Modern Radiated TV Network Technology [M]. Xi'an: Xidian University Press, 2001. (in Chinese)
- [3] 王慧玲. 有线电视实用技术与新技术[M].北京:人民邮电出版社,2005.
WANG Hui-ling. CATV Operative and New Technology [M]. Beijing: People's Posts and Telecomm Press,2005. (in Chinese)
- [4] 迟长春,黄民德,陈冰. 有线电视系统工程设计[M].天津:天津大学出版社,2009.
CHI Chang-chun, HUANG Min-de, CHEN Bing. CATV System Engineering Design [M]. Tianjin: Tianjin University Press,2009. (in Chinese)
- [5] 赵长水,陈正涛,谭毅,等. 用光均分法设计和构建多元星形光纤网络[J]. 光通信研究,2010(2):17-19.
ZHAO Chang-shui, CHEN Zheng-tao, TAN Yi, et al. De-

sign and Construct of Multiple Star Optical Fiber Network by Equal Optical Divide Ratio[J]. Study on Optical Communications,2011(2):17-19. (in Chinese)

- [6] 赵长水. 光阶分器及其网络的设计与应用[J]. 陕西理工大学学报(自科版),2011,27(1):31-35.
ZHAO Chang-shui. Design and Application of Ladder Optical Distributor and Its Network[J]. Journal of Shaanxi University of Technology(Natural Science Edition), 2011, 27(1): 31-35. (in Chinese)
- [7] 赵长水. 分光比偏差对光节点信号电平的影响[J]. 光电子技术,2011(3):192-195.
ZHAO Chang-shui. Influence of Optical Divide Ratio Deviation on Signal Level at Optical Node[J]. Optoelectronic Technology, 2011(3): 192-195. (in Chinese)
- [8] 刘大会. CATV 安装与调试实训教程[M].北京:北京邮电大学出版社,2006.
LIU Da-hui. CATV Installation and Trial Run Hands-on Tutorial[M]. Beijing: Beijing University of Posts & Telecommunications Press,2006. (in Chinese)
- [9] 邹永进. 城市 HFC 接入网光纤传输系统的设计思路[J]. 中国有线电视,2007(2):161-164.
ZOU Yong-jin. The Design Idea of Optical Fiber Transmission System in City HFC Network Access[J]. China Digital Cable TV, 2007(2):161-164. (in Chinese)
- [10] 赵长水. 光二分路器的规格化及其设计[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版),2011,27(1):58-60.
ZHAO Chang-shui. Two-output Optical Distributor Normalize and Specifications Design[J]. Journal of Shaanxi University of Technology(Natural Science Edition), 2011, 27(1): 31-35. (in Chinese)

作者简介:

赵长水(1956—),男,陕西华县人,高级工程师,主要研究方向为光纤电视网络设计。

ZHAO Chang-shui was born in Huaxian, Shaanxi Province, in 1956. He is now a senior engineer. His research direction is optical fiber TV network design.

Email: changshuizhao@163.com