

微生物色素的生物合成及其 遗传工程研究进展

赵春安, 李海燕, 柳陈坚

(昆明理工大学生命科学与技术学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 微生物色素的批量生产是目前生物技术研究的热点之一。本文从色素微生物生物合成途径、相关基因的分离、遗传工程等方面来介绍微生物色素研究进展, 并讨论了微生物色素遗传工程中的关键问题和发展趋势。

关键词: 微生物色素; 生物合成; 基因; 遗传工程

中图分类号: TS264.4

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2009)12-0035-05

Progress in gene cloning and genetic manipulation of microorganisms pigments

ZHAO Chun-an, LI Hai-yan, LIU Chen-jian

(Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: The production of microorganisms pigments on a large scale has played an increasing role in current biotechnology research. The progress in the biologically synthetic pathway, separation of related genes and the genetic engineering in microorganisms pigments is reviewed in this paper, and the key problems in the genetic engineering of microorganisms pigments and their development trends are discussed too.

Key words: microorganisms pigments; biosynthesis; gene; genetic engineering

19 世纪中期以前, 人们应用比较粗制的天然色素作为主要的色素。1856 年, Perkins 等^[1]首次合成了苯胺紫, 随着科技的进步和工业的发展, 合成色素迅速取代了天然色素在食品中的地位。但随着毒理学的发展, 人们意识到合成色素不仅无任何营养价值, 而且污染大, 毒副作用严重。因此, 开发更为安全高效的色素生产技术成为亟待解决的难点之一。

微生物能产生种类繁多的天然色素^[2], 通过微生物发酵生产色素不受资源、环境和空间的限制, 是一种有效的天然色素生产途径。国内外对微生物天然色素的生产进行了大量研究, 但主要集中于高产菌株的选育、培养条件的优化和产物的提取^[3-5]等方面。由于传统的微生物发酵法制备色素存在所得色素价格较低、提纯工艺复杂及成本高等不足, 因此, 从分子水平阐释色素生物合成途径, 分离色素合成关键酶基因, 通过基因工程技术来改变微生物色素的组成和含量, 构建色素高产工程菌将是未来微生物色素生产和发展的主要方向。本文概述了微生物色素的生物合成和遗传工程的研究进展, 为微生物色素的大规模生产提供参考。

1 微生物色素的生物合成与调控

参与天然产物合成的基因往往在染色体的某一区域成簇分布^[6]。微生物的色素基因也具有成簇分布的特性, 因此可采用遗传控制的方式调节色素代谢, 从而提高色素的产量, 实现色素的生物合成。

1.1 类胡萝卜素

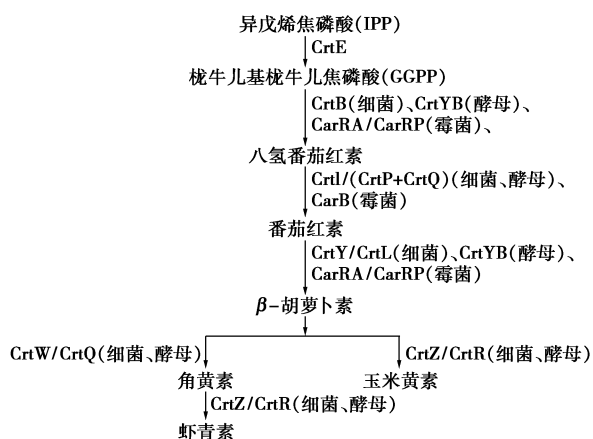
类胡萝卜素的微生物合成途径十分复杂, 是类异戊二烯代谢体系中的一个分支^[7](见图 1)。细菌与酵母、霉菌的类胡萝卜素合成途径的主要区别在于八氢番茄红素的合成和番茄红素的环化方面, 在细菌中由 2 个酶(CrtB 和 CrtY)起作用, 而在酵母和霉菌中仅需 1 个双功能酶(酵母中为 CrtYB, 霉菌中为 CarRA 或 CarRP)即可完成。番茄红素是类胡萝卜素进一步代谢合成的分支点, 番茄红素经氧化、氢化、脱氢、环化以及碳架重排、降解衍生等形成一系列的类胡萝卜素。

近年来国际上对微生物类胡萝卜素形成的相关基因进行了较深入的研究。Armstrong 等^[8]首次从荚膜红细菌(*Rhodobacter Capsulatus*)中分离出类胡萝卜素

收稿日期: 2009-09-28

基金项目: 昆明理工大学人才培养基金项目(No. KKZ0200726028)

作者简介: 赵春安(1983-), 男, 硕士生, 助教, 研究方向为水生植物内生真菌多样性及其活性代谢产物; 李海燕(1970-), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为内生真菌资源及其代谢产物研究开发, 通讯联系人, 0871-3801956, lhyxm@hotmail.com。



1—CrtE GGPP 合成酶;2—CrtB、CrtYB、CarRA、CarRP 八氢番茄红素合成酶;3—CrtI、CrtP、CrtQ、CarB 脱氢酶;4—CrtY、CrtL、CrtYB、CarRA、CarRP、番茄红素 β-环化酶;5—CrtW、CrtO、β-胡萝卜素酮化酶;6—CrtZ、CrtR、CrtZ、CrtR、β-胡萝卜素羟化酶

图 1 类胡萝卜素的微生物合成途径

生物合成基因 *crt*。很多细菌 *crt* 都成簇存在,如橙黄土壤杆菌 (*Agrobacterium aurantiacum*) *crt* BIYZW 虾青素合成基因簇、噬夏孢欧文氏菌 (*Erwinia uredovora*) *crt* EBIYZX 玉米黄素二糖苷合成基因簇。Misawa 等^[9]利用全新“颜色互补”基因技术,把从噬夏孢欧文氏杆菌克隆的类胡萝卜素基因簇在大肠杆菌中成功表达,首次在大肠杆菌中阐明了噬夏孢欧文氏杆菌类胡萝卜素的生物合成途径。微生物的类胡萝卜素生物合成途径基因簇被完整地克隆为代谢工程技术构建类胡萝卜素工程菌种和优化类胡萝卜素合成代谢网络提供了基础。

1.2 黑色素

黑色素的生物合成始于 *L*-酪氨酸的氧化^[10],最关键的一步是酪氨酸在酪氨酸酶的催化下氧化为多巴醌,多巴醌经歧化作用后环化产生多巴色素,并经多巴色素异构酶催化发生互变异构化生成 5,6-二羟基吲哚-2-羧酸,最后经氧化作用形成黑色素。

负责黑色素合成的关键酶主要是多酚氧化酶家族中的酪氨酸酶和漆酶。酪氨酸酶是由二价铜离子与酶蛋白结合的金属酶,兼有单加氧酶和氧化酶双重功能,该酶在链霉菌和根瘤菌中均有发现^[11-12]。漆酶的分布较为广泛,在植物及微生物中均有分布。Salanoubat 和 Vasconcelos 等^[13-14]均鉴定和克隆了黑色素合成基因。魏力等^[15]通过对一株海洋单胞菌属 (*Marinomonas*) 菌株基因组 *fosmid* 文库的构建,也直接分离到一个产生黑色素的克隆,进一步亚克隆和测序后获得与黑色素产生相关的功能新基

因(簇)。

1.3 靛蓝

20 世纪初,人们就已经发现假单胞菌能够氧化吲哚合成靛蓝,但其合成机制在当时还不清楚。直到 1983 年,Ensley 等^[16]通过对形成靛蓝的有关基因的研究发现,靛蓝的生物合成是在生物体的色氨酸代谢途径中,由色氨酸水解酶和一类可催化芳香族化合物的双加氧酶共同作用的结果。用作靛蓝类色素合成的酶主要是单加氧酶和双加氧酶,它们可以相应地将单个或双个氧原子加入到一个吲哚或吲哚的衍生物分子中。

萘双加氧酶是靛蓝生物合成酶中研究最多的 1 个。Ensley 和 Choi 等^[16-17]均克隆出萘双加氧酶基因,该基因的克隆使吲哚迅速和高效的合成靛蓝成为可能,但产物中常伴有少量副产物靛玉红,因此,转化率和最终产物的纯化阻碍了吲哚生成靛蓝的工业生产。该问题在韩晓红等^[18]从荧光假单胞菌 (*Pseudomonas fluorescens*) 中克隆到只催化合成 3-羟基吲哚的苯乙烯单加氧酶基因后得到解决。

1.4 红曲色素

红曲色素属于聚酮类色素,是红曲霉 (*Monascus Purpureus*) 代谢过程中产生的一系列聚酮化合物的混合物。红曲色素从结构上看包括脂肪酸和多聚酮 2 部分,其合成也主要包括 2 部分^[19]:多聚酮合成途径,产生生色团;脂肪酸合成途径,产生中长链脂肪酸,经转酯化作用连接到生色团上。

Blanc 等^[20]从红曲霉培养物中分离出毒性物质桔霉素,桔霉素的发现极大地阻遏了红曲霉的开发利用。因此,如何消除红曲霉生产中桔霉素的产量成为各国学者们亟待解决的一项工作。近期研究表明,红曲色素和桔霉素都是由乙酰 CoA 和丙二酰 CoA 的合成开始的分支途径^[21],桔霉素常伴随在红曲色素中产生。因此,可以从代谢途径入手,选育出高产色素而少产或不产桔霉素的菌株。Shimizu 等^[22]筛选得到新的聚酮体合成酶基因,并将其应用于构建不产桔霉素的红曲霉菌株。

1.5 醌类色素

蒽醌类色素的生物合成是通过醋酸丙二酸合成途径生成的^[23],可分为 2 个阶段:蒽醌母核的生物合成和蒽醌母核的后修饰。首先 1 分子乙酰 CoA 和 7 分子丙二酰 CoA 在聚酮体合酶的作用下生成大黄素甙,大黄素甙通过氧化成环生成初级蒽醌物质大黄素,大黄素再通过不同的修饰途径生成各种蒽醌类产物。

但相对简单的苯醌类物质及其6-羟基衍生物的合成却存在较大的争议。Packter^[24]通过酪氨酸的¹⁴C同位素示踪技术,跟踪研究了鬼伞菌素的苯醌环和C-甲基基团的合成途径,认为苯醌类色素的形成是通过莽草酸-分支途径生成的。但有实验证明在苯醌类色素的形成过程中,水杨酸甲酯的氧化脱羧和随后的苯二酚脱羧作用与酪氨酸的形成是矛盾的^[23]。

2 微生物色素遗传工程研究进展

微生物色素在生物体内合成的主要化学途径、代谢过程及相关酶基因的克隆,为采用代谢工程技术构建工程菌种和优化色素、合成代谢网络提供了基础。目前国内外已有研究者采用代谢工程手段进行微生物色素菌种的构建和代谢途径的调控,并取得了一定的进展。

2.1 引入外源基因,构建色素工程菌

以不能合成色素但是能在人为控制下快速增殖的大肠杆菌为受体,表达色素的一系列合成酶基因,使其实现合成酶的组成型高效表达,从而获得大量的色素产物。Berry等^[25]将能够提高内源吡啶合成的经过修饰的色氨酸合成途径以及表达萘双加氧酶的基因导入大肠杆菌,从而改进了靛蓝合成的发酵过程。Choi等^[17]将 *Methylophaga* sp. SKI 的染色体DNA片段与PUC19载体结合,使之在大肠杆菌中表达,在有色氨酸存在的条件下,靛蓝产量可达160 mg/L。Han等^[26]通过条件优化,将靛蓝的质量浓度提高到920 mg/L。王戈林等^[27]把嗜麦芽假单胞菌编码酪氨酸酶的基因(*reel*)导入大肠杆菌中,黑色素也获得了稳定表达。大肠杆菌中含有类胡萝卜素合成的前体物质IPP、DAMPP和GGPP,因此在大肠杆菌中更容易表达类胡萝卜素合成酶基因。但是一方面大肠杆菌只能提供少量的IPP,另一方面大肠杆菌类胡萝卜素承载力有限^[28],导致了重组大肠杆菌的类胡萝卜素含量(10~1000 μg/g,干重,下同)远低于雨生红球藻(*Haematococcus pluvialis*)的类胡萝卜素的含量(50 μg/g)。若能通过基因组合和定向进化克服以上代谢瓶颈,将有望获得类胡萝卜素高产量的新工程菌,从而使应用大肠杆菌生产番茄红素具有诱人的商业前景。

在明确已有生物合成途径、相关基因以及各步反应的分子机制后,通过对相似代谢途径的比较,使利用多基因间的协同作用构建新的代谢途径成为可能。Schmidt等^[29]采用在大肠杆菌中对来自不同微

生物的八氢番茄红素去饱和酶基因进行重组和引入番茄红素环化酶基因的方法,产生了新类胡萝卜素四氢番茄红素和环状类胡萝卜素——鲨烯(*torulene*)。Albrech等^[30]在引入番茄红素5步脱氢酶的前提下,将欧文氏菌或荚膜红杆菌的*crtI*与*crtC*和*crtD*或者与*crtY*、*crtZ*和*crtC*组合,合成了8种抗氧化性更强的无环和有环羟基类胡萝卜素。

2.2 改变代谢途径,促进色素合成

可以通过导入微生物色素合成酶基因来改变代谢途径,获得需要的色素。产朊假丝酵母(*Candida utilis*)体内积累大量的麦角固醇(和类胡萝卜素有共同的前体物质FPP),Yutaka等^[31]把克隆自欧文氏杆菌的类胡萝卜素合成基因经重组后转入产朊假丝酵母中,合成了番茄红素、β-胡萝卜素和虾青素,并且虾青素的产量达0.4 mg/g。Papp等^[32]将*crtW*和*crtZ*基因导入能产生β-胡萝卜素的卷枝毛霉(*Mucor circinelloides*)细胞内,获得了具有较大价值的虾青素和角黄素。Ruan等^[33]将嗜麦芽假单胞菌中产黑色素基因*reel*克隆到穿梭载体pHT3101中,并将它处于表达系统*cry3A*的控制下,构建得到重组质粒

HTAM,转入苏云金芽胞杆菌BMB171中,得到重组菌株RSA。研究表明,处于*cry3A*控制下*reel*基因在重组菌株中得到了成功表达,而且转化子BMB171不仅具有稳定产生黑色素的能力,还可抵抗紫外线的辐射作用,显著提高其杀虫效果。

2.3 利用遗传修饰,调控色素合成

转基因加速了相应酶催化限速反应,促进了相应色素的合成,但同时也可能导致其他代谢途径失衡,发生紊乱。因此若能转入可进行反馈调节的调控子单元,则可以根据代谢中间产物量调控基因表达,减少由于代谢失衡造成的负面影响。大肠杆菌正调控基因主要是转录因子,而负调控基因功能缺失可提高类胡萝卜素合成所需的前体或辅因子的含量^[28]。William等^[34]利用经改造的大肠杆菌调控系统NTR对番茄红素合成代谢进行调控,控制番茄红素合成途径2个关键酶的表达,该调控子极大地促进了番茄红素的合成,同时减少了因代谢失衡造成的负面影响。美国研究者应用基因剔除技术并结合转基因技术,通过不同的途径获得了菌体番茄红素含量高达18 mg/g的菌种^[28]。Royo等^[35]将双加氧酶基因融合入细菌染色体,建立级联扩增的表达异源基因的表达环路,该级联表达体系可以稳定和高效地表达双加氧酶,持续表达至少5天,可以严格控制和保证靛蓝的稳定生产。

3 结语与展望

自然界中存在大量能够生产色素的微生物,利用基因工程手段得到编码色素合成酶的相关基因,构建微生物色素生产工程菌,并对其代谢途径进行有效调控,有望实现色素的大规模生产。但与合成色素相比,微生物色素产量一般较低,而且有些微生物在发酵过程中会产生部分毒性物质,作为生产菌,这样不仅增加了提纯难度,也增加了投入成本。20 世纪 70 年代发展起来的基因工程技术对微生物细胞色素代谢结构进行调整提供了有力的工具。应用代谢工程技术对工程菌进行改良,一方面使之去除毒性基因^[22],另一方面使之有利于外源基因的高效表达及高密度发酵^[28,32]。外源基因高效表达条件下的高密度发酵对于提高生产效率、降低生产成本、简化产品纯化工艺都具有非常重要的意义。然而也应该认识到,代谢网络是由至少上千种酶、复杂的信号传递系统组成的、受精密调控又互相协调的复杂系统,目前应用代谢工程方法通过基因工程技术改良色素生产菌种的实例虽多,然而大多是采用经验的定性方法,大多集中在已有代谢途径之间的基因重组^[30,33],或是引入色素关键酶基因^[27],或是将某种微生物的色素基因簇转入另一微生物中^[32],而真正根据代谢网络构建的数学模型来分析生物体的代谢过程,采用定量方法优化微生物色素代谢网络,根据需要人为地设计及构建代谢工程菌来为人类服务的实例却很少。这表明以上方法还没有完全包含微生物色素代谢系统的复杂性,深入研究色素代谢机理仍是今后微生物色素研究工作中需要特别加强的地方。此外,现有微生物色素的生物转化主要依赖于所分离到的关键酶^[26,30],而代谢工程菌中酶的稳定性和辅助因子再生等仍是没有攻克的重大难题。如何构建和选用合理的酶系与高效的工程菌(株),优化发酵参数等,从而大幅度地降低生产成本和提高生产效益,仍然有待进一步研究与开发。

参考文献

- [1] Lieske B, Konrad G. Thermal modification of sodium caseinate: Influence of temperature and pH on selected physicochemical and functional properties[J]. *Milcad*, 1994, 49: 16 - 20.
- [2] Dufossé L, Galaup P, Yaron A, et al. Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: A scientific oddity or an industrial reality? [J]. *Trends Food Sci Tech*, 2005, 16: 389 - 406.
- [3] Isaka M, Palasarn S, Auncharoen P, et al. Acremoxanthones A and B, novel antibiotic polyketides from the fungus *Acremonium* sp. BCC 31806 [J]. *Tetrahedron Lett*, 2009, 50: 284 - 287.
- [4] Yang H L, Xiao C X, Ma W X, et al. The production of hypocrellin colorants by submerged cultivation of the medicinal fungus *Shiraia bambusicola* [J]. *Dyes Pigments*, 2009, 82: 142 - 146.
- [5] Akara S T, Gorgulub A, Kaynaka Z, et al. Biosorption of Reactive Blue 49 dye under batch and continuous mode using a mixed biosorbent of macro-fungus *Agaricus bisporus* and *Thuja orientalis* cones [J]. *Chem Eng J*, 2009, 148: 26 - 34.
- [6] Hopwood D A. Genetic contributions to understanding polyketide synthases [J]. *Chem Rev*, 1997, 97: 2465 - 2497.
- [7] Misawa N, Shimada H. Metabolic engineering for the production of carotenoids in non-carotenogenic bacteria and yeasts [J]. *J Biotechnol*, 1998, 59: 169 - 181.
- [8] Armstrong G A, Alberti M, Leach F, et al. Nucleotide sequence, organization, and nature of the protein products of the carotenoid biosynthesis gene cluster of *Rhodobacter capsulatus* [J]. *Mol Gen Genet*, 1989, 216: 254.
- [9] Misawa N, Nakagawa M, Kobayashi K, et al. Elucidation of the *Erwinia uredovora* carotenoid biosynthetic pathway by functional analysis of gene products expressed in *Escherichia coli* [J]. *J Bacteriol*, 1990, 172: 6704 - 6712.
- [10] Zecca L, Tampellini D, Gerlach M, et al. Substantia nigra neuromelanin: Structure, synthesis, and molecular behavior [J]. *Mol Pathol*, 2001, 54: 414 - 418.
- [11] Tseng H C, Ling C K, Hsu B J, et al. The melanin operon of *Streptomyces antibioticus*: Expression and use as a marker in gram negative bacteria [J]. *Gene*, 1990, 86: 123 - 128.
- [12] Mercado-Blanco J, Garcia F, Fernandez-Lopez M, et al. Melanin production by *Rhizobium meliloti* GR4 is linked to nonsymbiotic plasmid pRmeGR4b: Cloning, sequencing, and expression of the tyrosinase gene mepA [J]. *J Bacteriol*, 1993, 175: 5403 - 5410.
- [13] Salanoubat M, Genin S, Artiguenave F, et al. Genome sequence of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* [J]. *Nature*, 2002, 415: 497 - 502.
- [14] Vasconcelos D F, Almeida M, Hungria C T, et al. The complete genome sequence of *Chromobacterium violaceum* reveals remarkable and exploitable bacterial adaptability [J]. *PNAS*, 2003, 100: 11660 - 11665.
- [15] 魏力, 方加玮, 周俊初, 等. 一株海洋细菌的初步鉴定及其产黑色素相关新基因(簇)的分离 [J]. *微生物学通报*, 2007 (6): 1118 - 1122.
- [16] Ensley B D, Ratzkin B J, Osslund T D, et al. Expression of naphthalene oxidation genes in *Escherichia coli* results in the biosynthesis of indigo [J]. *Science*, 1983, 222: 167 - 169.
- [17] Choi H S, Kim J K, Cho E H, et al. A novel flavin-containing monooxygenase from *Methylophaga* sp. strain SK1 and its indigo synthesis in *Escherichia coli* [J]. *Biochem Bioph Res Com*, 2003, 306: 930 - 936.
- [18] 韩晓红, 王伟, 肖兴国. 靛蓝及其同类色素的微生物生产与转化 [J]. *生物工程学报*, 2008, 24(6): 921 - 926.
- [19] Martinkova L, Juzlova P, Veseiy D. Biological activity of polyketide pigment produced by the fungus *Monascus* [J]. *J Appl Microbiol*, 1995,

- 79:609 – 616.
- [20] Blanc P J, Loret M O, Goma G. Production of citrinin by various species of *Monascus* [J]. *Biotechnol Lett*, 1995, 17: 291 – 294.
- [21] Hajaj H. Biosynthetic pathway of citrinin in the filamentous fungus *monascus rubber* as revealed by 13C nuclearam, eticresource [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1999, 65(1): 311 – 314.
- [22] Shimizu T, Kinoshita H, Ishihara S, et al. polyketide synthase gene responsible for citrinin biosynthesis in *Monascus purpureus* [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2005, 71(7): 3453 – 3457.
- [23] Gill M. The Biosynthesis of pigments in basidiomycetes [J]. *Aust J Chem*, 2001, 54: 721 – 734.
- [24] Packer N M. Studies on the biosynthesis of phenols in fungi: Production of 4-methoxytoluquinol, epoxysuccinic acid and a diacetylenic alcohol by surface cultures of *Lentinus degener* I. M. I. 110525 [J]. *Biochem J*, 1969, 114: 369 – 377.
- [25] Berry A, Dodge T C, Pepsin M. Application of metabolic engineering to improve both the production and use of biotech indigo [J]. *J Indust Microbiol Biotechnol*, 2002, 28: 127 – 133.
- [26] Han G H, Shin H G, Kim S W. Optimization of bio-indigo production by recombinant *E. coli* harboring *fmo* gene [J]. *Enzyme Microb Tech*, 2008, 42: 617 – 623.
- [27] 王戈林, 沈萍, 杨澜, 等. 嗜麦芽假单胞菌酪氨酸酶基因在大肠杆菌中的克隆与表达 [J]. *遗传学报*, 1999, 26(3): 274 – 279.
- [28] Albrecht M, Misawa N, Sandmann G. Metabolic engineering of the terpenoid biosynthetic pathway of *Escherichia coli* for production of the carotenoids beta-carotene and zeaxanthin [J]. *Biotechnol Lett*, 1999, 21(9): 791 – 795.
- [29] Schmidt-Dannert C, Umeno D, Arnold F H. Molecular breeding of carotenoid biosynthetic pathways [J]. *Nat Biotechnol*, 2000, 18: 750 – 753.
- [30] Albrecht M, Takaichi S, Steiger S, et al. Novel hydroxyl-carotenoids with improved antioxidative properties produced by gene combination in *Escherichia coli* [J]. *Nat Biotechnol*, 2001, 18(8): 843 – 846.
- [31] Yutaka M, Keiji K, Toshiko S, et al. Production of the lycopene, β -carotene, and astaxanthin in the food yeast *Candida utilis* [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1998, 64(4): 1226 – 1229.
- [32] Papp T, Velayos A, Bartok T, et al. Heterologous expression of astaxanthin biosynthesis genes in *Mucor circinelloides* [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2006, 69: 526 – 531.
- [33] Ruan I F, Shen P. Microcalorimetric study on expression of foreign genes in *Battillus thuringiensis* [J]. *J Thermal Anal Calorimetry*, 2002, 70: 521 – 525.
- [34] William R F, James C L. Improving lycopene production in *Escherichia coli* by engineering metabolic control [J]. *Nat Biotechnol*, 2000, 18(5): 533 – 537.
- [35] Royo J L, Moreno-Ruiz E, Cebolla A, et al. Stable long-term indigo production by overexpression of dioxy-genase genes using a chromosomal integrated cascade expression circuit [J]. *J Biotechnol*, 2005, 116: 113 – 124. ■

艾默生的 Scenario[®]仿真技术加快了韩国新建的 515-MW 坡州联合循环热电厂的启动过程

艾默生过程管理公司日前宣布获得了一份合同,即在新建的 515-MW 坡州热电 (CHP) 厂安装其 Scenario[®] 仿真技术。此合同是与韩国地域暖房公社 (KDHC) 签订的。

坡州发电厂计划于 2010 年 11 月投入运营,届时将为京畿道坡州城(位于韩国首都首尔的西北部)大约 57 000 座公寓提供区域供热水和电力。操作员可在调试前使用 Scenario 技术验证发电厂的控制逻辑,有助于保证启动过程顺利进行。区域供热在支持韩国国家能源行业的能源效率和环境质量目标方面发挥着越来越重要的作用。自 1985 年成立以来, KDHC 已利用此方法促进了能源节约,减少了环境污染,同时改善了韩国居民的生活条件。

艾默生提供的高保真仿真解决方案将使用与坡州 CHP 相同的控制逻辑,因此可以提供极为实用的工程分析环境。坡州的仿真解决方案具有一个虚拟架构,它以基于 Microsoft Windows 的 PC 中的虚拟控制器替代了实际的控制器。尽管占地面积比较小,但虚拟控制器可以一对一地模拟组成电厂控制系统。在坡州 CHP 中,4 个虚拟控制器运行了 7 439 个模拟 I/O 点。设备计划于 2010 年 6 月交付运营。

Scenario 技术不仅能仿真由艾默生 Ovation 控制系统控制的余热锅炉和其余辅机的运行,而且能模拟 MHI 燃气和蒸汽轮机控制以及 GE 电气控制和监测系统。根据 KDHC

发布的消息,艾默生仿真解决方案与其他供应商解决方案的最大不同就在于,艾默生能够集成和仿真采用其他 OEM 控制的主要设备。

“艾默生将不同供应商的控制系统集成的能力令人刮目”。韩国地域暖房公社的经理 B. S. Yoon 说,“我们期望能够通过艾默生的仿真技术在调试之前验证电厂的控制逻辑,从而简化启动过程”。

艾默生在实际电力行业设计、工程和支持仿真项目方面拥有几十年的经验。全球领先的电力企业都依赖艾默生的 Scenario 设计仿真解决方案来提升其电站的安全性、可靠性和总体运营。利用回接逻辑、算法模型和综合第一原理模型, Scenario 可为每个电厂量身订做全套培训和工程模拟解决方案,以满足特定运营挑战需求。

“在艾默生,我们得到了仿真解决方案简化发电设备启动和调试过程的第一手材料”。艾默生公用事业部总裁 Bob Yeager 说。“但是优势并不仅限于此。许多客户将仿真解决方案推广到正在进行的操作员培训中,还用于在将逻辑更改加载到实际控制系统之前对更改的逻辑进行测试,从而确保机组运行过程中不会出现中断。希望在坡州发电厂投入运营后,我们的虚拟 Scenario 仿真解决方案仍然是韩国地域暖房公社的宝贵资源”。(马)