

## 北京 17 号线 BAS 集成产品标准化设计与应用

冀卫杰

北京和利时系统集成有限公司 北京

**【摘要】**传统地铁 BAS（环控与设备监控系统）的硬件集成设计、编程设计存在的问题较多如：设计繁琐、调试缓慢、维护困难。BAS 集成系统包括：箱柜设计、集成电路设计、PLC 编程集成设计、软硬件集成测试。BAS 集成产品设计对后续产品交付、安装调试、运营维护等环节带来一系列的影响。为了提高北京 17 号线 BAS 系统的 GWQS（绿色、智慧、品质、安全）设计效率和质量<sup>[1]</sup>。本文提出一种 BAS 硬件集成标准化同步 PLC 编程自动化的方法，分别从硬件、集成电路、图纸生成自动化、程序输出自动化等不同维度进行设计。该方法优化了设计流程和方法，可以提升各环节效率、缩短工期，实现图纸和编程生成自动化的转变，还解决了维护方便、调试便捷。

**【关键词】**环境与设备监控 BAS；硬件集成；标准化；自动化

### Design and application of standardization of BAS system integration products for Beijing line 17

Weijie Ji

Beijing Hollysys System Integration Co., Ltd. Beijing China

**【Abstract】**The hardware design, programming design ideas and methods of traditional Metro bas (environmental control and equipment monitoring) can not meet the design requirements of GWQS-ISCS (green, intelligent, quality and safe ISCS) of Beijing Metro New Metro Project<sup>[1]</sup>. Bas integrated design includes: cabinet design, integrated circuit design, PLC programming integrated design, software and hardware integration test. BAS system integrated product design has a series of impacts on subsequent product delivery, installation and commissioning, operation and maintenance. In order to improve the GWQS design efficiency and quality of BAS system of Beijing line 17<sup>[1]</sup>. This paper presents a method of BAS hardware integration standardization, which is designed from different dimensions, such as hardware design standard, integrated circuit standardization, drawing generation automation, and program output automation. This method optimizes the design process and method, can improve the efficiency of each link, shorten the construction period, realize the transformation of drawing generation automation and product integration automation, and can also meet the high-quality and safety standards to ensure the safety of public transportation.

**【Keywords】** Building Automation System (BAS); Hardware Integration; Standardization; Automation

### 1 前言

北京地铁 17 号线通州区环渤海总部基地至次渠站，全长总长 49.97km，设 21 座车站 1 座车辆段和 1 个停车场。BAS(环境与设备监控系统)是地铁三大监控系统之一，在地铁监控系统中发挥着至关重要的作用<sup>[2]</sup>。北京地铁 17 号线的 BAS 系统的综合效率要求高，灾害事故防护等级要求严格，为建设数字化轨道交通，保障监控系统信号的安全性和高效

性，对 BAS 系统供应商而言是一个高要求的标准。BAS 系统硬件集成设计作为整个系统实施的一个最基础的环节，设计方案是否合理，是否标准统一，对后续的编程设计、设备调试、运营维护等环节带来一系列的影响。根据北京 17 号线工期情况、每个车站 BAS 监控设备点位情况，提高设计效率和质量，硬件集成设计标准化和编程生成自动化的理念应运而生。

本文提出一种 BAS 硬件集成标准化设计的方法, 分别从硬件机柜设计、电路集成设计、图纸自动化、程序输出自动化阐述。该方法实现了硬件集成产品的标准设计、图纸输出自动化、集成制造自动化、PLC 编程生成自动化、产品快速交付等优点。通过优化设计方法, 不仅可以提升各环节效率, 缩短项目工期, 集成制造更加自动化, 实现企业的降本增效的目的, 还可以保障 BAS 系统通信高品质, 设备运行安全的标准。

## 2 BAS 系统集成设计标准化的对象

BAS 系统分层式系统结构(中央级、车站级和现场级三层), 具有较强的独立性<sup>[2]</sup>。如图 1

中央级 OCC 调度工作站层-----通信集成柜。

车站级 BAS 控制柜层----PLC-A/B 控制集成柜。

现场级远程 I/O 箱层----R/IO 集成箱。

其中 R/IO 集成箱位于车站各就地监控点或数据采集点, 具体包各传感器、执行器、远程 R/IO 模块、通信接口装置等。

## 3 设计方法与框架

依据 BAS 系统结构示意图 1, BAS 系统集成产品包括: 现场级(R/IO 集成箱)、车站级(PLC-A 控制集成柜/PLC-B 控制集成柜)、中央级(通信集成柜)。按照 GB 规范《软件可靠性和可维护性管理》应满足集成产品的兼容性、稳定性和安全性<sup>[3]</sup>。在完成硬件集成产品后, PLC 编程同步下载到硬件集成产品中, 进行测试合格后硬件集成与 PLC 编程并行交付, 成为必然的要求。设计方法与框架中同步配备了 PLC 编程自动化生成设计方式<sup>[4]</sup>。最终形成硬件集成标准化与编程自动生成同步化。

本文提出 1 种高效的设计方法, 利用三维软件形成硬件集成固定化模式, 然后利用 AutoCAD 宏 VB 语言实现集成电路图自动化生成和编程点表自动化生成的思路。如图 2 BAS 系集成优化对比传统设计方案。

该方法已经应用到北京地铁 17 号线 BAS 系统设计的设计阶段和应用阶段, 并取得了良好的应用效果。硬件集成设计效率提高 90%、编程设计提高 90%。集成产品整体交付能力提高 90%。

### 3.1 BAS 集成产品设计介绍

BAS 控制集成柜用于车站各种控制与通信传输, 远程 R/IO 集成箱用于现场设备 DI、DO、AI、AO、

传感器及仪表设备的连接。其中远程 R/IO 集成箱最为复杂, 种类繁多, 编程类别点表工作费时。此文对远程 R/IO 集成箱设计和 PLC 编程自动挂生成设计方法进行举例说明, 其他标准化集成设计方法类同。

已经应用北京 17 号线使用远程 IO 集成箱 640 个。传统设计费时、费力、准确率不高, 而且若有设计错误, 这些错误会积累并传递到下个环节一程序编写中。所以, 三维软件形成硬件集成固定产品, 然后使用 AutoCAD 中 VB 语言编生成箱柜点表, 实现自动化生成编程点表, 再使用自动生成软件<sup>[4]</sup>将点表自动化生成 PLC 程序, 使设计更加高效、准确。

#### (1) 硬件集成设计原理

硬件集成工艺设计是基于《地铁设计规范》GB50157-2013 要求, 通过设计院施工图, 统计出设备列表, 获取每个站 DI/DO/AI/AO 数据。设计过程包括: 机柜固定化、内部布局设计、电源电路设计、通信方式设计、DI 采集设计、DO 输出设计、AI 采集设计、AO 输出设计, 形成硬件集成化产品。如图 3 R/IO 集成标准化产品设计。

#### (2) 三维软件硬件集成设计过程

依据硬件集成设计原理, 使用 Soildwork 三维软件形成硬件集成仿真布局<sup>[10]</sup>。三维布局设计包含: 箱柜尺寸设计、电源单元布局设计、采集模 I/O 单元布局设计、信号端子排布局设计、继电器布局、浪涌电磁防护设计、电路集成布线工艺设计。如图 4 三维集成产品布局设计流程。

#### (3) 工程应用

最新的硬件集成设计方案, 提高了结构设计效率 90%, 内部电气元器件的安装准确效率 100%, 线路工艺加工效率提高 90%, 可复用性, 运营维护的简便性、达到了省时、高效。

### 3.2 PLC 编程自动化生成设计

北京 17 号线远程 R/IO 集成箱监控设备 DI、DO、AI、AO 设备多达 6210 个。每个站 PLC 程序多达 6000 行程序, 全线总程序和达 12 万行。PLC 编程手动设计过于庞大, 利用 AutoCAD 中 VB 编程语言设计自动生成 PLC 编程点位表。一方面: PLC 编程点位表可以利用 PLC 编程自动生成软件<sup>[4]</sup>以代替手工编写程序, 高效解决 PLC 编程问题。第二方面: PLC 编程点位表使用 excel 的宏 VB 功能进行自动化

检测程序的准确性<sup>[7]</sup>，进行 PLC 编程自动测试工作，可以避免人为设计 PLC 编程的错误，可大大提高 R/I/O 集产品编程的可操作性和工作效率。

(1) PLC 程序自动化生成原理

首先，依据 BAS 系统已经形成的三维硬件集成产品,转换为 AutoCAD .dwg 文件格式。在图纸中对端子号进行详细备注；其次利用录制宏功能使用 VB 语言对端子号读取 DI、DO、AI、AO 端子编号及备注说明，按步骤生成设备点位表输出.XLSX 为后缀的表格，然后再利用 PLC 编程自动生成软件<sup>[4]</sup>自动化生成符合 PLC 编程规则的.L5k 为后缀的程序文件。图 5 PLC 程序自动化生成设计原理。

(2) 工程应用

基于 AoutCAD 自动化绘图软件的“用户友好性”以及“可移植性”准则<sup>[8]</sup>，录制宏功能操作简单、容易上手。而且，生成文件稳定性好，点击录制运行即可自动生成.xml 格式的 PLC 编程点表，将这 PLC 编程点表导入到 PLC 编程自动化软件<sup>[4]</sup>中即可实现 PLC 程序的自动编写工作。

依据硬件集成产品图的方式自动生成 PLC 程序，准确率高，兼容性强、软硬件匹配、简单快捷，省时高效。北京 17 号线的典型站次渠站为例，需要编

写的 PLC 程序行数约为 6000 行，采用此方式自动生成的程序可达 5000 行，占程序总行数的 80%，大大降低了编程人员的编写难度，解决了在工程设计阶段耗时多、错误率高、逐项调试等问题。

该自动化生成 PLC 编程全线统一，编程与硬件集成高度匹配，方便调试及维护，非常适合地铁 BAS 系统站点多、设备杂、工期紧的集成供货。

4 结束语

北京地铁 17 号线应用了本文所述的应用了 BAS 硬件集成标准化产品同步 PLC 程序自动化设计，与传统的设计方法相比，该线 BAS 系统集成的设计效率与质量显著提高。整体设计效率提升了 90%，设计耗时减少，为 BAS 系统具体实施奠定了基础，保障了线路按时、高质量开通。该硬件集成产品采用高标准的 IP65 防护等级<sup>[5]</sup>符合 CE 标准，支持灵活采集模块数量调整，使得该集成产品可以应用到绝大多数的地铁站 BAS 集成项目中，极大地提高了 BAS 集成产品的可用性、可维护性<sup>[9]</sup>，也提高了集成制造的自动化水平。硬件集成结合自动化 PLC 编程的应用还满足了《可编程语言标准》的其它 PLC 编程的行业环境中<sup>[6]</sup>，其技术应用前景十分广泛。

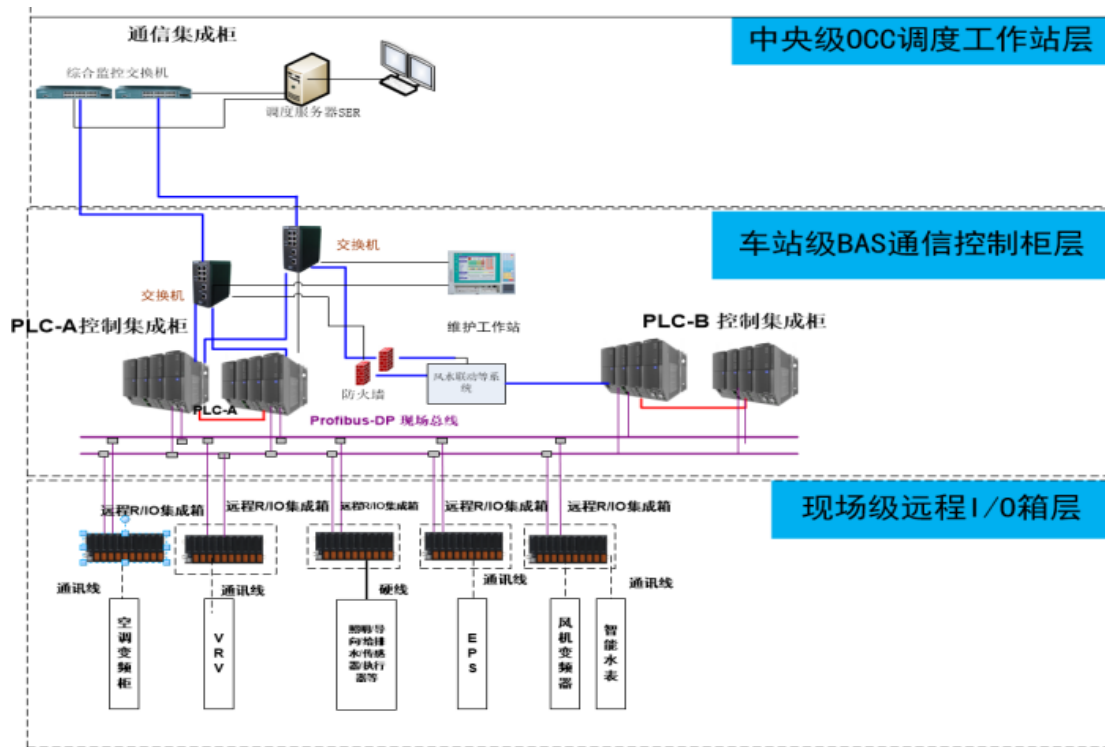
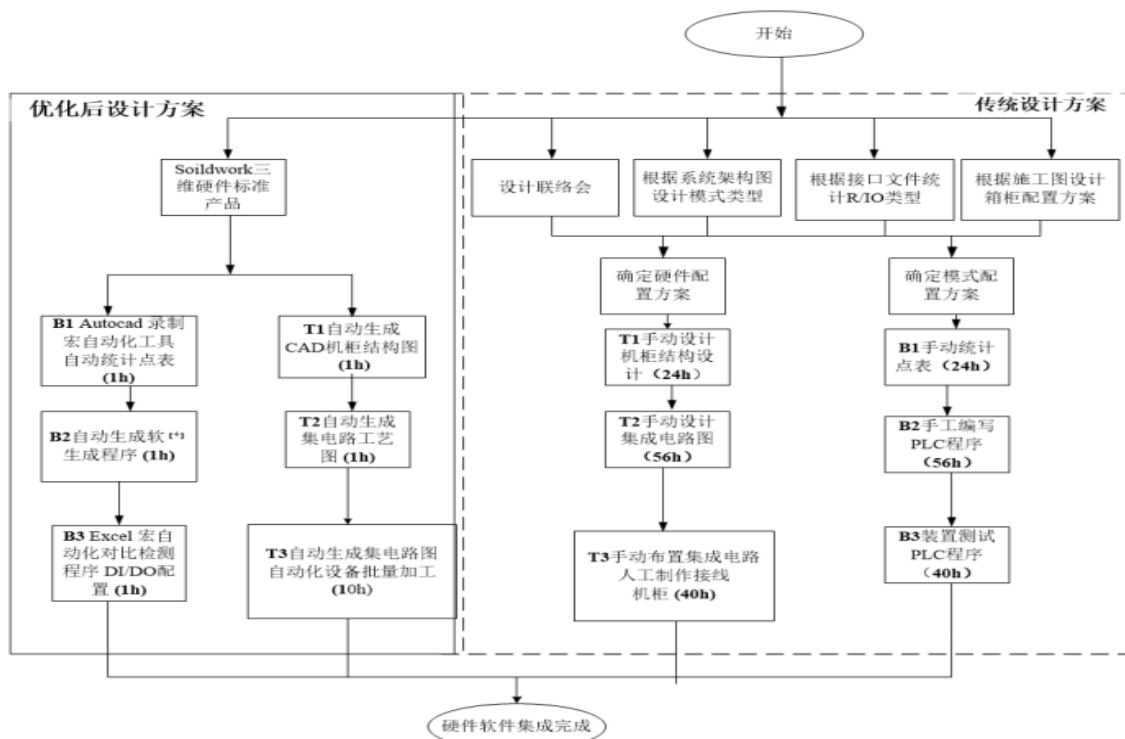


图 1 BAS 系统分层分布式结构示意图



注：实线为集成标准化优化后设计流程，虚线为传统设计，括号内数字表示该项工作工时消耗。

图 2 BAS 系统集成优化对比传统设计方案

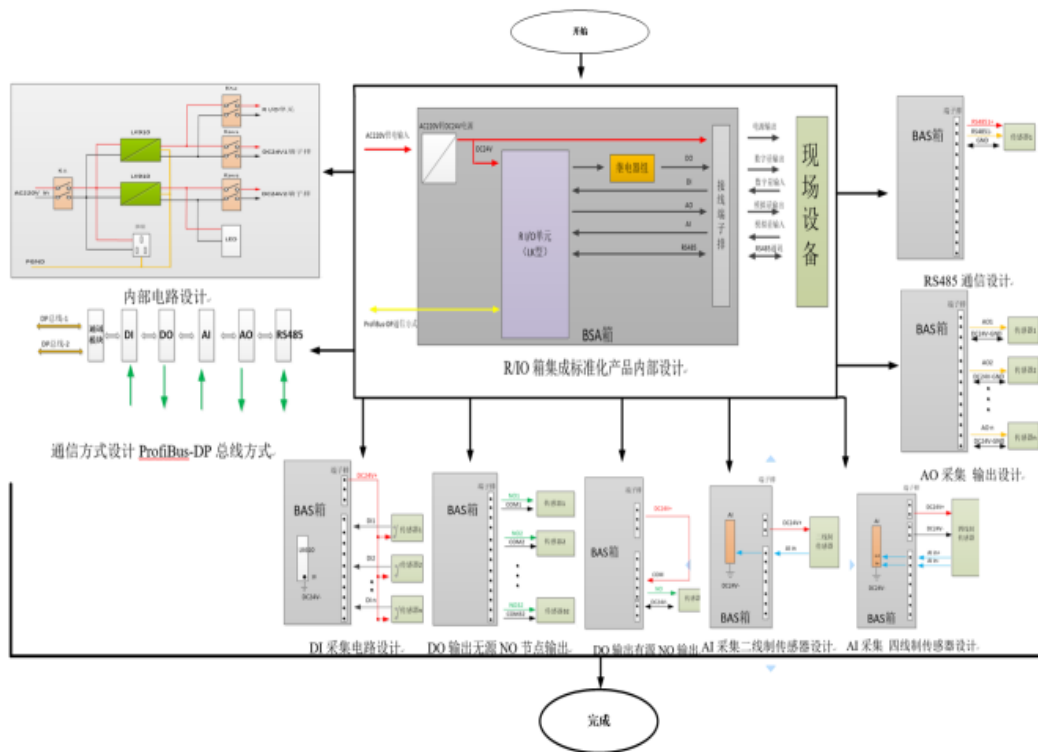


图 3 R/IO 集成标准化产品设计

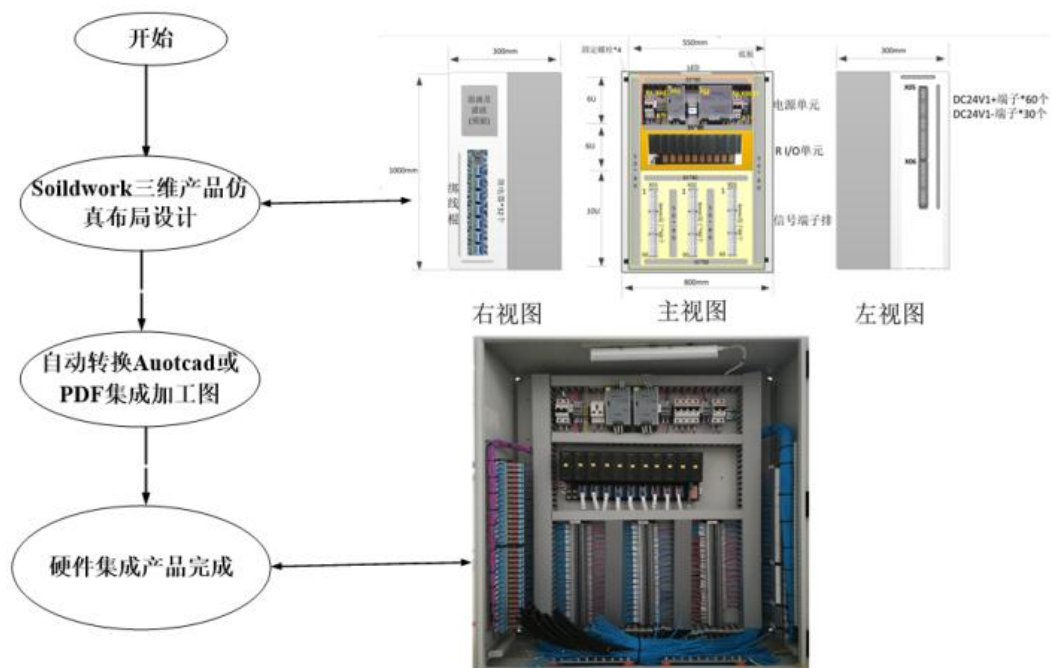


图 4 三维集成产品布局设计流程

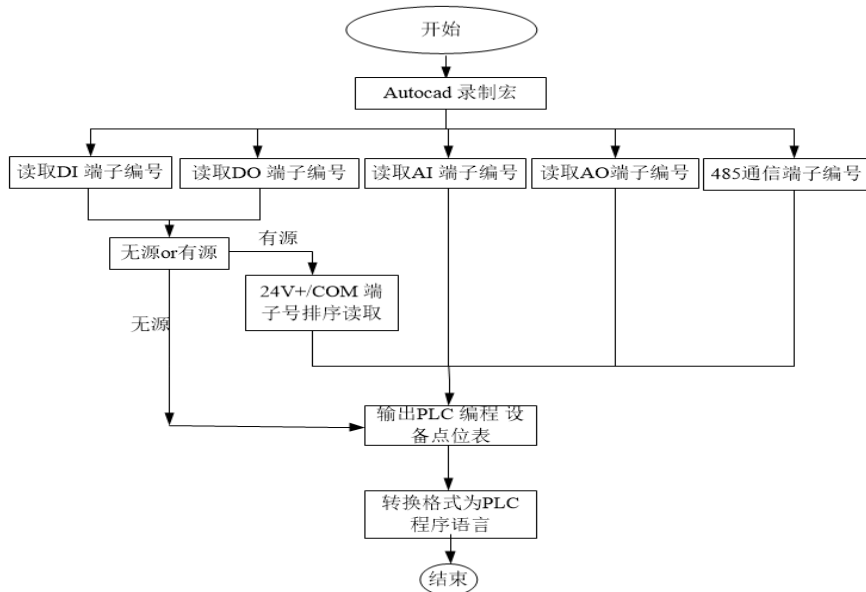


图 5 PLC 程序自动化生成设计原理

参考文献

[1] 卢萌萌, 安俊峰, 高元军, 城市轨道交通综合监控系统顶层设计中的 GWQS-SCS 理念[J].城市轨道交通研究, 2018(11):104.

[2] 北京市轨道交通建设管理有限公司.北京市轨道交通 17 号线工程信号系统招标文件[A].2018

[3] 计算机软件可靠性和可维护性管理: GB/T 14394-2008 [S].北京: 中国标准出版社, 2008

[4] 黄力宁, 邓嫔, 地铁环控与设备监控系统自动生成与自动测试软件研究[J].2021(07)

[5] 外壳防护等级 (IP 代码) GB/T 4208-2017[S].北京: 中国标准出版社

[6] 彭瑜, 何衍庆, IEC 61131-3 编程语言及应用基础[G]

- : 机械工业出版社, 2009
- [7] 伍俊良.VB 程序设计与系统开发案例[M].北京: 清华大学出版社, 2006
- [8] 张增良, 侯申 计算机程序设计基础[M].西安: 西安交通大学出版社, 2017
- [9] 电气/电子/可编程电子安全系统的功能安全 IEC61508-2 000 [S]: 国际电工委员会, 2000
- [10] 岑军健, 非标准机械设计手册[M].北京:国防工业出版社出版, 2008

**收稿日期:** 2022 年 3 月 4 日

**出刊日期:** 2022 年 4 月 19 日

**引用本文:** 冀卫杰, 北京 17 号线 BAS 集成产品标准化设计与应用[J]. 电气工程与自动化, 2022, 1(1): 21-26  
DOI: 10.12208/j.jeea.20220006

**检索信息:** 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

**版权声明:** ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**