

# 해외보고서 요약서비스

2016. 06. 24 (제223호)

지능형 철도 역사(驛舍)를 통한 에너지 효율성 개선 및 배출량 저감 방안

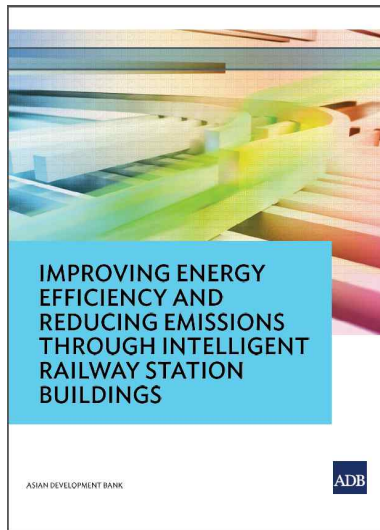
Improving Energy Efficiency and Reducing Emissions Through Intelligent  
Railway Station Buildings

출처 : 아시아개발은행 (ADB)



# Improving Energy Efficiency and Reducing Emissions Through Intelligent Railway Station Buildings

(지능형 철도 역사(驛舍)를 통한 에너지 효율성 개선 및 배출량 저감 방안)



## <개요>

본 보고서의 목표는 중국내 철도 역사 (station building, 驛舍)의 탄소 배출 감축 활동을 지원하고, 건물 관리와 관련된 국외의 진보적 기술을 학습 및 활용하는 것이다. 이를 통해 에너지 관리의 관점에서, 비용 효율적으로 철도 역사의 에너지를 절약하는 동시에 안정성 및 편의성 또한 확보할 수 있을 것으로 기대한다. 지능형 건물 제어(intelligent building control) 기술을 활용함으로써 건물 에너지 소비량의 20%를 절약할 수 있을 것으로 예상된다.

본 보고서는, 다음과 같은 사항을 다룬다.

- (i) 중국 철도역의 에너지 소비량 및 이를 지능적으로 관리할 방안에 대해 모색
- (ii) 건물의 에너지 효율성 평가 방법 나열
- (iii) 지능형 관리 대책 유형별 에너지 절약을 파악
- (iv) 지능형 건물 기술 요약
- (v) 관련 부문의 국제 및 국가 행정 메커니즘 비교
- (vi) 정책적 권장사항 및 행동 계획 제시

## <목차>

1. 소개
2. 국내 철도역의 에너지 소비량
3. 지능형 철도 역사를 통해 기대할 수 있는 잠재적 에너지 절약량 및 배출저감량 평가
4. 지능형 건물 기술
5. 행정 영향의 분석
6. 에너지 효율성에 대한 권고 사항 및 행동 계획

## <내용>

### 1. 소개

기후변화는 전 세계 경제에 심각한 위협을 가하여, 매년 1조2천억 달러(전 세계 GDP의 1.6%)의 경제적 손실을 발생시킨다. 특히 중국은 교토 프로토콜 및 2009년 12월 코펜하겐 기후변화회의에서 제안한 에너지 소비 감축량에 부응하는 데 상당한 어려움을 겪고 있다. 중국은 세계에서 가장 큰 제조 국가이며 이제는 가장 대규모의 에너지 소비국이기 때문에, 환경보호와 경제성장 간의 균형을 맞추는 것이 점차 더욱 어려워지고 있으며 부유층은 좀 더 많은 자원을 소비하고자 하고 더 높은 삶의 질을 원하기 때문에 지속가능한 자원의 사용을 추진하는 것 또한 어려운 상황이다. 그러므로 중국에서 에너지 소비량 및 탄소 배출량을 감축하는 것은 미래 개발 방향에 있어서 가장 중요한 전략적 목표가 될 것이다.

녹색 건물(green building)로의 전환은 특히 중요한데, 이는 건물이 개발도상국 및 선진국 모두에서 세 번째로 가장 전 세계 에너지를 많이 소비하는 부문이기 때문이다. 중국만 하더라도 건물 부문은 생산되는 총에너지의 20.8%를 소비하고 있다. 게다가 이 수치는 중국의 급속한 도시화 및 삶의 기준 개선 계획에 따라 향후 기하급수적으로 증가할 것이다. 따라서 건물 에너지 절약은 중국 경제의 지속가능개발을 실현하는 데 있어서 주요한 전략 계획으로 고려된다.

2003년부터 중국은 1,000개가 넘는 승객 수송역(passenger station)을 건설하고자 하는 계획에 따라 철도망(railway network)을 개발하기 시작하였다. 2013년 말까지 철도망은 103,000km까지 확장되었는데, 이는 2012년과 비교하여 5.7% 증가한 수준이다. 전반적으로, 2013년 승객 이동은 21억건에 달했고(10.8% 증가) 전체 철도 시스템은 매년 약 1,743톤의 표준 석탄을 소비한다. 중국철도공사(China Railway Corporation, CRC)는 2015년까지 철도망 규모를 120,000km로 늘리고자 계획하고 있으며, 이는 40억 승객이 연간 이동할 수 있는 규모이다.

서비스의 질을 개선하기 위하여 많은 도시들은 현재 새로운 역(station)을 건설하고 있거나, 오래된 역을 개보수하고 있다. 2005년 이래로, 다수의 역이 리노베이션 과정을 거쳐 시스템 기능을 개선함으로써 경제적인 비용

회수율을 높이고 있다. 이들 역에는 베이징 남역(Beijing South), 상하이 홍차오(Shanghai Hongqiao)역, 우한역(Wuhan Station), 시안 북역(Xi'an North), 정저우역(Zhengzhou Station), 광저우 남부역(Guangzhou South), 난징남역(Nanjing South), 청두동역(Chengdu East), 선전 북역(Shenzhen North) 및 란저우 서역(Lanzhou West)이 포함된다.

기타 대형의 공공 건물과 비교할 때 철도역은 ‘에너지 소비량에 막대한 영향을 미친다’는 특수한 특성을 지닌다. 그 구조가 거대할 뿐만 아니라 창문-벽의 비율(window-to-wall ratio)이 높고, 바닥 면적이 크다. 대규모 역을 대상으로 한 2011년의 에너지 조사에 따르면, 연간 에너지 소비량은 제곱미터 당 214 킬로와트시(kWh/m<sup>2</sup>)였는데, 기타 대형의 공공건물이 연간 114kWh/m<sup>2</sup>를 소비하는 것과 비교하여, 철도역은 높은 에너지 절약 잠재성을 지닌다. 2003년 이후 새롭게 지어진 역들은 기타 오래된 역과 비교하여 에너지를 59.3% 적게 소비한다. 이는 다시 말해서 기존의 역사(station building)를 개보수함으로써 에너지를 절약할 상당한 기회가 존재한다는 것이다. 난방, 환풍 및 에어컨(Heating, ventilation, and air-conditioning, HVAC) 시스템은 총에너지 소비량의 59%-7.9%를 차지하므로, 본 보고서에서는 특히 HVAC 시스템에 초점을 맞춘다.

지능형 건물(스마트 빌딩이라고도 부름)에는 상당한 범위에 걸쳐 다양한 부문 및 공급자들이 관여할 수 있는데, 여기에는 전기 시스템, 설치, 컴퓨터 공학 및 소프트웨어공학(software engineering) 등이 포함된다. 중국에서 건물을 설계할 때 건축가들은 통합에너지관리(integrated energy management)에 대해 집중하지 않고 있다. 건물의 에너지 소비량에 영향을 주는 인자들에는 건물의 외피(building envelope), 건물 서비스, 인간 관련 요소 및 기후조건 등이 있는데 이러한 인자들에 주의하여 지능형 제어 시스템(intelligent control system)을 설계 및 운영하는 것이 중요하고, 이때 에너지 절약 잠재량을 최대한 높일 수 있는 다양한 제어 전략(control strategy)을 고려하는 것이 필요하다.

본 연구의 기본적 목적은 다음과 같다.

- (i) 철도 역사(railway station building)의 국가 탄소배출 감축계획 지원
- (ii) 국제 건물 관리 관련 진보된 기술의 학습 및 활용
- (iii) 에너지 관리의 관점에서 비용 효율적인 방식의 철도역사 에너지 절약, 안정성 및 편의성 실현(지능형 건물 제어를 이행함으로써 20%의 에너지가 절약될 수 있을 것으로 예상)



본 보고서의 특정 목표는 다음과 같다.

- (i) 진보된 전 세계 스마트 빌딩 기술을 이해하고, 이를 적용한 사례를 조사
- (ii) 국내 철도역 에너지 효율성 연구 및 분석
- (iii) 철도 에너지 소비량의 평가 방법 및 기준 설정
- (iv) 지능형 제어 기술의 경제적 실효성에 대한 분석 완료
- (v) 최종 사용자 조사 및 정책적 분석을 기반으로 하여 정부를 위한 권고 사항 제시

## 2. 국내 철도역의 에너지 소비량

제1장에서 설명한 바와 같이, 역사(station building)는 기타 부문과 비교하여 앞으로 에너지 소비량이 더욱 증가할 것으로 보이는 데, 이는 철도망 확장 계획, 서비스 수준의 향상 및 승객 규모의 상당한 증가로 인한 것이다. 이러한 인자들이 에너지 소비량에 앞으로 어떻게 영향을 미칠 것인지 파악하기 위해서는 역사의 개발(station building development) 과정을 보다 심도있게 이해하는 것이 매우 중요하다. 중국에서 역 개발은 다음과 같은 세 가지 단계로 나뉜다.

- (i) 측면형 역(Side-line-type): 이 유형의 역은 1950-1960년에 지어졌다(예: 베이징역). 측면형 역은 규모가 크며, 티켓팅, 수하물 보관 및 기타 역 시설들이 선로(railway tracks) 옆에 위치하며 육교형의 통로가 여러 플랫폼으로 연결된다. 측면형 역은 철도 교통 목적으로만 설계된다.
- (ii) 다목적형 역(Mixed-use-type station): 이 유형의 역은 일반적으로 1990년대에 지어진 역들이다(예: 상하이역, 선양 북역(Shenyang North Station) 및 창춘 북역(Changchun North Station). 측면형 역과 같이, 대부분의 역 시설은 철도 옆에 위치하지만, 호텔이나 쇼핑몰 및 기타 시설들이 역사에 통합되어 있다. 일부 역의 경우 역 건물 윗층에 호텔이 있기도 한다. 전반적으로 다목적형 역의 규모는 크고, 대개 도시의 “프론트 게이트(front gate)” 라 일컫는다.
- (iii) 교통 중추역(Transportation hub station): 이 유형의 역은 2000년대 이후에 지어진 것들이다(예: 난징 남역(Nanjing South Station), 베이징 남역(Beijing South Station), 광저우 신역(Guangzhou New Station), 우한 역(Wuhan Station). 교통 중추(transcend hub)는 단순한 철도 교통을 의미하는 것이 아닌 이보다 큰 개념으로서, 다양한 유형의

교통을 아우르고, 많은 교통수단을 연결하는 매개체로서의 역할을 지닌다.

철도역은 전기, 열 및 기타 에너지 수요를 맞추는 데 있어서 석탄, 천연가스, 액상 석유가스(petroleum gas), 석탄 가스 및 석유에 높은 의존성을 보인다. 역의 지리 및 설비 상 차이가 있기 때문에, 국가 전역에 걸쳐 역에 사용되는 에너지원 또한 다르다. 대합실(waiting hall)이 5,000m<sup>2</sup>보다 큰 대규모 역의 경우, 그리드를 통한 전력, 지역 열 발전 및 현지 석탄 연소 등이 주요 에너지원이다. 그리드를 통한 전력은 에너지 수요량의 42.67%를 충당한다.

일관적으로 모든 역에서 에어컨 및 난방 부문은 총에너지 사용량 중 가장 큰 비중을 차지하며, 조명, 엘리베이터 및 에스컬레이터는 비교적 적은 비중을 차지한다. 대규모 철도역일수록 엘리베이터의 에너지 사용량 비중이 높은 편이다. 남부 지역은 한랭 기후를 지니기 때문에 에너지 사용량에서 난방 부문이 56%로 큰 비중을 차지하는 반면, 남부 지역에서 난방 부문은 최대 25%만을 차지한다. 최대 에너지 수요량(peak energy consumption)은 기온이 가장 높은 혹은 낮은 시기(월/month)에 나타난다. 조명은 두 번째로 가장 높은 에너지 소비량을 보이며 평균적으로 대형역에서 사용되는 총에너지의 15%를 차지한다.

따라서 역사의 에너지 절약 방안 및 관련 목표 달성에 관한 부분들은 역사 설계 초반에서부터 매우 중요하게 고려하는 것이 필요하다. 프로젝트를 착수할 때 설계를 적절히 하지 못하면, 향후 문제가 발생했을 때 이를 바로잡기 위한 비용이 많이 들며, 설계 후 단계에서도 운영비가 증가한다. 역사의 설계, 건축 및 설치부터 시범운영 및 운영까지 프로젝트 개발의 전 단계에 걸쳐 성공적인 에너지 절약 계획을 우선적으로 고려해야 한다.

본 연구는 건물 설비(equipment)를 적절히 모니터링하고 평가하는 것이 건물 에너지 관리 개선 목표를 달성하는 데 있어서 핵심이라고 주장하는 바이며, 이에 대한 강력한 증거를 제시한다. 부적절하게 설비를 운영할 경우 건물 요건을 충족시키지 못할 뿐만 아니라 많은 양의 에너지를 소비하게 된다. 건물 자동화 시스템(building automation system, BAS)은 이 문제에 대한 하나의 해결책이 될 수 있다. BAS를 적절히 설치하고 이용할 경우, 온도 조절, 조명 제어 및 에어컨 관리를 수동으로 운영할 때 발생할 수 있는 실수들을 미연에 방지할 수 있고, 설비 운영 조건의 신뢰성 및 안정성을

확보할 수 있으며, 설비의 서비스 수명을 연장함으로써 건물 내 모든 시스템을 효율적으로 관리할 수 있다.

최근 대부분의 건물 제어 시스템(building control system)은 설비 상태를 모니터링하는 데에만 사용되고 있으며, 지능형 제어 시스템이 설치되어 있는 경우도 매우 드물다. BAS의 통합 관리를 편익을 극대화하기 위해 추가적으로 적용해야 한다. 건물 설비 제어 전략이 취약하고, 제어 시스템이 적절히 설치되어 있지 않으며, 시범 운영이 피상적으로 진행될 경우, 건물의 에너지 소비량이 심지어 더욱 증가할 수도 있다는 것을 주의해야 한다.

### 3. 지능형 철도 역사를 통해 기대할 수 있는 잠재적 에너지 절약량 및 배출 저감량 평가

건물 에너지 기준은 두 개의 범주로 나눌 수 있다. 설계시의 에너지 성능 및 실질적인 건물의 에너지 성능. 중국에서 설계시의 건물 에너지 성능은 중국 공공건물 에너지 전략 표준에 따른 설계 매개변수(parameter)를 바탕으로 계산된다.

실질적인 에너지 성능은 건물 운영중 에너지 소비 수준을 바탕으로 한다. 중국은 정보 기술에서의 변화를 빠르게 받아들이고 있지 못하기 때문에, 건물 에너지 통계에 대한 국가 데이터베이스 플랫폼(platform)이 없다. 대신, 비슷한 크기의 건물들의 평균 소비량과 비교하여 특정 건물의 에너지 소비량을 추산하는 것이 일반적이다. 설계시의 조건은 어디까지나 추정이기 때문에 실질적인 운영조건과 다를 수 있고, 이에 따라 초기 설계시 에너지 성능과 실질적 성능 간 격차가 발생할 수 있다는 것을 유념해야 한다.

건물의 에너지 기준을 설정할 때 중요하게 고려한 점은 다음과 같다:

- (i) 국제 사례조사를 통해 파악한 진보된 에너지-절약 상품, 기술 및 시스템 통합 솔루션을 국내 프로젝트에도 일부 사용할 것이라 예상된다. 이러한 기술들은 경제성 및 실효성 분석을 통하여 검증할 필요가 있다.
- (ii) 장기적 관점에서 볼 때, 기준을 설정할 경우 기존뿐만 아니라 새로운 철도역에 대한 에너지 성능의 양적 평가(quantitative estimation)를 가속화할 수 있다.



기준 설정시의 문제들은 다음과 같다.

- (i) 에너지 소비량에 영향을 주는 인자들에는 기후, 건물 규모 및 운영 조건의 차이 외에도 다양하게 존재한다.
- (ii) 성능 분석에 통계적 방법을 적용할 경우, 실질적인 에너지 소비량 데이터가 상당량 필요할 것이다. 이러한 데이터를 얻는 것은 쉽지 않으며, 이는 중국철도공사 본래의 책무가 아니다.

위의 이유들로 인해, 중국의 일반적인 기후 영역내 에너지 소비량을 계산하는 데에는 연간 동적 에너지 시뮬레이션법(dynamic energy simulation method)이 적용될 것이다. 시뮬레이션 결과는 설정된 기준을 여러 제어 대책(control measure)과 비교하는 데 사용될 수 있다. 본 연구에서 위의 시뮬레이션법을 사용한 이유들은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (i) 본 시뮬레이션법은 국제 및 국가 공동 사례이다(예: 공공건물에 대한 에너지 효율성 설계 표준)
- (ii) 본 시뮬레이션법의 허용오차는 5%로서, 정확한 비교를 위해 충분히 양호한 수준이다.
- (iii) 본 시뮬레이션법은 여러 기후영역 및 다양한 역 규모에 걸쳐 수월히 복제할 수 있다.

동적 에너지 시뮬레이션은 기준 설정시의 문제를 어느 정도 해결할 수 있겠지만, 본 연구는 중국철도공사가 정확한 에너지 소비량 비교를 위한 데이터베이스의 구축을 위해, 빠른 시일 내 철도 지역에 대한 원격 중앙계측시스템(remote central metering system)을 설치할 것을 권장한다.

## 기술 평가

본 평가는 실질적인 에너지-절약 효과에 초점을 맞춘다.

- (i) 전기기술 하위시스템의 제어 논리(control logic): 여러 건물 영역 내 주요 전기기술 하위시스템(예: 에어컨, 조명, 엘리베이터 등)의 논리적 제어시스템을 확보한다.
- (ii) 종합 데이터 모니터링 및 수집: 에너지 효율성 관리 시스템을 통해 건물 에너지 소비 데이터를 적절히 모니터링하고 수집한다. 제어 시스템을 통합함으로써 에너지 효율성 관리를 용이하도록 하고 다양한 기기(device) 간 송수신이 원활히 될 수 있도록 한다.
- (iii) 통합 에너지-절약 효과: 기본적인 건물 기능의 손상없이 에너지 절약을 확보한다.

## 경제 평가

본 평가는 기술 프로그램의 경제적 편익에 대해 초점을 맞춘다.

- (i) 투자: 설비비, 노동비, 건설비 및 유지비 등 기술 투자 비용
- (ii) 수익 회수: 수익 회수에는 기본적인 에너지비, 수입 안정성 및 이익 배분 등이 포함
- (iii) 운영 관리: 기술 운영 및 위험 관리의 복잡성(complexity)

## 응용성 평가

본 평가는 중국내 특정 역들을 대상으로 특정 기술 방안 및 그 실효성에 초점을 맞춘다.

- (i) 건물 유형: 건물의 규모 및 유형 (고속 철도역 경우 모든 역에 걸쳐 유사함)
- (ii) 지리학적 특성: 특정 기후 및 편의성 기준, 인구 이동 및 일일 건물 운영 시간
- (iii) 기본적인 에너지-절약 전략: 건물의 에너지 효율성을 높일 전략으로서 패시브 건물 설계<sup>1)</sup>, 에너지 효율성이 높은 전기·기계 설비 및 운영 관리 등이 포함된다.

기존의 프로필을 바탕으로, 난방, 환풍 및 에어컨이 연중 가동되고 대합실(waiting area)의 조명 조건은 기타 내부 지역과 동일한 ‘기본 모델(basic model)’을 만든다. 모델을 만들고 나면, 지능형 건물 척도(역 설계가 및 운영자들과 진행한 대화를 바탕으로 선택) 네 가지를 추가한 후 지능형 철도 역사 모델(Intelligent Railway Station Building model)을 이용하여 시뮬레이션을 진행한다. 중국의 철도역에 적용되는 모든 지능형 건물 척도는 대형 공간 역사(station building)에 대한 최적성 및 높은 실효성을 보이는 것들이다. 이러한 네 가지의 척도는 다음과 같다.

- (i) 100% 가변 냉방 제어 설비(100% variable chiller plant): 냉수 및 냉각수 펌프와 냉각탑용 팬(cooling tower fan)에 대한 가변성 주파수 제어(variable frequency control)가 완전히 가능. 여기서 펌프 주파수(pump frequency)는 폐회로(closed loop)의 압력 저하(pressure drop)에 따라 달라지며 냉각탑용 팬의 속도는 냉각수 배출구의 온도에

1) 패시브 설계(passive design)이란 설계 시 별도의 기계장치를 활용하지 않고 복사, 대류, 전도가 구조에 의해 자연스럽게 이루어지도록 하여 열의 흐름을 조절함으로써 냉난방 효과를 얻고자 하는 설계이다.

따라 달라진다. 시뮬레이션 결과에 따르면, 이 척도는 총에너지를 3.87% 절약한다.

- (ii) 가변 풍량 제어 에어컨 시스템(Variable air volume air-conditioning system): 출입구 및 대합실(waiting area)의 에어컨 박스. 최소 풍량은 설계치의 60%로 설정된다. 시뮬레이션 결과에 따르면 이 척도는 총에너지를 5.01% 절약한다.
- (iii) 맑은 공기 및 배기 공기를 통한 열회수(Heat recovery from fresh and exhaust air): 대합실내 맑은 공기 및 배출 공기 간 발생하는 열을 완전히 회수한다(heat recovery). 엔탈피차(enthalpy difference)가 킬로그램 당 2.3 킬로줄(kJ)보다 클 경우 열 교환 휠(heat exchange wheel)을 통한 공기 흐름 (반면, 2.3 kJ보다 작을 경우에는 공기가 통과함). 시뮬레이션 결과에 따르면 이 척도는 총에너지를 2.86% 절약한다.
- (iv) 주광조명 제어(Illumination daylighting control): 대합실 내 도보(sidewalk)구역의 주광조명 제어, 도보구역의 조명은 전체 대합실 조명의 40%를 차지한다. 주광(illumination)이 200럭스(lux)에 달하면, 조명 제어는 도보구역의 조명을 소등한다. 시뮬레이션 결과에 따르면 이 척도는 총에너지를 4.82% 절약한다. 여기서 주의할 것은 디밍시스템(dimming system)<sup>2)</sup>을 사용할 경우 절약율이 더욱 높아질 수 있다는 것이다. 그러나 디밍시스템에는 전자식 디밍안정기(electronic dimmable ballast)가 필요하므로 스위칭 시스템보다 값이 비싸고, 특히 기존의 조명 시스템을 개보수할 경우 이러한 전자식 디밍안정기를 설치하는 데 비용이 많이 든다. 그럼에도 불구하고, 디밍시스템은 가장 높은 에너지 절약율을 보이며 스위칭시스템의 조명 수준 특성에 심각한 변화를 주지 않는다는 장점이 있다.

#### 4. 지능형 건물 기술

지능형 건물 기술을 바탕으로 에너지를 절약하는 데 있어서, 지능형 제어 시스템을 활용하는 것은 건물의 에너지 절약 전략에서 핵심 요소이다.

2) 디밍 시스템 (dimming system): 사람이나 차가 지나가면 자동 센서를 이용하여 등이 켜지게 하는 시스템

건물 자동화 시스템(building automation system, BAS), 혹은 건물 관리 시스템을 적절히 이행할 경우, 건물의 효율적 운영을 보장할 수 있고, 동시에 저탄소 목표를 달성할 수 있으며 계속적으로 에너지 개선을 유도할 수 있다. 국제 연구에 따르면, 지능형 제어를 통해 건축 비용 대비 운영유지 비용 간 비율을 20:80으로 맞출 경우, 40-50%까지 많은 에너지를 절약할 수 있다. 지능형 제어의 핵심가치는 앞으로 더욱 주목받을 것으로 보인다.

현대식 건물에서, 설계자들은 복잡한 제어 시스템을 도입하는 경향이 있는데, 이러한 시스템은 스마트하지 않을 뿐만 아니라 온전히 활용하기에는 너무 복잡한 경우가 많다. 중국의 국내 건물에 관한 조사에 따르면, 대부분의 제어 시스템은 설비(equipment)만 모니터하고 있으며, 설비의 모니터와 제어에 모두 사용하는 시스템은 매우 소수였고, 전자동으로 건물을 운영하여 에너지 절약을 유도하는 데 사용하는 시스템은 극소수였다.

이에 대한 주요 이유 중 하나는 많은 건물 소유자들이 에너지 절약 측면에서 지능형 제어 시스템이 가져올 수 있는 이익을 이해하지 못하고 있다는 것이다. 사실 지능형 제어 시스템을 적절히 설계하고 운영하는 것은 건물의 편의성, 안정성 및 에너지 효율성을 높이기 위한 핵심이다. 지능형 제어 시스템의 특징점은 아래에 요약하였다.

- (i) 운영 비용, 에너지 소비량 및 대기 오염이 적음
- (ii) 건물의 세입자들을 위한 편의성이 개선됨
- (iii) 에너지 폐기량이 적음
- (iv) 설비 사용의 효율성이 높음
- (v) 운영, 보수 및 대체 비용이 감소

여기서, 통합 제어를 충분히 이해해야 위에서 열거한 장점을 성공적으로 실현할 수 있다. 지능형 제어 시스템을 적절히 설계하고 운영하는 것이 전체적으로 설계된 철도역 내 저탄소 운영목표를 실현하기 위한 핵심이다.

고속 철도역(high speed railway station)의 지능형 제어 기술 관련 최신 개발 및 경향에 대한 지능형 철도역 건물 연구에서는 다음과 같은 사항들을 밝혔다.

- (i) 유럽, 일본 및 미국의 철도역 신축 및 개보수 프로젝트의 대다수는 오래된 것이며 2005년 전에 완료되었다. 새로운 고속 철도 프로젝트의 대부분은 중국을 중심으로 대개 아시아 지역에서 추진되고 있다. 따라서

지능형 철도역 건물(IRSB)에 관한 국제적 사례들은 공항, 지하철역 및 기타 상업 건물에서 찾아볼 수 있다.

- (ii) IRSB와 관련하여 주도적으로 해결방안을 제시하는 전 세계 기업(Schneider Electric, ABB, Siemens, Philips, Honeywell, Johnson Controls, UTC, GE, Toshiba, Yamatake 및 Weldtech)이 존재한다. 프로젝트 후에 에너지-절약에 관한 분석이 많이 이루어지지 않았기 때문에, 실질적이고 효율적인 (지능형제어 관련) 통계자료나 연구가 부족하다.
- (iii) 건물 에너지 전략 프로젝트에서, 지능형 제어시스템은 대개 기타 시설-기반 기술(equipment-based technology)들과 함께 통합적으로 적용되므로, 제어 방법이 에너지 절약에 얼마나 기여할 수 있는지 그 절대치를 파악하기가 더욱 어렵다. 과거의 데이터가 부족하기 때문에, 하위-부문별로 측정이 이루어지며, 안보상의 이유로 인해 에너지-전략 대책의 이행 이전 및 이후의 소비량을 비교하는 데 있어서 포괄성이 떨어지는 상황이다.
- (iv) 하나의 건물을 이루는 하위 시스템을 대상으로 한 ‘지능형 건물 관리 및 제어 시스템’ 과 관련하여 가장 진보된 기술들이 이미 중국 시장에 도입되어 있으며, 이는 주로 상업 빌딩에서 많이 찾아볼 수 있다.

결론적으로, 전 세계 기타 공공건물과 비교했을 때 중국의 고속 철도역은 독특한 설계 특징을 갖고 있으며, 이러한 이유로 인해 에너지 효율성을 높이는 데 있어서 여러 난제들에 직면하고 있다. 안정적인 지능형 건물 제어 기술 및 전략은 다양한 건물 시스템에 활용 및 적용될 수 있으며, 적절히 설계, 설치 및 설정되고 기타 양호한 패시브건물 특성들을 통해 그 특징점이 최대화될 경우, 효율적으로 건물의 에너지 저감 역량을 높일 수 있다. 이러한 기술 솔루션의 잠재력을 증폭하기 위해서는, 중국 철도역 건물에 동 기술을 적용할 때 관련 인자들을 포괄적이면서도 세밀하게 검토해야 한다.

중국 철도역 건물에 이러한 잠재적 기술들을 활용하고 할 때는, 단순히 기술들을 서로 합하는 것이 아닌, 하나의 통합 시스템을 도입하기 위한 전체론적인 접근법을 취해야 한다. 또한 역을 개발할 때 저탄소 설계 과정(그림25 참고)을 확실히 반영하여 중국내 지능형 철도역 건물들이 에너지 배출량 저감 목표를 확실히 달성할 수 있도록 유도해야 한다.



지능형 건물 제어 시스템을 사용함으로써 에너지 소비량을 줄이고, 에너지 폐기물을 최소화하거나 제거하며, 운영유지 비용을 저감할 수 있기 때문에, 건물의 지속가능성을 뒷받침할 수 있다. 그림 1은 철도역 사용자들을 위한 특정 수준의 편의성은 달성하는 동시에, 에너지는 절약하고 배출량은 저감할 수 있도록 이끄는 중요한 지속가능성 요소들을 보여준다.



## 5. 행정 영향의 분석

지능형 기술 통합이 효율적으로 이루어지기 위해서는, 운영 메커니즘을 개선하는 것이 필요하다. 법 시스템, 정책 및 관리는 에너지 소비량을 성공적으로 줄이는 데 있어서 결정적인 역할을 한다. 선진국들과는 다르게 중국에서는 정부가 전통적으로 중국의 에너지 절약을 관리해오고 있다. 2007년에 에너지 절약 기술 정책이 발표되어 철도역 건물에 대한 특정 정책 요건들이 제시되었다.

- (i) 신(新) 철도역 개발 프로젝트 과정은 여러 단계로 이루어진 프로젝트 라이프사이클을 기반으로 하는데, 이들 단계 각각에 대해 책임을 지는 중국철도공사의 부서가 각기 다르고, 일반적으로 라이프사이클 전 단계에 걸쳐 일관성이 부족하다. 이들 단계에 대해서는 중국철도공사의 각기 다른 부서들이 책임을 지고 있다. 계획 단계에서, 철도선(railway line)의 승인과 함께 역(station)도 승인이 되기 때문에, 역에 대한 평가(station

assessment)에는 초점을 두지 않는다.

설계 단계에서, 선로를 설계하는 기관이 역 설계에도 책임을 지는 반면, 중국철도공사의 과학기술부(Science and Technology Department)는 설계 승인 및 변경 요청에 책임을 진다. 에너지 절약에 특정한 설계 검토 과정은 없다. 건설 단계에서는 중국철도공사의 프로젝트 매니지먼트 센터(Project Management Center)가 조달 및 건축 관리에 대한 책임을 진다. 운영 단계에서는 선로국(railway bureaus)이나 교통 회사가 관리에 대한 책임을 지고, 역 운영자는 일일 운영에 책임을 진다. 중국철도공사의 계획 및 통계 센터는 에너지 통계 및 평가에 대한 책임을 진다. 이렇게 각 단계에 걸쳐 책임 부서가 달라 프로젝트 개발 전 단계에 걸쳐 일관성이 떨어지기 때문에 지능형 제어에 대한 정보가 단계와 단계 사이에서 적절히 순환되지 못하고, 결국 단계 간 갭(gap)이 생기게 되며 통합성이 부족하게 된다. 따라서 기능 요건을 맞추기가 어렵고 성능 최적화에 실패할 수 밖에 없다.

- (ii) 기존 역의 운영에 있어서도 역시, 다수의 책임 부서가 존재한다. 선로국(railway bureau)이나 교통 회사들이 에너지 요금(energy fee)에 책임을 지는 반면, 중국철도공사의 계획 및 통계 센터는 에너지 통계와 평가에 책임을 진다. 역의 책임 엔지니어(head engineer) 이하 여러 엔지니어들은 역 전반의 공학적 부분들을 담당하는 반면, 설비의 유지관리는 하도급으로 이루어진다. 이와 같이 에너지 모니터링에 대한 정확한 실시간 에너지 모니터링이 부재한 채로, 분산화된 설비 관리가 이루어지기 때문에 에너지 전략의 최적화가 저해될 수 있다.

### 법적 프레임워크

변화법(Change Bill): 변화법의 목표는 배출량 감축을 위한 명확하고 일관적인 장기 계획을 개발하는 것이다. 본 법에는 탄소 배출 가격책정 계획의 개발, 합법적 상태의 기후변화 위원회 형성, 새로운 배출권거래제(emissions trading system)의 도입, 그리고 배출가스 모니터를 위한 새로운 온실가스 배출량 보고 메커니즘(reporting mechanism)의 구축 등이 포함된다.

일본은 온실가스 감축과 관련하여 다양한 법을 마련하고 있다. 에너지 보존법 “에너지 보존 및 재활용 지원법”, 폐기물 처리법, 화학물질관리법, 오염물질 방출 및 이전의 등록법 및 기타 여러 산업의 에너지 사용량

증가를 규제하는 엄격한 법적 수단을 설계하고 이행하고 있다.

미국은 1992년 에너지정책법을 도입하였고, 에너지 독립 및 안보법, 청정수자원법, 청정대기법, 고형폐기물처리법 및 기타 법안과 규제들을 마련하였다. 이러한 에너지 절약 및 환경 규제 관련 법들은 에너지 절약을 위한 규제를 엄격히 강제하기 위하여 설계된 것들이다.

에너지 절약과 관련된 유럽연합(EU)의 법 문서에는 단일유럽의정서(Single European Act) 및 유럽공동체조약(EC Treaty: EU 회원국들이 환경 정책 및 지침 원리에 공동으로 순응하도록 요구)이 포함된다. 건물 에너지 소비량의 감축과 관련된 주요한 EU 법안들에는 2010년 건물 에너지성능 지침 및 2012년 에너지효율성 지침이 포함된다. EU내 여러 국가들은 EU에너지법과 더불어 이에 상응하는 자국만의 에너지전략 법 및 규제를 마련하고 있다. 전 세계에서 가장 개발된 순환 경제국 중 하나로서 인식되고 있는 독일은 환경 규제를 강제하기 위한 강력한 법체계를 갖고 있다.

에너지 절약법(Energy Saving Act) 및 에너지 절약 조례(Energy Saving Ordinance)는 독일연방정부 에너지효율성 정책에서 가장 핵심적인 법적 도구이다. 독일이 에너지 절약 법 및 규제에서 규정하고 있는 세 가지 기본 원칙은 “오염자 부담” 원칙, 사전예방적 원칙, 그리고 협력 원칙이다.

### 정책 집행

2009년 7월에, 영국은 두 가지의 국가 전략 문서(저탄소이행계획 및 신재생에너지 전략)를 발행하였으며, 이를 위한 일련의 지원 프로그램(UK 신재생에너지 전략 및 2020년까지의 저탄소 경제개발을 위한 로드맵 형성을 목적으로 하는 영국 저탄소 산업 전략 등)을 마련하였다. 정부는 광산 자원의 채굴을 줄이거나 (나아가 중단시키고), 에너지 소비량 및 오염 수준이 높은 사업을 저지하는 여러가지 강압적 조치들을 채택하였다. 또한 영국은 “오염자 부담” 원칙 및 통합 재정 정책을 통해 기업들이 에너지를 전략할 수 있도록 장려하는 정책들을 제시하였다.

### 관리 사례

국외 정부들은 에너지 보존 관리에서 있어서 간접적인 관리 접근법을 채택하고 있다. 에너지 보존에 대한 정책의 이행이 원활히 이루어질 수

있도록, 정부는 에너지 보존 원칙을 지지하는 에너지 공급자, 산업체 및 중간 조직체, 그리고 기타 기업체들에 관련 정보를 배포한다. 에너지 기술을 추진하는 조직 등 비정부조직들 또한 에너지 보존의 추진에 있어서 상당히 중요한 역할을 하고 있다. 에너지 및 기후변화부(Department of Energy and Climate Change)는 에너지 정책과 규제 개발, 그리고 에너지 투자를 위한 정부의 재정 관리에 책임을 진다. 일반적으로는 정부가 에너지 보존 프로젝트를 직접 관리하지 않는다.

프랑스는 ‘자연 에너지 기준 관리’ 및 ‘환경오염 제어 노력’에 책임을 하나의 독립된 환경에너지관리기관(Environment and Energy Management Agency)을 설립하였다. 이 기관은 주요 에너지 기업의 자발적 노력을 요구하고, 중간 매개의 조직 및 기업을 통해 에너지 절약 대책을 추진한다.

미국에서, 주 정부(state government)는 사업 부문이 정책을 고수하고 있는지 확인하는 데 책임을 지니며, 여기서 지역 및 연방법을 따른다. 미국은 정부 및 기업들이 에너지 절약 목표를 달성할 수 있도록 법 및 경제적 수단을 사용한다. 법체계, 공공 정책 및 자원 관리는 에너지 저감 전략을 성공적으로 이끄는 데 결정적 역할을 하는 인자이다.

## 6. 에너지 효율성에 대한 권고 사항 및 행동 계획

요약해서 말하자면, 중국에서 지능형 철도역 시스템을 위한 효율적인 설계 및 건축 관리가 부족한 상황이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전체적인 프로젝트 과정 및 행정적 메커니즘을 최적화하는 것이 필요하다. 중국 철도역에 지능형 하드웨어(hardware)가 일단 통합되고 나면, 그 후에는 기능적인 시스템 성능을 개선하는 것이 핵심이다.

중국에서 철도역들은 다양한 기후 영역에 걸쳐 분산되어 있기 때문에, 기후 영역에 따른 특수한 대책을 마련하여 각 지역 환경에 대한 요건을 맞추는 것이 매우 중요하다. 안정성과 에너지 절약은 지능적 제어를 위한 기본적인 요건이므로, 성숙화 단계의 상품, 인증된 기술 및 브랜드(brand)를 사용해야 한다. 또한 새로운 기술을 시범적으로 입증하는 데 적절한 특정 사이트가 있을 수 있다.

새로운 철도역에 대하여, 본 연구는 다음과 같은 사항을 권장한다.

- (i) 건물의 시범 운영 단계를 개선하여, 최근의 설계 기준 및 건축 법규가



강력히 이행될 수 있도록 하고, 건물의 시범 운영 및 승인 단계에서 시설관리 직원이 참여토록 하거나 외부의 독립적 시범 운영 기관에 의뢰한다.

- (ii) 각각의 사업 및 특성에 대하여 에너지 설계 부문의 질을 개선하고 에너지 전략 검토를 행한다.
- (iii) 저탄소 설계 모형을 채택함으로써 설계 과정을 개선하여 철도역이 녹색건물 라벨(label)을 얻을 수 있도록 한다.
- (iv) 건물 자동화 하위시스템들을 적절히 통합하여 일부 기준 및 규약에 순응하도록 한다.
- (v) 프로젝트 및 설계 과정을 개선하여 시너지 효과를 높인다.
- (vi) 설계, 건축에서 운영 단계까지 모두 아우르는 전반적 라이프 사이클에 대한 시범운영을 이행한다.
- (vii) 신재생에너지시스템 설계 및 건축의 질을 높인다.
- (viii) 시설관리직원에 대한 교육 및 인센티브를 강화한다.
- (ix) 운영과정 기준 및 일일 운영을 위한 시스템 매뉴얼을 작성한다.
- (x) 시설의 전 수명에 걸쳐 에너지 감사 및 시범운영을 재차 수행한다.
- (xi) 건물 에너지 계측 시스템(energy metering system)을 설치한다.
- (xii) 민간-공공 파트너십을 채택하여 새로운 역을 개발한다.

기존의 철도역에 대하여 다음과 같은 사항을 권장한다.

- (i) 시설관리직원에 대한 교육 및 인센티브를 강화한다.
- (ii) 운영과정 기준 및 일일 운영을 위한 시스템 매뉴얼을 작성한다.
- (iii) 시설의 전 수명에 걸쳐 에너지 감사 및 시범운영을 재차 수행한다.
- (iv) 건물 에너지 계측 시스템을 설치한다.
- (v) 기존의 건물이 녹색라벨인증을 받도록 노력한다.
- (vi) 제3자의 시설관리를 채택하여 역을 관리한다.

※ 동 보고서는 요약 및 번역본입니다. 상세 내용은 원문을 참조하십시오. 원문은 <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/173696/energy-intelligence-railway-station.pdf>에 있습니다.

