

一帶一路工程及基建專業提升計劃研討會, HK, 29 August 2019

建立全過程安全風險管理體系 創造大灣區工程建設卓越成就



楊文武 博士
副總裁

交通基礎設施, AECOM

E-Mail: Morgan.Yang@aecom.com



中國國家級城市群

1. 京津冀城市群
2. 長江中游城市群
3. 哈長城市群
4. 成渝城市群
5. 長三角城市群
6. 中原城市群
7. 北部灣城市群
8. 關中平原城市群
9. 呼包鄂榆城市群
10. 蘭西城市群
11. 珠三角城市群

Regional Population Catchment: About 40 Million

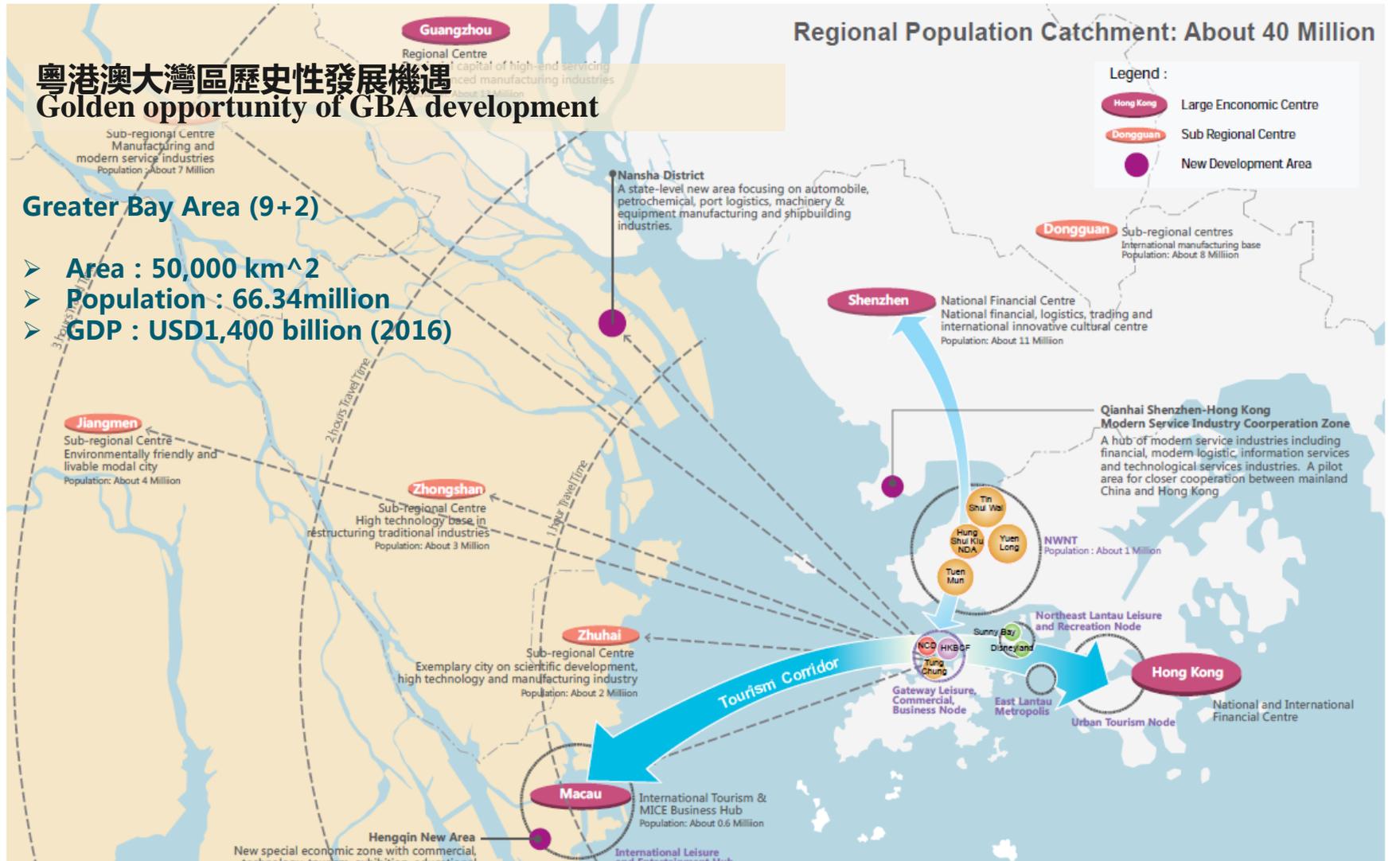
粵港澳大灣區歷史性發展機遇 Golden opportunity of GBA development

Greater Bay Area (9+2)

- Area : 50,000 km²
- Population : 66.34million
- GDP : USD1,400 billion (2016)

Legend :

- Hong Kong Large Economic Centre
- Dongguan Sub Regional Centre
- New Development Area



一起探索GBA城市群發展終極目標

Explore ultimate goals of GBA urban cluster Development



基礎設施可持續發展，成就了東方明珠香港

Sustainable Infrastructure shapes Hong Kong



2019
Tuen Mun CLK Tunnel



HKIA

2018
Hong Kong – Zhuhai –
Macao Bridge Link



1997
Kowloon Station

2018
West Kowloon Terminus

2013
Kai Tak Cruise Terminal



2019
Central Wanchai Bypass

融入大灣區發展，香港工程的核心競爭 優勢何在？

- 國際性
- 系統性
- 高品質
- 工程管理
- 公眾諮詢
- 環保實踐
- ...



安全風險管理體系

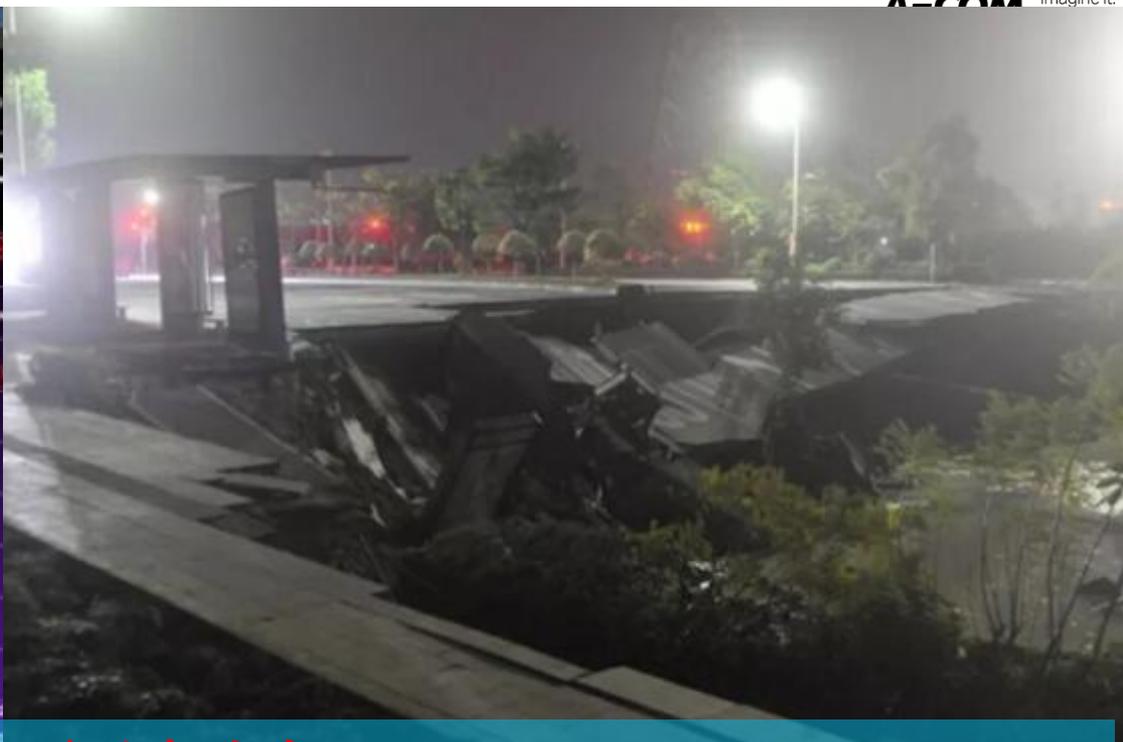
2015年12月21日

AECOM
Imagine it.
Delivered.

安全無小事

2015年12月20日11時40分，深圳市光明新區鳳凰社區紅坳村恒泰裕工業園發生的大規模土石崩塌事故，造成33棟樓房倒塌或損毀，釀成69死8失蹤16傷，逾900人被疏散。

2015年12月25日，經國務院“深圳光明新區‘12·20’滑坡災害調查組”調查認定，此事故是一起受納場渣土堆填體的滑動，不是山體滑坡，也不屬於自然地質災害，屬於安全生產事故。



安全無小事

2018年2月7日晚上7時，佛山地鐵2號線一期工程綠島湖至湖湧盾構區間右線工地突發透水，作業工人嘗試堵漏未果，至晚上8時40分左右，現場透水面積擴大，導致隧道管片變形及破損，引發地面季華西路三十多米路段坍塌。事故造成11人死亡、1人失蹤、8人受傷，直接經濟損失約5323.8萬元。



安全無小事

2019年7月8日，深圳市體育中心的體育館拆卸期間倒塌，造成工人3死5傷。



安全無小事

2019年8月28日，深圳市羅湖區一棟6層高的樓宇突然倒塌，所幸無人傷亡。

主要議程 Agenda

- 1 城市化發展趨勢和粵港澳大灣區發展藍圖**
- 2 安全文化是城市發展的核心競爭力**
- 3 系統化風險管理是工程管理核心**
- 4 “Safety for life” 是安全革新的方向**

1

城市化發展趨勢和粵港澳大灣區發展藍圖

Global urbanization and GBA plan

中國城市化發展趨勢和機遇

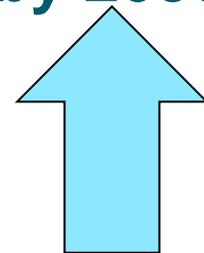
Trend and Opportunities of Urbanization in China

- Build up sustainable infrastructure
大力發展可持續的基礎設施
- Improve land use efficiency
精明提升土地使用效率
- Improve energy use efficiency
有效地改善能源使用效率
- Elevate urban resilience and risk safety management level

提升城市韌性和安全風險管理水準



70%
by 2050



36%
by 2002



粵港澳大灣區計畫，是城市群發展的藍圖

Grand development plan of GBA

GBA 五大戰略定位

1. 充滿活力的世界級城市群
2. 具有全球影響力的國際科技創新中心
3. “一帶一路”建設的重要支撐
4. 內地與港澳深度合作示範區
5. 宜居宜業宜遊的優質生活圈

面積
5.6萬平方公里

人口
6000多萬人

GDP
9.35萬億元

- 香港、澳門、廣州和深圳四大“中心城市”作為區域發展的核心引擎
- 繼續發揮比較優勢做優做強，增強對周邊區域發展的輻射帶動作用



《粵港澳大灣區發展規劃綱要》（2019年2月18日）

Outline development plan for GBA

兩階段發展目標

2022 年

2035 年

綜合實力顯著增強

粵港澳合作更加深入廣泛

區域內生發展動力進一步提升

發展活力充沛、創新能力突出、產業結構優化、要素流動順暢、生態環境優美的國際一流灣區和世界級城市群框架基本形成。

大灣區形成以創新為主要支撐的經濟體系和發展模式，經濟實力、科技實力大幅躍升，國際競爭力、影響力進一步增強；

大灣區內市場高水準互聯互通基本實現，各類資源要素高效便捷流動；

區域發展協調性顯著增強，對周邊地區的引領帶動能力進一步提升；

人民生活更加富裕。



GBA

Guangzhou
10.7 million

Now --- 2050
70 million --- 150 million

Foshan
6.8 million

Dongguan
8.2 million

Shenzhen
10.4 million

Zhongshan
3.1 million

Hong Kong
7.3 million

Zhuhai
1.67 million

Macau
0.6 million



Transport Hub Age
交通樞紐發展大時代



Underground Space Age
地下空間發展大時代



Urban Regeneration Age
城市更新發展大時代

Connectivity

互聯互通發展大時代

Rail Transport

軌道交通發展大時代

Smart Cities

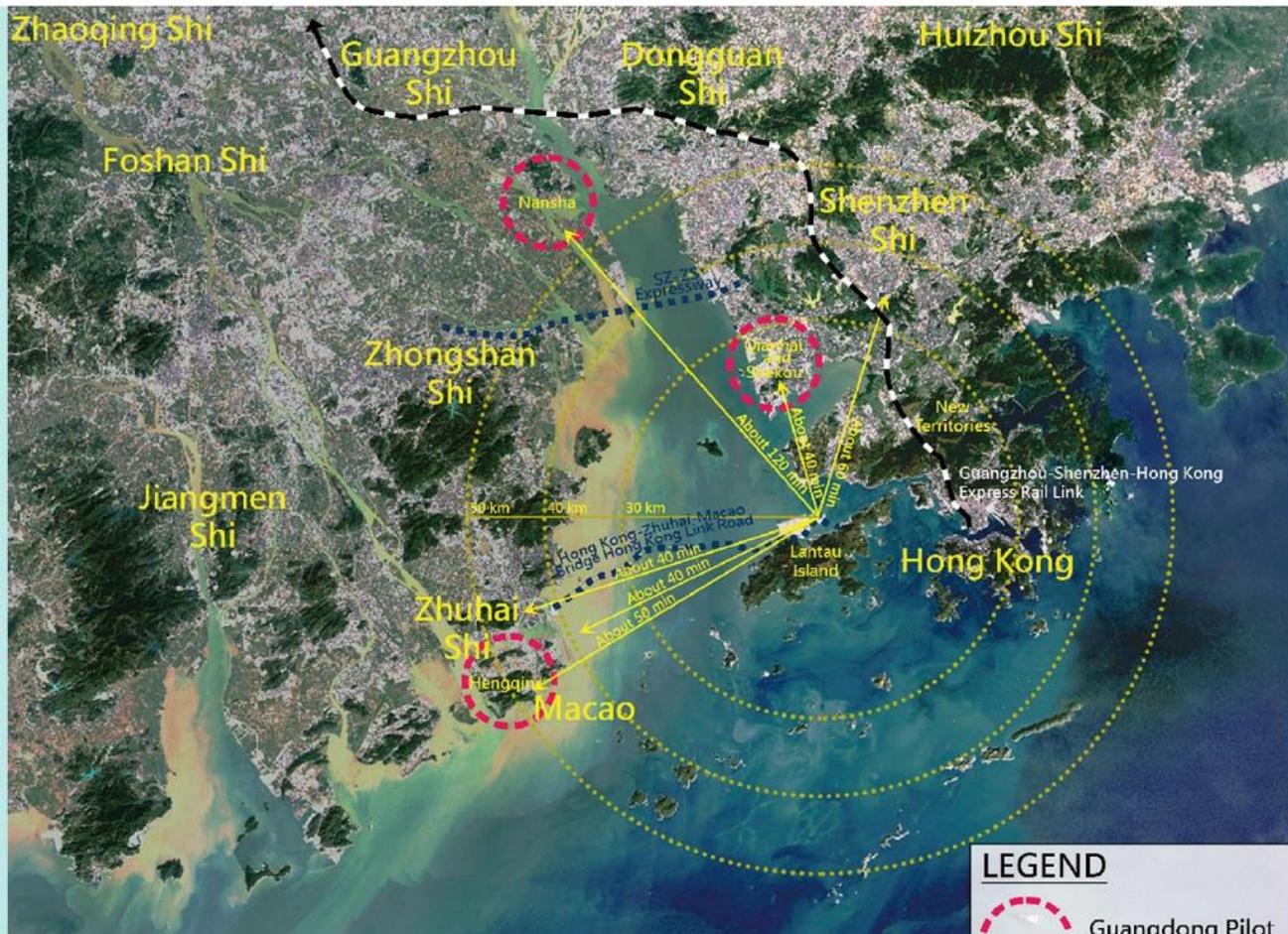
智慧城市發展大時代

打造大灣區 1 小時城際交通圈

One-hour intercity traffic circle within GBA

One-hour Intercity Traffic Circle

Three-hour living circle and one-hour intercity traffic circle within the Greater PRD Region



Connectivity 互聯互通發展大時代

Major transport infrastructure projects
in 13th Five-Year Plan, Guangdong
計畫投15000億元人民幣

廣東省 “十三五” 重大项目投资安排			
项目	单位	总投资 (亿元)	计划投资 (亿元)



GBA plan is about

Sustainable development, transformative Mobility and City Cluster Competitiveness.

這是集約式發展、交通模式轉變和城市群競爭力的重大課題

民航	通用机场	-	100	80
	机场配套工程	-	23	20
	油气主管网	896 公里	295	270
	合计		32915	14600

3



图例

- 在建线路
- 近期实施
- 规划线路
- 远景展望

全球大型基礎實施發展項目的成功要素

資料來源: Global Insight, company research
Source: Global Insight, company research

1. 明確的發展目標和**安全原則**
2. 清晰的規劃和設計導則
3. 有計劃和高績效的階段性實施計畫
4. 以**風險管理**為核心的項目群/建造管理和協調

目前全球有18個大型的基礎設施專案其中8個由AECOM的團隊負責專案管理
AECOM is working on 8 of the 18 Largest Civil Infrastructure Programs in the World

1. 利比亞房屋及基礎設施
Libya Housing and Infrastructure



2. 阿聯酋首都城市建設
Capital City District, UAE



3. 阿聯酋 阿布達比薩迪亞特島(快樂島)
Saadiyat Island, UAE



4. 沙特亞杜拉金貿城
King Abdullah Economic City, Saudi Arbaia



5. 中國香港 西九龍高鐵總站
West Kowloon Terminus, Hong Kong



6. 英國倫敦快速鐵路
London Crossrail, United Kingdom



7. 美國紐約世貿中心第二大道
New York World Trade Center 2nd Ave. Subway



8. 美國三藩市水系統改善工程
San Francisco Water System Improvement Program



2

安全文化是城市發展的核心競爭力

Engineering safety culture as a core competitiveness



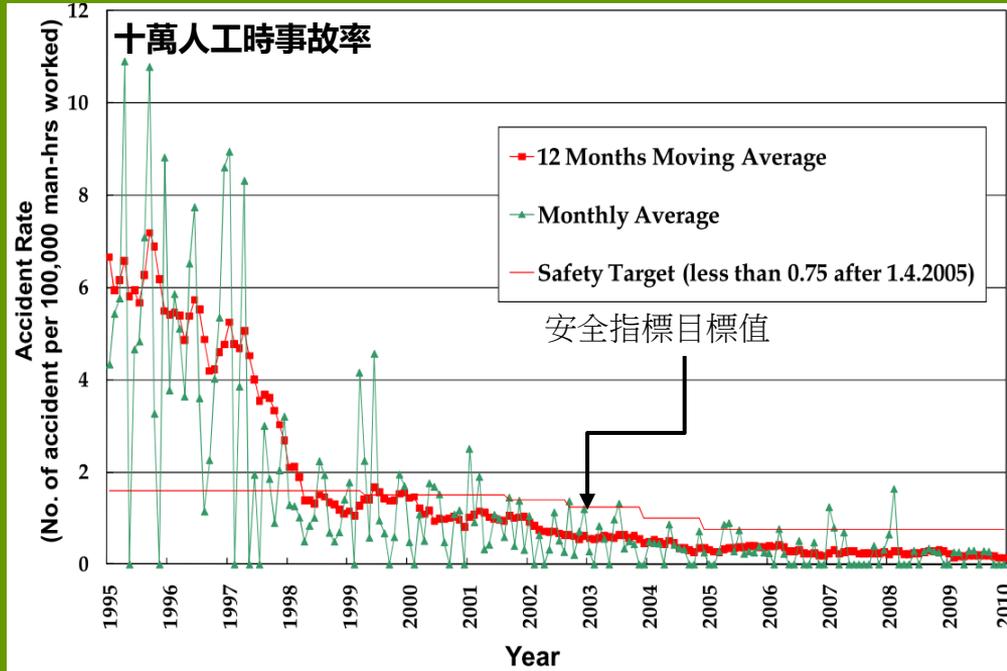
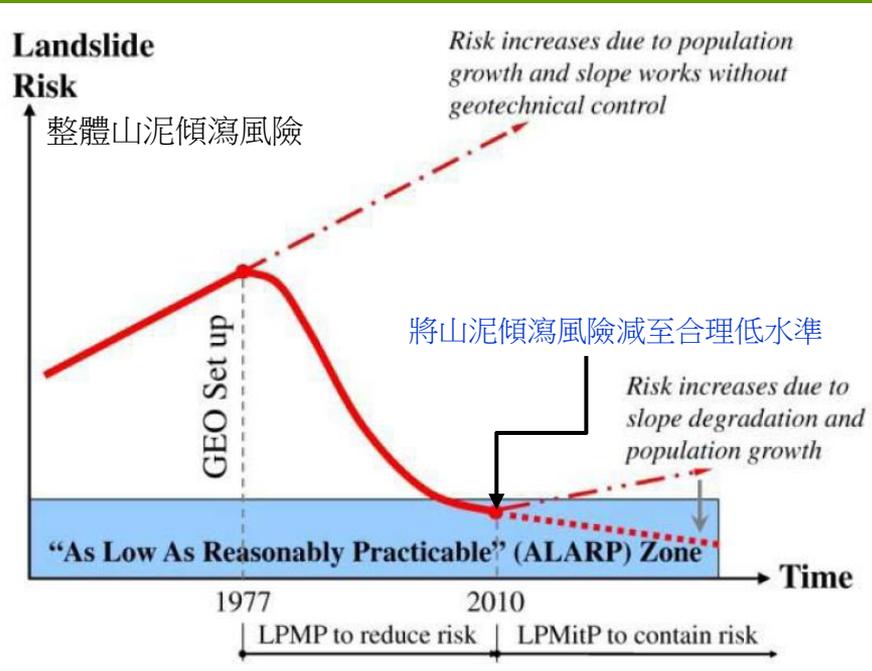
香港擁有系統化風險管理的領先經驗

斜坡安全管理系統

Slope Safety Management System in Hong Kong

經過四十多年來的不懈努力

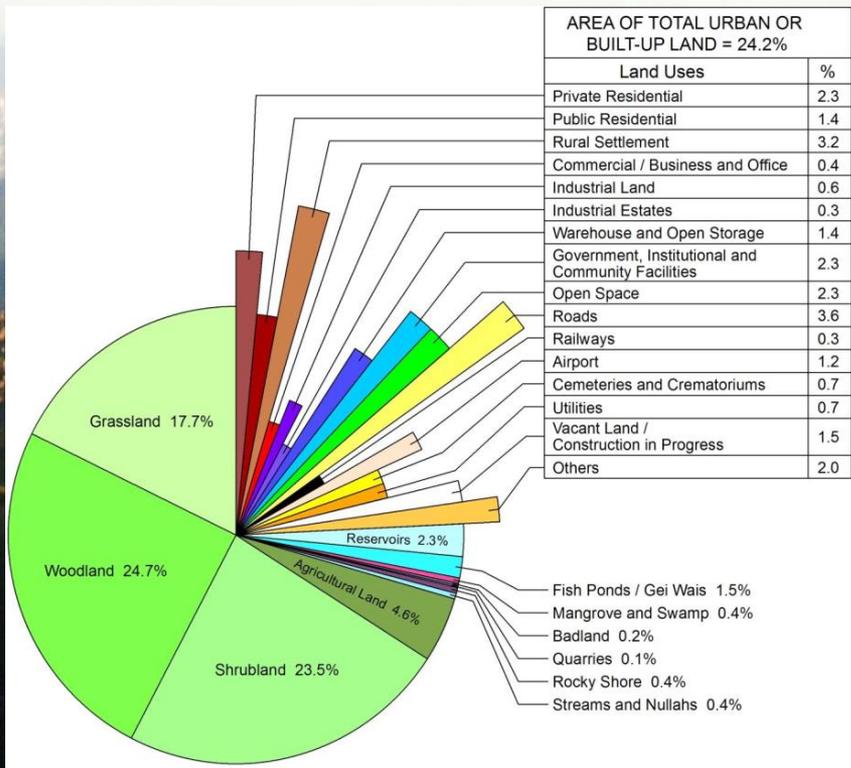
香港斜坡安全管理水準處於世界領先水準



香港城市可持續發展歷程

Sustainable urban development history of Hong Kong

1) 土地資源稀缺



2) 人口持續增長

HK Population (Million)



1966年6月12日

一場暴雨造成幹德道遮打堂斜坡大型山崩，影響眾多密集房屋的安全和交通安全，64人死亡，48人失蹤，超過6000居民直接受災。

1976年8月25日

暴雨侵襲，35米高的填土坡倒塌滑坡，18死24人受傷。

1947年至今的60年間，山泥傾瀉造成的死亡人數就超過470人



1972年6月18日

連日暴雨導致九龍秀茂坪高40米的路堤倒塌，掩埋了70多間木屋，奪走71條生命，致60人受傷。

港島寶珊道山泥傾瀉，沖毀兩層高洋房，沖塌幹德道一座六層高樓宇；泥石流沖向12層的旭和大廈，應聲折斷倒塌；波及在山坡下景翠園。大部分住客未能及時逃生，被活埋在瓦礫之下。

山崩土淹的年代

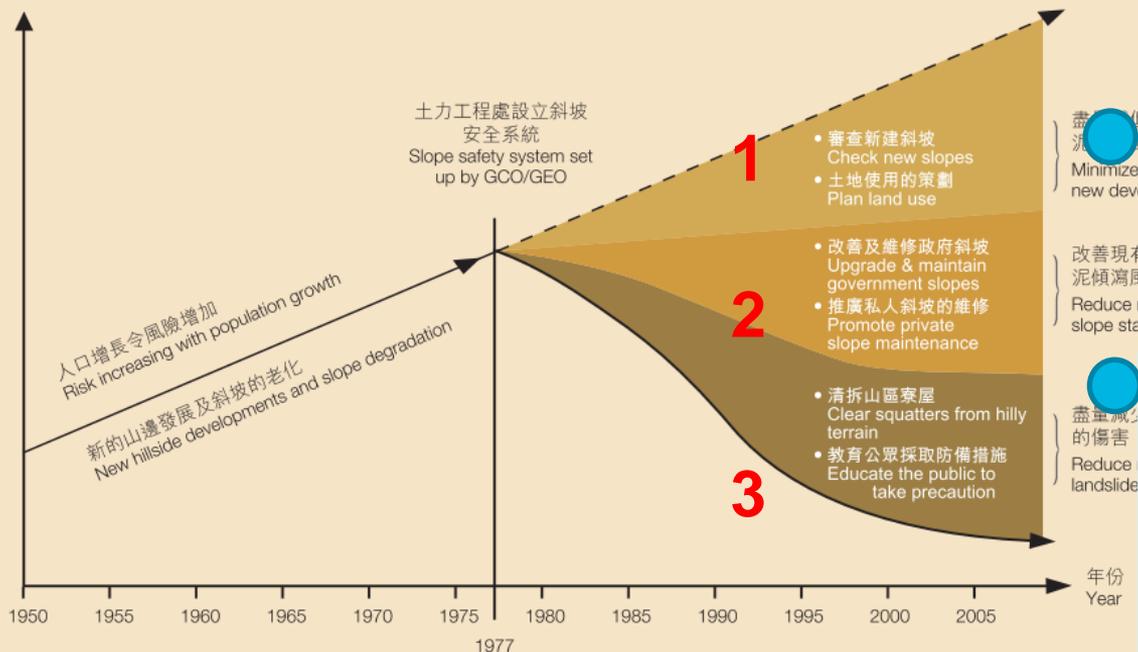
THE ERA OF LANDSLIDE HAZARDS

香港建立法定機構管控斜坡工程和制定安全管理策略

Statutory body to control slope engineering and set up safety management strategy

減低香港山泥傾瀉風險的主要策略 Key strategies for reducing landslide risk in HK

香港山泥傾瀉整體風險
Overall landslide risk in HK



1972年：成了斜坡事故調查委員會。政府投放資源處理斜坡安全的岩土工程問題，開展斜坡安全防治工程。

1976年：獨立檢討委員會建議政府成立一個專責監管架構，規管本港的山邊發展，並管制斜坡的設計、建造及維修。

1977年：成立了土力工程處負責管控斜坡問題。採用了全方位模式，以減低山泥傾瀉的風險，並逐漸發展成一套全面的斜坡安全系統。

這是香港斜坡安全管理的轉捩點。

經過40年的不懈努力，建立了全球最先進的斜坡安全管理系統

LPM Information System

SIRST:

- 「有系統鑒定及登記全港斜坡計畫」

SIS

- 斜坡資訊系統

SIMAR

- 系統性地辨識斜坡維修責任

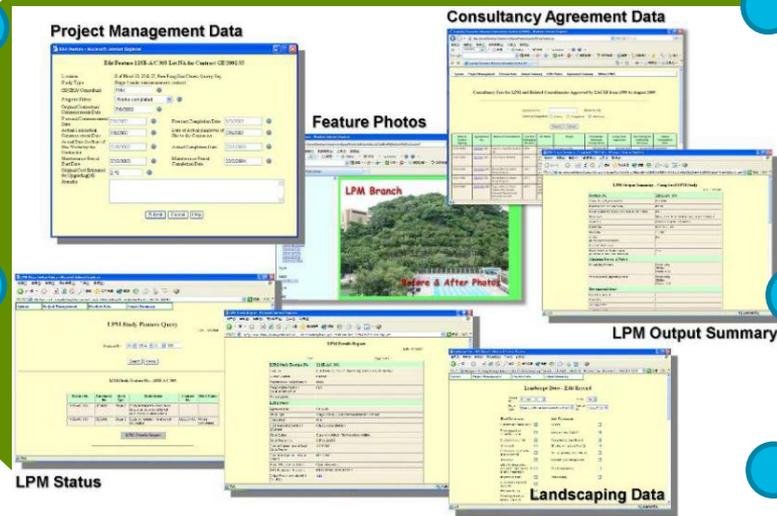
SMRIS

- 斜坡維修責任資訊系統

編制斜坡維修責任指南

LPM

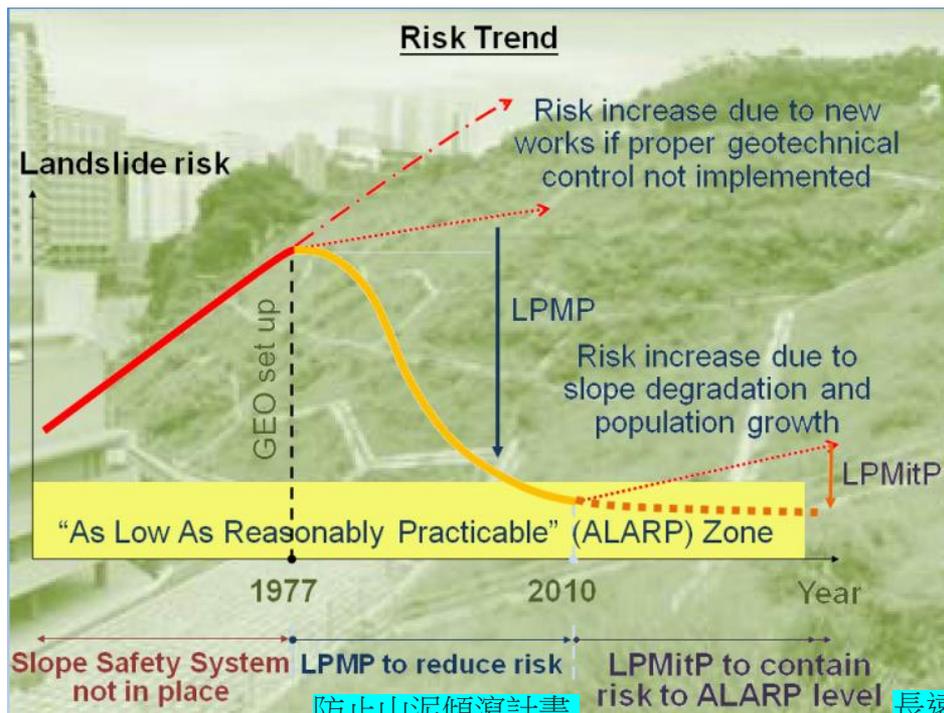
- 「防止山泥傾瀉計畫」



香港斜坡安全管理取得驕人的成就

Achievements of HK slope safety management

● 全球卓越的斜坡治理工程成就



防止山泥傾瀉計畫

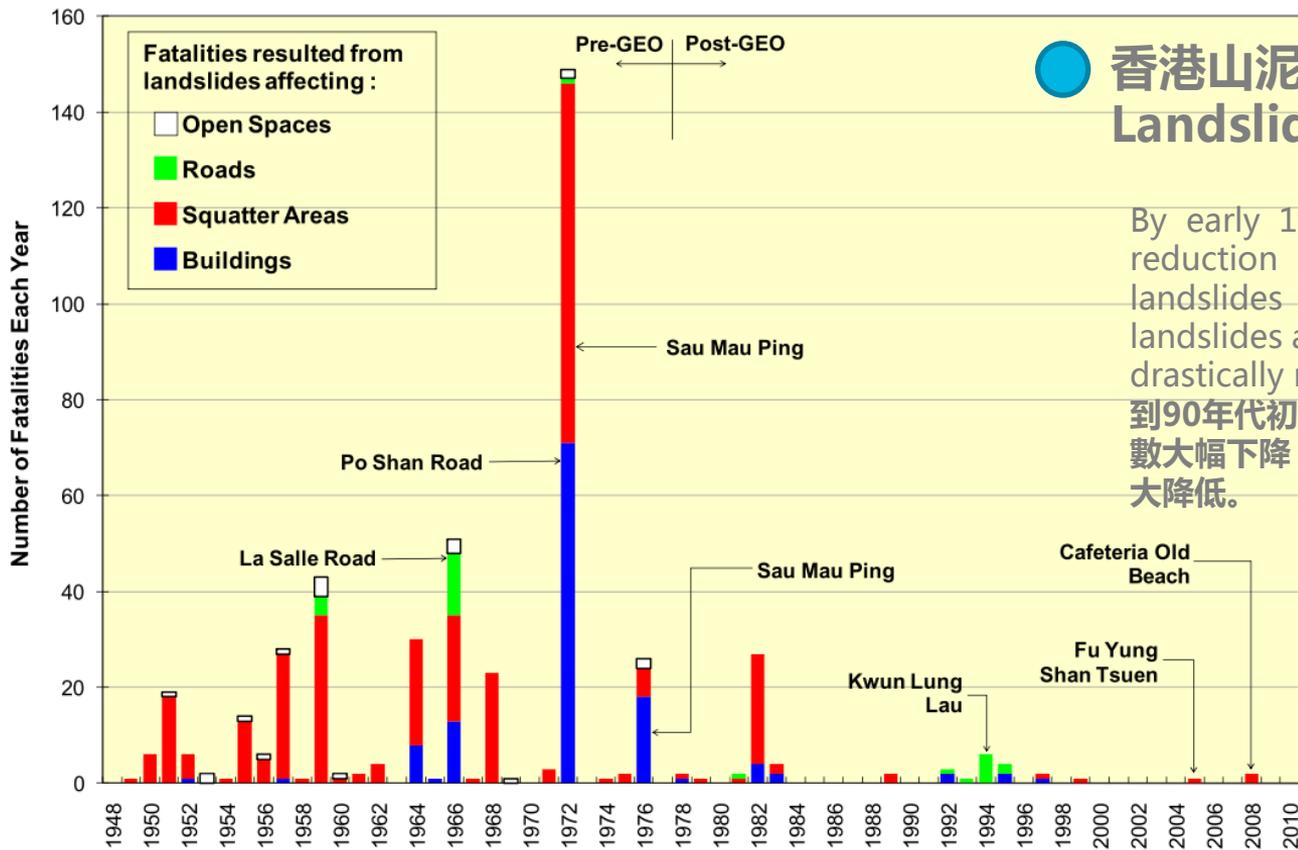
長遠防治山泥傾瀉計畫



Ref. “Landslide Risk Reduction through Works --35 Years of Landslip Preventive Measures Programme and Beyond”

香港斜坡安全管理取得驕人的成就

Achievements of HK slope safety management



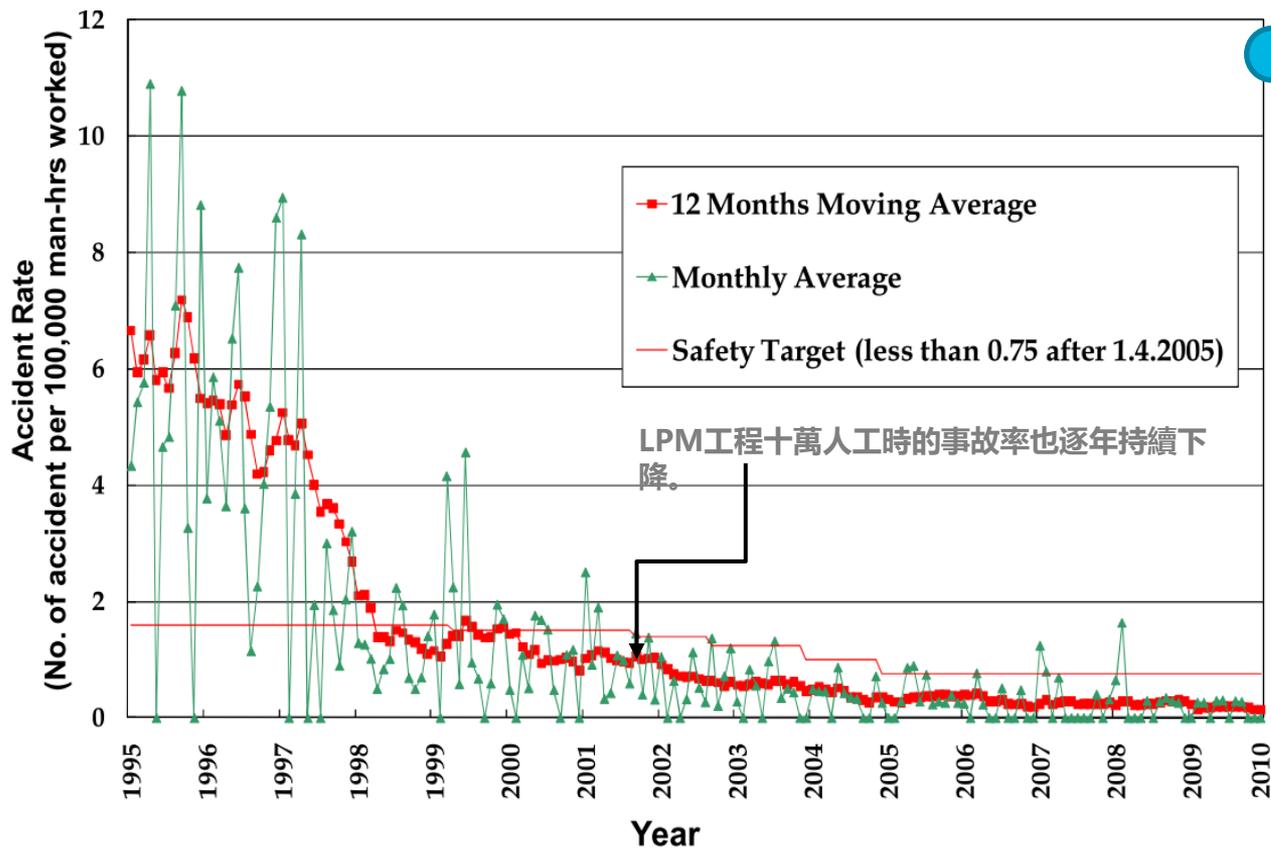
香港山泥傾瀉事故導致生命損失 Landslide Fatalities in HK

By early 1990s, there was significant reduction in fatalities caused by landslides and the proportion of landslides affecting buildings had drastically reduced.

到90年代初，山泥傾瀉事故導致的死亡人數大幅下降，受滑坡影響的建築物比例也大大降低。

香港斜坡安全管理取得驕人的成就

OVERALL OUTPUT AND ACHIEVEMENT OF LPM PROGRAMME



LPM 斜坡工程安全績效

In 1998, the GEO started to implement a number of improvement initiatives and measures to promote and enhance site safety. Since then, the overall accident rate of LPM contracts had been significantly improved and maintained at a low level, being well below the threshold figure (a maximum accident rate of 0.6 accident per 100,000 man-hours worked) set by the Development Bureau.

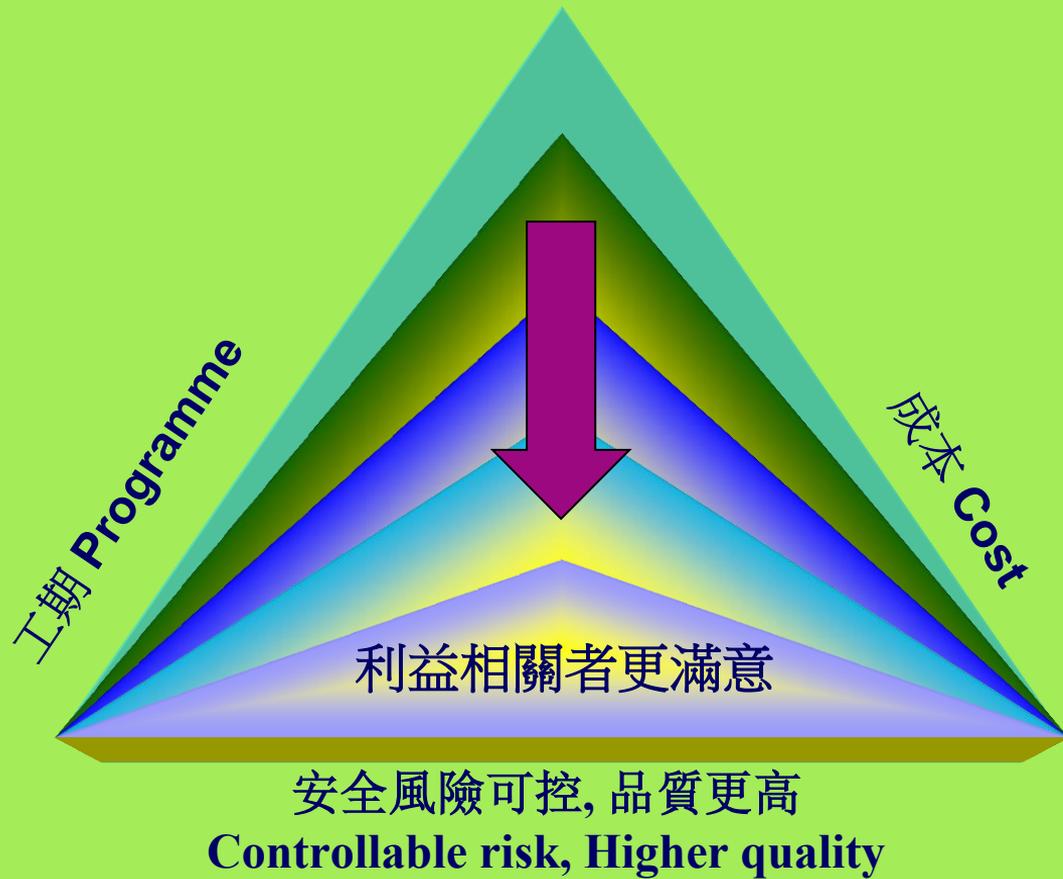
3

系統化風險管理是工程管理核心

Systematic risk management as a core of PM

基於風險管理，激發全面工程創新

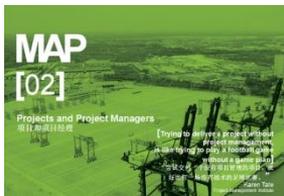
Risk management based engineering innovation



基於風險管理的全面工程創新
Engineering Innovation on Risk
Management

建立以風險管理為核心的工程項目控制體系

Establish a risk management based project control system



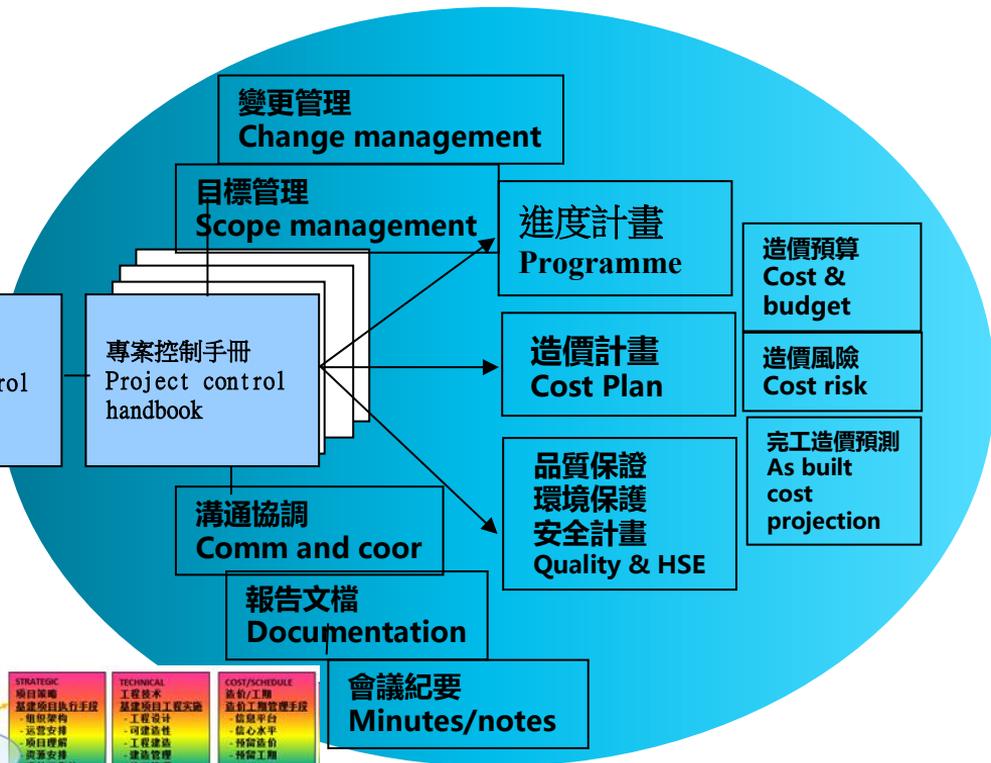
AECOM 專案管理系統
Managing AECOM Projects

專案群管理和控制
Programme management and control

專案控制計畫
Project control plan

專案控制手冊
Project control handbook

安全風險管理為核心
Safety/Risk Management



POTENTIAL RISKS
系統性風險管理

RISK

STRATEGIC 項目策略 基礎項目執行手段 - 組織架構 - 運營安排 - 項目標書 - 資源安排 - 系統可靠性 - 實施先決條件	TECHNICAL 工程技術 基礎項目工程實施 - 工程設計 - 可建造性 - 工程建造 - 建造管理 - 接口管理 - 安全風險管理	COST/SCHEDULE 造價/工期 造價/工期管理手段 - 造價平台 - 信心水平 - 標價合約 - 標價工期
RISK ASSESSMENT 風險評估		
RISK MITIGATION 風險處理		

以安全風險管理為核心的專案管理三維目標

Three core objectives of project management



- ✓ 全專案生命週期管理理念
- ✓ 信息化、標準化設計管理文件
- ✓ 完善的詳細設計檔
- ✓ 總承包專案設計檔送審制度

- ✓ 總體工期目標、合同工期目標和實施計畫
- ✓ 詳細劃分工作範圍
- ✓ 細分工作計畫
- ✓ 工程進度持續監控和改善

- ✓ 一體化管理進度和成本
- ✓ 細分設計文件，減少項目不可預見性
- ✓ 建立專案資訊管理資料庫系統
- ✓ 全過程、全方位安全風險管理

中国地下工程安全风险管理的现状、问题及相关建议

钱七虎，戎晓力

(解放军理工大学 工程兵工程学院，江苏 南京 210007)

摘要：地下工程建设具有投资大、施工周期长、施工项目多、影响大等特点，是一项高风险建设工程。建立风险管理制度，对继而进行风险控制十分必要，并应扩大到整个地下工程建设领域。工程安全风险管理的现状、问题，这些问题包括：(1) 缺乏规范；(2) 管理主体不够合理，安全风险经费不到位；(3) 工程安全风险管理与工程安全风险管理相关技术规范、标准不符合目前地下工程发展现状；(5) 安全风险管理的实践中，提出4条建议：(1) 加强针对地下工程的安全风险管理计划，将安全风险作为地下工程建设管理的一个必要组成部分；(3) 安全风险要有基于信息化技术的风险管理和预警决策支持系统；(4) 加强地下工程安全风险管理、重大事故预测预报以及防治技术的研究。

关键词：地下工程；安全风险；研究现状

中图分类号： TU 94

文献标识码： A

文章编号： 1000 - 6915(2008)04 - 0649 - 07

- 1) 缺乏規範的安全風險管理體系
- 2) 工程安全風險管理責任主體不合理
- 3) 工程安全風險管理專業隊伍不規範
- 4) 風險管理規範、標準不符合發展現狀
- 5) 缺乏合適的資訊化安全風險管理平臺

全過程風險管理的理念和流程

Risk Management system for whole engineering process

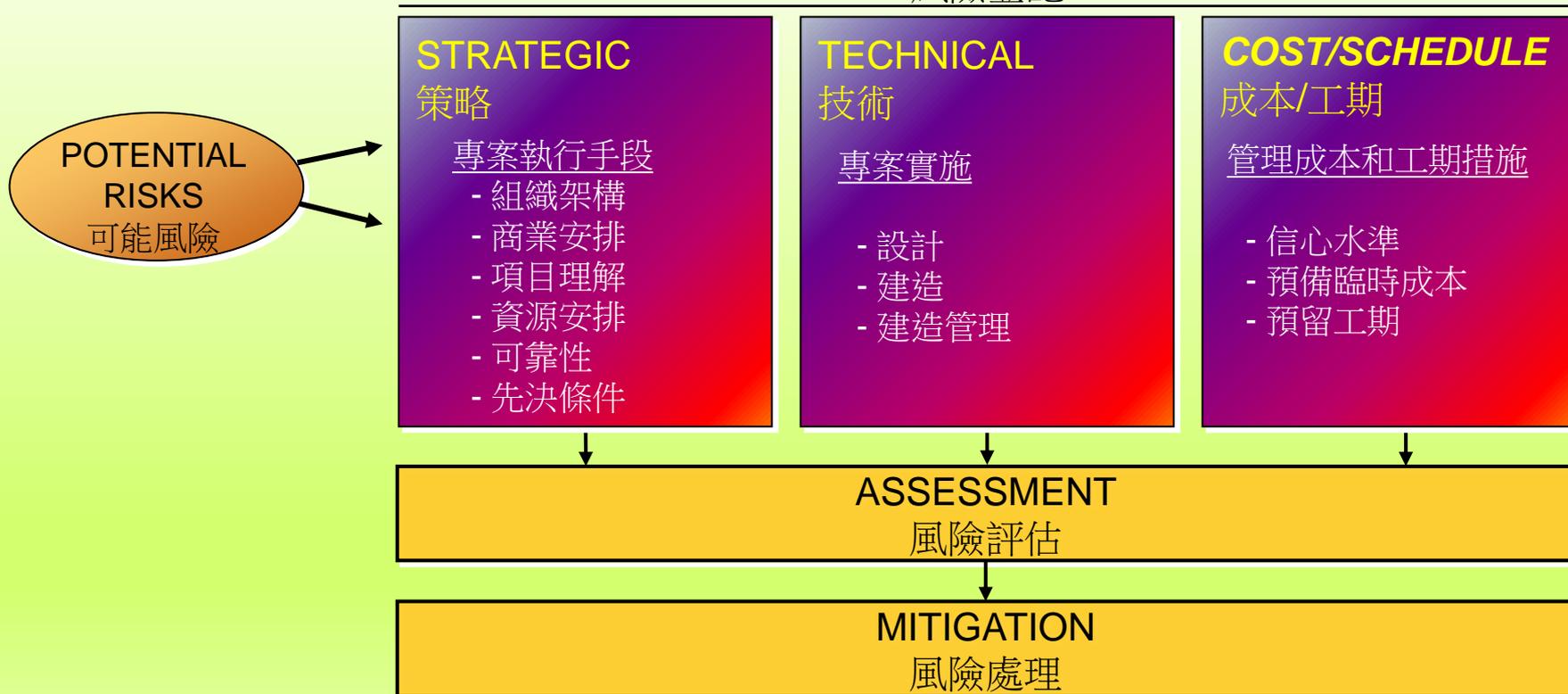


風險管理體系：風險登記

Risk management system : risk register

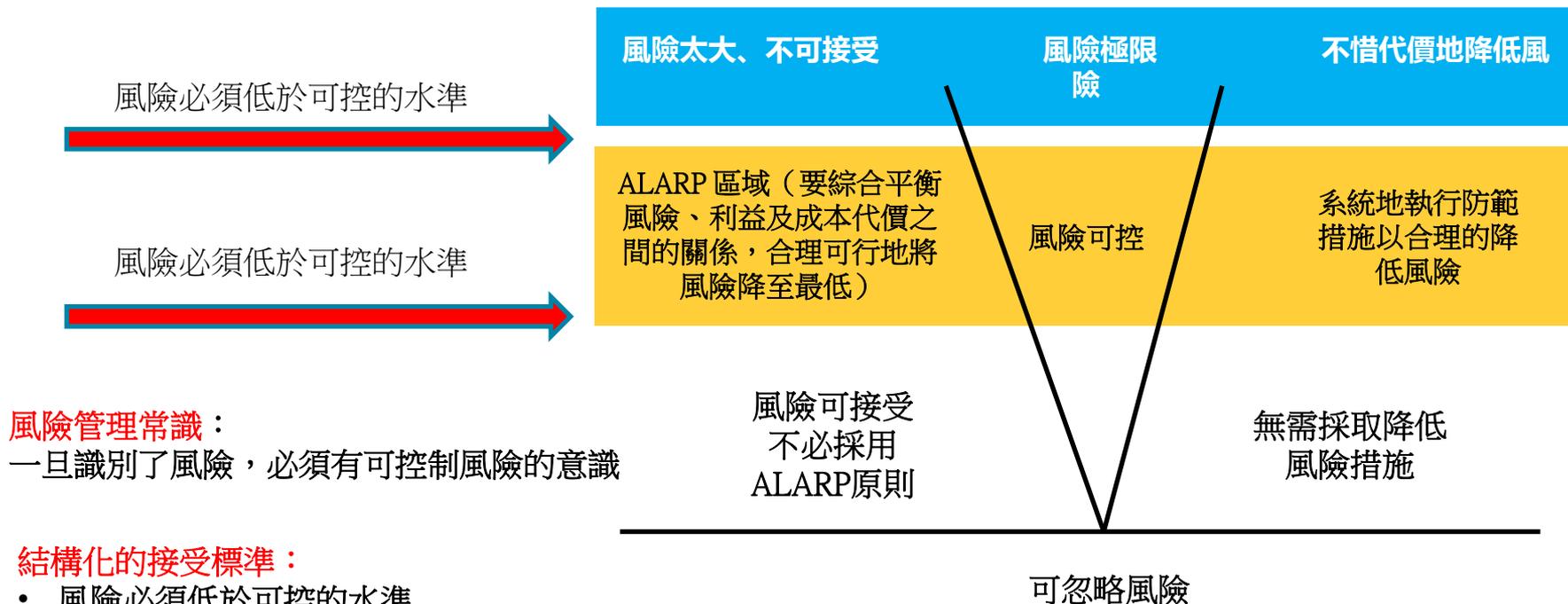
Risk Register

風險登記



風險管理體系：ALARP原則

Risk management system : ALARP principle



風險管理常識：

一旦識別了風險，必須有可控制風險的意識

結構化的接受標準：

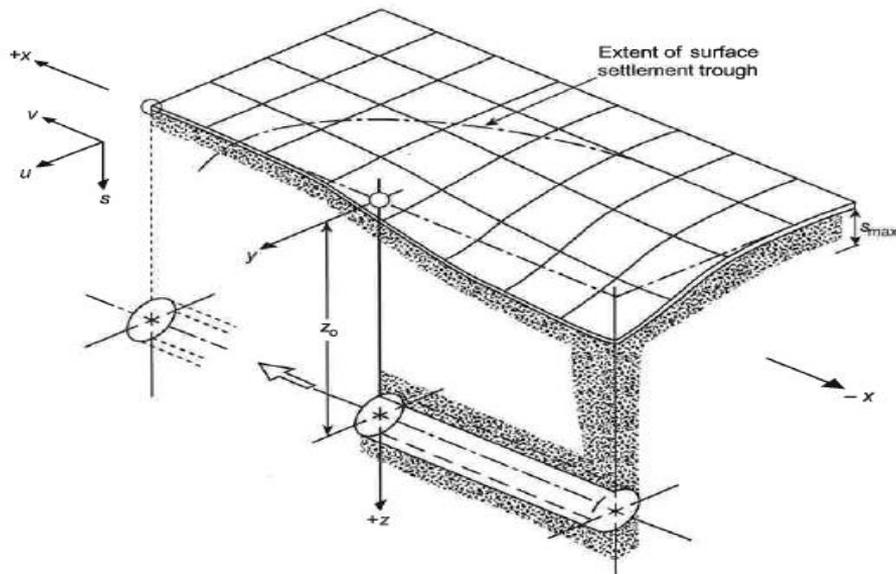
- 風險必須低於可控的水準
- 以可實施的合理的最低風險為原則
ALARP: As Low As Reasonably Practicable
(Cost benefit type criteria – developed in UK and widely used)

風險管理必須建立關鍵監測指標AAA標準和緊急預案

AAA levels and emergency plans

ALERT/ACTION/ALARM LEVELS

ITEM TO BE MONITORED	ALERT	ACTION	ALARM
UTILITY SETTLEMENT MARKER	1:600	1:375	1:300
GROUND SETTLEMENT MARKER	25mm	40mm	50mm
BUILDING SETTLEMENT MARKER	5mm	8mm	10mm
DATA LOGGED LVDT EXTENSOMETER	± 5mm	+10mm	± 15mm
		PRESSURE	
VIBRATING WIRE PIEZOMETER	± 15kPa	± 20kPa	± 25kPa



風險管理緊急預案 “AAA”標準

預警水準

(Alert Level)

50%

行動水準

(Action Level)

80%

警戒水準

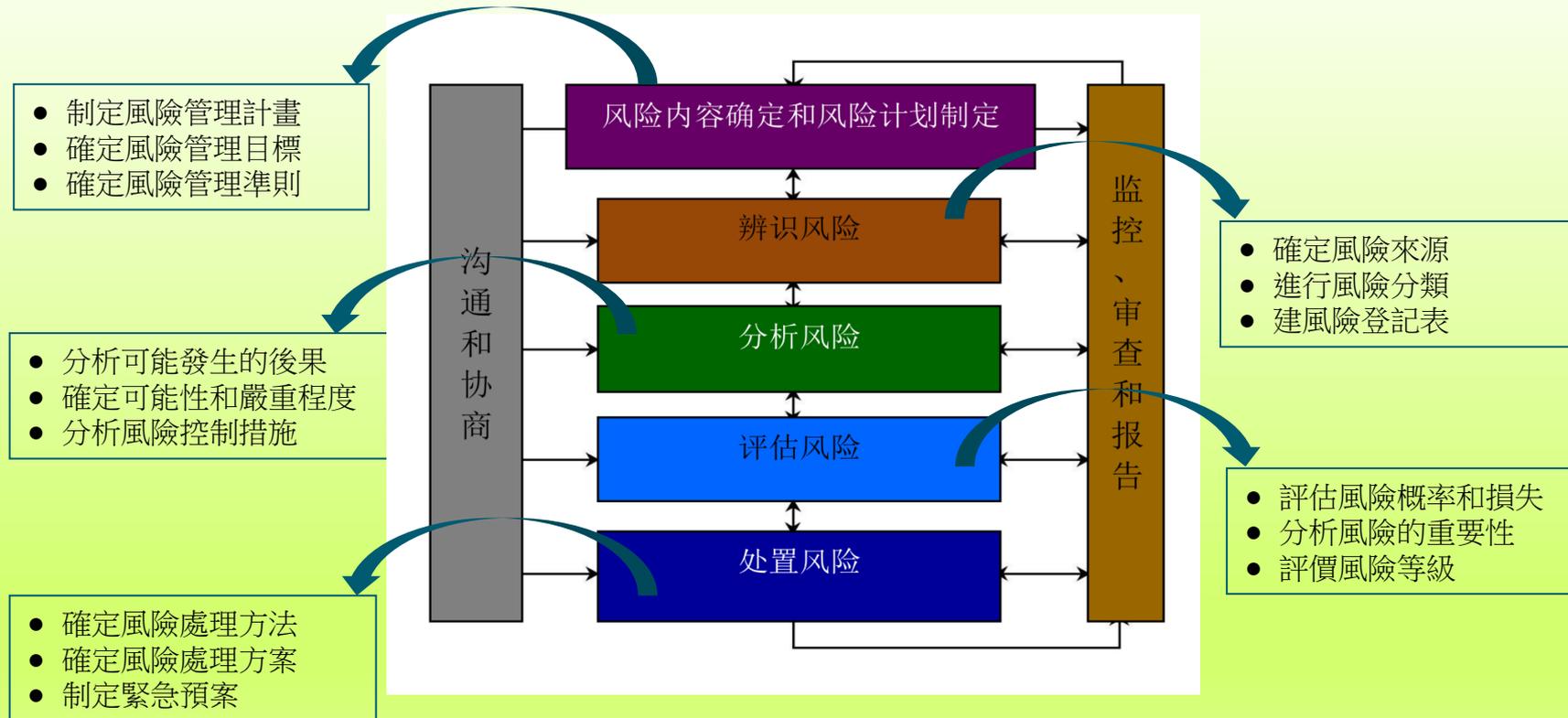
(Alarm Level)

100%

基於風險“監測”結果，科學地指導風險“控制”，是資訊化風險管理系統的關鍵內容！

系統性工程風險管理過程

Systematic risk management



系統化風險管理手冊

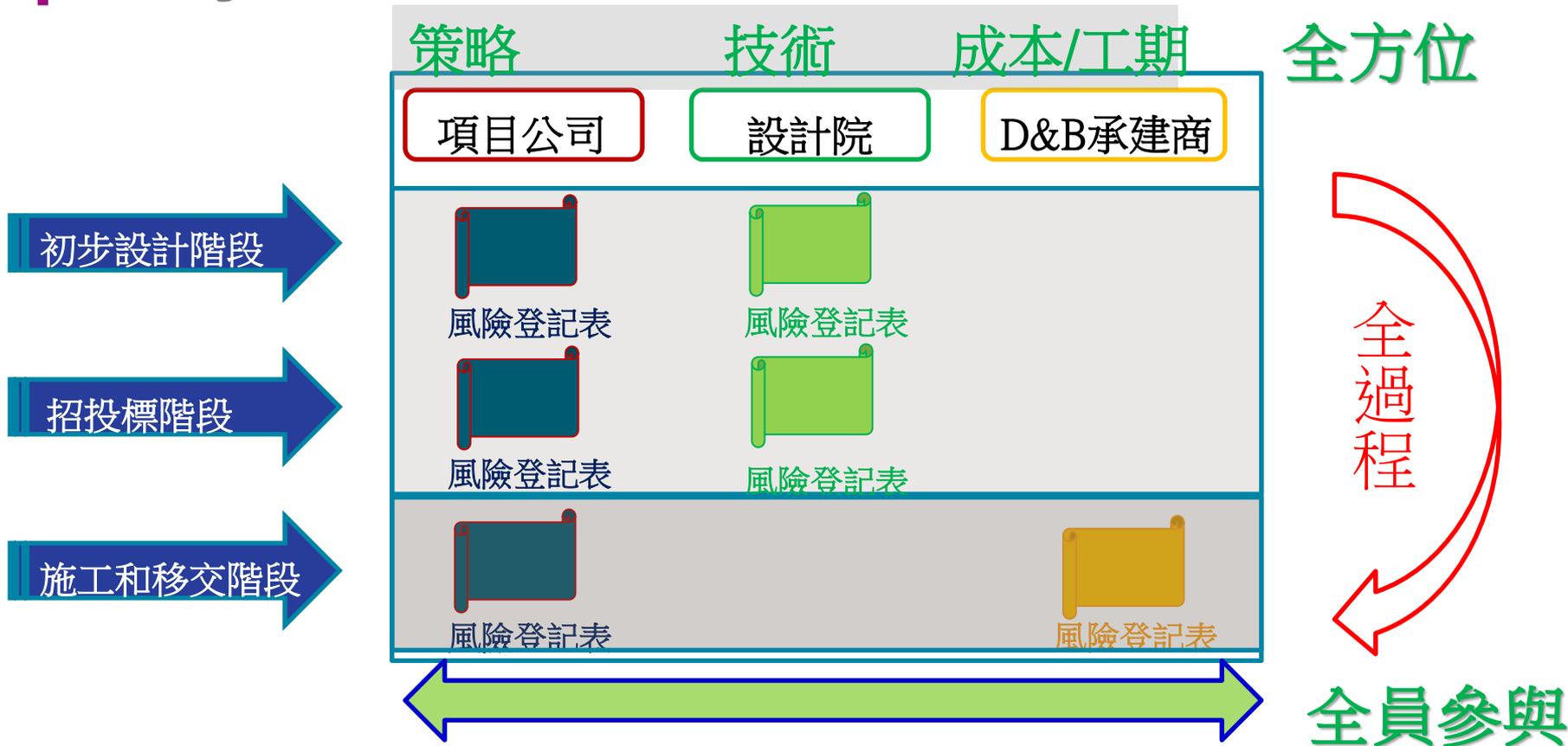
Systematic risk management handbooks



風險管理手冊
Risk Management Handbook

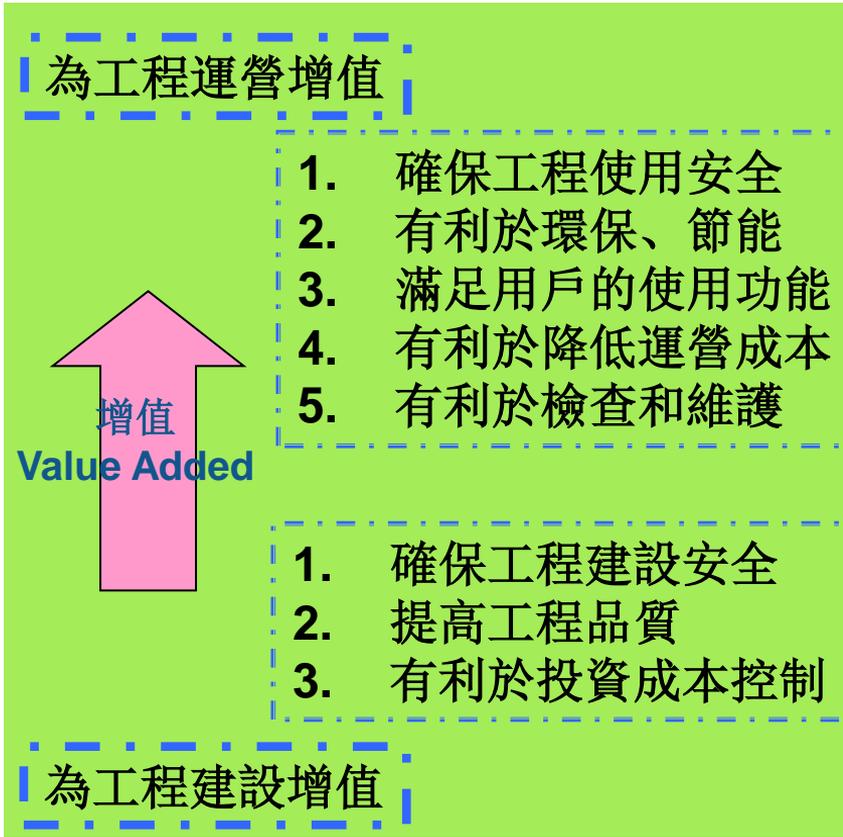
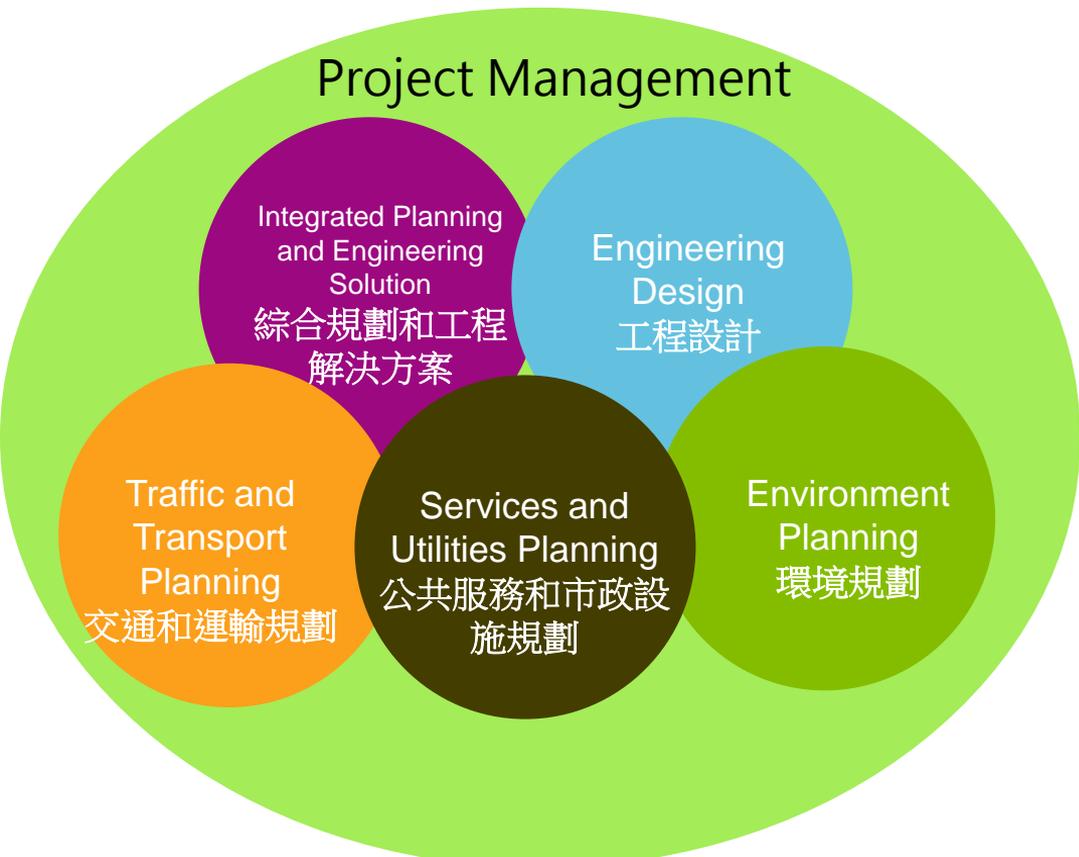
動態風險資料庫

Risk management database



以安全風險為核心的專案管理，為項目全壽命期增值

Create values for whole life cycle



港珠澳大橋其連線工程風險管理經驗分享

Overall Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge Projects

港珠澳大橋主橋
HZMB Main Bridge
22.9km bridge +
6.7km tunnel

屯門至赤鱗角連接路
Tuen Mun -
Chek Lap Kok Link

珠海口岸
Zhuhai-Macao BCFs

香港口岸
Hong Kong Port

香港連接路
Hong Kong Link
Road
12km

珠海連接路
Zhuhai Link Road
14km



Whole-process risk management of subsea tunnel engineering

1 Wen-Wu Yang BSc, MEng, PhD, CEng, MHKIE, FIMMM
Vice President, Aecom Asia, Hong Kong, P. R. China

2 Chor-Kin Tsang BEng, MSc, MHKIE
Technical Director, Aurecon, Melbourne, Australia

3 Yu-Xuan Cai BEng, MSc
Assistant Resident Engineer, Aecom Asia, Hong Kong, P. R. China
(corresponding author; jesse.cai@aecom.com) (Orcid:0000-0003-3525-760X)

4 Yue-Ming Hu BEng, PhD, CEng, MHKIE, MICE
Engineer, Transport Department, Hong Kong, P. R. China



Subsea tunnels are highly complex, high-risk engineering projects. The causes and effects of risks are dynamic in nature and involve multiple stages, different perspectives and a wide range of people. Such projects therefore need to adopt a risk-management model covering the whole process, all perspectives and all-party participation in a scientific and systematic way. This paper discusses a whole-process risk-management concept for subsea tunnels that was adopted for the 6.7-km immersed tunnel section of the recently opened £1.8 billion Hong Kong-Zhuhai-Macau Bridge project in China.

1. Introduction

Tunnelling works face many uncertainties and unknowns, mainly due to the highly variable and unforeseen nature of ground and hydrogeology during the process of planning, design and construction. In addition, long construction periods, high construction costs, specialised techniques and multiple interfaces make tunnelling particularly risky.

Subsea tunnel engineering, either by immersed-tube or tunnel-boring-machine construction methods (Yang, 2009a, 2009b), is a complex process that includes alignment and section selection, feasibility and engineering design, component manufacturing, construction, installation, commissioning and operation. Every part of the process involves risks and, while these can be managed, minimised, shared, transferred or accepted, they cannot be overlooked or ignored.

The sophisticated project-management and mandatory administrative approval processes of today's infrastructure projects all play a role in controlling engineering risks. Quality assurance, engineering supervision, contract procurement, design and construction specifications and project insurance each play a part in improving project safety, mitigating risks and preventing engineering hazards.

correlation to each other and with potentially significant influence on the later stages. This feature determines that risk management needs to be a dynamic process focusing on understanding, among all parties involved, of how the risks are caused, evolving and could properly be managed at every stage. In addition, no risks associated with technical interfaces and management segmentations should be ignored.

The allocation of risks to different stakeholders of a project is mainly in the form of contract agreements (Likhitrangsilp and Ioannou, 2009). Effective communication, coordination, feedback and negotiation among the project planners, owners, designers, engineers, contractors and other stakeholders help to clarify the rights and obligations of risks, thus facilitating the allocation of risks to their corresponding bearers (Bai *et al.*, 2014).

The proactive and systematic full participation of stakeholders should be ensured to create a favourable environment for the comprehensive and effective implementation of whole-process risk management. More importantly, systematic risk management is the only way to create project values collectively.

Figure 1 shows the risk management concept, procedure and system for engineering according to the *Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works* by the International Tunneling Association Group and the International Tunneling Association



Figure 12. Risk-management control documentation and database system used on the HZMB tunnel project

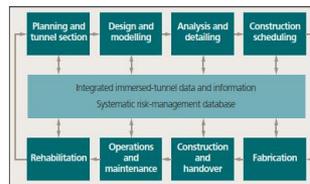


Figure 13. Whole-life-cycle concept for design, construction and management of an immersed tunnel project

7. Conclusions

Subsea tunnel projects are generally of high risk because of hostile underwater environments and uncertain ground conditions. Furthermore, risks keep evolving and accumulating as the projects progress.

For a subsea tunnel project, risk management should be viewed as a dynamic process implemented from the beginning to the end and embrace all perspectives and all parties involved.

By using a whole-process risk-management system and utilising risk-management tools throughout a project, potential risks can be

Maldonado-Fortunet F and Molina-Bas OI (eds). ASCE, Reston, VA, USA, pp. 2422–2431. [https://doi.org/10.1061/\(7800\)78479827.241](https://doi.org/10.1061/(7800)78479827.241).

Chapman MR (2014) Organisation. In *The Rules of Project Risk Management: Implementation Guidelines for Major Projects*. Ashgate Publishing, Farnham, UK, pp. 45–68.

Eskesen SD, Tengborg P, Kampmann J and Veicherts TH (2004) Guidelines for tunnelling risk management. International Tunneling Association, Working Group No. 2, Tunnelling and Underground Space Technology **19(3)**: 217–237. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2004.01.001>.

Hanna AS, Swanson JR and Aoun DG (2014) Proper risk allocation during construction: differing site conditions. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction* **(4)**: 04514003. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000146](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000146).

ITG (International Tunnel Insurance Group) and ITA (International Tunneling Association) (2012) *A Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works*. The International Tunneling Insurance Group, London, UK.

Li P, Song E, Liu M, Liu X (2018) Mechanical behavior of the semi-rigid immersed tunnel structure based on the Hong Kong Zhuhai Macao Bridge project. *Proceedings of the ITA-AITES World Tunnel Congress 2018, Dubai, UAE, DXB – Oral 803*.

Likhitrangsilp V and Ioannou PG (2009) Risk Allocation in Standard Forms of General Conditions for Tunneling Contracts. In *Building a Sustainable Future* (Anaratnam ST and Rojas EM (eds)). ASCE, Reston, VA, USA, pp. 1250–1259. <https://doi.org/10.1061/141203339.127>.

Liu Z, Lu Y and Yang WW (2010) The practical examples of risk management of large tunnel projects from Hong Kong to mainland China. *Tunnel Construction* **30**(suppl 1): 8–14.

Morris M, Yang MW, Tsang CK, Hu AY and Shu DSC (2016) An overview of subsea tunnel engineering in Hong Kong. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Civil Engineering* **169**(6): 9–15. <https://doi.org/10.1680/jcien.15.00073>.

Ning J and Yue Y (2018) Study of operation window management and process planning for floating transportation and installation of immersed tunnel segment. *Tunnel Construction* **38**(2): 316–320.

Wit H, Kuiper R, Li Y, Su QK and Chen Y (2018) An innovative design concept for the immersed tunnel of the Hong Kong Zhuhai Macao Bridge project. *Proceedings of the ITA-AITES World Tunnel Congress 2018, Dubai, UAE, DXB – Oral 880*.

Yang WW (2009a) Development of immersed tube tunnelling techniques. *Tunnel Construction* **29**(4): 397–404.

Yang WW (2009b) Development of a subaqueous shield tunnelling techniques. *Tunnel Construction* **29**(2): 145–151.

Yang WW and Hu L (2016) Study of infrastructure engineering safety management system and development. In *Proceedings of Engineering Management Forum 2016*. Chinese Academy of Engineering, Beijing, China, pp. 365–369.

Yang WW and Oztgur O (2016) Advancement of immersed tunnel construction techniques in sub-sea crossings. In *IABSE Conference Guangzhou 2016: Bridges and Structures Sustainability-Seeking Intelligent Solutions*. International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, Switzerland. IABSE Symposium Report series, vol. 106, issue 2, pp. 931–937. <https://doi.org/10.2749/22137816819259365>.

Yang WW, Hu YM and Tsang CK (2015) On the risk management of tunnel

Wen-Wu Yang, Chor-Kin Tsang, Yu-Xuan Cai and Yue-Ming Hu (2018). Whole-Process Risk Management of Subsea Tunneling [J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering. (ISSN 0965-089X | E-ISSN 1751-7672. <https://doi.org/10.1680/jcien.18.00015>)

案例1：港珠澳大橋島隧主體工程品質和風險管理諮詢

Case 1: Risk management, Islands and IMT, HZMB

以國際標準實施項目管理

- AECOM為聯合體的施工管理顧問
- 審查施工組織方案
- 技術諮詢, 品質、安全管理
- 全過程風險管理
- 運營維護諮詢



Engineering challenges, opportunities and technical innovations

1. Extensive works in severe offshore conditions
2. Ecological and environmental sensitivity
3. Unprecedented engineering risks
4. Heavy siltation and deep embedded overburden
5. Highest standard & tight programme



High Cargo Traffic Volume



Natural habitat to endangered species



Natural disaster zone

以系統化風險管理，驅動工程技術創新的典範工程。

1. 外海深水沉管安裝船
2. 管節浮運導航系統
3. 管節錨泊定位系統
4. 管節壓載控制系統
5. 水下管節拉壓系統
6. 深水測控系統
7. 管節沉放對接精調系統
8. 沉管水力對接控制系統
9. 作業視窗管理系統
10. 管節對接保證系統
11. 管節運動姿態即時監控系統
12. 基槽回淤監測及預警預報系統
13. 異常波浪監測預警系統

世界大橋總自地中國交運通四方



ENR 2018

**Global Best Project (Bridge/Tunnel)
榮獲 ENR 2018 全球最佳橋隧工程大獎**

榮獲全球隧道工程三大獎項

GLOBAL AWARDS in TUNNELING CATEGORY



Tunnelling Project of the year (over \$1bn)

Major Project of the year (over EURO 500M)

New Civil Engineer

TUNNELLING FESTIVAL 2018

5-6 DECEMBER 2018 | GRANGE TOWER

@TunnellingFest



New Civil Engineer

TUNNELLING FESTIVAL 2018

5-6 DECEMBER 2018 | GRANGE TOWER

@TunnellingFest #Tunnelling

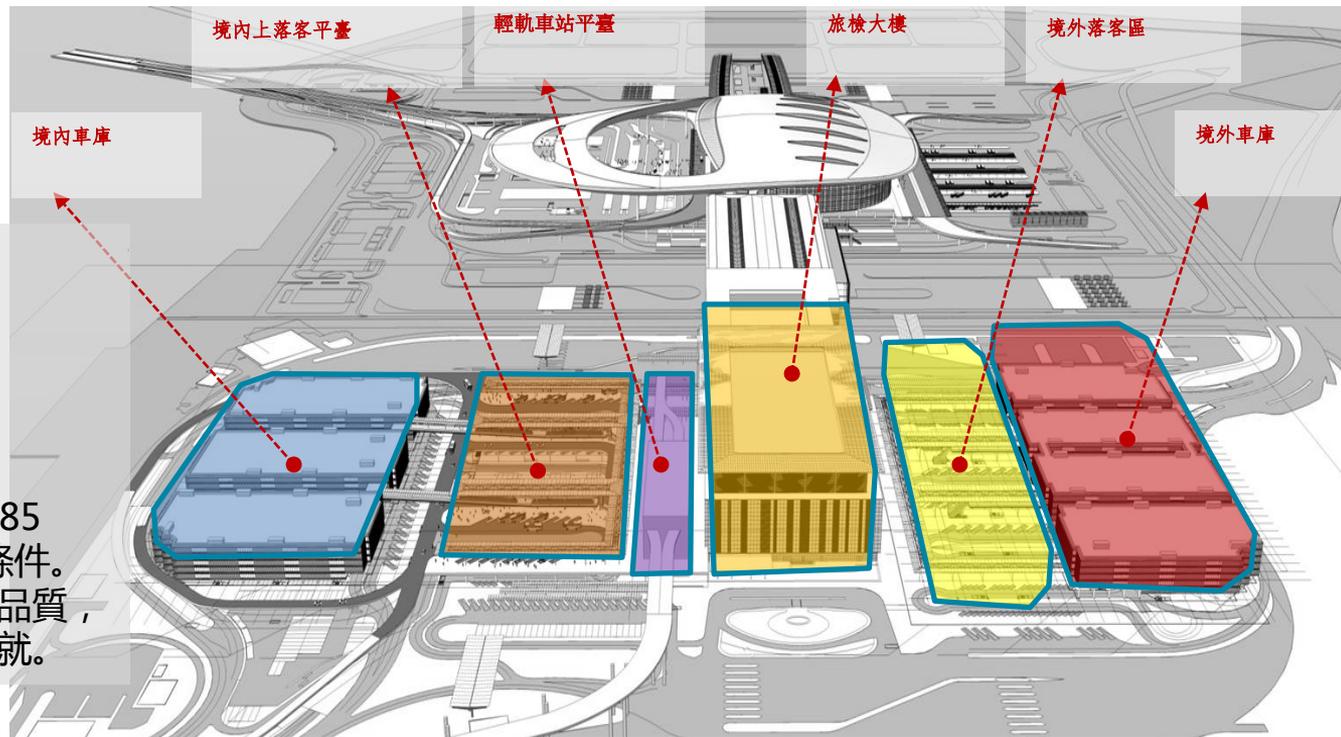
TUNNELLING
FESTIVAL 2018
5-6 DECEMBER 2018 | GRANGE TOWER



案例2：港珠澳大橋澳門口岸工程進度管理諮詢

Case 1: Schedule management, HZM Macao BCF

- 占地面積：65.8萬平方米
- 旅檢大樓：16.95萬平方米
- 境內停車樓：17.78萬平方米
- 境外停車樓：16.9萬平方米
- 市政道路和配套設施。
- 執行珠澳兩地最高建設標準。
- 2016年12月動工建設，歷時385天，於2017年12月具備通車條件。
- 實現了“創工期，創奇跡，保品質，鑄精品”的建設理念和建設成就。



市政週邊配套實施：建築單體53棟，共計建築面積約4.5萬平方米，市政道路約20萬平方米，橋樑6座，隧道1座，市政地下綜合管線共計約12萬延米

以資訊化專案群管理，創造奇跡夢想成真的典範工程。

ENR 2018

Award of Merit (Airport/Port)
榮獲 ENR 2018 全球優秀口岸工程項目獎



案例2：港珠澳大橋澳門口岸工程進度管理諮詢

Case 2: Schedule management, HZM Macao BCF

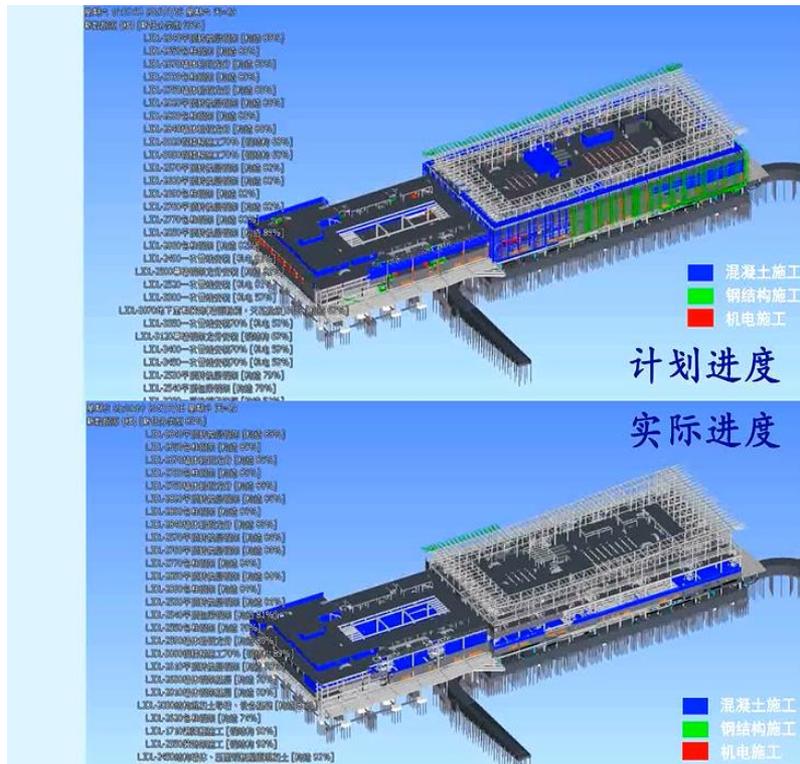
澳門口岸專案航拍技術組合圖



案例2：港珠澳大橋澳門口岸工程進度管理諮詢

Case2: Schedule management, HZM Macao BCF

應用BIM技術對目標計畫進度與實際施工進度進行對照類比



现场情况对比

星期五 6:18:45 2017/07/14 天=23

本月B区

8~14轴钢筋混凝土楼面及
混凝土墙面**滞后**16天，
二次结构**滞后**7天，
机电二次管线**满足**要求，
幕墙工程**提前**9天，
装饰**提前**50天，
机房门安装**滞后**8天，
影响屋面工程**滞后**8天。

案例2：港珠澳大橋澳門口岸工程進度管理諮詢

Case 2: Schedule management, HZM Macao BCF

資訊化管理技術進行目標控制

樓名	旅檢大樓 B 區	
作業內容	幕牆面板安裝 (2層)	
計劃開工	2017/9/7	
計劃竣工	2017/12/20	
周檢	14.9	
總工程量	69839	
單位產量	4701	
		m ² /周

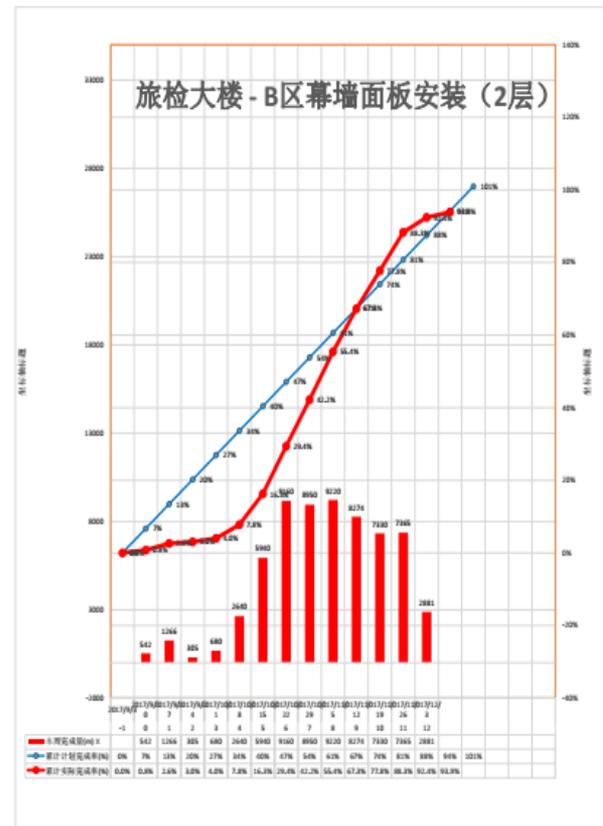
工序碼	工序開始日期	原計劃完成量 (m ²)	未開工前量 (m ²)	原計劃完成量 (m ²)	累計完成量 (m ²)	剩餘量 (m ²)	剩餘產量 (m ² /天)	剩餘產量 (m ² /天)	完工日期	每周計劃
		I								
假設	-1	2017/9/3	0	0	0.0%					
計劃	0	2017/9/10	7%	542	542	0.8%	49507	14		7%
計劃	1	2017/9/17	13%	1206	1498	2.4%	48831	13		7%
計劃	2	2017/9/24	20%	305	2113	3.0%	47726	12	704	7%
計劃	3	2017/10/1	27%	489	2703	4.0%	47046	11	756	7%
計劃	4	2017/10/8	34%	768	5169	7.4%	44109	10	1309	7%
計劃	5	2017/10/15	40%	914	11373	16.3%	38466	9	1067	7%
計劃	6	2017/10/22	47%	916	20533	29.4%	43096	8	5913	7%
計劃	7	2017/10/29	54%	895	29483	42.2%	40556	7	4617	7%
計劃	8	2017/11/5	61%	924	38703	55.2%	31136	6	3110	7%
計劃	9	2017/11/12	67%	924	48027	68.8%	23869	5	3815	7%
計劃	10	2017/11/19	74%	730	54307	77.4%	15532	4	4275	7%
計劃	11	2017/11/26	81%	746	61672	88.3%	4167	3	7466	7%
計劃	12	2017/12/3	88%	2831	64503	92.4%	5246	2	5650	7%
計劃	13	2017/12/10	95%	1802	65305	93.4%	4244	1	3749	7%
計劃	14	2017/12/17	100%							7%
計劃	15	2017/12/24								
計劃	16	2017/12/31								
計劃	17	2018/1/7								
計劃	18	2018/1/14								
計劃	19	2018/1/21								

最新完成日期 2017/11/26

總工程量	70130
2017/9/7 剩餘量	500
剩餘量 (2017-12-31)	69839
截至12月31日完成量	69839

100%

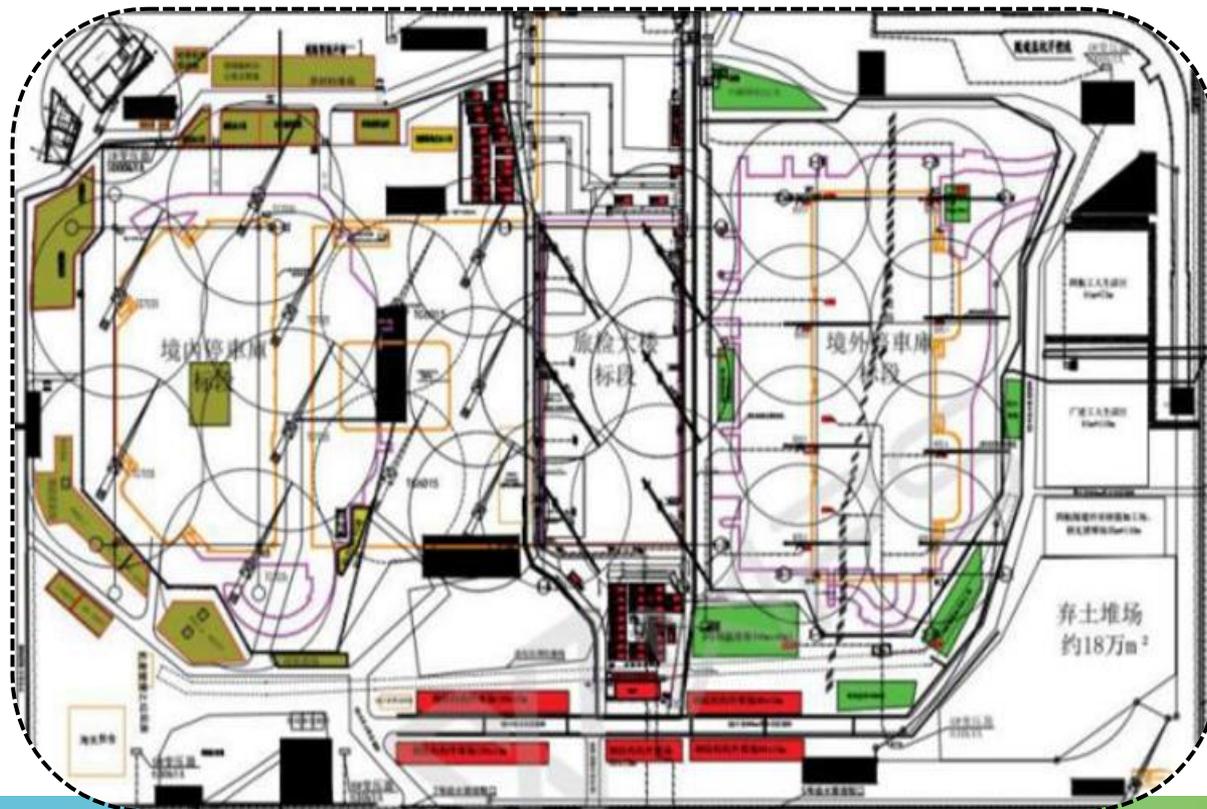
澳門口岸專案旅檢大樓幕牆進度進展報表



案例2：港珠澳大橋澳門口岸工程進度管理諮詢

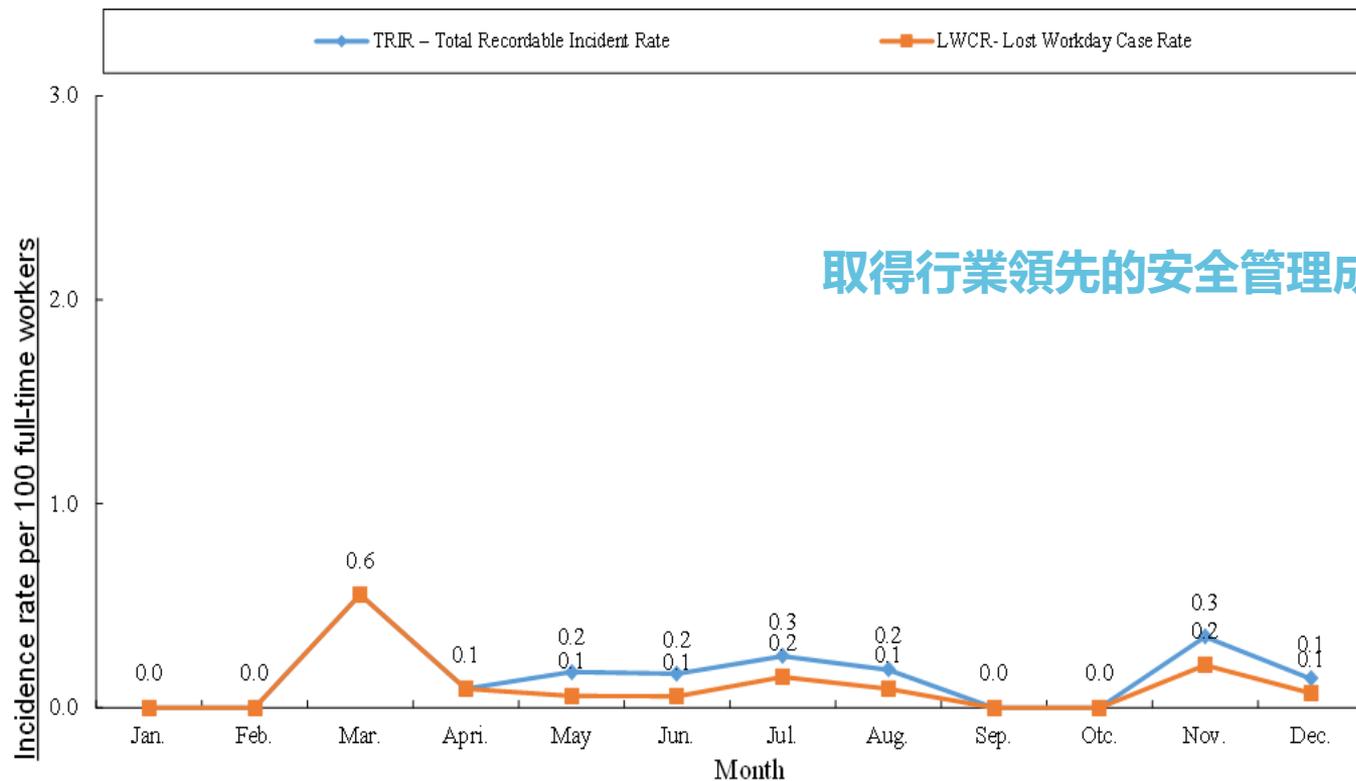
Case2: Schedule management, HZM Macao BCF

應用智慧安全管理技術
對同步作業的30台吊機進行安全管理



案例2：港珠澳大橋澳門口岸工程進度管理諮詢

Case2: Schedule management, HZM Macao BCF



Analysis in 2017 Year:

1. Total IR (Incident Rate) in 2017 is: 0.2
2. No record of Fatality case.

總結

1. 基礎設施工程具有高風險的特性。風險管理是工程項目群管理的核心內容，必須從項目組織架構、承包模式和運營模式等各方面，全方位地管理工程風險。
2. 全過程的風險管理體系，涵蓋工程可行性研究階段，工程設計階段，招投標階段和工程建造、驗收和移交階段。
3. 風險管理需落實到項目各階段，包括風險識別、評估、分配、登記、量化及減輕措施等。
4. 為了有效地落實全過程風險管理工作，需成立風險管理委員會。風險管理委員會的主要任務是建立專案風險管理體系，負責監察和檢討系統中的政策、措施和流程，以及持續改進專案風險管理體系，確保工程項目的風險管理體系是可持續改進和完善的。
5. 工程全過程風險管理模式，目標是將風險管理“消極”行動，轉變為“積極”的行動。培育工程安全文化。

4

“Safety for life” 是安全革新的方向

Safety for life

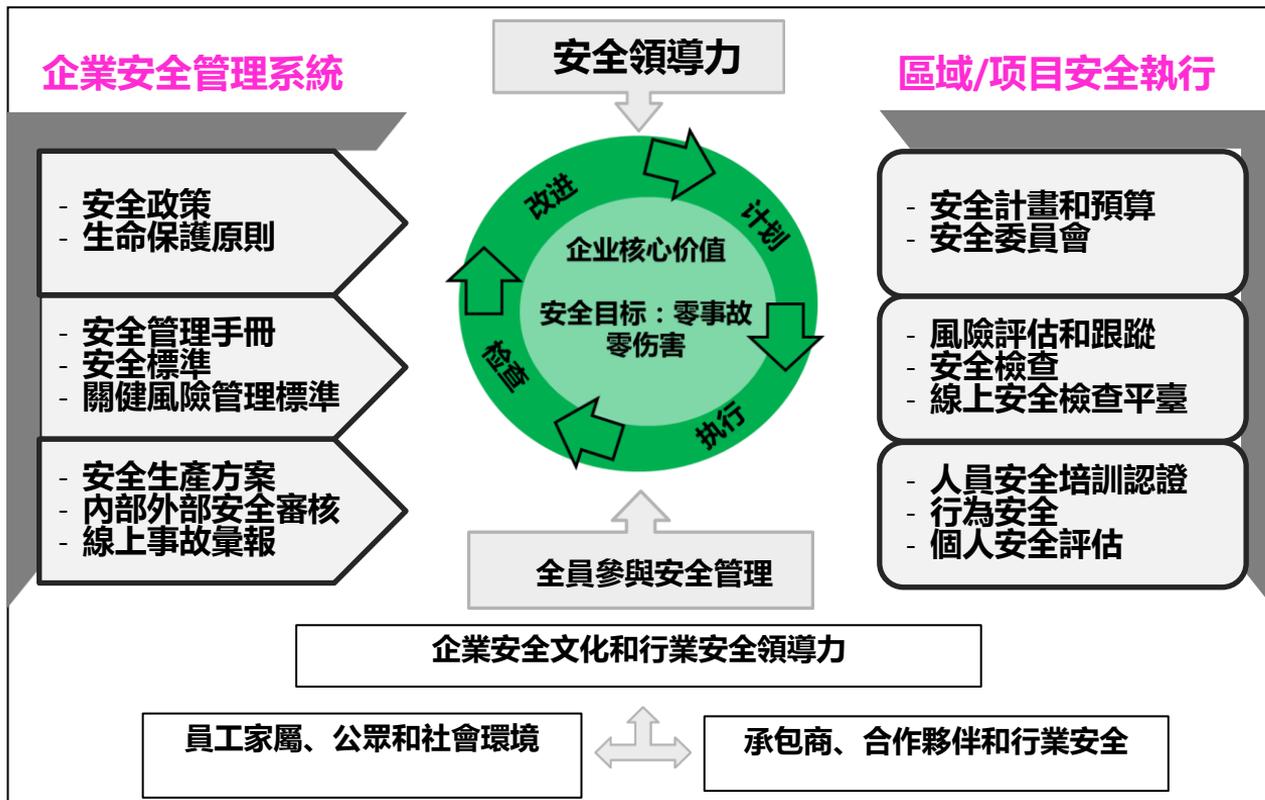
基礎設施工程安全管理系統和發展研究趨勢

“安全革新”思考的核心問題？



1. 同樣的施工承建商，為什麼在不同地區的项目上，安全表現差異顯著？
2. 為什麼在不同的项目管理層領導下，安全表現各異？
3. 安全文化是人類發展歷史的一項核心價值觀，如何通過人與人之間的社會學習，榜樣示範，積極促進，全面提升生命安全保障？

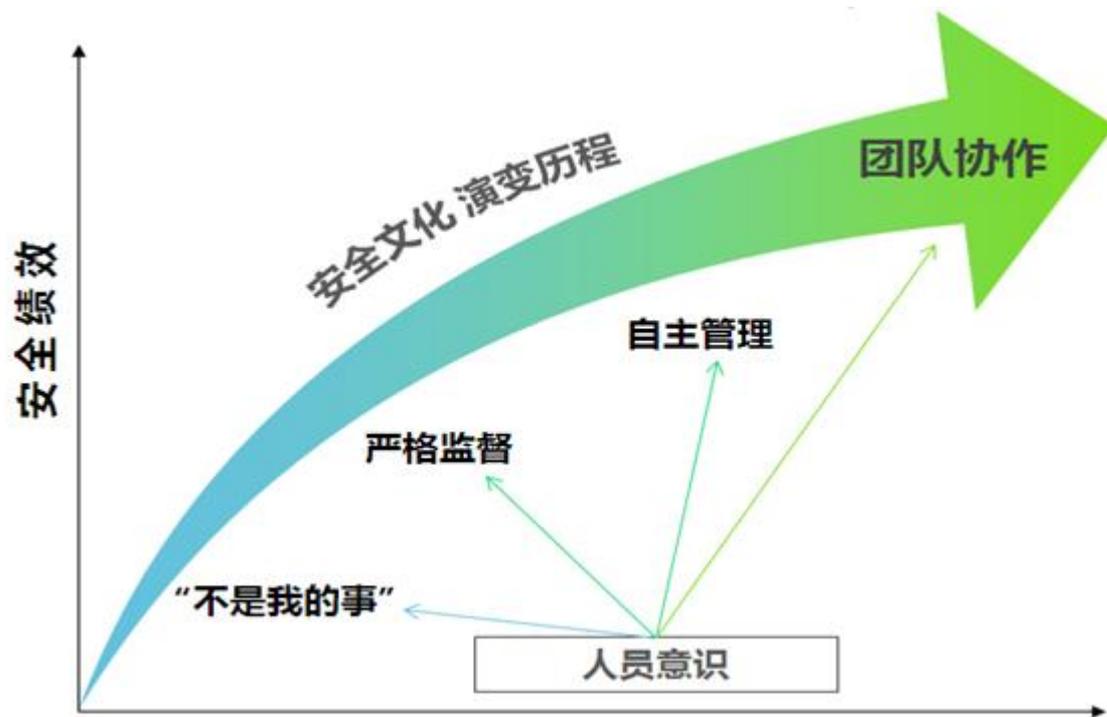
安全是一種需要每時每刻都推進的信念和使命，同時也需要科學的方法激發安全革新的潛能！



1. 以風險管理為核心，推進安全績效。
2. 工程安全管理是一個多元的和複雜的系統。建立全面、清晰和有效的安全健康和環境管理系統，嚴格控制實施，是工程安全管理的基石。
3. 在有計劃、有系統和可控的環境下，進行工程活動，才能有出色的安全表現。

安全管理系統的九項生命保護原則





管理層重視 / 領導力
安全標準 / 程式實施

管控

合規

承諾

參與

不可能

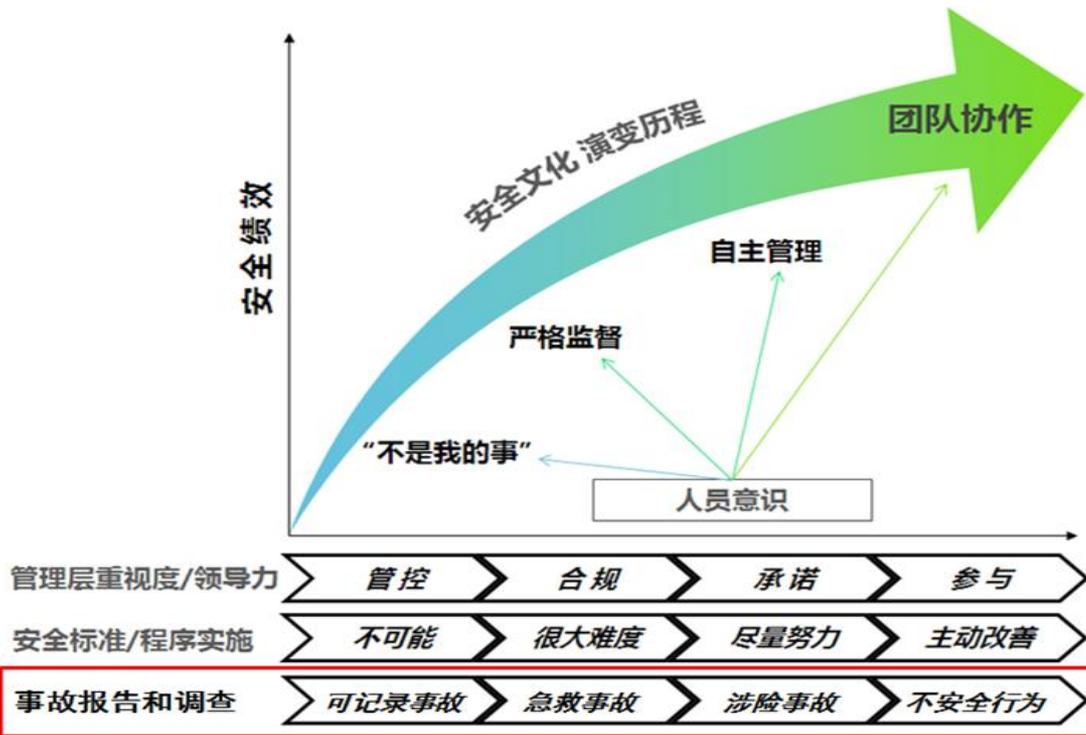
很大難度

儘量努力

主動改善

事故預防

海因裡希“安全金字塔”法則



安全文化的積極指標之一：

涉險事故，不安全行為的彙報，調查和改善

基礎設施工程的安全風險管理實踐和經驗

工程項目安全管理的四階段流程

階段一

階段二

階段三

階段四

計畫階段

(專案安全計畫/招投標中的安全要求)

專案安全目標，標準和安全責任

專案安全性群組織架構和崗位設置

設計階段安全審核

危險源識別和風險評估

制定項目安全健康和環境計畫和審批

制定招投標流程中的安全要求

建立專案安全獎懲制度和宣導文化

實施階段

(承包商安全管理，安全設施/措施驗證，安全教育和安全交底等)

承包商/分包商安全預審和資質驗證

安全施工方案審核和許可證審核

人員安全資質審核

安全教育和培訓

安全風險評估

各層級安全管理交底

設備進場安全檢查和驗收、緊急回應預案/演習、安全健康環保措施實施和評估

控制和監控

(檢查/監督/糾正/預防)

專職安全人員巡查

定期安全檢查和整改跟進

高風險工作許可、專項安全檢查和整改跟進

定期安全會議和安全週報

承包商/分包商安全管理績效評估

內外部安全審核

現場違規通知單和整改跟進、事故報告，調查和處理跟進

項目收尾和交付

安全健康環境管理績效總結

安全獎懲制度實施總結

事故處理，事故調查和經驗教訓總結

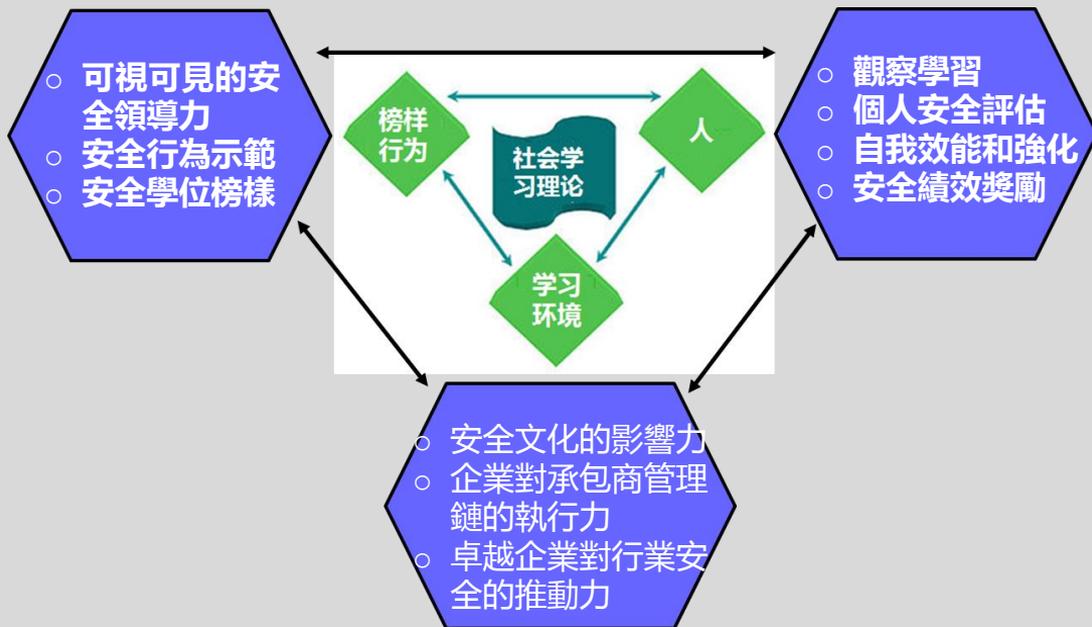
基於社會學習理論，引領工程安全管理文化

安全教育發展的三角形框架：“人”、“榜樣行為”和“學習環境”



安全教育發展的三角形

基於班杜拉的社會學習理論



安全教育發展的三角形框架中：

- 可視可見的安全領導力；
- 全員參與的個人安全評估；
- 高風險作業的行為安全；
- 安全之星；
- 保持一致高標準的承包商安全管理要求等，

都是國際上安全卓越企業在提升安全管理和發展安全文化的關鍵方案。

安全管理遠見

Lead Our Industry in Safety 領導行業安全管理

AECOM's Vision for SH&E

"Safety for our employees and partners is a **core value** for AECOM. Our 95,000 employees around the world work in a variety of environments. And each of us shares a common responsibility — whether we work at a project site or in an office — to do our part to ensure a safe workplace, to protect property and to protect and preserve the environment."



Our goal is to lead our industry in SH&E by committing to **zero incidents** in the workplace.

安全管理領導力

Value for Safety 安全價值

Executive and Senior Management Commitment



Commitment to Excellence 承諾安全卓越性

AECOM's 9 Life-Preserving Principles



Communicating our Vision 溝通安全使命

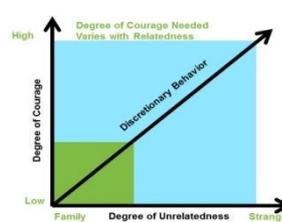
AECOM Elevator Speech

Why You Should Make SH&E Your Business

- We care about our employees, contractor employees and members of the public
- Insurance costs can undermine our financial performance
- Noncompliance with global safety standards create a poor work environment and damage our reputation
- Meeting Prequalification criteria established by our clients
- SH&E performance is a discriminator and wins us work
- We want to be the best

Everyone Home Safely, Everyday 人人每天安全回家

Culture of Courage



安全管理工具

Safety for Life 安全就是生命

Safety for Life Overview



Accountability and Responsibility 安全責任制

Executive and Senior Management Commitment



Execution 安全執行指標

AECOM	Business Unit SH&E Core Value Metric (Summary)	STOP LIGHT CHART - FY15-Q1	Goal: Lead Our Industry in Safety									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
LEADING METRICS												
1) Management Observations	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2) Safety for Life Assessment (Safety Plans)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3) Near Miss Reports (CATERPILLAR Inc. Internal)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4) Observations	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5) Audits	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Total Leading Metrics	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
LAGGING METRICS												
1) LTI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2) LACR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3) Severity Rate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4) Damages W/ Incident Count	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
5) Third-Party Notice of Loss	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Lagging Metrics	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Project Excellence 專案安全卓越性

Project Safety Review



Making use of Technology 安全資訊化治理

LifeGuard



Data Management 安全資料管理

What is IndustrySafe?

- IndustrySafe is an easy to use web-based application that allows employees to notify, record, track, and analyze all safety information. The software enables all employees to enter incident and injury information directly via a simple web-based interface.
- With this tool, it enables AECOM to collect relevant data and analyze trends to help prevent similar incidents and provide a safe work environment for everyone.



總結和分享

Concluding Remarks

1. 工程的安全管理，其終極目標是培育和完善安全管理文化，提升安全績效。
2. 建立生命保護原則和系統科學的安全管理系統，才能促進全方位參和落實安全管理。
3. 通過安全管理積極指標，可度量地推進安全文化演變，發揮“人”在推進“零事故、零傷害”安全目標中的主動安全執行力。
4. 基於社會學習理論，可引領工程安全管理文化，提升安全卓越管理，促進全面提升建設品質、安全水準和國際競爭力。
5. 香港工程界當發揮優勢，引領大灣區建設的安全風險管理文化，實現城市群可持續發展。



一帶一路工程及基建專業提升計劃研討會, HK, 29 August 2019

建立全過程安全風險管理體系 創造大灣區工程建設卓越成就



楊文武 博士
副總裁

交通基礎設施, AECOM

E-Mail: Morgan.Yang@aecom.com



Safety For Life
安全就是生命!