

出國報告（出國類別：進修_線上訓練課程）

參加德國鐵路學院「Fundamentals of Railway RAMS」線上課程報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：洪偉喆/鐵道調查組調查官、
游士漢/鐵道調查組副調查官

派赴國家：台灣，中華民國（線上訓練課程）

會議期間：民國 110 年 10 月 18 日至 10 月 19 日

報告日期：民國 111 年 01 月 17 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：參加德國鐵路學院「Fundamentals of Railway RAMS」線上課程報告

頁數：16 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：郭芷桢

電話：(02) 7727-6228

出國人員姓名：洪偉喆

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：調查官

電話：(02) 7727-6256

出國人員姓名：游士漢

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：副調查官

電話：(02) 7727-6263

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 視察 6 訪問 7 開會 8 談判 9
其他

出國期間：民國 110 年 10 月 18 日至 10 月 19 日

出國地區：台灣，中華民國（線上訓練課程）

報告日期：民國 111 年 01 月 17 日

分類號/目

關鍵詞：鐵道基礎、RAMS

內容摘要：

國家運輸安全調查委員會延續前身飛航安全調查委員會之基礎，派員參加國外相關機構開辦之訓練課程，研習鐵路調查專業知識與技術。本次鐵道調查組派員參加德國鐵路學院為期 2 日，每日 3 小時之線上訓練課程，本次訓練項目大綱為介紹可靠度、可用度、可維修度與安全度(Reliability, Availability, Maintainability and

Safety, RAMS) 等四項指標概念，及其內容引用的各項歐盟及國際標準。接續介紹執行此四項指標應具備的日常管控模式，並介紹計算公式與分析方式，來證明各項指標之科學性與代表性意義。

目次

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、課程摘要與心得.....	4
肆、建議.....	15

壹、目的

RAMS 最早是由歐盟制定「EN50126」中的規範，經由規範一系列作業項目，來確保軌道系統在營運階段的安全性，並達到一定的服務水準及品質。而安全管理要素，也就是 RAMS 主要是由可靠度 (Reliability, R)、可用度 (Availability, A)、維護度 (Maintainability, M) 及安全度 (Safety, S) 等四種風險標準來做為軌道運輸安全及軌道運輸工程之依據。

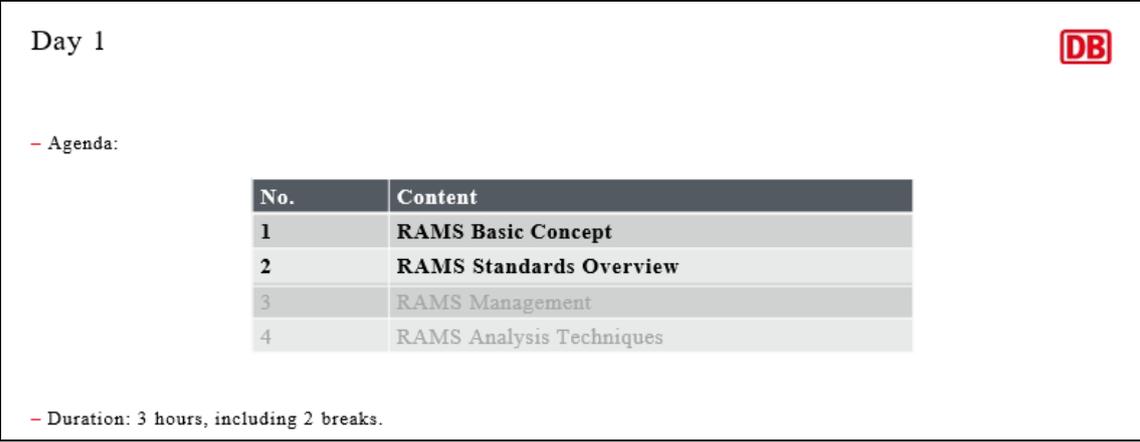
現行我國亦有鐵道營運單位使用該標準作為營運安全指標，本次「鐵道 RAMS 基礎課程」能夠讓國家運輸安全調查委員會（以下簡稱運安會）鐵道調查組更深入來了解國際鐵道規範是如何應用在運輸安全上並作為目標基準，也期許未來在執行重大鐵道事故調查工作時，進行安全管理調查上的比較依據。

為使運安會鐵道調查團隊更加了解鐵道國際規範之專業知識，本組派員參與德國鐵路學院 (DB Rail Academy) 所開設之線上課程「Fundamentals of Railway RAMS」以學習專業知識，並探討其專業技術與持行方式，以掌握規劃、建設及營運鐵路系統的安全指標能力。

貳、過程

1. 主辦單位：德國鐵路學院（DB Rail Academy）
2. 時間：民國 110 年 10 月 18 日至 10 月 19 日
3. 方式：線上視訊訓練
4. 講師：Yin Chen
5. 參與人員：運安會/鐵道調查組/洪偉喆及游士漢共 2 人
6. 課程

本次課程為期 2 日，由德國鐵路學院訓練講師帶領討論。課程目的在於幫助鐵路營運單位或調查人員更了解 RAMS 的專業知識。本次課程包括 RAMS 基本概念、RAMS 標準概述、RAMS 管理及 RAMS 分析技術等四大重點。有關課程表如圖 2-1 及圖 2-2，本次報告即是依據該四項重點進行報告撰寫。



Day 1 

- Agenda:

No.	Content
1	RAMS Basic Concept
2	RAMS Standards Overview
3	RAMS Management
4	RAMS Analysis Techniques

- Duration: 3 hours, including 2 breaks.

圖 2-1 第一天課程表

Day 2



- Agenda:

No.	Content
1	RAMS Basic Concept
2	RAMS Standards Overview
3	RAMS Management
4	RAMS Analysis Techniques

- Duration: 3 hours, including 2 breaks.

圖 2-2 第二天課程表

參、課程摘要與心得

一、 RAMS 基本概念

1. 依據「EN50126-1: 2017」中 RAMS 定義如下：

(1) 可靠度(一個項目的)

在給定的條件下及時間間隔內，按要求執行而不發生故障的能力。

(2) 可用度(一個產品的)

假設提供了所需的外部資源，在某一時刻或某一時間間隔內，某項物品在特定條件下處於執行所需功能的狀態能力。

(3) 可維護度(物品的)

在特定的使用和維護條件下，保持或恢復到所需狀態的能力。

(4) 安全度

免於不可接受的風險

2. 可靠度的典型參數如下：

(1) MTBF (Mean Time Between Failures) / MTTF (Mean Time To Failure)

其中 T = total operation hours , N = total number of failures

而 MTBF 是指可維修的項目，MTTF 是指不可修復的項目。

(2) 故障率(通常用 lambda λ 表示)

如果平均壽命是指數型分佈 $\lambda = \frac{1}{MTBF}$

如果平均壽命遵循其他分佈

Distribution	Failure Rate	MTBF
Exponential	λ	$1/\lambda$
Weibull	$(\beta/\eta)(t/\eta)^{\beta-1}$	$\eta\tau(1 + 1/\beta)$
...

Where:
• η : scale parameter
• β : shape parameter

(3) R(t)

給定時間=0，N 個單位工作。直到時間=t，n(t)個單元失效，N-n(t)個單元繼續工作。可靠性 R(t)是：

$$R(t) = \frac{N - n(t)}{N}$$

中位數壽命：R(t)=0.5 時的時間

特徵壽命：當 R(t)=0.368 時的時間

3. 可維護度的典型參數如下：

(1) MTTR：平均維修時間

(2) MDT：平均耗時

4. 可用度的典型參數如下：

(1) 固有的可用性 Ai

(2) 機隊、車隊及船隊等的可用性

(3) 時間表的遵守情況

5. 安全度

功能安全：整體安全的一部分，取決於功能和物理單元在回應其輸入時的正確操作。(參考來源：EN 50126-1: 2017)

安全完整性等級 (SIL)：一個對於安全相關系統中與安全關聯功能之特定安全完整性所需求的等級。(參考來源：EN 501261: 2017)

安全的典型參數如下：

(1) 可容忍的危險率

(2) 可容忍的功能（不安全）故障率

二、 RAMS 標準概述

1. RAMS 標準於 EN 及 IEC 之間的關係如表 1：

表 1 RAMS 標準於 EN 及 IEC 之間的關係

EN	IEC
EN 50126:1999	IEC 62278:2002
EN 50126-1/-2:2017	Not released ¹
EN 50128:2001	IEC 62279:2002
EN 50128:2011	IEC 62279:2015
EN 50657:2017	
EN 50129:2003	IEC 62425:2007
EN 50129:2018	Not released ²
EN 50159:2010	IEC 62280:2014

¹ 根據 IEC 網站，IEC 62278 2.0 版計畫於 2024 年發佈。

² 根據 IEC 網站，IEC 62425 第 2.0 版計畫於 2024 年發佈。

2. EN50126

鐵路應用 – 可靠性、可用性、可維護性和安全性的規範和應用 (RAMS)

(1) 第一部分：通用的 RAMS 流程

(2) 第二部分：安全的系統方法

概述

(1) 這一部分是為了在鐵路部門應用系統化的 RAMS 管理流程。

(2) 它可以由鐵路營運者和鐵路供應商系統地應用。

(3) 貫穿鐵路應用生命週期的所有階段。

(4) 制定鐵路特定的 RAMS 要求並實現對這些要求的遵守。

目前的有效版本: 2017

RAMS Standards	DOP(Date of Publication)	DOW(Date of Withdraw)
EN 50126-1:2017	2018-07-03	2020-07-03*
EN 50126-2:2017	2018-07-03	2020-07-03*

*EN 50126:1999 在此日期後被取代。

3. EN50128

鐵路應用 – 通信、信號和處理系統 – 鐵路控制和保護系統的軟體

概述

- (1) 鐵路控制和保護的應用。
- (2) 集中於確保軟體安全完整性的方法。
- (3) 提供開發、部署和維護安全相關軟體應遵守的要求。
- (4) 確定有關組織結構、人員資格和專業知識等方面的要求。

目前的有效版本: 2011

RAMS Standards	DOP(Date of Publication)	DOW(Date of Withdraw)
EN 50128:2011	2012-04-25	2017-04-25 ¹
EN 50128:202x	DOR+12 months ²	DOR+36 months ³

¹ EN 50128: 2001 在此日期後被取代。

² EN 50128: 2011 將在新的 EN 50128: 202x 發佈後的 12 個月內在 CENELEC 成員國發佈。

³ EN 50128: 2011 將在新的 EN 50128: 202x 發佈 36 個月後被取代。

4. EN50657

鐵路應用 – 機車車輛應用 – 機車車輛上的軟體

概述

- (1) 鐵路機車車輛的應用。
- (2) 集中於確保軟體安全完整性的方法。
- (3) 規定軟體的開發、部署和維護應符合的要求。
- (4) 定義有關組織結構、人員資格和專業知識等的要求。
- (5) 類似於 EN 50128: 2011*。

目前的有效版本: 2017

RAMS Standards	DOP(Date of Publication)	DOW(Date of Withdraw)
EN 50657:2017	2018-05-08	2020-05-08

* 詳細的比較可以在 EN 50657: 2017 的附件 E 中找到。

5. EN50129

鐵路應用 – 通信、信號和處理系統 – 與安全有關的信號電子系統

概述

- (1) 與安全有關的電子系統（包括子系統和設備）用於鐵路信號應用。
- (2) 關注與安全有關的系統其驗收所需提交的證明。
- (3) 是歐洲對鐵路信號應用的電子系統進行安全驗收的共同基礎。

目前的有效版本: 2003 及 2018

RAMS Standards	DOP(Date of Publication)	DOW(Date of Withdraw)
EN 50129:2018	2019-05-23	2021-11-23*

* EN 50129: 2003, CLC/TR 50451: 2007, CLC/TR 50506-1: 2007, CLC/TR 50506-2: 2009 將自此被取代。

6. EN50159

鐵路應用 – 通信、信號和處理系統 – 傳輸系統中與安全有關的通信

概述

- (1) 用於與安全有關的電子系統，涉及不同地點之間的資訊傳輸。
- (2) 專門介紹了在這種傳輸系統上進行安全相關資訊交流時需要考慮的要求。

目前的有效版本: 2010+A1

RAMS Standards	DOP(Date of Publication)	DOW(Date of Withdraw)
EN 50159: 2010+A1	2020-08-07	2020-08-07*

*EN 50159:2010 在此日期後被取代。

三、 RAMS 管理

RAMS 在組織中應屬於政策的一部份，尤其是著重於安全管理上，而且 RAMS 應該被整合在組織各程序中，包含開發程序、資源配置程序、管理變動程序內。

在歐盟針對鐵道運輸制定的安全管理規範 EN50126 文件中提及，在每個鐵道單位內的每個角色責任，都應該明確的被定義出來，例如安全管理師應確保系統

安全計畫、風險評估分析、危害日誌、安全個案等文件完整性，也必須確保在系統發生變化時，相對應的安全措施可以被落實，並且要能識別出企業內潛在的安全風險。

講師也在課堂中拋出三個文字敘述「我們組織有必要的流程及工具，所以我們有安全文化」、「我們組織投資最好的人才，所以我們有安全文化」、「我們組織總是按時提交產品，所以我們有安全文化」，提供給學員進行討論與心得分享（如圖 3-1），讓學員了解何為安全文化所強調的觀念。

Safety culture - At a glance DB

- What is "safety culture" in your view?

"Our organization has the necessary processes and tools, so we have safety culture."

"Our organization invests on the best talents, so we have safety culture."

"Our organization always delivery products on time, so we have safety culture."

- In general, safety culture is how an organization as a whole treats safety.

DB Engineering & Consulting | DB Rail Academy | Online Training - Fundamentals of Railway RAMS 31

圖 3-1 安全文化討論

講師也提到尤其是鐵道營運單位、鐵道興建單位中，更應注意安全文化的展現（如圖 3-2），確保鐵道系統在運作時，可以維護乘客、從業人員及公共的安全性。

Safety culture - Summary 

- Safety culture consists of various elements.
- Safety culture is often invisible, but always essential.
- Do NOT let "safety culture" just visible in the accidents' investigation reports.
- We are all part of the safety culture.

A take-away question:
How would I impact the safety culture in my organization?



DB Engineering & Consulting | DB Rail Academy | Online Training - Fundamentals of Railway RAMS 33

圖 3-2 安全文化摘述

四、 RAMS 分析技術

倘管理者想要在組織內執行 RAMS，實務上有許多技術性方法論可供參考，包括 FMEA、FTA、LCC、ALT、STPA、ETA 等方法，本次課程針對 FMEA（失效模式與效應分析，Failure Mode and Effect Analysis）、FTA（故障樹分析，Failure Tree Analysis）等兩種方法論進行介紹，說明如下：

失效模式與效應分析

此分析是用以識別系統（包含產品、程序）潛在失效樣態或其原因的結構化分析方法，概念是由下位部件分析至上位系統，又可分為兩種形式，包含有 FMECA（失效模式、效應與關鍵性分析，Failure Mode, Effect and Criticality Analysis）與 FMEDA（失效模式、效應與診斷分析，Failure Mode, Effect and Diagnostic Analysis）等兩類型。

不論這兩種類型，其分析方式及分析階段都是以：1.定義範圍、2.以工作表單方式列出所有可能的失效資料、3.失效樣態、4.失效原因分析、5.失效影響等步驟（如圖 3-3）進行，其中關於工作表定義失效範圍範例如圖 3-4 所示。

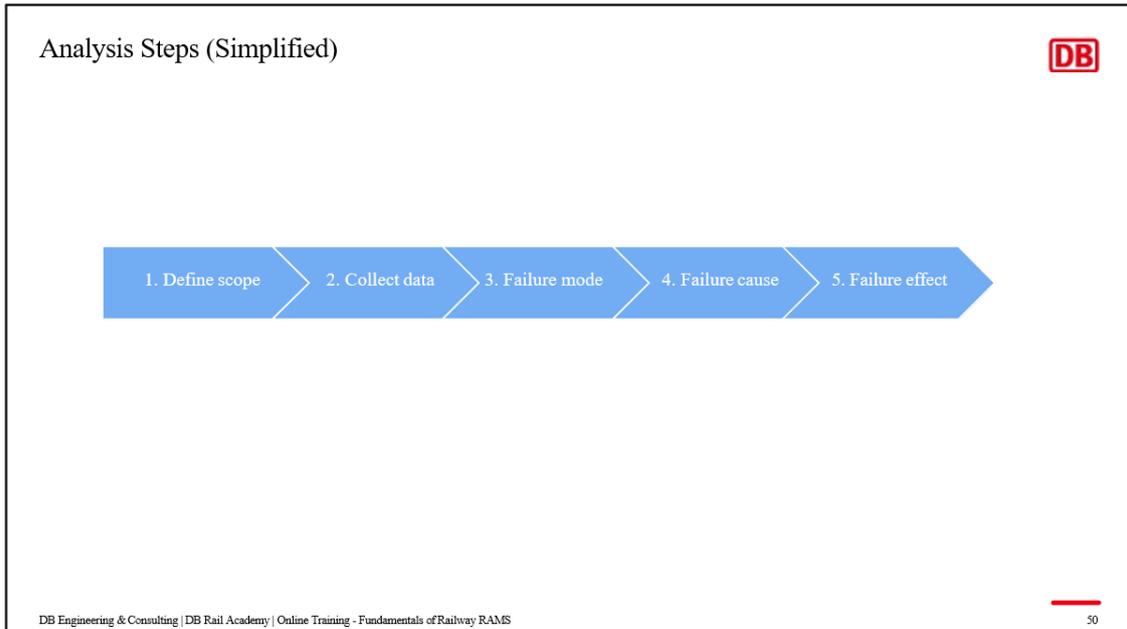


圖 3-3 失效模式與效應分析階段

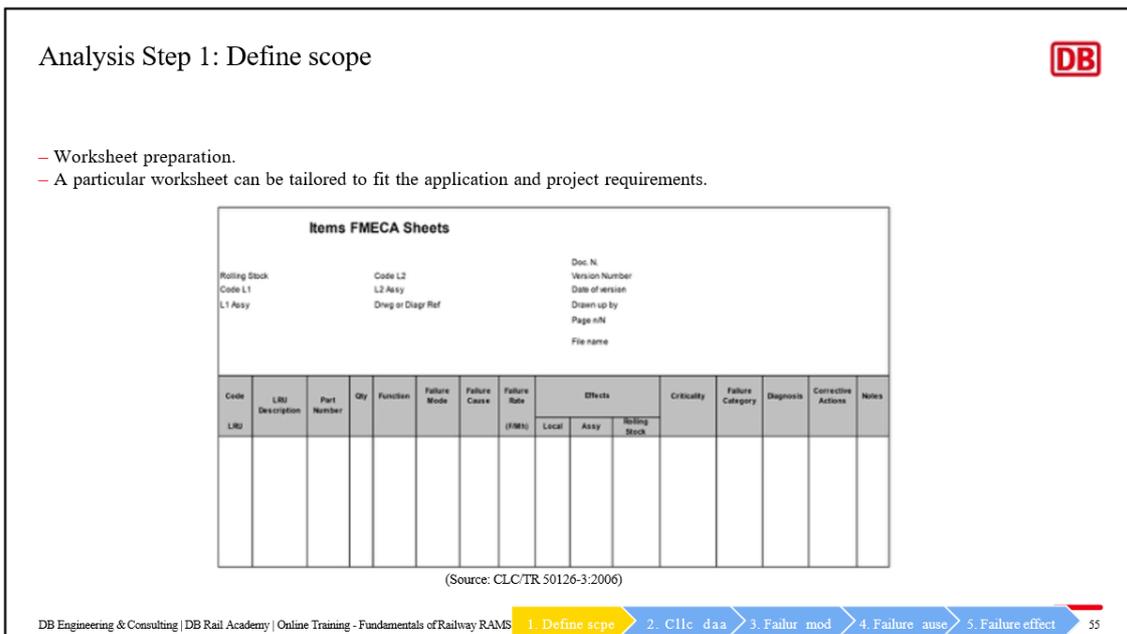


圖 3-4 工作表定義失效範圍

當定義出失效範圍後，要去了解該失效樣態，並分析故障原因來找出將故障降低的方法或可行性，可以經由 P 圖分析方式（Parameter Diagram）來識別相關故障或失效成因。

而單一元件的故障需要進一步探討上階層組件的影響狀況，接著再進一步分析對整體系統的影響，以鐵道來說可能是整個車輛系統或是整個號誌系統。講師以列車的人機介面（Human-Machine Interface, HMI）系統失效為例，來說明單一元件失效影響系統的分析推倒方式（如圖 3-5）。

FMEA Example 

– For each item, analyze failure mode, cause and effect, as well as diagnostics/detection measures.

Item	Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect	Diagnostics
Display	Display the intended information	Frozen screen	Display or interface failure	Incorrect screen information	Tran driver will observe
		Defective pixels	Display or interface failure	Incomplete screen information	Tran drivr will obsrv
Micro
Processor
LED
Button

DB Engineering & Consulting | DB Rail Academy | Online Training - Fundamentals of Railway RAMS 65

圖 3-5 FMEA 分析-以人機介面失效為例

故障樹分析

此分析相對於失效模式與效應分析最大的差異是由上向下的演繹分析方法，透過推論來分析原始失效（因）對於事件的影響（果），現今普遍應用於航空及核能產業上。

此種分析方法的優點是可以分析各子系統間相互作用關係，且相對於 FMEA 僅能分析有形的設備或是僅能從單一元件分析著手，故障樹可以執行多重化分析，來了解故障的系統性因素，包括環境因素、操作因素或人為因素等等。但這種分析方法的缺點則是會耗費大量時間造成效率低落。

而講師提到，故障樹分析的最佳使用時機是在產品開發初期或是產品在循環性改款的時間點。故障樹分析的重點是以圖示路徑方式來找到失效與安全性之間的關係，因此必須定義出事件（event）、最上方事件（top event）、基本事件（basic event）與閘（gate）之間的關係或連接性（如圖 3-6、3-7）。

Graphical Descriptions DB

- event
 - o occurrence of a condition or an action
- top event
 - o outcome of combinations of all input events
- basic event
 - o event or state that cannot be further developed
- gate
 - o symbol which is used to establish symbolic link between the output event and the corresponding inputs

DB Engineering & Consulting | DB Rail Academy | Online Training - Fundamentals of Railway RAMS 74

圖 3-6 故障樹分析圖形化描述指引

Graphical Descriptions DB

- Gate examples:

Gate Name	Description	Number of inputs
OR gate	The output event occurs if any of the input events occur	≥ 2
AND gate	The output event occurs only if all of the input events occur	≥ 2
XOR gate	The output event occurs if one, but not the other inputs occur	$= 2$

(Source: IEC 61025:2007)

DB Engineering & Consulting | DB Rail Academy | Online Training - Fundamentals of Railway RAMS 75

圖 3-7 閘（gate）與事件的關係

執行故障樹分析的流程為：1.定義事件、2.蒐集數據、3.繪製故障樹、4.分析等四個步驟。首先必須將目標及故障定義清楚，即使是同一系統有可能因為不同的目標導向，造成完全不一樣的故障樹型態，因此定義是相當重要的。其次進行產品規格蒐集不論是系統圖、電路圖、歷史故障數據等等資料，使分析人員充分了解整個系統。

接著即可進行故障樹繪製，首先需要將最上方事件定義出來，並且用邏輯推演的方式與各事件進行連結，並且持續向下繪製，直到所有會造成此事件的原因被繪製出來，這也是故障樹分析可以用來識別或改正發生最上方事件的判斷邏輯。

講師後續仍然是以人機介面為範例，已故障書分析的方式來探討當列車發生人機介面故障時的失效影響因素（如圖 3-8），來讓學員了解 FTA 與 FMEA 的分析差異。

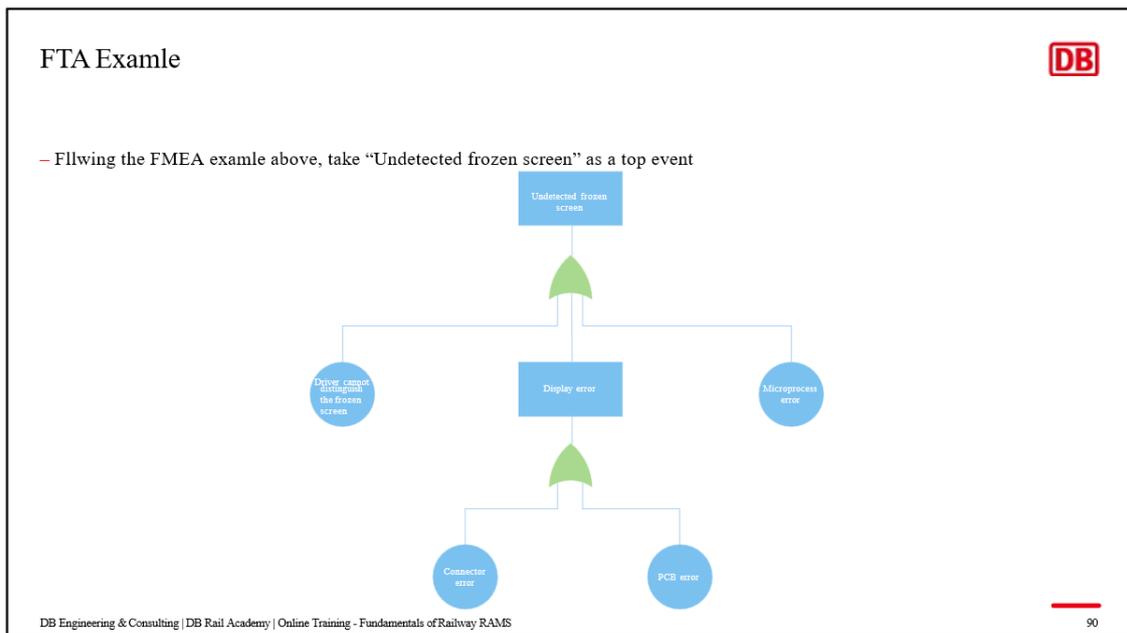


圖 3-8 FTA 分析-以人機介面失效為例

肆、建議

本次參與德國鐵路學院「Fundamentals of Railway RAMS」線上課程，內容充實獲益良多，廣泛的課程項目和模組化的結構不僅可使上課學員更深入了解鐵路系統，課程安排亦可使本會調查人員對於 RAMS 運作更深入了解。

德國鐵路學院尚有提供其他鐵道相關課程，訓練課程為期二天至六天不等，並以運轉、工程、機務及電務等不同主題設計，該內容可以對於國內不同種類的鐵道營運業者之技術，加強本會鐵道調查人員概念及規範。建議本會持續派員參加德國鐵路學院提供之訓練課程，並與各國相關鐵道單位進行經驗交流。

參加德國鐵路學院「Fundamentals of Railway RAMS」線上課程報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：鐵道調查組調查官/副調查官

姓 名：洪偉喆/游士漢

出 國 地 區：德國國家鐵路公司鐵道學院（線上訓練課程）

出 國 期 間：民國 110 年 10 月 18 日至 10 月 19 日

報 告 日 期：民國 111 年 01 月 17 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	建議本會派員參加德鐵舉辦之其它訓練課程，持續精進鐵道不同型態知識技能，並與各國事故調查人員經驗交流。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	建議參訓人員將課程內容進行重點整理，並預計於 111 年 3 月以簡報說明之方式，與會內同仁進行知識分享。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行