

澳門輕軌系統第一期 綜合環境評估資料

偉信顧問集團有限公司

二零一一年八月

目錄

1.	引言	1
1.1	項目背景	1
1.2	項目目的	1
2.	輕軌運輸系統環境影響評估	2
2.1	法例與評估準則	2
2.2	噪音	3
2.3	空氣	9
2.4	水質素	9
2.5	景觀及視覺	11
2.6	文化遺產	13
2.7	廢物處理	14
2.8	生態	15
2.9	光污染	16
3.	路氹東輕軌車廠環境影響評估及土地勘察	17
3.1	概論	17
3.2	土壤及地下水測試結果	17
3.3	堆填氣體測試結果	17
3.4	土地勘察	18
4.	環境監察及審核	18
5.	總結	19

1. 引言

1.1 項目背景

- 1.1.1 隨著近年大型娛樂項目在澳門相繼竣工，加速了本地旅遊及酒店業之增長，從而帶動旅客數目、居民人數及車輛數目的上升，突顯了澳門迫切需要一個更大及更多元化的公共客運網絡。為此，澳門特別行政區政府於 2007 年宣佈興建「澳門輕軌系統第一期」，並於同年 11 月 1 日設立運輸基建辦公室（運建辦），負責協調整個輕軌系統的設計和建造，並計劃將來輕軌系統的運作安排，促進道路運輸基建現代化及完善。
- 1.1.2 前環境委員會（現環境保護局）在首階段優化方案中，就輕軌系統的建設提供多方面的技術意見，當中涉及工程噪音、振動、黑煙污染控制及運行噪音控制等範疇，亦建議就輕軌項目進行詳細的環境影響評估及採取相關緩解措施，以祈將環境影響納入興建方案的考慮之列。
- 1.1.3 運建辦於 2008 年委託偉信顧問集團有限公司（偉信），替當時初步落實的一期輕軌走線及運行系統等進行全面的環境評估研究。及後，又因應社會發展的實際需要，在上述研究的基礎上，運建辦委託偉信顧問集團有限公司就輕軌系統車廠設置對土地的影響及南、西灣湖隧道走線的環境影響等兩方面作補充研究，藉以訂定輕軌項目於不同階段工作中需依循的環境準則。
- 1.1.4 另一方面，三菱重工業株式會社（三菱）今年亦委託偉信顧問集團有限公司，就澳門使用的輕軌系統及列車噪音和視覺影響進行檢討，有關數據並已提交運建辦，並會納入輕軌系統細部設計考慮因素當中。
- 1.1.5 有鑑於澳門暫沒有進行環境評估的相關法例，上述研究亦參考了內地及香港的環評法例及相關標準要求。
- 1.1.6 本文將就澳門輕軌系統第一期及輕軌車廠工程項目中，於施工、運作及其他有關活動進行時可能產生之環境影響提供綜合性研究資料，並提出建議的緩解措施，令輕軌項目符合澳門相關法例與指引的要求及香港環境評估的相關要求，並盡量減少對澳門居民所帶來的影響。

1.2 項目目的

輕軌項目的目的主要有以下幾點：

- 提供可使澳門居民及旅客感覺舒適、具高效率、可靠，且令澳門更現代化的運輸工具；
- 於澳門提供基本的運輸工具，以減輕因遊客、人口及機動車輛增加而引致的交通擠塞問題；
- 使用以電力駛動的輕軌列車，改善地區內的空氣質素。

2. 輕軌運輸系統環境影響評估

2.1 法例與評估準則

2.1.1 鑑於現時澳門沒有一套法定的環評的程序及條例，因此，本研究參照澳門現行的工程相關法令或指引，以及現行於內地及香港相關指引及標準而進行，當中包括：

- 澳門第 2/91/M 號法律《環境綱要法》
- 澳門第 56/84/M 號法令《建築、景色及文化財產的保護》
- 澳門第 83/92/M 號法令《有關文物修訂名單》
- 澳門第 54/94/M 號法令《規範若干環境噪音之預防及控制》
- 澳門第 46/96/M 號法令《澳門供排水規章》
- 澳門第 35/97/M 號法令《規範在海事管轄範圍內禁止投擲或傾倒有害物質》
- 澳門第 32/2002 號行政長官公告- 有關於巴塞爾簽署的《控制危險廢物越境轉移及其處置的巴塞爾公約》
- 澳門第 241/94/M 號訓令附件之「聲學規定」
- 澳門《工程及樁基礎工程黑煙及噪音控制指引》
- 澳門《地盤污染控制指引》
- 澳門《拆卸工程污染控制指引》
- 澳門《廣告招牌、建築物裝飾燈和戶外電子顯示屏光污染控制指引》
- 澳門《編寫環境影響評估報告書指引》
- 按香港法例第 499 章《環境影響評估條例》發佈的「環境影響評估程序的技術備忘錄」
- 香港《空氣污染管制條例》及《香港空氣質素指標》
- 香港法例第 28 章《香港土地（雜項條文）條例》
- 香港法例第 53 章《古物及古蹟條例》
- 香港法例第 354 章《香港廢物處置條例》
- 香港法例第 354C 章《香港廢物處置（化學廢物）（一般）規例》
- 香港法例第 358 章《水污染管制條例》

- 《香港規劃標準與準則》：第 9 章第 5 條—水質
- 香港相關專業人士環保事務諮詢委員會專業守則，第 1/94 號《建築工地排水》
- 香港文化財產影響評估指引
- 香港發展局技術通告第 06/2009 號《基本工程項目文物影響評估機制》
- 香港公眾潔淨及防止妨擾（市政局）附例及公眾潔淨及防止妨擾（區域市政局）附例
- 香港環境保護署出版的《受污染土地的評估和整治指引》
- 香港環境保護署出版的《受污染土地勘察及整治指引》
- 香港環境保護署出版的《按風險釐定的土地污染整治標準的使用指引》
- 香港技術通告第 34/2002 號《疏竣/挖掘沉積物的管理》
- 香港環境影響評估指南 第 2002/07 號《生態評估的生態基線資料調查》及第 2004/10 號《陸地及淡水生態基線調查的方法》
- 內地對於內陸水體質素的標準
- 英國照明工程師學會所發佈的《降低干擾光指引 GN01》

2.1.2 本報告在環境評估中遇到不確定因素時，已根據當時最適用的資料作出實際可能最壞情況之假設，以得出保守及客觀的環評結論。

2.2 噪音

施工期間

- 2.2.1 評估參照香港「噪音管制條例」及有關的技術備忘錄，並根據「環境影響評估程序的技術備忘錄」之噪音敏感受體所處的位置訂立可接受的建築噪音水平。
- 2.2.2 結果顯示，若於施工階段採取研究報告所建議的標準噪音緩解措施，例如使用低噪音機動設備、臨時隔音屏障、隔音墊、消音器、隔音罩，以及適當地限制同時操作的機動設備之數量等，建築噪音預計可以大致控制在「環境影響評估程序的技術備忘錄」所定可接受的水平。
- 2.2.3 然而，由於部分的噪音敏感受體鄰近輕軌系統工程範圍，在實行建議的標準緩解措施下，有小部分噪音感應強的單位仍可能超過可接受建築噪音水平，平均約為 5-6 分貝（A）。開展進一步的緩解措施，如良好工地運作及適當的工程安排，避免在學校考試期間進行高噪音工作，亦可有效地減低建築噪音之影響。

- 2.2.4 根據實際施工狀況比較，由於機動設備之運作頻率一般較環境評估研究時為少，因此施工時的噪音會稍低於環評結論。另外，報告亦要求承建商嚴格執行各項建議的消音措施，並在施工階段進行環境監察及審核，並建立有效的投訴溝通渠道，以確保建築噪音之影響能減到最低。

營運期間

- 2.2.5 研究參照香港「噪音管制條例」，並參考「環境影響評估程序的技術備忘錄」的指引來訂定合適的評估標準。此指引乃是根據可能受到輕軌營運之噪音影響的敏感受體，其所在的位置及附近環境因素之共同配合之下而得出相應的噪音評估標準。
- 2.2.6 另外，為了驗證香港指引在澳門社區環境下的合用性，在訂定噪音標準時，亦量度了輕軌沿線噪音敏感受體的深夜背景噪音水平，以作比較之用。
- 2.2.7 以下將概述 2008 年環境評估研究以及後來的補充研究所評估的輕軌噪音水平及其緩解措施的建議。

澳門半島

- 2.2.8 根據在 2008 年擬定的輕軌系統運作情況下，在日間及黃昏時段（0700 – 2300 小時），所有具代表性的噪音敏感受體所受到的輕軌噪音水平，都能夠符合香港的「環境影響評估程序的技術備忘錄」中相應時段之可接受的噪音聲級。然而，有一小部分噪音敏感受體所受到的輕軌噪音水平預計將有可能超出香港的「環境影響評估程序的技術備忘錄」中所定的深夜時段（2300 – 0700 小時）可接受的噪音聲級 $L_{eq}(三十分鐘)$ 及 85 分貝(A) L_{max} 。表 2-1 展示了在澳門半島在各區所量度到的深夜背景噪音水平，建議可接受的噪音水平（即評估標準），與及在沒有任何噪音緩解措施的情況下，在不同時段預計受到輕軌營運所帶來的噪音水平。就 2008 年初步落實的一期輕軌走線及 2009 年的隧道段調整方案，附圖 2-1 展示了沿輕軌路線測得之深夜時段背景噪音水平。

表 2-1 在沒有任何噪音緩解措施情況下，澳門半島在各區段的深夜背景噪音水平、建議可接受的噪音水平和預計輕軌噪音水平

區段編號	區段名稱	深夜時段背景噪音水平 L_{eq} 分貝 (A)	可接受的噪音水平 $L_{eq, 30 \text{ 分鐘}}$ 分貝 (A) (日間及黃昏／深夜)	日間及黃昏／深夜預計輕軌最高平均噪音水平 $L_{eq, 30 \text{ 分鐘}}$ 分貝 (A)	深夜 L_{max} 噪音水平限制 L_{max} 分貝 (A)	預計深夜 L_{max} 輕軌噪音水平 L_{max} 分貝 (A)
M1	關閘	67.5	70 / 60*	63	85	50 - 96
M2	黑沙環	68.2	70 / 60*	69		68 - 103
M3	外港	69.1	70 / 60*	60		70 - 94
M4	外港填海區	68.3	70 / 60*	60		69 - 93
M5	南灣湖(一)	55.5	65 / 55*	60		76 - 82
	南灣湖(二)	63.7	70 / 60*	51		51 - 72
M6	西灣湖及媽閣	57.1	65 / 55*	不適用 ^[1]		不適用 ^[1]

備註:

*建議中的深夜「可接受的噪音水平」皆較在實地量度得到的背景噪音值為低。

^[1]由於輕軌以隧道的形式在西灣湖及媽閣地段行駛，因此輕軌噪音不會影響到在該區段的噪音敏感受體。

2.2.9 從表 2-1 所見，由於各區段皆有超出「可接受的噪音水平」或深夜 L_{max} 輕軌噪音水平限制，報告進一步建議採用一系列的噪音緩解措施，包括於深夜時段減低輕軌車速、減少輕軌服務班次、採用隔音屏障、全密封式及半密封式隔音罩。若實行了這些措施，報告預計在任何時段下所有具代表性噪音敏感受體受到的輕軌噪音水平將符合「環境影響評估程序的技術備忘錄」所定的噪音標準。表 2-2 展示了在採用建議之噪音緩解措施情況下，澳門半島各區段的晚間噪音水平都可以達到「可接受的噪音水平」。預計在採用了噪音緩解措施情況下，輕軌噪音水平詳見附錄 A。鑒於澳門半島各區段的詳細設計正在進行，建議噪音緩解措施的位置將會就行車設計相應調節，此報告暫不展示評估中建議緩解措施的位置。

表 2-2 在採用了噪音緩解措施情況下，澳門半島各區段的深夜噪音水平、可接受的噪音水平和預計輕軌噪音水平

區段編號	區段名稱	深夜時段背景噪音水平 L_{eq} 分貝 (A)	可接受的噪音水平 $L_{eq, 30 \text{ 分鐘}}$ 分貝 (A) (日間及黃昏／深夜)	預計輕軌最高平均噪音水平 $L_{eq, 30 \text{ 分鐘}}$ 分貝 (A) (日間及黃昏／深夜)	深夜 L_{max} 噪音水平 限制 L_{max} 分貝 (A)	預計深夜 L_{max} 輕軌噪音水平 L_{max} 分貝 (A)
M1	關閘	67.5	70 / 60*	62 / 57	85	49 - 85
M2	黑沙環	68.2	70 / 60*	62 / 57		51 - 85
M3	外港	69.1	70 / 60*	56 / 53		71 - 83
M4	外港填海區	68.3	70 / 60*	61 / 57		70 - 85
M5	南灣湖 (一)	55.5	65 / 55*	57 / 54		76 - 79
	南灣湖 (二)	63.7	70 / 60*	51 / 48		51 - 72
M6	西灣湖及媽閣	57.1	65 / 55*	不適用 ^[1]		不適用 ^[1]

備註:

*建議中的深夜「可接受的噪音水平」皆較在實地量度得到的背景噪音值為低。

[1]由於輕軌以隧道的形式在西灣湖及媽閣地段行駛，因此輕軌噪音不會影響到在該區段的噪音敏感受體。

- 2.2.10 此外，建議於輕軌啓用後的首年由獨立單位進行輕軌噪音監察，以核實噪音緩解措施的成效。
- 2.2.11 另一方面，研究亦評估了輕軌列車經過澳門文化中心時對它的震動影響。由於輕軌系統採用低震動的膠輪系統、高架軌道及混凝土導引結構，因此預計輕軌系統所引致的震動影響將會非常輕微。

氹仔

- 2.2.12 由於氹仔輕軌走線較早開展詳細設計階段，因此本節評估是根據 2011 年就三菱提供的列車車輛資料及擬定的輕軌系統運作情況下進行。
- 2.2.13 在深夜時段（2300－0700 小時），所有具代表性的噪音敏感受體所受到的輕軌噪音水平，將會符合香港的「環境影響評估程序的技術備忘錄」中相應時段的最高噪音聲級，即 85 分貝（A） L_{max} 。然而，有一少部分的噪音敏感受體所受到的輕軌噪音水平將超出香港的「環境影響評估程序的技術備忘錄」中所定的日間及黃昏／深夜時段（0700－2300 及 2300－0700 小時）可接受噪音聲級 L_{eq} （三十分鐘）及 85 分貝（A） L_{max} 。表 2-3 展示了在氹仔各區段的晚間噪音水平、建議可接受的噪音水平（即評估標準），與及在沒有任何噪音緩解措施的情況下，在不同時段預計受到輕軌營運所帶來的噪音水平。

表 2-3 在沒有任何噪音緩解措施情況下，氹仔在各區段的深夜背景噪音水平、可接受的噪音水平和預計輕軌噪音水平

區段編號	區段名稱	深夜時段背景噪音水平 L_{eq} 分貝（A）	可接受的噪音水平** L_{eq} , 三十分鐘分貝（A） （日間及黃昏／深夜）	日間及黃昏／深夜預計輕軌最高平均噪音水平 L_{eq} , 三十分鐘分貝（A）	深夜 L_{max} 噪音水平限制** L_{max} 分貝（A）	預計深夜 L_{max} 輕軌噪音水平 L_{max} 分貝（A）
T1	海洋花園	63.3	70 / 60*	68	85	62 - 78
T2	澳門賽馬會	64.0	70 / 60*	74		62 - 83
T3	路氹填海區	62.4	70 / 60*	57		67 - 73
T4	路氹生態保護區及澳門東亞運動會體育館	58.4	65 / 55*	56		68
T5	澳門科技大學	59.5	65 / 55*	60		60 - 76
T6	偉龍馬路及澳門國際機場	72.7	70 / 60*	73		64 - 83

備註:

*建議中的深夜「可接受的噪音水平」皆較在實地量度得到的背景噪音值為低。

**「可接受的噪音水平」及「深夜噪音水平限制」指由輕軌發出的聲音，不包括背景噪音。

- 2.2.14 報告因此進一步建議採用一系列的噪音緩解措施，包括於深夜時段減少輕軌服務班次、減低輕軌車速、採用隔音屏障及在軌道兩旁裝置吸音物料。若實行了這些措施，則預計在任何時段下所有具代表性噪音敏感受體受到的輕軌噪音水平將符合「環境影響評估程序的技術備忘錄」所定的噪音標準。附圖 2-2 展示了氹仔各區段建議的隔音屏障、軌道兩旁裝置吸音物料和減低車速限制之位置。表 2-4 展示了在採用噪音緩解措施的情況下，氹仔各區段的深夜噪音水平、亦可達到「可接受的噪音水平」。

表 2-4 在採用噪音緩解措施情況下，氹仔各區段的深夜背景噪音水平、可接受的噪音水平和預計輕軌噪音水平

區段編號	區段名稱	深夜時段背景噪音水平 L_{eq} 分貝 (A)	可接受的噪音水平 $L_{eq, 三十分鐘}$ 分貝 (A) (日間及黃昏／深夜)	預計輕軌噪音水平 $L_{eq, 三十分鐘}$ 分貝 (A) (日間及黃昏／深夜)	深夜 L_{max} 噪音水平限制 L_{max} 分貝 (A)	預計深夜 L_{max} 輕軌噪音水平 L_{max} 分貝 (A)
T1	海洋花園	63.3	70 / 60*	65 / 60	85	51 - 68
T2	澳門賽馬會	64.0	70 / 60*	65 / 60		54 - 77
T3	路氹填海區	62.4	70 / 60*	57 / 53		57 - 73
T4	路氹生態保護區及澳門東亞運動會體育館	58.4	65 / 55*	56 / 52**		68
T5	澳門科技大學	59.5	65 / 55*	60 / 55		62 - 76
T6	偉龍馬路及澳門國際機場	72.7	70 / 60*	65 / 60		56 - 73

備註:

*建議在深夜「可接受的噪音水平」皆較在實地量度得到的背景噪音值為低。

**T4 區段的預計輕軌噪音水平並未把生態屏障的額外噪音緩解作用計算在內。

- 2.2.15 除此之外，報告亦建議於輕軌啓用後的首年進行輕軌噪音監察，以核實噪音緩解措施的成效。

2.3 空氣

- 2.3.1 研究主要針對建築施工及產生塵埃之活動對具代表性的空氣質素敏感受體之潛在影響。報告所提出的良好工地運作建議必須傳達予工地職員，以確保有效的塵埃控制措施能在施工階段實行。若採用報告所提出的建議，預計將可有效地控制逃逸性排放物。報告建議了未來承建商在工程活動區域每天灑水最少四次。所有沿輕軌路線具代表性空氣質素敏感受體所接收到的最高總懸浮粒子濃度（一小時及廿四小時平均）都可以符合「環境影響評估程序的技術備忘錄」所定的標準（分別為每立方米 500 及 260 微克）。有緩解措施的預計最高總懸浮粒子濃度（一小時及廿四小時平均）載於**附錄 B**。
- 2.3.2 報告建議於施工階段在可能最受影響的具代表性空氣質素敏感受體進行塵埃監察。雖然在機動設備有適當保養的情況下，排放黑煙的機會將會很小，但報告仍建議在進行工地環境審核時對這方面進行監察。此外，為確保建築工地排放最小塵埃量，建議承建商充分實行好的控制工地灰塵管理方法。若發現黑煙排放，承建商必須立即為該機動設備提供適當的保養。

2.4 水質素

- 2.4.1 本研究在擬建輕軌路線附近鑑定了 7 個水質敏感受體，包括沿澳門半島友誼大馬路的水塘、南灣湖、西灣湖、珠江口、沿氹仔德聖母灣大馬路的濕地、沿路氹連貫公路的池塘（註：沿路氹連貫公路的池塘現不適用）以及沿蓮花路的濕地等。由於從車站 9 號之後至車站 12 號的大部分輕軌走線皆在湖底進行，車站 11 號更將會在西環湖畔興建，因此研究亦特別針對此兩水質敏感受體進行了定量水質評估研究。**附圖 2-3** 展示了水質敏感受體的位置。

南灣湖及西灣湖之基線資料研究

- 2.4.2 現場基線勘測工作在研究開始之初先行啟動，以收集南灣湖及西灣湖的水質和沉積物的基線資料，並為隨後的詳細環評研究作好準備。
- 2.4.3 現場基線勘測結果顯示沉積物樣本存在著一定程度的污染。因此建議沉積物在挖掘和運輸期間應妥善處理，以及有效地隔絕淤泥和周圍環境的接觸。沉積物樣本被確認為 L 類（污染物濃度低於較低化學物超標水平）可以考慮在海洋傾倒。其他大部分的沉積物樣本被確定為 M 類和 H 類，則建議採用密閉式海洋棄置方法來處理。此棄置方法指在海底本身的自然凹陷或人工挖掘的凹陷上，以油壓管道，和水底擴散設備，運用翻蓋夾斗或底部釋放等方式棄置工程挖掘出來的沉積物，然後填埋。另一方面，亦需要與中華人民共和國國家海洋局聯絡及安排有關處置許可證及安排任何在海上處置的適當地點。
- 2.4.4 在建築工程進行中，應特別留意並確保任何已挖掘出來的物體不會在工地範圍內再棄置。地盤工人在運載沉積物時應配戴合適的個人防護裝備（如手套和工作

服），並應遵守良好的衛生習慣（即勤洗手和避免吸煙及飲食），避免受污染的沉積物和湖水從身體攝入、吸入或與皮膚接觸。

2.4.5 路氹東堆填區是目前澳門挖掘沙泥的處置場所。將來的承建商應明確規定和嚴格遵守以下工作範疇的預防措施：

- 挖溝及開鑿
- 可能與在路氹東堆填區傾倒活動相關接近或低於地面位置所建立的密閉空間

2.4.6 此外，將來的承建商亦需要嚴格遵循所有路氹東堆填區的安全程序。在傾倒工作進行期間或在任何時候在堆填區內的任何挖掘，都不應該允許工人單獨工作。如有需要，應最少有一個或以上的工人候命，以便提供協助救援。在挖掘地點或地面密閉空間的 15 米範圍之內，禁止吸煙、明火和所有火源。未來承包商所採用的電氣設備，如電機和延長線都必須是本質安全的。

施工期間

2.4.7 鑑於南灣湖及西灣湖這兩個淡水湖與珠江口是由鐵水閘分開的，鐵水閘將會在施工期間保持關閉，以確保污染物將不會流出珠江口。另外，在淡水湖外的水質敏感受體不會受到隧道地段工程的影響，所以不作考慮範圍。換言之，只有這兩個淡水湖是隧道地段的水質敏感受體。

2.4.8 水質的影響主要來自施工期間挖泥及填土工程以興建海堤、臨時堤壩以及進行鑽孔灌注打樁工程。由於輕軌隧道將以挖填方式在臨時河堤上興建，因此不會干擾到湖底。另外，外露表面被侵蝕而導致的施工工地徑流、庫存和物料儲存區、燃料和石油儲存和維修區以及降塵噴霧的使用亦會增加兩個湖泊的懸浮固體含量。建築工地的污水、源自包裝材料的垃圾和因建築施工活動所產生的廢物也將對水質敏感受體構成污染。

2.4.9 定量水質評估研究以流體動力學電腦模擬軟件 Delft3D 進行。水中懸浮固體的模擬結果顯示在沒有緩解措施的情況下，懸浮固體水平將會超標。然而，這情況是臨時性的，因為懸浮固體會在 48 小時內沉澱。從現場的沉積物質質量檢測中，反映出有機污染物不是本工程項目的主要關注。假設懸浮固體內的所有污染物隨水釋放，釋放到湖水的潛在污染物是有限的和在可接受的水平之內。水中懸浮固體的模擬結果詳見附錄 C。

2.4.10 根據模擬結果顯示，在採用多層隔泥幕系統後，懸浮固體仍會產生微量的剩餘影響。因此，建議水體觀景設施如曝氣機及噴泉不應在施工期間運作，以進一步減少可能的剩餘影響。根據 2010 年 6 月所提供的資料而進行的水質模擬分析，施工期間的臨時河堤或板樁將在其他隧道工程開始前展開，因此不滲透隔泥幕系統和臨時海堤已納入為水質影響的緩解措施。報告指出海堤每天最快的興建速度不多於 300 米長，同時涉及低於+2.5mPD 的海洋工程最多疏浚及填土率不多於每天 200

立方米。將來承建商在湖泊開展廣泛的建築工程前，應進行實地試驗以驗證隔泥幕之成效。環境監察及審核應隨建築活動實行，而有關環境監察及審核的詳細要求及具體說明已在報告中闡述。

- 2.4.11 另外，對其他水質敏感受體所造成的影響，主要來自工地廢料貯儲範圍所產生及排出的地面徑流、降塵噴霧和清洗車輪設施的洗滌用水以及維修建築機械和設備的燃料、油、溶劑和潤滑油。報告建議遵循《澳門供排水規章》及「地盤污染控制指引」及香港《專業人士環保事務諮詢委員會專業守則》第 1/94 號《建築工地排水》中的多種緩解措施，當中大致都與良好工地管理有關。將來承建商須嚴格執行這些緩解措施，輕軌系統在施工階段對兩湖水質將不會帶來顯著的影響。

營運期間

- 2.4.12 於營運階段的水質影響將主要源自輕軌的徑流及輕軌車站和維修車廠所排出的污水。工程項目應提供地來水的排放系統。軌道排水渠道的排放應通過油/砂礫攔截器，或分油排水系統，以消除油、油脂和沉積物。報告指出，若輕軌系統的雨水渠及污水渠適當地連接公共雨水渠系統及污水收集基建設施，輕軌系統的運作將不會對水質造成影響。

2.5 景觀及視覺

- 2.5.1 本部份主要對輕軌系統對的景觀特色及景象可能構成的影響程度作出預計和評估，鑑定擬訂的輕軌路線及車站之興建對景觀及視覺景象所構成的潛在影響及其可能達到的嚴重程度，及提出相應的緩解措施。

景觀影響

- 2.5.2 於施工及運作階段中受影響之具景觀特色的地方包括：

- 1) 輕軌系統沿線附近之道路和行人路網絡、特別是 4 號至 9 號車站之間的地段（孫逸仙大馬路）及 10 號至 12 號車站之間的地段（南灣大馬路）；
- 2) 6 號車站和 14 號至 15 號車站之間地段附近的地標，包括澳門文化中心及四面佛；及
- 3) 4 號至 9 號車站之間地段附近的休憩用地。

- 2.5.3 於 2010 年，本項目工程擬定的輕軌路線由原來 2 公里位於車站 9 至車站 12 地段的高架橋改成以隧道設計橫跨南灣湖及西灣湖；修改車站 11 及車站 12，由原來的高架/地面設計改為地下設計與及取消原本在澳門特區政府總部對開的車站 10。同年該段路線亦進行了相關的景觀影響評估研究。

- 2.5.4 由於車站 9 至車站 12 改成以隧道設計，絕大部份的建築皆在兩淡水湖的湖中進行，擬議工程對於周圍環境的景觀特色及影響將會是極其輕微的。

視覺影響

- 2.5.5 於施工及運作階段，各區澳門居民及遊客/休憩用地使用者於未有緩解措施情況下可能承受明顯的視覺影響。至於其他包括學生、工廠/工地工人、娛樂場遊客及行人/車輛使用者，他們將會承受輕微至中度的影響。
- 2.5.6 由於部分居民之住所會較接近輕軌系統，採取緩解措施後他們仍可能承受輕微的負面影響。若採用以下的緩解措施，在輕軌系統啓用十年後對具景觀特色之地方的剩餘影響將減至輕微至不顯著。
- 2.5.7 車站 9 至車站 12 視覺影響評估結果顯示，陸上已規劃項目的視覺敏感受體潛在的視覺影響並不明顯；而在相關的輕軌和車站進行緩解措施後，對其他視覺敏感受體，包括從海上觀景者、建築物和道路使用者，其影響能夠達到可以接受的水平。

緩解措施

- 2.5.8 建議在受到施工階段影響的地點進行環境綠化，例如栽種樹木作為屏障、需要時移植樹木以減少本工程項目所引致的植物損失、保護受工程影響的樹木、妥善安排施工程序及減少施工範圍以及控制人造光源以減輕對受體群影響。

- 2.5.9 在運作階段報告建議各種緩解措施，當中包括：

a) 景觀綠化措施

- 道路及行人路旁種植新樹木以塑造舒適的環境及作遮擋作用；
- 種植合適的花卉樹木以營造更美好的環境，及使輕軌系統更能融入現有的環境中；及
- **附圖 2-4** 展示了初步植樹建議－旨在使輕軌系統變得更柔和，特別是輕軌車站，以營造公眾在景觀和視覺上的舒適，和使輕軌系統更能融入現有的環境中，提高都市風景的吸引力。

b) 亭台建築園景措施

- 於輕軌沿線、橋樑支柱、行人天橋及車站設置彩色的花槽及綠化裝飾，使混凝土結構變得柔和和加添生氣，以緩和輕軌系統的視覺影響；及
- 於輕軌沿線及車站設置有特色的路面鋪設、水景設施如小瀑布、瀆水池和池塘，以及其他美化設施如雕塑、地標、燈飾、格子屏和涼亭，以進

一步美化現有和新的休憩用地及輕軌設施，為公眾營造一個更美好的環境。

- c) 設置在輕軌系統的工程設施如隔音屏障，其色彩設計也適當地融入在各種景觀美化措施中。
- 2.5.10 評估把研究範圍內的地區分為兩個類別，分別為：（1）高密度建築地區及其地標（例如 1 號車站附近區域）；（2）現有地區設施及有街景特色的公園（例如 8 號車站附近區域）。報告對這幾個類別的例子進行了詳細的研究。
- 2.5.11 除此以外，在有關隧道地段的補充研究中，也詳細研究了車站 9 至車站 12 地段的高架橋改成以隧道設計橫跨南灣湖及西灣湖的景觀影響。回顧景觀的視覺特性的基線研究，4 個景觀資源（LRs），包括山/小山丘、樹/樹群、湖泊和沿海地區，以及城市地區已被確定。另外，6 個景觀特色類型（LCTs），包括鎮、沿海地區、丘陵和山坡、政府/機構的地區、湖泊和規劃發展項目。最後 4 個視覺敏感受體（VSRs），包括從海上觀景者、建築物、陸上已規劃發展項目和道路使用者。它們代表著三個視覺敏感受體的類別，並評估了其敏感度/質素。附圖 2-5 展示了車站 9 建議緩解措施的截面圖。
- 2.5.12 報告亦指出設置於非常接近媽閣廟一段高架迴旋軌道上的 12 號車站將會破壞該區景觀。建議把 12 號車站設於地面軌道，在現時西灣湖景大馬路上的巴士總站附近之位置。由於運用地面車站的方案可以減低了這段輕軌系統的建築規模，因而能夠有效地減低對附近地區的景觀和視覺影響。附圖 2-6 比較了兩個輕軌方案的景觀影響和視覺影響區域。

總結

- 2.5.13 預計實施了上述的紓減措施後，本工程項目將不會造成重大的景觀及視覺影響。

2.6 文化遺產

- 2.6.1 澳門半島及氹仔確定的紀念物共有 11 個、具建築藝術價值之建築物共 12 個、已評定之建築群共 1 個及已評定之地點共 7 個。各建築文物可見於附圖 2-7。
- 2.6.2 研究鑑定了在本工程項目附近所有已知的有考古價值的地點及建築文物資源。由於輕軌系統的路線除了在 1 號及 23 號車站的一少部份外，全都位於新填海區，因此路線沒有接近任何已知的有考古價值的地點，本工程項目預計將不會對有考古價值的地點造成任何影響。

施工期間

- 2.6.3 主要的輕軌系統的路線將不會進入法令第 56/84/M 號及第 83/92/M 號所定之保護區內，只是在南灣湖至西灣湖隧道地段及第 13 號車站的輕軌路線會較接近此保護區。一些已評定之紀念物及建築文物也只是位於輕軌路線附近。預期本工程項目不會對建築文物資源構成直接的影響。
- 2.6.4 然而為了不確保建築文物資源之影響不會對其結構帶來任何影響，報告建議了一些施工期緩解措施，例如設定地基震動的標準及盡量減少施工時的震動，並在一些容易受影響建築文物附近的施工地點進行震動監測，更設定工地與建築文物的最短距離，使兩者間留有緩衝區及安全的公眾通道。最後還需要將來承建商適當地計劃施工程序以確保影響可控制在可接受的水平。報告亦建議當承建商確定了施工方法及程序後，進行完整的建築文物影響評估，以確保文物不會因施工程序而影響其結構。

營運期間

- 2.6.5 擬建的輕軌系統將會設有高架橋、地面軌道及隧道地段，因此輕軌系統的運作可能會對建築文物、文化財產地點及保護區造成影響。應考慮輕軌車站及其他與本工程項目有關的建設之設計風格和顏色配搭，以配合四周環境；並建議研究種植各種植物作遮擋和景觀美化作為緩解措施。

2.7 廢物處理

廢物處置

- 2.7.1 本工程項目就施工和營運階段所有可能出現的潛在廢物管理問題，以及因處理、收集和處置廢物所造成的潛在環境影響已經作出評估，並就項目的減量、回收、貯存、收集及處置廢物的方法已進行檢查，同時亦建議在處理和處置廢物過程中減少對環境的影響。
- 2.7.2 本工程項目可能會導致各種廢物的產生，並需要管理和處置建築和拆卸物料（即拆建物料）、化學廢物和一般垃圾。特殊和危險廢物如舊輪胎、固態及液態危險廢物、動物屍體、油渣沉澱物等等垃圾焚化中心不可處理之廢料須運往北安填海工業區的特殊和危險廢物處理站處理。只要廢物的管理使用所核准的方法，例如於工地把建築廢料回用作填土材料、送往澳門焚化爐、及棄置於堆填區、特殊和危險廢物處理站，廢物問題將不會構成不良環境影響。
- 2.7.3 建議的緩解措施應納入廢物管理計劃書和於將來承建商的合同文件中詳細訂明，以達到盡量減少拆建廢物的目標，同時避免造成環境滋擾。

- 2.7.4 詳細的廢物估計數量建議需要在本工程項目之項目規劃的詳細設計階段中作估算，以確定有效的廢物管理計劃。

土地污染

- 2.7.5 在輕軌系統的工地範圍或周邊有一些土地可能有土壤污染，因而對工地工人、輕軌職員和使用者的構成危害。報告建議於詳細設計階段作進一步的土地污染勘察及評估，包括地下水、泥土及堆填區沼氣的監測，以鑑定受污染的土地。
- 2.7.6 由於輕軌車廠位置前身為堆填區，有關路氹東輕軌車廠興建時所需要注意的事項，詳見第3章：路氹東輕軌車廠環境影響評估及土地勘測。

2.8 生態

- 2.8.1 沿輕軌路線已確認的棲生地類型有3種，分別為林地、濕地/湖泊和市區綠化地區。濕地/湖泊包括了南灣湖、西灣湖及其潮間帶的濕地，以及蓮花大橋旁的路氹城生態保護區。市區綠化地區包括了在項目工地範圍內及其附近街道。林地主要分佈於媽閣山山丘地區及南灣湖內數個人工島上。

南灣湖及西灣湖一帶

- 2.8.2 回顧以往南灣湖及西灣湖的基線生態文獻資料，從未有記錄過珍貴或受保護的物種。為了填補現時生態情況的資料差距，本研究進行了一項涵蓋了旱季和雨季的詳細生態基線野外調查。另外，共有130種植物、20種鳥類、2種兩棲爬行類、8種昆蟲類、15種底棲類及25種水生動物被記錄。在這野外調查中，沒有發現珍貴或受保護物種。於兩湖泊一帶被確定的林地、濕地/湖泊和城市地區，其生態價值分別是中低、中及中低。
- 2.8.3 在施工階段，直接和間接的潛在生態影響來源包括棲息地減少，水質惡化，表面徑流的產生和建築活動所產生的人為干擾。縱使如此，這些影響都不顯著。然而，儘管施工階段的生態影響被認為是微不足道，污染控制措施仍要落實，以盡量減輕因建築活動而可能對生態所造成的滋擾。
- 2.8.4 對周邊的棲息地和相關野生動物的影響有可能由人類活動或其他干擾引起，如輕軌運營、旅遊活動、以及因本工程項目運作而引起的其他商業活動。城市化活動的急速發展可能會改變周圍的小氣候，如降雨、溫度、風力和陽光等，這些因素可能間接影響周圍的植物和動物。不過就本工程項目的種類和性質而言，可能引起以上各種生態影響的機會預期是微不足道的。因此，建議的緩解措施是並非必須。

- 2.8.5 輕軌隧道地段的走線一般位於人工湖的低敏感生態組成部分，而且，在棲息地附近沒有發現高保育價值的生態敏感物種，因此預期工程不會對周圍的生態環境造成顯著影響。隨著實施污染控制措施，預期不會因建設和營運該項目而產生累積及剩餘影響。

路氹城生態保護區

- 2.8.6 蓮花大橋旁的路氹城生態保護區位於包括酒店開發區在內的已發展區域附近，而且輕軌系統路線將不會進入保護區的範圍，因此報告之結論認為輕軌系統將不會對保護區的現有物種和棲息地產生顯著的生態影響。
- 2.8.7 雖然預計輕軌系統對有保育價值之物種不會有顯著的生態影響，但報告亦提出了一些緩解措施，以將可能出現的生態影響減到最低。這些措施包括於施工階段的良好工地管理，及在保護區附近的輕軌軌道興建一個不透明半密封式的生態隔音罩，以避免輕軌運作期間對這個棲息地的潛在影響。保護區及隔音罩的位置顯示於附圖 2-8。

2.9 光污染

- 2.9.1 由於澳門及香港並兩地均沒有針對光污染的評估法例，因此，本報告參考了澳門「廣告招牌、建築物裝飾燈和戶外電子顯示屏光污染控制指引」的相關要求及英國照明工程師學會所發佈的《降低干擾光指引 GN01》（GN01 指引），作為光污染的限制標準。
- 2.9.2 在 GN01 指引關於戶外照明控制的細節上，澳門可總體歸類為環境區域 E4。建議實施 GN01 指引內對上射光、光害騷擾、光源強度及建築物亮度的光污染的管制。
- 2.9.3 輕軌系統的光污染可能會對鄰近的敏感受體造成滋擾，此可能特別發生在深夜期間（2300 – 0100）的輕軌運作。報告提出了一些控制光污染的建議，包括適當地控制光源照射方向以盡量減少不必要的向上燈光，及於列車使用暗色玻璃以減少車廂燈光對敏感受體造成的滋擾。
- 2.9.4 擬建的車站 9 將會與南灣半島和湖景豪庭的居民相鄰，不過位處於較其平台水平為低的湖面。輕軌系統有關的照明系統，例如由南灣半島至車站 9 大堂接駁斜路上的街燈、輕軌系統標誌使用的泛光燈、車站室內照明溢出的光等，將有可能對附近居民造成眩光影響。
- 2.9.5 設計階段是最有效實現控制溢出光線的時期。為了滿足車站 9 的運作需求，詳細的建築和燈光設計是需要的。以上的緩解措施亦應包括稍後的詳細設計之內，以達致最優化干擾光的限制。照明設計的目標、可行的紓緩措施以及操作和維修的要求也應包括在車站 9 的設計規範之內，並應對照明系統在項目完成後進行評核，確保光污染控制的目標可以實現。

3. 針對路氹東輕軌車廠的補充研究

3.1 概論

3.1.1 位於路氹東的輕軌車廠，由於其所在的土地由建築廢料填堆而成，為確保車廠工程的安全性，以及避免任何由堆填氣體引起的意外，運建辦於 2009 年，委託偉信顧問有限公司針對路氹東輕軌車廠開展補充性的環境調查。勘測工作包括掘置鑽孔、進行土壤及地下水取樣、岩土及環境物質的實驗分析、以及堆填氣體測量。工作由偉信顧問有限公司派員現場監督，並由澳門土木工程實驗室（LECM）管理及進行。

3.1.2 深入的環境調查共取土樣 50 個。這些樣本分別從 10 個鑽孔收集。15 個地下水樣本來自廢物填土層，海洋粘土層及沖積層。所有收集到的土壤和地下水樣本經由香港實驗所認可計劃（HOKLAS）認可的實驗室“ALS”實驗室測試及分析。現場的堆填氣體測量則由具豐富堆填氣體監測經驗的安社亞洲（香港）有限公司（ENSR）進行測試化驗。

3.2 土壤及地下水測試結果

3.2.1 環境實驗結果顯示土壤及地下水並沒含有大量的金屬、總石油烴、半揮發性及揮發性有機化合物污染。另一方面，由於估計工地及其周圍的地下水不會作飲食之用，所以地下水中含有的有限污染物將不會對日後的車廠工人構成危害。

3.3 堆填氣體測試結果

3.3.1 根據堆填氣體測量結果，當中一些成份，如二氧化碳和甲烷，一致檢測到高於《廢物管理論文第 27 號：堆填氣體》所指明的標準。因此，建議應實施以下的風險緩解措施，以減少建築及營運階段時可能導致工人在健康和安全的風險。

- 建築工地的工人應配戴合適的個人保護套裝（如手套及保護衣）；以及在挖掘工程進行期間遵守衛生手則（即清潔雙手、禁止吸煙及飲食）。
- 除了一般的工地安全守則之外，在地面以下一米進行挖掘及進行密閉式工作時，必須配備氣體監測儀和合適的呼吸器具。
- 在地基工程進行期間，需聘請一位具有使用堆填氣體監測儀器經驗，及對堆填氣體危害有專業知識的安全主任，以確保工程能安全運作。
- 建築工地需訂立完備的安全措施。例如，工地應提供足夠的消防滅火設備、防火衣和呼吸器具；焊接、明火切割和其他高溫作業需經由安全主任批核「工作許可證」，才可進行工程；地面機動設備需裝配離地最少 0.6 米及備有火花隔滅器的垂直排氣管。

- 3.3.2 基於初步研究，高峰時期估計擬建車廠範圍堆填區每小時可排放約 20 至 50 立方米的堆填氣體。

3.4 土地勘察

- 3.4.1 土地勘測評估總結出擬建車廠將會面對兩個重要的施工問題：

- 低土地承載力；和
- 帶來潛在之不同程度的土地沉降（預計沉降達 2.0 m）

- 3.4.2 導致低土地承載力和可能的大幅度沉降之主因乃是因為海洋沉積物。現有堆填廢物下的軟粘土，在堆填過程中缺乏承托廢物的能力，以致堆填區的臨海位置及堆填底部形成一連串的泥波。

- 3.4.3 進行地面改善工程，如運用額外負載的預載荷，可考慮應用到整個車廠的範圍，從而提高土地承載能力，並減低潛在的沉降程度。在沒有建築、結構和混凝土牆板的地方，需採用額外的地面改善工程如振動式置換石塊支柱。這樣可加速沉降和減少長遠的改善措施。排水帶可與預壓物料結合，以提高土地質素。

- 3.4.4 建議不要採用淺地基及樁柱的建築方式。因為堆填區下的軟粘土及分解物質，將引致潛在的整體和差異沉降。因此未來所有結構的樁柱，應達致岩石層。撞擊式大排土鋼管樁是可取的選擇，其興建速度和品質具備可靠性；但亦可根據不同的建築需要而作出相應合適選擇。樁柱施工建議在單一份設計及建造合約內完成。

- 3.4.5 建議所有建築結構都設計在一個打樁平臺上，並在平臺下預留最少深 1 米的空間，以保護建築物和使用者的免受堆填氣體的影響。這空間亦可讓任何堆填氣體排放到大氣。基於建築的大小、氣體排放率及氣體成份（例如，甲烷在工地西北和東南部檢測出較高濃度，二氧化碳濃度則於工地西部較高），以決定採用主動或被動控制措施排放積聚氣體。

4. 環境監察及審核

- 4.1.1 建議將來承建商在施工期間需要嚴格遵守及執行報告中所有訂立的環境影響消減措施，並成立專責環境小組進行每月例行巡查。該小組必需在定期向由運輸基建辦公室、政府監督部門等政府部門，及獨立環境監測單位，提供合適的環境保護進度報告。

- 4.1.2 本工程項目對建造塵埃、噪音和水質等方面的緩解措施已詳述於環境影響評估報告中。承建商環境小組須定期進行工地巡查及記錄，以確保緩解措施得以認真落實及工程活動符合有關的法定標準。如有需要，承建商須制定額外的措施，報告運輸基建辦公室及獨立環境審核單位審批。

- 4.1.3 承建商、運輸基建辦公室、政府監督部門、及獨立環境監測單位在施工時應定期溝通及反映意見，作出檢討和跟進。

5. 總結

- 5.1.1 就「輕軌系統第一期」項目的設計和建造，澳門於 2008 年至 2010 年間就擬定的輕軌走線、車廠選址和隧道地段進行優化，並委託偉信顧問集團有限公司進行環境評估。及後，輕軌行車系統承建商三菱亦於 2011 年就最新的系統噪音及視覺影響，亦委託偉信顧問集團有限公司進行覆審。
- 5.1.2 此報告就本項目於噪音、空氣、水質、生態、景觀視覺、文化遺產、廢物處理、光污染等方面的潛在影響作出評估，並提出相應的緩解措施。以達致澳門法例及所引用的香港環評準則之要求。項目實施緩解措施後，基本符合環評準則的要求。
- 5.1.3 本項目正進入詳細設計階段，偉信顧問集團有限公司將就更新的項目情況覆審環評結論，總結項目的潛在影響並更新所需的緩解措施。